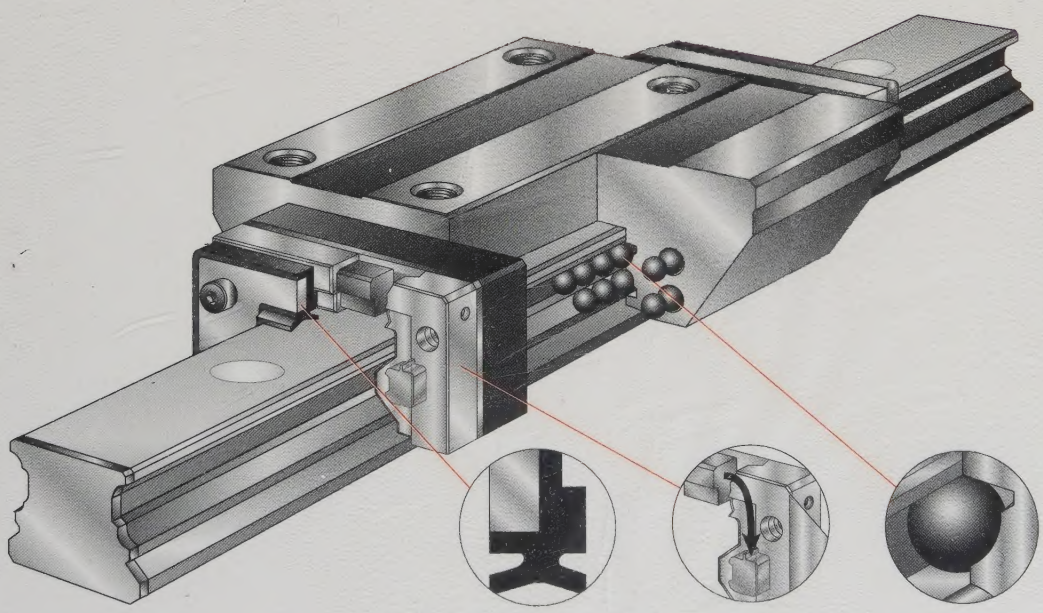
mémotech plus

Ingénierie & Mécanique

Conception et dessin

Claude Barlier
René Bourgeois



CASTEILLA



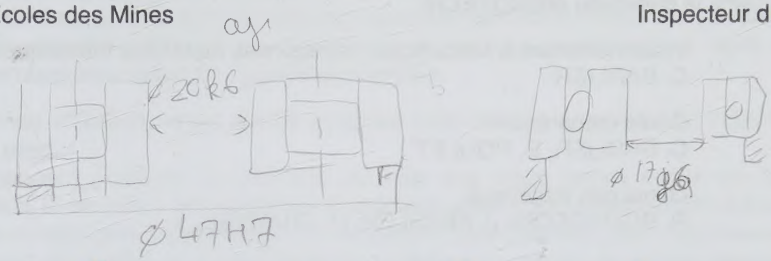
Digitized by the Internet Archive
in 2023 with funding from
Kahle/Austin Foundation

https://archive.org/details/mmotechplusconce0000clau

Clément LEREBOURS

Claude **BARLIER**
Agrégé de génie mécanique
Docteur de l'ENSAM – HDR
Professeur des Écoles des Mines

René **BOURGEOIS**
Inspecteur pédagogique
régional
Inspecteur d'académie

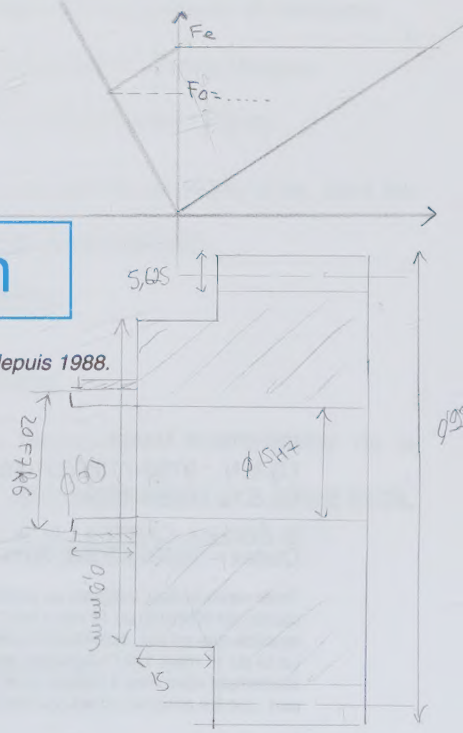


mémotech plus

Ingénierie & Mécanique

Conception et Dessin





7e édition

À partir de l'ouvrage de base édité depuis 1988.

CASTEILLA

Éditions Casteilla,
9, rue Michael Faraday, 78184 Saint-Quentin en Yvelines

Chez le même éditeur…

Dans la collection ***MEMOTECH*** :

Industrialisation & Mécanique-Usinage des matériaux métalliques
C. BARLIER

Génie mécanique
C. BARLIER, B. POULET

Génie des matériaux
R. BOURGEOIS, J. KESSLER, H. CHAUVEL

CD-ROM :

CD-ROM « Bibliothèque de composants normalisés C.A.O. 3D »
C. BARLIER, R. BOURGEOIS
en partenariat avec le groupe MAURIN

DVD-ROM « Données techniques composants »
C. BARLIER, R. BOURGEOIS, J.-M. COLIN
en partenariat avec les principaux fabricants de composants européens : ASCO-JOUCOMATIC ; BÖLLHOFF-OTALU ; BOSCH-REXROTH ; BOUTET ; FABORY ; INA ; NADELLA-TORRINGTON ; PAULSTRA ; SIEMENS ; SNR ; SKF Equipements.

Imprimé en France
I.S.B.N. : 9782-7135-3310-5
I.S.S.N. : 0986-4024

© Éditions CASTEILLA, 9, rue Michael Faraday – 78184 Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex – 1988… 2003, 2011.

Toute reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit, ou ayants cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal. La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration.

Avant-propos

Depuis sa sortie, en 1988, le ***mémotech « conception et dessin »*** a fait l'objet de sept éditions et de nombreux retirages, ce qui a permis une constante mise à jour.

Il est aujourd'hui devenu un ouvrage de référence reconnu tant dans l'industrie que dans l'enseignement technologique et notre méthode de conception a été largement reprise dans différents ouvrages et dans de nombreuses notes de calcul industrielles.

Après vingt années d'édition, nous avons proposé une refonte complète de l'ouvrage sous forme d'un ***Mémotech plus***.

Nous avons cependant conservé la structure centrale que nous avions initiée en 1988 : une méthode générale de choix et de calcul des composants mécaniques en conception de produit associée à une base de données de composants industriels et de matériaux. Cette méthode, qui s'appuie sur la rédaction systématique de pages démarche, de guides de choix, de fiches de calculs, du développement de logiciels associés, est encore améliorée et augmentée dans ce nouvel ouvrage ***Mémotech plus « conception et dessin »***. Nous y avons également associé de nombreux exemples d'applications industrielles.

Nous avons apporté une nouvelle innovation majeure : la base de données composants n'est plus présentée comme une simple base de données papier fermée mais au contraire comme un accès aux bases de données industrielles, sous forme de CD-ROM et DVD-ROM.

Nous avons en effet rédigé l'ouvrage en liaison étroite avec les fabricants de composants européens et nous avons mis en place un véritable partenariat qui nous permet dès la sortie de l'ouvrage de proposer au lecteur :

– un **CD-ROM *Bibliothèque C.A.O. composants normalisés 3D***, de plus de 180 000 composants mécaniques ;
– un **DVD-ROM *« Données techniques composants »***.

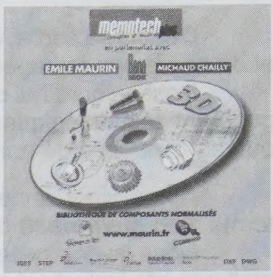
Cette seconde base de données, s'appuie sur onze des principaux fabricants de composants mécaniques industriels.

Nous tenons à dédier cette page, et ainsi à exprimer nos remerciements les plus sincères à nos collègues enseignants et enseignants-chercheurs, pour leurs précieuses suggestions et relectures :
– **Lionel Girardin**,
– **Jean-Pierre Stricher**, professeur au Lycée Beaumont et à l'InSIC à Saint-Dié-des-Vosges,
– **Fabien Schneider**, maître de conférences à l'Université de Metz,
– **Denis Bauer**, **Michel Dietsche** et **André Munier**, professeurs au Lycée Loritz à Nancy,
– **Christian Geley**, professeur au lycée St Joseph à Laxou,

– aux dirigeants, cadres et ingénieurs des sociétés, laboratoires et centres de recherches, dont les références figurent dans l'ouvrage, tout particulièrement à :
– Jean-Pierre Accornero et Christelle Fournès de la Société **ASCO-JOUCOMATIC**,
– Claudia Vibert et Philippe Gory de la Société **BÖLLHOFF**,
– Francis Singer et Fabien Labarre, de la société **BOSCH-REXROTH**,
– Jean-Michel Stetten de la Société **BOUTET**,
– David Depoers de la Société **FABORY**,
– Dominique Fulgoni de la Société **GLACIER GARLOCK BEARINGS**,
– Joseph Delecolle de la Société **HENKEL-LOCTITE**,
– Jacques Ledosseur, Élisabeth Linderer, Eric Leclerc, Claude Parmentier et Pierre Ruffier de la Société **INA Roulements**,
– Didier Maurin et Damien Cicéron des sociétés **ÉMILE MAURIN – MICHAUD CHAILLY – BENE INOX**,
– Gérard Ferré et Damien Tritre de la Société **MUBEA**,
– Eric Clément et Stéphanie Taurelle de la Société **NADELLA-TORRINGTON**,
– Sandrine Bel de la Société **PARKER-HANNIFIN**,
– Sonia Chatelain de la Société **PAULSTRA**,
– Franck Hampartzounian et Alain Poloni de la Société **SIEMENS**,
– Ginette Bouchet et Philippe Chevalier de la Société **SNR Roulements**,
– Pierre Vanel et Philippe Boissier de la Société **VANEL**,
– Jean Michel Poloni de la Société **SKF Équipements.**

Claude Barlier et René Bourgeois
Janvier 2011

CD-ROM, bibliothèque composants normalisés C.A.O. 3D



Après voir déterminé votre solution technique à partir de l'ouvrage, vous pouvez intégrer les composants directement (en CAO) à partir du **CD-ROM « Bibliothèque C.A.O 3D »** comprenant plus de 180 000 composants normalisés.
Vous pouvez accéder aux composants que vous souhaitez extraire de la bibliothèque C.A.O 3D.
La bibliothèque CAO 3D composants normalisés vous est proposée et offerte dans le cadre du partenariat entre les auteurs de l'ouvrage *Mémotech Plus* « Conception et Dessin » et le groupe MAURIN : EMILE MAURIN - MICHAUD CHAILLY - BENE INOX.

Contenu du CD-ROM CAO 3D

Eléments standard Mécaniques



- Manœuvre
- Bridage
- Montage
- Éléments Magnétiques

Éléments d'assemblage Boulonnerie Visserie



- Boulonnerie hexagonale, vis à tôle, vis à métaux,
- Acier : 6,8 – 8,8 – 10,9 – 12,9
- Inox A2 – A4
- Laiton, plastique…

Direct transmission



- Roulements
- Transmissions
- Guidage
- Pneumatique
- Motorisation

Raccords et robinetterie en inox



- Raccords
- Accessoires à souder
- Vannes
- Normes ISO, SMS, MACON, CLAMP…
- Tubes et supports

Utilisation du CD-ROM

*** Navigation**
- par ouverture et fermeture des catalogues
- par projet
- par historique
- par moteur de recherche

*** Accès modèle CAO :**
- Tableau, liens, indications techniques,

Vue 3D (linéaire, avec ou sans arête cachée, ombragé,…)

*** Export**

Tous les composants référencés peuvent être exportés et intégrés dans la plupart des logiciels 2D et 3D de CAO :
AUTOCAD, CATIA, SOLIDWORKS, SOLIDEDGE et PRO ENGINEER
Et au format neutre
STEP, IGES, SAT, DXF

L'utilisateur est le seul responsable de la bonne utilisation du CD-ROM. Aucun recours, aucune action ne pourra être entreprise sur le fondement d'un dysfonctionnement du CD-ROM.
Marques et CD-ROM déposés - Informations indicatives, non contractuelles et modifiables sans préavis.

DVD-ROM – Données Techniques des composants mécaniques des principaux fabricants

Le **CIRTES**, en collaboration avec les **Éditions CASTEILLA**, vous propose un nouveau **DVD-ROM**, sur les composants *mécaniques industriels*.



Ce **DVD-ROM** propose l'ensemble des données techniques des composants des principaux fabricants :

INA Roulements : Roulements divers, paliers, guidages linéaires…
SNR Roulements : Roulements divers…
NADELLA-TORRINGTON : Roulements à aiguilles…
ASCO-JOUCOMATIC : Vérins pneumatiques et ses accessoires…
PAULSTRA : Joints d'étanchéité divers, accouplements…
SIEMENS : Machines tournantes électriques et accessoires…
BOUTET : Éléments de manœuvre…
BOSCH-REXROTH : Guidages linéaires divers…
FABORY : Visseries diverses…
BÖLLHOFF-OTALU : Composants d'assemblage…
SKF-Équipements : Vérins électriques, vis à rouleaux…

Les travaux de développement informatique ont permis de regrouper sur un même DVD les différentes données techniques composants des fabricants.

À partir des bases de données initiales des constructeurs (sur différents CD-ROM), le DVD gère :
– l'installation de chaque application avec analyse des fichiers et librairies, modification des fichiers de configuration, modification de la base de registres, détection des incompatibilités avec les autres applications, gestion des programmes externes nécessaires à l'exécution (player video, acrobat, navigateur,…), traitement des problèmes rencontrés avec chaque application (vidéo, taille des répertoires, chemins d'accès, accès à des bases de données, pluggins propriétaires (acrobat,…), suppression des objets inutiles et des langues étrangères…
– le développement du programme d'installation et de désinstallation, détection de la configuration de l'utilisateur et des logiciels externes nécessaires, installation des différentes applications et librairies…
– le développement du programme « Composants » (interface graphique,…)

Configuration minimale :

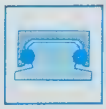
– Processeur Pentium à 233 MHz (ou plus ou l'équivalent)
– 256 Mo de mémoire vive
– Résolution écran : 800 × 600
– Windows 98, NT 4,0 SP 6, Windows 2000 ou Windows XP
– 30 Mo d'espace disque pour installation

***Note :* information et commande du CD-ROM et DVD-ROM :**

CIRTES - 29 bis rue d'Hellieule
88100 Saint-Dié-des-Vosges - France
Fax : 33 (0)3 29 55 10 45
e-mail : cirtes@cirtes.fr - Web : www.cirtes.fr

Table des sommaires de chapitres

1	Conception des produits et des systèmes	9
2	Approche système	29
3	Règles générales du dessin technique	59
4	Cotation	79
5	États de surface	129
6	Matériaux	143
7	Visserie et boulonnerie	203
8	Éléments de manœuvre, de serrage, d'entraînement	251
9	Éléments de machine	259
10	Éléments d'arrêt en rotation et en translation	265
11	Guidage en rotation : roulements, paliers, butées, galets	285
12	Coussinets et bagues	369

13	Composants de guidage en translation	389	
14	Les actionneurs	443	
15	Étanchéité	503	
16	Transmission de puissance	523	
17	Éléments d'assemblage et de fixation mécanique par obstacles et par soudure	591	
18	Éléments d'assemblage chimique : le collage	607	
19	Ressorts : formés à froid. Rondelles ressorts	623	
20	Articulations - Rotules - Embouts - Suspensions - Amortisseurs	639	
21	Symboles et conventions	657	
Annexes		680	
Index des références et Index alphabétique		682	

1. Conception des produits et des systèmes

AV
CdCF

Analyse de la valeur
Cahier des charges fonctionnel

Guide de
CHOIX

1.1. La démarche productique, les outils à disposition 10

1.2. Énoncé fonctionnel du besoin 11
1.2.1. Cahier des charges fonctionnel 11
1.2.2. Décomposition fonctionnelle 13

1.3. Analyse de la valeur 16
1.3.1. Définition 16
1.3.2. Caractéristiques 16
1.3.3. Groupe d'analyse de la valeur 16
1.3.4. Déroulement d'une action d'analyse de la valeur 17

1.4. Compétitivité des produits industriels 18
1.4.1. Cycle de vie d'un produit 18
1.4.2. Les coûts 19
1.4.3. Choix d'un modèle d'assurance qualité 20
1.4.4. Coût de la non-qualité 21
1.4.5. La qualité 22
1.4.6. La certification 23

1.5. L'innovation 24
1.5.1. Processus définissant l'innovation 24
1.5.2. Méthodes favorisant la production d'idées de solutions 25
1.5.3. La protection industrielle 26
1.5.4. Démarche et coût d'un dépôt de brevet 27
1.5.5. Valorisation d'un produit 28
1.5.6. Contrat de licence 28

1.1. La démarche productique, les outils à disposition

AV CdCF

PRODUIT — PRODUCTIVITÉ — PRODUCTION

Rappel des principales étapes de création d'un produit

Saisie du besoin
Constitution du cahier des charges fonctionnel (CdCF)

Prédéveloppement
- Étude de faisabilité
- Recherche de solutions
- Évaluations - Bilan
- Avant-projets

Développement
- Projet
- Protos, essais
- Mises au point
- Marchés

Industrialisation
- Étude de la production
- Mise en place de la production

Production
- Gestion, suivi
- Mise en service du produit

Les outils méthodes

Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)
Méthode TRIZ (voir page 23)

L'action Analyse de la Valeur
AV

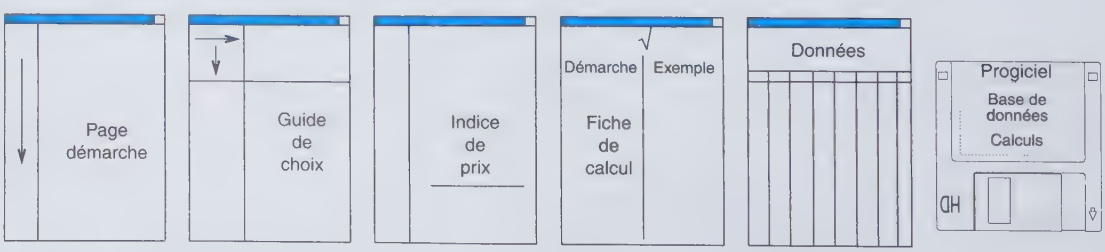
Les outils informatiques

DAO-CAO **TGAO** **... XAO ...** **FAO** **GPAO**

Prototypage et outillage rapide
Stéréolithographie
Stratoconception
Frittage laser de poudres
Imprimantes 3D

Logiciels méthodologiques
(CdCF, AV, TRIZ, AMDEC, ...)

Des outils plus spécifiques à la phase de pré-développement et de développement sont proposés dans cet ouvrage.



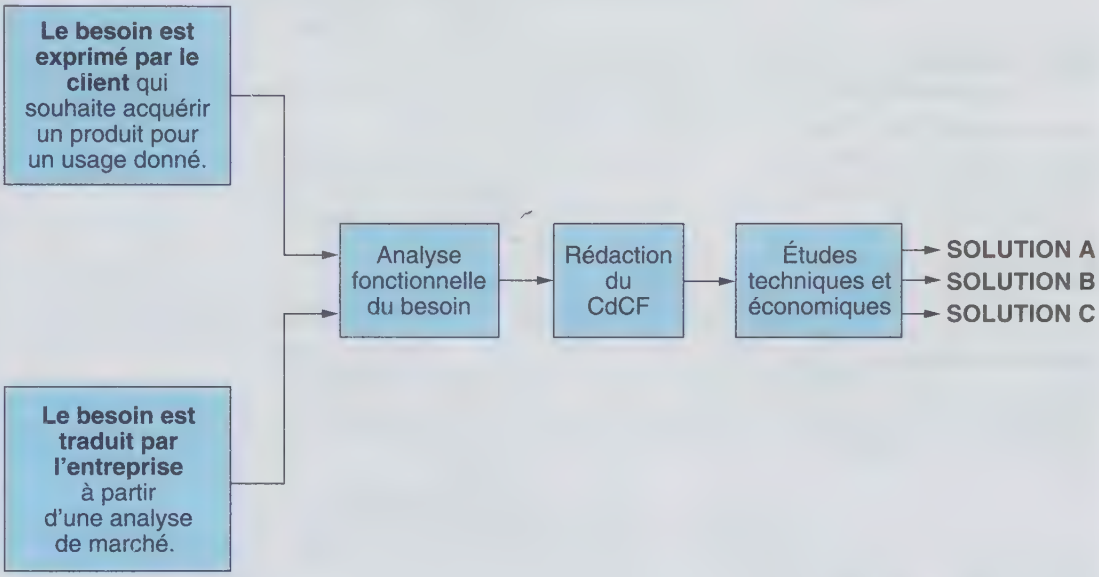
1.2.1. Cahier des charges fonctionnel

– Concept

Le **CdCF** est le seul document par lequel le demandeur exprime ses besoins (ou ceux dont il a la charge de traduire) en termes de fonctions et de contraintes (EN 1325-1 : 1996).

Ce document sert de **base de dialogue contractuelle** entre demandeur d'une part et concepteur-réalisateur du produit d'autre part.

Deux cas se présentent pour la rédaction du CdCF :



Dans le CdCF, l'expression du besoin est formulée en termes d'obligation de résultat, de finalité, sans référence aux solutions susceptibles d'y répondre (responsabilité du concepteur).

Un groupe de travail est constitué : marketing, achat, bureau d'études, secrétariat administratif, utilisateurs potentiels. Ce groupe peut être celui d'**analyse de la valeur**. Il a une existence limitée à la durée de l'étude.

– Utilisation

Le CdCF est un des éléments d'étude et de développement, il est à créer chaque fois que l'on veut expliciter, d'une manière technologiquement neutre, les besoins à satisfaire.

De par sa nature fonctionnelle, le CdCF ne peut s'adresser qu'à un bureau d'études. Il faut une structure pensante capable de transformer les fonctions de service et les fonctions techniques en imaginant puis en validant ces solutions techniques.

Le CdCF intervient dans les types de situation suivants :
– consultation, appel d'offres, adjudication ;
– marchés négociés entre partenaires ;
– relations entre services d'une même entreprise ;
– analyse de la valeur.

Énoncé fonctionnel du besoin (suite)

– Processus d'application du CdCF

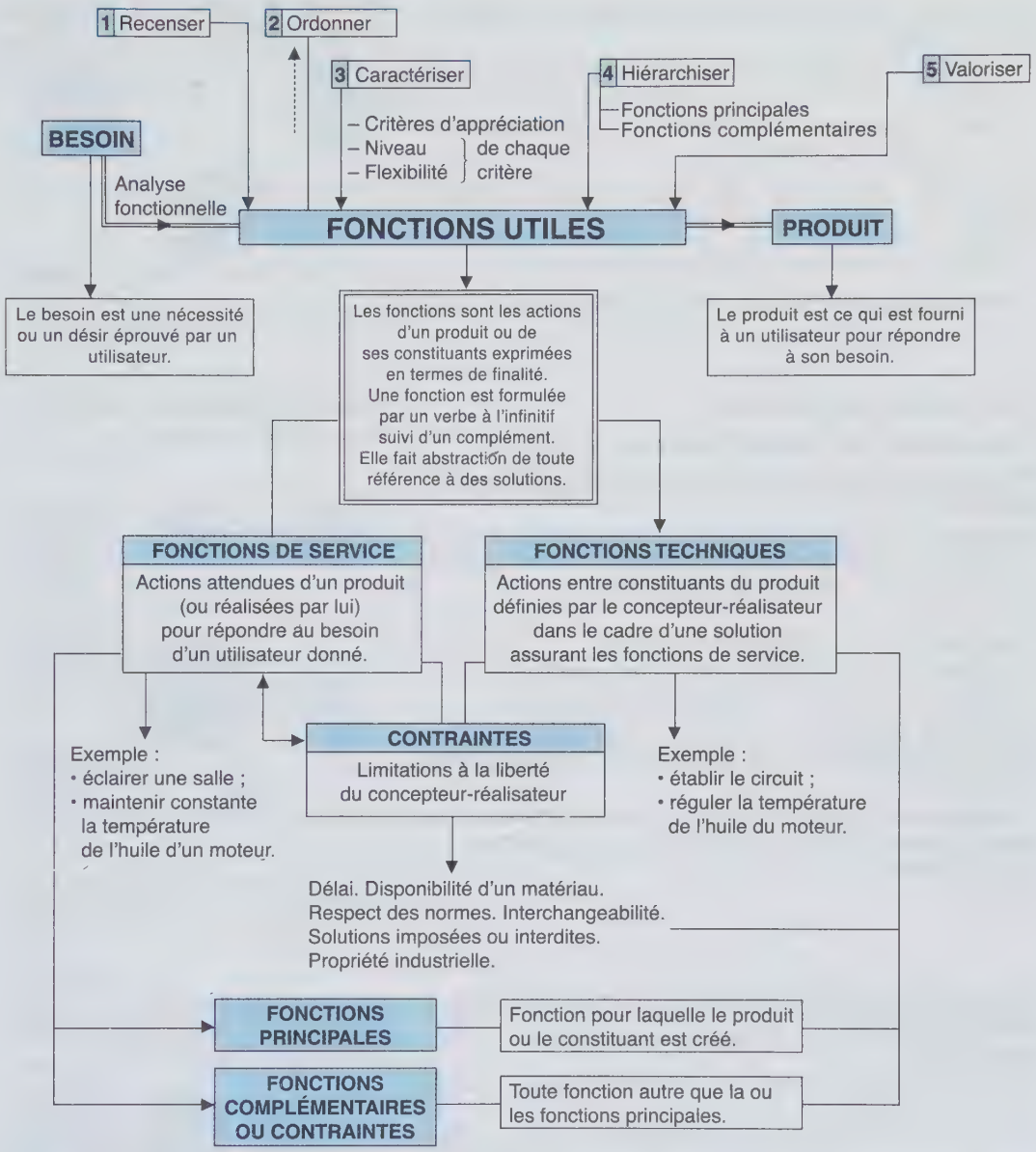
Phases	Demandeur	Concepteur-réalisateur
1 SAISIE DU BESOIN C'est l'expression par le demandeur du besoin à satisfaire.	Analyse de marché + Analyse fonctionnelle → Formulation du besoin	
	1re édition externe du CdCF + DÉCISION de prospection	→ Étude de la faisabilité
2 PROSPECTION DE LA FAISABILITÉ C'est montrer dans quelle mesure on peut répondre au besoin exprimé, en précisant les voies possibles.	Affinement du besoin	
	2e édition externe du CdCF + DÉCISION de pré-développement	→ Étude de pré-développement ou d'avant-projet
3 PRÉDÉVELOPPEMENT OU AVANT-PROJET C'est étudier les voies reconnues comme possibles en fin de phase « prospection de la faisabilité » afin de retenir celle qui sera développée.	Ajustement du CdCF	
	Édition définitive du CdCF + DÉCISION de développement	
	Référence CdCF → Spécification → Ébauche de définition	→ Étude de développement
4 DÉVELOPPEMENT Au cours de ces phases, des améliorations peuvent faire l'objet de propositions de modifications. Les propositions de modifications résultant d'une action d'Analyse de la Valeur sont appelées PMAV.	Procédure PMAV	
	DÉCISION d'industrialisation	
	Référence CdCF → Référence spécification → Définition	→ Introduction Production Mise en œuvre
5 INDUSTRIALISATION PRODUCTION MISE EN SERVICE	Procédure PMAV	

– Finalité du CdCF

Un CdCF vise à :
– augmenter la **compétitivité**,
– clarifier les **relations**,
– restaurer la **concurrence**,
– favoriser l'**innovation**.

D'après Mémotech Dessin technique *de C. Hazard.*

1.2.2. Décomposition fonctionnelle



Analyse des fonctions techniques dans leurs contextes

La **méthode FAST** (*Function Analysis System Technic* : technique d'analyse fonctionnelle et systématique) est un outil d'analyse et de recherche qui permet, à partir d'une fonction principale à satisfaire, une décomposition en fonctions techniques débouchant sur des solutions technologiques.

L'**analyse fonctionnelle descendante** (**SADT** : *Structured Analysis and Design Technic*) permet, en partant d'une fonction globale d'un système, de déboucher sur des fonctions élémentaires du système (voir page 29).

D'après Mémotech Dessin technique *de C. Hazard.*

– Recherche du besoin fondamental

Il s'agit de la recherche du **besoin du système** (ou matériel suivant le cas).

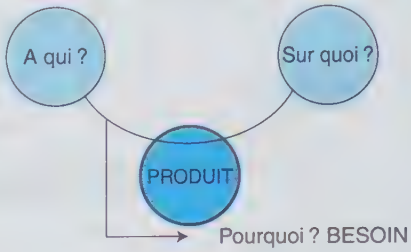
- Le besoin peut être assimilé à l'objectif ou au but à atteindre.
- Le besoin à satisfaire par un système (ou un matériel) s'obtient en posant les questions :

À qui rend-il service ? Sur quoi agit-il ? Pour quoi faire ? Pourquoi ce besoin existe-t-il ? (origine).

- Confirmer le besoin par les réponses à la question :

Qu'est-ce qui pourrait le faire évoluer ou disparaître ?

Expression du besoin à l'aide de l'outil appelé « bête à corne » :



(Outil de la méthode APTE®)

– Identification des fonctions

• Faire le bilan des phases d'utilisation du produit

• Déterminer l'environnement du produit par phase d'utilisation

Les *éléments humains*, *matériels*, *énergétiques*, *d'ambiance* constituent l'environnement du produit ou système au cours de son utilisation ou de son fonctionnement.

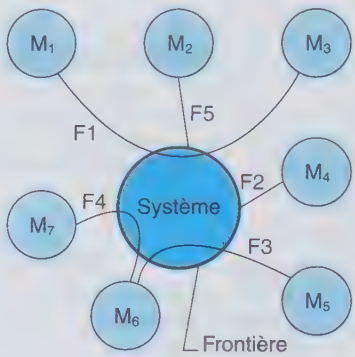
L'examen de l'environnement conduit à :

– ***Identifier*** les composantes extérieures (c'est-à-dire tout ce qui est en contact direct ou virtuel avec le produit).
Ex. : M_1, M_2, M_n…

– ***Établir*** les relations entre le produit et les composantes extérieures.

– ***Déterminer*** la ou les fonction(s) de service obtenue(s) par chaque relation entre le produit et une ou plusieurs composantes extérieures.

Milieu environnant le produit. Diagramme « pieuvre »



(Outil de la méthode APTE®)

Fonctions de service *(voir définition page précédente et schéma ci-contre)*

Remarque :
Pour répondre à *un besoin*, on peut avoir une ou plusieurs fonctions de service.
Une fonction de service se traduit par une relation entre le produit et une ou plusieurs composantes du milieu extérieur.

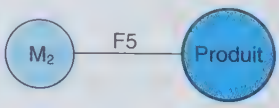
Classification des fonctions de service
Les fonctions de service sont soit des fonctions d'usage, soit des fonctions d'estime (EN 1325-1).

Fonctions de service

1. Relation entre le produit et deux composantes extérieures (M_1, M_3)



2. Relation entre le produit et une composante extérieure (M_2)



D'après Mémotech Dessin technique *de C. Hazard.*

Énoncé fonctionnel du besoin (suite)

AV CdCF

– Expression des fonctions

Les fonctions de service s'expriment par un verbe à l'infinitif suivi des deux composantes extérieures.

Exemples (situation maintenance) :
- fonction avec deux éléments environnants : « permettre à l'intervenant de libérer l'huile » ;
- fonction avec un environnement : « permettre l'accès intérieur du carter chapeau ».

– Validation des fonctions

Qu'est-ce qui pourrait la faire disparaître ? (QQPFD)
Qu'est-ce qui pourrait la faire évoluer ? (QQPFE)

– Définition des critères d'appréciation

Il s'agit d'affecter aux fonctions des critères de valeur qui peuvent avoir plusieurs formes d'expression :
- du niveau de satisfaction,
- d'une limite de coût,
- du niveau de performances,
- du respect de la sécurité.

– Contraintes

Les contraintes viennent de l'environnement, de la technologie, du marché, de la situation et des choix de l'entreprise ou de l'organisme, etc.
Par exemple :
- délai de l'étude,
- indisponibilité d'un matériau,
- interchangeabilité,
- propriété industrielle…

– Critères d'appréciation

Critère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée.

Exemples de critères : durabilité, maintenabilité, vitesse, rayon d'action…

– Niveau d'un critère d'appréciation

Niveau repéré dans l'échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction. Ce niveau peut être celui recherché en tant qu'objectif ou celui atteint pour une solution proposée.

Exemples : 20 °C ± 2, 3 m/s mini

– Flexibilité

Ensemble d'indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler un niveau recherché pour un critère d'appréciation.

Remarque : la flexibilité est une des caractéristiques fondamentales du cahier des charges.

La flexibilité peut s'exprimer de trois manières :

a) *Limite d'acceptation*
Niveau de critère d'appréciation au-delà duquel – ou en deçà suivant le cas – le besoin est déclaré non satisfait.

Exemples : écart absolu ou relatif, classes standard…

b) *Classe de flexibilité*
F_0 à F_3 : flexibilité nulle à forte.

Exemples : temps d'accès à l'information légèrement négociable F_1.

c) *Taux d'échange*
Acceptation de dégradation du niveau de performances en contrepartie d'une autre performance, d'un coût, d'un délai...

Exemples : vitesse minimale négociable si le délai de mise sur le marché est amélioré.

D'après Mémotech Dessin technique *de C. Hazard.*

1.3. Analyse de la valeur

1.3.1. Définition

Selon la norme de novembre 1996 (EN 1325-1), l'analyse de la valeur est une démarche créative et organisée utilisant un processus de conception fonctionnel et économique dont le but est d'augmenter la valeur d'un sujet AV. Le sujet AV peut être un produit existant ou un produit nouveau en cours de développement.

1.3.2. Caractéristiques

L'analyse de la valeur se caractérise par :

– une démarche fonctionnelle qui impose de formuler le problème en termes de finalités et non en termes de solutions pour rechercher l'essentiel ;

– une démarche à caractère économique par la référence systématique aux coûts ;

– une démarche pluridisciplinaire par un travail de groupe faisant appel à un animateur et un décideur, en présence des personnes de formations et de responsabilités différentes, qui permet de trouver un consensus sur les fonctions, les performances, les principes, les solutions et les coûts, tout en favorisant l'exercice de la créativité.
Cette démarche créative vise à étendre l'éventail des solutions à considérer. Elle permet la prise en compte des évolutions du marché, de l'environnement et des techniques.

1.3.3. Groupe d'analyse de la valeur

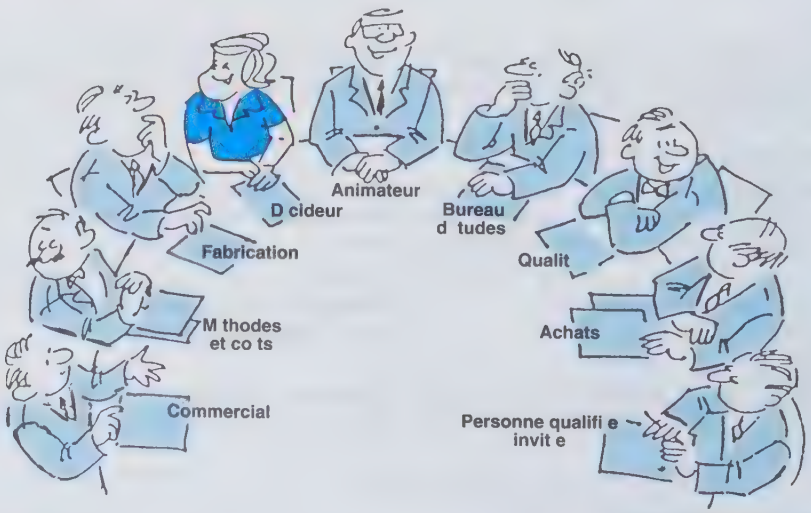
• **Recommandations pour la composition d'un groupe « analyse de la valeur »**
Ce groupe ne doit pas dépasser 10 personnes.

Attribution des rôles :

– Le **décideur** : c'est la personne mandatée pour prendre les décisions relatives à une action « analyse de la valeur » et les faire connaître. Il représente la direction de l'entreprise et a reçu les pouvoirs nécessaires.

– L'**animateur** : c'est la personne chargée de l'organisation et du déroulement d'une action. Elle en est responsable devant le décideur. Son efficacité repose sur les caractéristiques suivantes :
– maîtrise de la méthodologie de l'analyse de la valeur ;
– expérience en ce domaine ;
– bonne connaissance des principaux secteurs de l'entreprise ;
– esprit de synthèse, objectivité de jugement, réalisme et esprit de progrès ;
– sens des relations humaines ;
– optimisme, dynamisme, ténacité et persévérance, modestie et désintéressement.

• **Composition d'un groupe**



D'après un document ANVAR.

1.3.4. Déroulement d'une action d'analyse de la valeur

	Principales phases
Données	• Le CdCF d'un produit à créer ou le dossier technique d'un produit existant.
Orientation de l'étude	• Cette phase est en général définie par le décideur et l'animateur pour orienter, délimiter le champ d'étude et en définir les objectifs. Elle précise pour l'action envisagée : – les objets et les causes du déclenchement de l'action, – les données du problème (CdCF s'il existe), – les enjeux économiques, – le champ d'application et ses limites, – les contraintes, – les objectifs, – les moyens, – les participants,
Recherche de l'information	– recherche – classement – diffusion – techniques } des informations – économiques – commerciales – sociales } internes ou externes à l'entreprise
Analyse des fonctions et des coûts	• Cette phase est la plus importante, elle repose sur l'analyse et la validation du CdCF. S'il n'existe pas, le groupe procède à son élaboration. Il est utile de distinguer deux cas : – **Conception** d'un nouveau produit - analyse fonctionnelle : - fonction de service - estimation et analyse des coûts par fonction – **Reconception** d'un produit existant - analyse fonctionnelle : - fonction de service - fonctions techniques - analyse et répartition des coûts entre fonctions
Recherche d'idées et voies de solution	– Recherche et classement des idées et voies de solution. – Cette recherche est effectuée fonction par fonction en évitant toute censure. – Cette phase se prête particulièrement aux techniques de créativité (brainstorming...).
Étude et évaluation des solutions	– Construction des solutions. – Liaison fonctions de service/fonctions techniques. – Évaluation - sélection : - faisabilité, - coût, - risque, - autres contraintes.
Bilan prévisionnel choix	• Présentation des solutions accompagnées de justification : – motifs de sélection, – niveau estimé pour chaque critère, – chiffrage des coûts, – listes d'avantages et d'inconvénients, – principales conditions d'application.
Suivi de la réalisation	• Généralement effectué par l'animateur pour rendre compte au décideur des anomalies relevées, pour établir un bilan des résultats obtenus et éventuellement pour permettre la reprise d'une partie de l'étude.

1.4. Compétitivité des produits industriels

AV CdCF

1.4.1. Cycle de vie d'un produit

– Éléments d'un système qualité ISO 9004-1

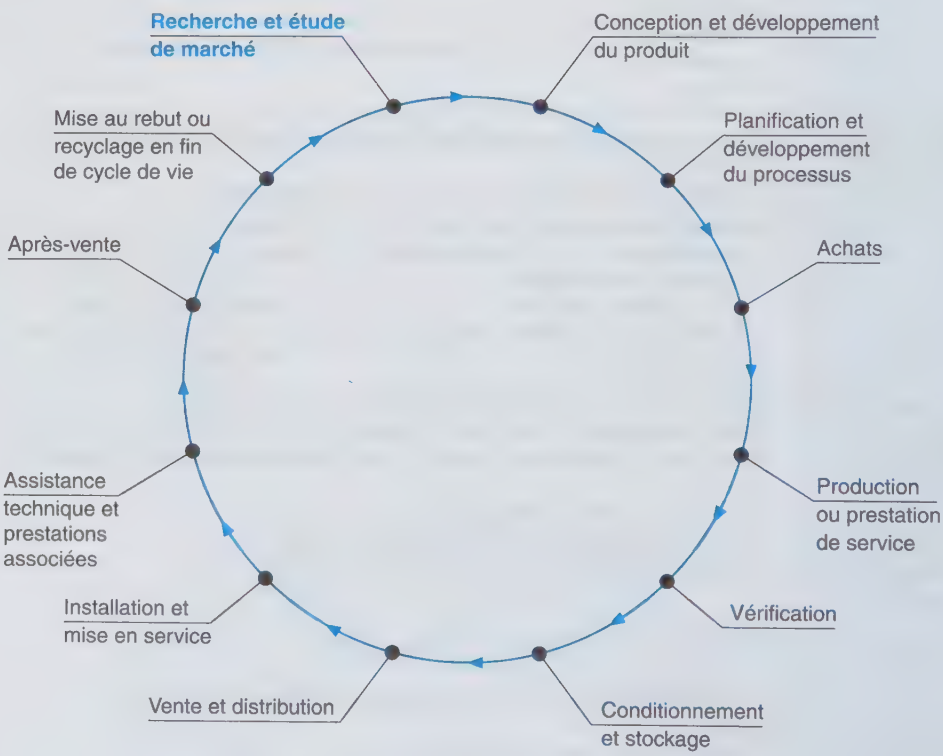
– Portée de l'application

Le système qualité s'applique à toutes les activités relatives à la qualité d'un produit. Il concerne toutes les phases du cycle de vie d'un produit et celles des processus, depuis l'identification initiale des besoins du marché jusqu'à la satisfaction finale des exigences (voir figure ci-dessous).

– Structure du système qualité

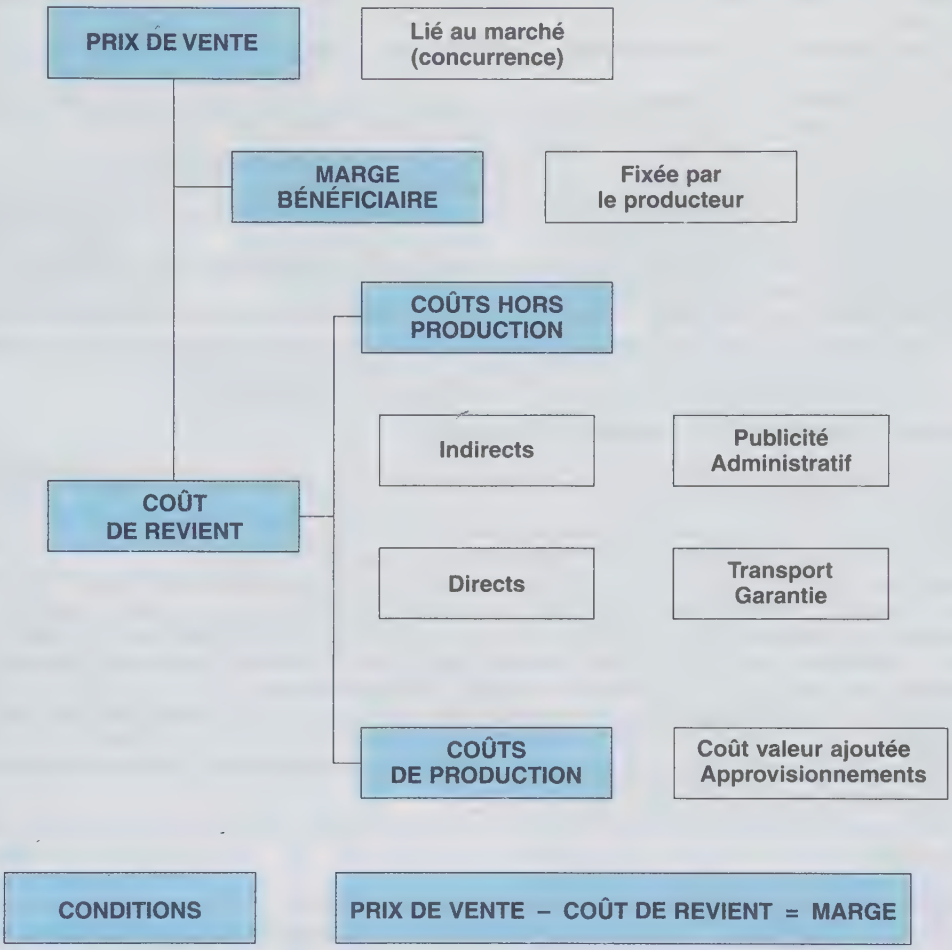
• **Responsabilité et autorité :** les responsabilités doivent être clairement définies.
• **Organisation :** les fonctions relatives au système qualité doivent être clairement définies au sein de l'ensemble de l'organisation.
Il convient de définir les liaisons hiérarchiques et les circuits de communication.
• **Procédures opérationnelles :** le système qualité doit mettre l'accent sur les actions préventives qui évitent l'apparition de problèmes.
• **Gestion et configuration :** le système qualité doit comprendre des procédures écrites relatives à la gestion de configuration.

– Activités ayant une incidence sur la qualité ISO 9004-1



1.4.2. Les coûts

Analyse des coûts



Alourdissement des coûts

Les causes de l'alourdissement des coûts peuvent être les suivantes :
– cahier des charges insuffisamment élaboré ;
– conception sans contraintes économiques ;
– solutions non remises en cause ;
– mauvaise connaissance des coûts réels ;
– manque de temps (trop de solutions provisoires deviennent définitives) ;
– estimation des coûts tardive dans le projet (penser aux approches paramétriques maintenant accessibles).

Qualité

La qualité est l'ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui donne l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites.
Dans de nombreux cas, les besoins peuvent évoluer avec le temps, ceci implique la révision périodique des exigences pour la qualité.
Les besoins peuvent inclure, par exemple, des aspects de performances, de facilité d'emploi, de sûreté de fonctionnement, de sécurité, des aspects économiques et esthétiques (voir p. 20).

1.4.3. Choix d'un modèle d'assurance qualité

La famille des normes ISO 9000 énumérées ci-dessous a été élaborée pour aider les organismes, de tous types et de toutes tailles, à mettre en œuvre et appliquer des systèmes de management de la qualité efficaces.

- L'ISO 9000 décrit les principes essentiels des systèmes de management de la qualité et en spécifie la terminologie.
- L'ISO 9001 spécifie les exigences relatives à un système de management de la qualité lorsqu'un organisme doit démontrer son aptitude à fournir des produits satisfaisant aux exigences des clients et à la réglementation applicable, et qu'il vise à accroître la satisfaction de ses clients.
- L'ISO 9004 fournit des lignes directrices sur l'efficacité et l'efficience du système de management de la qualité. L'objet de cette norme est l'amélioration des performances de l'organisme et la satisfaction des clients et des autres parties intéressées.
- L'ISO 19011 fournit des conseils sur l'audit des systèmes de management de la qualité et des systèmes de management environnemental.

Ces normes forment un ensemble cohérent relatif aux systèmes de management de la qualité et facilitent la compréhension mutuelle dans le cadre des échanges commerciaux nationaux et internationaux.

Démarche « systèmes de management de la qualité »

Une démarche permettant de développer et de mettre en œuvre un système de management de la qualité comporte plusieurs étapes, telles que :

a) détermination des besoins et attentes des clients et des autres parties intéressées ;
b) établissement de la politique qualité et des objectifs qualité de l'organisme ;
c) détermination des processus et responsabilités nécessaires pour atteindre les objectifs qualité ;
d) détermination et fourniture des ressources nécessaires pour atteindre les objectifs qualité ;
e) définition des méthodes permettant de mesurer l'efficacité et l'efficience de chaque processus ;
f) mise en œuvre de ces méthodes pour mesurer l'efficacité et l'efficience de chaque processus ;
g) détermination des moyens permettant d'empêcher les non-conformités et d'en éliminer les causes ;
h) établissement et application d'un processus d'amélioration continue du système de management de la qualité.

Cette démarche peut également être appliquée pour entretenir et améliorer un système de management de la qualité existant (voir page 21).

Manuel qualité

L'organisme doit établir et tenir à jour un manuel qualité qui comprend :

a) le domaine d'application du système de management de la qualité, y compris le détail et la justification des exclusions ;
b) les procédures documentées établies pour le système de management de la qualité ou la référence à celles-ci ;
c) une description des interactions entre les processus du système de management de la qualité.

Audits du système de management de la qualité

Les audits sont utilisés pour évaluer le niveau de satisfaction des exigences relatives au système de management de la qualité. Les constatations d'audit sont utilisées pour évaluer l'efficacité du système de management de la qualité et identifier les opportunités d'amélioration.

Les audits de première partie sont effectués par, ou pour le compte de, l'organisme lui-même pour des besoins internes et peuvent servir de base à une autodéclaration de conformité de l'organisme.

Les audits de seconde partie sont effectués par des clients de l'organisme ou par d'autres personnes pour le compte du client.

Les audits de tierce partie sont effectués par des organismes externes et indépendants. Ces organismes, généralement accrédités, fournissent la certification ou l'enregistrement de la conformité à des exigences telles que celle de l'ISO 9001.

L'ISO 19011 fournit des conseils pour les audits.

1.4.4. Coût de la non-qualité

Identification des coûts

Selon les sources documentaires, les coûts sont appelés :
– coûts de non-qualité ;
– coûts de la qualité (guide des coûts relatifs à la qualité AFNOR) ;
– coûts d'obtention de la qualité (COQ).
En fait, chaque identification évoque sensiblement la même chose.

Coûts résultant de la non-qualité

COÛTS DES ANOMALIES INTERNES + **COÛTS DES ANOMALIES EXTERNES** + **COÛTS DE DÉTECTION** + **COÛTS DE PRÉVENTION**

= **COÛTS RÉSULTANT DE LA NON-QUALITÉ**

Anomalies internes

Le coût des **anomalies internes** correspond aux frais encourus lorsque le produit ne satisfait pas aux exigences de qualité avant d'avoir quitté l'entreprise :

a) Rebuts.
b) Retouches, reconditionnement, réparations…
c) Déclassements sur produits finis ou en cours.
d) Pertes dues aux achats inemployables.
e) Autres coûts internes :
– pollution,
– accidents du travail,
– absentéisme,
– divers (à préciser).

Anomalies externes

Le coût des **anomalies externes** représente les frais encourus lorsque le produit ne répond pas aux exigences de qualité après avoir quitté l'entreprise :

f) Réclamations clients.
g) Coûts de garantie (service après-vente).
h) Remises ou ristournes.
i) Autres coûts externes :
– pénalités de retard ;
– agios pour non-respect des délais ;
– pertes de clientèle ;
– remboursements des dommages causés à autrui ;
– prime d'assurance pour couverture de la responsabilité du fait des produits.

Détection

Les coûts de **détection** sont les dépenses engagées pour vérifier la conformité des produits aux exigences de la qualité, c'est-à-dire pour financer la recherche des anomalies :

– salaires et charges liés aux vérifications ;
– frais de contrôles sous-traités ;
– fournitures diverses et produits détruits lors des essais utilisés pour l'évaluation du produit ;
– amortissement du matériel de contrôle et d'essais utilisé pour l'évaluation du produit ;
– frais d'étalonnage ;
– divers (à préciser).

Prévention

Les coûts de **prévention** représentent les investissements humains et matériels engagés pour vérifier, prévenir et réduire les anomalies, c'est-à-dire pour financer les actions menées au niveau des causes des anomalies :

– établissement des documents relatifs à la gestion et à l'assurance de la qualité (manuel qualité, plans qualité, plans de contrôle) ;
– évaluation des fournisseurs ;
– sensibilisation, motivation et formation à la qualité et à la gestion de la qualité ;
– réalisation d'audits qualité ;
– analyse de la valeur ;
– divers (à préciser).

1.4.5. La qualité

Définition

Ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites.

Principe (roue de Deming)

1 – On a écrit ce qu'on va faire.
2 – On fait ce qu'on a écrit.
3 – On vérifie ce qu'on a fait.
4 – Si écart, déviation → améliorer.

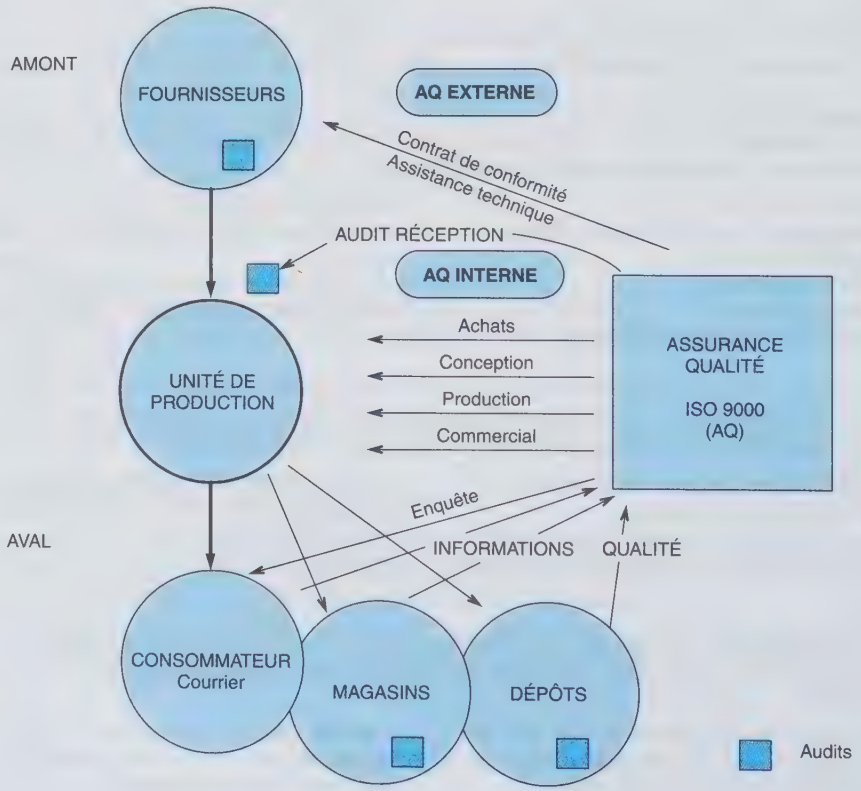
Remarque

On distingue deux cas d'assurance de la qualité :

– **Assurance de la qualité interne**
Elle est relative à la politique de gestion de la qualité de l'entreprise. Elle concerne toutes les activités tendant à donner confiance à la direction d'une organisation en ce que la qualité soit atteinte.

– **Assurance de la qualité externe**
Elle concerne toutes les activités tendant à donner confiance à l'acheteur en ce que le système qualité du fournisseur conduise à un produit, ou à un service, satisfaisant aux exigences de qualité exprimées par l'acheteur. Ces activités résultent d'une relation contractuelle entre le client et le fournisseur.

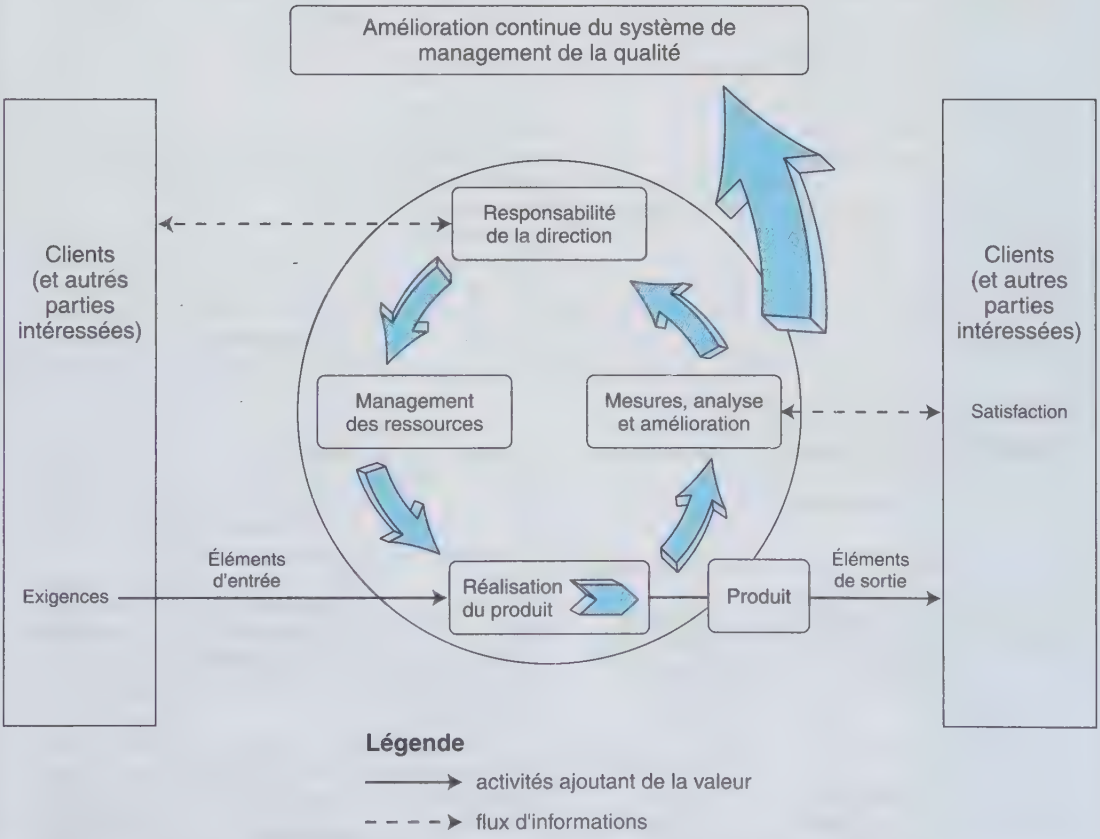
Organisation



1.4.6. La certification de produit

– C'est la reconnaissance nationale ou internationale qu'un produit est apte à l'emploi : fonctions assurées, sécurité d'utilisation, etc.
Elle est attribuée par des organismes, des laboratoires mandatés : Afnor, Véritas, BNM, LNE, etc.
Le label NF est bien connu, il est délivré par l'Afnor.
Les mécaniciens ont leur label de certification : Certiméca.
– *Remarque :*
L'ouverture des frontières européennes est conditionnée à une certification reconnue de nombreux produits non encore soumis à cette exigence aujourd'hui.
– C'est une préoccupation de toutes les entreprises.
Lorsque le produit ne peut être certifié par absence de cahier des charges, produits fabriqués en petite série, services et prestations, une entreprise peut être reconnue comme étant capable de livrer des produits dont la qualité est assurée de façon systématique ; cette approche est la **certification d'entreprise**.
On dit que l'entreprise est **qualifiée**.
– L'AFAQ (Association Française pour l'Assurance Qualité), BVQI, TÜV, ... gèrent ce secteur en France.
– Depuis de nombreuses années les fournisseurs de l'armement sont soumis à cette qualification par le SIAR (Service d'Inspection de l'ARmement).
Ce sont les RAQ 1, RAQ 2 et RAQ 3 (Règlement Assurance Qualité), précurseurs des normes ISO 9000.
– Complément de la confiance établie entre donneur d'ordre et fournisseur, la certification devient la clé du marché européen.

Modèle d'un système de management de la qualité basé sur des processus



Note : Les éléments du texte figurant entre parenthèses ne s'appliquent pas à l'ISO 9001.

D'après Afnor

1.5. L'innovation

AV CdCF

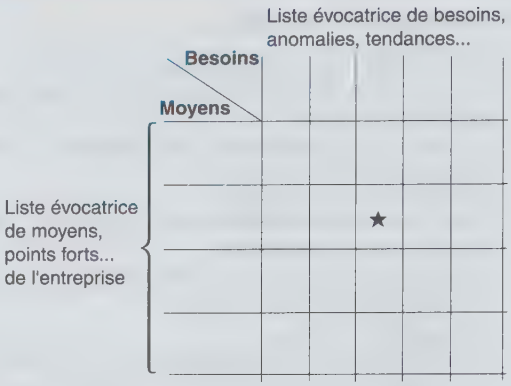
1.5.1. Processus définissant l'innovation

Phases → / Désignations ↓	Créativité				
	Formulation du problème	Suggestions de solutions	Évaluation	Décision	Application
Opérations correspondantes	– Découvrir le problème. – Repérer des changements, des opportunités. – Identifier des besoins, des difficultés, des défauts, des anomalies, des insatisfactions, des attentes. – Affirmer le désir d'y porter remède, d'y apporter une solution ou une réponse.	Exprimer des hypothèses : – chercher des explications, – trouver des réponses, – envisager des moyens.	– Éliminer les solutions manifestement inadéquates. – Évaluer et comparer les solutions selon des critères objectifs ou subjectifs : – faisabilité, – coût, – rapidité, – attrait, – synergie, – antériorité. – Proposer et choisir une méthode de présentation de l'évaluation (élimination, rangement, notation...).	– Accepter ou rejeter les évaluations et classements proposés. – Conclure à l'éventuelle nécessité d'une nouvelle recherche. – Désigner la solution (ou la combinaison de solutions) adoptée.	– Mettre en œuvre, réaliser l'action décidée. – Communiquer au public, publier, prendre des brevets... – Fabriquer les prototypes, les maquettes, les objets.
Points forts	Fait	Idées	Critères	Engagement	Actes
Aptitudes	– Esprit critique. – Remise en question. – Motivation.	Imagination.	Logique.	Jugement.	Volonté. Acharnement.
Moyens	– Information. – Observation. – Méthodes (CdCF, ...)	– Connaissances. – Mémoire. – Information. – Méthodes (TRIZ, ...)	– Temps, argent. – Essais, calculs. – Méthodes. – Tests. – Enquêtes.	– Niveau convenable de responsabilité.	– Humains. – De réalisation. – Financiers.
Blocages	– Routine. – Passivité. – Désintérêt.	– Peur des autres. – Critique hâtive. – Créaticide.	– Manque de temps. – Passage direct à la décision.	– Mauvaise évaluation.	– Hiérarchie mal impliquée. – Décision trop tardive.

1.5.2. Méthodes favorisant la production d'idées de solutions

• Méthodes exploratoires : quoi faire de...

★ Dans chaque case on examine en quoi le moyen associé à un besoin donne des idées de réponses.



• Méthode TRIZ

Cette théorie d'origine russe peut se traduire par : **Théorie de la Résolution des Problèmes Inventifs**. Elle a pour objectif de démultiplier la créativité en phase de recherche de solutions techniques avec des outils de résolution de contradiction d'évolutions technologiques, basés sur l'analyse des brevets.

• Questions stimulantes ou check-list

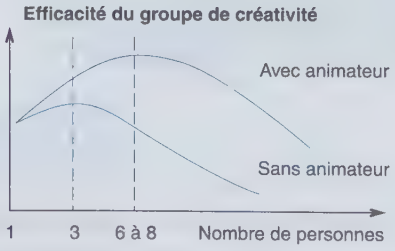
1. QQOCCQ
Q : quoi ?
Q : quand ?
O : où ?
C : comment ?
C : combien ?
Q : qui ?

2. Adaptation, modification, substitution
– Que se passerait-il si l'on modifiait légèrement cela ?
– Que se passerait-il si l'on changeait la forme ?
– Comment améliorer cet appareil ?
– Comment améliorer ce procédé ?
– Comment améliorer ce service, etc.?
– Par quoi puis-je substituer cela ?
– Qui pourrait le faire mieux encore ?
– Où pourrait-on le faire ailleurs ?

3. Check-list de Von Fange
– Que puis-je faire d'autre ?
– Que se passe-t-il si je renverse, si je mets l'intérieur à l'extérieur, le haut en bas ?
– Que puis-je faire sur la forme, sur la taille ?
– Que puis-je laisser de côté ?
– Que se passe-t-il si je considère les extrêmes ?
– Que se passe-t-il si je rends symétrique ou asymétrique ?
– L'objet peut-il être plus sûr, moins dangereux ?
– Peut-il être rendu plus économique ?
– Peut-il glisser au lieu de tourner ? Tourner au lieu de glisser ?
– Peut-il se déplacer ? Peut-il être stationnaire ?

4. Check-list de Flesch
– Que suis-je en train d'accomplir ?
– Ai-je fait cela auparavant et comment ?
– Puis-je le faire d'une autre façon ?
– Puis-je utiliser plus, moins, toute, aucune, une, deux ou plusieurs parties ?
– Que se passe-t-il si je fais le contraire ?
– Que se passe-t-il si je ne fais rien ?

5. Check-list de Reiss
– En quoi consiste votre principale difficulté ?
– Qu'est-ce qui vous trouble ? Vous ennuie ? Vous gêne ?
– Qu'est-ce qui vous fait attraper froid ? Qu'est-ce qui vous salit ?
– Qu'est-ce que vous aimez toucher ? Sentir ? Voir ou entendre ?
– Quand souhaiteriez-vous disposer d'une main supplémentaire ?
– Qu'est-ce que vous oubliez ou vous négligez de faire le plus souvent ?



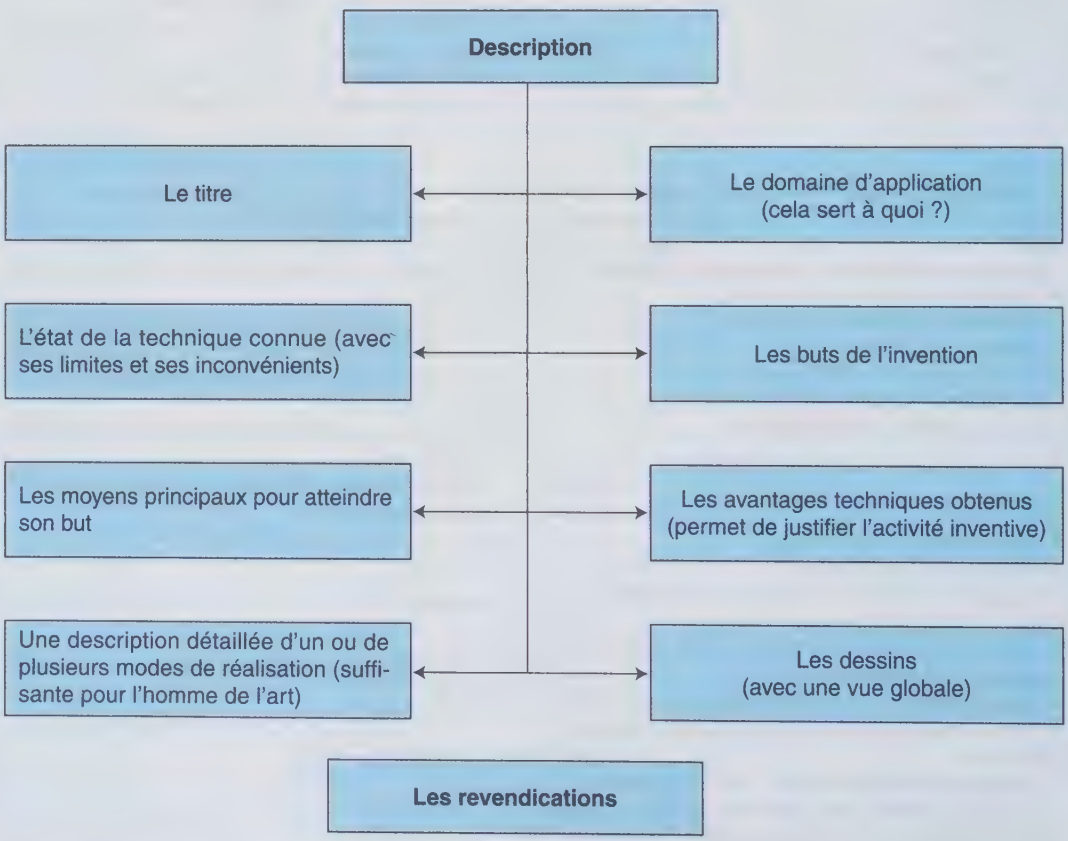
1.5.3. La protection industrielle

INPI

Protection de l'innovation

– Tout produit non protégé peut être reproduit.
– La protection de l'innovation peut être assurée par un brevet, des droits d'auteur, des certificats, des dessins et modèles...
– Peuvent être brevetables les inventions nouvelles, impliquant une activité inventive et susceptible d'application industrielle.
– Sont exclus des brevets :
- les découvertes, les théories scientifiques, les méthodes mathématiques,
- les créations esthétiques,
- les plans, les principes et méthodes dans l'exercice d'activités intellectuelles ou dans le domaine des activités économiques,
- les règles de jeux,
- les programmes d'ordinateurs (en Europe uniquement mais en cours d'évolution),
- les méthodes de traitement chirurgical ou thérapeutique ou de diagnostic appliquées au corps humain ou animal,
- les obtentions végétales,
- les races animales et les procédés essentiellement biologiques d'obtention de végétaux ou d'animaux, les inventions contraires à l'ordre public ou aux bonnes mœurs.

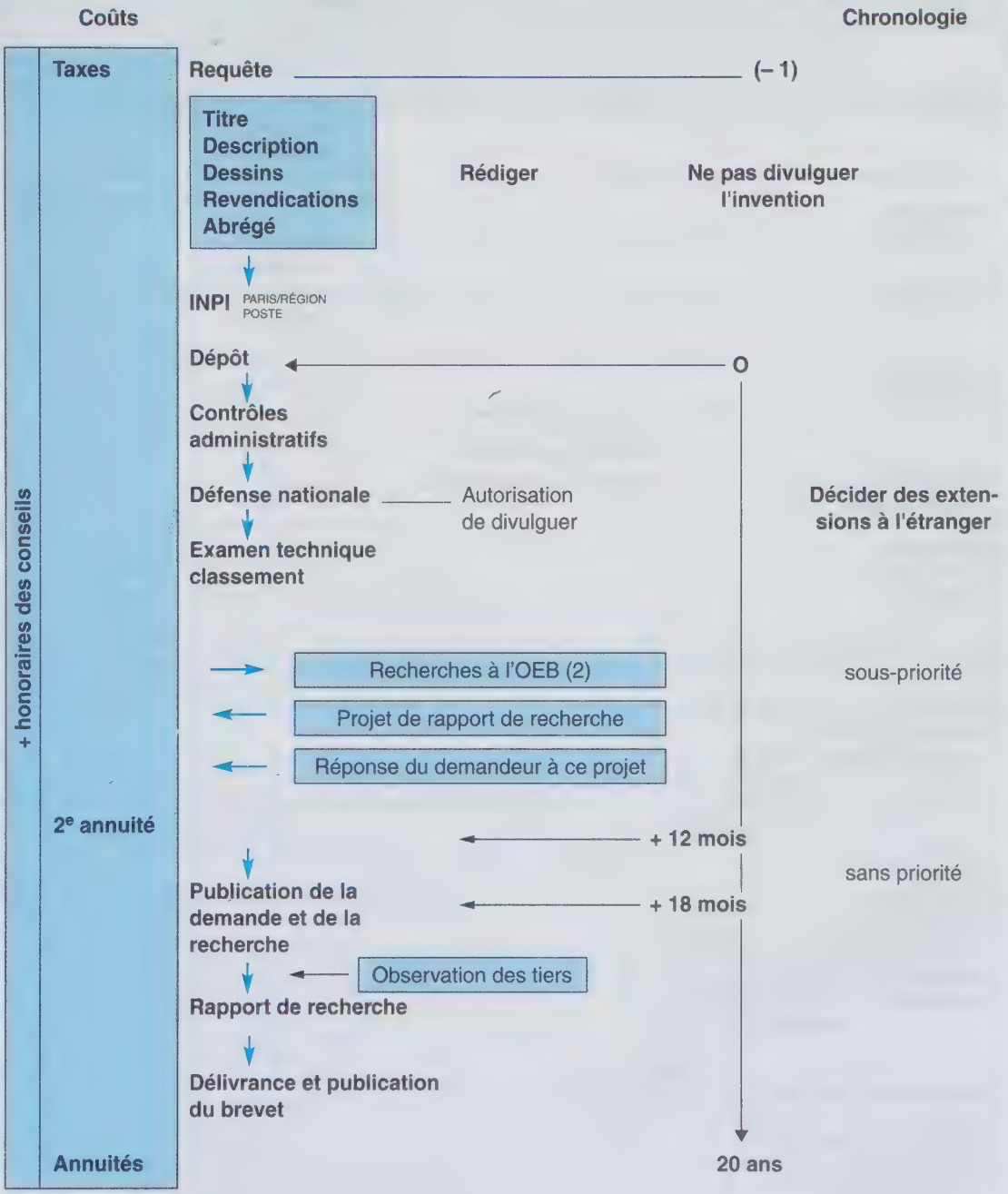
Présentation d'un dépôt de brevet



INPI (Institut National de la Propriété Industrielle)
26 bis, rue de Léningrad, 75800 PARIS CEDEX 08

1.5.4. Démarche de dépôt d'un brevet

INPI Formex (1)



1. **FORMEX** : Information sur l'accession à la propriété industrielle.
2. **OEB** : Office Européen des Brevets.
3. **AMM** : Autorisation de Mise sur le Marché.

1.5.5. Valorisation d'un produit INPI

1. Tester la valeur (sans divulguer l'invention avant le dépôt du brevet)

- technique → faisabilité → – essais, – prototypes, – développement
- juridique → brevetabilité → – recherches d'antériorité, – avis documentaire, – examen
- économique → rentabilité

2. Protéger

- en France → brevets → – français, – européens
- à l'étranger → brevets → – nationaux, – européens, – PCT*

3. Exploiter

- directement → – nouveaux produits, – diversification, – création d'entreprise
- par licencié → – recherche de partenaires
- cession du brevet

4. Défendre

- contrefaçon
- arbitrage

1.5.6. Contrat de licence

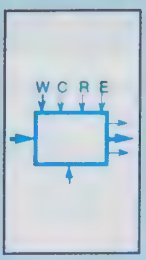
Rédaction d'un contrat écrit

– parties du contrat
– droits concédés : - brevet
- marque
- modèle
- savoir-faire
– durée
– territoire
– exclusivité ou non
– transmission
– maintien en vigueur du brevet
– assistance technique
– paiement : - somme forfaitaire
- redevances : - assiette
- taux
- durée
– minimum de production et/ou de redevances
– secret
– actions en contrefaçon
– perfectionnements
– litiges (arbitrage)
– réalisation
– déclaration au bureau des transferts techniques internationaux

Inscription au registre national des brevets

* PCT : brevet international.

2. Approche système





Banque de **DONNÉES**



Guide de **CHOIX**

2.1. Structuration des systèmes automatisés 30

2.2. Méthode SADT 31

2.2.1. Actigramme « contexte » (A-O) 31

2.2.2. Analyse descendante 32

2.3. Le Grafcet 33

2.3.1. Eléments de base et règles d'évolution 33

2.3.2. Représentation graphique des éléments 37

2.3.3. Représentation graphique des structures de séquence 42

2.3.4. Structuration 45

2.3.5. Exemples de chronogrammes associés aux actions 49

2.3.6. Exemple : Doseur malaxeur automatique 50

2.4. Le GEMMA 54

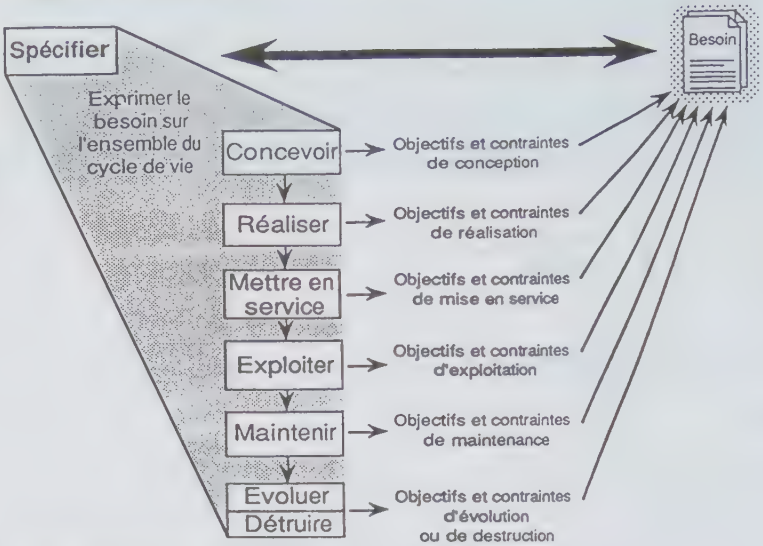
2.4.1. Représentation fonctionnelle des événements dans le système 54

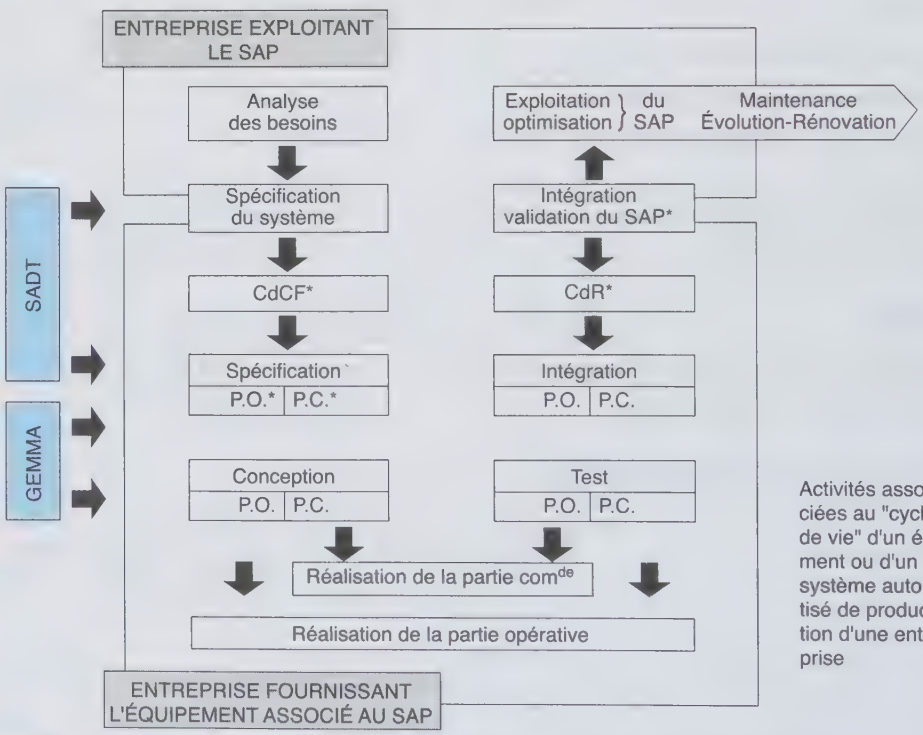
2.4.2. Représentation graphique du Gemma 56

2.5. Exemple d'application (perçage de carter) 57

2.1. Structuration des systèmes automatisés

Cycle de vie d'un système automatisé :





Activités associées au "cycle de vie" d'un équipement ou d'un système automatisé de production d'une entreprise

GRAFCET : Le grafcet se situe pratiquement à toutes les étapes du cycle de vie d'un système.

* ***Légende*** :

SAP : Systèmes Automatisés de Production
CdCF : Cahier des Charges Fonctionnel
CdR : Cahier de Recette
PO : Partie opérative
PC : Partie commande

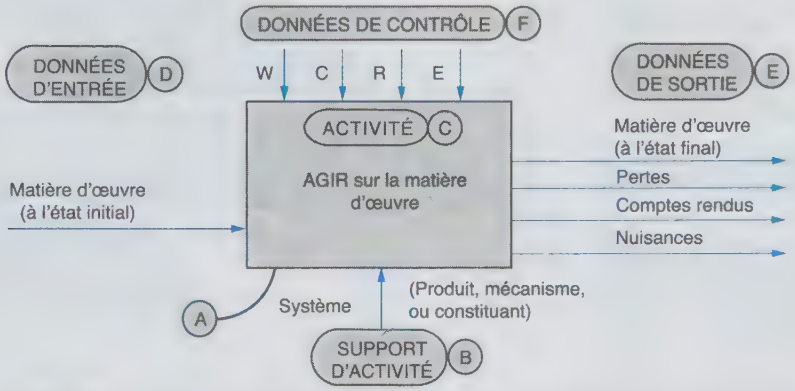
2.2. Méthode SADT

2.2.1. Actigramme « contexte » (A-O) ou diagramme d'activité global

Définition

C'est un outil d'analyse normalisé permettant de mettre en évidence l'activité d'un système, ainsi que tout ce qui intervient dans son environnement lors de la réalisation de cette activité.

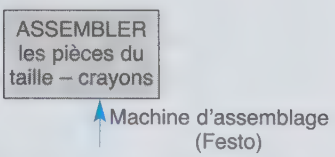
Le modèle général



A	Cadre rectangulaire (support graphique du modèle).	F	Ces données de contrôle agissent sur le système, pour lui permettre de fonctionner ou modifier son activité. Elles peuvent également s'appeler contraintes d'activité. – Données qui contrôlent l'activité du système : W : énergie (électrique ; pneumatique,…) E : exploitation (instructions de l'opérateur humain : mise en route, arrêt d'urgence, etc.) – Données qui modifient l'activité du système : C : configuration (programmation d'un API, d'un ordinateur, etc.). R : réglages (vitesse, course, paramètres électriques, etc.). Matières consommables (huile de coupe, peinture, etc.).
B	Système matériel permettant de réaliser la fonction globale.		
C	Fonction globale du système (voir ci-dessous), rédigée à l'intérieur du cadre (verbe en majuscules).		
D	Matière d'œuvre à l'état initial : matérielle, énergétique ou informationnelle.		
E	– Matière d'œuvre à l'état final (MO + VA) – comptes rendus, pertes, nuisances…		

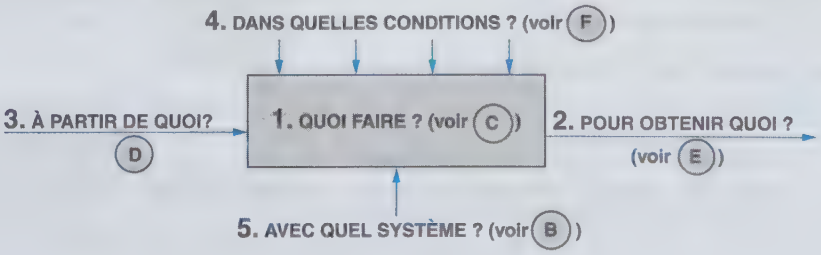
Fonction globale

Dans le cas où le produit est un système technique, sa fonction globale est l'action qu'il exerce sur la matière d'œuvre pour lui apporter une valeur ajoutée.
Exemple **:** la fonction globale d'un système d'assemblage est d'assembler les pièces constituant le produit.



Démarche de rédaction

Pour établir un diagramme d'activité, il faut, après avoir isolé le système, répondre au préalable à cinq questions dont l'ordre est précisé sur le schéma ci-dessous.



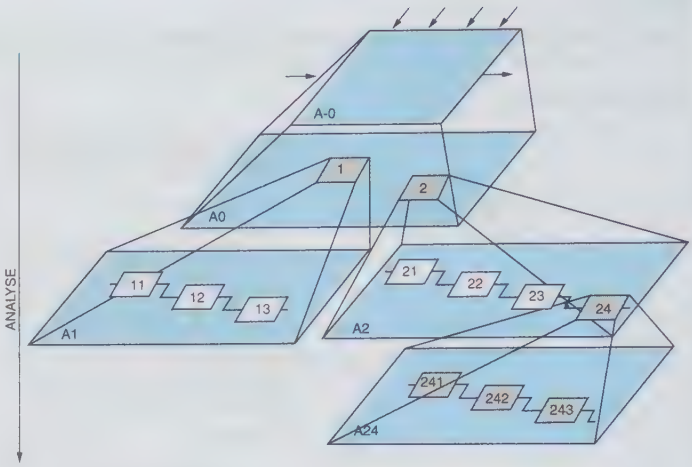
2.2.2. L'analyse descendante

Hiérarchisation des diagrammes (différents niveaux)

– L'analyse de tout problème est menée de manière descendante, modulaire, hiérarchique et structurée, en partant du plus général pour aller vers le plus détaillée.

– Par convention le niveau le plus élevé (actigramme contexte ou diagramme d'activité global) porte le numéro **A.0**
Ce niveau se décompose au niveau **A0** en « n boîtes » : **A1, A2**,...

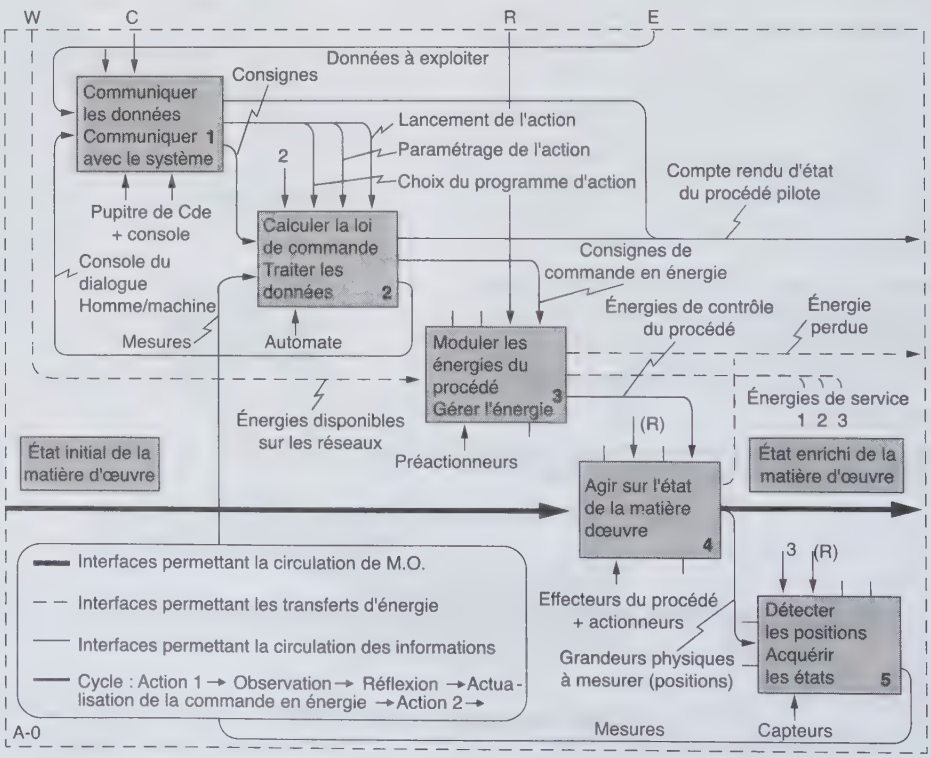
– Par la suite la boîte **A1** se décompose en « n boîtes » : **A11, A12, A13**,... et ainsi de suite jusqu'au niveau d'analyse souhaité



Niveau AO d'un système automatisé

C'est l'actigramme décliné de l'actigramme A-0.
Cet actigramme A0 met en évidence les cinq fonctions essentielles d'un système automatisé :

1 : Communiquer avec le système
2 : Traiter les données
3 : Gérer l'energie
4 : Agir sur la matière d'œuvre
5 : Acquérir les états



2.3.1. Eléments de base et règles d'évolution

– Le **GRAFCET** est un modèle de représentation des systèmes logiques. C'est un diagramme fonctionnel qui décrit l'évolution séquentielle (par étape) des processus automatisés.

– Il est composé d'un ensemble :

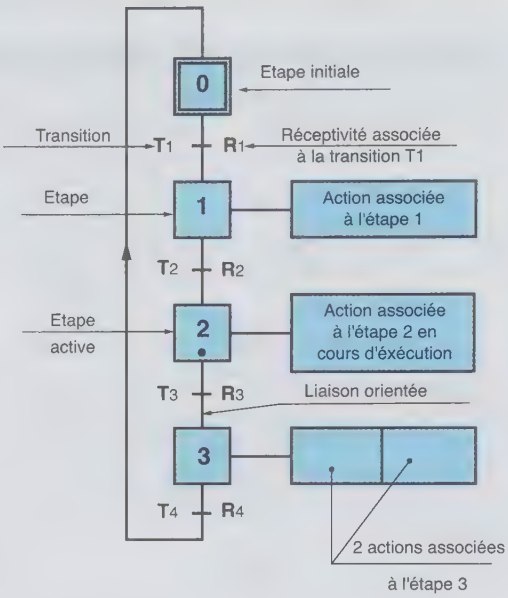
– d'**étapes** qui caractérisent un comportement invariant d'une partie ou de la totalité du système. Suivant l'évolution du processus, chaque étape peut être active (•) ou inactive

– d'**actions** associées aux étapes :
Elles traduisent ce qui doit être fait chaque fois que les étapes auxquelles elles sont associées sont actives.

– de **transitions** :
Elles indiquent la possibilité d'évolution entre étapes.
Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.

– de **réceptivités** associées aux transitions :
Ce sont des propositions logiques ; vraies (= 1), fausses (= 0)

– de **liaisons orientées** :
Elles relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.
Elles précisent le sens de lecture (haut vers le bas).



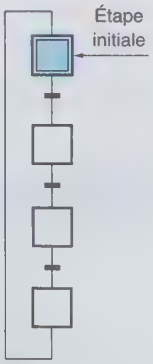
– Les règles précisent les conditions dans lesquelles le **GRAFCET** évolue (étapes **actives** ou **inactives**)

Première règle : initialisation

– La situation initiale du **GRAFCET** caractérise l'état dans lequel se trouve la partie opérative au début du fonctionnement de la partie commande

– Elle correspond aux étapes actives à l'initialisation.

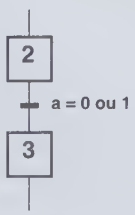
– **L'étape initiale** est représentée sur le **GRAFCET** par un **double carré**.



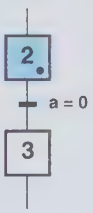
Deuxième règle : franchissement d'une transition

– Le franchissement d'une transition ne s'effectue que lorsque cette transition est **validée**, c'est-à-dire lorsque l'**étape** précédente est active et que la **condition de transition (réceptivité)** associée à cette étape est **vraie**.

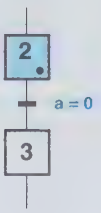
– Lorsque ces deux conditions d'évolution sont réunies, la **transition** devient **franchissable** et est alors **obligatoirement franchie**.



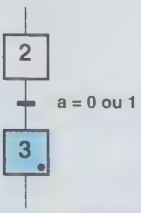
Transition non validée
La transition **2 →3** est non validée car l'étape **2** est inactive.



Transition validée
La transition **2 →3** est validée (étape **2** active) mais elle n'est pas franchissable **(a = 0)**.



Transition franchissable
La condition de transition est vraie **(a = 1)**. La transition devient franchissable.



Transition franchie
Le franchissement de la transition entraîne l'activation de l'étape **3** et la désactivation de l'étape **2**.

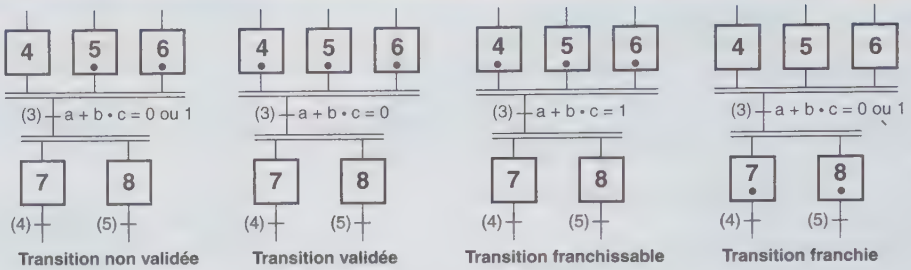
Troisième règle : évolution des étapes actives

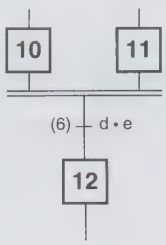
Le franchissement provoque simultanément :

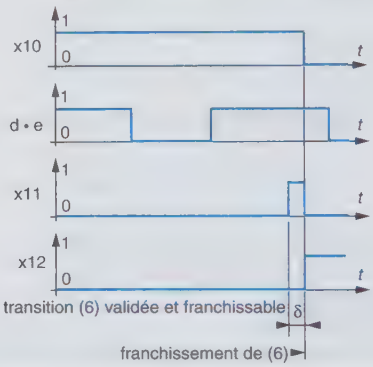
– La **désactivation** de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition,

– et **l'activation** de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.

Quatrième règle : plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies

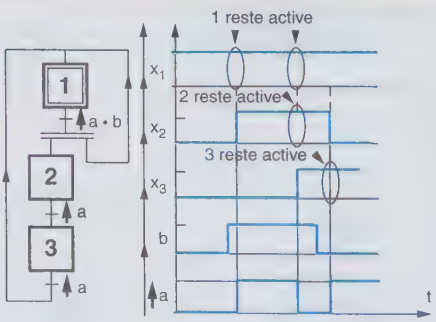






chronogramme d'évolution possible du GRAFCET

Cinquième règle : Si, au cours du fonctionnement, une étape active est simultanément activée et désactivée alors elle reste active.



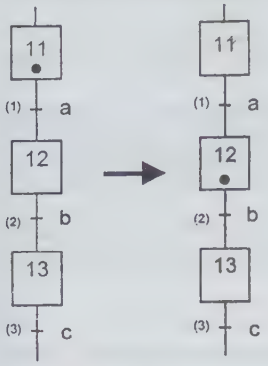
Le front montant ↑ indique, qu'à l'impulsion sur le capteur **a**, celui-ci passe de l'état **0** à l'état **1**.

Événements d'entrée

– Les règles d'évolution montrent que, seul un changement des valeurs des variables d'entrée, est susceptible de provoquer l'évolution d'un grafcet. Ce changement, appelé « **événement d'entrée** » doit être défini par la valeur antérieure et la valeur postérieure de toutes les variables d'entrées pour caractériser cet **événement *unique***. Dans la pratique, on ne spécifie que des ***ensembles* d'événements** d'entrée caractérisés par le changement d'état (front montant ou front descendant) d'une ou plusieurs variables booléennes d'entrée.

– Évolution non fugace

– Dans le cas général, l'évolution est non fugace, c'est-à-dire que l'événement d'entrée ne provoque qu'un seul pas d'évolution (le franchissement simultané d'une ou plusieurs transitions)



Exemple : ***« Évolution non fugace »***
Situation antérieure : étape **11** active, **a = 0, b = 0 et c = 0.**

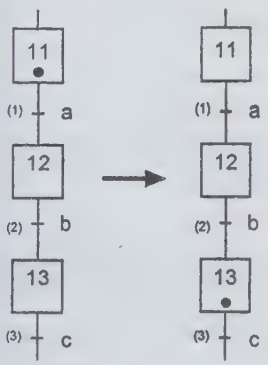
Interprétation intuitive de l'évolution :
Le changement de valeur de « **a** » provoque le franchissement de la transition **(1)** et l'activation de l'étape **12**, la transition **(2)** n'est pas franchissable car **b = 0**, donc la situation postérieure est : **étape 12 active.**

Interprétation vraie de l'évolution :
L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « **a** » passe de **0 à 1**, conduit directement à la situation postérieure : **étape 12 active.**

– Évolution fugace

– Dans certains cas, l'application des règles d'évolution peut conduire à franchir successivement des transitions (en plusieurs pas d'évolution) si les réceptivités associées aux transitions postérieures sont déjà vraies lors du franchissement de la ou des premières transitions considérées. L'évolution correspondante, dite **fugace**, utilise le chemin parcouru pour indiquer comment on passe d'une situation antérieure à une situation postérieure.

– Les étapes intermédiaires correspondantes, dites étapes **instables**, ne sont pas activées, mais on considère qu'elles ont été « **virtuellement** » activées et désactivées le long du chemin d'évolution intuitive, et de même que les transitions correspondantes ont été « **virtuellement** » franchies.



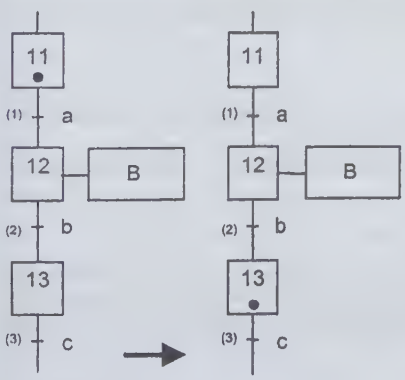
Exemple : ***« Évolution fugace »***
Situation antérieure : étape **11** active, **a = 0, b = 1 et c = 0.**

Interprétation intuitive de l'évolution :
Le changement de valeur de « **a** » provoque le franchissement de la transition **(1)** et l'activation virtuelle de l'étape **12**, la transition **(2)** est ensuite **virtuellement** franchie, car **b = 1**, pour aboutir à la situation postérieure : **étape 13 active.**

Interprétation vraie de l'évolution :
L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « **a** » passe de **0 à 1**, conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

– Conséquence d'une évolution fugace sur les assignations

– L'assignation d'une valeur de sortie par une action continue associée à une étape, qui à l'occasion d'une **évolution fugace** est une étape instable, n'est pas effective puisque l'étape n'est pas réellement activée.



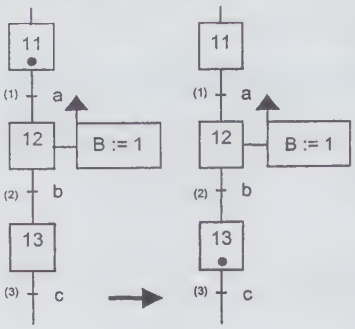
Exemple : ***« Action continue associée à une étape instable »***
Situation antérieure : étape **11** active, **a = 0, b = 1 et c = 0.**

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « **a** » passe de **0 à 1**, conduit directement à la situation postérieure : **étape 13 active.**

La situation antérieure (étape **11** active) et la situation postérieure (étape **13** active) assignent à la valeur **0** la variable de sortie **B**. L'étape instable **12** n'étant pas réellement activée, l'assignation à la valeur **1** de **B** n'est pas effective au cours de cette **évolution fugace**.

– Conséquence d'une évolution fugace sur les affectations.

– L'affectation à une valeur déterminée d'une sortie par une action mémorisée (symbole 26) associée à une étape, qui à l'occasion d'une évolution fugace est une étape instable, est effective puisque cette affectation est associée aux événements déclenchant cette évolution

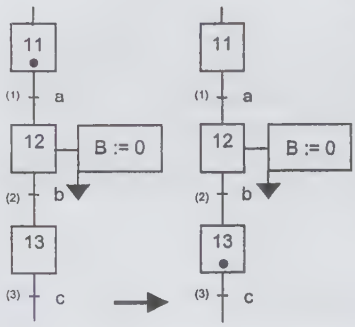


***Exemple* 1 : « *Action mémorisée associée à l'activation d'une étape instable* »**

Situation antérieure : étape **11** active, **a = 0, b = 1 et c = 0.**

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « **a** » passe de **0 à 1**, conduit directement à la situation postérieure : **étape 13 active.**

L'affectation de la valeur **1** à la variable de sortie **B** se fait sur occurrence d'un des événements internes ayant pour conséquence l'activation réelle ou virtuelle de l'étape **12**.



***Exemple* 2 : « *Action mémorisée associée à la désactivation d'une étape instable* »**

Situation antérieure : étape **11** active, **a = 0, b = 1 et c = 0.**

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « **a** » passe de **0 à 1** conduit directement à la situation postérieure : **étape 13 active.**

L'affectation de la valeur **0** à la variable de sortie **B** se fait sur occurrence d'un des événements internes ayant pour conséquence la désactivation réelle ou virtuelle de l'étape **12**.

– Comparaison entre les deux modes de sortie

– Le choix du mode de sortie dépend des habitudes et des méthodologies. Toutefois l'attention des spécificateurs est attirée sur les importantes différences entre les deux modes.

– Détermination de la valeur des sorties

– **En mode continu, *toutes*** les sorties sont assignées selon la *situation*, à la ***valeur vraie*** pour les sorties désignées explicitement dans les actions associées aux étapes actives, à la ***valeur fausse*** pour les autres qui sont désignées implicitement par omission (voir règle à assignation)

– **En mode mémorisé**, ***seules*** les sorties affectées sont modifiées à la ***valeur indiquée***, les valeurs des autres sorties mémorisées restent inchangées (voir règle d'affectation).

– Analyse de la valeur des sorties d'un grafcet à un instant donné

– **En mode continu**, la connaissance de la situation et de la valeur des entrées ***suffit*** pour déterminer la valeur des sorties.

– **En mode mémorisé**, la connaissance de la situation et de la valeur des entrées ***ne suffit pas***, il faut connaître également les évolutions antérieures pour déterminer la valeur des sorties.

– Actions relatives à une évolution fugace

– **En mode continu**, les actions associées à une étape instable ***ne sont pas* prises** en compte car cette étape n'est pas activée.

– **En mode mémorisé**, les actions associées à des événements correspondant à une évolution fugace ***sont* prises** en compte car les événements déclenchant cette évolution se produisent.

– Conflit éventuel sur la valeur des sorties

– **En mode continu**, les principes de l'assignation ***permettent d'éviter*** tout conflit d'assignation sur une même sortie.

– **En mode mémorisé**, les principes de l'affectation ***ne permettent pas d'éviter*** les éventuels conflits d'affectation sur une même sortie. Le spécificateur doit alors s'assurer lui-même que deux affectations contradictoires ne peuvent pas se produire simultanément.

2.3.2. Représentation graphique des éléments

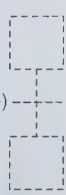
– Les éléments du **GRAFCET** possèdent une représentation symbolique qui permet, en les associant correctement, de réaliser des diagrammes fonctionnels clairs et synthétiques.

Note 1 : Seule la représentation globale des symboles est imposée, les dimensions et les éléments de détail (épaisseur des traits, police de caractère, etc.) sont laissés libres aux utilisateurs.
Note 2 : Les représentations en trait pointillé indiquent le contexte du symbole.

TABLEAU 1 – Étapes

N°	Symbole	Description
1		Étape ***Exemple* 1 :** « Étape 2 » ***Exemple* 2 :** « Étape 3 active »
2	X*	**Variable d'étape** : l'Etat actif ou inactif d'une étape peut être représenté par **1** ou **0** dans laquelle * doit représenter le repère de l'état considéré. ***Exemple* :** « variable d'étape de l'étape 8 » X 8
3		**Étape initiale** : – Les règles du symbole 1 sont applicables – Une étape initiale peut être « **instable** » ***Exemple* :** « étape initiale **12** » 
4		**Étape encapsulante** : contient d'autres étapes dites encapsulées. – Les règles des symboles **1** sont applicables – Propriétés et exemples d'utilisation de l'étape encapsulante : voir tableau 10.
5		**Étape encapsulante initiale** : – Elle contient, au moins, une étape encapsulée initiale.
6		**Macro-étape** : Représentation unique d'une partie détaillée de grafcet, appelée **expansion** de la macro-étape. – Propriétés et exemples d'utilisation de la macro-étape : voir tableau 11.

TABLEAU 2 – Transitions

N°	Symbole	Description
7		**Transition entre deux étapes** : représentée par un trait perpendiculaire aux liaisons joignant deux étapes. – La transition est validée lorsque l'étape amont est active. – Il est possible de placer des transitions sur des segments de liaison horizontaux.
8		**Repère de transition** : La transition peut comporter un repère, placé généralement à sa gauche, qu'il ne faut pas confondre avec la réceptivité associée à la transition. – L'astérisque doit être remplacé par le repère alphanumérique de la transition.

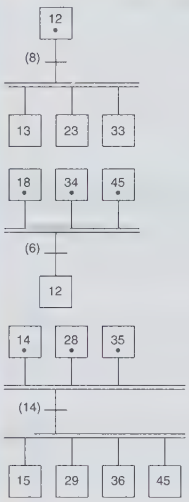
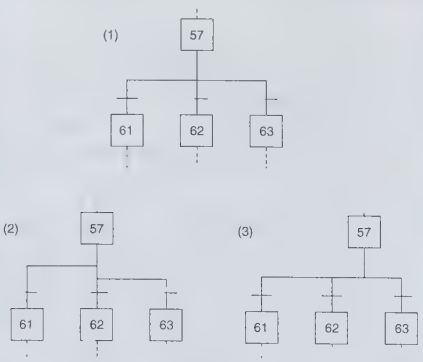
N°	Symbole	Description
9		**Synchronisation en amont et/ou aval d'une transition** : Lorsque plusieurs étapes sont reliées à une même transition, les liaisons orientées d'entrée et/ou de sortie de ces étapes sont regroupées en amont ou en aval par le symbole de synchronisation représenté par deux traits parallèles horizontaux. ***Exemple 1*** : – Transition d'une étape **(12)** vers plusieurs **(13, 23, 33)**. – La transition **(8)** est validée lorsque l'étape **(12)** est active. ***Exemple 2*** : – Transition de plusieurs étapes **(18, 34, 45)** vers l'étape **(12)** – La transition **(6)** n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives ***Exemple 3*** : – Transition de plusieurs étapes **(14, 28, 35)** vers plusieurs étapes **(15, 29, 36, 46)** – La transition **(14)** n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.

TABLEAU 3. Liaisons orientées

N°	Symbole	Description
10		**Liaison orientée de haut en bas :** – Les voies d'évolution entre les étapes sont indiquées par des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. – Les liaisons orientées sont horizontales ou verticales. Des liaisons obliques sont toutefois permises pour plus de clarté au diagramme. – Les croisements de liaisons verticales et horizontales sont admis, s'il n'existe aucune relation entre ces liaisons. ***Exemple* :** Les trois représentations ci-dessous sont admises, mais les **(2)** et **(3)** sont recommandées. 

Le grafcet (suite)

TABLEAU 3 – Liaisons orientées

11



Liaisons orientées de bas en haut :
– Par convention le sens d'évolution est toujours du haut vers le bas.
– Des flèches peuvent être utilisées si cette convention n'est pas respectée ou si leur présence peut apporter une meilleure compréhension.

12



Repère de liaison : Lorsqu'une liaison orientée doit être interrompue (par exemple dans le cas d'une représentation sur plusieurs pages), le repère de l'étape de destination ainsi que le repère de la page à laquelle elle apparaît, doivent être indiqués.

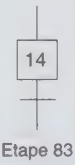
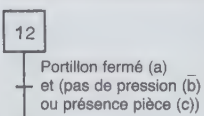


TABLEAU 4 – Réceptivités associées aux transitions

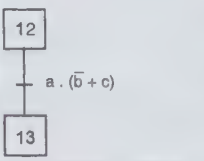
13



Réceptivité associée à une transition :
– Une proposition logique, appelée réceptivité, qui peut être **vraie** ou **fausse**, est associée à chaque transition.
– S'il existe une variable logique correspondante, elle est égale à **1** quand la réceptivité est est vraie et égale à **0** quand la réceptivité est fausse.
– La proposition logique formant la réceptivité est constituée d'une ou plusieurs variables (variable d'entrée, variable d'étape, valeur d'un prédicat…).
– L'astérisque doit être remplacé par la description de la réceptivité associée à la transition sous forme d'un texte, d'une expression booléenne, ou à l'aide de symboles graphiques.

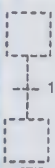


***Exemple* 1 :**
– Description de la réceptivité par un texte



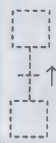
***Exemple* 2 :**
– Réceptivité décrite par une expression booléenne.

14



Réceptivité toujours vraie :
– La notation (**1**) indique que la réceptivité est **toujours vraie**.
– ***Note*** : Dans ce cas, l'évolution est dite **toujours fugace**, le franchissement de la transition n'est conditionné que par l'activité de l'étape amont.

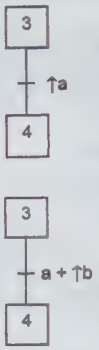
15



Front montant d'une variable logique :
– La notation (↑) indique que la réceptivité n'est vraie qu'au changement d'état de la variable * (front montant : passage de la valeur **0** à la valeur **1**).

15

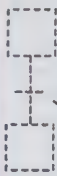
– Cette notation est générale et s'applique à toute proposition logique, qu'il s'agisse d'une variable élémentaire ou d'une combinaison de plusieurs variables booléennes.



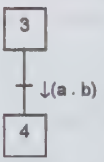
***Exemple* 1** : La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque « **a** » passe de l'état **0** à l'état **1**.
Note : En application de la règle d'évolution N° 2, la transition n'est franchie que sur un front montant de (**a**) postérieur à la validation de la transition par l'activité de l'étape **3**.

***Exemple* 2** : La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque « **a** » est vraie ou que « **b** » passe de l'état **0** à l'état **1**.

16

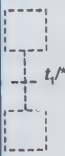


Front descendant d'une variable logique :
– La notation (↓) indique que la réceptivité n'est vraie qu'au changement d'état de la variable * (front descendant : passage de la valeur 1 à la valeur 0).
– Cette notation est générale et s'applique à toute proposition logique, qu'il s'agisse d'une variable élémentaire ou d'une combinaison de plusieurs variables booléennes.

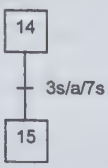


Exemple : La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque le produit logique « a . b » passe de l'état **1** à l'état **0**.

17



Réceptivité dépendante du temps :
– La notation (t_1/*/t_2) indique que la réceptivité n'est vraie qu'après un temps t_1 depuis l'occurrence du front montant (↑*) de la variable temporisée et redevient fausse après un temps t_2 depuis l'occurrence du front descendant (↓*).
– L'astérisque doit être remplacé par la variable que l'on désire temporiser, par exemple une variable d'étape ou une variable d'entrée.
– t_1 et t_2 doivent être remplacés par leur valeur réelle exprimée dans l'unité de temps choisie.
– La variable temporisée doit rester vraie pendant un temps égal ou supérieur à t_1 pour que la réceptivité puisse être vraie.
– ***Note*** : Cette notation est celle de l'opérateur à retard défini par la CEI 60617-12



Exemple : La réceptivité associée à la transition n'est vraie que **3 s** après que « **a** » passe de l'état **0** à l'état **1**, elle ne redevient fausse que **7 s** après que « **a** » passe de l'état **1** à l'état **0**.

Le grafcet (suite)

TABLEAU 4 – Réceptivités associées aux transitions

N° 18

Simplification usuelle du symbole 17
– l'utilisation la plus courante est la temporisation de variable d'étape avec un temps t_2 égal à zéro, ainsi la réceptivité devient fausse dès la désactivation de l'étape temporisée *.
– L'astérisque doit être remplacé par le repère de l'étape que l'on désire temporiser.
– L'étape temporisée doit rester active pendant un temps supérieur ou égal à t_1 pour que la réceptivité puisse être vraie.
– Il est possible d'utiliser cette notation lorsque l'étape temporisée n'est pas l'étape amont de la transition.



Exemple : La réceptivité associée à la transition sera vraie **4 s** après l'activation de l'étape 27, et sera fausse du fait du franchissement de la transition qui désactive l'étape amont.
Dans ce cas, la durée d'activité de l'étape 27 est de 4 s.

N° 19

Valeur booléenne d'un prédicat :
– La notation ([*]) signifie que la valeur booléenne du prédicat constitue la variable de réceptivité. Ainsi si l'assertion * est vérifiée, le prédicat vaut **1**, dans le cas contraire, il vaut 0.
– L'astérisque doit être remplacé par l'assertion que l'on veut tester.
– La valeur booléenne de prédicat peut être associée à d'autres variables logiques pour constituer une proposition logique de réceptivité.



***Exemple* 1** : La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque l'assertion « **C1 = 3** » est vérifiée.

***Exemple* 1a** : La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque la valeur courante du compteur « **C1 = 3** ».
Note : La forme de l'assertion n'est pas imposée, par exemple un langage littéral peut être utilisé.

Exemple* 2** : La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque l'assertion « $t > 8$ °C » est vérifiée **et** que la variable booléenne ***k vaut 1, c'est-à-dire lorsque la température **t** est supérieure à la valeur **8 °C** et que le niveau haut « **k** » est atteint.

***Exemple* 3** : La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque la variable booléenne **b** vaut **1** **ou** que l'assertion « $R_1 \neq 24$ » est vérifiée, c'est-à-dire lorsque la billette est en place « **b** », ou que le registre R_1 n'a pas encore atteint la valeur **24**.

* : valeur courante du compteur

TABLEAU 5 – Actions continues

N° 20

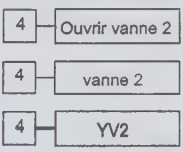


Action continue : Une action continue est nécessairement associée à une étape.
– Plusieurs actions peuvent être associées à une même étape.
– Le symbole général rectangulaire, associé à une étape, désigne **toujours** une action continue.

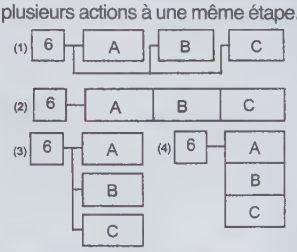
N° 21



Libellé d'assignation d'une sortie :
– Toute action doit posséder un libellé situé dans le rectangle représentant cette action.
– Le libellé d'une action continue est la désignation de la variable de sortie assignée à la valeur vraie selon la règle d'assignation.
– L'astérisque doit être remplacé par le libellé désignant la variable de sortie.
– L'expression littérale du libellé peut prendre une forme impérative ou une forme déclarative, seule compte la référence à la sortie.
– L'ordre dans lequel les actions sont représentées, n'implique aucune séquence entre les actions.
***Exemple* 1** : Différentes formes littérales et symboliques, de libellé d'action faisant référence à la sortie dont la valeur vraie doit provoquer l'ouverture de la vanne **2**



***Exemple* 2** : Différentes présentations (1, 2, 3, 4) de l'association de plusieurs actions à une même étape.

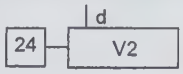
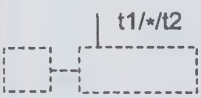
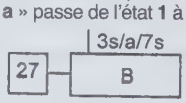
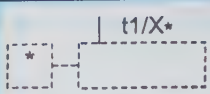
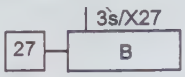
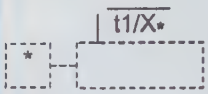
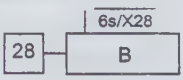
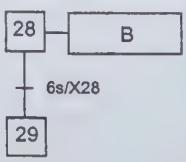


Note : Les quatre représentations sont strictement équivalentes. Les représentations **(2)** et **(4)** peuvent être considérées respectivement comme des simplifications des représentations **(1)** et **(2)**.

N° 22

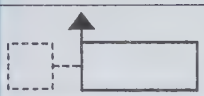
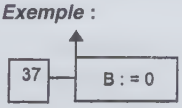
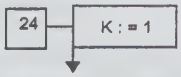
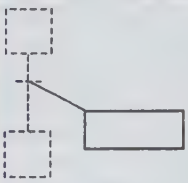
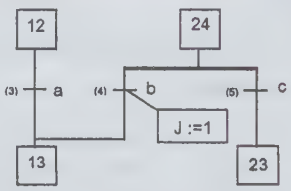
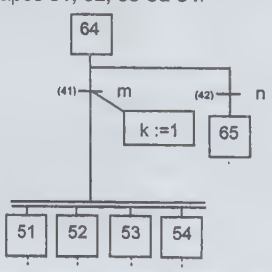


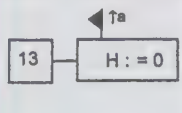
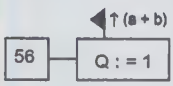
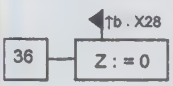
Condition d'assignation :
– Une proposition logique, appelée condition d'assignation, qui peut être vraie ou fausse, conditionne toute action continue.
– L'absence de notation signifie que la condition d'assignation **est toujours vraie**.

N°	Symbole	Désignation
22		– L'astérisque doit être remplacé par la description de la condition d'assignation sous forme d'un texte, ou d'une expression booléenne entre des variables d'entrées et/ou des variables internes. – La condition d'assignation ne doit **jamais** comporter de front de variable (symboles **15 et 16**), car l'action continue n'est évidemment pas mémorisée, l'assignation sur l'événement n'ayant aucun sens. ***Exemple* 1** : La sortie **V2** est assignée à la valeur vraie lorsque l'étape **24** est active **et** lorsque la condition d'assignation (**d**) est vraie. Dans le cas contraire, la sortie **V2** est assignée à la valeur fausse. – Autrement dit (sous forme d'équation booléenne) : **V2 = X 24. d** ***Note*** : X 24 est la variable d'étape reflétant l'activité de l'étape **24**.  ***Exemple* 2** : La sortie **V2** est assignée à la valeur vraie lorsque l'étape **24** est active. Dans le cas contraire, la sortie **V2** est assignée à la valeur fausse. – Autrement dit (sous forme d'équation booléenne) : **V2 = X 24** 
23		**Condition d'assignation dépendante du temps :** – La notation (t_1/*/t_2) indique que la condition d'assignation n'est vraie qu'après un temps t_1 depuis l'occurrence du front montant (↑*, voir symbole **15**) de la variable temporisée * et redevient fausse après un temps t_2 depuis l'occurrence du front descendant (↓*, symbole **16**). – L'astérisque doit être remplacé par la variable que l'on désire temporiser par exemple une variable d'étape ou une variable d'entrée. * t_1 et t_2 doivent être remplacés par leur valeur réelle exprimée dans l'unité de temps choisie. – La variable temporisée doit rester vraie pendant un temps égal ou supérieur à t_1 pour que la condition d'assignation puisse **être vraie**. ***Exemple*** : La condition d'assignation n'est vraie que 3 s après que « **a** » passe de l'état **1** à l'état **0**.  – La valeur de la sortie B dépend de l'activité de l'étape 27 et de la
24		**Action retardée :** – Action continue dont la condition d'assignation n'est vraie qu'après une durée t_1 spécifiée depuis l'activation de l'étape associée *, dans le but de retarder l'assignation à la valeur **vraie** de la sortie correspondante. ***Exemple*** : La sortie **B** est assignée à la valeur vraie lorsque **3** s se sont écoulées depuis l'activation de l'étape 27.  ***Note*** : si la durée d'activité de l'étape **27** est inférieure à **3 s**, la variable de sortie **B** n'est pas assignée à la valeur vraie.
25		**Action limitée dans le temps :** – Action continue dont la consignation d'assignation n'est vraie que pendant une durée t_1 spécifiée depuis l'activation de l'étape * à laquelle elle est associée, dans le but de limiter la durée d'assignation à la valeur vraie de la sortie correspondante. ***Exemple* 1** : La sortie **B** n'est assignée à la valeur **vraie** que pendant **6 s** depuis l'activation de l'étape **28**.  ***Note*** : si la durée d'activité de l'étape **28** est inférieure à **6 s**, la variable de sortie **B** est assignée à la valeur **vraie** uniquement pendant la durée d'activité de l'étape **28**. **Représentation équivalente** : on peut utiliser l'opérateur retard simplifié dans la réceptivité associée à la transition de l'étape aval (symbole **18**). ***Exemple* 2** : Représentation équivalente de l'exemple **1** à l'aide du symbole **18**. – La sortie **B** n'est assignée à la valeur **vraie** que pendant **6** s depuis l'activation de l'étape **28**. 

– Une action mémorisée possède un libellé (symbole **26**) qui décrit **comment** la variable de sortie est affectée à une valeur déterminée selon la règle d'affectation.

TABLEAU 6 : Actions mémorisées

N°	Symbole	Description
26	* := #	**Affectation de la valeur # à une variable * :** – Le libellé indique, dans une action mémorisée, la mise en valeur # d'une variable *, lorsque l'un des éléments associés à l'action se produit. – L'action mémorisée supportant cette affectation doit **obligatoirement** être associée à la description d'événements internes (symboles **27 à 30**). – L'affectation peut être décrite de manière littérale à l'intérieur du rectangle d'action. ***Exemple* 1** : Mise à la valeur vraie d'une variable booléenne A. A : = 1 – Le libellé **A : = 1** permet de décrire l'affectation de la valeur **1** à une variable booléenne **A** lorsque l'un des événements associés à l'action se produit. ***Exemple* 2** : Mise à la valeur fausse d'une variable booléenne « **b** ». b : = 0 – Le libellé **b : = 0** permet de décrire l'affectation de la valeur **0** à une variable booléenne « **b** » lorsque l'un des événements associés à l'action se produit. ***Exemple* 3** : Incrémentation d'un compteur. C : = C+1 – Le libellé **C : = C + 1** permet de décrire l'affectation de la valeur **C+1** à une variable numérique **C** lorsque l'un des événements associés à l'action se produit.
27		**Action à l'activation** : – Une action à l'activation est une action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence l'activation de l'étape liée à cette action. – La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée, au côté gauche, d'une flèche symbolisant l'activation de l'étape. ***Exemple* :**  – La variable booléenne **B** est affectée à la valeur **0** lorsque l'un des événements, conduisant à l'activation de l'étape **37**, se produit.
28		**Action à la désactivation :** – Action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence la désactivation de l'étape liée à cette action. – Le rectangle est complété, au côté gauche, d'une flèche symbolisant la désactivation de l'étape. ***Exemple* :**  – La variable booléenne **K** est affectée à la valeur **1** lorsque l'un des événements, conduisant à la désactivation de l'étape **24**, se produit.
29		**Action au franchissement :** – Action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence le franchissement où la transition à laquelle l'action est reliée. – Le rectangle est complété par un trait oblique reliant l'action à la transition. ***Exemple* 1** : La variable booléenne **J** est affectée à la valeur **1** lorsque l'un des événements conduisant au franchissement de la transition **4**, se produit. ***Note* 1** : On ne peut obtenir aucun effet équivalent en associant une action à l'activation de l'étape **13** ou une action à la désactivation de l'étape **24**.  ***Exemple* 2** : La variable booléenne **K** est affectée à la valeur **1** lorsque l'un des événements conduisant au franchissement de la transition **41**, se produit. ***Note* 2** : On peut obtenir un effet équivalent en associant une action identique à l'activation des étapes **51, 52, 53 ou 54**. 

N°	Symbole	Description	N°	Symbole	Description
				TABLEAU 7 – Commentaires associés	
30		**Action sur événement** : – Action mémorisée associée à chacun des événements internes décrits par l'expression *, à condition que l'étape, à laquelle l'action est reliée, soit active. – Le rectangle est complété, sur le côté haut, d'un symbole indiquant que l'action est conditionnée à l'occurrence d'un des événements internes spécifié par l'expression*. Il est impératif que l'expression logique *, qui doit décrire un ensemble d'événements internes, comporte un ou plusieurs fronts de variables d'entrée.	31	«*»	**Commentaire** : Le commentaire relatif aux éléments graphiques d'un grafcet doit être placé entre guillemets. – L'astérisque doit être remplacé par le commentaire. ***Exemple* 1** : commentaire « **étape d'attente** » relatif à l'étape **45**. 28 « étape d'attente » ***Exemple* 2** : commentaire « **estampage pièce** » relatif à l'action associée à l'étape **28**. 28 — E.P. « estampage pièce » ***Exemple* 3** : commentaire « **synchronisation** » relatif à une transition.
		***Exemple* 1** : La variable booléenne H est affectée à la valeur **0** lorsque l'un des événements, représentés par « ↑ a » se produit **et que simultanément l'étape 13** est active. ***Note*** : L'ensemble d'événements d'entrée représentés par l'expression « ↑ a » combiné avec l'activité de l'étape **13**, représente effectivement un ensemble d'événements internes.			
		***Exemple* 2** : la variable booléenne **Q** est affectée à la valeur **1** lorsque l'un des événements, représentés par « ↑ **a + b** » se produit **et que simultanément** l'étape 56 est active.			
		***Exemple* 3** : la variable booléenne **Z** est affectée à la valeur **0** lorsque l'un des événements, représentés par « ↑ **b** » se produit **et que simultanément** les étapes **36** et **28** sont actives.			

2.3.3. Représentation graphique des structures de séquence

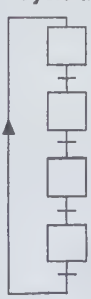
– Séquence



On appelle séquence une succession d'étapes telles que :
– chaque étape, excepté la dernière, ne possède qu'une seule transition aval,
– chaque étape, excepté la première, ne possède qu'une seule transition amont validée par une seule étape de la séquence.

***Note* 1** : La séquence est dite « **active** » si au moins une de ses étapes est active, elle est dite « **inactive** » lorsque aucune de ses étapes n'est active.
***Note* 2** : Le nombre d'étapes formant une séquence est aussi grand que l'on veut.

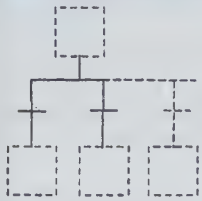
– Cycle d'une seule séquence



Cas particulier de séquence rebouclée sur elle-même telle que :
– chaque étape ne possède qu'une seule transition aval,
– chaque étape ne possède qu'une seule transition amont validée par une seule étape de la séquence.

***Note* 1** : Un cycle d'une seule séquence peut constituer un grafcet partiel.
***Note* 2** : Pour permettre l'activation de ses étapes, un cycle d'une seule séquence doit satisfaire au moins à l'une des conditions suivantes :
– posséder au moins une étape initiale,
– faire l'objet d'un ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur,
– appartenir à une des encapsulations d'une étape encapsulante.

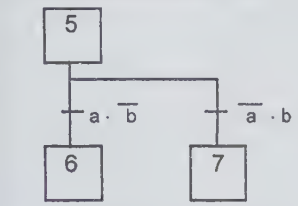
Sélection de séquence.



La sélection de séquences exprime un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une ou de plusieurs étapes. Cette structure se représente par autant de transitions validées simultanément qu'il peut y avoir d'évolutions possibles.

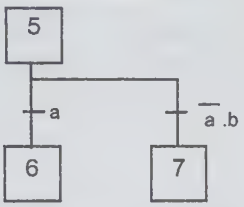
Note : L'exclusion entre les séquences n'est pas structurelle. Pour l'obtenir, le spécificateur doit s'assurer soit de l'incompatibilité mécanique ou temporelle des réceptivités, soit de leur exclusion logique.

– Séquence exclusion



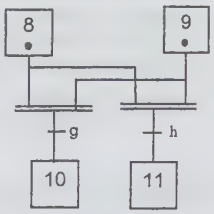
***Exemple* 1** : l'exclusion entre les séquences est obtenue par l'exclusion logique des deux réceptivités, si « **a** » et « **b** » sont simultanément vraies lorsque l'étape **5** est active, aucune des transitions n'est franchissable.

– Séquence prioritaire



***Exemple* 2** : Séquence prioritaire
Dans cet exemple, une priorité est donnée à la transition **5/6**, qui est franchie lorsque « **a** » est vraie.

– Sélection entre deux évolutions :



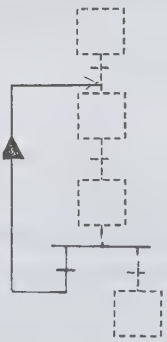
***Exemple* 3** : Sélection de séquence à partir d'une synchronisation de deux séquences amont.
La sélection des séquences aval, par **g et h**, n'est possible que lorsque les deux transitions sont validées par l'activité simultanée des étapes **8 et 9** (symbole **9**).

Saut d'étapes



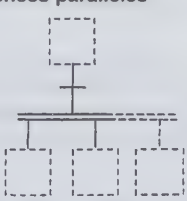
Cas particulier de sélection de séquences, qui permet soit de parcourir la séquence complète soit de sauter une ou plusieurs étapes de la séquence lorsque par exemple, les actions associées à ces étapes deviennent inutiles.

Reprise de séquence



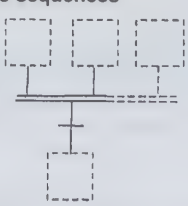
Cas particulier de sélection de séquences, qui permet de recommencer la même séquence jusqu'à ce que, par exemple, une condition fixée soit obtenue.
Note : Il est possible, pour des raisons de représentation graphique, de placer des transitions sur des segments de liaison horizontaux (note **3** du symbole **7**).

Activation de séquences parallèles



Le symbole **9** de synchronisation est utilisé dans cette structure pour indiquer l'activation simultanée de plusieurs séquences à partir d'une ou plusieurs étapes.
Note : Après leur activation simultanée, l'évolution des étapes actives dans chacune des séquences parallèles devient alors indépendante.

Synchronisation de séquences



Le symbole **9** de synchronisation est utilisé dans cette structure pour indiquer l'attente de la fin des séquences amont avant d'activer la séquence aval.
Note : La transition n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.

– Structures particulières :

Début de séquence par une étape source



– Une étape source est une étape qui ne possède aucune transition amont.

***Note* 1** : Pour permettre l'activation de l'étape source, il convient de satisfaire au moins à l'une des conditions suivantes :

– que l'étape source soit initiale,

– que l'étape source fasse l'objet d'un ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (tableau 9)

– que l'étape source soit l'une des étapes activées d'une encapsulation (tableau 10)



***Exemple* : Étape source initiale :**

L'étape source initiale 1 n'est active qu'à l'initialisation, les étapes **2, 3 et 4** forment un cycle d'une seule séquence.

***Note* 2** : Seule la structure du grafcet est représentée, son interprétation n'est pas décrite.

– Fin de séquence d'une étape puits.



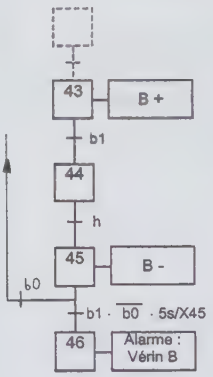
– Une **étape puits** est une étape qui ne possède aucune transition aval.

***Note* 1** : La désactivation de **l'étape puits** n'est possible que par l'un des deux moyens suivants :

– ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (tableau 9)

– la désactivation de l'étape encapsulante si l'étape puits y est en capsulée (tableau 10).

***Note* 2** : Il est possible qu'une étape soit à la fois source et puits, elle forme alors une séquence d'une seule étape utilisable pour exprimer un comportement combinatoire.



– *Exemple* : Étape puits :

– **L'étape puits 46** n'est activée que si la condition « **b1** . $\overline{\textbf{b0}}$ » est vérifiée 5 s après l'activation de l'étape **45**.

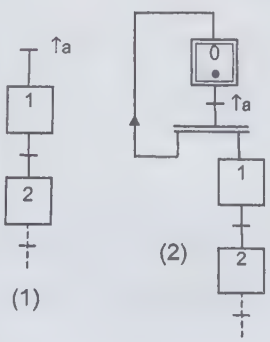
– La sortie « **alarme** » vérin **B** est alors assignée à la valeur vraie.

– Début de séquence par une transition source



Une **transition source** est une transition qui ne possède aucune étape amont. Par convention, la **transition source** est toujours validée et est franchie dès que sa réceptivité * est vraie.

***Note* 1** : L'activation de l'étape aval d'une **transition source** est effective aussi longtemps que sa réceptivité associée reste vraie, indépendamment de l'état des réceptivités des transitions validées par cette étape (règle d'évolution **N° 5** § 22.2.1.). Pour éviter une activation continue de l'étape aval de la **transition source**, il est souhaitable que la réceptivité associée ne soit vraie que lorsqu'un événement d'entrée ou un événement interne se produit. Pour cela, il convient que l'expression logique formant la réceptivité comporte toujours un front de variables d'entrée.



***Exemple* : Transition source et structure équivalente :**

Les représentations (**1**) et (**2**) décrivent un comportement équivalent : l'étape **1** est activée chaque fois que la variable booléenne « **a** » passe de la valeur **0** à la valeur **1**. La représentation (**1**) utilise la transition source, la représentation (**2**) utilise le symbole de synchronisation et un rebouclage pour maintenir l'étape initiale **0** active.

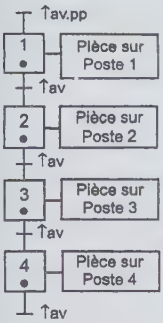
***Note* 2** : Le point dans l'étape **0** indique que cette étape reste active.

– Fin de séquence par une transition puits.



Une **transition puits** est une transition qui ne possède aucune étape aval.

***Note* 1** : Lorsque la **transition puits** est validée et que sa réceptivité associée * est vraie, le franchissement de cette transition a pour unique conséquence de désactiver les étapes amont.



***Exemple* : structure de registre à décalage.**

La structure d'un registre à décalage est une utilisation pertinente d'une **transition source** et d'une **transition puits**. Dans l'exemple, chaque étape active représente la présence d'une pièce sur le poste correspondant. La présence d'une pièce (**pp**) à l'entrée et l'avance du transfert entre postes (**↑av**) active l'étape **1** par le franchissement de la transition source. À chaque occurrence de l'avance du transfert (**↑av**), les transitions validées sont simultanément franchies, y compris la **transition puits** en aval de l'étape **4**.

***Note* 2** : La représentation correspond au cas fréquent où toutes les étapes sont actives simultanément.

2.3.4. Structuration

La complexité des systèmes automatisés rend nécessaire de disposer de moyens pour structurer la spécification. Cette structuration, assistée ou non par des méthodologies adaptées, peut se limiter à un simple découpage de la spécification ou intégrer des notions de hiérarchie par forçage ou par encapsulation.

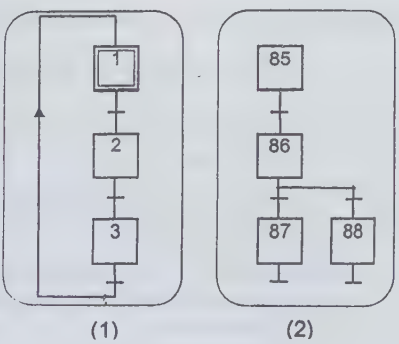
– Partition d'un grafcet

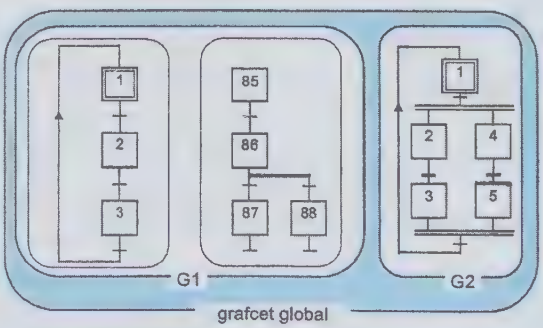
Grafcet connexe

– Structure de grafcet telle qu'il existe toujours une suite de liens (alternance d'étapes et de transitions) entre deux éléments quelconques, étape ou transition, de ce **grafcet**.

Grafcet partiel

– Constitué d'un ou plusieurs **grafcets connexes**, un **grafcet partiel** résulte d'une partition, selon des critères méthodologiques, de **grafcet global** décrivant le comportement de la partie séquentielle d'un système.





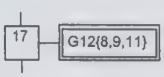
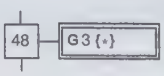
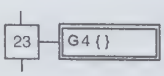
***Exemple* :**

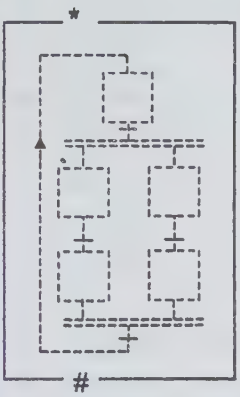
– Tous les éléments du cadre (**1**) constituent un **grafcet** connexe, puisque ses étapes et ses transitions sont réunies par une liaison orientée. Les éléments du cadre (**2**) constituent également un **grafcet connexe**.

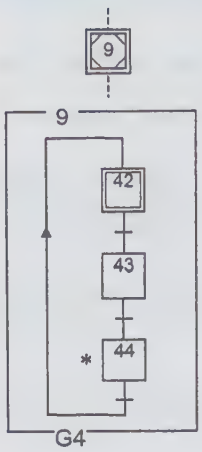
***Exemple* : partition d'un grafcet global**

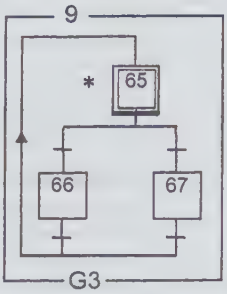
– Le **grafcet global** est constitué des **grafcets partiels G1 et G2**.

– Le **grafcet partiel** G1 est constitué de deux **grafcets connexes**.

N°	Symbole	Description
		TABLEAU 8. Grafcet partiel
32	G*	**Désignation d'un grafcet partiel :** La lettre **G** désigne par convention un **grafcet partiel**. Il convient que **l'astérisque soit** remplacé par le nom du **grafcet partiel**.
33	XG*	**Variable de grafcet partiel :** Un **grafcet partiel** est dit actif lorsque l'une au moins de ses étapes est active, il est conséquemment dit inactif lorsque aucune de ses étapes n'est active. L'état actif ou inactif d'un **grafcet partiel** peut être représenté respectivement par les valeurs logiques « **1** » ou « **0** » d'une variable **XG*** dans laquelle l'astérisque * doit être remplacé par le nom du **grafcet partiel** considéré. Il convient que l'astérisque soit remplacé par le nom du **grafcet partiel**. ***Exemple*** : **XG1** désigne la variable du **grafcet partiel 1**.
34	G# {..., ...}	**Situation d'un grafcet partiel :** La situation d'un **grafcet partiel** est représentée par l'ensemble de ses étapes actives à l'instant considéré. La situation d'un **grafcet partiel** # se note G # {..., ...} avec entre accolades la liste des étapes actives caractérisant la situation du **grafcet partiel** à l'instant considéré. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du **grafcet partiel**. ***Exemple*** : **G12 {8, 9, 11}** désigne la situation du grafcet partiel 12 à l'instant considéré, situation dans laquelle seules les étapes **8, 9 et 11** sont actives.
35	G# {*}	**Situation courante d'un grafcet partiel :** L'astérisque représente, par défaut, la situation dans laquelle se trouve le **grafcet partiel** # à l'instant considéré. Il convient que le caractère **#** soit remplacé par le nom du **grafcet partiel**.
36	G# { }	**Situation vide d'un grafcet partiel :** Désigne la situation du **grafcet partiel** # lorsque aucune de ses étapes n'est active. Il convient que le caractère **#** soit remplacé par le nom du **grafcet partiel**.
37	G# {INIT}	**Situation initiale d'un grafcet partiel :** Désigne la situation du **grafcet partiel #** à l'instant initial. Il convient que le caractère **#** soit remplacé par le nom du **grafcet partiel**.
		Tableau 9. Forçage d'un grafcet partiel
38		**Ordre de forçage d'un grafcet partiel :** Symbole dans lequel l'astérisque doit être remplacé par une situation d'un **grafcet partiel** (symboles **34 à 37**). Associé à l'activité d'une étape d'un **grafcet partiel** hiérarchiquement supérieur, l'ordre de **forçage** est un ordre interne qui permet d'imposer une situation à un **grafcet partiel** hiérarchiquement inférieur. L'ordre de **forçage** est représenté dans un double rectangle associé à l'étape pour le différencier d'une action. Le **forçage** est un ordre interne, dont l'exécution est prioritaire sur l'application des règles d'évolution. Le **grafcet forcé** ne peut pas évoluer tant que dure l'ordre de forçage, on dit alors que le **grafcet est figé**. L'utilisation des ordres de forçage dans une spécification implique une structuration hiérarchique en grafcets partiels telle que tout grafcet partiel forçant soit de niveau hiérarchique supérieur à celui de tous les grafcets partiels forcés.  ***Exemple* 1** : **Forçage** d'un **grafcet partiel** à une situation déterminée. Lorsque l'étape **17** est active, le **grafcet partiel 12** est forcé dans la situation caractérisée par l'activité des étapes **8, 9, 11**.  ***Exemple* 2** : Forçage d'un grafcet partiel à la situation courante. Lorsque l'étape **48** est active, le **grafcet partiel 3** est forcé dans la situation où il se trouve à l'instant du forçage. ***Note* 1** : On appelle également cet ordre « figeage ».  ***Exemple* 3** : Forçage d'un grafcet partiel à une situation vide. Lorsque l'étape **23** est active, le **grafcet partiel 4** est forcé dans la situation vide (symbole **36**). ***Note* 2** : Dans ce cas aucune des étapes de G4 n'est active. ***Exemple* 4** : Forçage d'un grafcet partiel à une situation initiale. Lorsque l'étape **63** est active, le **grafcet partiel 8** est forcé dans la situation dans laquelle seules ses étapes initiales sont actives.

N°	Symbole	Description
		TABLEAU 10 Étapes encapsulantes (Structuration hiérarchique)
4		**Étape encapsulante (rappel du symbole 4) :** Cette notation indique que cette étape contient d'autres étapes dites encapsulées dans une ou plusieurs encapsulations de cette même **étape encapsulante**. **L'étape encapsulante** possède toutes les propriétés de l'étape, il convient que l'astérisque soit remplacé par le repère d'étape. Une **étape encapsulante** peut donner lieu à une ou plusieurs encapsulations possédant chacune au moins une étape active lorsque **l'étape encapsulante** est active et ne possédant aucune étape active lorsque **l'étape encapsulante** est inactive.
39		**Représentation graphique d'une encapsulation :** Une **encapsulation #** d'une étape encapsulante * peut être représentée par le grafcet partiel des étapes encapsulées, ceint d'un cadre sur lequel est placé en haut à gauche le nom * de l'étape encapsulante, et en bas à gauche le repère **#** de l'encapsulation représentée. Dans une **encapsulation**, il convient que l'ensemble des étapes encapsulées constitue un grafcet partiel dont le nom peut servir de repère à l'encapsulation correspondante.
40	**X*/G#**	**Désignation globale d'une encapsulation :** Une **encapsulation #** d'une étape encapsulante * peut être décrite globalement par une expression littérale dans laquelle l'étape encapsulante * est désignée par la variable d'étape **X***, l'encapsulation par le symbole I, et les étapes encapsulées par le nom du grafcet partiel **G #** auquel elles appartiennent. ***Note :*** Cette représentation suppose que le grafcet partiel désigné ait été préalablement défini.
41	**X*/X#**	**Désignation élémentaire d'une encapsulation :** On peut indiquer par une expression littérale qu'une étape **#** est encapsulée dans une étape **encapsulante *** en utilisant les variables d'étape et sans nommer l'encapsulation. ***Note :*** Cette notation convient pour désigner une suite hiérarchique d'étapes encapsulées les unes dans les autres, elle permet également une identification relative des étapes par niveau d'encapsulation. ***Exemple*** : **X4/X25/X12** désigne l'encapsulation de l'étape **12** dans l'étape **25**, elle-même encapsulée dans l'étape **4**.
5		**Étape encapsulante initiale (rappel du symbole 5) :** Cette représentation indique que cette étape participe à la situation initiale. Dans ce cas, l'une, au moins, des étapes encapsulées dans chacune de ses encapsulations doit être également une étape initiale.
42		**Lien d'activation, symbole général.** Représenté par un astérisque à gauche des symboles d'étapes encapsulées, le lien d'activation indique quelles sont les étapes encapsulées actives à l'activation de l'étape encapsulante. Il ne faut pas confondre le lien d'activation avec l'indication des étapes initiales qui peuvent être encapsulées. Il est toutefois possible qu'une étape initiale encapsulée possède également un lien d'activation. La désactivation d'une étape encapsulante a pour conséquence la désactivation de toutes ses étapes encapsulées. Cette désactivation est souvent le fait du franchissement d'une transition aval de l'étape encapsulante, mais peut également résulter de tout autre moyen de désactivation (forçage ou encapsulation de niveau supérieur).

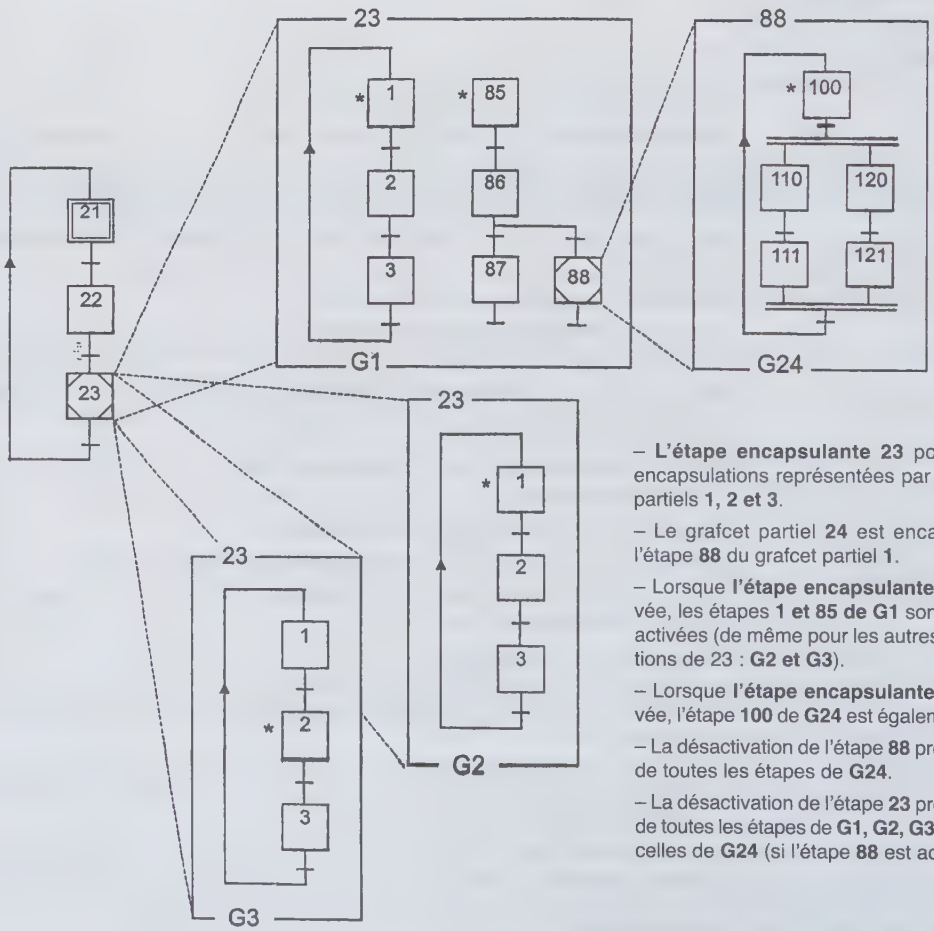
N°	Symbole	Description
42		***Exemple*** **:** L'étape **encapsulante 9** est nécessairement une étape initiale, car elle **encapsule** l'étape initiale **42**. **L'encapuslation G4** de l'étape encapsulante **9** contient les étapes **42, 43 et 44**. L'étape initiale **42** participe à la situation initiale, elle est donc active à l'instant initial. Par contre, à chaque activation de l'étape **9**, consécutive à l'évolution du grafcet, **l'étape 44 est activée**.



L'encapsulation G3 de l'étape encapsulante **9** contient les étapes **65, 66 et 67**.

L'étape initiale **65** participe à la situation initiale, elle est donc active à l'instant initial. Elle est aussi activée à chaque activation de l'étape **9** consécutive à l'évolution du grafcet.

– ***Exemple*** **: structuration par encapsulation.**



– **L'étape encapsulante 23** possède trois encapsulations représentées par les grafcets partiels **1, 2 et 3**.

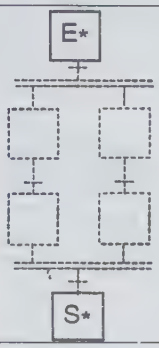
– Le grafcet partiel **24** est encapsulé dans l'étape **88** du grafcet partiel **1**.

– Lorsque **l'étape encapsulante 23** est activée, les étapes **1 et 85 de G1** sont également activées (de même pour les autres encapsulations de 23 : **G2 et G3**).

– Lorsque **l'étape encapsulante 88** est activée, l'étape **100** de **G24** est également activée.

– La désactivation de l'étape **88** provoque celle de toutes les étapes de **G24**.

– La désactivation de l'étape **23** provoque celle de toutes les étapes de **G1, G2, G3,** et de toutes celles de **G24** (si l'étape **88** est active).

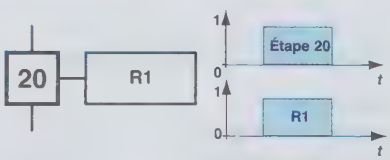
N°	Symbole	Description
		TABLEAU 11. Macro-étapes (Structuration non hiérarchique)
6		**Macro-étape (rappel du symbole général 6) :** Représentation unique d'une partie détaillée de grafcet, appelée **expansion de la macro-étape**. **La macro-étape** ne possède pas toutes les propriétés des autres types d'étapes (symboles **1 à 5**), car seule son étape de sortie (symbole **43**) valide ses transitions aval. Il convient que l'astérisque soit remplacé par le repère de la macro-étape. La macro-étape a pour but de simplifier la lecture d'un grafcet
[43]		**Expansion de la macro-étape :** L'expansion d'une macro-étape **M*** est une partie de grafcet munie d'une étape d'entrée **E*** et d'une étape de sortie **S***. L'étape d'entrée **E*** devient active lorsque l'une des transitions amont de la macro-étape est franchie. La ou les transitions aval de la macro-étape ne sont validées que lorsque l'étape de sortie **S*** est active. ***Note* 1** : L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs étapes initiales. ***Note* 2** : L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs macro-étapes.
[44]	XM*	**Variable de macro-étape :** Une macro-étape est dite active lorsque l'une au moins de ses étapes est active ; elle est conséquemment dite inactive lorsque aucune de ses étapes n'est active. L'état actif ou inactif d'une macro-étape peut être représenté respectivement par les valeurs logiques « 1 » ou « 0 » d'une variable XM* dans laquelle l'astérisque * doit être remplacé par le nom de la macro-étape considérée.

2.3.5. Exemples de chronogrammes associés aux actions

ACTIONS ASSOCIÉES AUX ÉTAPES. (CEI 848)

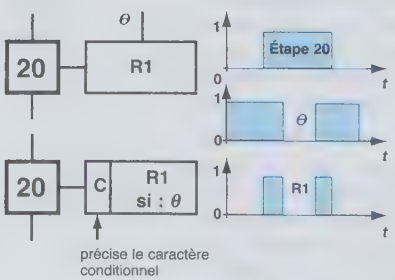
Action continue :

– L'action sera effective pendant tout le temps où l'étape sera active.
– Le récepteur R1 sera alimenté pendant tout le temps où l'étape 20 sera active.



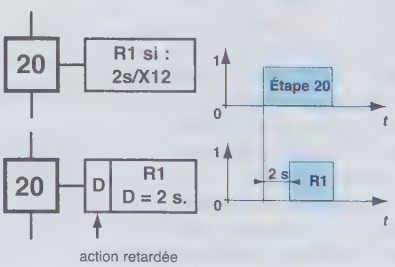
Action conditionnelle :

– L'action sera effective si l'étape est active et si la condition associée à l'étape est vérifiée.
– Le récepteur R1 sera alimenté pendant la durée de l'étape 20 tant que θ sera égal à 1.



Action retardée :

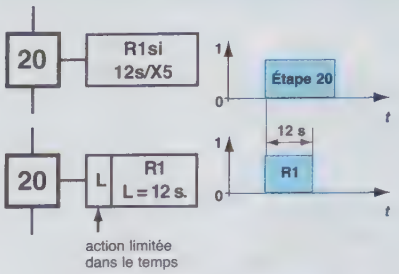
– L'action ne sera effectuée qu'après une temporisation par rapport à l'activation de l'étape.
– Le récepteur R1 ne sera alimenté que 2 s après l'activation de l'étape 20.



Exemples de chronogrammes associés aux actions

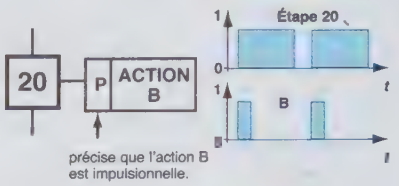
Action à durée limitée :

– L'action sera effectuée pendant un temps donné dès le début de l'activation de l'étape 20.
– Le récepteur R1 sera alimenté à partir de l'étape 20 pendant 12 s seulement.



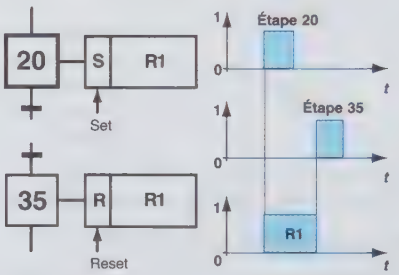
Action impulsionnelle :

– L'action commence dès que l'étape 20 est active et s'arrête presque immédiatement.
– Action ponctuelle sur la partie commande (compteurs, temporisateurs…).



Action mémorisée :

– L'action se déroule sur plusieurs étapes. Le début et la fin de l'action sont définis et indiqués sur deux étapes différentes.
– Le récepteur R1 sera alimenté à l'étape 20 et arrêté à l'étape 35.



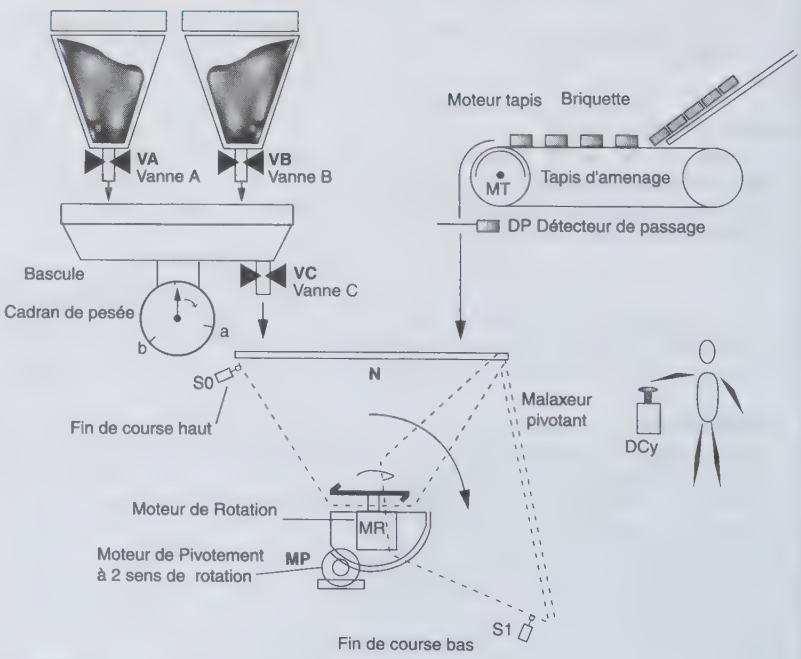
2.3.6. Exemple : Doseur malaxeur automatique

– Fonctionnement :

– Un malaxeur **N** reçoit des produits **A et B** préalablement dosés par une bascule **C** et des briquettes solubles amenées une par une par un tapis.
– L'automatisme décrit ci-contre permet de réaliser un mélange comportant ces trois produits

– Déroulement du cycle :

– L'action sur le bouton « **Départ Cycle** » provoque simultanément le pesage des produits et l'amenage des briquettes de la façon suivante :
– dosage du produit **A** jusqu'au repère (**a**) de la bascule, puis dosage du produit **B** jusqu'au repère (**b**) suivi de la vidange de la bascule **C** dans le malaxeur,
– amenage de deux briquettes.
– Le cycle se termine par la rotation du malaxeur et son pivotement final au bout d'un temps t_1, la rotation du malaxeur étant maintenue pendant la vidange.

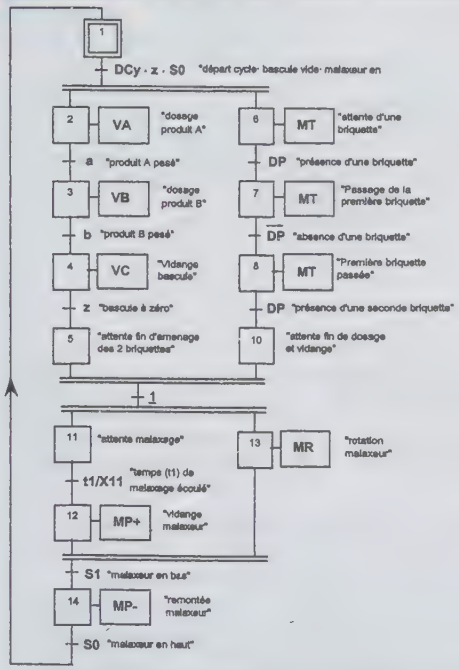


– Description comportementale de la partie commande du doseur malaxeur.

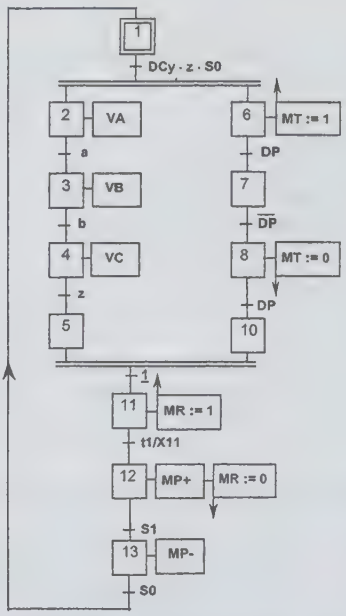
Le comportement de la partie commande du doseur peut être décrit par l'un des trois grafcets suivants :

Tableau des entrées et des sorties

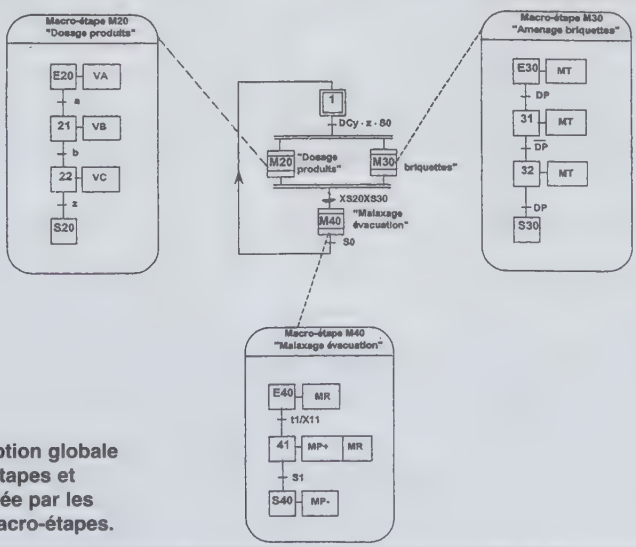
Entrées		*Sorties*	
DCy	Départ Cycle	MT	Moteur Tapis
DP	Détection de passage	MR	Moteur Rotation du malaxeur
a	poids liquide A atteint	MP+	Moteur de Pivotement (sens vidange)
b	poids liquide A + B atteint	MP-	Moteur de Pivotement (sens remontée)
z	Bascule vide	VA	Ouverture Vanne A
S0	Malaxeur en haut	VB	Ouverture Vanne B
S1	Malaxeur en bas	VC	Ouverture Vanne C



Grafcet ne comportant que des actions continues



Grafcet comportant des actions continues et des actions mémorisées



Grafcet en une description globale utilisant des macros-étapes et une description détaillée par les expressions de ces macro-étapes.

– Structuration selon les modes de marche

La prise en compte des modes de marche du doseur malaxeur automatique peut conduire à structurer hiérarchiquement la spécification en utilisant des **ordres de forçage** (figure ci-dessous) ou des **étapes encapsulantes** (figure ci-dessous). Les entrées et sorties complémentaires suivantes sont nécessaires pour prendre en compte les ordres de marche de l'opérateur.

– Tableau des entrées et des sorties complémentaires

Entrées	
BPAU	Bouton Poussoir d'Arrêt d'Urgence
SAuto	Sélecteur sur mode Auto
SManu	Sélecteur sur mode Manu
Sorties	
VCM	Validation des Commandes Manuelles

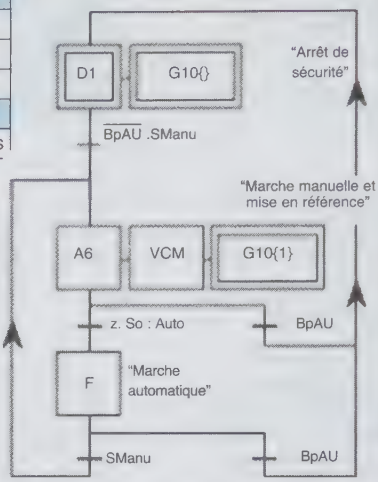
Structuration selon les modes de marche utilisant des ordres du forçage

– La hiérarchie de forçage comporte deux niveaux.

– L'ordre de forçage associé à l'étape **D1** du grafcet partiel **1** force le grafcet partiel **10** à la situation vide (aucune des étapes de **G10** n'est active).

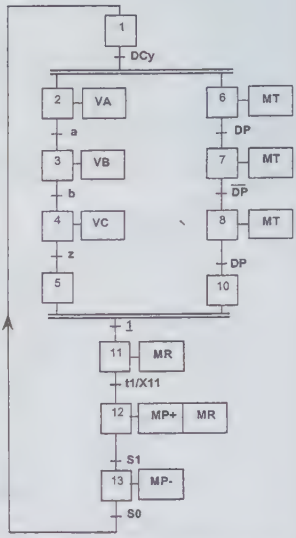
– L'ordre de forçage associé à l'étape A6 de **G1** force **G10** à la situation dans laquelle seule l'étape **1** est active (mais aucune transition n'est franchissable), car les autres étapes de **G10** sont forcées à vide.

– L'activation de l'étape F1 permet à **G10** d'évoluer normalement (car il n'est plus soumis à un ordre de forçage).



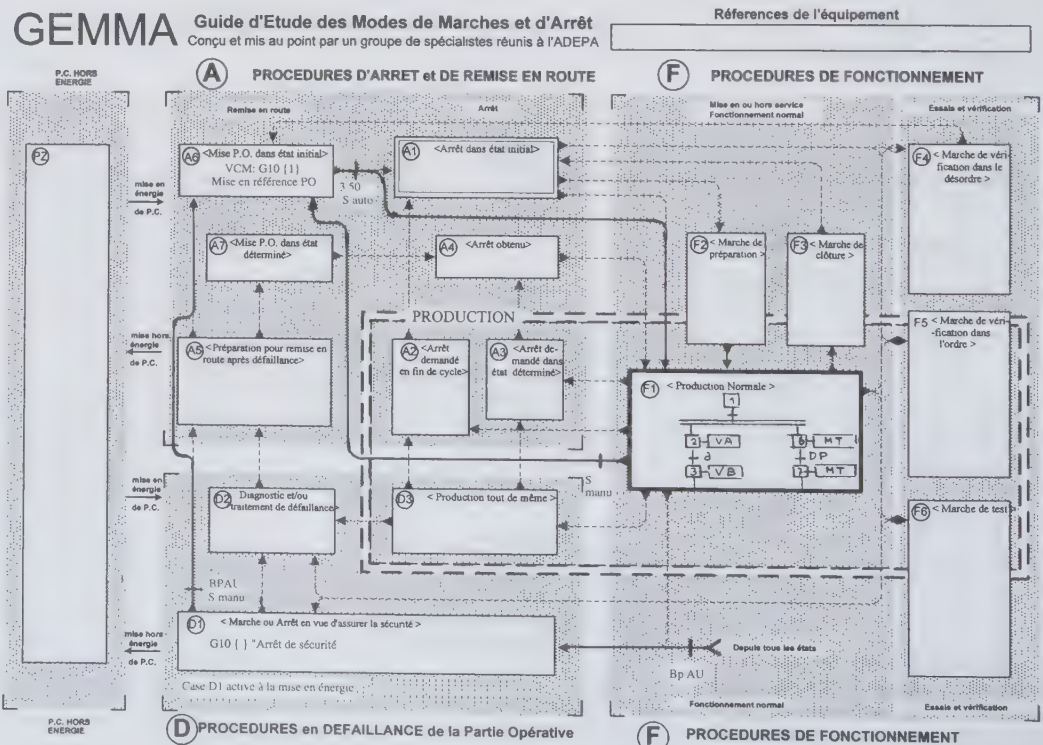
G1 : **Grafcet partiel des modes de marche (niveau hiérarchique supérieur ou 1er niveau hiérarchique).**

Note **:** Les désignations **D1, A6, et F** font référence implicitement au GEMMA de l'ADÉPA.



G10 : Grafcet partiel du cycle automatique (niveau hiérarchique inférieur ou 2e niveau hiérarchique).

Note **:** Le grafcet ci-dessus **G10 de 2ème niveau** démarre seulement si **X F1 = 1** désactivation de l'étape **A6**

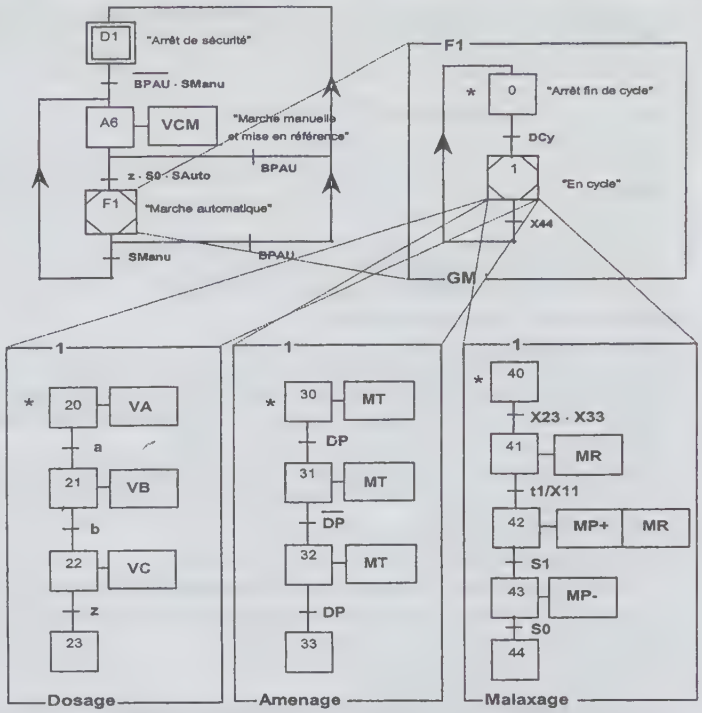


Structuration selon les modes de marche utilisant des étapes encapsulantes :

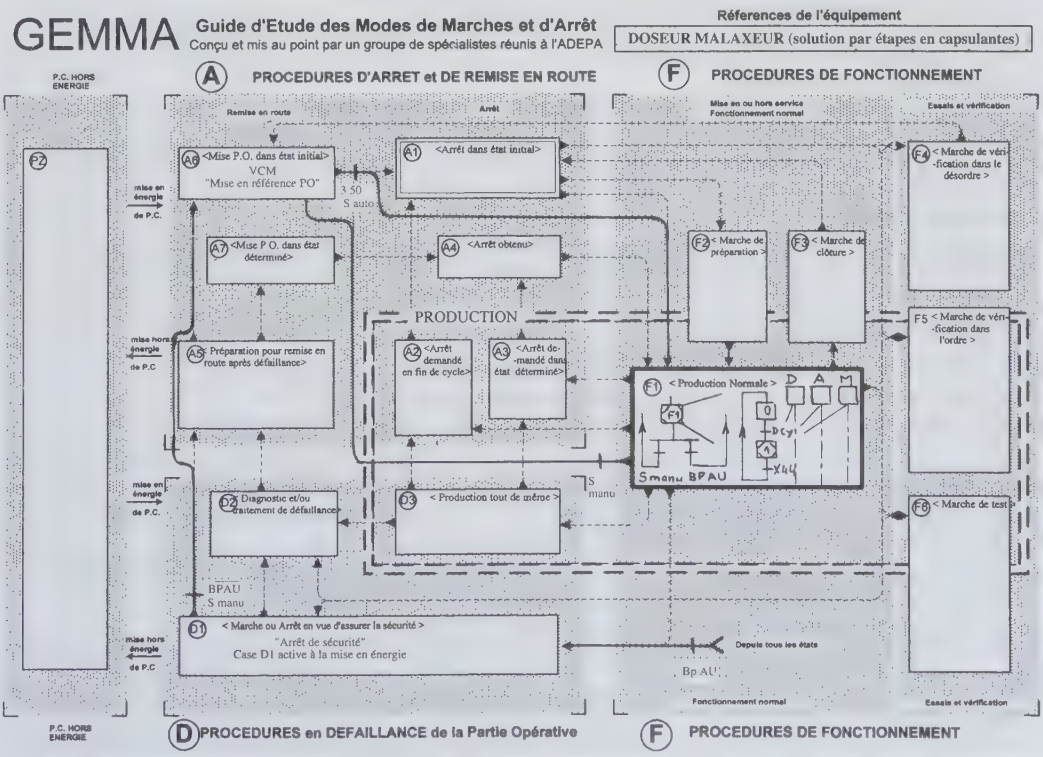
- La hiérarchie d'encapsulation comporte trois niveaux.
- Lorsque l'étape **D1** est active, aucune autre étape n'est active.
- Lorque l'étape **A6** est active, aucune autre étape n'est active et les commandes manuelles (**VCM**) sont validées.
- Lorsque l'étape encapsulante **F1** est activée, l'étape **D** de son encapsulation "**GM**" est également activée.
- Lorsque l'étape encapsulante **1** est activée, l'étape **30** de son encapuslation "**Amenage**" et l'étape **40** de son encapsulation "**Malaxage**" sont également activées.

1 er niveau : Gestion des modes de Marche et d'arrêt (autorise le déroulement d'un cycle).

2e niveau : 1ère encapsulation **F1** autorise le départ en production automatique (**GM** : Gestion de la marche par **dcy**)



3e niveau : 2e encapsulation. (Gestion d'un cycle automatique)



2.4. Le gemma

2.4.1. Représentation fonctionnelle des événements dans le système

Le GEMMA (guide de l'étude des modes de marche et d'arrêt) *(D'après ADÉPA)*

– Le Gemma permet l'approche fonctionnelle temporelle d'un processus automatisé en répondant aux critères suivants : (graphisme Gemma § 2.4.2.)

– PC hors énergie/PC sous énergie :
hors énergie → état P
sous énergie → états A, D et F.

– Production/hors production :
les rectangles états à l'intérieur du cadre en pointillés correspondent à des modes de marches pour lesquels la machine produit.

– Procédures :
les procédures de fonctionnements regroupent les états F,
les procédures d'arrêts regroupent les états A,
les procédures de défaillances regroupent les états D.

– Règles de mise en œuvre du GEMMA :

– Marches et Arrêts normaux :
Ces états sont généralement esquissés à l'établissement du Grafcet de production normale.
Le Gemma précise le passage de l'état A1 « arrêt dans l'état initial » à l'état F1 « production normale », par action sur le bouton « marche » et le passage de l'état F1 à l'état A1 après un transit par l'état A2 « arrêt demandé en fin de cycle » par action sur le bouton « arrêt ».

– À partir du cahier des charges fonctionnel (CDCF) établi avec le client :
– compléter le grafcet du point de vue partie commande en y ajoutant :
– de nouvelles branches,
– des conditions de forçage ou de figeage,
– des étapes de verrouillage ou de synchronisation ;
– modifier éventuellement la nature et le nombre des tâches.

– À partir des liaisons possibles représentées en pointillés entre trois familles d'état représentées par des rectangles à remplir (mode de marche et d'arrêt) :
– repasser en traits forts les liaisons retenues,
– les barrer d'un tiret transversal,
– inscrire en toutes lettres les conditions de passage en face du tiret transversal concerné,
– entre trois familles d'état conduisant à un arrêt ou indiquant un arrêt :
– si l'arrêt dépend des conditions extérieures à la machine ⟶ rectangle A
– s'il dépend d'une défaillance de machine ⟶ rectangle D
– en régime normal de fonctionnement ⟶ rectangle F

– Rectangles-états toujours utilisés :
– état A_1 : arrêt dans l'état initial ou repos de la machine ou situation initiale du grafcet du point de vue PO ;
– état F_1 : production normale.

– Si un rectangle état se trouve à l'intérieur du pointillé délimitant sur le guide la zone « PRODUCTION », il est « en » production.

– Marches de réglage :

Un commutateur « réglage/auto » permet d'atteindre l'état F4 « marche de vérification dans le désordre » autorisant les commandes manuelles des préactionneurs. Le retour à l'état A1 est provoqué en position auto et par action sur un bouton « RÉARMEMENT » si toutes les conditions de sécurité sont requises (carter de protection fermé…). Le passage par l'état A6 « mise P.O. dans l'état initial » permet à la machine de retrouver les conditions initiales de démarrage.

– Arrêts dus à une défaillance et procédures de remise en route :

Ces états sont provoqués par un dysfonctionnement du processus.
L'opérateur agit sur un bouton d'arrêt d'urgence « AU » (ou, si les conditions de sécurité sont défaillantes, ouverture intempestive d'un carter de protection ou de la porte permettant l'accès à une zone dangereuse pour les personnes, par exemple) provoquant le passage dans l'état D1 « marche ou arrêt en vue d'assurer la sécurité ». Cet état coupe toutes les énergies. Le passage à l'état A5 « préparation pour remise en route après défaillance » permet à l'opérateur de s'assurer qu'il n'y a plus d'entraves au bon fonctionnement de la machine (dégagement de produits, fermeture de carters…).
Lorsque les conditions de sécurité sont requises, que le commutateur « réglage/auto » est sur « auto », l'action sur le bouton « RÉARMEMENT » déclenche le passage dans l'état A6 « mise P.O. dans état initial », puis le passage dans l'état A1 à partir duquel le processus normal peut reprendre.
L'état D2 « diagnostic et/ou traitement de défaillance » fait appel au service maintenance.
L'état D3 « production tout de même » enclenché par une condition d'arrêt non prioritaire permet à la machine de continuer à fonctionner ; il débouche soit vers D2, soit vers A2, soit vers A3 « arrêt dans un état déterminé » par action sur les boutons poussoirs respectivement « AU », « arrêt » et « arrêt demandé dans un état déterminé ».
Les états A7 et A4 « arrêt obtenu dans un état déterminé » permettent la reprise de F1 en cours de cycle.

– Structuration du GEMMA.

La structuration du graphisme GEMMA répond à trois préoccupations :

– PC hors énergie – PC sous énergie :

À gauche du graphisme GEMMA, figure une zone **PC hors énergie**, le reste du graphisme est **PC sous énergie**. En effet, les modes de marche et d'arrêt ne peuvent être perçus et traités que par une partie commande en ordre de marche. Toutefois, si **PC** est hors énergie, certaines actions réflexes (blocages par ressorts, retours spontanés, etc.) peuvent être prévues dans l'état **PZ** prévu dans cette zone.

– Production – Hors production :

Les rectangles états à l'intérieur du pointillé production correspondent à des modes de marche pour lesquels la machine produit.

– Les 3 familles de procédures :

correspondent chacune à une zone du GEMMA. Ces 3 familles de procédures sont :

1 – Les procédures de fonctionnement qui regroupent les états, **F**, marches indispensables à la production. Notons que l'on ne produit pas obligatoirement dans tous les états **F** : ils peuvent être préparatoires à la production, servir aux réglages, aux tests.

2 – Les procédures d'arrêts, qui regroupent les états **A**, arrêts normaux et procédures de remise en route.

3 – Les procédures en défaillance, qui regroupent les états **D**, pris en cas de défaillance de la PO.

– Les états de marche et d'arrêt.

– LES ÉTATS F :

– Ce sont les états de marche situés dans la zone **procédures de fonctionnement** du GEMMA.

F1 < Production normale >

Dans cet état la machine produit normalement : c'est l'état pour lequel elle a été conçue. On peut souvent faire correspondre à cet état un GRAFCET de production.

F2 < Marche de préparation >

Cet état est utilisé pour les machines nécessitant une préparation préalable à la production normale : préchauffage de l'outillage, remplissage de la machine, mises en route diverses, etc.

F3 < Marche de clôture >

C'est l'état nécessaire pour certaines machines devant être vidées, nettoyées, etc., en fin de journée ou en fin de série.

F4 < Marche de vérification dans le désordre >

Cet état permet de vérifier certaines fonctions ou certains mouvements sur la machine, sans respecter l'ordre du cycle.

F5 < Marche de vérification dans l'ordre >

Dans cet état, le cycle de production peut être exploré au rythme voulu par la personne effectuant la vérification ; selon le cas, la machine produit ou ne produit pas.

F6 < Marche de test >

Les machines de contrôle, de mesure, de tri… comportent des capteurs qui doivent être réglés ou étalonnés périodiquement : la < Marche de test > F6 permet ces opérations de réglage ou d'étalonnage.

– LES ÉTATS A :

Situés dans la zone « procédure d'arrêt de la partie opérative », ces états correspondent à des arrêts normaux ou à des marches conduisant à des arrêts normaux.

A1 < Arrêt dans l'état initial >

C'est l'état « repos » de la machine. Il correspond en général à la situation initiale du GRAFCET : c'est pourquoi, comme une étape initiale, ce « rectangle état » est entouré d'un double cadre.
Pour une étude plus facile de l'automatisme, il est recommandé de représenter la machine dans cet état initial.

A2 < Arrêt demandé en fin de cycle >

Lorsque l'arrêt est demandé, la machine continue de produire jusqu'à la fin du cycle. A2 est donc un état transitoire vers l'état A1.

A3 < Arrêt demandé dans état déterminé >

La machine continue de produire jusqu'à un arrêt en une position autre que la fin de cycle : c'est un état transitoire vers A4.

A4 < Arrêt obtenu >

La machine est alors arrêtée en une autre position que la fin de cycle.

A5 < Préparation pour remise en route après défaillance >

C'est dans cet état que l'on procède à toutes les opérations (dégagements, nettoyages…) nécessaires à une remise en route après défaillance.

A6 < Mise PO dans état initial >

La machine étant en A6, on remet manuellement ou automatiquement la partie opérative en position pour un redémarrage dans l'état initial.

A7 < Mise PO dans état déterminé >

La machine étant en A7, on remet la PO en position pour un redémarrage dans une position autre que l'état initial.

– LES ÉTATS D :

Ce sont les états de marche et d'arrêt situés dans la zone « procédures ou défaillance » de la partie opérative.

D1 < Arrêt d'urgence >

C'est l'état pris lors d'un arrêt d'urgence : on y prévoit non seulement les arrêts, mais aussi les cycles de dégagements, les procédures et précautions nécessaires pour éviter ou limiter les conséquences dues à la défaillance.

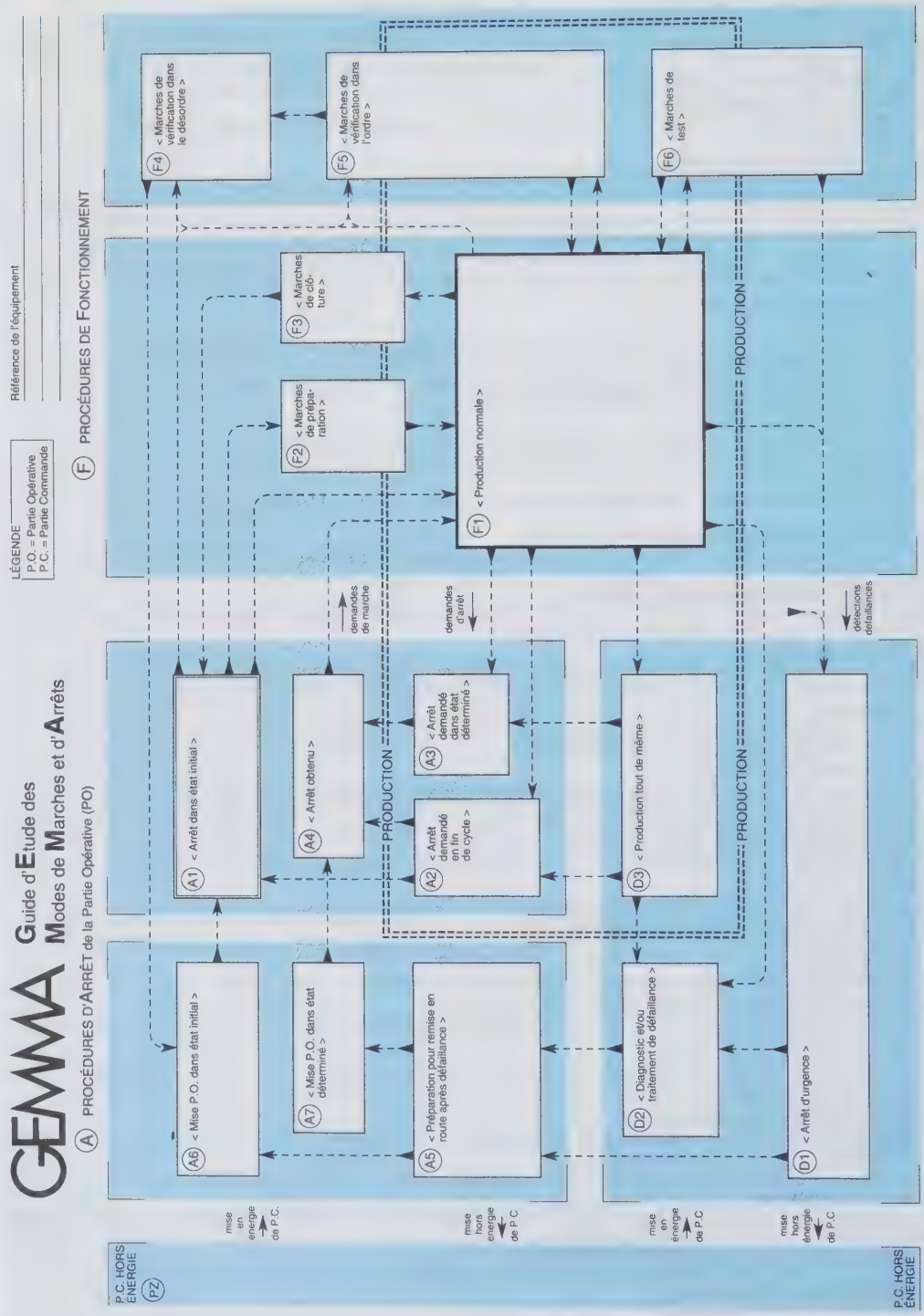
D2 < Diagnostic et/ou traitement de défaillance >

C'est dans cet état que la machine peut être examinée après défaillance et qu'il peut être apporté un traitement permettant le redémarrage.

D3 < Production tout de même >

Il est parfois nécessaire de continuer la production même après défaillance de la machine : on aura alors une « production dégradée », ou une « production forcée », ou une production aidée par des opérateurs non prévus en < Production normale >.

2.4.2. Représentation graphique du GEMMA



Note : Le spécificateur choisit de démarrer, soit en A1 soit en D1

2.5. Exemple d'application (perçage de carter) *(D'après ASCO JOUCOMATIC)*

Actigramme « contexte » (A-O) ou diagramme d'activité global

Poste simplifié de perçage de carters

PUPITRE DE COMMANDE

PC autorise les commandes manuelles des mouvements

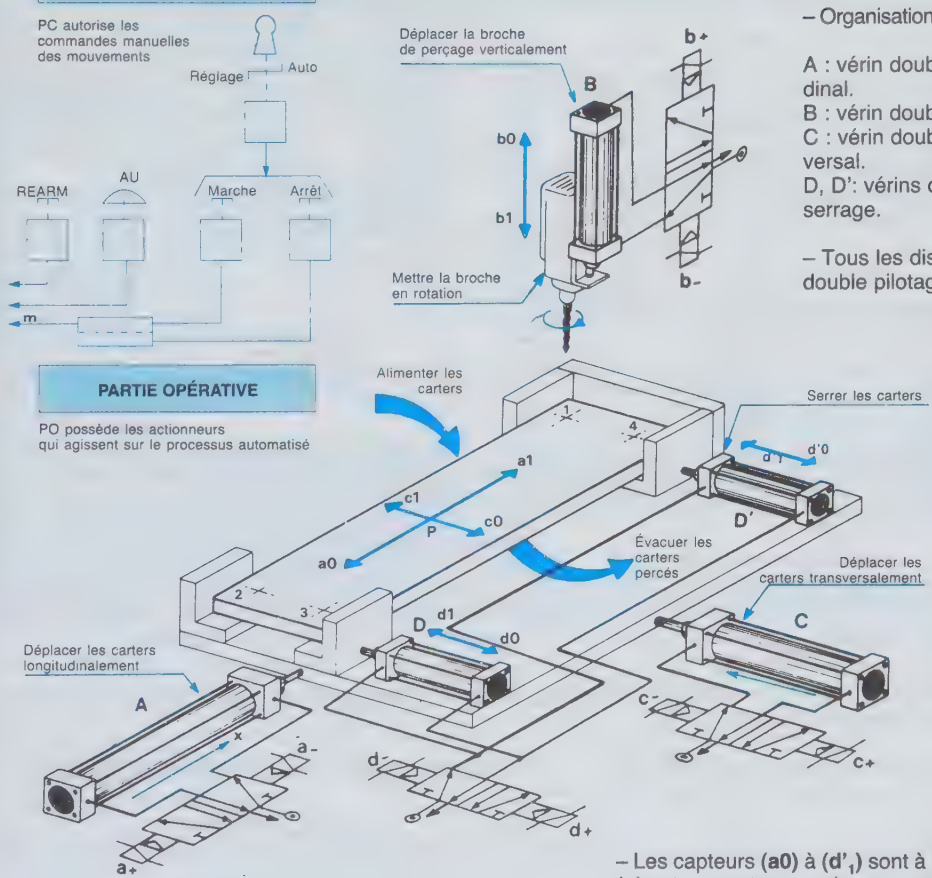
Réglage — Auto

REARM — AU — Marche — Arrêt

m

PARTIE OPÉRATIVE

PO possède les actionneurs qui agissent sur le processus automatisé



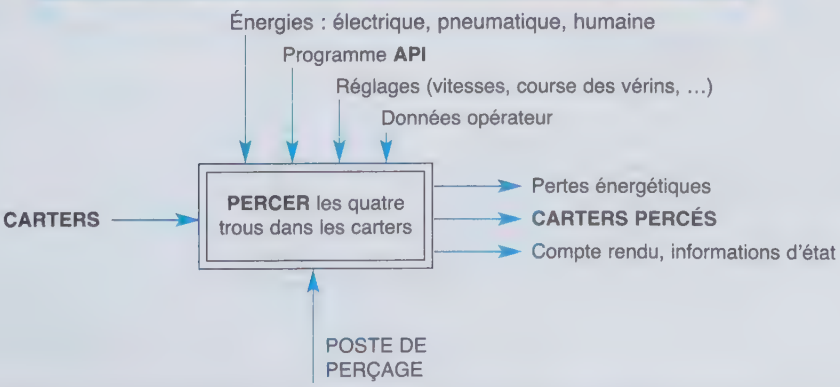
– Organisation de la puissance :

A : vérin double effet longitudinal.
B : vérin double effet vertical.
C : vérin double effet transversal.
D, D': vérins double effet de serrage.

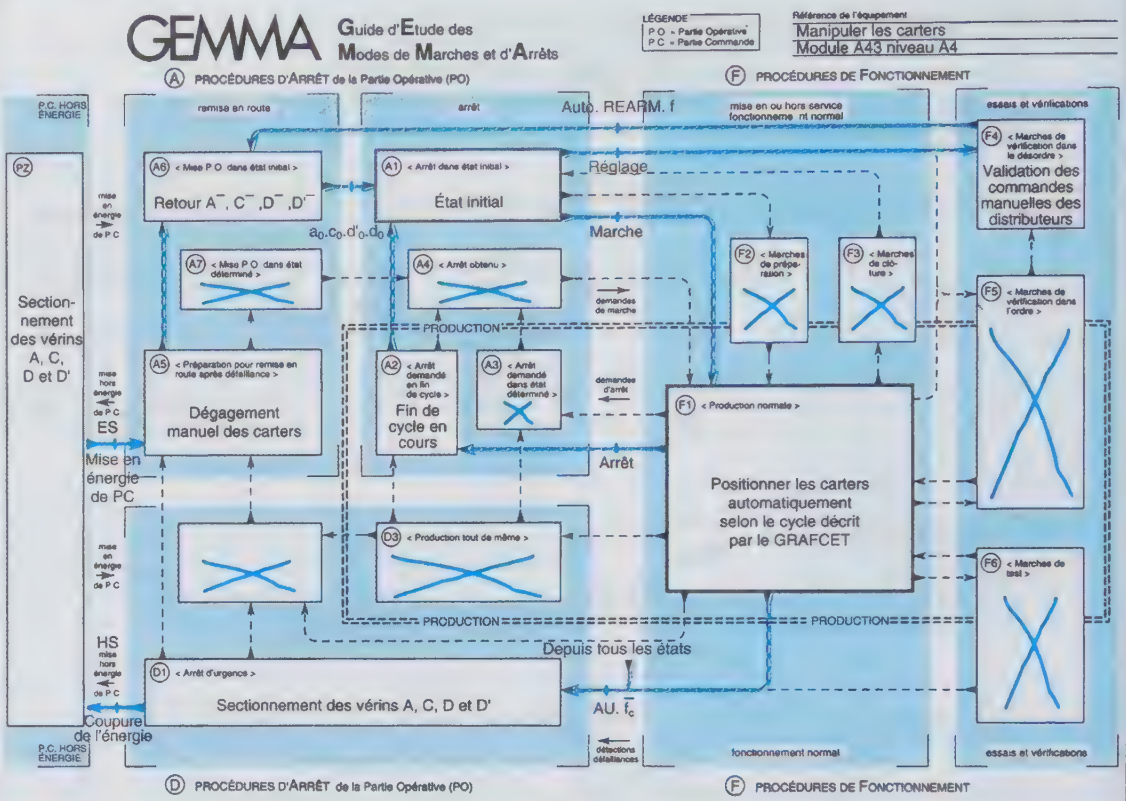
– Tous les distributeurs sont à double pilotage (bistables).

– Les capteurs **(a0)** à **(d'$_1$)** sont à seuil de pression. **(p)** est un capteur « présence carter ».

Actigramme « contexte » niveau A-0 ou diagramme d'activité global

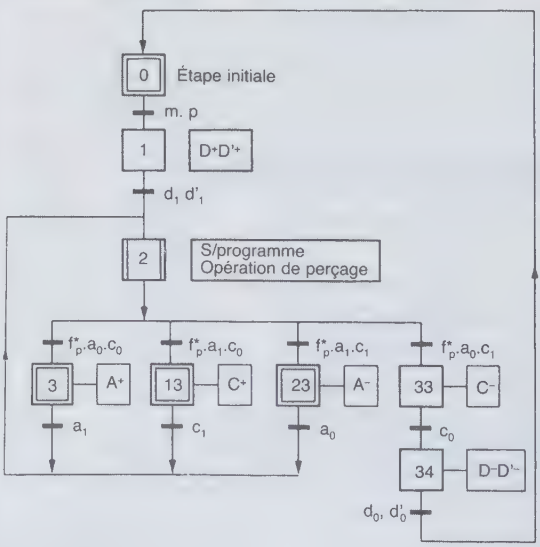


ANALYSE TEMPORELLE (GEMMA) :



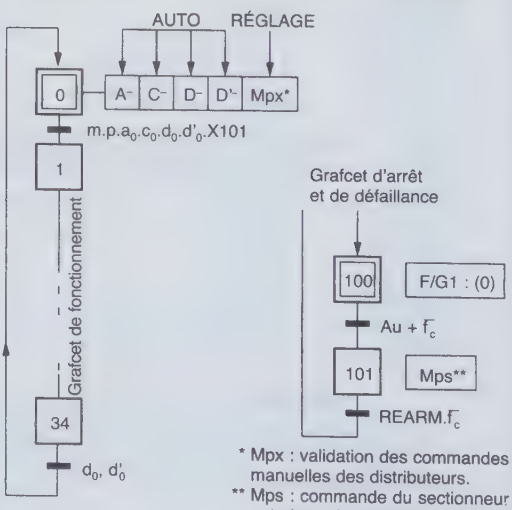
Nota : Un capteur (f_c) « carter de protection fermé » assure la protection de l'opérateur pendant le cycle de perçage et de manipulation des carters à percer.

COMPORTEMENT DE LA PARTIE OPÉRATIVE



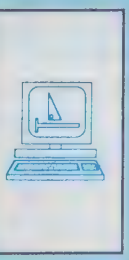
* f_p : fin de perçage

COMPORTEMENT DE LA PARTIE COMMANDE



* Mpx : validation des commandes manuelles des distributeurs.
** Mps : commande du sectionneur autorisant la distribution de l'air comprimé dans les distributeurs.

3. Règles générales du dessin technique



Banque de
DONNÉES

3.1. Généralités sur les normes ... 60

3.2. L'écriture ... 61

3.3. Formats des dessins ... 62

3.4. Le cartouche d'inscription ... 63

3.5. La nomenclature de définition ... 64

3.6. Les échelles ... 64

3.5. La nomenclature de définition ... 64

3.7. Les repères des éléments ... 65

3.8. Les dispositions des vues ... 66

3.9. Les traits ... 68

3.10. Les coupes et les sections ... 70

3.11. Les hachures conventionnelles ... 72

3.12. Les intersections ... 73

3.13. Les raccordements ... 74

3.14. Les congés, chanfreins, dégagements ... 75

3.15. Les vues éclatées ... 76

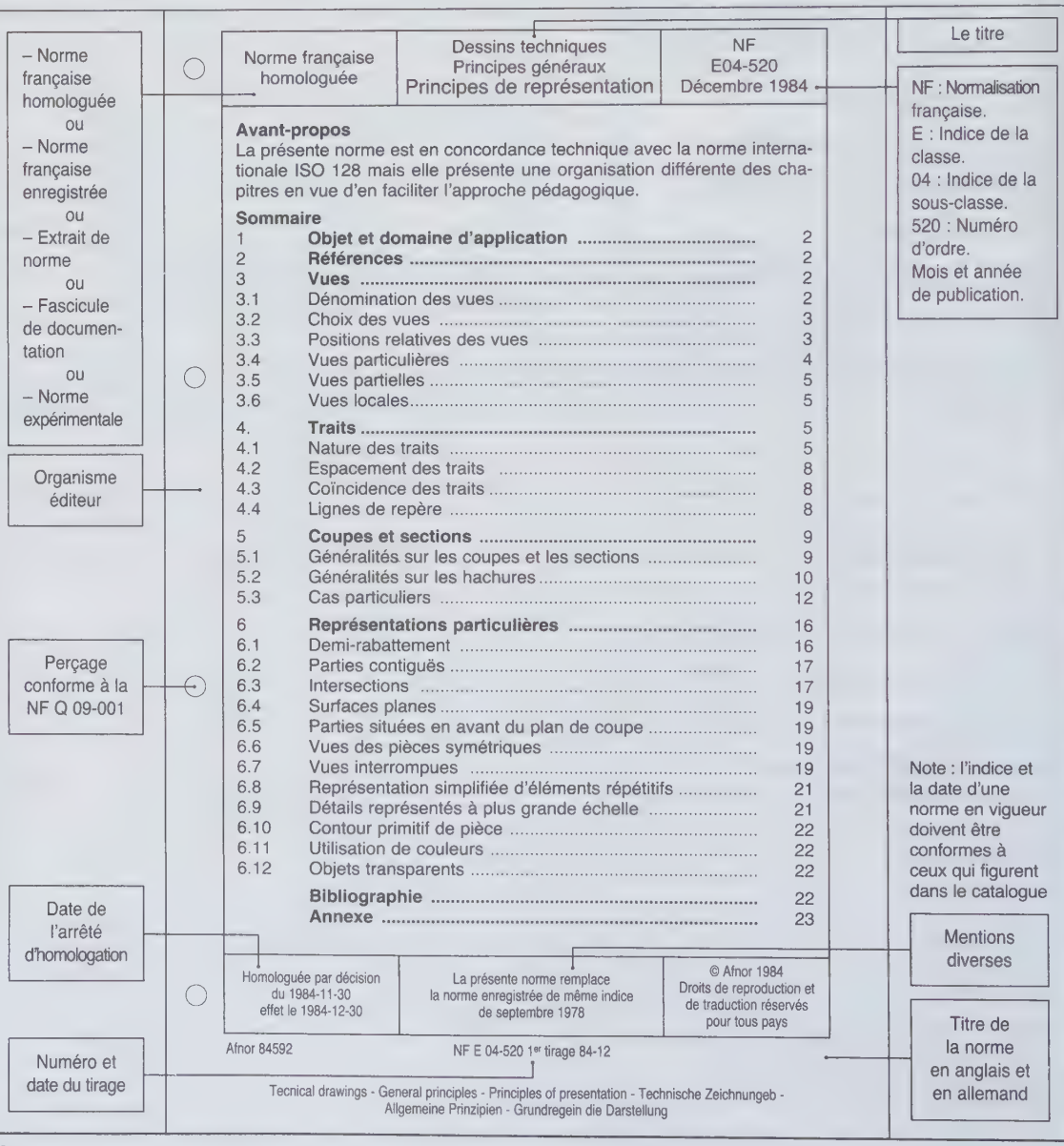
3.16. Les perspectives ... 77

3.17. Désignation des formes mécaniques usuelles ... 78

3.1. Généralités sur les normes

Classement des normes par secteur d'activité

A : Métallurgie.
B : Carrières. Céramique. Verre. Réfractaires. Bois. Liège.
C : Électricité.
D : Économie domestique. Hôtellerie. Ameublement. Aménagement.
E : Mécanique.
F : Chemin de fer.
G : Textiles et cuirs.
H : Emballage. Manutention. Transport.
J : Construction et industries navales.
K : Banque. Valeurs mobilières. Assurances.
L : Aéronautique et espace.
M : Combustible.
P : Bâtiment et génie civil.
Q : Papiers et cartons. Technologie graphique.
R : Automobile. Motocycle. Cycle.
S : Industries diverses.
T : Industries. Industries chimiques.
U : Matières et objets utilisés en agriculture.
V : Produits de l'agriculture, de la pêche et des industries alimentaires.
X : Normes fondamentales. Normes générales.
Z : Administration. Commerce. Documentation. Traitement de l'information.



3.2. L'écriture

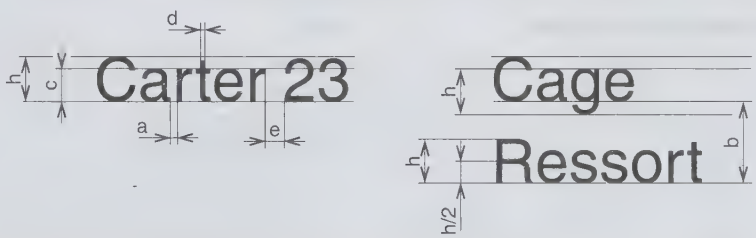
NF E 04-505

– Le choix des dimensions des écritures dépend du format utilisé pour le dessin. En conséquence, prendre comme dimensions nominales les valeurs suivantes :
• Formats A4 - A3 - A2 : – Écriture de 2,5.
• Formats A1 - A0 et formats allongés (NF E 04-502) : – Écriture de 3,5.
– Les accents ou les trémas peuvent ne pas être mis sur les majuscules, sauf dans le cas où il y a risque d'ambiguïté.
– L'écriture doit être en priorité **droite**, elle peut être exceptionnellement penchée (inclinée à 15°).

Écriture droite

ABCDEFGHIJKLM
NOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklm
nopqrstuvwxyz
0123456789(!?:;√%&)ø

Dimensions



Désignation			Dimensions (mm)						
h	Dimension nominale Hauteur des majuscules (ou chiffres)	h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
c	Hauteur des minuscules (sans hampe ni queue)	0,7 h	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
a	Espace entre les caractères	0,2 h	0,5	0,7	0,7	1,4	2	2,8	4
b	Espace minimal entre les lignes supports d'écriture (interligne)	1,4 h	3,5	5	5	10	14	20	28
e	Espace minimal entre les mots	0,6 h	1,5	2,1	2,1	4,2	6	8,4	12
d	Largeur de trait	0,1 h	0,2	0,35	0,35	0,7	1	1,4	2

Remarque
Pour la juxtaposition de certains caractères, l'espace **a** peut être réduit afin d'améliorer l'effet visuel comme par exemple **LA**, **TV**, **VA**.

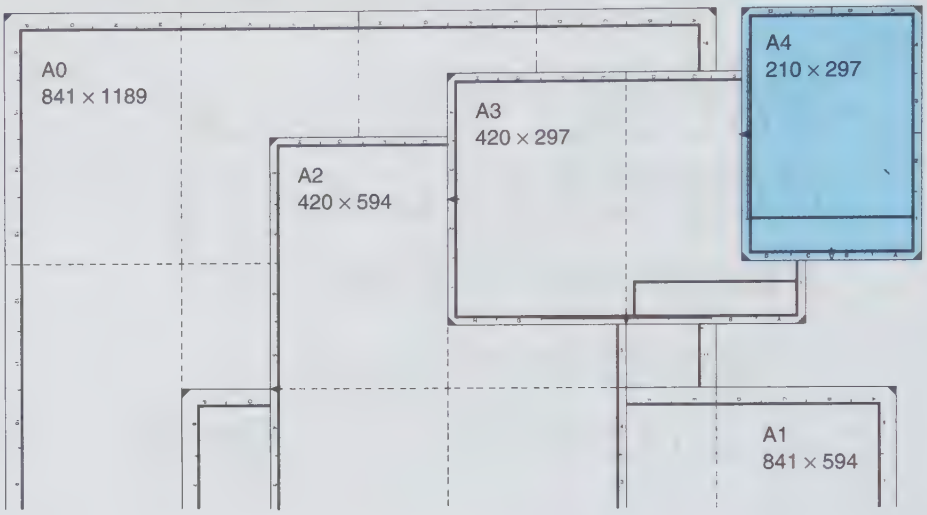
3.3. Formats des dessins

NF E 04-502

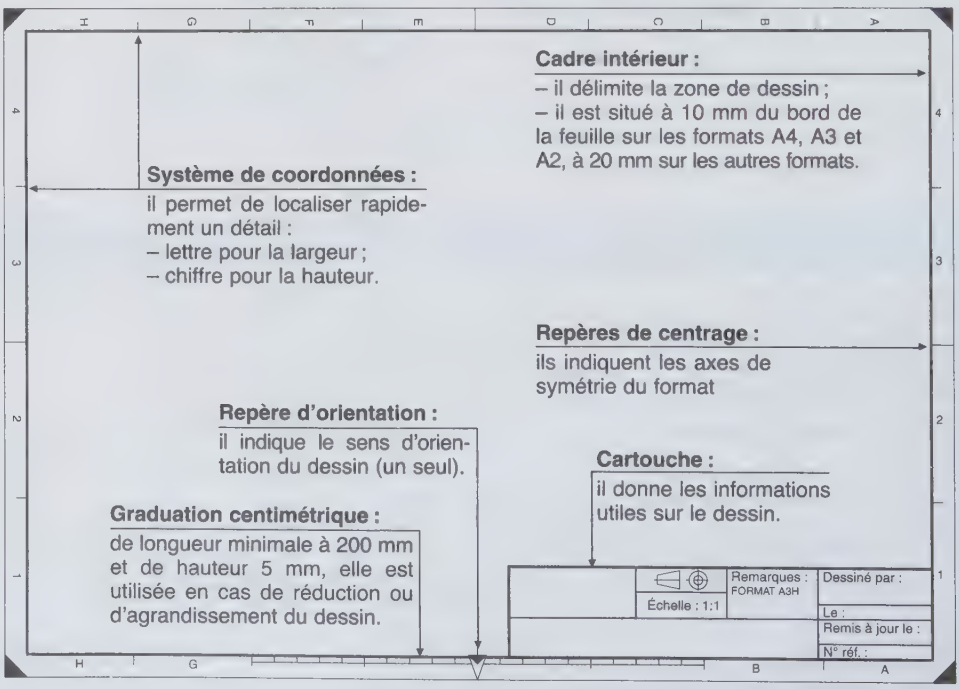
Données

Formats usuels

Les formats se déduisent les uns des autres à partir du format A0 (1 m²) en divisant le plus grand côté par deux.
Le rapport de la longueur sur la largeur est de $\sqrt{2}$.
Les formats peuvent être utilisés horizontalement ou verticalement.



Indications portées sur les formats



3.4. Le cartouche d'inscription

NF E 04-503

Données

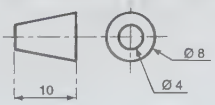
Emplacement

Lorsque la feuille support du dessin est examinée en hauteur pour les formats pairs (**A0**, **A2**, **A4**) et en largeur pour les formats impairs (**A1**, **A3**), le cartouche d'inscription doit toujours se trouver, en sa position de lecture, en bas et à droite, accolé au cadre extérieur du dessin (NF E 04-502).

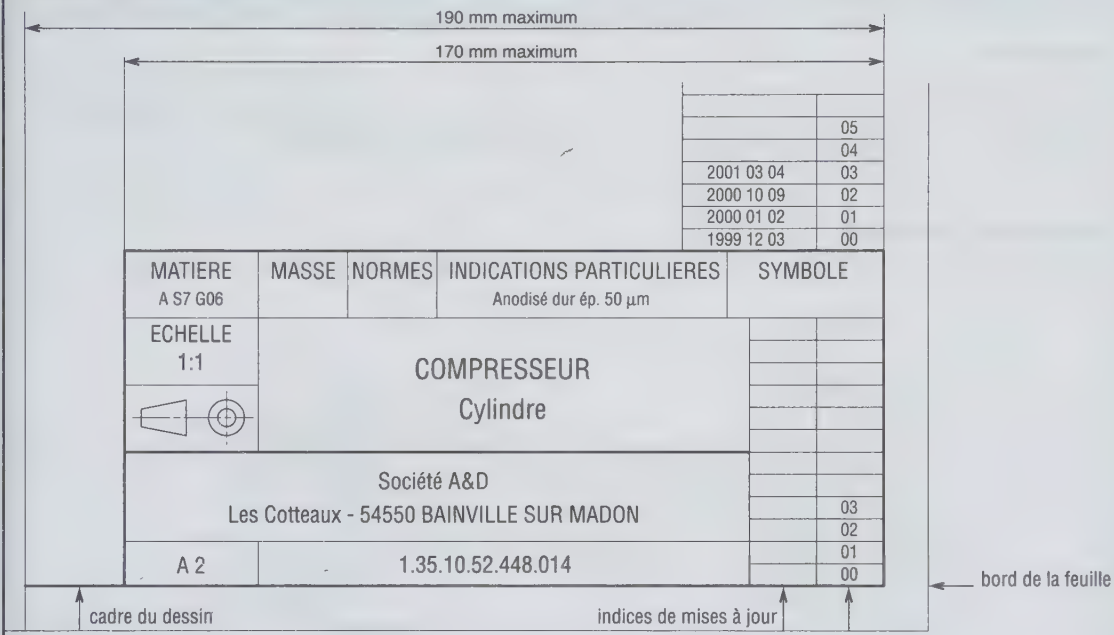
Dimensions

Le cartouche ne doit jamais dépasser en largeur 190 mm et en hauteur 277 mm.

Symbole de la disposition des vues



Dispositions et contenu



			Dates	Noms	Etablissement A&D DESIGN 54000 NANCY
		Dessiné			
		Vérifié			2 345678
		Homologué			
		ECHELLE 1:1	MANIPULATEUR Bras		
05					03
04					
03			CIRTES		02
02			29 bis, rue d'Hellieule - 88100 ST-DIE-DES-VOSGES		01
01					
00					
MISES A JOUR			2-100-2587-321		00

3.5. La nomenclature de définition

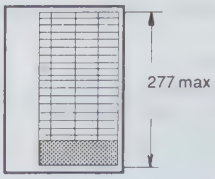
Elle peut être disposée sur une feuille indépendante ou sur le dessin lui-même. Elle peut contenir autant de renseignements qu'il est jugé utile d'y porter.

Format A3

Perforations (facultatives) selon la norme NF Q 09-001



Format A4



3.6. Les échelles

NF E 04-506

Désignation

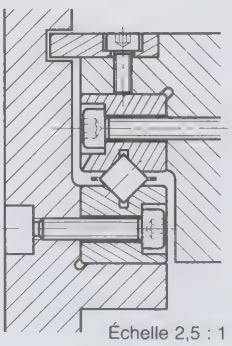
Échelle 1 : 1 pour la vraie grandeur
Échelle X : 1 pour l'agrandissement
Échelle 1 : X pour la réduction

Inscription

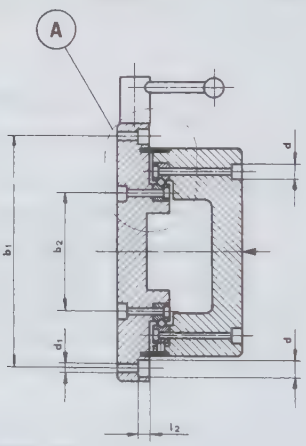
Indiquer toujours l'échelle à l'emplacement prévu dans le cartouche.

Désignation particulière

Détail A



Échelle 2,5 : 1



Échelles recommandées

Catégories	Indications			
Échelles d'agrandissement	200 : 1	250 : 1	500 : 1	1000 : 1
	20 : 1	25 : 1	**50 : 1**	100 : 1
	2 : 1 (*)	2,5 : 1	**5 : 1**	**10 : 1**
Vraie grandeur (échelle recommandée)	**1 : 1**			
Échelles de réduction	**1 : 2** (*)	1 : 2,5	**1 : 5**	**1 : 10**
	1 : 20	1 : 25	**1 : 50**	**1 : 100**
	1 : 200	1 : 250	**1 : 500**	**1 : 1000**
	1 : 2000	1 : 2500	**1 : 5000**	**1 : 10000**

(*) Ces échelles ne sont pas recommandées car elles peuvent donner lieu à des impressions trompeuses à la conception.

Nota :
– Seules les échelles en caractères gras ont été retenues à l'ISO.
– Pour les dessins s'incorporant à des bâtiments, se référer à la norme NF P 02-002.

3.7. Les repères des éléments

NF E 04-522

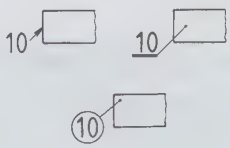
Données

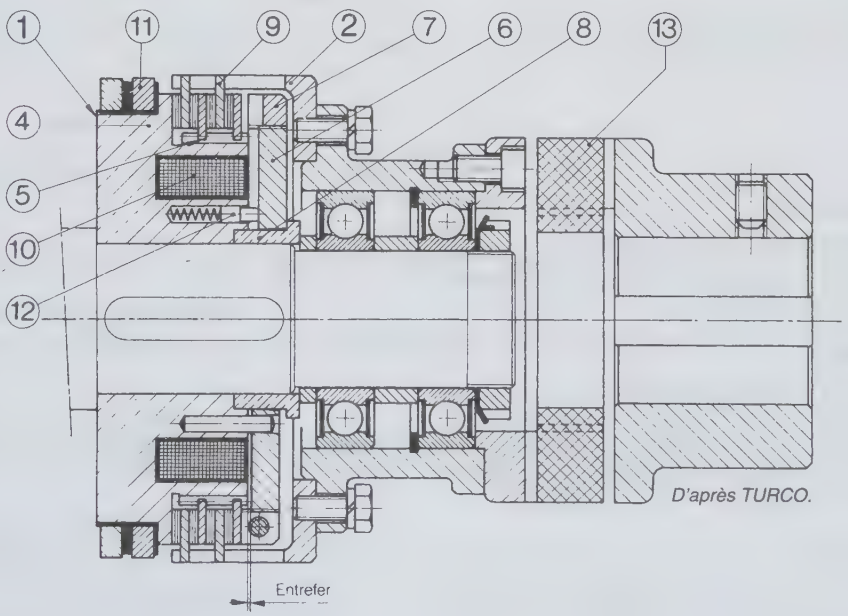
Spécifications générales

– Les repères sont attribués de façon successive à chacun des éléments composant un ensemble.
– Tous les éléments identiques d'un même ensemble doivent être identifiés par un même repère.

Représentation

– Les repères sont composés de chiffres arabes. Ils peuvent être complétés par une lettre majuscule (8A, 8B, 8C...) ;
– utiliser des caractères de plus grande hauteur d'écriture que celle utilisée pour la cotation par exemple ;
– inscrire chaque repère à l'intérieur d'un cercle (ou comme indiqué ci-contre) ;
– disposer les repères en dehors du tracé général des éléments concernés ;
– adopter un ordre déterminant :
  - ordre numérique,
  - ordre de montage possible,
  - ordre d'importance (sous-ensemble, pièces principales, pièces secondaires...),
  - tout autre ordre logique.





D'après TURCO.

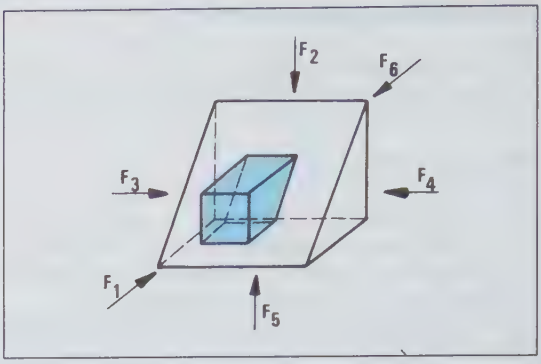
1. Partie motrice
2. Cloche d'embrayage
4. Électro-aimant
5. Disques intérieurs
6. Armature mobile
7. Écrou de réglage
8. Fourrure amagnétique
9. Disques extérieurs
10. Bobine fixe
11. Bagues collectrices
12. Poussoirs de rappel
13. Accouplement élastique

3.8. Les dispositions des vues

NF E 04-520

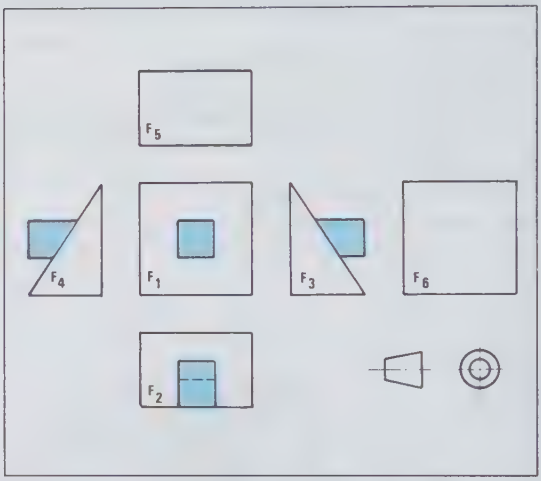
Dénomination des vues

Méthode de projection du premier dièdre :
– Vue suivant F_1 = vue de face
– Vue suivant F_2 = vue de dessus
– Vue suivant F_3 = vue de gauche
– Vue suivant F_4 = vue de droite
– Vue suivant F_5 = vue de dessous
– Vue suivant F_6 = vue d'arrière



Positions relatives des vues

Par rapport à la vue de face (F_1), les autres vues sont disposées comme suit :
– celle de dessus (F_2), au-dessous
– celle de dessous (F_5), au-dessus
– celle de gauche (F_3), à droite
– celle de droite (F_4), à gauche
– celle d'arrière (F_6) peut être disposée à droite de (F_3) ou à gauche de (F_4), indifféremment.

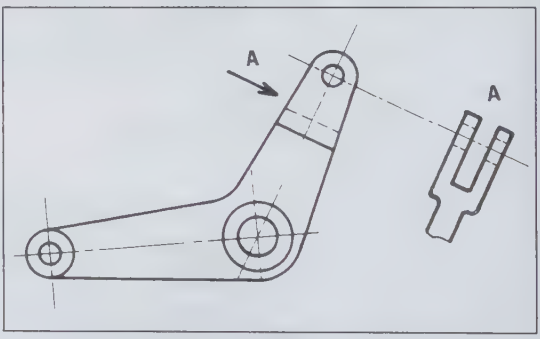


Vues particulières

La flèche indique le sens d'observation du dessin, par exemple lorsqu'une vue ne peut être disposée dans sa position normale.

Vues partielles

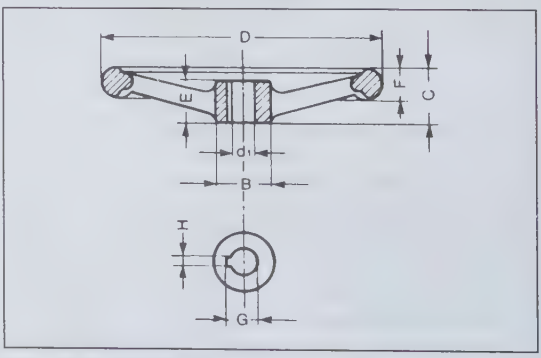
Si, dans une vue, la représentation de la totalité d'un élément n'est pas indispensable à la compréhension du dessin, la vue entière peut être remplacée par une vue incomplète (voir dessin de la biellette ci-contre).



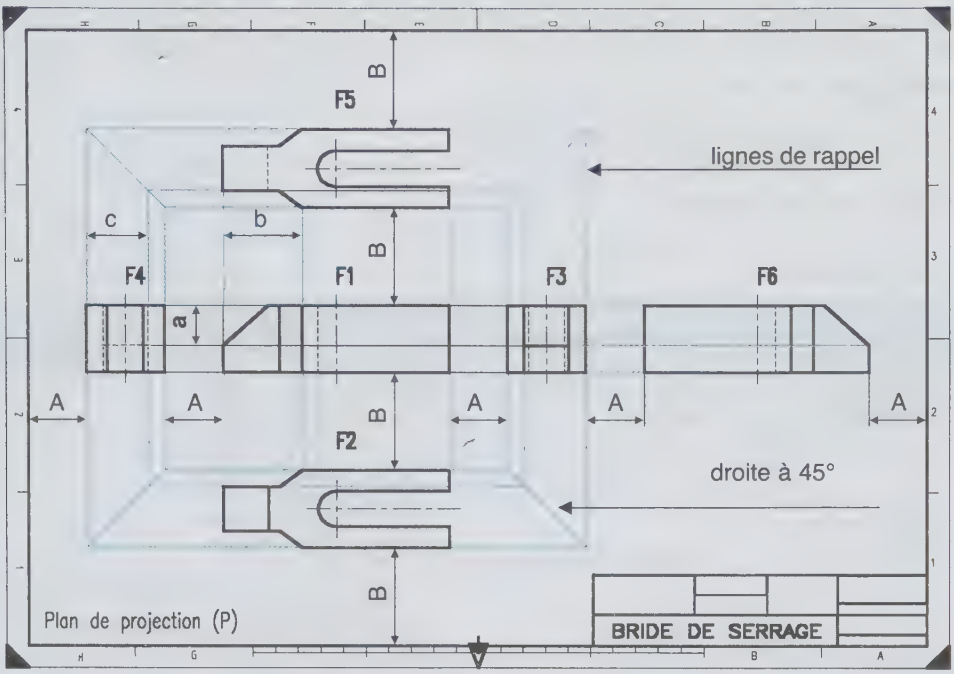
Vues locales

À condition que la représentation ne soit pas ambiguë, il est permis de se limiter à une vue locale à la place d'une vue complète.

Les vues locales doivent être dessinées en trait continu fort et doivent être reliées à la vue principale au moyen d'un trait mixte fin.



Correspondance entre les vues



Les vues, construites à partir des plans de projection perpendiculaires entre eux, sont alignées les unes par rapport aux autres.

On définit les trois règles de correspondances suivantes :

– Correspondances horizontales
Une dimension verticale sur la vue de face (exemple **a**) se retrouve verticale sur les vues de droite, de gauche et d'arrière.

– Correspondances verticales
Une dimension horizontale sur la vue de face (exemple **b**) se retrouve horizontale sur les vues de dessus et de dessous.

– Correspondances en équerre ou à 90°
Une dimension horizontale sur la vue de gauche ou de droite (exemple **c**) se retrouve verticale sur les vues de dessus ou de dessous.

Remarques
– Les lignes de rappel et les droites à 45° sont des aides efficaces lors de la construction de l'esquisse du dessin.
– Les cotes **A** et **B** indiquent le positionnement des vues dans le format. Elles se déduisent des dimensions « hors tout » de la pièce.

3.9. Les traits

NF E 04-520

Largeur des traits

Deux largeurs de traits, fort et fin, sont utilisées. Le rapport entre ces largeurs doit être supérieur ou égal à 2.

Gamme de traits : 0,18 - 0,25 - 0,35 - 0,50 - 0,70 - 1 - 1,40 - 2 mm.

Lignes de repère (voir NF E 04-522)

Les lignes de repère doivent être inclinées par rapport aux lignes du dessin environnant.

Variantes (voir figure ci-contre).

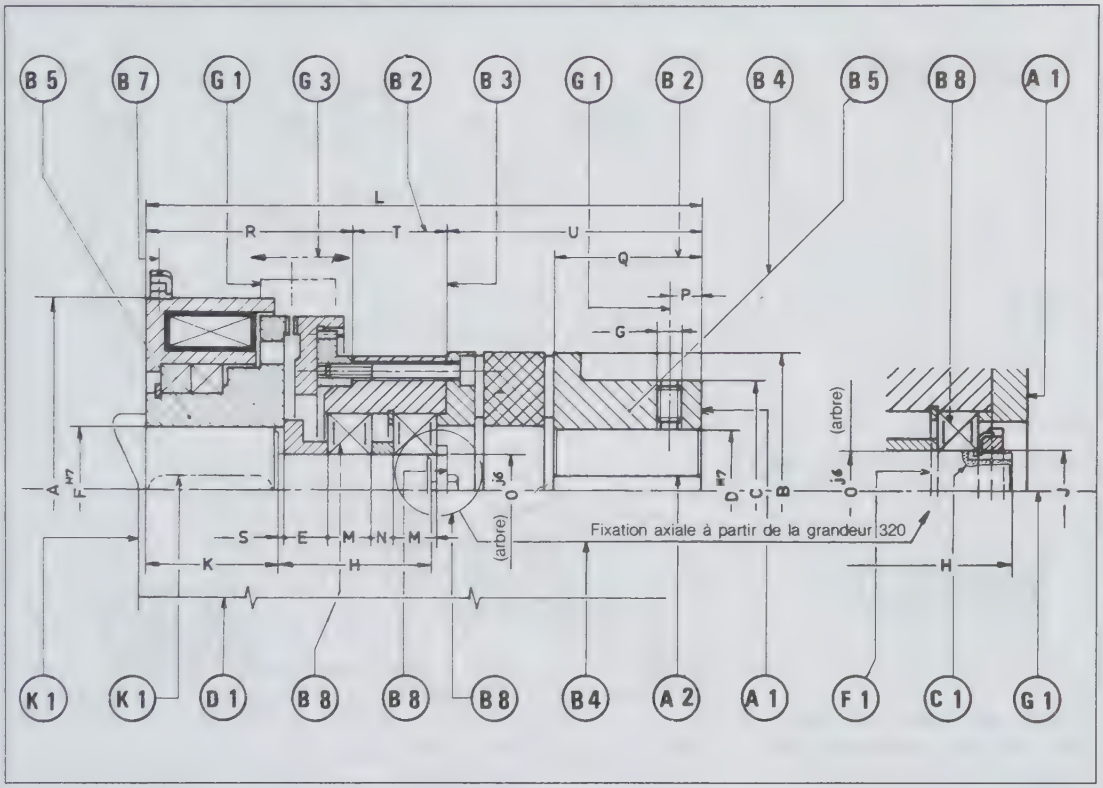


Les types de traits

Trait	Désignation	Applications générales et autres figures indiquées
A	Continu fort	**A1** Contours vus **A2** Arêtes vues
B	Continu fin (aux instruments)	**B1** Arêtes fictives vues **B2** Lignes de cote **B3** Lignes d'attache **B4** Lignes de repère **B5** Hachures **B6** Contours de sections rabattues sur place **B7** Axes courts **B8** Constructions géométriques vues
C D	Continu fin (1) à main levée Continu fin (1) droit avec zigzags (2)	**C1** Limites de vues ou coupes, partielles **D1** ou interrompues, si ces limites ne sont pas des traits mixtes fins
E F	Interrompu (1) fort Interrompu (1) fin	**E1** Contours cachés **E2** Arêtes cachées **F1** Contours cachés **F2** Arêtes cachées **F3** Constructions géométriques cachées
G	Mixte fin (3)	**G1** Axes de révolution **G2** Traces de plans de symétrie **G3** Trajectoires
H	Mixte fin, avec éléments longs forts aux extrémités et aux changements de plans de coupe	**H1** Traces de plans de coupe
J	Mixte fort (3)	**J1** Indication de lignes ou de surfaces faisant l'objet de spécifications particulières
K	Mixte fin à deux tirets (3)	**K1** Contours de pièce voisine **K2** Positions intermédiaires et extrêmes de pièces mobiles **K3** Lignes des centres de gravité **K4** Contours initiaux modifiés par façonnage **K5** Parties situées en avant du plan de coupe **K6** Demi-rabattement

(1) Sur un même dessin, il est recommandé de n'utiliser qu'une seule des deux possibilités offertes.
(2) Ce type de trait est utilisé en particulier pour les dessins exécutés d'une façon automatisée. Il est souhaitable de le faire légèrement dépasser de la pièce.
(3) Un trait mixte commence et se termine de préférence par un élément long.

Applications caractéristiques des différents types de traits



Dimensions recommandées des traits et intervalles



Intersection de traits

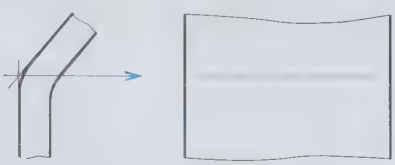
L'intersection des traits interrompus doit se faire sur un élément tracé.



Arêtes fictives

Pour un changement de forme non représentable par une arête réelle (cas des pièces moulées, forgées ou pliées...), représenter les arrondis ou congés par des traits continus fins s'arrêtant à quelques millimètres des contours forts.

Une arête fictive cachée ne se représente pas.

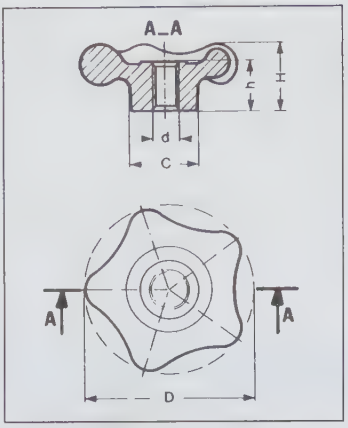


3.10. Les coupes et les sections

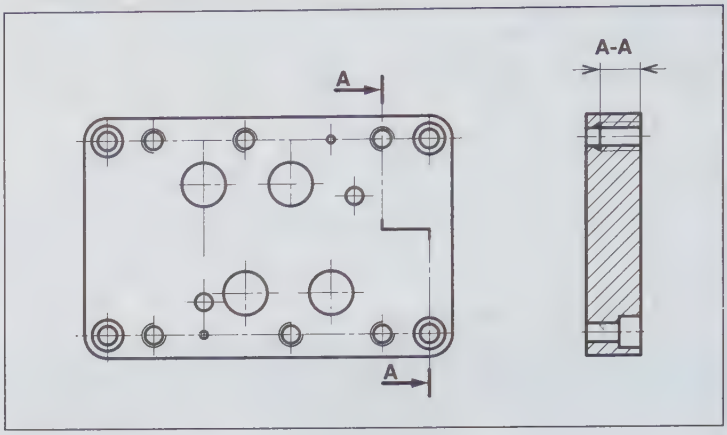
NF E 04-520

Données

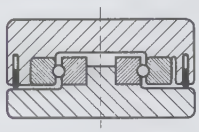
Coupe par un seul plan



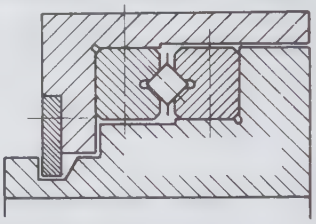
Coupe brisée à plans parallèles



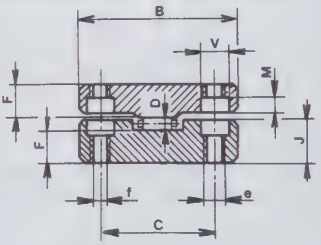
Généralités sur les hachures



L'intervalle entre les traits des hachures est fonction de la grandeur de la surface à hachurer.



Pour les surfaces importantes, les hachures peuvent être réduites.



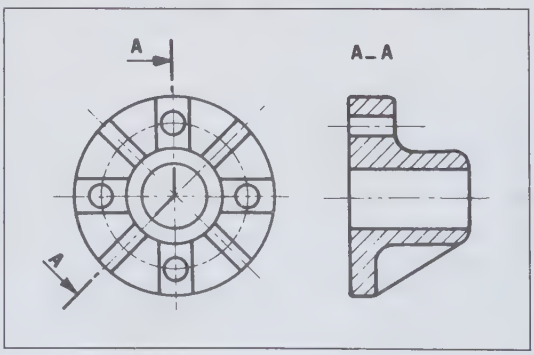
Interrompre les hachures pour placer une cotation.

Sections de faible épaisseur

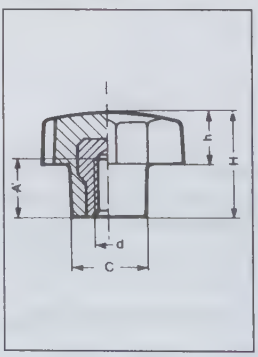
Les sections de faible épaisseur peuvent être noircies ou grisées entièrement. Ménager entre plusieurs sections contiguës noircies un espace blanc.



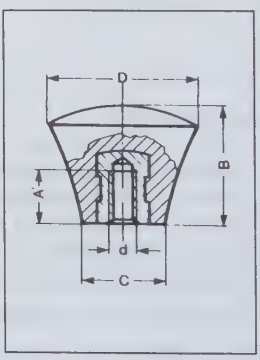
Coupe brisée à deux plans concourants



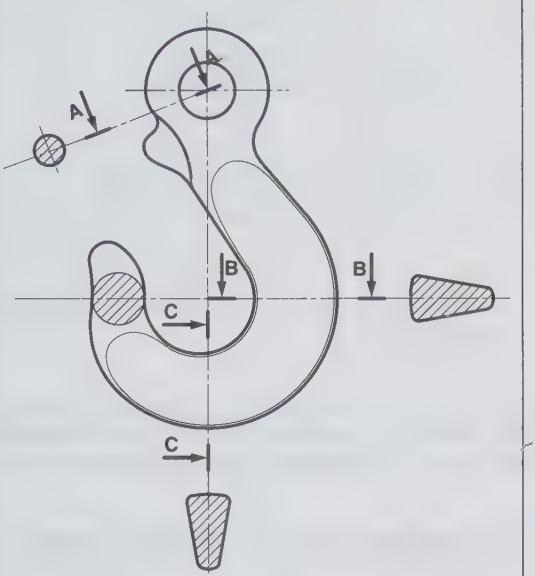
Demi-coupe



Coupe locale

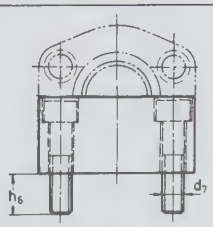


Sections rabattues sur place ou sorties



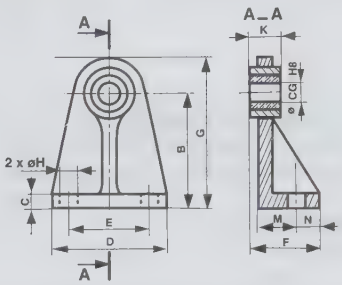
La section rabattue sur place doit être tracée en trait fin continu.

Demi-rabattement



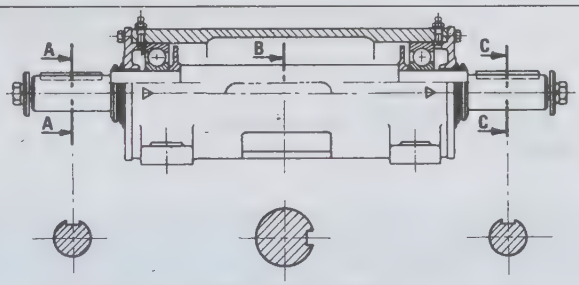
Exécuté en trait mixte fin à deux tirets.

Pièce nervurée



Coupe dans l'épaisseur de la nervure mais non hachurée.

Sections sorties successives (deux localisations possibles)

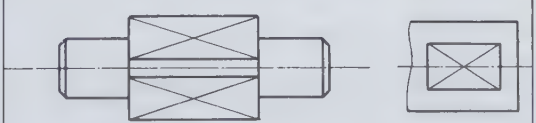




(sections de l'arbre)

(sections de l'arbre)

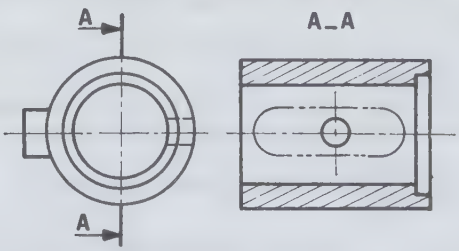
Surfaces planes



Surfaces planes en général

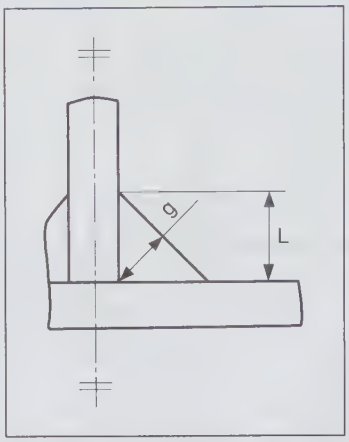
Méplat sur cylindre

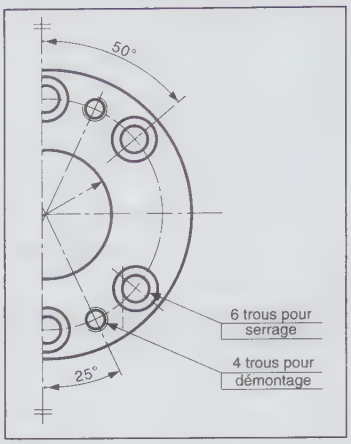
Parties situées en avant du plan de coupe

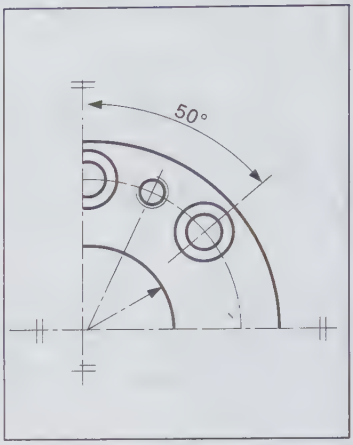


Si la représentation de parties se trouvant en avant du plan de coupe est nécessaire, les dessiner en trait mixte fin à deux tirets.

Vues de pièces symétriques

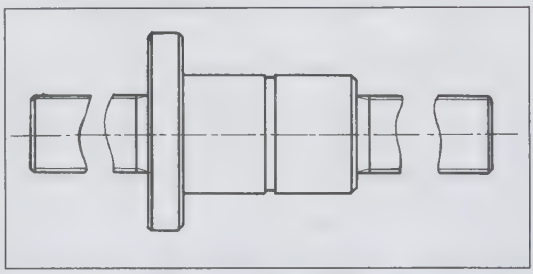






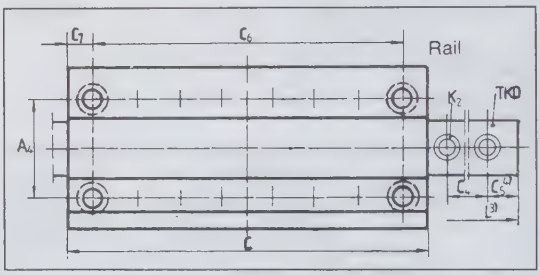
Dans le but de gagner du temps et de la place, on peut représenter les pièces par une fraction de leur vue complète. La trace du plan de symétrie doit être repérée à chacune de ses extrémités par deux petits traits fins parallèles perpendiculaires à l'axe.

Vues interrompues



Pour gagner de la place, on peut ne représenter que les parties d'une pièce longue qui suffisent à la définir.

Représentation simplifiée d'éléments répétitifs



Position des usinages

3.11. Les hachures conventionnelles

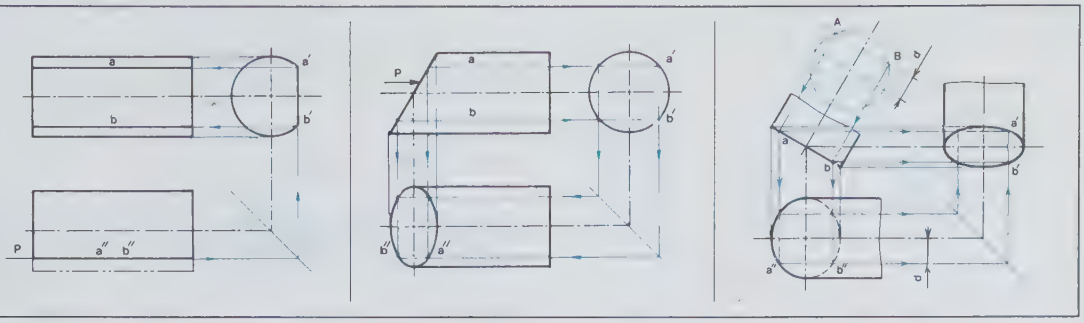
NF E 04-520

Tous matériaux et alliages, sauf éventuellement ceux prévus ci-dessous.	Bois en coupe longitudinale.
Cuivre et alliages de cuivre.	Isolant thermique.
Métaux, alliages légers et maçonnerie creuse.	Béton de masse ou de propreté.
Antifriction et de façon générale toutes matières coulées sur une pièce.	Sol naturel (meuble).
Plastiques, isolations et garnitures.	Pièces d'optique (voir norme NF S 10-008).
Bois en coupe transversale.	Verre fritté (voir norme NF E 04-117).

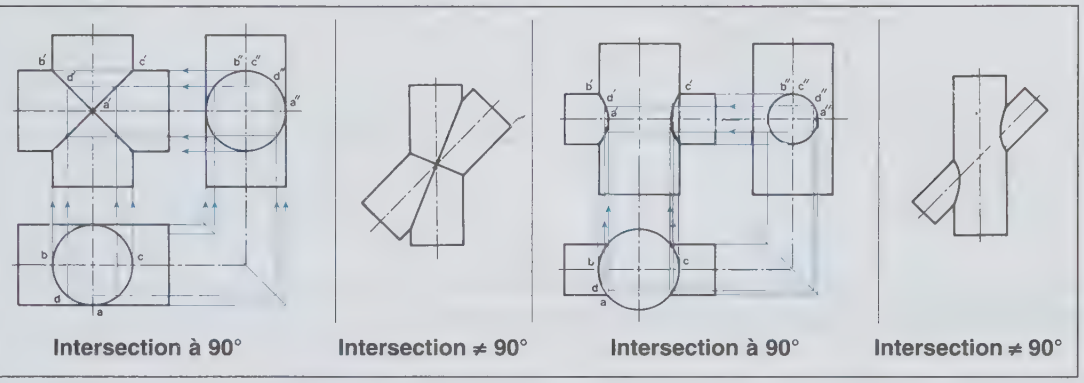
Pour la représentation notamment des liquides, du sol naturel (roche), du sol aménagé, de la mousse de calfeutrement, voir NF P 02-001.

3.12. Les intersections

Intersection d'un cylindre par un plan

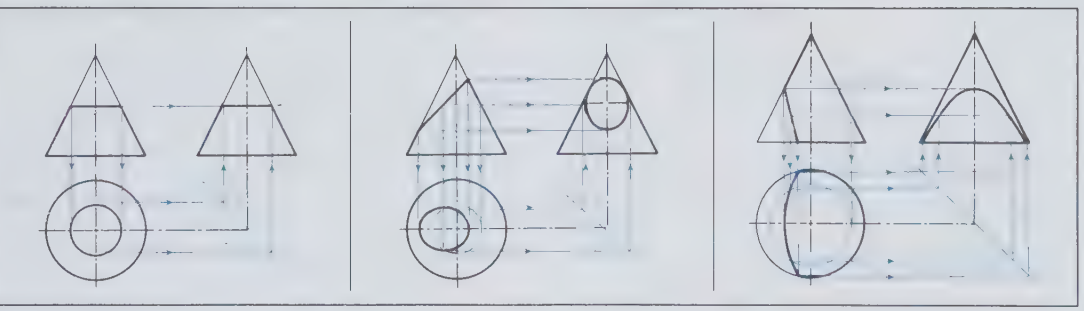


Intersection de cylindres à axes concourants

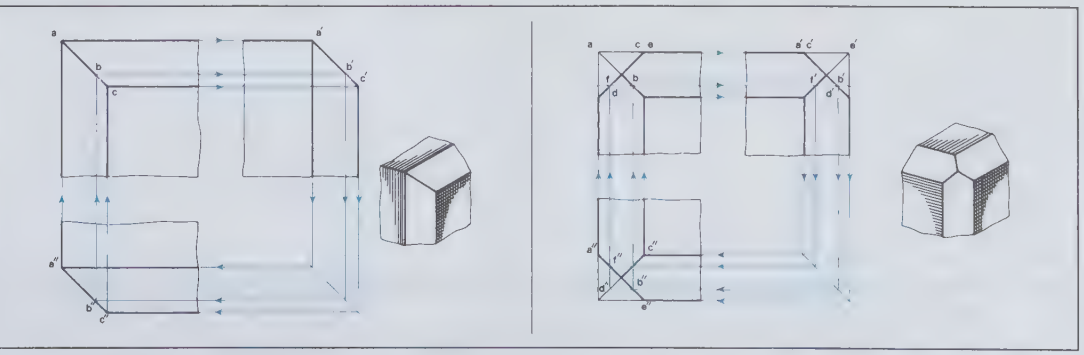


Intersection à 90° | Intersection ≠ 90° | Intersection à 90° | Intersection ≠ 90°

Intersection d'un cône par un plan

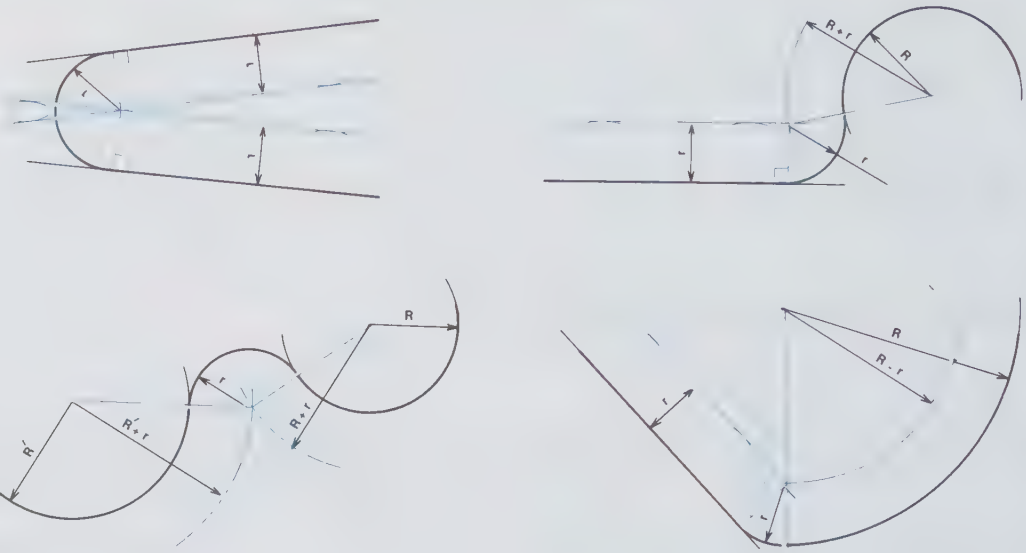


Intersection de plans

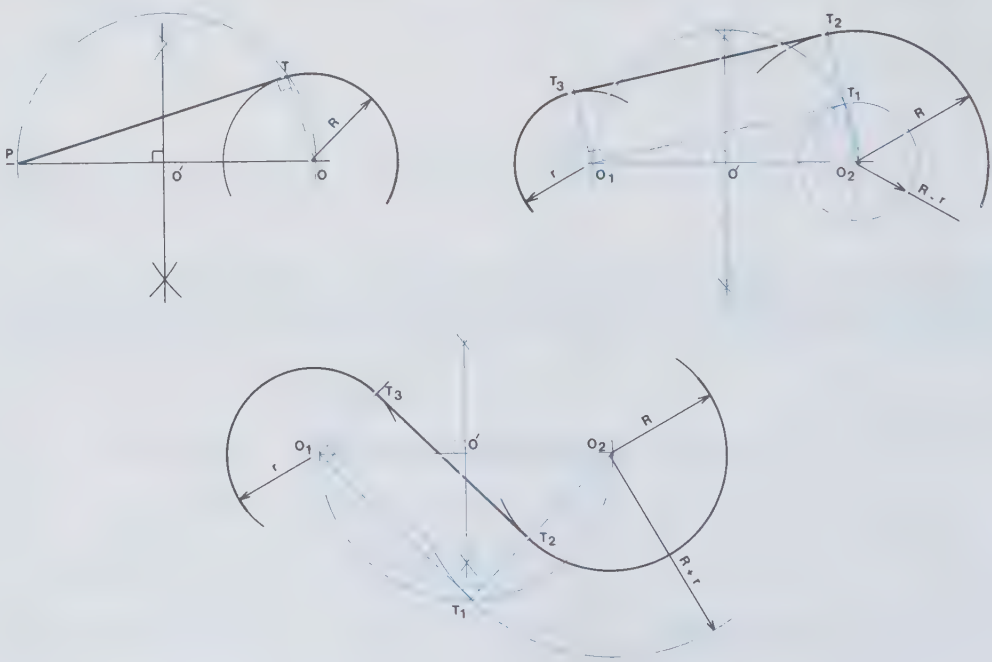


3.13. Les raccordements

Raccordements de droites ou de circonférences de rayon (R) par une circonférence de rayon (r)



Raccordement de circonférences par une droite (tangente)



Nota : – En bleu, construction ; en noir trait fin, droites ou circonférences à raccorder ; en noir trait gras, construction finale ;
– pour le tracé définitif, terminer par les parties droites.

3.14. Les congés, chanfreins, dégagements

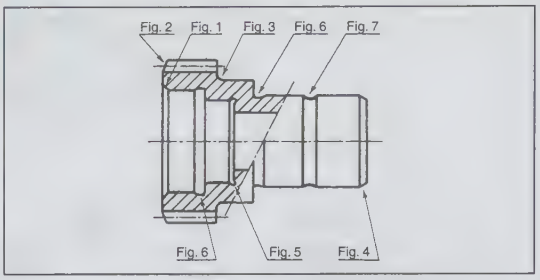
NF R 94-302

Congés - Chanfreins

– Les congés évitent les amorces de rupture (suppression des arêtes vives) et permettent le passage progressif d'une dimension à une autre.
– Les chanfreins permettent d'éliminer les bavures (meilleure finition) et facilitent l'introduction des pièces l'une dans l'autre.
– Pour des raccordements complexes comportant plusieurs éléments consécutifs à profil circulaire ou rectiligne, prendre les paramètres dans le tableau récapitulatif ci-dessous, en évitant d'utiliser les valeurs entre parenthèses.

Tolérance sur congés et chanfreins

Valeurs de A (mm)	0,25-0,4-0,6-(0,8)-1-(1,2)-1,6-(2)	2,5-3	4-(5)-6	(8)-10-(12)-16
Tolérances Arbres	0 - 0,4	0 - 0,5	0 - 1,0	0 - 2
Alésages (en mm)	+ 0,4 0	+ 0,5 0	+ 1,0 0	+ 2,0 0



– Les congés et les chanfreins doivent être conformes aux dessins ci-dessous :

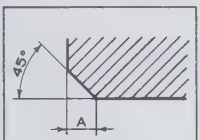


Figure 1

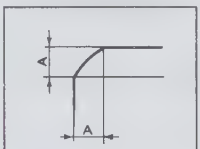


Figure 2

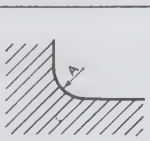


Figure 3

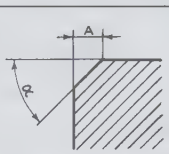


Figure 4

$\alpha = 45°$ pour les ébavurages.

$20° < \alpha < 30°$ pour les entrées de pièces.

Dégagement de rectification

Dimensions suivant figure 5	
r	t1
0,8 (1,0)* 1,2	0,3 (0,4)* 0,4

* Les valeurs entre parenthèses sont conservées à titre transitoire.

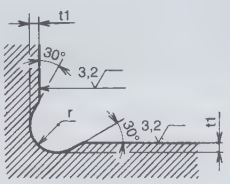


Figure 5

Pour les alésages et arbres avec dressage de face.

Dimensions suivant figure 6		
r	$t_0^{0,1}$	f
0,4 (0,6)* 0,8	0,2 (0,25)* 0,4	1,7 (2,7)* 2,7

* Les valeurs entre parenthèses sont conservées à titre transitoire.

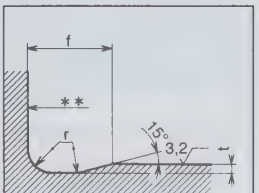
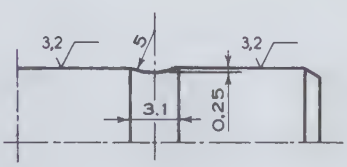


Figure 6

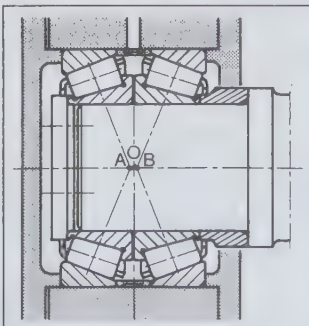
Pour les alésages et arbres sans dressage de face.

Nota : Si nécessaire, la surface perpendiculaire à l'axe peut être dévoilée par reprise en rectification.



– Dégagement pour séparation de parties à tolérances différentes.

Figure 7

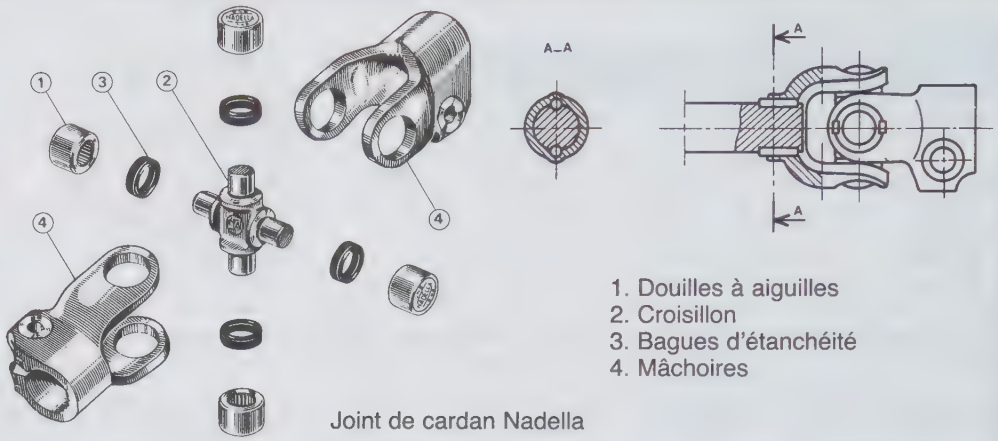


Exemple de montage d'un roulement avec bague d'appui chanfreinée.
Le rayon de raccordement est parfois nécessaire pour des arbres fortement chargés travaillant en flexion. Il est utile de prévoir une rondelle intermédiaire chanfreinée.

Figure 8

3.15. Les vues éclatées

– Ce mode de représentation, bien que non normalisé, est très utilisé comme dessins techniques de catalogues, de guides d'entretien, de guides de montage, de notices explicatives ou de publicités.
– Cette représentation difficile est très souvent l'œuvre de spécialistes, car chaque pièce doit être reconnaissable par ses formes et sa position de montage. La DAO facilite largement cette démarche.
– Cette représentation est le plus souvent dessinée en projection axonométrique-trimétrique.
– Cette représentation est souvent accompagnée de repères et d'une légende.



1. Douilles à aiguilles
2. Croisillon
3. Bagues d'étanchéité
4. Mâchoires

Joint de cardan Nadella

Vues éclatées en ligne

Ces vues en perspective facilitent la compréhension des montages et les différentes possibilités d'assemblage.

Type	Bague extérieure	Bague intérieure	Éléments roulants	Cage		
				Matière synthétique	Tôle emboutie	Massive usinée
Roulement à billes SNR						
Roulement à rouleaux SNR						

3.16. Les perspectives

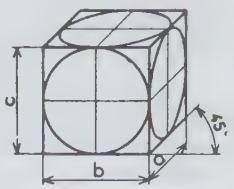
NF E 04-108

Données

Choisir toujours la projection la plus simple compatible avec le résultat recherché.

Projection cavalière courante (pour croquis rapide)

Projection oblique parallèlement à une direction donnée sur un plan de projection parallèle à l'une des faces du cube de référence :
b = c = dimensions réelles.
a = dimension réelle multipliée par 0,5.



Projection axométrique

Projection orthogonale de l'objet sur un plan de projection oblique défini par les angles que font entre elles les projections sur ce plan des trois arêtes concourantes, indiquées en traits forts, du cube de référence.

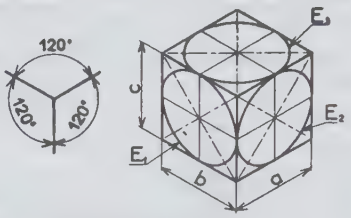


Projection isométrique

Projection axonométrique dont les angles sont tous égaux :

$\alpha = \beta = \gamma = 120°$; a = b = c = 0,82 ;

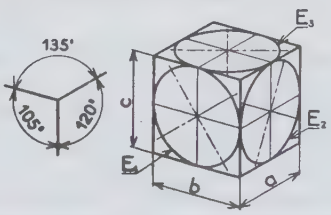
– grands axes E_1, E_2, E_3 perpendiculaires respectivement aux arêtes a, b et c ;
– petits axes égaux à 0,58 ;
– projection utilisée pour les exécutions simples.



Projection trimétrique à 105° et 120°

a = 0,65 ; b = 0,86 ; c = 0,92

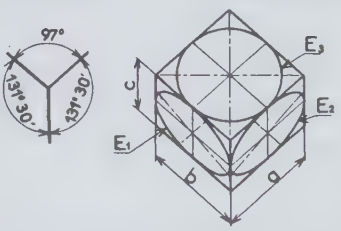
– axes des ellipses E_1, E_2, E_3 = 1 et perpendiculaires aux arêtes a, b et c ;
– petits axes respectivement égaux à : 0,76 - 0,52 - 0,40 ;
– projection utilisée pour représentation séparant au maximum les projections d'arêtes.



Projection dimétrique usuelle

a = b = 0,94 ; c = a/2 = B/2 = 0,47

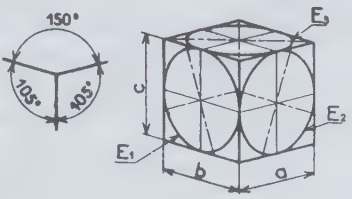
– axes des ellipses E_1, E_2, E_3 = 1 et respectivement perpendiculaires aux arêtes a, b et c ;
– petits axes respectivement égaux à 0,33 - 0,33 - 0,88 ;
– projection utilisée pour la représentation des pièces ayant une face prépondérante.



Projection dimétrique redressée

a = b = 0,73 ; c = 0,96

– axes des ellipses E_1, E_2, E_3 = 1 et respectivement perpendiculaires aux arêtes a, b et c ;
– petits axes respectivement égaux à 0,68 - 0,68 - 0,27 ;
– projection utilisée pour la représentation des pièces allongées.



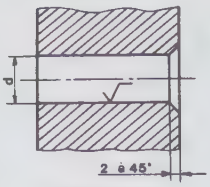
Inscription des cotes

Si des cotes doivent figurer sur une représentation en perspective, appliquer aux lignes de cotes et aux lignes d'attache les mêmes règles de projection qu'à l'objet lui-même.

3.17. Désignation des formes mécaniques usuelles

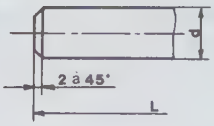
Données

Chanfrein (2 à 45°)



Alésage (d)

Chanfrein (2 à 45°)



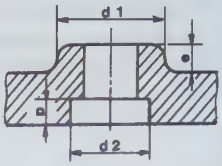
Arbre (d × L)

Arrondi r1



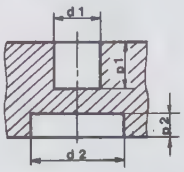
Congé r2

Bossage (d1 × e)



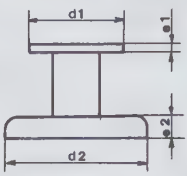
Lamage (d2 × p)

Trou borgne (d1 × p1)



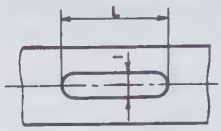
Évidement (d2 × p2)

Collerette (d1 × e1)



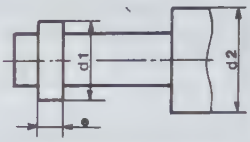
Embase (d2 × e2)

Bouts arrondis
ou **rectangulaires**



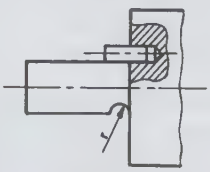
Boutonnière (L × l)
ou **lumière** ou **trou oblong**

Collet (d1 × e)



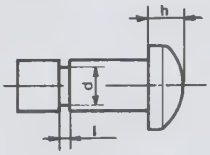
Épaulement (d2)

Ergot



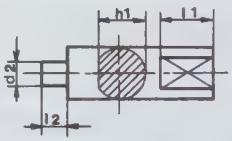
Dégagement (r)

Goutte de suif (h)



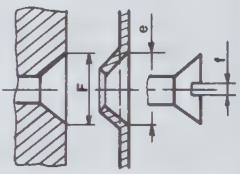
Gorge (d × l)

Méplat (l1 × h1)

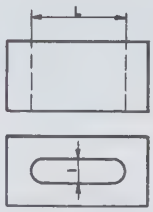


Téton (d2 × l2)

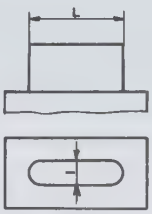
Fraisure (F)



Embrèvement (e) **Fente** (f)

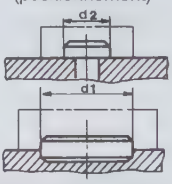


Mortaise (L × l)



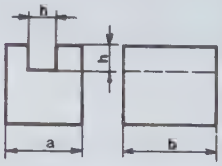
Tenon (L × l)

Locating (d2)
(positionnement)



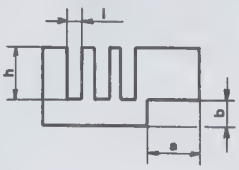
Macaron (d1) (centrage)

Rainure (h × h)



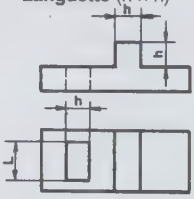
Semelle (a × b)

Saignées (h × l)



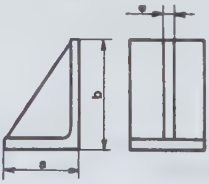
Entaille (a × b)

Languette (h × h)



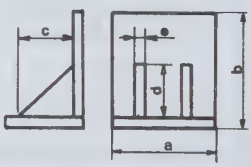
Lumière (h × L)

Nervure (e)

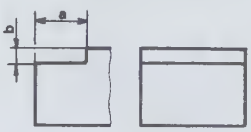


Profilé (a × b)

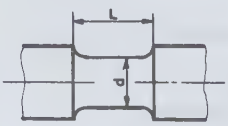
Ailes (a × b)



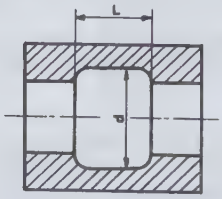
Goussets (c × d × e)



Décrochement (a × b)

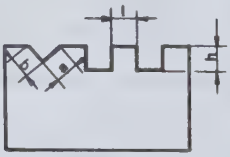


Évidement circulaire (d × L)



Chambrage (d × L)

Dents (l × h)



Encoche (a × b)

4. Cotation



Banque de **DONNÉES**

Guide de **CHOIX**

Fiche de **CALCULS**

4.1. Inscription des cotes dimensionnelles et géométriques — 80

4.1.1. Éléments constituant les cotes — 80
4.1.2. Position et inscription des cotes — 81
4.1.3. Inscription des valeurs et symboles des cotes — 83
4.1.4. Inscription des références géométriques — 85
4.1.5. Inscription des cotes géométriques — 87

4.2. Tolérances et ajustements — 89

4.2.1. Utilisation des dimensions linéaires nominales — 89
4.2.2. Dimensions linéaires nominales — 89
4.2.3. Écarts fondamentaux des arbres — 90
4.2.4. Écarts fondamentaux des alésages — 90
4.2.5. Écarts, définitions — 92
4.2.6. Positions des écarts - limites — 92
4.2.7. Positions des écarts donnés par les tableaux — 92
4.2.8. Tolérances des pièces lisses - qualités — 92
4.2.9. Valeurs calculées des principaux ajustements — 93
4.2.10. Système d'ajustement dit à alésage normal ou à arbre normal — 94
4.2.11. Alésages usuels — 94
4.2.12. Arbres usuels — 94
4.2.13. Tolérances générales (NF EN 22768, ISO 2768) — 94

4.3. Tolérances géométriques — 95

4.3.1. Tolérances géométriques générales (NF EN 22768-2, ISO 2768-2) — 95
4.3.2. Exigence de l'enveloppe (E 04-601, ISO 8015) — 95
4.3.3. Principe de l'indépendance — 96
4.3.4. Exigence du maximum de matière — 97
4.3.5. État virtuel : définition — 97
4.3.6. Tolérances géométriques de rectitude — 98
4.3.7. Tolérances géométriques de circularité — 98
4.3.8. Tolérances géométriques de cylindricité — 99
4.3.9. Tolérances géométriques de planéité — 99
4.3.10. Tolérance de forme d'une ligne quelconque — 99
4.3.11. Tolérance de forme d'une surface quelconque — 99
4.3.12. Tolérances géométriques de parallélisme — 100
4.3.13. Tolérances géométriques de perpendicularité — 101
4.3.14. Tolérances géométriques d'inclinaison — 102
4.3.15. Tolérances géométriques de localisation — 103
4.3.16. Tolérances géométriques de symétrie — 104
4.3.17. Tolérances géométriques de concentricité — 105
4.3.18. Tolérances géométriques de coaxialité — 105
4.3.19. Tolérances géométriques de battement simple radial — 106
4.3.20. Tolérances géométriques de battement circulaire axial — 106
4.3.21. Tolérances géométriques de battement simple oblique — 106
4.3.22. Tolérances géométriques de battement total radial — 107
4.3.23. Tolérances géométriques de battement total axial — 107
4.3.24. Tolérances géométriques de battement total oblique — 107
4.3.25. Tolérancement des pièces déformables — 108
4.3.26. Tolérancement des profils — 108
4.3.27. Références géométriques — 109
4.3.28. Interprétation des indications géométriques pour le contrôle — 111

4.4. Spécification géométrique de produit GPS — 113

4.4.1. Objectifs du GPS — 113
4.4.2. Schéma directeur CR ISO/TR 14638 — 114
4.4.3. Matrice générale réduite — 115
4.4.4. Règles d'établissement des normes GPS — 115
4.4.5. Maillon 1. Indication dans la documentation du produit. Codification — 116
4.4.6. Maillon 2. Définition des tolérances – Définition théorique et valeurs — 116
4.4.7. Maillon 3. Définition des caractéristiques ou paramètres de l'élément extrait — 118
4.4.8. Maillon 4. Evaluation des écarts de la pièce. Comparaison avec les limites de la tolérance — 118
4.4.9. Maillon 5. Exigence pour les équipements de mesure — 118
4.4.10. Maillon 6. Exgence d'étalonnage – Etalons d'étalonnage — 118

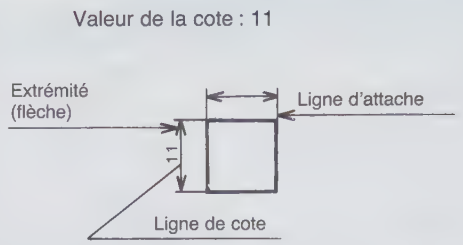
4.5. Cotation fonctionnelle — 119

4.5.1. Méthode de résolution des chaînes de cotes — 119
4.5.2. Tracé et résolution des chaînes de cotes — 120
4.5.3. Chaîne avec condition négative (serrage) — 121
4.5.4. Chaîne avec jeu incertain — 121
4.5.5. Chaîne avec condition dépendant d'un jeu — 122
4.5.6. Résolution des chaînes de cotes avec maillons d'excentration — 123
4.5.7. Cotation des assemblages prismatiques — 124
4.5.8. Cotation géométrique d'assemblage du maximum de matière — 125
4.5.9. Cotation d'une perpendicularité au maximum de matière — 125
4.5.10. Cotation de position au maximum de matière — 126
4.5.11. Cotation par simulation graphique — 128

4.1. Inscription des cotes dimensionnelles et géométriques

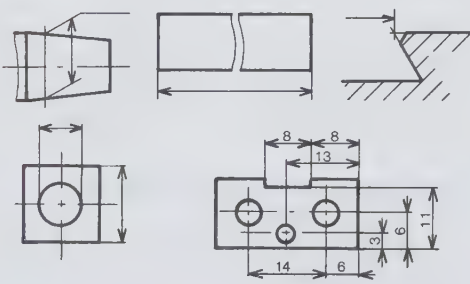
4.1.1. Éléments constituant les cotes

Généralités



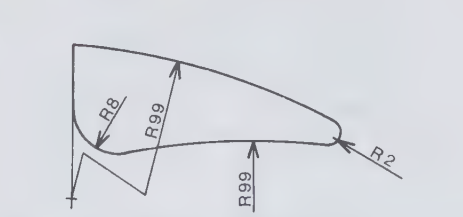
Les cotes doivent être placées sur les vues ou coupes qui représentent le plus clairement les éléments correspondants.
Les éléments pouvant constituer la cote comprennent les lignes d'attache, de cote, de repère, l'extrémité de la ligne de cote, l'indication d'origine, la valeur de la cote, la tolérance et éventuellement un symbole particulier.
Les lignes d'attache, de cote, de repère sont des traits continus fins.
Les lignes de cote doivent être parallèles à l'élément coté ; elles ne doivent jamais coïncider avec une autre représentation graphique.

Lignes d'attache, de cote et de repère



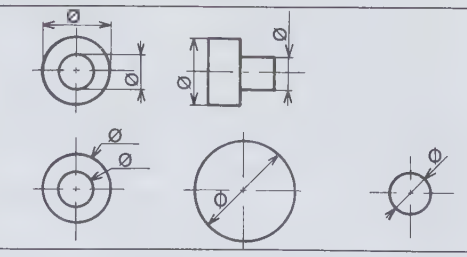
Les lignes d'attache doivent être tracées perpendiculairement à l'élément à coter ; en cas de nécessité elles peuvent être tracées obliquement, parallèles entre elles.
Les lignes de cote se référant à un élément représenté en vue interrompue sont tracées sans interruption.
Les lignes d'attache doivent être prolongées légèrement au-delà des lignes de cote. Un petit espace peut éventuellement séparer le contour de la ligne d'attache.
Les lignes d'épure concourantes et la ligne d'attache passant par leur intersection doivent être prolongées légèrement au-delà de leur point d'intersection.
Un axe peut être utilisé comme ligne d'attache ; son prolongement peut être tracé comme une ligne d'attache.
Les intersections de lignes de cote doivent être évitées. Toutefois, en cas d'impossibilité, elles ne doivent pas être interrompues.

Cotation des rayons



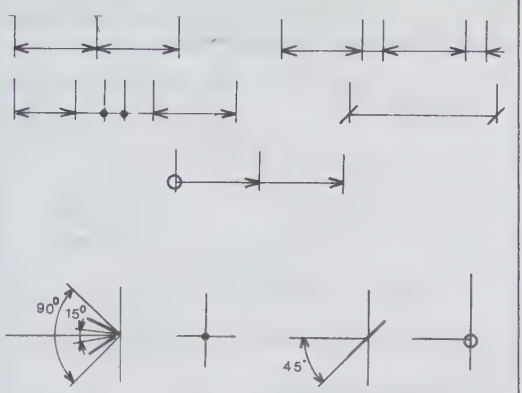
Pour coter un rayon, on doit tracer une ligne de cote ayant pour direction le rayon et terminée par une flèche pointée sur l'arc de cercle.
Ligne et flèche sont normalement situées à l'intérieur du cercle. Quand il s'agit d'une valeur faible de rayon, ligne et flèche sont situées à l'extérieur.
Lorsque le centre d'un arc se trouve en dehors des limites de l'espace disponible, la ligne de cote du rayon doit être brisée ou interrompue, selon qu'il est ou non nécessaire de situer le centre.

Cotation des diamètres



Pour coter un diamètre, on peut utiliser l'une quelconque des dispositions présentées sur les figures ci-contre.

Extrémités des cotes

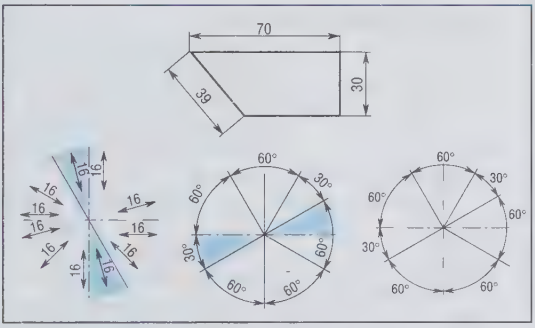


15° ≤ α ≤ 90° ; L proportionnelle au dessin

Les flèches doivent être représentées à l'intérieur des lignes de cote. Par manque de place, elles peuvent être reportées à l'extérieur.
Un même type d'extrémité (flèche ou barre) doit être utilisé sur un même dessin. Toutefois, un dessin comportant une cotation à cotes superposées, laquelle impose des flèches, pourra comporter des barres obliques pour d'autres lignes de cote.
Dans le cas d'une cotation en série, les barres ou les flèches situées à la jonction de deux cotes peuvent être, si l'espace est très limité, remplacées par des points.
Quatre types d'extrémités :
– la flèche,
– le point,
– la barre oblique,
– le cercle d'origine commune.

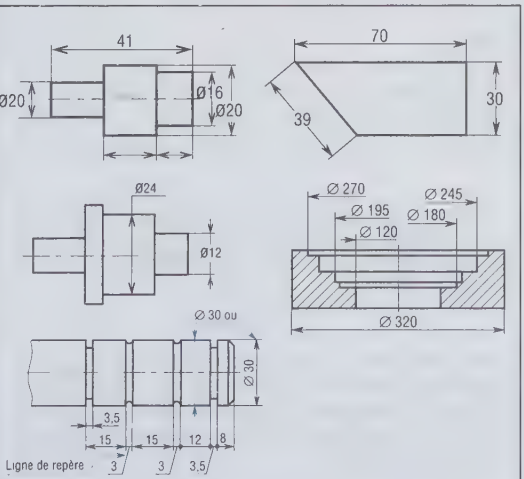
4.1.2. Position et inscription des cotes

Méthode



Les valeurs sont disposées parallèlement à leur ligne de cote, et de préférence au milieu, au-dessus, légèrement espacées de celles-ci.
Les valeurs doivent être inscrites depuis le bas ou depuis la droite du dessin.
Les valeurs angulaires peuvent être orientées conformément aux deux figures ci-contre.

Autres méthodes d'inscription aidant à la lisibilité



Les valeurs sont inscrites pour être lues depuis le bas de la feuille.
Les lignes de cote non horizontales sont interrompues vers le milieu pour l'insertion de la valeur.
Par manque de place les valeurs peuvent être inscrites :
– au-dessus d'un prolongement horizontal d'une ligne de cote,
– au-dessus d'une ligne de repère,
– près de l'extrémité d'une ligne de cote partielle dans le cas des diamètres.

Position et inscription des cotes (suite)

Zone de spécification particulière



Si la position et les dimensions ressortent clairement, il n'est pas nécessaire de les coter.

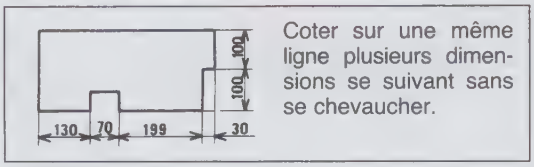
Chanfreins



Angle différent de 45°

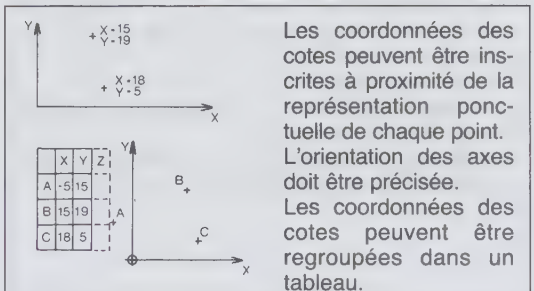
Angle à 45°

Cotation en série



Coter sur une même ligne plusieurs dimensions se suivant sans se chevaucher.

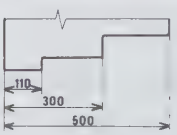
Cotations en coordonnées cartésiennes



Les coordonnées des cotes peuvent être inscrites à proximité de la représentation ponctuelle de chaque point.
L'orientation des axes doit être précisée.
Les coordonnées des cotes peuvent être regroupées dans un tableau.
Si l'intersection de leur tracé correspond à l'origine commune, celle-ci doit être matérialisée par le cercle d'origine commun.

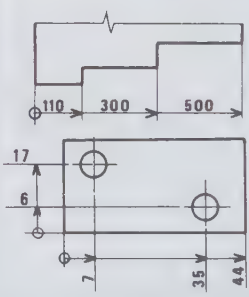
Cotation à partir d'une même ligne d'attache

Cotation en parallèle



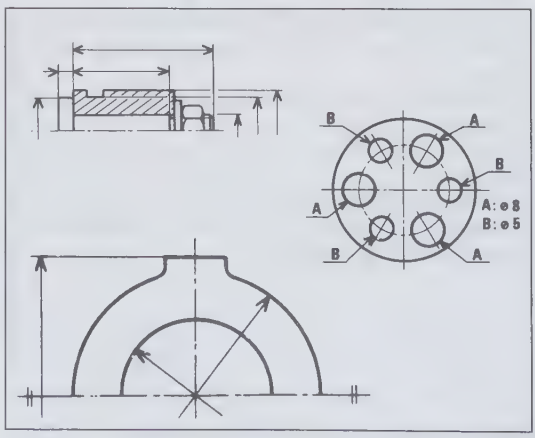
Coter sur des lignes parallèles plusieurs dimensions ayant même direction à partir d'une origine commune.

Cotation à cotes superposées



L'origine doit être indiquée par un cercle et l'autre extrémité de chaque ligne de cote est terminée par une flèche.
Les valeurs des cotes peuvent être inscrites près de la flèche.
Les origines pour deux directions doivent être représentées suivant l'exemple ci-contre.

Autres formes de disposition et d'indication des cotes



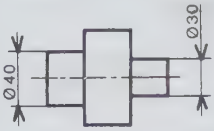
Lorsque, exceptionnellement sur un dessin d'ensemble, une cotation est envisagée, les cotes relatives à chaque pièce doivent être groupées.

Pour éviter de répéter la même cote ou d'avoir de longues lignes d'attache, des lettres de référence peuvent être utilisées en les associant avec un tableau explicatif ou une note.

Dans les vues ou les coupes de pièces symétriques partiellement dessinées, on doit prolonger légèrement au-delà de l'axe de symétrie la partie conservée des lignes de cote, la deuxième flèche étant supprimée.

4.1.3. Inscription des valeurs et symboles des cotes

Symboles de forme



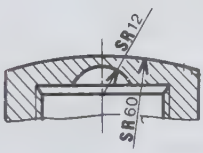
∅
Diamètre
ou **D**



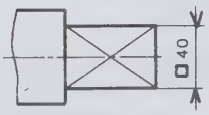
R
Rayon



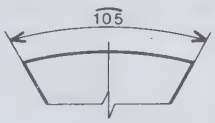
S ∅
Sphère
de
diamètre



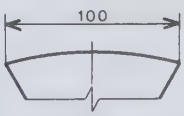
SR
Sphère
de rayon



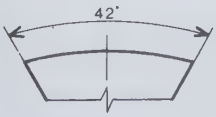
□
Carré



⌒
Arc

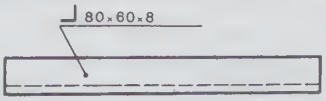


Corde



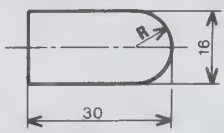
Angle

Barres et profilés

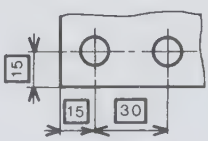


Pour une section en U	⊔
Pour une section en I	⌶
Pour une section en T	⊤
Pour une section en Z	⨍
Pour une section en Ω	⎍
Pour une section ronde	⊘
Pour une section carrée	□
Pour une section rectangulaire	▭
Pour une cornière	⌟

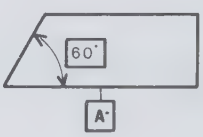
Indications spéciales

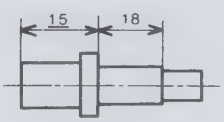


R
Rayon
déductible
directement

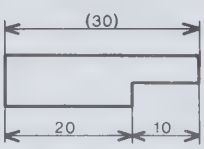


30
Cote
encadrée
pour dimension
de référence





15
Cote
soulignée
cote non à
l'échelle

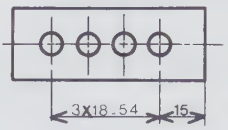


(30)
Cote
auxiliaire
(pour
information)

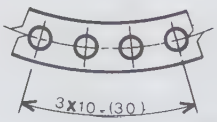
Inscription des cotes dimensionnelles et géométriques (suite)

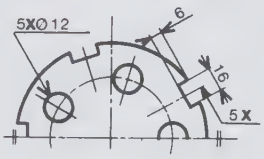
Inscription des valeurs et symboles des cotes (suite)

Indications spéciales (suite)

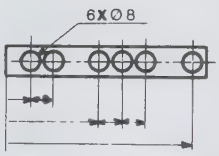


X
Éléments équidistants

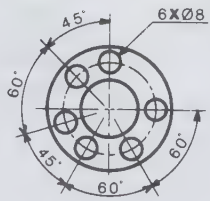




Les intervalles circulaires et angulaires peuvent être déduits.

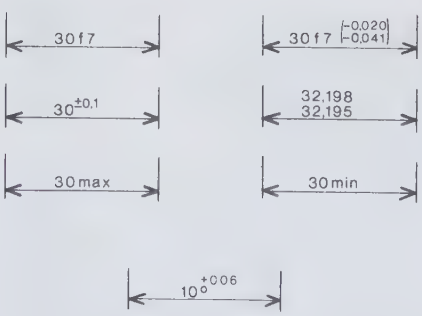


X
éléments répétitifs



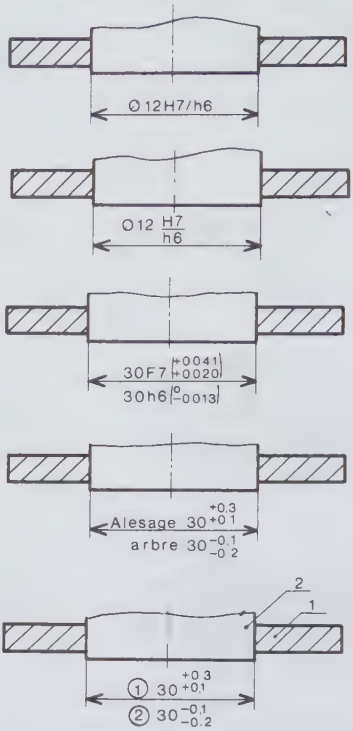
Inscription des tolérances

Dimensions linéaires

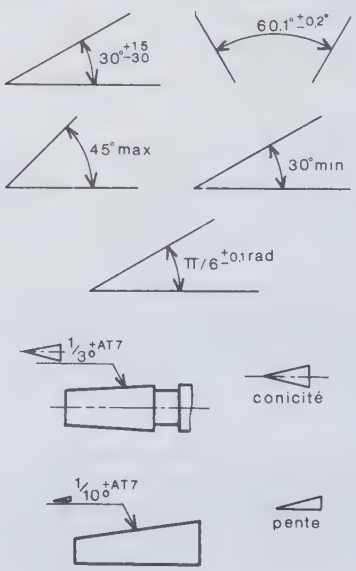


Inscription des tolérances (suite)

Cotation des assemblages

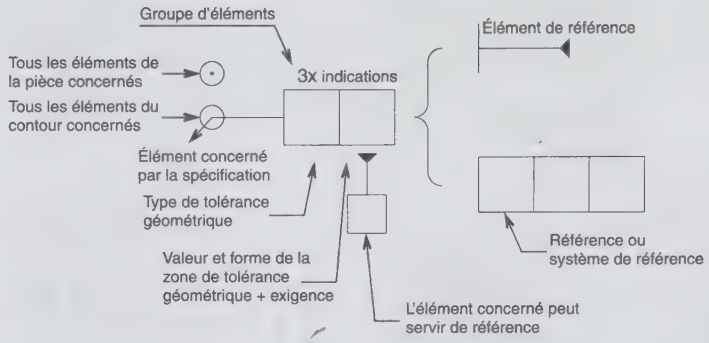


Dimensions angulaires

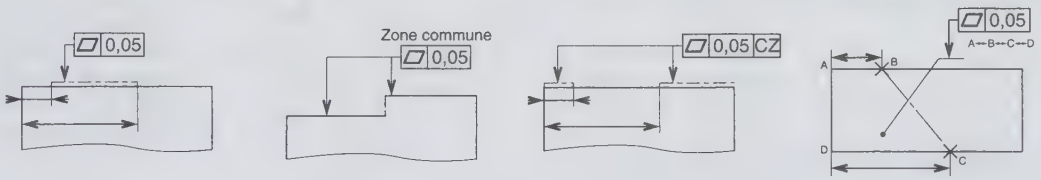


4.1.4. Inscription des références géométriques

Cadre de tolérance

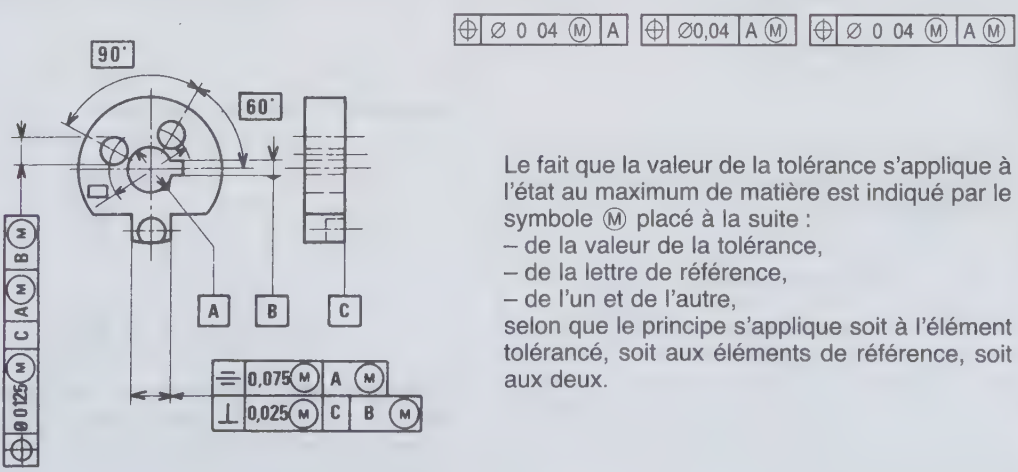


Indication des zones de tolérance et spécifications restrictives



NF E 04-552 XP E 04-562

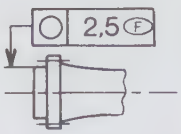
Spécification avec exigence du maximum de matière



Le fait que la valeur de la tolérance s'applique à l'état au maximum de matière est indiqué par le symbole Ⓜ placé à la suite :
– de la valeur de la tolérance,
– de la lettre de référence,
– de l'un et de l'autre,
selon que le principe s'applique soit à l'élément tolérancé, soit aux éléments de référence, soit aux deux.

Inscription des références géométriques (suite)

Pièces déformables

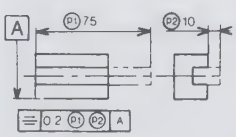


Les dessins des pièces déformables doivent comporter dans ou près du cartouche le qualificatif DÉFORMABLE.
Le symbole modificateur (F) pour les variations géométriques admises à l'état libre.

Tolérances projetées

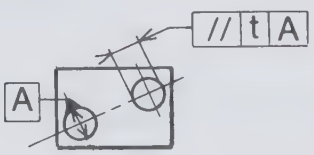


Le fait que la tolérance s'applique sur la zone de tolérance projetée est indiqué par le symbole P.

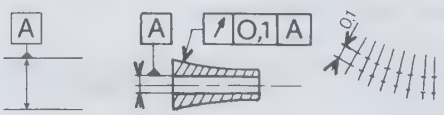


Dans certains cas, la tolérance s'applique non pas à l'élément lui-même mais à son prolongement.

Direction de la zone de tolérance

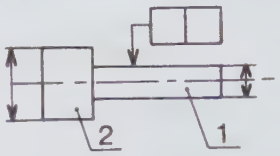


La largeur de la zone de tolérance est dans la direction de la flèche sauf si la valeur est précédée du signe ∅.

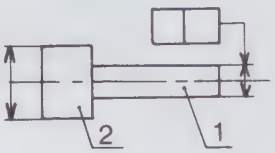


La largeur de la zone de tolérance est normale à la géométrie spécifiée.

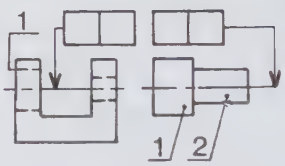
Nature de l'élément tolérancé



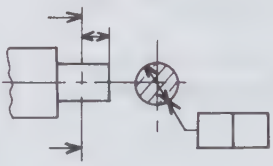
Génératrices ou surface du cylindre en fonction de la caractéristique tolérancée.



Axe dérivé du cylindre 1.

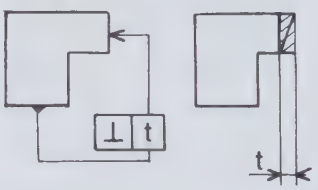


Axe commun aux cylindres 1 et 2. Indication à éviter du fait de la difficulté à apprécier un axe commun.



Centre dérivé du cercle dans la section spécifiée.

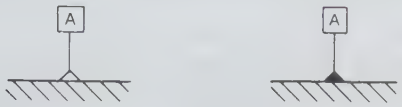
Étendue de la zone de tolérance



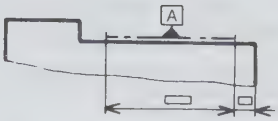
Quelle que soit la caractéristique tolérancée, la zone de tolérance s'y rapportant est toujours exprimée pour la totalité de l'élément sauf spécifications contraires.

4.1.5. Inscription des cotes géométriques

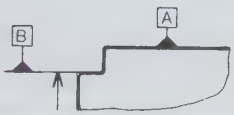
Références spécifiées

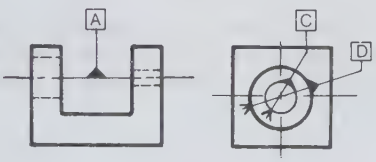


Pour identifier la référence spécifiée, une lettre majuscule est inscrite dans un cadre relié à un triangle de référence noirci ou non.

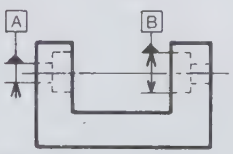


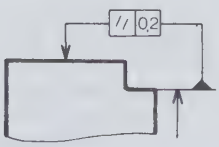
Le triangle de référence avec la lettre de référence est placé sur le contour de l'élément ou sur son prolongement (mais clairement séparé de la ligne de cote), si l'élément de référence est la ligne ou la surface elle-même.
Si la référence doit être appliquée à une partie restreinte de l'élément, cette partie est cotée dans le prolongement de la ligne de cote lorsque l'élément de référence est l'axe ou le plan médian de l'élément ainsi coté.



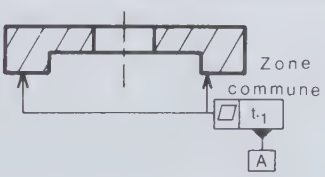


Lorsque les flèches sont placées à l'extérieur des lignes de rappel, l'une d'elles est remplacée par le triangle de référence sur l'axe ou le plan médian lorsque la référence est :
– l'axe ou le plan médian de l'élément singulier (par exemple un cylindre),
– l'axe ou le plan commun formé avec deux éléments.





S'il n'y a qu'une seule référence et si le cadre de la tolérance peut être relié directement par une ligne de repère à l'élément de référence, la lettre de référence peut être omise.

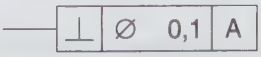


Lorsque la référence est constituée par un groupe d'éléments tolérancés, le triangle identifiant la référence est placé sur le cadre de tolérance se rapportant à ces éléments.

Inscription des cotes géométriques (suite)

Indication dans le cadre de tolérance

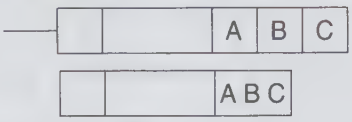
Référence établie par 1 élément
(ou référence simple)



Référence établie par deux éléments
(ou référence commune)



Système de références établi par deux ou trois éléments



Lorsque la référence est établie par un seul élément, elle est indiquée par une seule lettre dans la troisième case du cadre de tolérance.

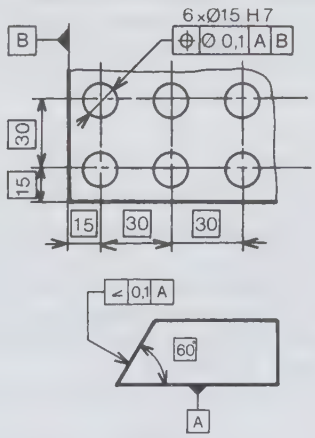
Lorsque la référence est établie par deux éléments, elle est indiquée par deux lettres séparées par un trait d'union dans la troisième case du cadre de tolérance.

L'ordre d'inscription des lettres indique l'ordre d'importance des éléments s'y rapportant.

A B C	A C B	B A C	B C A	C A B	C B A

Permutations de systèmes ordonnés

Dimensions de référence

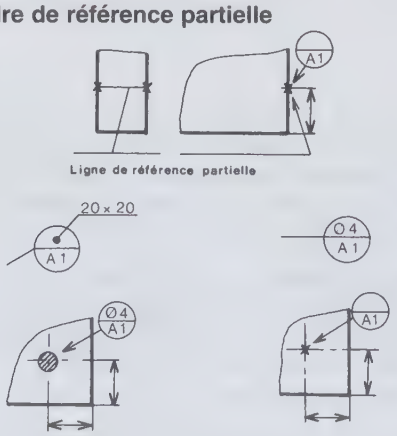


Si des indications de position, de forme ou d'orientation sont prescrites pour un élément, les dimensions définissant la position, la forme ou l'angle ne doivent pas être tolérancées.

Les cotes sont alors encadrées, par exemple 30.

Les dimensions effectives correspondantes de la pièce sont limitées seulement par les tolérances de position, de forme ou d'orientation spécifiées dans le cadre de tolérance.

Cadre de référence partielle



Les références partielles sont indiquées par un cadre circulaire, divisé en deux cases par une ligne horizontale.
La case supérieure est réservée aux informations additionnelles telles que la dimension de la zone de la référence partielle. S'il n'y a pas assez de place dans la case, l'information peut être placée à l'extérieur du cadre et reliée à la case correspondante par une ligne de repère terminée par un point.

Si la référence partielle est :



– un point : elle est indiquée par une croix ;
– une ligne : elle est indiquée par deux croix reliées par un trait continu fin ;
– une zone : elle est indiquée par une zone hachurée encadrée par un trait mixte à deux points.

4.2. Tolérances et ajustements

4.2.1. Utilisation des dimensions linéaires nominales

Dans un but de standardisation des outillages, des produits marchands, des composants, des gabarits de contrôle, il faut utiliser pour le choix des dimensions linéaires nominales les nombres normaux de la série Renard.
Les nombres normaux sont les termes de valeurs conventionnellement arrondies de séries géométriques comportant les puissances entières de 10 et ayant comme raison respectivement :

$\sqrt[5]{10}$, $\sqrt[10]{10}$, $\sqrt[20]{10}$, $\sqrt[40]{10}$, $\sqrt[80]{10}$.

– Choisir les dimensions des pièces parmi les valeurs des séries R dans l'ordre de préférence R 10, R 20, R 40.
– Retenir en cas de nécessité les valeurs arrondies des séries Ra dans l'ordre de préférence Ra 10, Ra 20, Ra 40.

Exemple d'utilisation :

Exemple de séries d'alésoirs proposés par Fraisa (extrait de son catalogue).

Code n°	∅
8660 340	24
350	25
360	26
380	28
400	30
420	32

Exemple de séries de profils ronds étirés proposés par Thyssen (extrait de son catalogue).

Z16CN17-2	liste de stock	
▬	24	∅
▬	25	
▬	26	
▬	28	
▬	30	
▬	32	

4.2.2. Dimensions linéaires nominales

1 à 10 mm				10 à 100 mm						100 à 500 mm					
R		Ra		R			Ra			R			Ra		
R 10	R 20	Ra 10	Ra 20	R 10	R 20	R 40	Ra 10	Ra 20	Ra 40	R 10	R 20	R 40	Ra 10	Ra 20	Ra 40
1,00	1,00	**1**	1	**10,0**	10	10	**10**	10		**100**	100	100	**100**	100	100
												106			105
	1,12		1,1		11,2	11,2		11			112	112		110	110
												118			120
1,25	1,25	**1,2**	1,2	**12,5**	12,5	12,5	**12**	12	12	**125**	125	125	**125**	125	125
						13,2			13			132			130
	1,40		1,4		14,0	14,0		14	14		140	140		140	140
						15,0			15			150			150
1,60	1,60	**1,6**	1,6	**16,0**	16,0	16,0	**16**	16	16	**160**	160	160	**160**	160	160
						17,0			17			170			170
	1,80		1,8		18,0	18,0		18	18		180	180		180	180
						19,0			19			190			190
2,00	2,00	**2**	2	**20,0**	20,0	20,0	**20**	20	20	**200**	200	200	**200**	200	200
						21,2			21			212			210
	2,24		2,2		22,4	22,1		22	22		224	224		220	220
						23,6			24			236			240
2,50	2,50	**2,5**	2,5	**25,0**	25,0	25,0	**25**	25	25	**250**	250	250	**250**	250	250
						26,5			26			265			260
	2,80		2,8		28,0	28,0		28	28		280	280		280	280
						30,0			30			300			300
3,15	3,15	**3**	3	**31,5**	31,5	31,5	**32**	32	32	**315**	315	315	**320**	320	320
						33,5			34			335			340
	3,55		3,5		35,5	35,5		36	36		355	355		360	360
						37,5			38			375			380
4,00	4,00	**4**	4	**40,0**	40,0	40,0	**40**	40	40	**400**	400	400	**400**	400	400
						42,5			42			425			420
	4,50		4,5		45,0	45,0		45	45		450	450		450	450
						47,5			48			475			480
5,00	5,00	**5**	5	**50,0**	50,0	50,0	**50**	50	50	**500**	500	500	**500**	500	500
						53,0			53						
	5,60		5,5		56,0	56,0		56	56						
						60,0			60						
6,30	6,30	**6**	6	**63,0**	63,0	63,0	**63**	63	63						
						67,0			67						
	7,10		7		71,0	71,0		71	71						
						75,0			75						
8,00	8,00	**8**	8	**80,0**	80,0	80,0	**80**	80	80						
						85,0			85						
	9,00		9		90,0	90,0		90	90						
						95,0			95						
10,00	10,00	**10**	10	**100,0**	100,0	100,0	**100,0**	100	100						

Les termes Ra soulignés dans le tableau sont les seuls qui diffèrent, du fait de l'arrondissage, des termes R correspondants.

4.2.3. Écarts fondamentaux des arbres

Écart fondamental		Écart supérieur es												Écart inférieur ei							
Symbole	Lettre	a*	b*	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k		m	n	p	r
	Qualité	Toutes qualités												5 et 6	7	8	4 à 7	≤ 3 > 7				
Écarts fondamentaux en micromètres	Paliers de dimensions nominales en millimètres																					
	* ≤ 3	- 270	- 140	- 60	- 34	- 20	- 14	- 10	- 6	- 4	- 2	0	**Écarts limites = ± IT / 2	- 2	- 4	- 6	0	0	+ 2	+ 4	+ 6	+ 10
	> 3 à 6	- 270	- 140	- 70	- 46	- 30	- 20	- 14	- 10	- 6	- 4	0		- 2	- 4	–	+ 1	0	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15
	> 6 à 10	- 280	- 150	- 80	- 56	- 40	- 25	- 18	- 13	- 8	- 5	0		- 2	- 5	–	+ 1	0	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19
	> 10 à 14	- 290	- 150	- 95	–	- 50	- 32	–	- 16	–	- 6	0		- 3	- 6	–	+ 1	0	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23
	> 14 à 18																					
	> 18 à 24	- 300	- 160	- 110	–	- 65	- 40	–	- 20	–	- 7	0		- 4	- 8	–	+ 2	0	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28
	> 24 à 30																					
	> 30 à 40	- 310	- 170	- 120	–	- 80	- 50	–	- 25	–	- 9	0		- 5	- 10	–	+ 2	0	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34
	> 40 à 50	- 320	- 180	- 130																		
	> 50 à 65	- 340	- 190	- 140	–	- 100	- 60	–	- 30	–	- 10	0		- 7	- 12	–	+ 2	0	+ 11	+ 20	+ 32	+ 41
	> 65 à 80	- 360	- 200	- 150																		+ 43
	> 80 à 100	- 380	- 220	- 170	–	- 120	- 72	–	- 36	–	- 12	0		- 9	- 15	–	+ 3	0	+ 13	+ 23	+ 37	+ 51
	> 100 à 120	- 410	- 240	- 180																		+ 54
	> 120 à 140	- 460	- 260	- 200																		+ 63
	> 140 à 160	- 520	- 280	- 210	–	- 145	- 85	–	- 43	–	- 14	0		- 11	- 18	–	+ 3	0	+ 15	+ 27	+ 43	+ 65
	> 160 à 180	- 580	- 310	- 230																		+ 68
	> 180 à 200	- 660	- 340	- 240																		+ 77
	> 200 à 225	- 740	- 380	- 260	–	- 170	- 100	–	- 50	–	- 15	0		- 13	- 21	–	+ 4	0	+ 17	+ 31	+ 50	+ 80
	> 225 à 250	- 820	- 420	- 280																		+ 84
	> 250 à 280	- 920	- 480	- 300																		+ 94
	> 280 à 315	- 1050	- 540	- 330	–	- 190	- 110	–	- 56	–	- 17	0		- 16	- 26	–	+ 4	0	+ 20	+ 34	+ 56	+ 98
	> 315 à 355	- 1200	- 600	- 360																		+ 108
	> 355 à 400	- 1350	- 680	- 400	–	- 210	- 125	–	- 62	–	- 18	0		- 18	- 28	–	+ 4	0	+ 21	+ 37	+ 62	+ 114
	> 400 à 450	- 1500	- 760	- 440																		+ 126
	> 450 à 500	- 1650	- 840	- 480	–	- 230	- 135	–	- 68	–	- 20	0		- 20	- 32	–	+ 5	0	+ 23	+ 40	+ 68	+ 132

* Les arbres a et b ne sont prévus qu'au-delà de 1 mm.
** Pour js des qualités 7 à 11, arrondir la valeur de IT en microns, si elle est impaire, à la valeur paire immédiatement inférieure.

4.2.4. Écarts fondamentaux des alésages

Écart fondamental		Écart inférieur EI												Écart supérieur ES									
Symbole	Lettre	A*	B*	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js	J			K		M		N		
	Qualité	Toute qualité												6	7	8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8*
Écarts fondamentaux en micromètres	Paliers de dimensions en millimètres																					
	* ≤ 3	+ 270	+ 140	+ 60	+ 34	+ 20	+ 14	+ 10	+ 6	+ 4	+ 2	0	**Écarts limites = ± IT / 2	+ 2	+ 4	+ 6	0	0	- 2	- 2	- 4	- 4
	> 3 à 6	+ 270	+ 140	+ 70	+ 46	+ 30	+ 20	+ 14	+ 10	+ 6	+ 4	0		+ 5	+ 6	+ 10	- 1 + Δ	0	- 4 + Δ	- 4	- 8 + Δ	0
	> 6 à 10	+ 280	+ 150	+ 80	+ 56	+ 40	+ 25	+ 18	+ 13	+ 8	+ 5	0		+ 5	+ 8	+ 12	- 1 + Δ	0	- 6 + Δ	- 6	- 10 + Δ	0
	> 10 à 14	+ 290	+ 150	+ 95	–	+ 50	+ 32	–	+ 16	–	+ 6	0		+ 6	+ 10	+ 15	- 1 + Δ	0	- 7 + Δ	- 7	- 12 + Δ	0
	> 14 à 18																					
	> 18 à 24	+ 300	+ 160	+ 110	–	+ 65	+ 40	–	+ 20	–	+ 7	0		+ 8	+ 12	+ 20	- 2 + Δ	0	- 8 + Δ	- 8	- 15 + Δ	0
	> 24 à 30																					
	> 30 à 40	+ 310	+ 170	+ 120	–	+ 80	+ 50	–	+ 25	–	+ 9	0		+ 10	+ 14	+ 24	- 2 + Δ	0	- 9 + Δ	- 9	- 17 + Δ	0
	> 40 à 50	+ 320	+ 180	+ 130																		
	> 50 à 65	+ 340	+ 190	+ 140	–	+ 100	+ 60	–	+ 30	–	+ 10	0		+ 13	+ 18	+ 28	- 2 + Δ	0	- 11 + Δ	- 11	- 20 + Δ	0
	> 65 à 80	+ 360	+ 200	+ 150																		
	> 80 à 100	+ 380	+ 220	+ 170	–	+ 120	+ 72	–	+ 36	–	+ 12	0		+ 16	+ 22	+ 34	- 3 + Δ	0	- 13 + Δ	- 13	- 23 + Δ	0
	> 100 à 120	+ 410	+ 240	+ 180																		
	> 120 à 140	+ 460	+ 260	+ 200																		
	> 140 à 160	+ 520	+ 280	+ 210	–	+ 145	+ 85	–	+ 43	–	+ 14	0		+ 18	+ 26	+ 41	- 3 + Δ	0	- 15 + Δ	- 15	- 27 + Δ	0
	> 160 à 180	+ 580	+ 310	+ 230																		
	> 180 à 200	+ 660	+ 340	+ 240																		
	> 200 à 225	+ 740	+ 380	+ 260	–	+ 170	+ 100	–	+ 50	–	+ 15	0		+ 22	+ 30	+ 47	- 4 + Δ	0	- 17 + Δ	- 17	- 31 + Δ	0
	> 225 à 250	+ 820	+ 420	+ 280																		
	> 250 à 280	+ 920	+ 480	+ 300																		
	> 280 à 315	+ 1050	+ 540	+ 330	–	+ 190	+ 110	–	+ 56	–	+ 17	0		+ 25	+ 36	+ 55	- 4 + Δ	0	*** - 20 + Δ	- 20	- 34 + Δ	0
	> 315 à 355	+ 1200	+ 600	+ 360																		
	> 355 à 400	+ 1350	+ 680	+ 400	–	+ 210	+ 125	–	+ 62	–	+ 18	0		+ 29	+ 39	+ 60	- 4 + Δ	0	- 21 + Δ	- 21	- 37 + Δ	0
	> 400 à 450	+ 1500	+ 750	+ 440																		
	> 450 à 500	+ 1650	+ 840	+ 480	–	+ 230	+ 135	–	+ 68	–	+ 20	0		+ 33	+ 43	+ 66	- 5 + Δ	0	- 23 + Δ	- 23	- 40 + Δ	0

* Les écarts A et B et les écarts N des qualités supérieures à 8 ne sont prévus qu'au-delà de 1 mm.
** Pour Js des qualités 7 à 11, arrondir la valeur de IT en microns, si elle est impaire, à la valeur paire immédiatement inférieure.
*** Exception : pour M6 seulement, de 250 à 315, ES = - 9 (au lieu de - 11)
Valeurs de Δ : pour les écarts comportant le terme additif Δ, prendre les valeurs de celui-ci dans les colonnes de droite, page 75.
Ex. : pour P7 de 18 à 30 Δ = 8, d'où ES = - 22 + 8 = - 14

Écart inférieur ei (suite)										Écart fondamental	Symbole
s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	Lettre	
Toutes qualités										Qualité	
+ 14	–	+ 18	–	+ 20	–	+ 26	+ 32	+ 40	+ 60	≤ 3	Écarts fondamentaux en microns
+ 19	–	+ 23	–	+ 28	–	+ 35	+ 42	+ 50	+ 80	> 3 à 6	
+ 23	–	+ 28	–	+ 34	–	+ 42	+ 52	+ 67	+ 97	> 6 à 10	
+ 28	–	+ 33	–	+ 40	–	+ 50	+ 64	+ 90	+ 130	> 10 à 14	
			+ 39	+ 45	–	+ 60	+ 77	+ 108	+ 150	> 14 à 18	
+ 35	–	+ 41	+ 47	+ 54	+ 63	+ 73	+ 98	+ 136	+ 188	> 18 à 24	
	+ 41	+ 48	+ 55	+ 64	+ 75	+ 88	+ 118	+ 160	+ 218	> 24 à 30	
+ 43	+ 48	+ 60	+ 68	+ 80	+ 94	+ 112	+ 148	+ 200	+ 274	> 30 à 40	
	+ 54	+ 70	+ 81	+ 97	+ 114	+ 136	+ 180	+ 242	+ 325	> 40 à 50	
+ 53	+ 66	+ 87	+ 102	+ 122	+ 144	+ 172	+ 226	+ 300	+ 405	> 50 à 65	
+ 59	+ 75	+ 102	+ 120	+ 146	+ 174	+ 210	+ 274	+ 360	+ 480	> 65 à 80	
+ 71	+ 91	+ 124	+ 146	+ 178	+ 214	+ 258	+ 335	+ 445	+ 585	> 80 à 100	
+ 79	+ 104	+ 144	+ 172	+ 210	+ 254	+ 310	+ 400	+ 525	+ 690	> 100 à 120	
+ 92	+ 122	+ 170	+ 202	+ 248	+ 300	+ 365	+ 470	+ 620	+ 800	> 120 à 140	
+ 100	+ 134	+ 190	+ 228	+ 280	+ 340	+ 415	+ 535	+ 700	+ 900	> 140 à 160	
+ 108	+ 146	+ 210	+ 252	+ 310	+ 380	+ 465	+ 600	+ 780	+ 1000	> 160 à 180	
+ 122	+ 166	+ 236	+ 284	+ 350	+ 425	+ 520	+ 670	+ 880	+ 1150	> 180 à 200	
+ 130	+ 180	+ 258	+ 310	+ 385	+ 470	+ 575	+ 740	+ 960	+ 1250	> 200 à 225	
+ 140	+ 196	+ 284	+ 340	+ 425	+ 520	+ 640	+ 820	+ 1050	+ 1350	> 225 à 250	
+ 158	+ 218	+ 315	+ 385	+ 475	+ 580	+ 710	+ 920	+ 1200	+ 1550	> 250 à 280	
+ 170	+ 240	+ 350	+ 425	+ 525	+ 650	+ 790	+ 1000	+ 1300	+ 1700	> 280 à 315	
+ 190	+ 268	+ 390	+ 475	+ 590	+ 730	+ 900	+ 1150	+ 1500	+ 1900	> 315 à 355	
+ 208	+ 294	+ 435	+ 530	+ 660	+ 820	+ 1000	+ 1300	+ 1650	+ 2100	> 355 à 400	
+ 232	+ 330	+ 490	+ 595	+ 740	+ 920	+ 1110	+ 1450	+ 1850	+ 2400	> 400 à 450	
+ 252	+ 360	+ 540	+ 660	+ 820	+ 1000	+ 1250	+ 1600	+ 2100	+ 2600	> 450 à 500	

Paliers de dimensions nominales en millimètres

Guide pratique d'utilisation

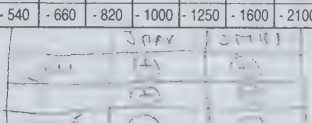
Traduction d'une cote ISO en cote bilimite

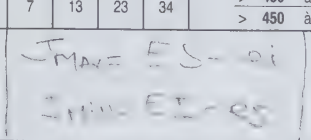
	Exemple
Cote ISO	40 f 7	32 K 6
Dimension nominale	40	32
Qualité	7	6
IT (µm)	50 – 25 = 25	16
Position	f	K
Δ		5
es (tableaux)		– 2 + Δ = 3
es = ei + IT		
es (tableaux)	– 25	
es = el + IT		
Ei (tableaux)		
Ei = ES – IT		3 – 16 = –13
ei (tableaux)		
ei = es – IT		
Cote bilimitée (µm)	40^{-25}_{-50}	40^{+3}_{-13}

Traduction d'une cote bilimite en cote ISO

Écart supérieur ES (suite)													Δ en microns						Écart fondamental	
P à ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Qualités						Lettre	Symbole
≤ 7	Toutes qualités												3	4	5	6	7	8	Qualité	
Même écart, augmenté de Δ, que pour les qualités > 7	- 6	- 10	- 14	–	- 18	–	- 20	–	- 26	- 32	- 40	- 60	Δ = 0						* ≤ 3	Écarts fondamentaux en micromètres
	- 12	- 15	- 19	–	- 23	–	- 28	–	- 35	- 42	- 50	- 80	1	1,5	1	3	4	6	> 3 à 6	
	- 15	- 19	- 23	–	- 28	–	- 34	–	- 42	- 52	- 67	- 97	1	1,5	2	3	6	7	> 6 à 10	
	- 18	- 23	- 28	–	- 33	–	- 40	–	- 50	- 64	- 90	- 130	1	2	3	3	7	9	> 10 à 14	
						- 39	- 45	–	- 60	- 77	- 108	- 150							> 14 à 18	
	- 22	- 28	- 35	–	- 41	- 47	- 54	- 68	- 73	- 98	- 136	- 188	1,5	2	3	4	8	12	> 18 à 24	
				- 41	- 48	- 55	- 64	- 75	- 88	- 118	- 160	- 218							> 24 à 30	
	- 26	- 34	- 43	- 48	- 60	- 63	- 80	- 94	- 112	- 148	- 200	- 274	1,5	3	4	5	9	14	> 30 à 40	
				- 54	- 70	- 81	- 97	- 114	- 136	- 180	- 242	- 325							> 40 à 50	
	- 32	- 41	- 53	- 66	- 87	- 102	- 122	- 144	- 172	- 226	- 300	- 405	2	3	5	6	11	16	> 50 à 65	
		- 43	- 59	- 75	- 102	- 120	- 146	- 174	- 210	- 274	- 360	- 480							> 65 à 80	
	- 37	- 51	- 71	- 91	- 124	- 146	- 178	- 214	- 258	- 335	- 445	- 585	2	4	5	7	13	19	> 80 à 100	
		- 54	- 79	- 104	- 144	- 172	- 210	- 254	- 310	- 400	- 525	- 690							> 100 à 120	
	- 43	- 63	- 92	- 122	- 170	- 202	- 248	- 300	- 365	- 470	- 620	- 800	3	4	6	7	15	23	> 120 à 140	
		- 65	- 100	- 134	- 190	- 228	- 280	- 340	- 415	- 535	- 700	- 900							> 140 à 160	
		- 68	- 108	- 146	- 210	- 252	- 310	- 380	- 465	- 600	- 780	- 1000							> 160 à 180	
	- 50	- 77	- 122	- 166	- 236	- 284	- 350	- 425	- 520	- 670	- 880	- 1150	3	4	6	9	17	26	> 180 à 200	
		- 80	- 130	- 180	- 258	- 310	- 385	- 470	- 575	- 740	- 960	- 1250							> 200 à 225	
		- 84	- 140	- 196	- 284	- 340	- 425	- 520	- 640	- 820	- 1050	- 1350							> 225 à 250	
	- 56	- 94	- 158	- 218	- 315	- 385	- 475	- 580	- 710	- 920	- 1200	- 1550	4	4	7	9	20	29	> 250 à 280	
		- 98	- 170	- 240	- 350	- 425	- 525	- 650	- 790	- 1000	- 1300	- 1700							> 280 à 315	
	- 62	- 108	- 190	- 268	- 390	- 475	- 590	- 730	- 900	- 1150	- 1500	- 1900	4	5	7	11	21	32	> 315 à 355	
		- 114	- 208	- 294	- 435	- 530	- 660	- 820	- 1000	- 1300	- 1650	- 2100							> 355 à 400	
	- 68	- 126	- 232	- 330	- 490	- 595	- 740	- 920	- 1100	- 1450	- 1850	- 2400	5	5	7	13	23	34	> 400 à 450	
		- 132	- 252	- 360	- 540	- 660	- 820	- 1000	- 1250	- 1600	- 2100	- 2600							> 450 à 500	

Paliers de dimensions en millimètres



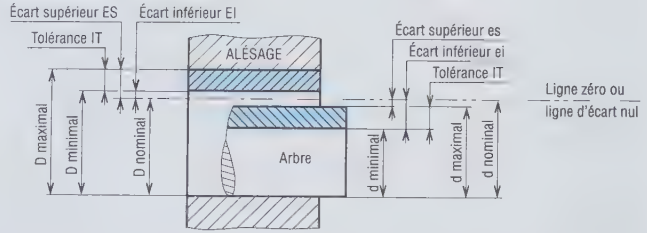


4.2.5. Écarts, définitions

Une cote ISO est caractérisée par sa cote nominale, sa position, sa qualité. Elle peut être traduite par une cote nominale avec des limites supérieures et inférieures appelées écarts qui sont situés par rapport à la cote nominale.

Pour un alésage : cote nominale $^{+\text{ écart supérieur}}_{+\text{ écart inférieur}}$ exemple : 20 H 8 = $20^{+0{,}033}_{0}$

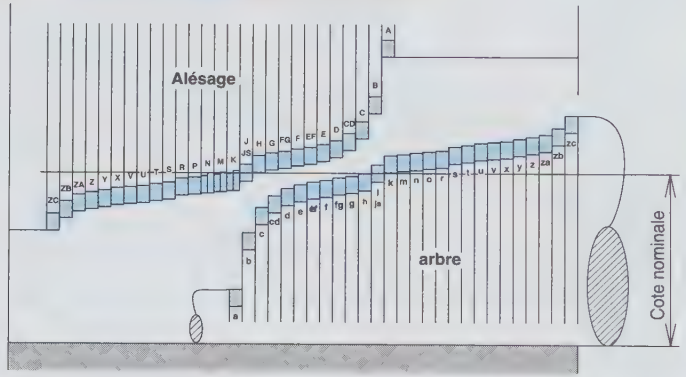
Pour un arbre : cote nominale $^{+\text{ écart supérieur}}_{+\text{ écart inférieur}}$ exemple : 20 h 8 = $20^{0}_{-0{,}033}$



Écart supérieur de l'alésage : ES = D maxi – D nominal = EI + IT
Écart inférieur de l'alésage : EI = D mini – D nominal = ES – IT

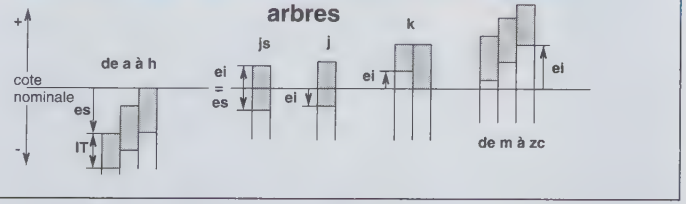
Écart supérieur de l'arbre : es = d maxi – d nominal + ei + IT
Écart inférieur de l'arbre : ei = d mini – d nominal = es – IT

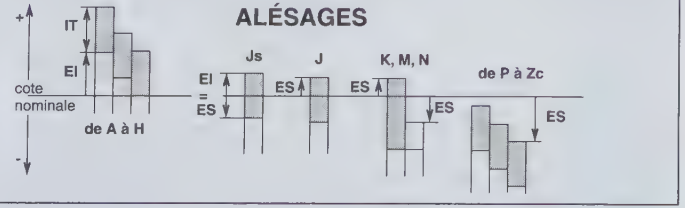
4.2.6. Positions des écarts - limites



La position des écarts par rapport à la cote nominale est signifiée par une ou deux lettres, minuscules pour les arbres, majuscules pour les alésages.

4.2.7. Positions des écarts donnés par les tableaux





Les tableaux donnent en général l'écart le plus proche de la cote nominale.

4.2.8. Tolérances des pièces lisses - qualités

Paliers de dimensions en mm	Qualités																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14*	15*	16*
≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
> 3 à 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
> 6 à 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
> 10 à 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1 000
> 18 à 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1 300
> 30 à 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1 000	1 600
> 50 à 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1 200	1 900
> 80 à 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1 400	2 200
> 120 à 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1 000	1 600	2 500
> 180 à 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1 150	1 850	2 900
> 250 à 315	2,5	4	6,	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1 300	2 100	3 200
> 315 à 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1 400	2 300	3 600
> 400 à 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1 550	2 500	4 000
	Tolérances fondamentales en micromètres																	

* Les qualités 14, 15, 16 ne sont prévues qu'au-delà de 1 mm.

Nota : Depuis l'introduction de la norme ISO 8015, le principe de base est le principe de l'indépendance, donc un ajustement ne contraint que l'aspect dimension. Il convient, pour que les ajustements traduisent correctement les conditions d'assemblage, d'ajouter le symbole d'exigence de l'enveloppe.

4.2.9. Valeurs calculées des principaux ajustements

Écarts fondamentaux en micromètres

Paliers de dimensions nominales en millimètres

Alésages		H6						H7							H8								H9					H11			Js13
Arbres			f6	g5	h5	js5	k5		e7	g6	h6	js6	m6	p6		e8	f7	h7	s7	u7	x7	z7		c9	d9	e9	h8		c11	d11	js13
	≤ 3	+6 0	-6 -12	-2 -6	0 -4	+2 -2	+4 0	+10 0	-14 -24	-2 -8	0 -6	+3 -3	+8 +2	+12 +6	+14 0	-14 -28	-6 -16	0 -10	+24 +14	+28 +18	+30 +20	+36 +26	+25 0	-60 -85	-20 -45	-14 -39	0 -14	+60 0	-60 -120	-20 -80	+70 -70
> 3 à 6		+8 0	-10 -18	-4 -9	0 -5	+2,5 -2,5	+6 +1	+12 0	-20 -32	-4 -12	0 -8	+4 -4	+12 +4	+20 +12	+18 0	-20 -38	-10 -22	0 -12	+31 +19	+35 +23	+40 +28	+47 +35	+30 0	-70 -100	-30 -60	-20 -50	0 -18	+75 0	-70 -145	-30 -105	+90 -90
> 6 à 10		+9 0	-13 -22	-5 -11	0 -6	+3 -3	+7 +1	+15 0	-25 -40	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+15 +6	+24 +15	+22 0	-25 -47	-13 -28	0 -15	+38 +23	+43 +28	+49 +34	+57 +42	+36 0	-80 -116	-40 -76	-25 -61	0 -22	+90 0	-80 -170	-40 -130	+110 -110
> 10 à 14		+11 0	-16 -27	-6 -14	0 -8	+4 -4	+9 +1	+18 0	-32 -50	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+18 +7	+29 +18	+27 0	-32 -59	-16 -34	0 -18	+46 +28	+51 +33	+58 +40	+68 +50	+43 0	-95 -138	-50 -93	-32 -75	0 -27	+110 0	-95 -205	-50 -160	+135 -135
> 14 à 18		+11 0	-16 -27	-6 -14	0 -8	+4 -4	+9 +1	+18 0	-32 -50	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+18 +7	+29 +18	+27 0	-32 -59	-16 -34	0 -18	+46 +28	+51 +33	+63 +45	+78 +60	+43 0	-95 -138	-50 -93	-32 -75	0 -27	+110 0	-95 -205	-50 -160	+135 -135
> 18 à 24		+13 0	-20 -33	-7 -16	0 -9	+4,5 -4,5	+11 +2	+21 0	-40 -61	-7 -20	0 -13	+6,5 -6,5	+21 +8	+35 +22	+33 0	-40 -73	-20 -41	0 -21	+56 +35	+62 +41	+75 +54	+94 +73	+52 0	-110 -162	-65 -117	-40 -92	0 -33	+130 0	-110 -240	-65 -195	+165 -165
> 24 à 30		+13 0	-20 -33	-7 -16	0 -9	+4,5 -4,5	+11 +2	+21 0	-40 -61	-7 -20	0 -13	+6,5 -6,5	+21 +8	+35 +22	+33 0	-40 -73	-20 -41	0 -21	+56 +35	+69 +48	+85 +64	+109 +88	+52 0	-110 -162	-65 -117	-40 -92	0 -33	+130 0	-110 -240	-65 -195	+165 -165
> 30 à 40		+16 0	-25 -41	-9 -20	0 -11	+5,5 -5,5	+13 +2	+25 0	-50 -75	-9 -25	0 -16	+8 -8	+25 +9	+42 +26	+39 0	-50 -89	-25 -50	0 -25	+68 +43	+85 +60	+105 +80	+137 +112	+62 0	-120 -182	-80 -142	-50 -112	0 -39	+160 0	-120 -280	-80 -240	+195 -195
> 40 à 50		+16 0	-25 -41	-9 -20	0 -11	+5,5 -5,5	+13 +2	+25 0	-50 -75	-9 -25	0 -16	+8 -8	+25 +9	+42 +26	+39 0	-50 -89	-25 -50	0 -25	+68 +43	+95 +70	+122 +97	+161 +136	+62 0	-130 -192	-80 -142	-50 -112	0 -39	+160 0	-130 -290	-80 -240	+195 -195
> 50 à 65		+19 0	-30 -49	-10 -23	0 -13	+6,5 -6,5	+15 +2	+30 0	-60 -90	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+30 +11	+51 +32	+46 0	-60 -106	-30 -60	0 -30	+83 +53	+117 +87	+152 +122	+202 +172	+74 0	-140 -214	-100 -174	-60 -134	0 -46	+190 0	-140 -330	-100 -290	+230 -230
> 65 à 80		+19 0	-30 -49	-10 -23	0 -13	+6,5 -6,5	+15 +2	+30 0	-60 -90	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+30 +11	+51 +32	+46 0	-60 -106	-30 -60	0 -30	+89 +59	+132 +102	+176 +146	+240 +210	+74 0	-150 -224	-100 -174	-60 -134	0 -46	+190 0	-150 -340	-100 -290	+230 -230
> 80 à 100		+22 0	-36 -58	-12 -27	0 -15	+7,5 -7,5	+18 +3	+35 0	-72 -107	-12 -34	0 -22	+11 -11	+35 +13	+59 +37	+54 0	-72 -126	-36 -71	0 -35	+106 +71	+159 +124	+213 +178	+293 +258	+87 0	-170 -257	-120 -207	-72 -159	0 -54	+220 0	-170 -390	-120 -340	+270 -270
> 100 à 120		+22 0	-36 -58	-12 -27	0 -15	+7,5 -7,5	+18 +3	+35 0	-72 -107	-12 -34	0 -22	+11 -11	+35 +13	+59 +37	+54 0	-72 -126	-36 -71	0 -35	+114 +79	+179 +144	+245 +210	+345 +310	+87 0	-180 -267	-120 -207	-72 -159	0 -54	+220 0	-180 -400	-120 -340	+270 -270
> 120 à 140		+25 0	-43 -68	-14 -32	0 -18	+9 -9	+21 +3	+40 0	-85 -125	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+40 +15	+68 +43	+63 0	-85 -148	-43 -83	0 -40	+132 +92	+210 +170	+288 +248	+405 +365	+100 0	-200 -300	-145 -245	-85 -185	0 -63	+250 0	-200 -450	-145 -395	+315 -315
> 140 à 160		+25 0	-43 -68	-14 -32	0 -18	+9 -9	+21 +3	+40 0	-85 -125	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+40 +15	+68 +43	+63 0	-85 -148	-43 -83	0 -40	+140 +100	+230 +190	+320 +280	+455 +415	+100 0	-210 -310	-145 -245	-85 -185	0 -63	+250 0	-210 -480	-145 -395	+315 -315
> 160 à 180		+25 0	-43 -68	-14 -32	0 -18	+9 -9	+21 +3	+40 0	-85 -125	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+40 +15	+68 +43	+63 0	-85 -148	-43 -83	0 -40	+148 +108	+250 +210	+350 +310	+505 +465	+100 0	-230 +330	-145 +245	-85 -185	0 -63	+250 0	-230 -480	-145 -395	+315 -315
> 180 à 200		+29 0	-50 -79	-15 -35	0 -20	+10 -10	+24 +4	+46 0	-100 -146	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+46 +17	+79 +50	+72 0	-100 -172	-50 -96	0 -46	+168 +122	+282 +236	+396 +350	+566 +520	+115 0	-240 -355	-170 -285	-100 -215	0 -72	+290 0	-240 -530	-170 -460	+360 -360
> 200 à 225		+29 0	-50 -79	-15 -35	0 -20	+10 -10	+24 +4	+46 0	-100 -146	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+46 +17	+79 +50	+72 0	-100 -172	-50 -96	0 -46	+176 +130	+304 +258	+431 +385	+621 +575	+115 0	-260 -375	-170 -285	-100 -215	0 -72	+290 0	-260 -550	-170 -460	+360 -360
> 225 à 250		+29 0	-50 -79	-15 -35	0 -20	+10 -10	+24 +4	+46 0	-100 -146	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+46 +17	+79 +50	+72 0	-100 -172	-50 -96	0 -46	+186 +140	+330 +284	+471 +425	+686 +640	+115 0	-280 -395	-170 -285	-100 -215	0 -72	+290 0	-280 -570	-170 -460	+360 -360
> 250 à 280		+32 0	-56 -88	-17 -40	0 -23	+11,5 -11,5	+27 +4	+52 0	-110 -162	-17 -49	0 -32	+16 -16	+52 +20	+88 +56	+81 0	-110 -191	-56 -108	0 -52	+210 +158	+367 +315	+527 +475	+762 +710	+130 0	-300 -430	-190 -320	-110 -240	0 -81	+320 0	-300 -620	-190 -510	+405 -405
> 280 à 315		+32 0	-56 -88	-17 -40	0 -23	+11,5 -11,5	+27 +4	+52 0	-110 -162	-17 -49	0 -32	+16 -16	+52 +20	+88 +56	+81 0	-110 -191	-56 -108	0 -52	+222 +170	+402 +350	+577 +525	+842 +790	+130 0	-330 -460	-190 -320	-110 -240	0 -81	+320 0	-330 -650	-190 -510	+405 -405
> 315 à 355		+36 0	-62 -98	-18 -43	0 -25	+12,5 -12,5	+29 +4	+57 0	-125 -182	-18 -54	0 -36	+18 -18	+57 +21	+98 +62	+89 0	-125 -214	-62 -119	0 -57	+247 +190	+447 +390	+647 +590	+957 +900	+140 0	-360 -500	-210 -350	-125 -265	0 -89	+360 0	-360 -720	-210 -570	+445 -445
> 355 à 400		+36 0	-92 -98	-18 -43	0 -25	+12,5 -12,5	+29 +4	+57 0	-125 -182	-18 -54	0 -36	+18 -18	+57 +21	+98 +62	+89 0	-125 -214	-62 -119	0 -57	+265 +208	+492 +435	+717 +660	+1057 +1000	+140 0	-400 -540	-210 -350	-125 -265	0 -89	+360 0	-400 -760	-210 -570	+445 -445
> 400 à 450		+40 0	-68 -108	-20 -47	0 -27	+13,5 -13,5	+32 +5	+63 0	-135 -198	-20 -60	0 -40	+20 -20	+63 +23	+108 +68	+97 0	-135 -232	-68 -131	0 -63	+295 +232	+553 +490	+803 +740	+1163 +1100	+155 0	-440 -595	-230 -385	-135 -290	0 -97	+400 0	-440 -840	-230 -630	+485 -485
> 450 à 500		+40 0	-68 -108	-20 -47	0 -27	+13,5 -13,5	+32 +5	+63 0	-135 -198	-20 -60	0 -40	+20 -20	+63 +23	+108 +68	+97 0	-135 -232	-68 -131	0 -63	+315 +252	+603 +540	+883 +820	+1313 +1250	+155 0	-480 -635	-230 -385	-135 -290	0 -97	+400 0	-480 -880	-230 -630	+485 -485

Note : pour les autres ajustements il faut utiliser les paragraphes 4.2.8, 4.2.3, 4.2.4 en s'aidant du guide d'utilisation.

4.2.10. Système d'ajustement dit à alésage normal ou à arbre normal

Système dans lequel la dimension au maximum de matière correspond à la dimension nominale ; l'écart inférieur est nul. Il correspond à la position H pour les alésages et à h pour les arbres.

4.2.11. Alésages usuels

Qualités	Positions																						
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	J_s	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
1								+		+													
2								+		+													
3								+		+													
4								+		+													
5						+	+	+		+	+	+	+	+	+	+							
6					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
7				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8		+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+									+
9	+	+	+	+	+	+		+		+			+	+									
10			+	+	+			+		+			+										
11	+	+		+	+			+		+			+										
12			+	+				+		+													
13								+		+													
14								+		+													
15								+		+													
16								+		+													

4.2.12. Arbres usuels

Qualités	Positions																						
	a	b	c	d	e	f	g	h	j	j_s	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
1								+		+													
2								+		+													
3								+		+													
4						+	+	+		+	+	+	+	+	+	+							
5				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
6				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
7				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8		+	+	+	+	+		+		+								+		+			
9	+	+	+	+	+	+		+		+													
10				+				+		+													
11	+	+	+	+				+		+													
12								+		+													
13								+		+													
14								+		+													
15								+		+													
16								+		+													

4.2.13. Tolérances générales (NF EN 22768, ISO 2768)

Cette norme est applicable aux dimensions sans tolérance particulière des pièces usinées ou en tôle. On doit indiquer près ou dans le cartouche : **Tolérances générales ISO 2768 f, m, c, ou v.**

Écarts admissibles pour dimensions linéaires

Classe de tolérance		Écarts admissibles pour des plages de dimensions nominales							
Désignation	Description	0,5 (1) jusqu'à 3	au-delà de 3 jusqu'à 6	au-delà de 6 jusqu'à 30	au-delà de 30 jusqu'à 120	au-delà de 120 jusqu'à 400	au-delà de 400 jusqu'à 1 000	au-delà de 1 000 jusqu'à 2 000	au-delà de 2 000 jusqu'à 4 000
f	fine	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	–
m	moyenne	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grossière	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	très grossière	–	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

(1) Pour les dimensions nominales inférieures à 0,5 mm, l'écart doit figurer à la suite de la dimension nominale.

Écarts admissibles pour dimensions linéaires d'arêtes abattues (rayons et chanfreins)

Classe de tolérance		Écarts admissibles pour des plages de dimensions nominales		
Désignation	Description	0,5 (1) jusqu'à 3	au-delà de 3 jusqu'à 6	au-delà de 6
f	fine	± 0,2	± 0,5	± 1
m	moyenne			
c	grossière	± 0,4	± 1	± 2
v	très grossière			

(1) Pour les dimensions nominales inférieures à 0,5 mm, l'écart doit figurer à la suite de la dimension nominale.

Écarts admissibles pour dimensions angulaires

Classe de tolérance		Écarts admissibles en fonction des plages de longueurs en millimètres du côté le plus court de l'angle considéré				
Désignation	Description	jusqu'à 10	au-delà de 10 jusqu'à 50	au-delà de 50 jusqu'à 120	au-delà de 120 jusqu'à 400	au-delà de 400
f	fine	± 1°	± 0° 30′	± 0° 20′	± 0° 10′	± 0° 5′
m	moyenne					
c	grossière	± 1° 30′	± 1°	± 0° 30′	± 0° 15′	± 0° 10′
v	très grossière	± 3°	± 2°	± 1°	± 0° 30′	± 0° 20′

4.3. Tolérances géométriques

ISO 8015
ISO 2692

Données

4.3.1. Tolérances géométriques générales (NF EN 22768-2, ISO 2768-2)

Cette norme est applicable aux éléments non affectés de tolérances individuelles.
On doit indiquer près ou dans le cartouche : **Tolérances générales ISO 2768 H, K ou L.**

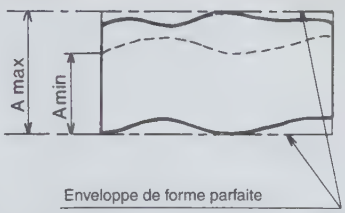
Classe de tolérance	Tolérances générales de perpendicularité pour des plages de longueurs nominales des côtés les plus courts				Tolérances générales pour les plages de longueurs nominales de rectitude et de planéité						Tolérances générales de symétrie pour des plages de longueurs nominales				Battement circulaire
	jusqu'à 100	au-delà de 100 jusqu'à 300	au-delà de 300 jusqu'à 1 000	au-delà de 1 000 jusqu'à 3 000	jusqu'à 10	au-delà de 10 jusqu'à 30	au-delà de 30 jusqu'à 100	au-delà de 100 jusqu'à 300	au-delà de 300 jusqu'à 1 000	au-delà de 1 000 jusqu'à 3 000	jusqu'à 100	au-delà de 100 jusqu'à 300	au-delà de 300 jusqu'à 1 000	au-delà de 1 000 jusqu'à 3 000	
H	0,2	0,3	0,4	0,5	0,02	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5				0,1
K	0,4	0,6	0,8	1	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6		0,8	1	0,2
L	0,5	1	1,5	2	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	0,6	1	1,5	2	0,5

Les tolérances de cylindricité, de parallélisme et de coaxialité ne sont pas prescrites.

4.3.2. Exigence de l'enveloppe (E 04-601, ISO 8015)

E

Zone de tolérance



Entre l'enveloppe de forme parfaite des dimensions au maximum de matière et les dimensions locales au minimum de matière.

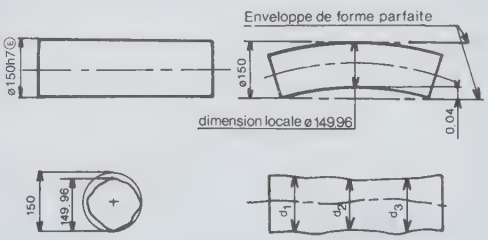
Domaine d'application
Particulièrement adapté pour les pièces devant s'assembler.
Permet une cotation simple et non surabondante.
Permet une démarche de cotation au maximum de matière.
Permet un contrôle simple avec des calibres au maximum de matière faciles à définir.
Ne peut pas convenir aux éléments de grande longueur relative.
Peut englober les tolérances de rectitude, de planéité, de circularité et de cylindricité.
Si ces tolérances géométriques sont spécifiées, elles sont logiquement restrictives par rapport à la tolérance dimensionnelle.
N'affecte pas l'orientation, la position et le battement, ceux-ci devant faire l'objet d'une indication particulière.

Symbole

Le symbole
Ⓔ
près du cartouche du dessin ou à la suite de la tolérance linéaire de l'élément considéré.
Il peut être fait référence à une norme appropriée.

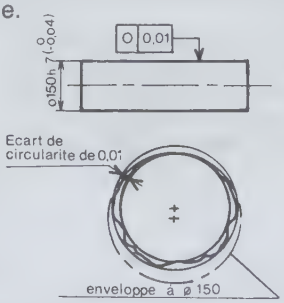
Exemples — Interprétation

Exemple 1



– La surface cylindrique ne doit pas dépasser l'enveloppe de forme parfaite à la dimension maximale de ∅ 150.
– Aucune dimension locale ne doit être inférieure à ∅ 149,96 (norme ISO 8015).

Exemple 2 : Cas comportant une exigence spécifique.



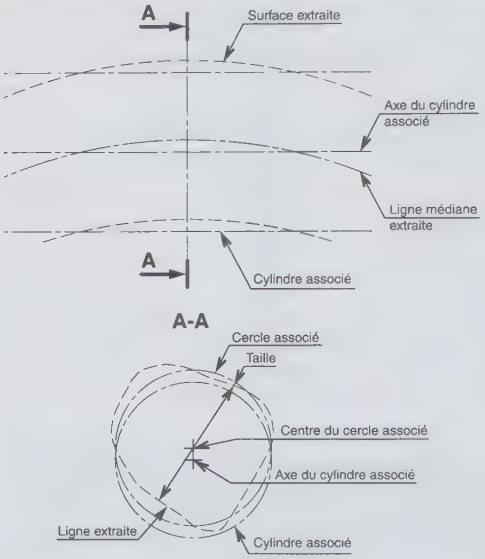
– Les exigences de l'exemple 1 s'appliquent, avec une exigence complémentaire de forme (défaut de circularité), obligatoirement restrictive par rapport à la tolérance dimensionnelle.

Exigence de l'enveloppe (E 04-601, ISO 8015) (suite)

Ligne médiane

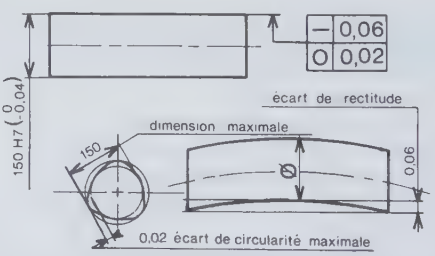
Lieu des centres de sections, tels que :
- les centres des sections sont les centres de cercles associés ;
- les sections sont perpendiculaires à l'axe du cylindre associé obtenu à partir de la surface extraite (son rayon peut donc être différent du rayon nominal).

Dans le cas de la définition par défaut (...) de la ligne médiane extraite d'un cylindre, les conditions suivantes s'appliquent :
- le cercle associé est le cercle obtenu par la méthode totale des moindres carrés ;
- le cylindre associé est le cylindre obtenu par la méthode totale des moindres carrés.

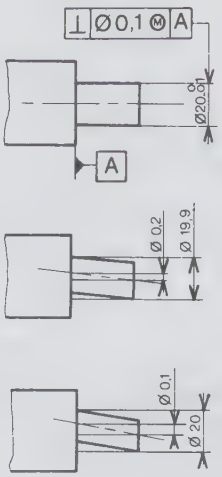


Ligne et taille médiane extraite d'un cylindre ISO 14660-2

4.3.3. Principe de l'indépendance

Définition de la zone de tolérance	Symbole	Exemple — Interprétation
Chaque exigence dimensionnelle ou géométrique spécifiée sur un dessin doit être respectée en elle-même (indépendamment) sauf si une relation particulière est spécifiée.	La norme ISO 8015 est préférable pour bien indiquer que le principe de base est celui de l'indépendance.	 Chaque dimension locale doit être comprise entre ∅ 150 et ∅ 149,96. Le défaut de rectitude des génératrices ne doit pas excéder 0,06. Le défaut de circularité ne doit pas excéder 0,02. Les aspects dimensions et formes sont spécifiés indépendamment.

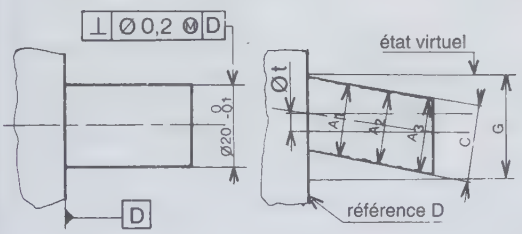
4.3.4. Exigence du maximum de matière

Principe	Symbole	Exemples	Interprétation
Cette exigence est basée sur la dépendance entre les tolérances géométriques et les tolérances dimensionnelles. **Domaine d'application** Ce principe est destiné à coter les éléments devant s'assembler. Il permet une approche et une analyse fonctionnelle optimale. Il permet une cotation très rapide et sans calcul. Il intéresse particulièrement les pièces interchangeables. Il permet de définir les gabarits de contrôle. Il permet d'optimiser les tolérances de fabrication.	Ⓜ		La tolérance de perpendicularité est de 0,1 quand ∅ 20 est à sa plus grande dimension (au maximum de matière). Il existe une relation entre la dimension et la tolérance géométrique qu'on ne peut pas formaliser précisément, sauf lorsqu'on est à la dimension au maximum de matière.

4.3.5. État virtuel : définition

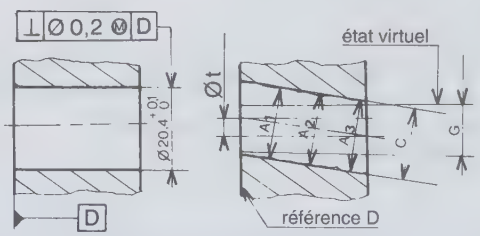
La dimension virtuelle est la dimension qui définit l'état possible d'un élément.

Pour un élément contenu, c'est la limite maximale de dimension augmentée des tolérances géométriques.



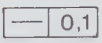
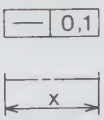
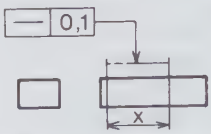
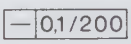
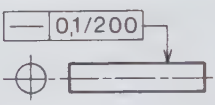
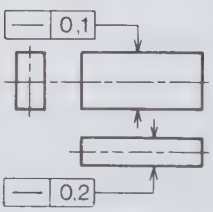
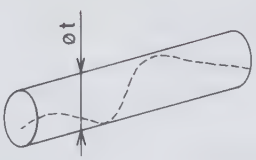
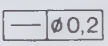
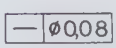
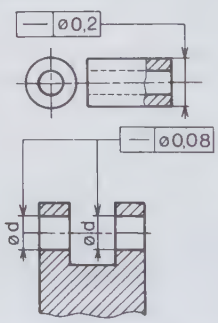
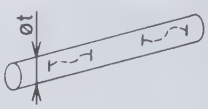
A1 à A3	: dimensions locales réelles	= 19,9...20
C	: dimensions au maximum de matière	= 20
G	: dimension virtuelle	= 20,2
∅ t	: zone de tolérance géométrique	= 0,2...0,3

Pour un élément contenant, c'est la limite minimale de dimension diminuée des tolérances géométriques.
L'exigence du maximum de matière implique seulement que l'état virtuel ne soit pas dépassé.

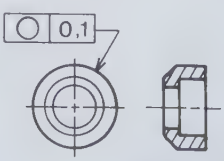


A1 à A3	: dimensions locales réelles	= 20,4...20,5
C	: dimensions au maximum de matière	= 20,4
G	: dimension virtuelle	= 20,2
∅ t	: zone de tolérance géométrique	= 0,2...0,3

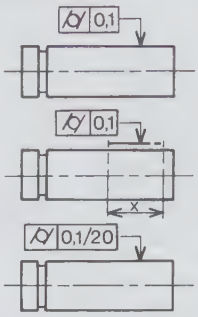
4.3.6. Tolérances géométriques de rectitude

Zone de tolérance	Symbole	Exemples	Interprétation
 La zone de tolérance, dans le plan considéré, est limitée par deux droites parallèles, distantes de **t**. Sa longueur est celle de l'élément spécifié (sauf indication particulière).			Une ligne quelconque de la surface supérieure, parallèle au plan de projection dans lequel l'indication est donnée, doit être contenue entre deux droites parallèles distantes de 0,1. Leur longueur est celle de l'élément.
			Comme précédemment, mais uniquement sur la partie de longueur **x** limitée par le trait mixte.
			Comme précédemment, mais uniquement sur une partie quelconque ayant une longueur de 200.
 La zone de tolérance est limitée par un parallélépipède de section **t1** × **t2**. Sa longueur est celle de l'élément spécifié (sauf indication particulière).	 		L'axe de la barre doit être compris dans un parallélépipède de largeur 0,1 dans la direction verticale et de 0,2 dans la direction horizontale.
 La zone de tolérance est limitée par un cylindre de diamètre **t**. Sa longueur est celle de l'élément spécifié (sauf indication particulière).	 		L'axe du cylindre relié au cadre de la tolérance doit être compris dans un cylindre de 0,2 de diamètre. Les axes des deux trous doivent être compris dans la même zone cylindrique de diamètre 0,08. 

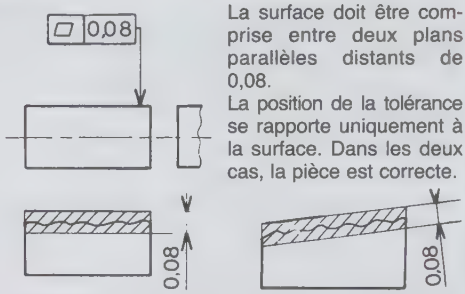
4.3.7. Tolérances géométriques de circularité

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance, dans le plan considéré, est limitée par deux cercles concentriques et distants de **t**.			Le pourtour de chaque section droite du cylindre extérieur doit être compris entre deux cercles coplanaires concentriques distants de 0,1.

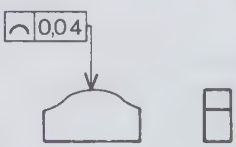
4.3.8. Tolérances géométriques de cylindricité

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par deux cylindres concentriques et distants de **t**, sa longueur est celle de l'élément spécifié, sauf indication particulière. **Remarque** : Elle englobe les tolérances de rectitude et de circularité. Elle peut être induite dans le principe de l'enveloppe ou de Taylor.	⌭ 0,1 ⌭ 0,1 ⌭ 0,1/20		La surface considérée doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux distants de 0,1. Comme précédemment mais uniquement sur la partie de longueur **x** limitée par le trait mixte. Comme précédemment mais uniquement sur une partie quelconque ayant une longueur de 20.

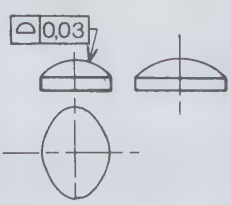
4.3.9. Tolérances géométriques de planéité

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles, distants de **t**. Son étendue est celle de l'élément spécifié (sauf indication particulière). **Remarque** : Elle englobe la tolérance de rectitude. Elle peut être induite dans le principe de l'enveloppe ou de Taylor et dans les tolérances d'orientation, de parallélisme, de perpendicularité.	▱ 0,08		La surface doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,08. La position de la tolérance se rapporte uniquement à la surface. Dans les deux cas, la pièce est correcte.

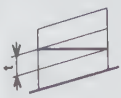
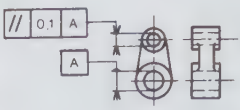
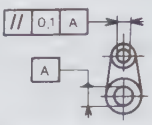
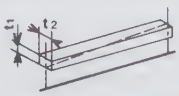
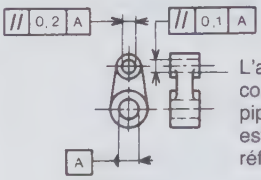
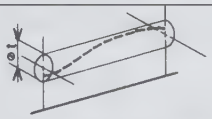
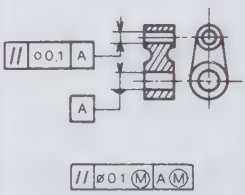
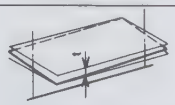
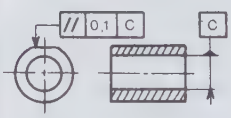
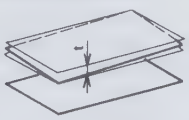
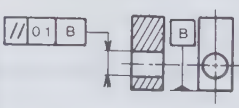
4.3.10. Tolérance de forme d'une ligne quelconque

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par deux lignes enveloppes des cercles de diamètre **t** dont les centres sont situés sur une ligne ayant la forme géométrique spécifiée. Sa longueur est celle de l'élément spécifié (sauf indication particulière).	⌒ 0,04		Le profil considéré doit être compris entre deux lignes enveloppes des cercles de diamètre 0,04 dont les centres sont situés sur une ligne ayant la forme géométrique spécifiée.

4.3.11. Tolérance de forme d'une surface quelconque

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par deux surfaces enveloppes des sphères de diamètre **t** dont les centres sont situés sur une surface ayant la forme géométrique spécifiée. Son étendue est celle de l'élément spécifié (sauf indication particulière).	⌓ 0,03		La surface considérée doit être comprise entre deux surfaces enveloppes des sphères de diamètre 0,03 dont les centres sont situés sur une surface ayant la forme géométrique spécifiée.

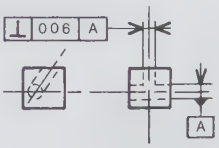
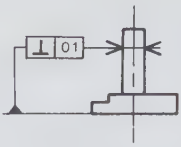
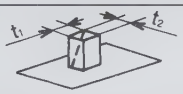
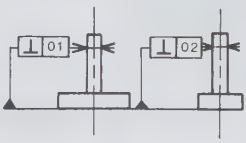
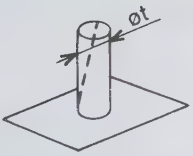
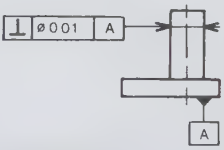
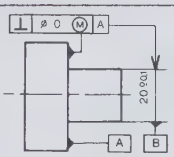
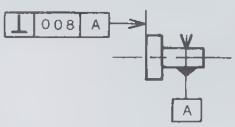
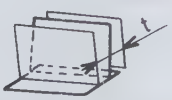
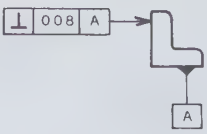
4.3.12. Tolérances géométriques de parallélisme //

Zone de tolérance	Symbole	Exemples	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par deux droites parallèles distantes de **t** et parallèles à la droite de référence projetée sur un plan si la tolérance n'est prescrite que dans une seule direction. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.	// 0,1 A		L'axe tolérancé doit être compris entre deux droites distantes de 0,1, parallèles à l'axe de référence A et placées dans le plan vertical.
	// 0,1 A		L'axe tolérancé doit être compris entre deux droites distantes de 0,1, parallèles à l'axe de référence A et placées dans le plan horizontal.
 La zone de tolérance est limitée par un parallélépipède de section **t1** × **t2** parallèle à la droite de référence si la tolérance est prescrite dans deux plans perpendiculaires entre eux. Sa longueur est celle de l'élément spécifié.	// 0,2 A // 0,1 A		L'axe tolérancé doit être compris dans un parallélépipède, de 0,2 × 0,1 qui est parallèle à l'axe de référence A.
 La zone de tolérance est limitée par un cylindre de diamètre **t** parallèle à la droite de référence si la valeur de la tolérance est précédée du signe ∅. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.	// ⌀0,1 A // ⌀0,1 Ⓜ A Ⓜ		L'axe tolérancé doit être compris dans un cylindre de diamètre 0,1, qui est parallèle à l'axe de référence A. Comme précédemment, mais quand les diamètres A et B sont au maximum de matière. Sinon, la tolérance peut être dépassée.
 La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles distants de **t** et parallèles à la droite de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié*.	// 0,1 C		La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans distants de 0,1 et parallèles à l'axe de référence C.
 La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles distants de **t** et parallèles au plan de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié*. 	// 0,1 B // 0,01 D	 	L'axe du trou doit être compris entre deux plans distants de 0,1 et parallèles à la surface de référence B. La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,01 et parallèles à la surface de référence D.

Remarque : La tolérance de parallélisme peut englober les tolérances de rectitude et de planéité. Elle peut être induite dans le principe de l'enveloppe ou de Taylor.
* sauf indication particulière.

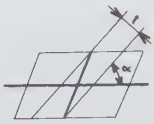
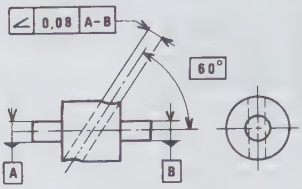
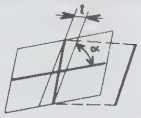
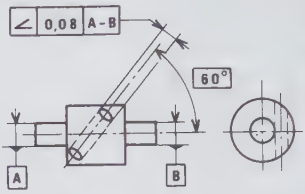
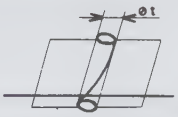
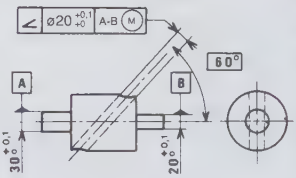
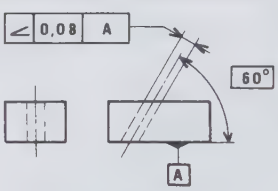
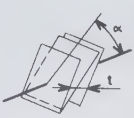
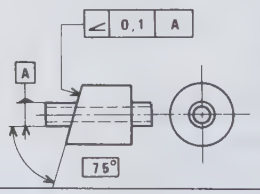
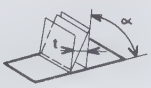
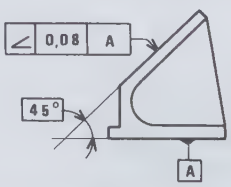
Clément LEREBOURS

4.3.13. Tolérances géométriques de perpendicularité

Zone de tolérance	Symbole	Exemples	Interprétation
 La zone de tolérance, projetée sur un plan, est limitée par deux droites parallèles distantes de **t** et perpendiculaires à la droite de référence. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.	⊥ 0.06 A		L'axe du trou oblique doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,06, perpendiculaires à l'axe de référence A.
 La zone de tolérance, projetée sur un plan, est limitée par deux droites parallèles distantes de **t** et perpendiculaires au plan de référence. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.	⊥ 01		L'axe du cylindre relié au cadre de tolérance doit être compris entre deux droites parallèles distantes de 0,1 perpendiculaires à la surface de référence A.
 La zone de tolérance est limitée par un parallélépipède de section **t1** × **t2** perpendiculaire au plan de référence. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.	⊥ 01 et ⊥ 02		L'axe du cylindre doit être compris dans un parallélépipède de 0,1 × 0,2 perpendiculaire à la surface de référence A.
 La zone de tolérance est limitée par un cylindre de diamètre **t** perpendiculaire au plan de référence. Sa longueur est celle de l'élément spécifié.	⊥ ø 0.01 A		L'axe du cylindre relié au cadre de tolérance doit être compris dans un cylindre de 0,01 de diamètre perpendiculaire à la surface de référence A.
	⊥ ø0 Ⓜ A		L'état virtuel, constitué d'un cylindre de diamètre 20 perpendiculaire à la référence A, ne doit pas être dépassé.
 La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles distants de **t** et perpendiculaires à la droite de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié*.	⊥ 008 A		La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,08 et perpendiculaire à la surface de référence A.
 La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles distants de **t** et perpendiculaires au plan de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié*.	⊥ 008 A		La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,08 et perpendiculaire à la surface de référence A.

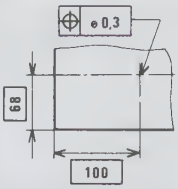
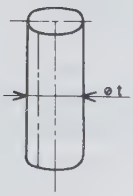
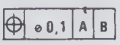
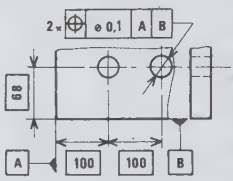
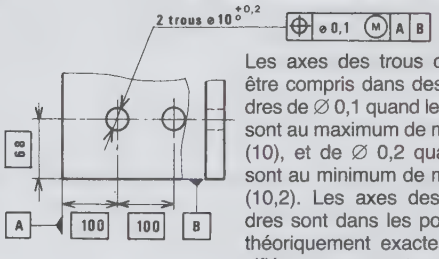
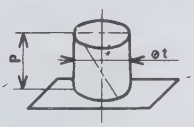
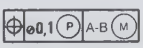
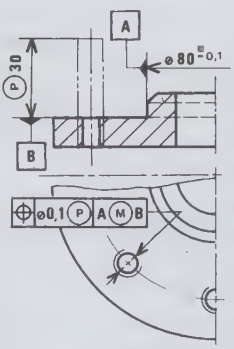
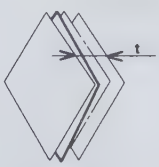
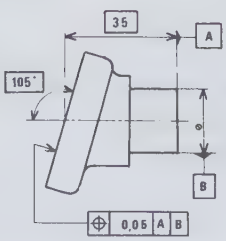
Remarque : La tolérance de perpendicularité peut englober les tolérances de rectitude et de planéité.
Elle n'est pas implicite sans indication, elle n'est pas liée aux tolérances dimensionnelles et de position.
* sauf indication contraire.

4.3.14. Tolérances géométriques d'inclinaison

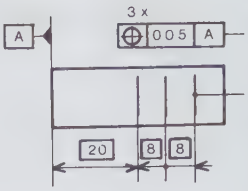
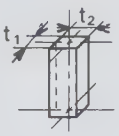
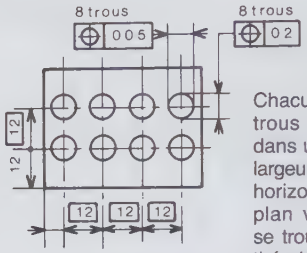
Zone de tolérance	Symbole	Exemples	Interprétation
 La zone de tolérance, projetée sur un plan, est limitée par deux droites parallèles distantes de **t** et inclinées de l'angle spécifié par rapport à la droite de référence. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.			L'axe du trou doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,08 et inclinés de 60° par rapport à l'axe de référence A-B.
 La zone de tolérance s'applique à la projection de la ligne considérée sur le plan contenant la droite de référence et parallèle à la ligne considérée. Sa longueur est celle de l'élément spécifié.			L'axe du trou, projeté sur un plan contenant l'axe de référence, doit être compris entre deux droites parallèles distantes de 0,08 et inclinées de 60° par rapport à l'axe de référence A-B.
 La zone de tolérance est limitée par un cylindre de ∅ **t**, inclinée de l'angle spécifié par rapport à la droite de référence. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.			L'axe du trou doit être compris dans un cylindre incliné de 60° par rapport à l'axe de référence A-B. Ce cylindre est de ∅ 0,08 quand A et B sont au maximum de matière (30,1 et 20,1), et de 0,2 quand ils sont minimaux (30 et 20).
 La zone de tolérance, projetée sur un plan, est limitée par deux droites parallèles distantes de **t** et inclinées de l'angle spécifié par rapport au plan de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié*.			L'axe du trou doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,08 et inclinés de 60° par rapport au plan de référence A.
 La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles distants de **t** et inclinés de l'angle spécifié par rapport à la droite de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié*.			La surface inclinée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,1 et inclinés de 75° par rapport à l'axe de référence A.
 La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles distants de **t** et inclinés de l'angle spécifié par rapport au plan de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié*.			La surface inclinée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,08 et inclinés de 45° par rapport à la surface de référence A.

Remarque : La tolérance d'inclinaison peut englober les tolérances de rectitude et de planéité.
* sauf indication particulière.

4.3.15. Tolérances géométriques de localisation

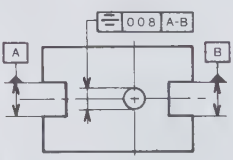
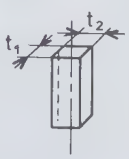
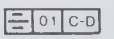
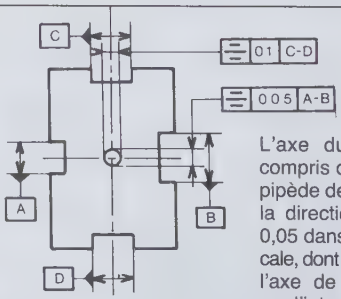
Zone de tolérance	Symbole	Exemples	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par un cercle de ⌀ **t** dont le centre est dans la position théoriquement exacte du point considéré.			Le point d'intersection doit se trouver dans un cercle de ⌀ 0,3 dont le centre coïncide avec la position théoriquement exacte du point d'intersection considéré.
 La zone de tolérance est limitée par un cylindre de ⌀ **t** dont l'axe est dans la position théoriquement exacte de la ligne considérée. Sa longueur est celle de l'élément spécifié (sauf indication particulière).			Les axes des trous doivent être compris dans des cylindres de ⌀ 0,1 dont les axes sont dans les positions théoriquement exactes spécifiées par rapport aux surfaces de référence A et B.
			Les axes des trous doivent être compris dans des cylindres de ⌀ 0,1 quand les trous sont au maximum de matière (10), et de ⌀ 0,2 quand ils sont au minimum de matière (10,2). Les axes des cylindres sont dans les positions théoriquement exactes spécifiées par rapport aux surfaces de référence A et B.
 La zone de tolérance est limitée par un cylindre de ⌀ **t** dont l'axe est dans la position théoriquement exacte de la ligne considérée. Sa hauteur est celle prescrite après le signe **P** ; elle englobe l'élément ou seulement son prolongement selon l'indication.			Les axes des taraudages doivent être compris dans des cylindres de ⌀ 0,1. Les axes des cylindres sont dans les positions théoriquement exactes spécifiées par rapport à l'axe de référence A, leur hauteur est de 30 à partir de la surface B. Si A est au maximum de matière, la référence est centrée sur l'axe de A. Si A n'est pas au maximum de matière, la référence devient flottante ; elle est de ⌀ 0,1 au minimum de matière.
 La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles distants de **t** et disposés symétriquement par rapport à la position théoriquement exacte de la surface considérée*.			La surface oblique doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05 et disposés symétriquement par rapport à la position théoriquement exacte du plan considéré par rapport à la surface de référence A et à l'axe de référence B.

* sauf indication particulière.

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par deux droites parallèles distantes de **t** et disposées symétriquement par rapport à la position théoriquement exacte de la ligne considérée, si la tolérance n'est prescrite que dans un seul plan. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.			Chaque ligne doit être comprise entre deux droites parallèles distantes de 0,05 et disposées symétriquement par rapport à la position exacte de la ligne spécifiée par rapport à la surface de référence A. Il faut que les lignes soient dérivées d'éléments réels.
 La zone de tolérance est limitée par un parallélépipède de section **t1** × **t2** dont l'axe est dans la position théoriquement exacte de la ligne considérée, si la tolérance est prescrite dans deux plans perpendiculaires. Sa longueur est celle de l'élément spécifié.			Chacun des axes des huit trous doit être compris dans un parallélépipède, de largeur 0,05 dans le plan horizontal et 0,2 dans le plan vertical et dont l'axe se trouve dans la position théoriquement exacte du trou considéré.

Remarque : les tolérances de localisation sont obligatoirement positionnées ou orientées par une cote linéaire ou angulaire encadrée.

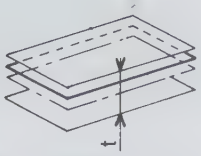
4.3.16. Tolérances géométriques de symétrie

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance, lorsqu'elle est projetée dans un plan, est limitée par deux droites parallèles distantes de **t** et disposées symétriquement par rapport à l'axe ou au plan de référence, si la tolérance n'est prescrite que dans une seule direction. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.			L'axe du trou doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,08 et disposés symétriquement par rapport au plan médian de référence A-B.
 La zone de tolérance est limitée par un parallélépipède de section **t1** × **t2** dont l'axe coïncide avec l'axe de référence, si la tolérance est prescrite dans deux directions perpendiculaires. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.	 		L'axe du trou doit être compris dans un parallélépipède de largeur 0,1 dans la direction horizontale et 0,05 dans la direction verticale, dont l'axe coïncide avec l'axe de référence formé par l'intersection des plans médians A-B et C-D.

* sauf indication contraire.

4.3.16. Tolérances géométriques de symétrie

Zone de tolérance



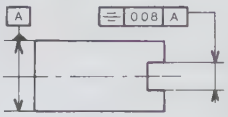
La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles distants de **t** et disposés symétriquement par rapport à l'axe ou au plan médian de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié*.

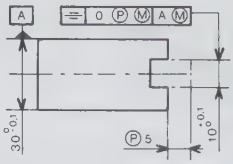
Symbole





Exemples





Interprétation

Le plan médian de la rainure doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,08 et disposés symétriquement par rapport au plan médian de référence.

Le plan médian de la rainure sur la longueur projetée doit être compris entre deux plans parallèles disposés symétriquement par rapport au plan médian de référence et distants de 0 quand A et la rainure sont au maximum de matière (30 et 10,1).

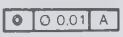
4.3.17. Tolérances géométriques de concentricité

Zone de tolérance

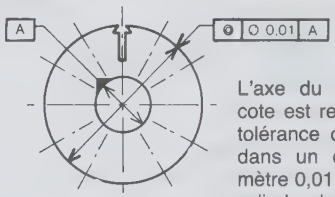


La zone de tolérance est limitée par un cylindre de ∅ **t** dont l'axe coïncide avec le point de référence.

Symbole



Exemple

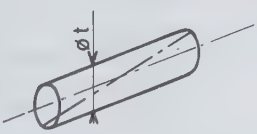


Interprétation

L'axe du cylindre dont la cote est reliée au cadre de tolérance doit être compris dans un cylindre de diamètre 0,01, concentrique au cylindre de référence A.

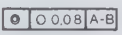
4.3.18. Tolérances géométriques de coaxialité

Zone de tolérance



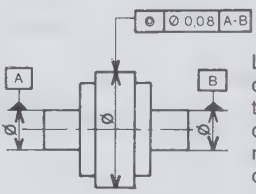
La zone de tolérance est limitée par un cylindre de ∅ **t** dont l'axe coïncide avec l'axe de référence. Sa longueur est celle de l'élément spécifié*.

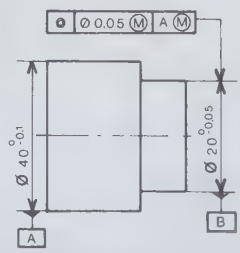
Symbole





Exemple





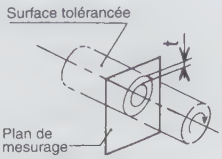
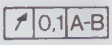
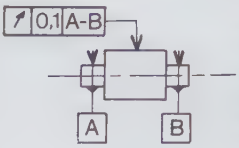
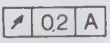
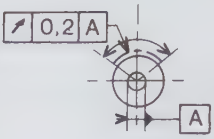
Interprétation

L'axe du cylindre dont la cote est reliée au cadre de tolérance doit être compris dans un cylindre de diamètre 0,08 coaxial à l'axe de référence simulé commun aux cylindres 1 et 2.

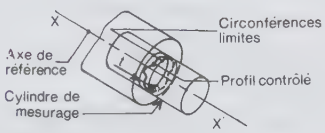
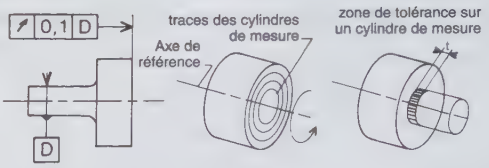
L'état virtuel est constitué d'un cylindre de diamètre 20,05 et la référence au maximum de matière est constituée d'un cylindre de diamètre 40, les deux étant coaxiaux. Ils ne doivent pas être dépassés.

Remarque : les tolérances de coaxialité et de concentricité ne concernent que des éléments associés. Elles ne s'appliquent jamais à une surface mais uniquement à son axe.
* sauf indication contraire.

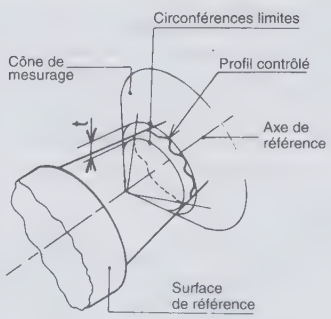
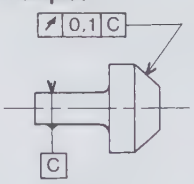
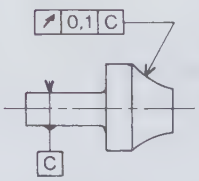
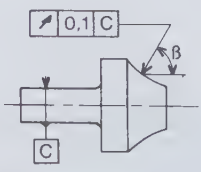
4.3.19. Tolérances géométriques de battement simple radial

Zone de tolérance	Symbole	Exemples	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée dans chaque plan de mesurage perpendiculaire à l'axe par deux cercles concentriques distants de **t** dont le centre coïncide avec l'axe de référence.			Le battement simple radial ne doit pas dépasser 0,1 dans chaque plan de mesurage pendant une révolution complète autour de l'axe de référence A-B.
			Le battement s'applique généralement à des révolutions complètes autour de l'axe, mais il peut être limité à une portion de révolution.

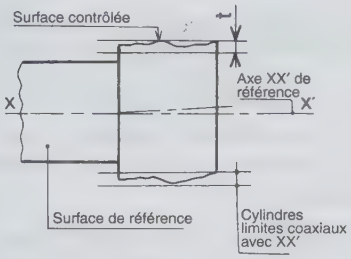
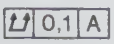
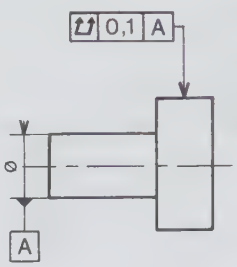
4.3.20. Tolérances géométriques de battement circulaire axial

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée, pour chaque position radiale, par deux circonférences distantes de **t** situées sur le cylindre de mesurage dont l'axe coïncide avec l'axe de référence.			Le battement axial ne doit pas dépasser 0,1 dans chaque position de mesurage pendant une révolution complète autour de l'axe de référence D.

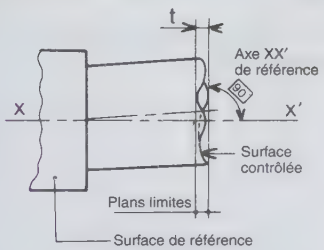
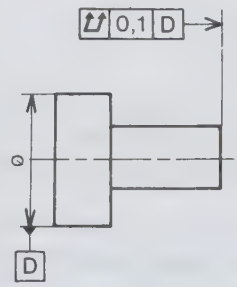
4.3.21. Tolérances géométriques de battement simple oblique

Zone de tolérance	Symbole	Exemples	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée, sur chaque cône de mesurage, par deux circonférences distantes de **t**. Chaque cône de mesurage a ses génératrices dans la direction spécifiée et son axe coïncide avec l'axe de référence.			Le battement oblique dans la direction de la flèche sur chaque cône de mesurage ne doit pas dépasser 0,1 pendant une révolution complète autour de l'axe de référence C.
			Le battement oblique dans la direction perpendiculaire à la tangente de la surface incurvée ne doit pas dépasser 0,1 pendant une révolution complète autour de l'axe de référence C.
			Le battement oblique dans la direction spécifiée par rapport à la surface ne doit pas dépasser 0,1 pendant une révolution complète autour de l'axe de référence C.

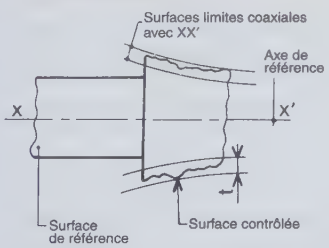
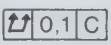
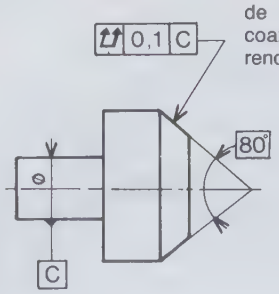
4.3.22. Tolérances géométriques de battement total radial

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par deux surfaces cylindriques, distantes de **t**, ayant pour axe commun l'axe de référence. Sa longueur est celle de l'élément spécifié (sauf indication contraire).			La surface de l'élément tolérancé doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux, distants de 0,1, dont les axes coïncident avec l'axe de référence A.

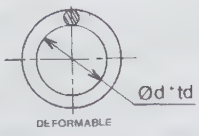
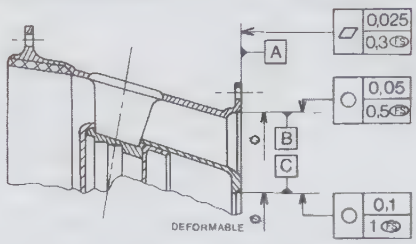
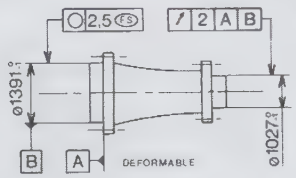
4.3.23. Tolérances géométriques de battement total axial

Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par deux plans parallèles distants de **t**, perpendiculaires à l'axe de référence. Sa longueur est celle de l'élément spécifié sauf indication contraire.			La surface de l'élément tolérancé doit être comprise entre deux plans distants de 0,1, perpendiculaires à l'axe de référence D.

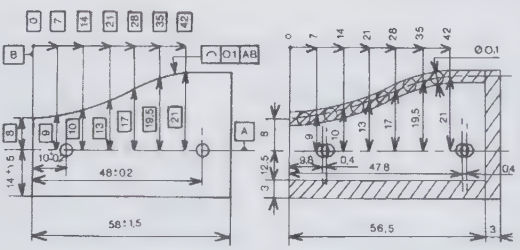
4.3.24. Tolérances géométriques de battement total oblique

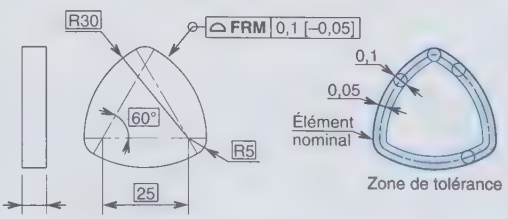
Zone de tolérance	Symbole	Exemple	Interprétation
 La zone de tolérance est limitée par deux surfaces de révolution distantes de **t** ayant pour axe commun l'axe de référence et dont le profil est celui du profil théorique spécifié. Sa longueur est celle de l'élément spécifié (sauf indication contraire).			La surface de l'élément tolérancé doit être comprise entre deux cônes, distants de 0,1, d'angle de 80°, coaxiaux à l'axe de référence C.

4.3.25. Tolérancement des pièces déformables

Indication - exemple	Interprétation
	La tolérance td sur le diamètre est à respecter lorsque la pièce est à la géométrie spécifiée (forme circulaire). *Remarque :* il serait plus intéressant de tolérancer le périmètre.
	Les tolérances géométriques suivies de (FS) sont à respecter à l'état libre. Les autres tolérances géométriques sont à respecter lorsque la pièce est contrainte tel qu'il est indiqué en note. NOTE ASSOCIÉE AU DESSIN : Les tolérances sont définies à l'état contraint avec appui sur la surface A et sur le diamètre B. De plus, le diamètre C est monté sur un arbre ∅ (C + 0,2).
 *Note :* la tolérance de battement s'applique lorsque la référence A est montée contre une surface plane avec 64 boulons M6 × 1 serrés avec un couple de 9 à 15 N.m et que l'élément de référence B est contraint entre les limites dimensionnelles spécifiées.	La tolérance dimensionnelle sur le ∅ 1391 est à respecter lorsque la pièce est à la géométrie spécifiée (forme circulaire). En outre, le défaut de circularité à l'état libre ne doit pas excéder 2,5. La tolérance de battement s'applique suivant les conditions indiquées en note.

4.3.26. Tolérancement des profils





La zone de tolérance est définie par rapport au profil théorique, défini lui-même par des cotes encadrées. Cette zone est située symétriquement de chaque côté du profil théorique.
La largeur de la zone de tolérance, mesurée suivant la normale au profil en chacun de ses points, est constante.
La zone de tolérance est définie par rapport à la forme théorique de l'élément tolérancé. C'est un volume limité par deux surfaces, lieux géométriques des extrémités du diamètre d'une sphère, normal à la forme théorique. Ce diamètre est constant ou variable, et la position du centre de la sphère par rapport à la forme théorique est constante ou variable.

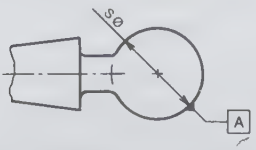
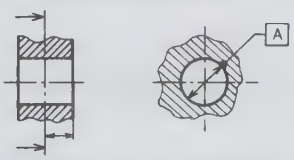
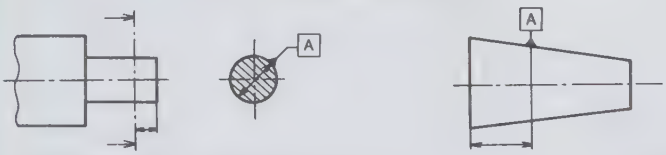
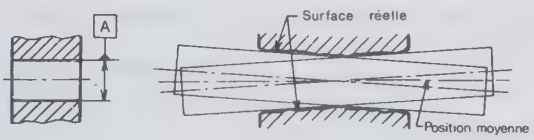
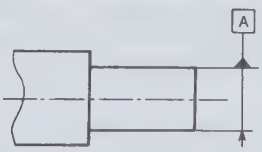
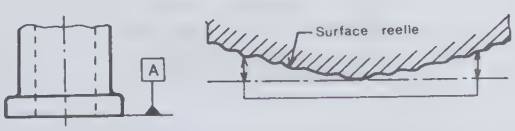
Application : la zone de tolérance est un volume de hauteur égale à l'épaisseur de la pièce. La largeur de la zone de tolérance est donnée par la première valeur (0,1), la distance du support de la zone à l'élément nominal (décalage) est donnée par la valeur algébrique entre crochets [– 0,05]. Par convention, un décalage positif se fait vers l'extérieur de la matière. La valeur de la tolérance et le décalage peuvent être variables et leurs lois de variation doivent être explicitement définies.
Le cercle sur la flèche du cadre de tolérance indique que la tolérance s'applique à tous les éléments du contour. Dans le cas où la tolérance s'appliquerait à tous les éléments de la pièce, le centre du cercle serait rehaussé par un point.

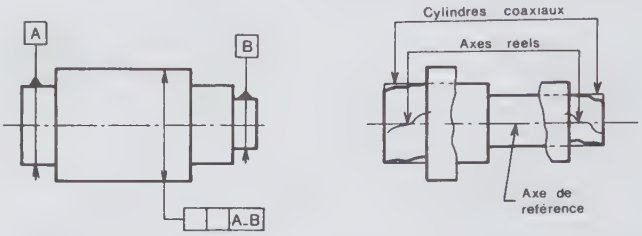
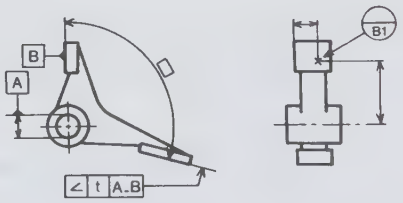
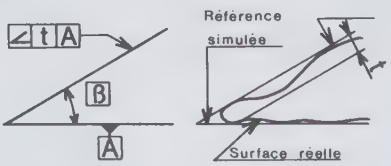
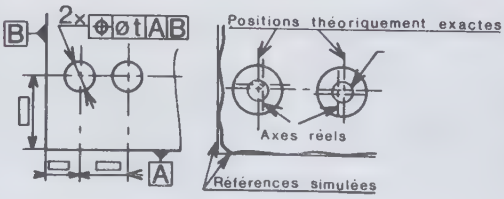
4.3.27. Références géométriques

Référence : élément géométrique unique (axe, plan, ligne, droite, etc.) auquel se rapporte un élément tolérancé.

Système de référence : ensemble d'éléments géométriques qui, une fois réduit, se ramène à un assemblage de points, droites, plans.
Il existe 6 classes d'éléments de référence : point, droite, plan, point-droite, droite-plan, point-droite-plan.

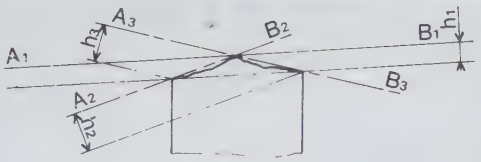
Référence simple : élément géométrique unique spécifié à partir d'un seul élément de la pièce.

	Nature de l'élément géométrique	Signification
POINT	Centre d'une sphère 	Centre de la sphère minimale circonscrite
POINT	Centre d'une section circulaire 	Centre du cercle maximal inscrit
POINT	Centre d'une section circulaire 	Centre du cercle minimal circonscrit
DROITE	Axe d'un trou 	Si le cylindre peut avoir plusieurs positions, la position de référence est celle qui assure une position moyenne. Axe du plus grand cylindre inscrit.
DROITE	Axe d'un arbre 	Axe du cylindre minimal circonscrit.
PLAN	Surface de la pièce 	Si le plan peut avoir plusieurs positions, la position de référence est la position moyenne.

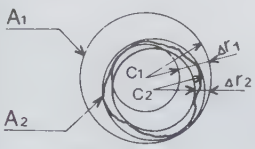
Nature de l'élément géométrique	Signification
PLAN **Plan médian** 	Plan médian (bissecteur) aux deux plans tangents et en position moyenne à chacune des surfaces réelles.
Référence commune : élément géométrique unique spécifié à partir de plusieurs éléments de la pièce. 	Axe de deux cylindres coaxiaux circonscrits aux surfaces cylindriques réelles.
Système de référence : ensemble de plusieurs éléments géométriques en position théoriquement exacte, auquel se rapporte un élément tolérancé (par exemple dièdre ou trièdre de référence). 	L'élément de référence est un plan établi par l'axe de l'alésage **A** et par un point défini du plan **B** qui est une référence partielle.
Référence partielle : point, ligne ou zone limitée de la pièce utilisée pour spécifier un élément géométrique (voir 4.1.4).	
Dimensions de référence  Zone de tolérance de largeur **t** et inclinée de l'angle β par rapport à la surface de référence.  Zone de tolérance de localisation ∅ **t** dont l'axe est situé sur la position théoriquement exacte.	Une dimension de référence est associée à une tolérance géométrique. Cette dimension sert à positionner le support de la zone de tolérance par rapport aux éléments de référence.

4.3.28. Interprétation des indications géométriques pour le contrôle

Évolution d'un défaut de forme



Orientations diverses de la ligne ou de la surface géométriquement idéale : A1-B1 A2-B2 A3-B3
Distances correspondantes : h1 < h2 < h3



Écarts radiaux Δr1, Δr2

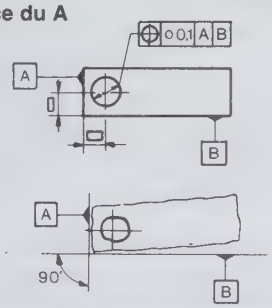
Le centre C2 positionne deux cercles coplanaires concentriques ou deux cylindres coaxiaux avec un écart radial minimal.
Δr1 > Δr2

L'orientation de la ligne ou de la surface géométriquement idéale doit être choisie de façon à ce que la distance du point le plus éloigné à cette surface géométriquement idéale soit minimale.

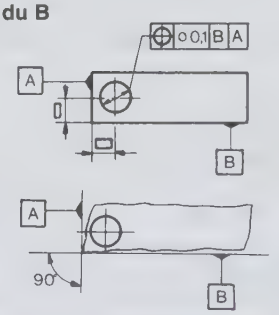
Exemples
La rectitude ou la planéité d'un élément tolérancé isolé est jugée conforme à la spécification lorsque la distance de chacun de ses points à une surface de forme géométrique idéale, en contact avec elle, est inférieure à la valeur de la tolérance spécifiée.
L'orientation correcte de la ligne ou de la surface géométriquement idéale est A1-B1. La distance h1 est, au plus, égale à la valeur de la tolérance de forme spécifiée.
Pour la définition de l'écart de circularité et de cylindricité, la position de deux cercles coplanaires concentriques ou de deux cylindres coaxiaux doit être choisie de façon à ce que la distance radiale entre eux soit minimale.
La position correcte des deux cercles coplanaires concentriques ou des deux cylindres coaxiaux est celle désignée A2. L'écart radial Δr2 doit être inférieur ou égal à la valeur de la tolérance spécifiée.

Système de référence établi par deux ou trois éléments

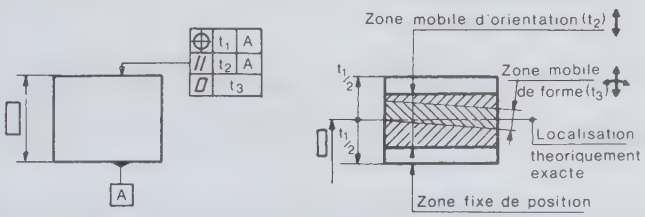
Importance du A



Importance du B



Position de la zone de tolérance

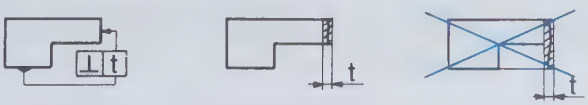


Les valeurs **t1**, **t2** et **t3** des tolérances sont logiquement restrictives l'une par rapport à l'autre :

t1 > t2 > t3

Leur position est située par rapport à la cote de référence théoriquement exacte.

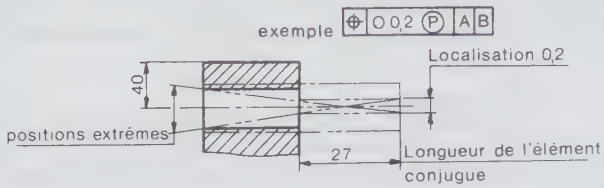
Étendue de la zone de tolérance



Quelle que soit la caractéristique tolérancée, la zone de tolérance s'y rapportant est toujours exprimée pour la totalité de l'élément sauf spécifications contraires restrictives ou extensives (zone projetée).

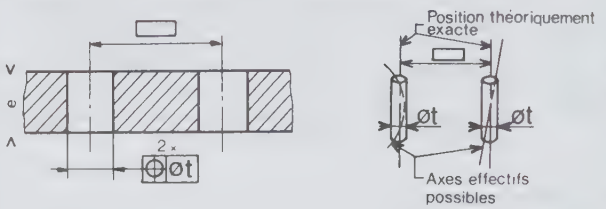
Interprétation des indications géométriques pour le contrôle (suite)

Tolérance projetée



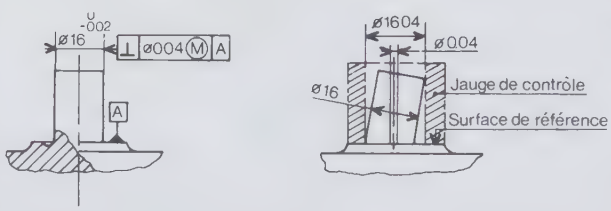
La zone de tolérance se rapporte à la zone projetée.

Tolérance de localisation



Dans le cas particulier d'une tolérance de localisation de deux ou plusieurs trous entre eux, il n'est pas nécessaire d'indiquer un élément de référence, chaque élément étant localisé par rapport aux autres.
La zone de tolérance est alors totalement libre dans l'espace de la pièce réelle.

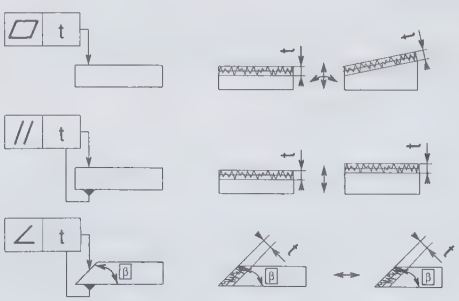
Interprétation de la cotation au maximum de matière



La cotation d'une pièce au maximum de matière définit son gabarit de contrôle.
Il correspond à l'état virtuel de la pièce.

Direction de la zone de tolérance

Déplacement des zones de tolérance



Les tolérances de forme ne contraignent que l'aspect « forme ». Elles sont libres dans l'espace de la pièce.

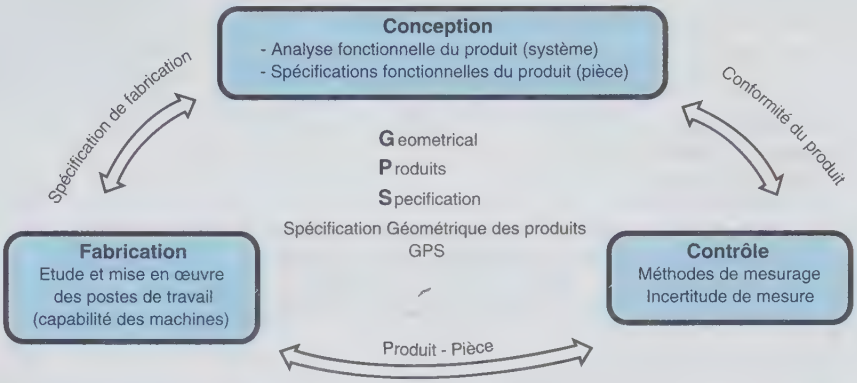
Les tolérances d'orientation contraignent l'aspect « forme » et l'aspect « orientation ». Elles sont libres en translation dans l'espace de la pièce.

Les tolérances de position contraignent les aspects « forme », orientation et position. Leurs libertés, par rapport à la pièce réelle, résultent des libertés de la référence ou du système de référence par rapport à la pièce.

Dans tous les cas, la tolérance est respectée. Les tolérances de forme et d'orientation sont indépendantes de la position de la surface.

4.4.1. Objectifs du GPS

Le dessin de définition d'un produit, document en-tête du dossier de contractualisation entre un donneur d'ordre et un sous-traitant est, dans sa version initiale, élaboré par le bureau d'études. Il sert de base à la négociation avec le fabricant et le métrologue. Il supporte, sous la forme de spécifications de caractéristiques géométriques, une traduction des conditions fonctionnelles du produit dans leurs aspects géométriques. Les normes de spécification géométriques ont pour rôle principale de permettre une écriture et une lecture univoques de ces spécifications.



L'objectif général du concept **GPS** est donné dans l'introduction du rapport ISO/TR 14638 :
La spécification géométrique des produits, symbolisée **GPS**, consiste à définir, au travers d'un dessin de définition, la forme (géométrie), les dimensions et les caractéristiques de surface d'une pièce qui en assurent un fonctionnement optimal, ainsi que la dispersion autour de cet optimal pour laquelle la fonction est toujours satisfaite.

Le principe général du concept **GPS** (Geometrical Products Specification) demande de rendre cohérentes les démarches de spécification et de vérification, afin, qu'à toutes les étapes de la conception, de la réalisation et de la qualification du produit, le "contrat fonctionnel" exprimé par le concepteur et soumis au fabricant et au métrologue puisse être compris, respecté et vérifié.

Le concept **GPS** s'est avéré nécessaire suite :
– au développement de la sous-traitance de plus en plus souvent internationale, obligeant les entreprises à mieux gérer leur communication technique avec des partenaires lointains de cultures parfois différentes ;
– à la mise en place de plans d'assurance qualité très exigeants, internes et externes aux sociétés, introduisant des contraires réglementaires dans les relations entre client et fournisseur, interdisant les interprétations approximatives de spécifications demandées ;
– au développement important de l'utilisation des outils de CAO, qui permet de généraliser la construction de modèles géométriques susceptibles, dans les années qui viennent, de servir de base au développement d'outils de cotation assistés et/ou automatiques et de raccourcir le cycle de conception, spécification, réalisation, qualification.
– Il s'applique plutôt à une ingénierie de type séquentielle qui privilégie les acteurs dans l'organisation du cycle de conception-réalisation.

Le concept **GPS** vise à définir et proposer un langage de spécification des produits caractérisé par :
– l'expression sans ambiguïté des spécifications géométriques ;
– une base théorique robuste, permettant la caractérisation précise de spécifications géométriques, de leur contrôle ainsi que la prise en compte des évolutions futures des systèmes informatiques ;
– un code univoque et international ;
– une cohérence globale de l'ensemble des normes, évitant les "oublis", les redondances ou les interprétations multiples.

4.4.2. Schéma directeur CR ISO/TR 14638 (1996)

Pour unifier les normes actuelles et futures et garantir la cohérence du système en cours de construction, le rapport ISO/TR 14638 s'appuie sur une matrice qu'on pourait qualifier « de base » constituée de quatre groupes principaux de normes.

Normes GPS globales

Normes GPS et normes associées qui concernent ou influencent tout ou partie des chaînes de normes GPS générales.

Normes qui influencent tout ou partie des chaînes de normes générales ou complémentaires

NORMES GPS de base

Chaînes de normes GPS générales

1 La chaîne Taille
2 La chaîne Distance
3 La chaîne Rayon
4 La chaîne Angle
5 La chaîne Forme d'une ligne (indépendante d'une référence)
6 La chaîne Forme d'une ligne (dépendante d'une référence)
7 La chaîne Forme d'une surface (indépendante d'une référence)
8 La chaîne Forme d'une surface (dépendante d'une référence)
9 La chaîne Orientation
10 La chaîne Position
11 La chaîne Battement circulaire
12 La chaîne Battement total
13 La chaîne Références
14 La chaîne Profil de rugosité
15 La chaîne Profil d'ondulation
16 La chaîne Profil primaire
17 La chaîne Défaut de surface
18 La chaîne Arêtes

Noyau des normes, il établit les règles pour l'indication sur les dessins, les définitions et les principes de vérification, applicables à différents types de caractéristiques géométriques.

Chaînes de normes GPS complémentaires

A Normes de tolérance en fonction du procédé

A1 La chaîne Usinage
A2 La chaîne Fonderie
A3 La chaîne Soudage
A4 La chaîne Découpe thermique
A5 La chaîne Moulage plastique
A6 La chaîne Revêtement métallique et non organique
A7 La chaîne peinture

B Normes définissant la géométrie de produits (composants) particuliers

B1 La chaîne Filetages
B2 La chaîne Engrenages
B3 La chaîne Cannelures

Apportent des règles complémentaires qui dépendent du procédé de fabrication ou du type de produit

Traitent les règles et procédures de base pour la cotation et le tolérancement



4.4.3. Matrice générale réduite

Les matrices GPS générales ou complémentaires sont structurées en chaînes. La matrice GPS générale fait apparaître des chaînes pour dix-huit caractéristiques géométriques de l'élément considéré. Les caractéristiques recouvrent les notions de taille, distance, rayon, angle, forme, orientation, position, battement, profils, défauts de surface et arêtes.

Maillon n°		1	2	3	4	5	6
Caractéristiques géométrique de l'élément		**Indication dans la documentation du produit – Codification**	**Définition des tolérances – Définition théorique et valeurs**	**Définitions des caractéristiques ou paramètres de l'élément extrait**	**Evaluation des écarts de la pièce – Comparaison avec les limites de la tolérance**	**Exigences pour l'équipement de mesure**	**Exigences d'étalonnage – Etalons d'étalonnage**
1	Taille						
2	Distance						
3	Rayon						
4	Angle						
5	Forme ligne sans référence						
6	Forme ligne avec référence						
7	Forme surface sans référence						
8	Forme surface avec référence						
9	Orientation						
10	Position						
11	Battement circulaire						
12	Battement total						
13	Références						
14	Profil de rugosité						
15	Profil d'ondulation						
16	Profil primaire						
17	Défauts surface						
18	Arêtes						

La matrice GPS concerne essentiellement le normalisateur. En passant l'ensemble des normes du domaine par le filtre de la matrice GPS, il obtient directement les points sur lesquels il doit porter son attention. Les normes en révision sont celles qui ne définissent pas parfaitement le maillon. Une case vide indique les travaux futurs des comités de normalisation. Plusieurs normes dans une même case indiquent des risques de redondances ou d'incohérences.

4.4.4. Règles d'établissement des normes GPS

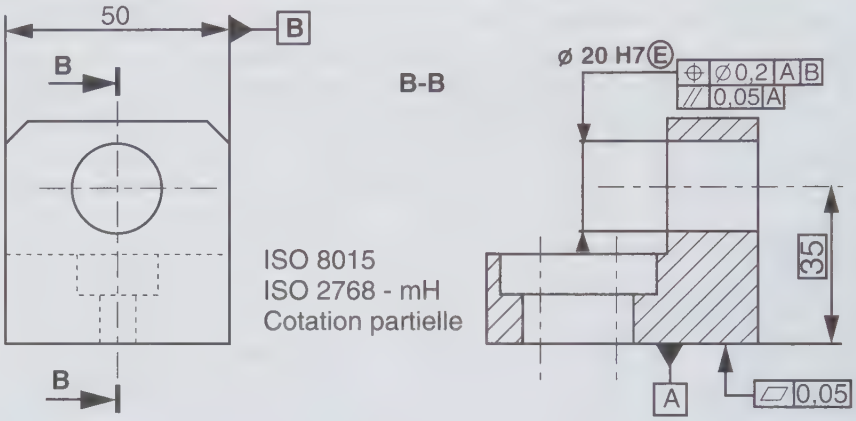
Afin d'assurer la cohérence pour les travaux en cours et futurs, les normalisateurs se sont fixés trois règles qui doivent s'appliquer pour la révision des normes :
– Règle d'univocité
– Règle d'exhaustivité
– Règle de complémentarité

4.4.5. Maillon 1 – Indication dans la documentation du produit – Codification

Regroupe les normes traitant de la façon d'indiquer sur le dessin les caractéristiques de la pièce. Définition des symboles et de la façon de les utiliser (calligraphie, syntaxe et grammaire).

Illustration sur un exemple :

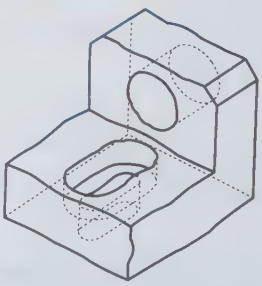
Le dessin de définition ci-dessous, coté partiellement, comporte quelques spécifications géométriques :
– 2 tolérances dimensionnelles dont une avec exigence d'enveloppe : ISO 129 – ISO 406 – ISO 8015 – ISO 286 – ISO 2768-1 et 2 ;
– tolérance géométrique de planéité d'une surface idéalement plane : ISO 1101 ;
– tolérance géométrique de localisation d'une ligne par rapport à un système de références spécifiées : ISO 1101 – ISO 5459 ;
– tolérance géométrique de parallélisme d'une ligne par rapport à une référence spécifiée : ISO 1101 – ISO 5459. Toutes ces spécifications sont indépendantes : ISO 8015



SUPPORT DE GALET TENDEUR

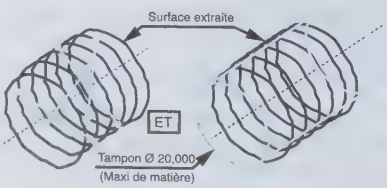
4.4.6. Maillon 2 – Définition des tolérances – Définition théorique et valeurs

Définition des valeurs numériques associées aux symboles, d'un point de vue textuel et d'un point de vue mathématique par rapport à l'élément nominal.
Mise en place de façon univoque des limites de variation pour les spécifications dimensionnelles et angulaires et des zones de tolérance pour les spécifications géométriques.
Pour cela, on imagine la pièce réelle que l'on représente par un "modèle peau" (skin model).
Ce modèle va permettre de traduire les exigences dimensionnelles et géométriques.



– Contraintes dimensionnelles avec exigence d'enveloppe :
ISO 286

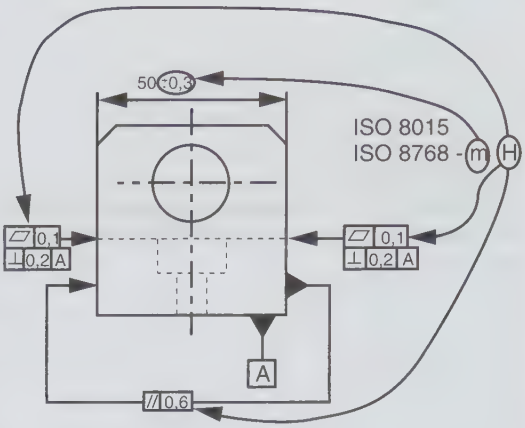
Toute taille locale di doit être comprise entre 20 et 20,021 mm et la surface cylindrique ne doit pas dépasser l'enveloppe de forme parfaite au maxi de matière de ∅ 20.



Tailles locales $d_i \leq 20{,}021$

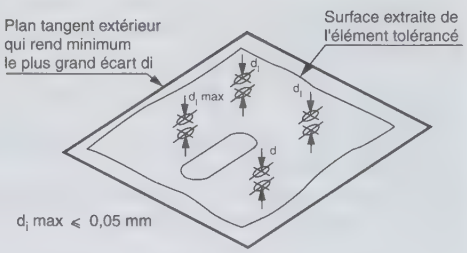
– Contraintes dimensionnelles non affectées de tolérances individuelles : ISO 2768 parties 1 et 2

Cote de 50 entre deux surfaces nominalement planes
– ISO 2768 – m ; tolérances générales pour dimensions linéaires et angulaires non affectées de tolérances individuelles. La cote de 50 a une tolérance liée à la classe (ici m) de ±0,3 mm ;
– ISO 2768 – H ; tolérances géométriques pour éléments non affectés de tolérances individuelles. Chacune des deux surfaces est contrainte à un défaut de planéité limité à 0,1 mm. Les deux surfaces sont contraintes à être parallèles entre elles à 0,6 mm et perpendiculaires à la surface repérée A à 0,2 mm.
Cela est valable pour toutes les surfaces et entre toutes les surfaces. Ce qui offre un nombre extrêmenent grand de possibilités, qu'il serait ridicule d'exprimer puisque cette norme sert justement à ne pas les faire apparaître.
Cette norme ne marche pas, elle est utilisée ici hors de son contexte normal d'application.



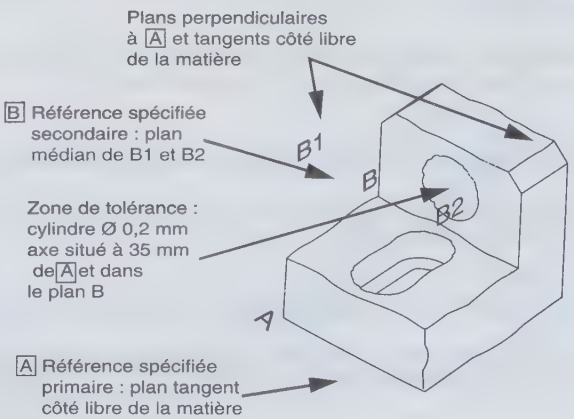
– Contrainte de planéité d'une surface idéalement plane : ISO 1101

L'élément tolérancé de type surface doit être entièrement contenu entre deux plans parallèles distants de 0,05 mm.

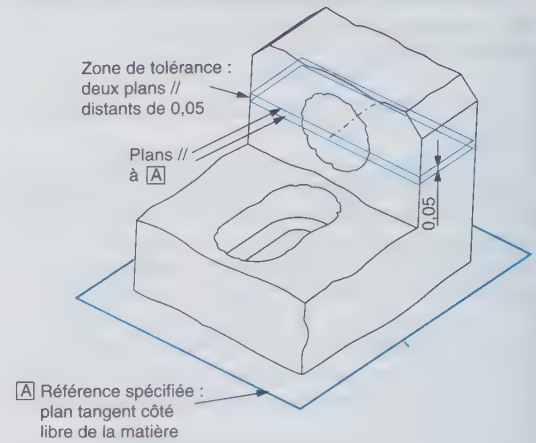


– Contrainte de localisation d'une ligne par rapport à un système de références spécifiées : ISO 1101 – ISO 5459 – ISO 5458

L'élément tolérancé de type ligne dérivée de la surface de l'alésage doit être entièrement contenu dans un cylindre de diamètre 0,2 mm dont l'axe est mis en position dans le système de références spécifiées A, B et par la cote de référence de 35 mm. Le cylindre de diamètre 0,2 mm a son axe situé à une distance de 35 mm du plan A et appartient à B, plan médian de B1 et B2.



– Contrainte de parallélisme d'une ligne par rapport à une référence spécifiée : ISO 1101 – ISO 5459 – ISO 10578



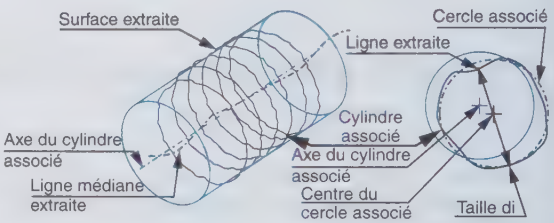
L'élément tolérancé de type ligne dérivée de la surface de l'alésage doit être entièrement situé entre deux plans distants de 0,05 mm et parallèles à la référence spécifiées A.

4.4.7. Maillon 3 – Définition des caractéristiques ou paramètres de l'élément extrait

Définition de l'élément extrait concerné par le symbole, d'un point de vue textuel et d'un point de vue mathématique.

– Ligne médiane extraite à partir d'un élément intégral extrait : ISO 14660-2 (1999)

Lieu des centres de sections, tels que :
– les centres des sections sont les centres de cercles associés,
– les sections sont perpendiculaires à l'axe du cylindre associé obtenu à partir de la surface extraite (son rayon peut donc être différent du rayon nominal).
Dans le cas de la définition par défaut (…) de la ligne médiane extraite d'un cylindre les conditions suivantes s'appliquent :
– le cercle associé est le cercle obtenu par la méthode totale des moindres carrés,
– le cylindre associé est le cylindre obtenu par la méthode totale des moindres carrés.



Section de la surface extraite perpendiculaire à l'axe du cylindre associé

4.4.8. Maillon 4 – Évaluation des écarts de la pièce – Comparaison avec les limites de la tolérance

Définition des exigences détaillées nécessaires à l'évaluation des écarts de la pièce par rapport à l'indication du dessin (en tenant compte de l'incertitude de mesure).

4.4.9. Maillon 5 – Exigence pour les équipements de mesure

Description des équipements de mesure. Définition des caractéristiques de l'équipement de mesure qui influencent l'incertitude de mesure.

4.4.10. Maillon 6 – Exigence d'étalonnage – Étalons d'étalonnage

Description des étalons d'étalonnage et des procédures d'étalonnage à utiliser pour vérifier les exigences fonctionnelles d'équipement de mesure du maillon 5.

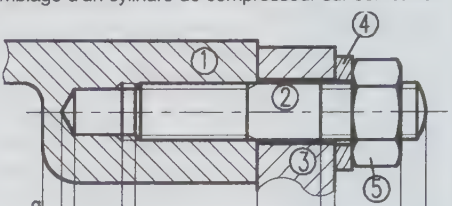
4.5. Cotation fonctionnelle

4.5.1. Méthode de résolution des chaînes de cotes

DONNÉES

Le dessin d'ensemble.
Le cahier des charges.

Exemple : assemblage d'un cylindre de compresseur sur son carter.



ANALYSE

Faire le dessin d'assemblage.
Repérer les pièces.

Recenser les conditions fonctionnelles.

Condition d'épaisseur de matière. — a

Condition de fabrication à ne pas traiter (entrée du taraud). — a

Condition d'assemblage (vissage à fond de filet). — b

Condition de résistance des filets, implantation. — c

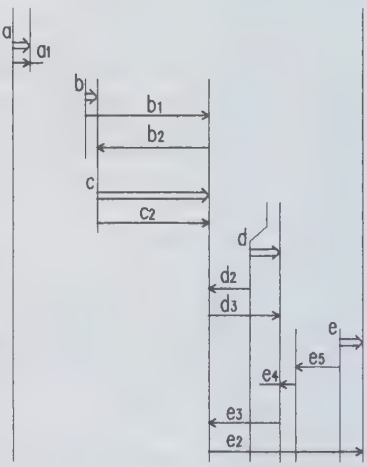
Condition de serrage (avec le défaut possible de rondelle). — d

Condition de montage. — e

Faire les dessins d'étude fonctionnels (ci-dessous).

Tracer des chaînes de cotes (voir 4.4.2).

Reporter les composantes sur les dessins.



CHOIX

Fixer les valeurs des conditions :
– justifier chaque choix,
– mémoriser les choix dans le dossier d'étude.

Consulter les données des fabricants de composants
– mémoriser les valeurs des cotes des composants et leurs tolérances.

CALCUL

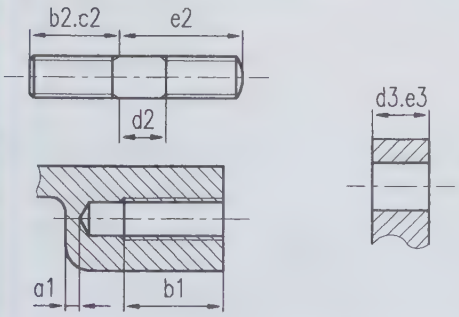
Traiter les calculs (voir 4.4.2)
– répartir les tolérances, connaître les possibilités de fabrication.

Reporter les valeurs des cotes sur les dessins fonctionnels.

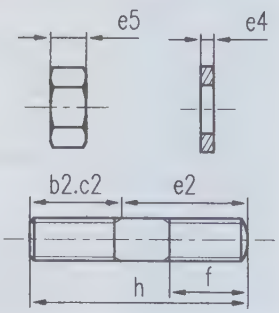
Vérifier les compatibilités des cotes.

INSCRIPTION

Dessins d'étude fonctionnels



Éléments standard sur catalogues



VÉRIFICATION

Il est nécessaire de vérifier la compatibilité entre la cotation fonctionnelle et la cotation proposée par le fabricant sur son catalogue, ou entre des éléments déjà existants.

4.5.2. Tracé et résolution des chaînes de cotes

DONNÉES

Isoler la fonction à satisfaire.

Traduire la fonction à assurer par une cote condition entre deux éléments d'une même pièce ou de deux pièces (ici la possibilité de serrage à fond de filet est traduite par une distance minimale de zéro entre l'extrémité du goujon et la fin du taraudage).

ANALYSE

Considérer les seuls éléments des pièces ayant une influence strictement directe sur la condition à satisfaire pour obtenir la chaîne la plus courte possible (ici, les pièces 1 et 2).

Installer le vecteur condition.

Orientation :

Le vecteur condition est orienté par convention vers la droite ou vers le haut, qu'il soit minimal ou maximal.

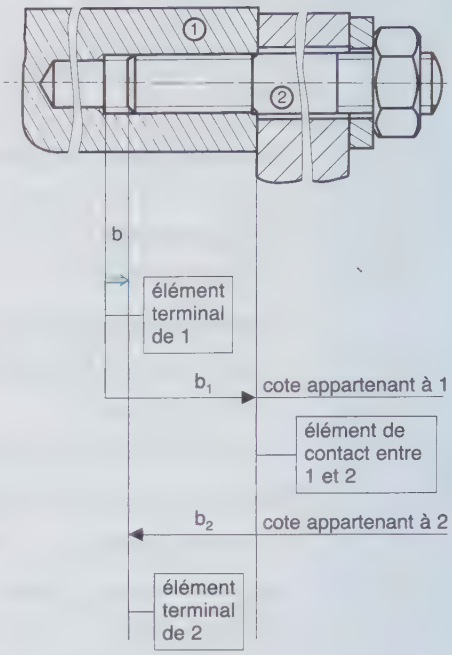
Tracer les composantes.

Partir du pied du vecteur condition (de l'élément terminal de 1).

Rejoindre la surface de la même pièce qui soit un élément de contact participant directement à la fonction traitée.

De la surface de contact (commune à 1 et 2), rejoindre une surface de 2 qui soit un élément terminal ou de contact avec une autre pièce participant directement à la fonction traitée (ici élément terminal de 2).

Exemple : calcul de la condition b.



Règles :

Une composante ne doit appartenir qu'à une seule pièce, sinon elle devient elle-même une condition.
– Une condition peut devenir une composante, la compatibilité doit être respectée (ici, la cote b_2 qui fut une condition d'implantation).
– Il ne doit y avoir qu'une seule cote par pièce.
– Pour une pièce isolée, la cote condition et la cote fonctionnelle sont généralement confondues. Dans ce cas, il n'y a pas de chaîne de cotes et l'inscription se fait directement sur le dessin (voir page 97 la cote a_1).

CALCUL

Résoudre les calculs.

Forme générale de la relation vectorielle $\vec{b} = \vec{b_1} + \vec{b_2}$

b mini = b_1 mini – b_2 maxi
0 = b_1 mini – 13
b_1 mini = 13

Répartir les tolérances.

$ITb \geqslant ITB_1 + ITb_2$
$3 = ITb_1 + 1$
$ITb_1 = 2$

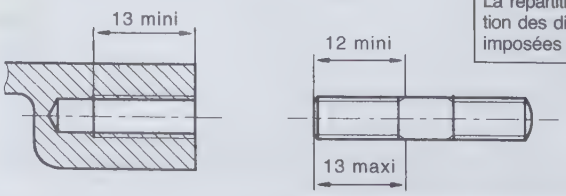
La valeur mini ou maxi est donnée directement par le sens des composantes.
L'orientation de la condition donne la valeur et le signe aux composantes.
Une composante de même sens que la condition sera de même valeur mini ou maxi et de signe positif (b_1) ; une composante de sens inverse sera négative et de valeur inverse (b_2).

La tolérance de la condition est égale à la somme des tolérances des composantes.

La répartition des tolérances se fait en fonction des difficultés de réalisation et de celles imposées par les éléments standard.

RÉSULTAT

Reporter les cotes sur les dessins.



4.5.3. Chaîne avec condition négative (serrage)

DONNÉES

CALCUL

Exemple : Joint comprimé assurant une étanchéité.

Épaisseur du joint standard au repos : $\mathbf{c_3} = 10^{\pm 0,5}$

$\mathbf{c_2}$ nominal = 30 IT = – 0,2

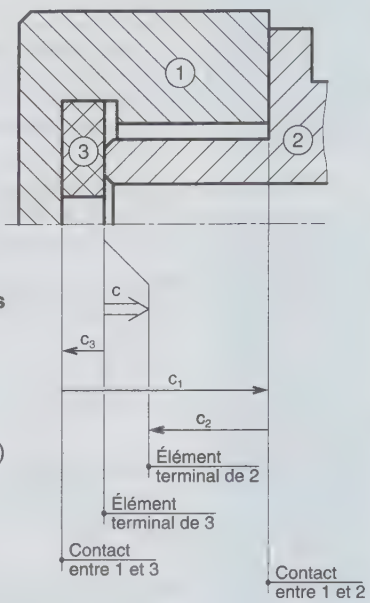
Compression minimale du joint : 2 mm

Compression maximale du joint : 4 mm

Recherche de **c1** et de sa tolérance

Poser **c** tel que $\mathbf{c} = 0^{+ES}_{+EI}$ ou $\mathbf{c}^{-2}_{-4}$ avec **c mini** = – 4

c maxi = – 2



Tracer la chaîne de cotes en considérant les pièces au repos.

c mini = – c_3 maxi + c_1 mini – c_2 maxi

– 4 = – 10,5 + c_1 mini – 30,2

c_1 mini = 36,7

c_1 maxi = 36,7 + (ITc – ITc_2 – ITC_3) = 36,7 + (2 – 0,4 – 1)

= 37,3

ou pour démonstration

c maxi = – c_3 mini + c_1 maxi – c_2 mini

– 2 = – 9,5 + c_1 maxi – 29,8

c_1 maxi = 37,3

4.5.4. Chaîne avec jeu incertain

DONNÉES

CALCUL

Exemple : Clips dans une tôle.

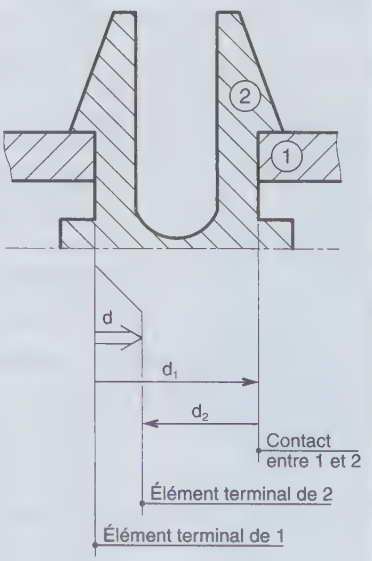
La tolérance du trou doit être large à cause des contraintes de réalisation sur site (perceuse à main).

Le clips peut admettre une légère déformation de 0,5 mm.

Diamètre du clips : $5^{0}_{-0,1}$

Le jeu maximal entre le clips et la tôle est de 0,5.

On peut admettre qu'un jeu incertain de ± 0,5 n'est pas nuisible à la fonction et qu'il permet une plus grande tolérance sur le trou.



Poser d tel que $\mathbf{d} = 0^{+ES}_{+EI}$ ou $\mathbf{d} = 0^{\pm 0,5}$

avec **d** mini = – 0,5

d maxi = + 0,5

d mini = d_1 mini – d_2 maxi

– 0,5 = d_1 mini – 5,1

d_1 mini = 4,6

d_2 maxi = d_1 mini + (ITd – ITd_2) = 4,6 + (1 – 0,2)

d_2 maxi = 5,4

$d_2 = 5^{\pm 0,4}$

Rappel : ES : écart supérieur ; EI : écart inférieur

4.5.5. Chaîne avec condition dépendant d'un jeu

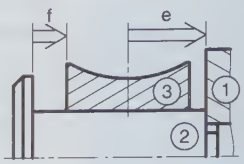
DONNÉES

Exemple : Montage d'une poulie de bande transporteuse.

Le bon fonctionnement est fonction de trois conditions :
- Jeu de fonctionnement — $5 < f < 9$
- Auto-alignement de la bande
- Positionnement axial de la concavité de la poulie par rapport au bâti $145 < e < 155$

Largeur de la poulie = $300^{\pm 0,5}$

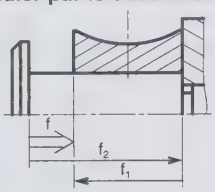
IT condition > jeu maxi

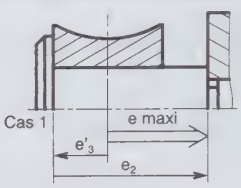


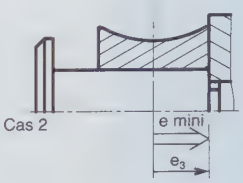
4.5.5.1. Résolution par simulation

ANALYSE

Simuler par le dessin les positions limites des pièces







CALCUL

Traiter la condition f
f mini $= f_2$ mini $- f_1$ maxi
5 $= f_2$ mini $- 300,5$
f_2 mini $= 305,5$

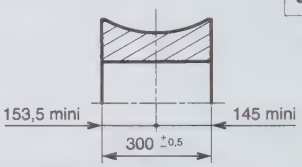
Traiter e maxi
e maxi $= -\,e'_3$ mini $+ e_2$ maxi
155 $= -\,e'_3$ mini $+ 308,5$
e'_3 mini $= 153,5$

Traiter e mini
e mini $= e_3$ mini $= 145$

Les chaînes de cotes sont différentes.

RÉSULTAT

Cotation fonctionnelle :
La cotation fonctionnelle de la poulie sera modifiée à la fabrication : 2 cas possibles
La cote $300^{\pm 0,5}$ sera gardée.
Les cotes 153,5 mini ou 145 mini peuvent être transférées.





Si une condition est fonction d'un jeu, il existe deux possibilités de tracé intéressantes.
Si elle est fonction de n jeux, il existe 2^n possibilités intéressantes.

4.5.5.2. Résolution par les cotes fictives

Règle

$e_f = 0 +$ (f maxi – IT des cotes communes aux deux chaînes)

Il ne faut pas prendre en compte dans la chaîne **e** des IT déjà intervenus dans la chaîne **f**.

CALCUL

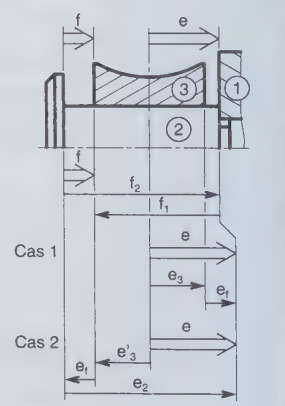
Traiter la condition f
f mini $= f_2$ mini $- f_1$ maxi
5 $= f_2$ mini $- 300,5$

$f_2 = 305,5\,^{+3}_{0}$

Traiter la condition e : deux tracés sont possibles.

Cas 1 pas de cote commune — $e_f = 0^{(9)}$
e mini $= e_3$ mini $+ e_f$ mini
145 $= e_3$ mini $+ 0$ — e_3 mini $= 145$
e maxi $= e_3$ maxi $+ e_f$ maxi
155 $= e_3$ maxi $+ 9$ — e_3 maxi $= 146$

Cas 2 une cote commune $e_2 = f_2$ — $e_f = 0^{(9-3)}$
e mini $= e'_3$ maxi $- e_f$ maxi $+ e_2$ mini
145 $= -\,e'_3$ maxi $- 6 + 305,5$ — e'_3 maxi $= 154,5$
e maxi $= -\,e'_3$ mini $- e_f$ mini $+ e_2$ maxi
155 $= -\,e'_3$ mini $- 0 + 308,5$ — e'_3 mini $= 153,5$



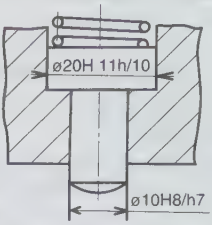
Remarque : cette méthode permet d'éviter les transferts.

4.5.6. Résolution des chaînes de cotes avec maillons d'excentration

4.5.6.1. Cotation d'assemblage avec maillons d'excentration (coaxialité au maximum de matière)

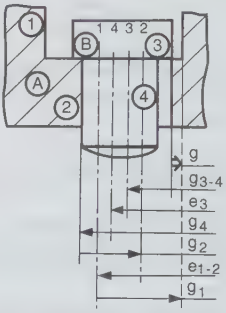
DONNÉES

Exemple : Vérin de soutien pour montage d'usinage.



Données : Le diamètre 20 de la pièce B doit rester brut d'étirage soit 20 h10, le diamètre du trou 1 est 20 H11 dans A.
Les ajustements de guidage proposés sont ∅ 20 HB/h7 ou ∅ 20 H8/f7.
La pièce B doit se monter dans la pièce A dans le cas le plus défavorable d'assemblage (pièces au maximum de matière).

Problème à résoudre : Calcul des tolérances maximales de ◎ sur les pièces A et B entre les ∅ 10 et ∅ 20 pour une condition **g mini ≥ 0**.



CALCULS

Résolution par les chaînes de cotes.
$g\ mini = -\ g_3\ maxi - e_{3-4}\ maxi - g_4\ maxi + g_2\ mini - e_{1-2}\ maxi + g_1\ mini$
$= (g_1\ mini - g_3\ maxi) + (g_2\ mini - g_4\ maxi) - (e_{1-2}\ maxi + e_{34}\ maxi) \geq 0$

Règle — **Généralisation**

Σ jeux diamétraux mini − Σ ◎ sur A et B ≥ 0 (multiplier l'équation par 2)

Exemple 1 : ∅ 20 H11/h10 et ∅ 10 H8/h7

Σ ◎ sur A et B = 0

Cote sur A	1	◎ ∅ 0 Ⓜ 2 Ⓜ
Cote sur B	3	◎ ∅ 0 Ⓜ 4 Ⓜ

Exemple 2 : ∅ 20 H11/h10 et ∅ 10 H8/e7

Σ ◎ sur A et B = 0,025

Cote sur A	1	◎ ∅ 0,012 Ⓜ 4 Ⓜ
Cote sur B	3	◎ ∅ 0,013 Ⓜ 4 Ⓜ

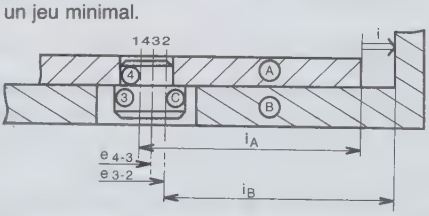
Remarque : Les axes sont représentés dans le cas le plus défavorable de montage.

4.5.6.2. Cotation de fonctionnement avec maillons d'excentration

DONNÉES

Cas général : la condition de fonctionnement est un jeu minimal.

Exemple : montage simplifié d'un bras A.
L'ajustement entre A et C est serré. Les axes 1 et 4 sont confondus.
L'ajustement entre C et B est ∅ 10 H8/f7
La coaxialité sur C est ∅ 0,2 $e_{3-4} = 0^{\pm 0,1}$
La longueur du logement dans B est $i_B = 54^{+0,5}_{0}$
La pièce A ne doit pas toucher la pièce B dans le cas le plus défavorable de fonctionnement.



Ce cas se situe quand le jeu entre B et C est maximal et qu'il vaut 0,05 (3 et 2 au minimum de matière).
Le jeu entre 2 et 3 est caractérisé par le maillon $e_{3-2} = 0^{\pm 0,025}$

Problème à résoudre : Calcul de la cote i_A et de sa tolérance.

CALCULS

Résolution par les chaînes de cotes (les axes sont représentés dans une position aléatoire).

La condition de fonctionnement est i mini = 0
$i\ mini = -\ i_A\ maxi + e_{4-3}\ mini + e_{3-2}\ mini + i_B\ mini$ ou $i\ mini = -\ i_A\ maxi + i_B\ mini - e_{4-3}\ maxi - e_{3-2}\ maxi$

Règle — **Généralisation**

condition mini = Σ composantes - 1/2 Σ (jeu maxi + ◎ + ⏥) − ⏥

IT condition − Σ IT cotes + Σ jeux maxi + Σ (◎ + ⏥ + ⏥)

$0 = i_A\ maxi + 54 - 0,025 - 0,1$
IT i = 1
IT $i_A = 1 - 0,5 + 0,05 + 0,2 = 0,25$

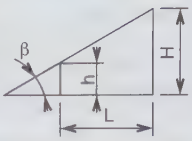
$i_A\ maxi = 53,875$
$i_A\ mini = 53,675$

$i_A = 53,7^{+0,175}_{-0,025}$

4.5.7. Cotation des assemblages prismatiques

Généralités sur les éléments prismatiques

Plan de jauge : plan de section droite qui sert à définir la position axiale des éléments d'assemblage. Ce plan est commun aux deux éléments et il figure sur leurs dessins respectifs.



Angle du prisme : angle sous lequel les deux faces du prisme se coupent.

$$s = \frac{H - h}{L} = \tan\beta$$

Pente ou inclinaison du prisme : rapport entre la différence des hauteurs **H** et **h** et de la distance **L** entre deux sections planes, parallèles à l'arête fictive du prisme et perpendiculaires à l'une de ses faces. Elle est exprimée par une fraction, un pourcentage, ou un nombre.

Valeurs recommandées d'angle de prisme et d'inclinaison

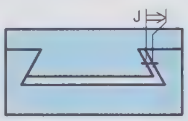
Angles de prismes β						
(0° 30')	(3°)	(6°)	(9°)	20°	45°	90°
(1°)	(4°)	(7°)	(10°)	30°	60°	120°
(2°)	5°	(8°)	15°	(40°)	(75°)	
Les valeurs entre parenthèses sont à éviter.						

Inclinaisons de prismes S						
nombre	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1
pourcentage	0,2 %	0,5 %	1 %	2 %	5 %	10 %
fraction	1:500	1:200	1:100	1:50	1:20	1:10

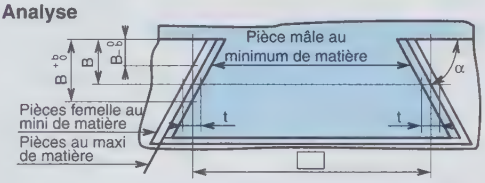
Proposition de cotation d'assemblages prismatiques

Queue d'aronde simple

Les fonctions à assurer sont un guidage précis et une bonne portée.
Cela impose une condition de jeu **J** faible.



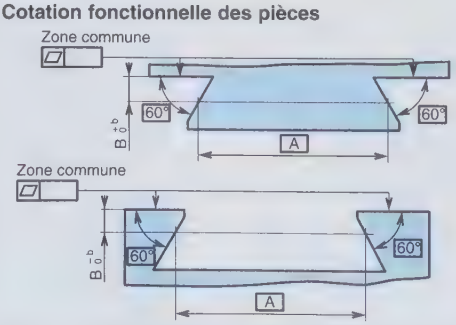
Analyse



L'ensemble est représenté au maximum et au minimum de matière.
J = 0 quand les pièces sont au maximum de matière.
J = **2 t** quand les pièces sont au minimum de matière.
La cote située dans le plan de jauge est une cote théorique encadrée appartenant aux deux pièces dans leur état au maximum de matière.
La cote des angles est une cote théorique encadrée les représentant dans leur état au maximum de matière.
La position du plan de jauge est située par une cote tolérancée en moins pour la pièce femelle, en plus pour la pièce mâle. Le jeu est reporté sur ces cotes tel que :

$$b = \frac{t \times \tan 60°}{2}$$

Cotation fonctionnelle des pièces

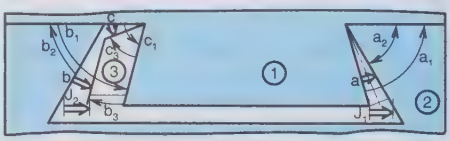


Queue d'aronde avec réglage du jeu

Les fonctions à assurer sont un guidage précis et une bonne portée.
Le jeu est réglé par un dispositif utilisant une cale.



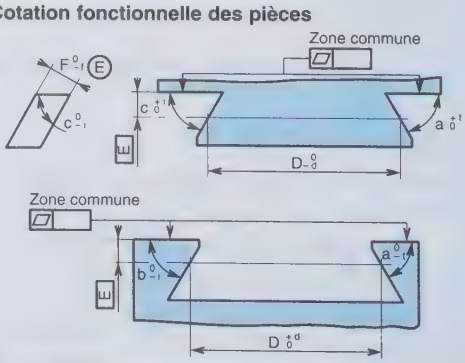
Analyse



J_1 : condition de portée, sa valeur est faible, elle est traduite en condition angulaire **a**.
J_2 : condition de montage, sa valeur est large, elle conduit à une chaîne de cotes dimensionnelle et à une chaîne de cotes angulaire de condition **b**.
c : condition de montage, sa valeur est large.

La cote **D** peut être large grâce au système de réglage.
La cote **E** de position du plan de jauge est théorique donc encadrée.

Cotation fonctionnelle des pièces

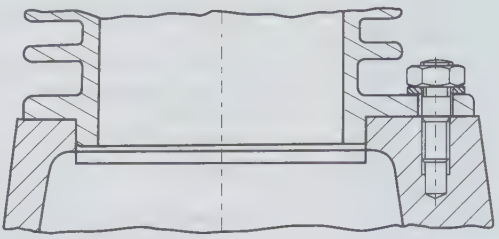


4.5.8. Cotation géométrique d'assemblage au maximum de matière

Exemple : assemblage d'un cylindre de compresseur sur son carter.

Données

La liaison est assurée par un appui plan et un centrage.
Le maintien est assuré par quatre goujons M8 implantés dans le carter.
Le montage ne doit demander aucun ajustage.
Les pièces doivent être interchangeables.
Les appareils de contrôle seront constitués essentiellement de jauges et de gabarits.
La tolérance de planéité des plans est de 0,02.
Qualité des goujons : ∅ 8 h11 ($8^{\ 0}_{-0,09}$)
Ajustement de centrage : ∅ 65 H8/h7



Démarche de travail

– Déterminer l'implantation du goujon (voir 4.5.2.).
– Choisir les éléments standard.
– Déterminer l'ajustement de fonctionnement (n'entre pas dans le cadre de la cotation d'assemblage).
– Coter la géométrie de la liaison plan et centrage (voir 4.5.9.).
– Coter le diamètre des trous de passage.
– Coter la position des trous de passage et des trous taraudés, déterminer l'étendue de la zone de tolérance (voir 4.5.10.).

4.5.9. Cotation d'une perpendicularité au maximum de matière

Démarche

Premier cas

Deuxième cas

Exemple : étude de la liaison plan et centrage.

Étudier les cas les plus défavorables :
Les pièces sont au maximum de matière (∅ 65 et ∅ 65).

L'assemblage a un jeu nul.
La géométrie des pièces doit être parfaite.

Les pièces sont au minimum de matière (∅ 64,970 et ∅ 65,046).

L'assemblage a un jeu de 0,076. Ce jeu autorise des défauts de perpendicularité sur les pièces.

La somme de ces défauts est égale au jeu.

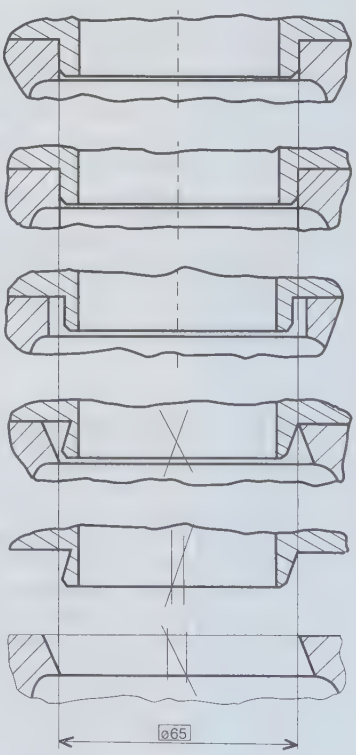
Pour que les pièces restent interchangeables, il est nécessaire de limiter leur défaut à leur tolérance dimensionnelle.

Rechercher les références géométriques :
Les surfaces de contact les plus grandes et qui fonctionnellement ont une bonne géométrie (planéité de 0,02) sont les plans B et D.

Inscrire la tolérance de perpendicularité.
La tolérance du défaut géométrique des éléments de centrage par rapport à leur référence spécifiée est donc de 0 quand ces éléments sont au maximum de matière.
Soit à inscrire sur le cylindre : ⊥ | ∅ 0 Ⓜ | E

voir page 126.

Soit à inscrire sur le carter : ⊥ | ∅ 0 Ⓜ | D



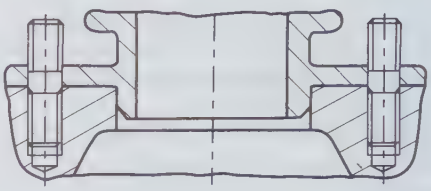
4.5.10. Cotation de position au maximum de matière

Démarche

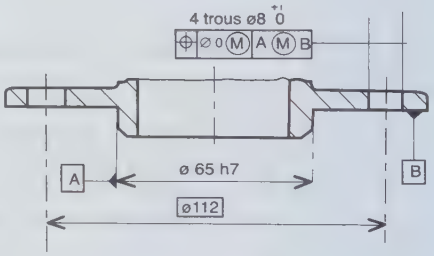
Première étape

Exemple : Liaison par quatre goujons M8 d'un cylindre sur son carter.

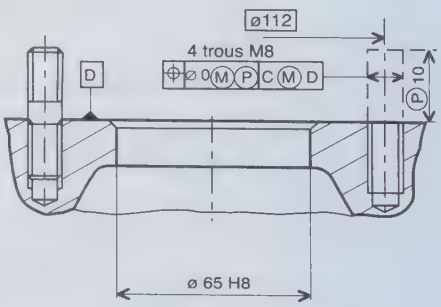
Le diamètre maximal des trous a été fixé au ∅ 9 mm.
Considérer le cas de montage le plus défavorable avec les hypothèses suivantes :
– aucun jeu quand tous les éléments de la liaison sont au maximum de matière ;
– les positions des trous, des goujons doivent être parfaites dans ce cas, d'où la cotation suivante :



Coter la tolérance de position.
La tolérance individuelle de position des trous est de 0 quand ils sont au maximum de matière (∅ 8).
Rechercher la direction de la tolérance.
La tolérance doit être exprimée dans deux directions.
La tolérance évoluera dans un cylindre.
Coter la distance des entraxes de position.
Les distances des entraxes sont des cotes théoriques. Il ne faut pas les tolérancer, leur distance peut varier à l'intérieur du cylindre de tolérance de position.
Choisir les références de position.
Les références de position doivent participer à la liaison, d'où le choix de l'axe du diamètre 65 et des plans B et D.



Coter l'étendue de la tolérance.
Pour les trous du cylindre, la tolérance de position doit s'étendre sur toute leur hauteur.
Pour les trous taraudés du carter, il faut considérer le montage des goujons. Les goujons implantés ne doivent pas perturber le montage (il ne doit pas être nécessaire de les redresser). L'étendue de la tolérance de position des trous taraudés doit être projetée, elle est égale à la hauteur des goujons.



Deuxième étape

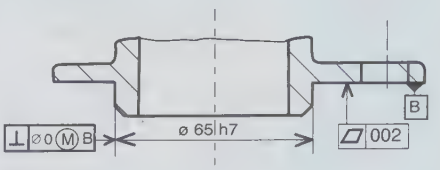
Considérer qu'il est nécessaire d'avoir du jeu dans le cas le plus défavorable ainsi que des tolérances de position > 0. On peut constater que la tolérance du diamètre des trous du cylindre est grande (1 mm), la réduire de 0,5 mm est sans effet économique.



Réduire la tolérance des trous de passage de manière à ce que le jeu soit augmenté au maximum de matière (dans ce cas on ne peut pas réduire la tolérance du taraudage).

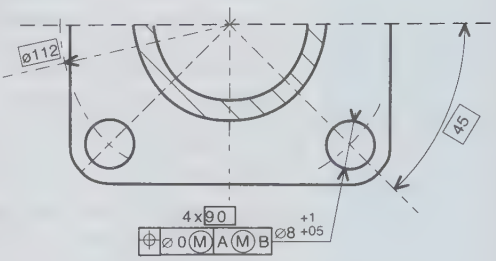
Les trous passent de 8^{+1}_{0} à $8^{+1}_{+0,5}$.

Le jeu fonctionnel de l'ajustement du centrage ne peut pas être modifié (autre condition), il est de 0 au maximum de matière.



Répartir les tolérances.

Le jeu au maximum de matière est de 0,5 mm. Cet accroissement de jeu met à notre disposition 0,5 mm de tolérance à répartir selon notre convenance de manière à avoir, au **maximum de matière** :



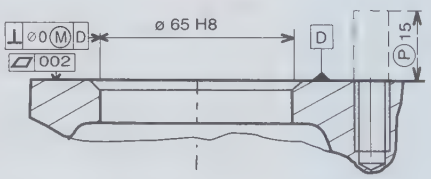
Ø trou – Ø goujon = Σ tolérances ⌖ + 2 j mini + jeu mini du centrage

La répartition est économique, elle doit se faire avec l'accord des fabricants. Soit :

0,1 = j mini (pour faciliter le montage).

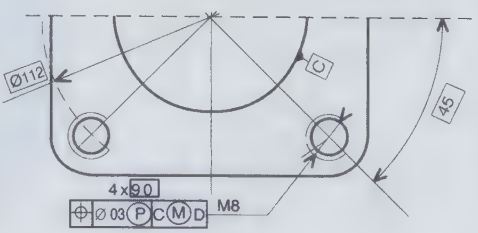
0,3 pour la tolérance de position des trous taraudés.

0 pour la tolérance de position des trous de passage.



Le gabarit de contrôle est défini à partir de cette cotation fonctionnelle suivant l'état virtuel des éléments à contrôler.

Nota : La tolérance sur les trous de passage du cylindre pourra être transférée par le fabricant en réduisant la tolérance des trous tout en restant dans leur enveloppe virtuelle définie par la cotation du bureau d'étude. Il n'en est pas de même pour le taraudage car le fabricant ne peut pas prélever sur la tolérance du diamètre une part réservée à la position.



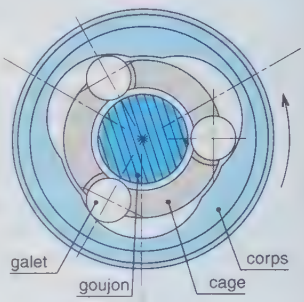
4.5.11. Cotation par simulation graphique

La cotation et le tolérancement des profils peuvent demander des calculs très longs.
Pour les éviter, il est intéressant d'utiliser des méthodes graphiques de résolution.
Ces résolutions peuvent être réalisées manuellement ou par dessin assisté par ordinateur (DAO).

DONNÉES

Exemple : Cotation et tolérancement des lobes d'une dégoujonneuse.

Principe : Trois galets après rotation du corps serrent par arc-boutement un goujon de diamètre 10 afin de faciliter son desserrage.

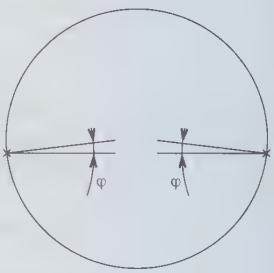


Problème à résoudre : Déterminer la zone de tolérance de forme de la surface des lobes et sa position limite.

Données :
Le diamètre des goujons peut varier de 9,7 à 10,2.
Les galets sont standards, de $\varnothing 6^{\pm 0,001}$.
Une prédétermination graphique de la dimension des lobes a permis d'évaluer la cote nominale de leur rayon à 8 mm. Cette valeur est une dimension linéaire nominale qui correspond à un diamètre de 16 dans la série Renard. On trouvera donc les outils correspondants.

ANALYSE

Hypothèses relatives à la fabrication :
Toutes les solutions de fabrication sont à envisager (usinage, fonderie, matriçage...). Ceci implique une cotation strictement fonctionnelle.



Hypothèses relatives à l'arc-boutement.
Le coefficient de frottement est de 0,11.

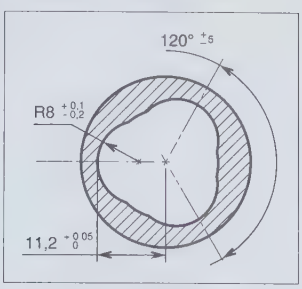
TRACÉ

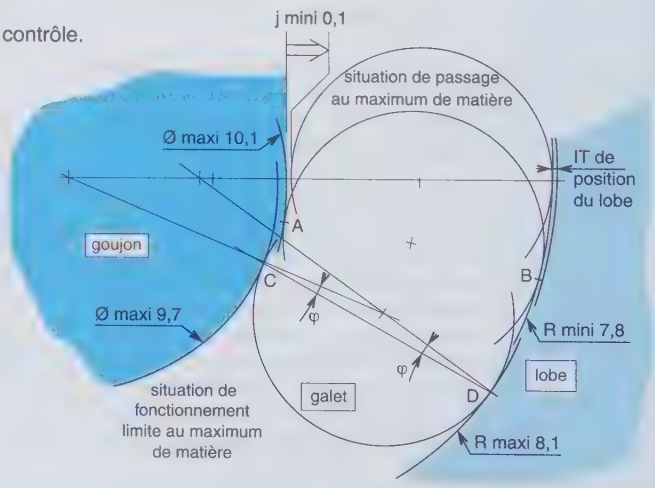
Déterminer les limites de l'arc-boutement.
Tracer les points de contact limites sur le galet.
Calculer les limites minimales de fonctionnement.
Tracer les pièces à une très grande échelle.
Simuler les pièces au maximum de matière.
Simuler les pièces au minimum de matière.
Rechercher les points de contact entre le galet et le goujon et entre le galet et le lobe.
Faire évoluer le rayon et la position du lobe vers leur maximum possible en restant dans les limites de l'arc-boutement.

MESURE

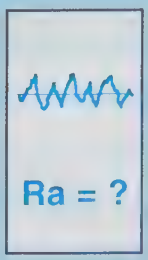
Mesurer les écarts à l'échelle.
Déduire les plages de variation.
Traduire les variations en tolérances.
Reporter les cotes.
Définir les moyens de contrôle.

Plusieurs formes de cotation sont possibles (de forme et de position ou dimensionnelle d'enveloppe).





5. États de surface



Banque de **DONNÉES**

Guide de **CHOIX**

5.1. Avertissement, définitions ____ 130

5.1.1. Avertissement, origines des travaux ____ 130
5.1.2. Définitions ____ 130

5.2. Surfaces, profils : définitions ____ 131

5.2.1. La surface et ses différentes définitions ____ 131
5.2.2. Profils de surface ____ 131

5.3. Paramètres de profil ____ 132

5.3.1. Définitions ____ 132
5.3.2. Paramètres de profil ____ 133

5.4. Paramètres liés aux motifs ____ 134

5.4.1. Définitions ____ 134
5.4.2. Paramètres liés aux motifs ____ 135

5.5. Spécifications de l'état de surface ____ 136

5.5.1. Indications d'un état de surface ____ 136
5.5.2. Indications des stries de surface ____ 137
5.5.3. Position sur les dessins et autre documentation technique de produits ____ 138
5.5.4. Indications minimales afin d'assurer une maîtrise non ambiguë des fonctions de surface ____ 140
5.5.5. Données générales ____ 141
5.5.6. Exemples de choix des critères ____ 141
5.5.7. Relation entre les paramètres et la fonction des surfaces ____ 142

5.1. Avertissement, définitions

5.1.1. Avertissement, origines des travaux

L'état de surface d'une pièce a une large incidence sur un grand nombre de ses aptitudes, en particulier :
- aptitudes au frottement, à l'usure, à recevoir un revêtement...
- aptitudes à résister à la corrosion, à la fatigue...

Le bureau d'études doit être en mesure de spécifier le plus précisément possible cet état de surface.

Les principaux documents et tableaux des pages suivantes sont issus des normes européennes :
• **NF EN ISO 1302** – Avril 2002 – indice E05-016
Spécification géométrique des produits (GPS).
Indication des états de surface dans la documentation technique de produits.
• **NF EN ISO 4287** – Décembre 1998 – indice E05-015
Spécification géométrique des produits (GPS).
État de surface : méthode du profil.
Termes, définitions et paramètres d'état de surface.
• **NF EN ISO 12085** – Mars 1998 – indice E05-020
Spécification géométrique des produits (GPS).
État de surface : méthode du profil.
Paramètres liés aux motifs.
• **NF EN ISO 4288** – Mars 1998 – indice E05-054
Spécification géométrique des produits (GPS).
État de surface : méthode du profil.
Règles et procédures pour l'évaluation de l'état de surface.
• **NF EN ISO 3274** – Décembre 1996 – indice E05-052
Spécification géométrique des produits (GPS).
État de surface : méthode du profil.
Caractéristiques nominales des appareils à contact (palpeurs).

Les industries mécaniques peuvent largement s'appuyer sur ces normes.
Le choix des critères d'états de surfaces au bureau d'études, doit être fait à partir des nécessités fonctionnelles des surfaces étudiées.
Le choix des valeurs limites (souvent maximales) affectées à ces critères peut s'effectuer :
- expérimentalement,
- par analogie avec des cas semblables ou pour des pièces semblables.

Les mesures qui, par suite, valideront ces spécifications devront être indépendantes de l'opérateur et du moyen d'exploration. Pour cette raison, les références de captage devront être indépendantes des surfaces mesurées.
Le matériel actuel permet, à l'aide de calculateurs, de séparer rugosité, ondulation et profil total.
Ces mesures et l'obtention d'un état de surface en usinage sont développées dans le **Mémotech Productique** ***« matériaux et usinage »***.

5.1.2. Définitions

Le terme « états de surface » englobe :

États de surface

Géométrique	**défini par :**	**Physico-chimique** (1)
– écarts géométriques classés sous quatre numéros d'ordre		différentes caractéristiques de la couche superficielle
	mesuré par :	
– l'étendue globale ou limitée d'une surface, – la longueur totale ou partielle d'un profil		l'étendue globale ou limitée d'une surface
	déterminé au moyen de :	
– comparateurs, – machines à mesurer sans calculateur ni enregistreur, – appareils électroniques avec calculateur et/ou enregistreur, – etc.		– appareils optiques, – appareils électroniques avec calculateur et enregistreur, – appareillages chimiques, – appareils à rayons X, – etc.

(1) Ce chapitre traite uniquement de l'état géométrique des surfaces.

5.2. Surfaces, profils : définitions

NF EN ISO 4287
E 05-015

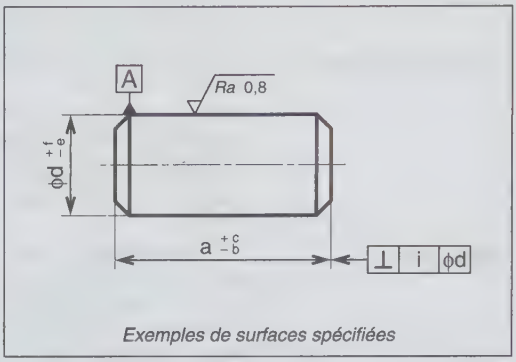
Données

5.2.1. La surface et ses différentes définitions

Surface réelle — Surface qui limite le corps et le sépare du milieu environnant. En pratique, surface résultant de la fabrication.

Surface géométrique — Surface idéale dont la forme et les dimensions sont définies par le dessin ou tout autre document technique.

Surface spécifiée — Surface dont les limites sont définies, à partir de la surface géométrique, au moyen de symboles et de valeurs numériques indiquées sur le dessin la représentant.



Exemples de surfaces spécifiées

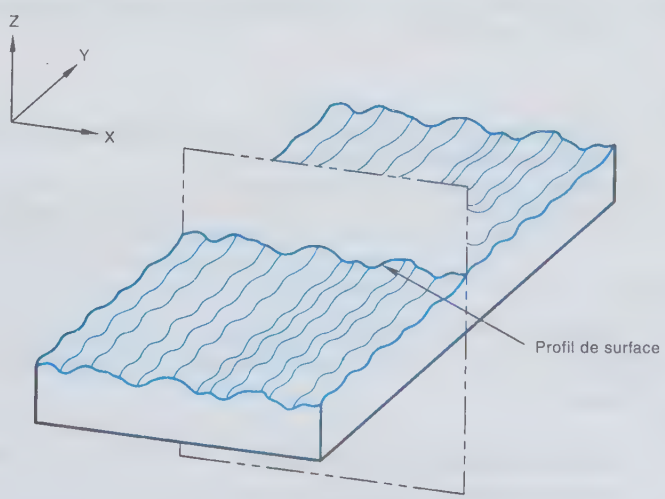
Surface de référence — Surface à partir de laquelle les écarts géométriques de surface sont déterminés.
La surface de référence a la forme de la surface géométrique et sa position coïncide avec l'orientation générale de la surface réelle dans l'espace. Mathématiquement, elle peut être déterminée, par exemple, par la méthode des moindres carrés.
Actuellement aucun paramètre de rugosité **de surface** n'est normalisé.

Surface mesurée — Surface déterminée par les instruments de mesurage à partir de la surface réelle.
Les divers types d'instruments et les différentes techniques de mesurage des surfaces peuvent donner, à partir d'une même surface réelle, des surfaces mesurées différentes.
Le degré d'approximation de la surface mesurée par rapport à la surface réelle dépend :
– de la précision de l'instrument de mesurage employé (sensibilité, fidélité, justesse) ;
– des techniques de mesurage appliquées (méthodes d'exploration et de dépouillement des valeurs permettant de définir la surface mesurée) ;
– de la nature même de la surface réelle.

5.2.2. Profils de surface

Ligne qui résulte de l'intersection de la surface réelle par un plan de coupe donné.

Remarque : en pratique, il est courant de choisir un plan dont une normale est théoriquement parallèle à la surface réelle et de direction appropriée.



Profil de surface

5.3. Paramètres de profil

NF EN ISO 4287-3274

Données

5.3.1. Définitions

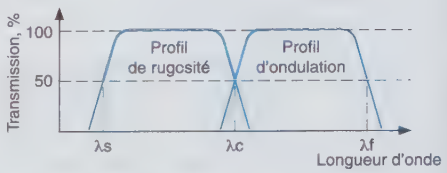
• Profils

Profil primaire
Profil issu du profil total après application du filtre de longueur d'onde courte, **λs**.

Profil total
Représentation numérique du profil tracé rapportée au profil de référence, avec les coordonnées horizontales et verticales correspondantes.
Remarque : le profil total est caractérisé par des pas de numérisation horizontal et vertical.

Profil de référence
Chemin parcouru par le capteur, le long de la référence de guidage dans le plan d'intersection.
Remarque : la forme du profil de référence est le réalisation pratique du profil théorique exact. Ses écarts dépendent des défauts de la référence de guidage ainsi que des perturbations internes et externes.

Profil tracé
Lieu géométrique du centre d'un palpeur, ayant une forme géométrique idéale (conique avec une extrémité sphérique) et des dimensions et une force d'appui nominales, lorsque ce palpeur parcourt la surface suivant le plan d'intersection.
Remarque : c'est à partir de ce profil que sont définis tous les autres profils traités dans la présente Norme internationale.



Bande de transmission des profils de rugosité et d'ondulation

Profil de rugosité
Profil dérivé du profil primaire par suppression des composantes de grande longueur d'onde, en appliquant le filtre de profil **λc** ; ce profil est intentionnellement modifié.

Profil d'ondulation
Profil dérivé du profil primaire par application successive des filtres de profil **λf** et **λc**, supprimant ainsi les composantes de grande longueur d'onde à l'aide du filtre de profil **λf**, et les composantes de faible longueur d'onde à l'aide du filtre de profil **λc** ; ce profil est intentionnellement modifié.

• Lignes moyennes

Du profil primaire
Ligne déterminée en calculant, à partir du profil primaire, une ligne des moindres carrés de forme nominale.

Du profil d'ondulation
Ligne qui correspond à la composante de profil de grande longueur d'onde supprimée par le filtre de profil **λf**.

Du profil de rugosité
Ligne qui correspond à la composante de profil de grande longueur d'onde supprimée par le filtre de profil **λc**.

• Longueur de base

lp, lr, lw
Longueur, dans la direction de *la ligne moyenne*, utilisée pour identifier les irrégularités caractérisant le profil à évaluer.
Remarque : les longueurs de base des profils de rugosité, *lr*, et d'ondulation, *lw*, sont égales, en valeur numérique, aux longueurs d'onde caractéristiques des filtres de profil λc et λf respectivement. La longueur de base du profil primaire, *lp*, est égale à la longueur d'évaluation.

• Longueur d'évaluation

ln
Longueur, dans la direction de *la ligne moyenne*, utilisée pour établir le profil à évaluer.
Remarque : la longueur d'évaluation peut comprendre une ou plusieurs longueurs de base.

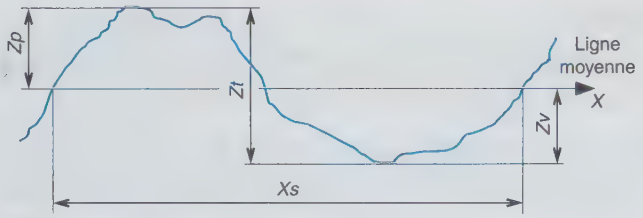
• Paramètres *P-R-W*

Paramètre *P*
Paramètre calculé sur le profil primaire.

Paramètre *R*
Paramètre calculé sur le profil de rugosité.

Paramètre *W*
Paramètre calculé sur le profil d'ondulation.

Élément de profil



Ordonnée *Zx* : hauteur de profil évaluée en une position *X*.

5.3.2. Paramètres de profil

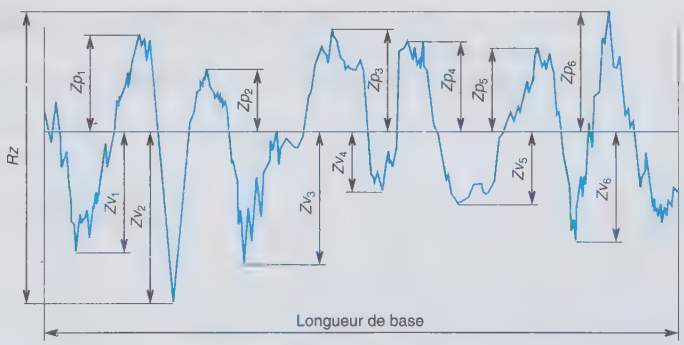
Hauteur maximale de saillie de profil : *Pp*, *Rp*, *Wp*
plus grande des hauteurs de saillie du profil, *Zp*, à l'intérieur d'une longueur de base.

Hauteur maximale de profil : *Pz*, *Rz*, *Wz*
somme de la plus grande des hauteurs de saillie du profil, *Zp*, et de la plus grande des profondeurs de creux du profil, *Zv*, à l'intérieur d'une longueur de base.

Hauteur totale de profil : *Pt*, *Rt*, *Wt*
somme de la plus grande des hauteurs de saillie du profil, *Zp*, et de la plus grande des profondeurs de creux du profil, *Zv*, à l'intérieur de la longueur d'évaluation.

Écart moyen arithmétique du profil évalué : *Pa*, *Ra*, *Wa*
moyenne arithmétique des valeurs absolues des ordonnées *Z(x)* à l'intérieur d'une longueur de base.

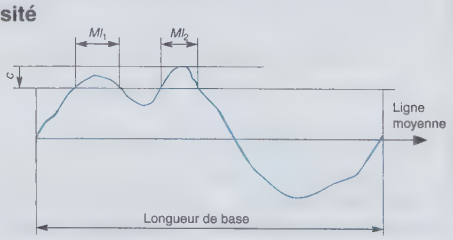
$$Pa,\ Ra,\ Wa = \frac{1}{l}\int_0^l |Z(x)|\,dx$$ avec $l = lp$, lr ou lw suivant le cas.



Exemple de profil de rugosité

Longueur portante de profil à un niveau *c*
Ml(*c*) : somme des longueurs des segments obtenus en coupant le profil par une droite parallèle à la ligne moyenne, à un niveau de coupe donné, *c*, sur la longueur d'évaluation.

$Ml(c) = Ml_1 + Ml_2$



Longueur portante

Taux de longueur portante : *Pmr(c)*, *Rmr(c)*, *Wmr(c)*
rapport de la longueur portante du profil à un niveau *de coupe* donné *c*, *Ml*(*c*) à la longueur d'évaluation.

$$Pmr(c),\ Rmr(c),\ Wmr(c) = \frac{Ml(c)}{ln}$$

5.4. Paramètres liés aux motifs

NF EN ISO 12085
E 05-020

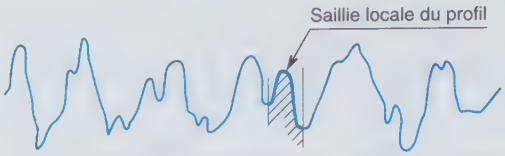
Données

5.4.1. Définitions

Saillie locale – creux local

Saillie locale du profil

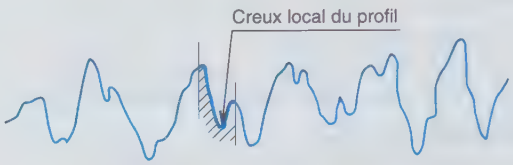
Partie du profil comprise entre deux minima adjacents du profil.



Saillie locale du profil

Creux local du profil

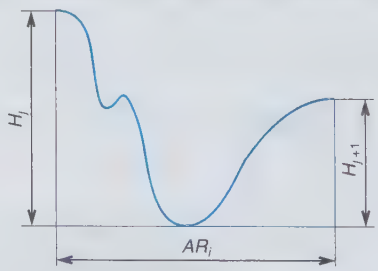
Partie du profil comprise entre deux maxima adjacents du profil.



Creux local du profil

Motif

Portion du profil primaire comprise entre les points les plus hauts de deux saillies locales du profil, consécutives ou non.
Un motif est caractérisé par :
– sa longueur, AR_i ou AW_i, mesurée parallèlement à la direction générale du profil ;
– ses deux profondeurs, H_j et H_{j+1} ou Hw_j et Hw_{j+1}, mesurées perpendiculairement à la direction générale du profil ;
– sa caractéristique, T, égale à la plus petite des deux profondeurs.



$T = \text{MIN}\,[H_j ; H_{j-1}]$
ici : $T = H_{j+1}$

Motif de rugosité

Motif de rugosité

Motif calculé en utilisant l'opérateur théorique avec la valeur *A*.*

Ligne enveloppe supérieure du profil primaire (profil d'ondulation)

Segments de droite joignant les points les plus hauts des saillies du profil primaire, après discrimination conventionnelle de certaines saillies.

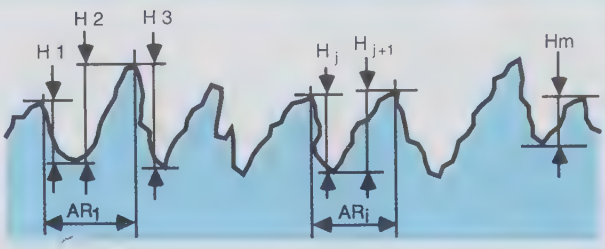
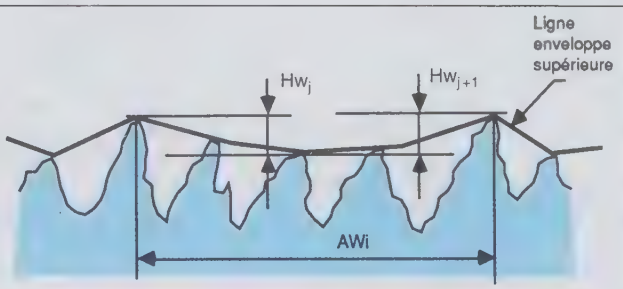
Motif d'ondulation

Motif déterminé sur la ligne enveloppe supérieure du profil primaire en utilisant l'opérateur théorique avec la valeur *B*.*

* Ces conditions de mesurage sont définies dans la norme ISO 3274

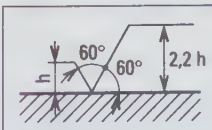
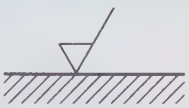
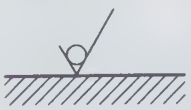
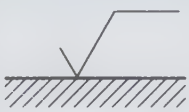
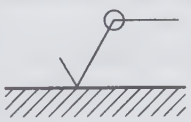
5.4.2. Paramètres liés aux motifs

Remarques : Le tableau suivant regroupe les **paramètres dont la définition est liée à celle des motifs** locaux et des motifs caractéristiques. En ce qui concerne l'ondulation, les motifs locaux et caractéristiques sont déterminés en substituant la ligne enveloppe supérieure au profil.
Les paramètres sont mesurés perpendiculairement ou parallèlement à la direction générale du profil.

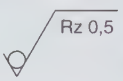
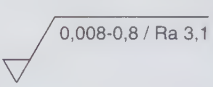
Symbole	Intitulé et définition	Illustration
Paramètres de rugosité		
R		
	Profondeur moyenne $R = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} H_j$	Pour m motifs caractéristiques sur la longueur d'évaluation ln
	Pas moyen $AR = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} AR_i$	Pour n motifs caractéristiques sur la longueur d'évaluation ln
	Profondeur maximale Rx	Rx : plus grand des H_j
Paramètres d'ondulation		
W		
	Profondeur moyenne $W = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} Hw_j$	Pour m motifs caractéristiques sur la longueur d'évaluation ln
	Pas moyen $AW = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} AW_i$	Pour n motifs caractéristiques sur la longueur d'évaluation ln
	Profondeur maximale Wx	Wx : plus grand des Hw_j
	Profondeur totale Wte	Wte distance entre le point le plus haut et le point le plus bas de la ligne enveloppe supérieure.

5.5.1. Indications d'un état de surface

Symboles graphiques

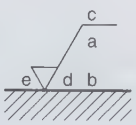
	Proportions et dimensions des symboles graphiques.
	Enlèvement de matière exigé.
	Enlèvement de matière interdit ou surface qui doit rester telle qu'elle a été obtenue au stade précédent de fabrication.
	Tout procédé de fabrication autorisé.
	Toutes les surfaces sur le contour de la pièce ont le même état de surface.

Indications de l'état de surface (exemples)

	Procédé de fabrication : fraisé.
	Irrégularités de surface : direction des stries multidirectionnelle.
	Surépaisseur d'usinage 3 mm.
	Enlèvement de matière interdit, hauteur maximale de rugosité 0,5 μm.
	Enlèvement de matière obligatoire, bande de transmission 0,008-0,8 mm, écart moyen arithmétique 3,1 μm.

Position des exigences d'état de surface complémentaires

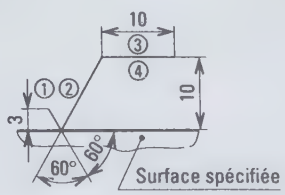
Position dans le symbole graphique



a : une seule exigence d'état de surface.
a et b : plusieurs exigences d'état de surface.
c : procédé de fabrication.
d : stries de surface et orientation.
e : surépaisseur d'usinage.

Ancienne symbolisation

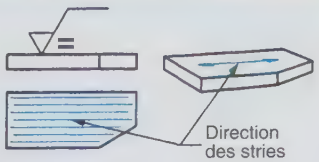
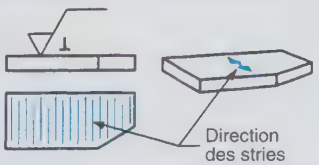
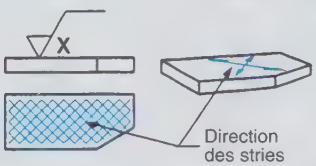
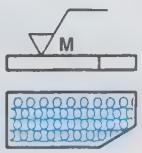
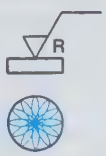
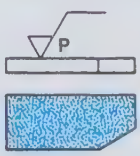
NF E 05-016 (1992)



Inscriptions :

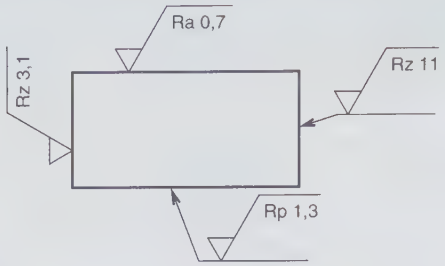
① Critère de rugosité choisi.
② Valeur du critère à respecter exprimée en μm.
③ Symbole du procédé d'élaboration.
④ Symbole de la fonction.

5.5.2. Indication des stries de surface

Symbole graphique	Interprétation et exemple	
=	Parallèle au plan de projection de la vue sur laquelle le symbole figure.	
⊥	Perpendiculaire au plan de projection de la vue sur laquelle le symbole figure.	
X	Croisé dans deux directions obliques par rapport au plan de projection de la vue sur laquelle le symbole figure.	
M	Multidirectionnel.	
C	Approximativement circulaire par rapport au centre de la surface à laquelle le symbole s'applique.	
R	Approximativement radial par rapport au centre de la surface à laquelle le symbole s'applique.	
P	Stries particulières, non directionnelles ou protubérantes.	

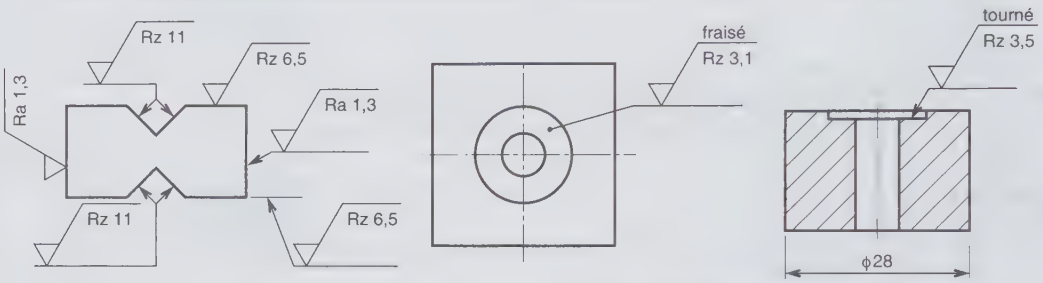
S'il est nécessaire de spécifier des irrégularités de surface qui ne sont pas définies par l'un de ces symboles, elles doivent être indiquées sur le dessin par une note appropriée.

5.5.3. Position sur les dessins et autre documentation technique de produits

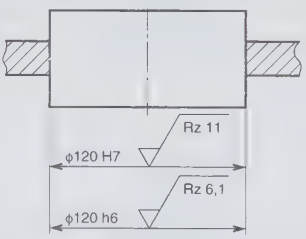


La règle générale est que le symbole graphique ainsi que les informations complémentaires doivent être orientés de façon à pouvoir être lus depuis le bas ou depuis la droite du dessin, conformément à la norme ISO 129-1.

Sens de lecture des exigences d'état de surface



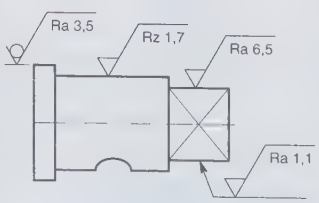
Exigences d'état de surface sur la ligne qui représente la surface



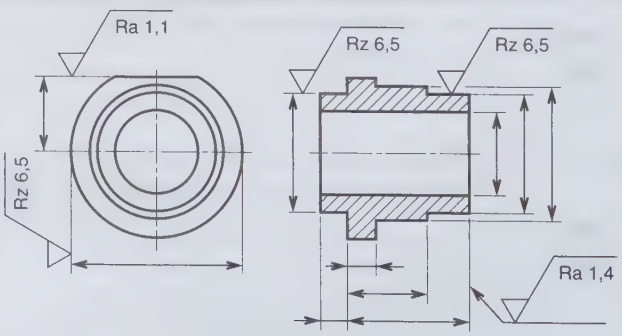
Exigence d'état de surface en relation avec la dimension d'une entité dimensionnelle



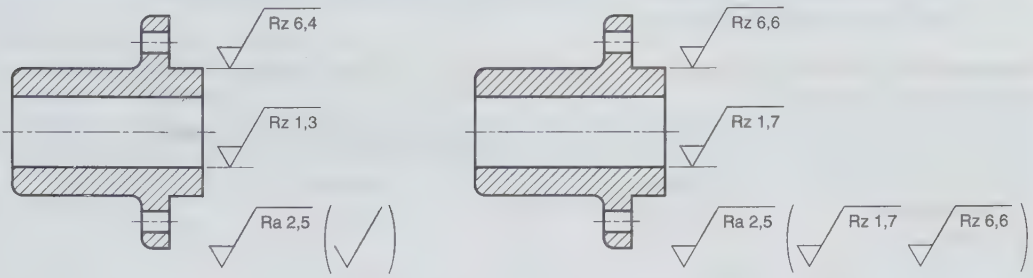
Exigence d'état de surface relative à l'indication des tolérances géométriques



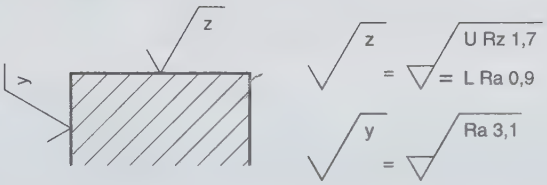
Exigences d'état de surface pour les surfaces cylindriques et prismatiques



Exigences d'état de surface sur les lignes d'attache des éléments cylindriques



Indication simplifiée quand une majorité des surfaces a la même exigence concernant l'état de surface



Indication de référence en cas d'espace limité sur le dessin

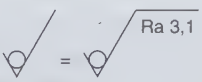
Indication par symbole graphique seul



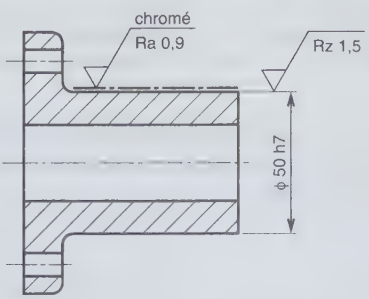
– Indication simplifiée des exigences d'état de surface quand le procédé de fabrication n'est pas spécifié.



– Indication simplifiée de l'exigence d'état de surface quand l'enlèvement de matière est exigé.



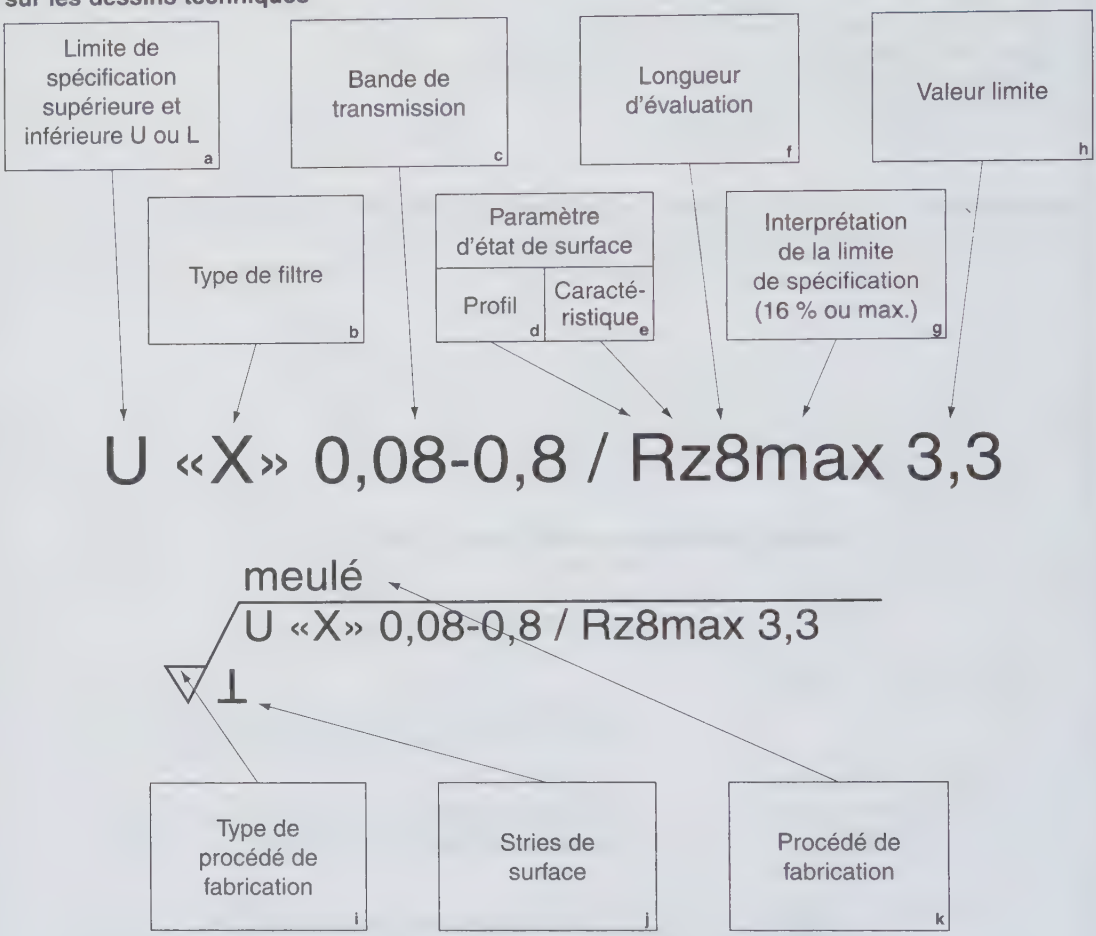
– Indication simplifiée de l'exigence d'état de surface quand l'enlèvement de matière est interdit.



Indication d'exigence d'état de surface avant et après traitement (dans ce cas revêtement)

5.5.4. Indications minimales afin d'assurer une maîtrise non ambiguë des fonctions de surface

Éléments de contrôle dans l'indication des exigences d'état de surface sur les dessins techniques



a Indication de la limite de spécification supérieure (U) ou inférieure (L).

b Type de filtre « X ». Le filtre normalisé est le filtre gaussien (ISO 11562). Le filtre précédemment normalisé était le filtre 2RC. À l'avenir, d'autres types de filtres pourront être normalisés. Dans la période de transition, il peut être pratique pour certaines sociétés d'indiquer le type de filtre sur les dessins, ce qui peut se faire en précisant « gaussien » ou « 2RC ». Ceci n'est pas normalisé, mais c'est une indication du nom du filtre, proposée de façon à lever toute ambiguïté.

c La bande de transmission est indiquée en tant que filtre passe-bas ou filtre passe-haut.

d Profil (*R*, *W* ou *P*).

e Caractéristique/paramètre.

f La longueur d'évaluation est le nombre de longueurs de base. Il est reconnu que lorsque les paramètres liés au motif sont utilisés, la longueur d'évaluation est indiquée entre deux barres obliques devant les symboles de paramètre d'état de surface.

g Interprétation de la limite de spécification (règle des 16 % ou règle de la valeur maximale).

h Valeur limite en micromètres.

i Type de procédé de fabrication.

j Stries de surface.

k Procédé de fabrication.

Pour plus de précisions, se reporter à la norme NF EN ISO 1302.

5.5.5. Données générales

Valeurs normalisées des critères
Ces valeurs sont exprimées en μm et sont à choisir dans la série **R 10/3** (en caractères gras dans le tableau) ou, à défaut, dans la série R10 (caractères maigres).

Valeurs normalisées des critères de profil				
40	10	2,5	0,63	0,16
32	8	2	0,5	0,125
25	**6,3**	**1,6**	**0,4**	**0,1**
20	5	1,25	0,32	
16	4	1	0,25	
12,5	**3,2**	**0,8**	**0,2**	

Valeurs de rugosités recommandées
En l'absence de données plus précises, les valeurs suivantes donnent une bonne base de départ. Il est toutefois à rappeler que la valeur d'un critère d'état de surface doit avoir une **origine fonctionnelle**. Les valeurs suivantes seront donc surtout utilisées pour connaître les limites possibles en fabrication.

Valeurs de **Ra** recommandées (d'après S. Enache)

Diamètre nominal ≈ (mm)	Qualité ISO*				
	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10
1-3	0,20-0,32	0,32-0,63	0,50-0,80	0,63-1,00	1,25-2,00
3-6	0,25-0,40	0,40-0,63	0,63-1,00	0,80-1,25	1,60-2,50
6-10	0,32-0,50	0,50-0,80	0,80-1,25	1,00-1,00	2,00-3,00
10-18	0,40-0,63	0,63-1,00	1,00-1,60	1,25-2,00	2,50-4,00
18-30	0,40-0,80	0,80-1,25	1,25-2,00	1,60-2,50	3,20-5,00
30-50	0,50-0,80	1,00-1,60	1,25-2,00	1,60-2,50	4,00-5,00
50-80	0,63-1,00	1,00-1,60	1,60-2,50	2,00-3,20	4,00-6,30
80-120	0,63-1,00	1,25-2,00	2,00-3,20	2,50-4,00	5,00-6,30
120-180	0,80-1,25	1,25-2,00	2,50-3,20	2,50-4,00	6,30-8,00
180-260	1,00-1,60	1,60-2,50	2,50-4,00	3,20-5,00	6,30-10,0
260-360	1,00-1,60	1,60-2,50	3,20-5,00	3,20-5,00	8,00-12,5
360-500	1,25-2,00	2,00-3,20	3,20-5,00	4,00-6,30	10,00-12,5

* Le premier nombre correspond à la qualité des arbres, le second à celle des alésages.

Valeurs de **R**

Qualité ISO*	
< 7	≥ 8
$\frac{IT}{2}$	$\frac{IT}{4}$

5.5.6. Exemples de choix des critères

Types de fonction	R	AR	W	Wx	Pδc	Remarques
Frottement à sec : frein...	X	X		X		Les surfaces doivent permettre de maîtriser un coefficient de frottement constant.
Glissières avec patin d'aiguilles	X		< 0,3 R	X		L'ondulation entraîne rapidement une destruction de la piste par matage.
Pièces de poussoir, contact cylindre/cylindre ou sphère/sphère	X				X	Les surfaces de pièces en contact doivent avoir une bonne assise.
Ajustements fixes avec contraintes (montages serrés, frettés)	X				X	Le taux de portance, à une profondeur (c) faible est la caractéristique d'ancrage d'un élément sur l'autre.
Étanchéité dynamique, portée de joint	X		< 0,6 R	X		La pièce ne doit pas user le joint (R). L'ondulation ne doit pas être un facteur de fuite.
Étanchéité statique	Rmax		< R			Le joint doit combler toutes les irrégularités.
Pièces soumises à la fatigue	Rmax					Éviter les amorces de rupture.

5.5.7. Relation entre les paramètres et la fonction des surfaces

Le tableau suivant est recommandé par le CNOMO. Il permet de dégrossir un grand nombre de choix au bureau d'études.
Les valeurs de l'ondulation W (≤ αR) sont des valeurs à ne pas dépasser en l'absence de spécifications.

Surface		Fonction appliquée à la surface		Paramètres								
				Profil R rugosité			Profil W ondulation				Profil P primaire	
		Désignation	Abréviation	R	Rx	AR	W	Wx	Wte	AW	Pt	Pδc
Contact de deux pièces	Avec déplacement relatif	Glissement (lubrifié)	FG	●			≤ 0,8 R			○		●
		Frottement à sec	FS	●		○		●		○		
		Roulement	FR	●			≤ 0,3 R	●		○		○
		Résistance au matage	RM	○		○	○			○		●
		Frottement d'un fluide	FF	●		○				○		
		Étanchéité dynamique avec joint	ED	●	○	○	≤ 0,6 R	●		○		
		Étanchéité dynamique sans joint	ED	○	●		≤ 0,6 R					●
	Assemblage fixe	Étanchéité statique avec joint	ES	○	●		≤ R		○	○		
		Étanchéité statique sans joint	ES	○	●		≤ R		●			
		Ajustements fixes avec contraintes	AC	○								●
		Adhérence (collage)	AD	●							○	
Surfaces indépendantes	Avec contraintes	Outil (face de coupe)	OC	○		○				●		
		Résistance aux efforts alternés	EA	○	●	○						○
	Sans contraintes	Résistance à la corrosion	RC	●	●							
		Revêtement (peinture)	RE			○				○		
		Dépôt électrolytique	DE	●	≤ 2R	●						
		Mesure	ME	●			≤ R					
		Aspect	AS	●		○	○			○		

● Paramètres principaux : spécifier au moins l'un d'eux.
○ Paramètres secondaires : à spécifier éventuellement selon la fonction de la pièce.

6. Matériaux



Banque de **DONNÉES** — Guide de **CHOIX**

6.1. Symboles - Caractéristiques physiques 144
- 6.1.1. Symboles chimiques internationaux, symboles AFNOR et principales caractéristiques physiques des métaux purs et des éléments d'alliages 144
- 6.1.2. Caractéristiques physiques de quelques matériaux courants 144
- 6.1.3. Coefficients de frottement entre solides 145
- 6.1.4. Pressions de contact admissibles entre solides 145

6.2. Désignation alphanumérique des métaux et alliages 146
- 6.2.1. Aciers 146
- 6.2.2. Fontes 147
- 6.2.3. Non ferreux 148

6.3. Désignation numérique des aluminiums et alliages de transformation 149

6.4. Modes d'obtention - États de livraison - États métallurgiques 150
- 6.4.1. Modes d'obtention et états de livraison des métaux et alliages non ferreux moulés 150
- 6.4.2. États métallurgiques des métaux et alliages non ferreux corroyés 150

6.5. Caractéristiques mécaniques : symboles, unités 152

6.6. Traitements thermiques : termes usuels 153
- 6.6.1. Principaux constituants des alliages ferreux 153
- 6.6.2. Traitements thermiques dans la masse des produits ferreux 154
- 6.6.3. Principaux traitements superficiels thermochimiques des produits ferreux 155
- 6.6.4. Choix du traitement superficiel de diffusion réservé aux produits ferreux 157
- 6.6.5. Choix du traitement superficiel par transformation structurale réservé aux produits ferreux (trempe superficielle) 158
- 6.6.6. Choix du traitement superficiel de diffusion métallique (traitements de pièces frottantes) 159
- 6.6.7. Traitements réservés aux aluminiums et alliages d'aluminium 160

6.7. Choix d'un revêtement de surface 161

6.8. Démarche technico-économique de choix d'un matériau 163

6.9. Choix d'un matériau en fonction des sollicitations 164
- 6.9.1. Cas du choix d'un acier : organigramme simplifié 164
- 6.9.2. Cas du choix d'une fonte : organigramme simplifié 165

6.10. Choix d'un acier : caractéristiques et aptitudes 166
- 6.10.1. Aciers recommandés - Normes NF A 166
- 6.10.2. Acier de construction d'usage général, tôles et larges plats 167
- 6.10.3. Acier de construction d'usage général, laminés marchands et poutrelles 168
- 6.10.4. Acier de construction d'usage général, ronds de $100 < \varnothing < 350$ mm 168
- 6.10.5. Caractéristiques et emploi : aciers pour trempe dans la masse 169
- 6.10.6. Caractéristiques et emploi : aciers à dispersoïdes 169
- 6.10.7. Aptitudes à la résistance Rm : aciers pour trempe dans la masse 170
- 6.10.8. Aptitudes à la résilience KCU : aciers pour trempe dans la masse 171
- 6.10.9. Aptitudes à l'allongement A% : aciers pour trempe dans la masse 172
- 6.10.10. Aptitudes à la fatigue : aciers pour trempe dans la masse 173
- 6.10.11. Caractéristiques et emploi : aciers pour cémentation 173
- 6.10.12. Caractéristiques et emploi : aciers inoxydables 174

6.11. Choix d'une fonte 175
- 6.11.1. Propriétés recherchées et emploi 175
- 6.11.2. Principales fontes 176

6.12. Choix d'un alliage de cuivre 178
- 6.12.1. Principaux produits de corroyage 178
- 6.12.2. Principaux produits de fonderie 180

6.13. Choix d'un alliage de zinc 182

6.14. Choix d'un alliage d'aluminium 183
- 6.14.1. Orientations générales - emploi - produits : aluminium de corroyage. 183
- 6.14.2. Principaux produits de corroyage 184
- 6.14.3. Principaux produits de fonderie 186

6.15. Choix d'une matière plastique 188
- 6.15.1. Principaux thermoplastiques en produits semi-ouvrés 188
- 6.15.2. Définitions : thermoplastiques - thermodurcissables 190
- 6.15.3. Classement alphabétique des symboles consacrés par l'usage 190

6.16. Indice de prix des principaux matériaux en barres 191

6.17. Barres et tubes. Aciers laminés spéciaux pour traitements thermiques 192
- 6.17.1. Ronds 192
- 6.17.2. Plats 192
- 6.17.3. Carrés 193
- 6.17.4. Ébauches creuses 193
- 6.17.5. Tubes épais 193

6.18. Barres et profilés. Aciers d'usage général laminés 194
- 6.18.1. Ronds laminés à chaud en barres 194
- 6.18.2. Carrés laminés à chaud en barres 194
- 6.18.3. Plats laminés à chaud en barres 194
- 6.18.4. Hexagones laminés en barres 195
- 6.18.5. Petits fers en U laminés à chaud en barres 195
- 6.18.6. Fers T à ailes égales laminés à chaud 195
- 6.18.7. Fers T à ailes inégales laminés à chaud 196
- 6.18.8. Cornières à ailes égales laminées à chaud 196

6.19. Barres en acier étiré à froid 197
- 6.19.1. Ronds étirés à froid 197
- 6.19.2. Carrés étirés à froid 197
- 6.19.3. Hexagones étirés à froid 197
- 6.19.4. Nuances des aciers étirés en fonction de leur utilisation 197

6.20. Profils tubulaires 198
- 6.20.1. Tubes sans soudure de précision 198
- 6.20.2. Profils creux soudés finis à froid pour construction 199

6.21. Barres et profilés en aluminium et alliages d'aluminium 200
- 6.21.1. Barres de section circulaire filées 200
- 6.21.2. Barres de section carrée filées 200
- 6.21.3. Barres de section hexagonale filées 200
- 6.21.4. Méplats filés 200
- 6.21.5. Tubes de section circulaire filés 201

6.22. Profilés en plastiques : sections courantes 202

6.1. Symboles - Caractéristiques physiques

6.1.1. Symboles chimiques internationaux, symboles AFNOR et principales caractéristiques physiques des métaux purs et des éléments d'alliages

Éléments	Symbole chimique	Symbole AFNOR	Masse volumique à 20 °C ($kg.dm^{-3}$)	Température de fusion (°C)	Coefficient de dilatation ($10^6.°C^{-1}$)	Conductibilité thermique ($W\ cm^{-1}.°C^{-1}$)
Aluminium	Al	A	2,7	660	25	2,37
Antimoine	Sb	R	6,7	630	13	2,3
Argent	Ag	-	10,5	960	19	4,1
Béryllium	Be	Be	1,85	1 287		
Bismuth	Bi	Bi	9,78	271		
Bore	B	B	2,35	2 200		
Cadmium	Cd	Cd	8,65	321	30	0,93
Chrome	Cr	C	7,19	1 857	6	0,91
Cobalt	Co	K	8,9	1 495	12	0,69
Cuivre	Cu	U	8,96	1 080	16,6	3,98
Étain	Sn	E	5,75-7,31	232	20	0,64
Fer	Fe	Fe	7,87	1 535	12	0,803
Magnésium	Mg	G	1,74	649	25	1,59
Manganèse	Mn	M	7,43	1 245	22	
Molybdène	Mo	D	10,22	2 617	5	1,4
Nickel	Ni	N	8,9	1 453	13	0,899
Niobium	Nb	Nb				0,5
Phosphore	P	P	1,88	44		
Plomb	Pb	Pb	11,35	327	29	0,346
Sélénium	Se	Se				
Silicium	Si	S	2,4	1 430		
Soufre	S	F	2,1	113		
Tantale	Ta	Ta	16,69			
Titane	Ti	T	4,54	1 660	8,5	0,2
Tungstène	W	W	19,3	3 410	4,5	1,78
Vanadium	V	V	6,11	1 890	8	0,60
Zinc	Z	Z	7,14	420	35	1,15
Zirconium	Zr	Zr	6,5	1 750		

6.1.2. Caractéristiques physiques de quelques matériaux courants

Matériaux	Masse volumique à 20 °C ($kg.dm^{-3}$)	Température de fusion (°C)	Coefficient de dilatation ($10^6.°C^{-1}$)	Conductibilité thermique ($W\ cm^{-1}.°C^{-1}$)
Acier	7,8-7,85	1 510	10-14	
Alpax	2,65	580	20	1,65
Bronze	8,85-9,3	900	17,4-18,8	0,4-0,7
Duralumin	2,79	650	22,6	1,29
Fonte	6,8-7,8	1 100-1 300	5-15	0,21-0,63
Invar		1 500	0,8	
Laiton	8,3-8,9	920	18-21	0,84-1,21
Zamak	6,6-6,7	380-410	39,7	1,13
Nylon	1,14	220	7	
Téflon	2,2	300	18	

6.1.3. Coefficients de frottement entre solides

Valeurs **moyennes indicatives** à considérer dans les calculs de prédimensionnement. Ces valeurs expérimentales sont obtenues dans des conditions favorables de rugosité, pour des pressions de contact intérieures aux pressions maximales admissibles en contact plan sur plan à des vitesses inférieures à 0,5 m/s.

Matières en contact		Coefficients de frottement			
		f_0 (au repos)		f (en mouvement)	
		à sec	lubrifié	à sec	lubrifié
Acier cém. tremp.	Acier cém. tremp.	0,15-0,25	0,09-0,15	0,05-0,2	0,04-0,12
Acier inox. mart.	Fonte	0,12	0,08-0,15	0,1-0,2	0,1
Acier cém. tremp.	Bronze	0,25	0,1-0,15	0,2	0,04-0,12
Acier	Graphite	0,5		0,12	0,05-0,1
Acier	Acier fritté		0,1-0,18		0,06-0,01
Acier	Nylon	0,18		0,15	0,11
Acier chromé	Aluminium + Zinal			0,4	0,1
Acier inox.	Cupro-alu			0,3	0,15
Acier	PVC			0,5	
Acier	PTFE + graphite	0,15		0,1	0,03-0,08
Fonte	Fonte	0,2	0,1-0,2	0,15-0,2	0,05-0,1
Fonte	Bronze	0,15-0,2	0,1-0,2	0,15-0,2	0,05-0,1
Bronze	Bronze	0,2	0,1	0,15-0,2	0,05-0,1

6.1.4. Pressions de contact admissibles entre solides

Exemples de valeurs moyennes à considérer en prédimensionnement. Les pressions maximales (hypothèses de répartition) doivent rester inférieures à ces pressions admissibles. Ces valeurs ne peuvent remplacer les essais et les expérimentations.

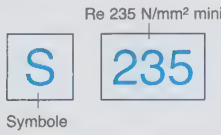
Types d'application	Matières en contact	Pressions admissibles (MPa)
Paliers et coussinets Pressions moyennes pour des vitesses d'environ 0,1 m/s en rotation et de 0,5 m/s en oscillation (d'après des données HEF)	Acier au chrome Fonte GS + Sursulf Cupro-alu + Delsun Bronze + Delsun Fer fritté standard Acier inox. + Stanal Bronze fritté imprégné Composite résine thermo. + PTFE Alliage léger + Zinal Carbone + graphite	100 80 80 40 40 40 20 5 5 0,5
Guidages en translation (mouvement lent < 0,3 m/s)	E 295 Fontes GL	1 0,5
Goupilles cylindriques pleines (pression adm. sur la goupille) – sous charge dynamique – sous charge statique	 E 295 E 360 E 295 E 360	 80 110 120 160
Clavettes à faces parallèles – glissantes sous charges – glissantes sans charge – montage statique	 E 335 E 335 E 335	 0,5-10 30-60 90
Cannelures – glissantes sous charges – glissantes sans charge – montage statique	 42 CrMo 4 (traité) 42 CrMo 4 (traité) 42 CrMo 4 (traité)	 5-30 20-90 30-180
Vis à profil trapézoïdal	E 335 (vis) et FGL 200 (écrou) E 335 et Cu Sn 8,5 P (écrou)	2-6 5-12

6.2.1. Aciers

Normalisations européenne et française
La normalisation française évolue depuis plusieurs années pour se placer en conformité avec les normes européennes. C'est ainsi que le fascicule de documentation NF A 02-005 est aujourd'hui remplacé par les normes :
– NF EN 10027-1 de novembre 1992 – indice de classement A 02-005-1 – Système de désignation des aciers – partie 1. – **désignation symbolique,** symboles principaux.
– NF EN 10027-2 de novembre 1992 – indice de classement A 02-005-2 – Système de désignation des aciers – partie 2. **Systèmes numériques**
Ces normes européennes ont le statut de normes françaises, elles sont complétées par le fascicule de documentation A 02-005-3 publié par l'AFNOR en mai 1993 et qui présente intégralement la circulaire d'information n° 10 de l'ECISS/IC 10.

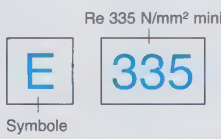
Désignation symbolique des aciers NF EN 10027-1
La norme a retenu deux groupes d'aciers.

Groupe 1 : aciers désignés à partir de leur emploi et de leurs caractéristiques mécaniques ou physiques
• Aciers de construction y compris les aciers à grains fins



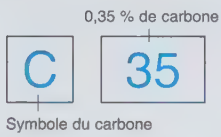
Le symbole **S** est suivi d'un nombre égal à la valeur minimale de la limite d'élasticité en N/mm².

• Aciers de construction mécanique



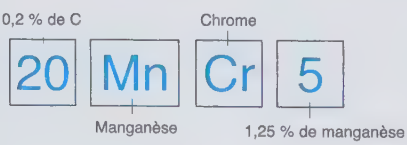
Le symbole **E** est suivi d'un nombre égal à la valeur minimale de la limite d'élasticité en N/mm².
Les désignations sont précédées de la lettre **G** lorsque l'acier est spécifié sous forme d'une pièce moulée (ex. : **GS 235**, **GE 335**...).

Groupe 2 : aciers désignés à partir de leur composition chimique
• **Sous-groupe 2.1 :** Aciers non alliés



Sauf aciers de décolletage.
La teneur en manganèse est inférieure à 1 %.
Le symbole **C** est suivi d'un nombre égal au centuple de la teneur moyenne spécifiée en pourcentage de carbone.
Les désignations sont précédées de la lettre **G** lorsque l'acier est spécifié sous forme d'une pièce moulée (ex. : **GC 35**...).

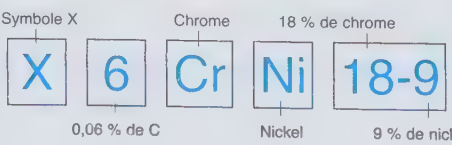
• **Sous-groupe 2.2** : Aciers faiblement alliés, aciers non alliés avec une teneur en manganèse ≥ 1 %, aciers non alliés de décolletage



La teneur de chaque élément d'alliage est inférieure à 5 %.
a) Le centuple de la teneur moyenne spécifiée en pourcentage de carbone.
b) Les symboles chimiques indiquant les éléments d'alliage, dans l'ordre décroissant des teneurs de ces éléments.
c) Les nombres séparés par un trait d'union, indiquant les valeurs des teneurs des éléments d'alliage. Chaque nombre représente la valeur moyenne multipliée par un facteur :

Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	× 4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	× 10
Ce, N, P, S	× 100
B	× 1 000

• **Sous-groupe 2.3** : Aciers alliés dont la teneur d'au moins un des éléments d'alliage est ≥ 5 %



a) La lettre X.
b) Le centuple de la teneur moyenne spécifiée en % de carbone.
c) Les symboles chimiques indiquant les éléments d'alliage, dans l'ordre décroissant des teneurs de ces éléments.
d) Les nombres séparés par un trait d'union, indiquant la teneur moyenne en pourcentage de chaque élément.

Pour les aciers rapides, les lettres **HS**, puis les nombres indiquant les valeurs des teneurs des éléments d'alliage dans l'ordre W, Mo, V, Co.

6.2.2. Fontes

Désignation symbolique selon la norme européenne NF EN 1560
La norme définit également une désignation numérique qui n'est pas encore entrée dans la pratique.
– La désignation symbolique commence obligatoirement par deux lettres **EN** suivies d'un tiret puis des lettres **GJ**.

Exemple : **EN–GJ**

– En option une ou deux lettres issues du tableau ci-dessous.

Première lettre			Seconde lettre	
Structure du graphite		Ancien symbole	Macro ou micro-structure spécifiée	
L	Lamellaire	FGL	**A**	Austénitique
S	Sphéroïdale	FGS	**F**	Ferritique
M	Graphite de recuit (malléable)	FBC	**P**	Perlitique
V	Vermiculaire	FGV	**L**	Lédéburitique
Y	Structure spéciale		**Q**	État trempé
N	Absence de graphite		**T**	État trempé et revenu
			B	Malléable à cœur noir
			W	Malléable à cœur blanc

Exemple : **EN–GJL** pour une fonte à graphite lamellaire.

– Un groupe de chiffres et de lettres définissant la classe de fonte suivant une des trois variantes suivantes :

• Variante 1
– Un nombre qui indique la résistance minimale à la traction (N/mm²) qui peut être suivi par une lettre qui indique le mode de production de l'échantillon d'essais :
S : pour un échantillon coulé séparément,
U : pour un échantillon attenant,
C : pour un échantillon prélevé sur une pièce.
– Après un tiret, un nombre qui indique l'allongement minimal exigé en %.
– Après un tiret, un nombre qui indique la résilience minimale exigée.

Exemple : **EN–GJL–150 S** — Mesurée sur un échantillon coulé séparément
Fonte à graphite lamellaire — Résistance minimale à la traction de 150 N/mm²

• Variante 2
– La lettre H qui indique que la fonte est classée selon sa dureté, suivie d'une lettre qui indique le type d'essais de dureté :
HB : pour essai Brinell,
HV : pour essai Vickers,
HR : pour essai Rockwell,
suivie d'un nombre qui indique la dureté prescrite.

Exemple : **EN–GJS–HB 230** — Dureté minimale de 230 N/mm²
Fonte à graphite sphéroïdal — Dureté Brinell

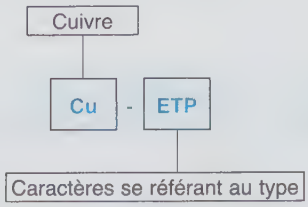
• Variante 3
– La lettre X qui indique que la fonte est classée selon la composition chimique. Cette lettre peut être suivie par un nombre qui représente alors la teneur en carbone imposée en %, multipliée par 100.
– Les symboles chimiques des éléments d'alliage rangés dans l'ordre décroissant des teneurs et immédiatement suivis des nombres séparés par un tiret représentant les teneurs respectives de ces éléments.

Exemple : **EN–GJN–X 300 CrNiSi 9-5-2** — 2 % de silicium
Fonte sans graphite
3 % de carbone
5 % de nickel
9 % de chrome

6.2.3. Non ferreux

Cuivre et alliages de cuivre - Nickel et alliages de nickel

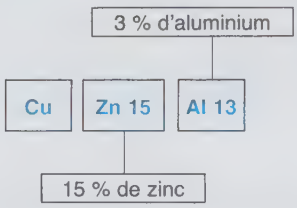
– Cuivres affinés (NF A 02-009)



La désignation (ISO) des cuivres non alliés comporte le symbole chimique international de l'élément (**Cu**), suivi d'une série de caractères alphabétiques majuscules se référant au type de cuivre (la teneur minimale en cuivre est de 99,85 % en masse) :

– **ETP**	Affiné électrolytiquement, non désoxydé, à conductivité garantie
– **FRHC**	Affiné thermiquement, non désoxydé, à conductivité garantie
– **FRTP**	Affiné thermiquement, à conductivité non garantie
– **DHP**	Affiné thermiquement ou électrolytiquement, phosphore résiduel fort
– **DLP**	Affiné thermiquement ou électrolytiquement, phosphore résiduel faible
– **OF**	Désoxydé
– **OFE**	Exempt d'oxygène, de haute pureté

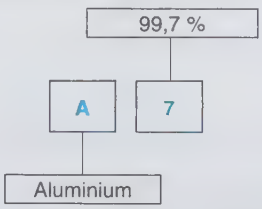
– Cuivres alliés - Alliages de cuivre (NF A 02-009)



La désignation des alliages de cuivre comporte le symbole chimique international (**Cu**) suivi des symboles des éléments d'alliage et d'un nombre entier indiquant leur teneur.
Les éléments d'alliage sont rangés par ordre de teneurs décroissantes.
Dans le cas des cuivres alliés, la teneur des éléments d'alliage ne dépasse généralement pas 1 %. Elle n'est pas indiquée sauf pour distinguer deux cuivres de même famille (la teneur minimale en cuivre est de 97,5 % en masse).
Alliages courants : cuivre-zinc (laitons) ; cuivre-étain (bronze) ; cuivre-nickel-zinc (maillechorts) ; cuivre-nickel (cupro-nickels)...

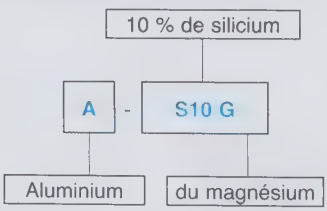
Alliages non ferreux autres que cuivre et nickel : aluminium, zinc...

– Aluminiums affinés (NF A 02-004)



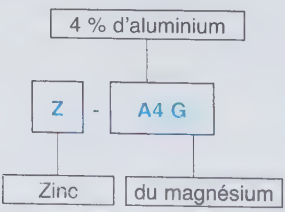
La désignation d'un métal pur se fait par un groupe de lettres (symboles AFNOR) qui correspondent à ce métal, suivi d'un groupe de chiffres (0 à 99) qui indiquent l'indice de pureté chimique, selon un échelonnement particulier à chaque métal.
Exemple : A7 pour un aluminium à 99,7 %.

– Alliages d'aluminium (NF A 02-004)



La désignation d'un alliage se fait par deux groupes de lettres et de chiffres :
– une lettre (ou des lettres) désigne(nt) le métal de base ;
– un deuxième groupe séparé du premier par un tiret, comporte les lettres symbolisant les principaux éléments d'addition, respectivement suivies de nombres indiquant les teneurs nominales de ces éléments.
Exemple : un alliage d'aluminium de fonderie au magnésium - 10 % de silicium.

– Alliages de zinc (NF A 02-004)



La norme NF A 02-004 **n'est plus utilisée officiellement pour désigner les alliages d'aluminium corroyés**
(voir désignation numérique au 6.3)

Exemple d'un alliage de zinc à l'aluminium et au magnésium : le Zamak 3 (Z-A4G)
– 4 % d'aluminium,
– du magnésium.

6.3. Désignation numérique des aluminiums et alliages de transformation



• Composition chimique et forme des produits corroyés : système de désignation fondé sur les symboles chimiques – NF EN 573-2 – A 02-121 (1994)

– Toutes les indications doivent être placées entre crochets et suivre la désignation à quatre chiffres.

– La lettre W doit être séparée de la désignation qui suit par un tiret.

Règles pour la désignation codée de l'aluminium non allié corroyé

Exemple : EN AW–1199[Al 99,99]

EN : préfixe
AW : produits corroyés
1199 : composition chimique
[Al 99,99] : désignation chimique facultative indiquant la teneur nominale de l'élément considéré

Règles pour la désignation codée des alliages d'aluminium corroyés

Exemple : EN AW–6061[Al Mg1 Si Cu]

Lorsqu'il est jugé nécessaire de faire figurer plusieurs éléments d'addition, on ordonne ces derniers par teneurs nominales décroissantes ou par ordre alphabétique s'ils sont égaux.

Alliages fabriqués à partir d'aluminium à haute pureté

Exemple : EN AW–5305[Al 99,85 Mg1]

Il est nécessaire d'indiquer, en clair, la teneur spécifiée élevée.

• Produits corroyés : désignation des états métallurgiques – NF EN 515 (1993)

Désignation des états métallurgiques de base

F : brut de fabrication
O : recuit
H : écroui
W : mise en solution (trempé)
T : traité thermiquement pour obtenir un état stable autre que **F**, **O** ou **H**.

• Composition chimique et forme des produits corroyés

Système de désignation numérique (système à quatre chiffres)

– Groupes d'alliages

Le premier des quatre chiffres indique le groupe d'alliage comme suit :

- Aluminium à 99,0 % minimum et plus ..... **1xxx** (série 1000)
- Alliages d'aluminium groupés par éléments d'addition principaux :
  - Cuivre ..... **2xxx** (série 2000)
  - Manganèse ..... **3xxx** (série 3000)
  - Silicium ..... **4xxx** (série 4000)
  - Magnésium ..... **5xxx** (série 5000)
  - Magnésium et silicium ..... **6xxx** (série 6000)
  - Zinc ..... **7xxx** (série 7000)
  - Autres éléments ..... **8xxx** (série 8000)
  - Série non utilisée ..... **9xxx** (série 9000)

– Groupe 1xxx

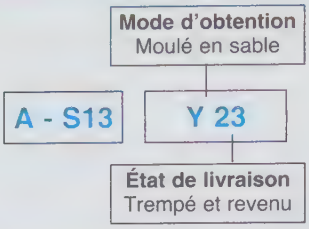
- Le deuxième chiffre indique les modifications dans les limites d'impureté ou dans les éléments d'addition.
- Si le deuxième chiffre est un zéro, il s'agit d'un aluminium non allié ayant des limites d'impureté naturelles. Les chiffres 1 à 9 indiquent un contrôle spécial d'une ou de plusieurs impuretés ou éléments d'addition particuliers.
- Les troisième et quatrième chiffres indiquent le pourcentage minimum d'aluminium. Les deux chiffres sont identiques aux deux chiffres se trouvant à droite de la virgule dans le pourcentage minimum d'aluminium, lorsque ce dernier est exprimé à 0,01 % près.

– Groupes 2xxx à 8xxx

- Dans ces groupes, le deuxième chiffre indique les modifications de l'alliage. Si le deuxième chiffre est un zéro, il s'agit de l'alliage original. Les chiffres 1 à 9, qui sont attribués consécutivement, indiquent les modifications de l'alliage.
- Les troisième et quatrième chiffres n'ont pas de signification spéciale mais servent seulement à identifier les différents alliages d'aluminium dans le groupe.

6.4. Modes d'obtention - États de livraison – États métallurgiques

6.4.1. Modes d'obtention et états de livraison des métaux et alliages non ferreux moulés en fonction de leur traitement thermique NF A 02-002



Exemple de désignation

Une pièce :
– alliage d'aluminium A S13,
– moulée en sable,
– trempée et revenue.

Mode d'obtention	
Y0	Non défini
Y1	Lingot
Y2	Sable
Y3	Coquille par gravité
Y4	Sous pression
Y5	Par concréfaction
Y6	-
Y7	Coulée continue
Y8	Centrifugation
Y9	Suivant prescription

État de livraison	
0	Aucun traitement ou non spécifié
1	Recuit
2	Trempé
3	Trempé et revenu
4	Trempé et mûri
5	Stabilisé
6	Trempé et stabilisé
7	
8	
9	Suivant prescription

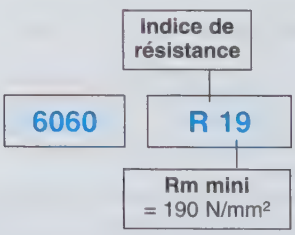
6.4.2. États métallurgiques des métaux et alliages non ferreux corroyés NF A 02-006 à 008

Il est possible d'utiliser deux modes de désignation des états métallurgiques :
– **l'indice de résistance** qui indique la valeur minimale de la résistance à la traction du produit ;
– **le symbole caractérisant les traitements** thermiques et/ou mécaniques subis par le métal.

Indice de résistance

Il est composé de :
– **la lettre R** ;
– **un ou deux chiffres** qui indiquent la résistance à la traction minimale par 1/10 de sa valeur en N/mm². Cette valeur est arrondie au nombre entier supérieur lorsque le dernier chiffre est égal ou supérieur à 5 ;
– le cas échéant, **une lettre** complémentaire **A** (pour distinguer deux pièces ayant même résistance à la traction mais une limite élastique ou un allongement plus élevé) ou la lettre **L** (laqué).

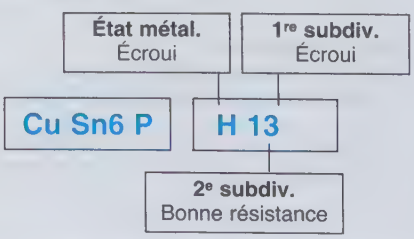
Exemple de désignation
Un alliage d'aluminium corroyé 6060 **(A GS)**



Symbole caractérisant le traitement

Il est composé de :
– l'état métallurgique de base : lettre **F**, **O**, **H** ou **T** ;
– le moyen principal d'obtenir cet état (subdivisions en un ou plusieurs chiffres) ;
– des variantes conventionnelles en fin de désignation.
Les tableaux correspondants sont donnés en page suivante.

Exemple d'un alliage de cuivre



Symbole caractérisant le traitement : états métallurgiques de base

Symbole	Définition
F, M* * Pour cuivre et alliages de cuivre	**État brut de fabrication** État d'un produit obtenu par déformation plastique sans que ses caractéristiques mécaniques soient définies.
O	**État recuit** État d'un produit corroyé ayant subi un recuit complet.
H	**État écroui** État d'un produit ayant subi des déformations plastiques en vue de lui conférer des caractéristiques mécaniques déterminées.
T	**État durci par traitements thermiques** Les traitements thermiques considérés sont des combinaisons de tout ou partie de l'ensemble des traitements suivants : mise en solution (séparée ou non), trempe, maturation, revenu, avec application éventuelle de déformations plastiques.

Symbole caractérisant le traitement : subdivisions des états de base

Dans le cas des aluminiums et alliages d'aluminium, les états de base **F** et **O** ne comportent pas de subdivision. Pour les cuivres et alliages de cuivre, l'état **M** comporte des subdivisions qui permettent de différencier les états bruts de presse (1, 2 ou 3), l'état **O** comporte des subdivisions liées à la grosseur du grain (**O** et **OS**) ou liées à l'aptitude à l'emboutissage (**OX**). Les tableaux suivants reprennent les subdivisions des états **H** et **T**, les plus utilisées.

– Cas des cuivres et alliages de cuivre

Symb	1re sub.	Définitions
H	**1**	Écrouissage seul.
	2	Écrouissage suivi d'un recuit partiel.
	3	Écrouissage suivi d'un traitement de détente.
2e subdivision de la lettre **H**, les chiffres **1**, **2**, **3**..., désignation choisie dans l'ordre numérique et pour l'ordre croissant des valeurs de résistance mécanique du métal.		
T	**A**	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée.
	B	Mise en solution et trempe.
	C	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée, et déformation à froid.
	D	Mise en solution, trempe et déformation à froid.
	E	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée et revenu.
	F	Mise en solution, trempe et revenu.
	G	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée, déformation à froid et revenu.
	H	Mise en solution, trempe, déformation à froid et revenu.
	K	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée, revenu et déformation à froid.
	L	Mise en solution, trempe, revenu et déformation à froid.

– Cas des aluminiums et alliages d'aluminium

Symb.	1re sub.	Définitions	2e sub. - Définitions
H	**1**	Écrouissage.	**2** État 1/4 dur. **8** État dur
	2	Écrouissage puis restauration.	**4** État 1/2 dur. **9** État extra-dur.
	3	Écrouissage puis stabilisation.	**6** État 3/4 dur.
T	**1**	Refroidi après transformation à chaud et mûri.	**1** Revenu favorisant la ductilité.
	2	Refroidi après transformation à chaud, écroui et mûri.	**6** Revenu favorisant la résistance.
	3	Mise en solution séparée, trempé, écroui et mûri.	**51** Relaxation par traction contrôlée.
	4	Mise en solution séparée, trempé et mûri.	**52** Relaxation par compression contrôlée.
	5	Refroidi après transformation à chaud et revenu.	**54** Relaxation par traction-compression.
	6	Mise en solution séparée, trempé et revenu.	
	7	Mise en solution séparée, trempé et sur-revenu.	
	8	Mise en solution séparée, trempé, écroui et revenu.	
	9	Mise en solution séparée, trempé, revenu et écroui.	
	10	Refroidi après transformation à chaud, écroui et revenu.	

6.5. Caractéristiques mécaniques : symboles, unités

Désignation	Symboles normalisés	Unités normalisées	Normes de référence
Résistance à la traction *(Résistance, résistance à la rupture)*	R_m *(R)*	MPa ou N/mm²	
Limite apparente d'élasticité	R_e	MPa ou N/mm²	
Limite conventionnelle d'élasticité à 0,1 % ou 0,2 %	$R_{p0,1}$ ou $R_{p0,2}$ *(R 0,001 ou R 0,002)*	MPa ou N/mm²	NF EN ISO 6892-1
Allongement % après rupture	**A**	%	
Coefficient de striction	**Z**	%	
Dureté Brinell	**HBS, HBW**	indice Brinell	NF EN ISO 6506
Dureté Rockwell	**HRB, HRC**	indice Rockwell	NF EN ISO 6508
Dureté Vickers	**HV**	indice Vickers	NF EN ISO 6507
Énergie absorbée par la rupture sur éprouvette U	**KU**	J (joules) ou daJ	
Résilience (Charpy) sur éprouvette U	**KCU**	J/cm² ou daJ/cm²	NF EN 10045-1
Énergie absorbée par la rupture sur éprouvette V	**KV**	J (joules) ou daJ	
Résilience sur éprouvette V	**KCV**	J/cm² ou daJ/cm²	NF EN 10045-1
Contrainte maximale de fatigue	σ_{max}	MPa ou N/mm²	
Durée de vie ou nombre de cycles à la rupture	**N**		ISO 1352*
Limite d'endurance ou limite de fatigue	σ_D	MPa ou N/mm²	
Résistance des matériaux à l'amorçage et à la propagation de fissures	$K1_c$	MPa $\sqrt{m}$	NF en ISO 12737

Caractéristiques mécaniques principales des matériaux

– **La ténacité** : c'est la résistance à la déformation et à la rupture. Elle est caractérisée par la résistance à la traction **Rm**, par la limite d'élasticité **Re** et par la dureté **H** pour la résistance à la déformation par enfoncement.
– **La ductilité** : c'est la capacité du matériau à se déformer avant la rupture. Elle est caractérisée par l'allongement **A%**, par le coefficient de striction **Z%** et par la résilience **K** pour les essais par chocs.
– **L'endurance** : c'est la résistance aux contraintes répétées. Elle est caractérisée par la limite à la fatigue ou par la durée de vie.

Nota : Les essais mécaniques qui mettent en évidence ces caractéristiques mécaniques sont définis dans le **Mémotech Industrialisation & Mécanique,** ch. 2.

* Norme ISO 1352 : Acier. Essai de fatigue par contrainte de torsion.

6.6. Traitements thermiques : termes usuels - Choix

6.6.1. Principaux constituants des alliages ferreux

Diagramme fer-carbone simplifié

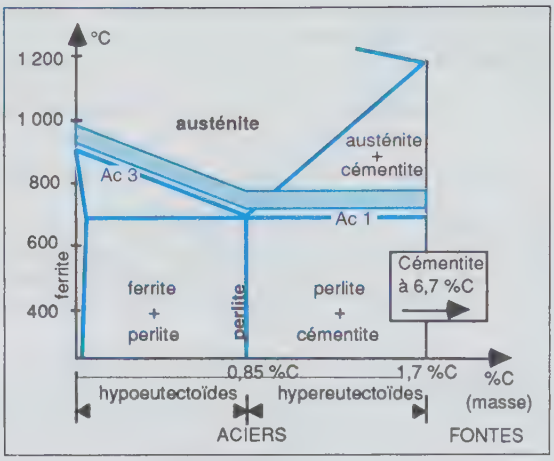
C'est un diagramme d'équilibre binaire fer et carbone, sans élément d'addition.
Les constituants sont obtenus par chauffage à température élevée suivi d'un refroidissement lent.
Ce diagramme ne peut donc pas être utilisé pour connaître les constituants obtenus après traitements thermiques.

Il permet de choisir, à partir du % de carbone, la température de trempe, pour les aciers non alliés :

zone ▭ sur le diagramme simplifié

– (Ac 3 + 50 °C) pour les aciers hypoeutectoïdes,

– (Ac 1 + 50 °C) pour les aciers hypereutectoïdes.



Constituants d'équilibre du diagramme et constituants des aciers recuits

Fer α — État stable du fer pur en dessous de 906 °C. Il a une structure cristalline cubique centrée. Il ne dissout pratiquement pas le carbone, il est doux, très malléable et très magnétique.

Fer γ — État stable du fer pur entre 906 °C et 1 400 °C. Il a une structure cristalline cubique à face centrée. Il dissout facilement le carbone et il est paramagnétique.

Ferrite — C'est une solution solide d'un ou de plusieurs éléments dans le fer α. C'est du fer pratiquement pur qui ne contient que des traces de carbone. Elle n'est pas très dure (HB = 80), peu tenace (Rm = 300 N/mm²), mais elle est très ductile (A% = 10).

Cémentite — Carbure de fer Fe_3C. C'est une combinaison très dure (HB = 750) mais très fragile, elle contient environ 6,7 % de carbone. Elle donne une bonne tenue à l'abrasion et à l'érosion.

Perlite — C'est un mélange hétérogène de ferrite et de cémentite sous forme souvent lamellaire à 0,85 % (eutectoïde). Elle est dure (HB = 200), tenace (Rm = 850 N/mm²) et assez ductile (A% = 10). Elle est facile à usiner. Elle offre une bonne résistance aux efforts statiques et à l'usure par frottement.

Austénite — C'est une solution solide de carbone (ou de plusieurs éléments) dans le fer γ (voir zone du diagramme et température), elle peut dissoudre jusqu'à 1,7 %. C'est le constituant intermédiaire de durcissement par trempe, après chauffage (austénitisation) et avant refroidissement (trempe). Elle est douce et assez facile à usiner. Elle possède un coefficient de dilatation élevé et une bonne résistance à l'usure. Elle possède une bonne résilience aux températures cryogéniques.

Constituants de trempe

Martensite — C'est une solution solide d'insertion sursaturée de carbone dans le fer α. C'est le constituant de trempe le plus dur (HV = 800), mais il est fragile.
Elle est obtenue par refroidissement rapide et de ce fait pénètre plus ou moins au cœur de la pièce. Elle est très dure, difficilement usinable et assez fragile.

Bainite — C'est un agrégat de ferrite et de carbures. C'est un constituant qui présente les mêmes phases que la perlite (ferrite et cémentite), mais de structure particulièrement fine, souvent en aiguilles, ce qui lui confère de bonnes propriétés mécaniques. Elle est dure et assez facile à usiner.

6.6.2. Traitements thermiques dans la masse des produits ferreux

Les termes suivants sont issus des normes correspondantes ou simplement des termes reconnus par la profession. Le seul but de ces définitions est de faciliter la lecture et la compréhension des différents tableaux et guides de choix de l'ouvrage.

RECUIT

Il a pour but de faire disparaître les états hors équilibre provenant des traitements antérieurs, thermiques ou mécaniques.
– Chauffage en général au-dessus de la température d'austénitisation (autour de 850 °C selon le pourcentage de carbone et des éléments d'addition*).
– Maintien isotherme.
– Refroidissement lent à vitesse très inférieure à la vitesse critique de trempe. La structure obtenue est du type ferrite-perlite. L'état recuit correspond aux valeurs minimales de ténacité et aux valeurs maximales de ductilité. Il existe de nombreuses variantes de ce traitement mais, en pratique, un même recuit peut combiner les effets des recuits typiques suivants :

Recuit d'homogénéisation

Il est surtout effectué sur les aciers bruts de coulée pour supprimer l'hétérogénéité chimique. La pièce est portée à une température aussi élevée que possible sans atteindre le solidus réel. Pratiquement, la température est de l'ordre de (**Ac3** + 200 °C). La durée de ce traitement est de plusieurs heures. Le métal qui a été surchauffé est suivi d'un recuit de régénération.

Recuit de régénération

Il est surtout effectué sur des pièces ayant été surchauffées dans le but d'affiner et d'uniformiser le grain. La pièce est portée à une température de (**Ac3** + 50 °C) pendant une durée juste nécessaire à la chauffe à cœur puis est refroidie à l'air.
– **De normalisation** : c'est une variante du recuit de régénération qui s'applique aux pièces brutes de forgeage ou de laminage. Il s'effectue dans les mêmes conditions de chauffe, la pièce étant ensuite refroidie à l'air calme.

Recuit complet

Couramment appelé « recuit », il est effectué sur des pièces ayant subi des traitements thermiques ou mécaniques dont on désire supprimer les effets (constituants durs) pour en faciliter l'usinage. La pièce est portée à (**Ac3** + 50 °C) environ 30 minutes puis est refroidie lentement à l'air ou au four. Il existe deux variantes de ce traitement :
– **d'adoucissement** : il est effectué sur les aciers autotrempants et sur les fontes. La pièce est chauffée à une température inférieure au point de transformations **Ac1** pendant 6 à 8 heures puis est refroidie à l'air libre. Cette basse température évite la réalisation d'une trempe ;
– **de coalescence** : il est effectué sur des aciers à fort pourcentage de carbone (**100 C6**, **Z 200 C 13**...), dans le but d'obtenir l'adoucissement maximal. La pièce est chauffée aussi en dessous de Ac1, mais pendant 30 heures, puis est refroidie à l'air libre.

Recuit de détente

Il est effectué sur des pièces après moulage ou soudage pour éliminer les tensions internes avant l'usinage. La pièce est chauffée vers 600 °C pendant environ 1 heure puis refroidie à l'air libre.

Recuit de recristallisation

Il est effectué sur des pièces écrouies à une température de l'ordre de 600 °C.

DURCISSEMENT PAR TREMPE

Le durcissement par trempe a pour but d'augmenter la ténacité des produits ferreux.
Pour la nuance considérée :
– chauffage à la température d'austénitisation (au-dessus de **Ac3**),
– maintien à cette température,
– refroidissement rapide à une vitesse choisie supérieure à la vitesse critique de trempe.
La pénétration de la trempe dans la pièce dépendra de cette vitesse et de la masse de la pièce.
Les pièces en acier doivent posséder un pourcentage minimum de carbone (en pratique 0,2 % minimum). La structure obtenue est constituée de martensite, de bainite ou des deux à la fois. Ce traitement doit obligatoirement être suivi d'un revenu.

Trempabilité

Aptitude d'un volume de métal à acquérir une certaine dureté par trempe de la surface au cœur, pour des conditions de refroidissement données : aptitude à donner lieu aux transformations martensitique et/ou bainitique. La trempabilité est souvent caractérisée par l'évolution de la dureté en fonction de la distance à une surface refroidie (**essai Jominy***).

* Voir **Mémotech Industrialisation & Mécanique**, ch. 2.

REVENU

Il est effectué après le durcissement par trempe sur les produits ferreux pour amener les caractéristiques mécaniques à un niveau souhaité (voir utilisation des courbes de revenu, **Mémotech Productique** « ***matériaux et usinage*** » au ch. 4).
La pièce est chauffée à une température très inférieure à la température d'austénitisation puis refroidie. En pratique la température de revenu est choisie entre 200 °C et 600 °C selon les caractéristiques mécaniques désirées. Le résultat obtenu dépend donc de l'état structural après trempe, de la température de revenu et de la durée de ce revenu.

En résumé :
– pour obtenir de grandes duretés et de grandes résistances mécaniques, le revenu sera effectué vers 200 °C ;
– pour obtenir un bon compromis, donc une résistance correcte et une bonne résilience, le revenu est effectué entre 500 °C et 650 °C dans le cas des traitements dans la masse. Il est déconseillé, pour les aciers alliés, d'effectuer des revenus dans la zone 300-500 °C. Ils entraînent une baisse importante de résilience et par suite une fragilisation de la pièce (zone de fragilité de revenu).

Revenu de détente
Il est effectué à une température inférieure à 200 °C sur des structures martensitiques (trempe complète), sur des pièces d'acier à haute résistance. Il diminue légèrement la résistance à la rupture mais augmente la limite élastique et améliore la ductilité.

ÉTATS DE LIVRAISON

Cas des aciers de construction
• **État naturel :**
C'est l'état du produit tel qu'il sort du laminoir. Au-dessous de 0,2 % de carbone, les aciers de construction peuvent être utilisés dans cet état. Au-dessus de 0,2 % il est nécessaire de prévoir un laminage à température contrôlée ou de faire suivre le laminage d'un recuit.
• **État normalisé :**
C'est l'état du recuit défini ci-dessus, les caractéristiques proposées par les fabricants sur les fiches matière sont des caractéristiques minimales garanties.
• **État adouci :**
Cet état correspond à une dureté maximale garantie.
• **État prétraité :**
C'est l'état trempé et revenu pour les caractéristiques prévues par la norme ou sur accord à la commande.

6.6.3. Principaux traitements superficiels thermochimiques des produits ferreux

Ces traitements thermochimiques permettent d'obtenir des caractéristiques particulières à la surface d'une pièce sans altérer les caractéristiques dans la masse.
Selon leur principe, ils améliorent principalement une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : la dureté en surface, la résistance à l'usure, la résistance à la corrosion et le comportement en frottement.
Par exemple pour un pignon, on peut souhaiter une grande dureté en surface (pièce frottante) et une bonne résilience à cœur (résistance à des contraintes de masse).

Traitements de diffusion : le matériau d'apport diffuse dans le substrat à haute température et réagit avec lui.

Aluminisation

Ce traitement qui s'effectue en général sur les aciers a pour objet un enrichissement superficiel en aluminium. Il est surtout utilisé comme protection contre la corrosion et l'oxydation à haute température.

Bleuissage

Ce traitement est effectué en milieu oxydant. La surface polie du produit ferreux se recouvre d'une couche mince d'oxyde adhérent de couleur bleue.

Boruration

La couche superficielle de la pièce est enrichie en bore. Ce traitement assure une dureté très élevée de 1 800 à 2 000 HV, une bonne tenue à l'usure et à la corrosion.
Tous les aciers, sauf rapide et inox, peuvent subir ce traitement mais les éléments d'alliage et le carbone diminuent l'épaisseur de la couche borurée. Traitement possible sur fonte.

Carbonitruration

Comme pour la cémentation, apport de carbone en surface mais avec en plus introduction d'azote dans le four entre 600 °C et 850 °C ou dans un bain.
Ce traitement est aussi obligatoirement suivi d'une trempe. Par rapport à la cémentation, il donne d'excellents résultats sur des aciers non alliés. La carbonitruration gazeuse est la plus employée.
Ce traitement permet d'atteindre une dureté en surface de 700 à 900 HV.

Cémentation

Ce traitement s'effectue en général sur des aciers à faible pourcentage en carbone (C < 0,25 %, donc non trempants 6.10.1), possédant une bonne ductilité dans la masse, en vue d'augmenter la dureté superficielle.
Il consiste :

– à apporter du carbone en surface par chauffage au four à température d'austénitisation (vers 900 °C) en présence de cément solide, liquide ou gazeux. Ce dernier procédé est le plus utilisé (précis et rapide) ;

– à effectuer un cycle de trempe suivi d'un revenu à basse température.
Il y a possibilité de ne pas traiter toute la pièce (usinage des surfaces cémentées avant la trempe ou protection par cuivrage de surfaces avant la cémentation).
La pièce conserve donc ses caractéristiques à cœur et présente une couche extérieure très dure (jusqu'à 2 mm) obtenue par le durcissement par trempe (700 à 800 HV).
La déformation impose une rectification après traitements.

Chromisation

La surface de la pièce est enrichie en chrome :

– chromisation douce sur des aciers à faible pourcentage de carbone. Elle permet d'installer une couche riche en chrome qui résiste bien à la corrosion ;

– chromisation dure sur des aciers à fort pourcentage de carbone : elle offre des surfaces de dureté très élevée (1 600 à 1 800 HV) qui résistent bien au frottement et à la corrosion sèche mais qui sont très fragiles.

Nitruration

Ce traitement s'effectue cette fois sur un métal déjà trempé et revenu donc sur des pièces qui possèdent des caractéristiques mécaniques élevées dans la masse. Il peut se pratiquer sur des pièces finies. Il permet d'atteindre des duretés en surface très élevées (600 à 1 500 HV) suivant le type de traitement. Il est particulièrement adapté aux pièces sollicitées aux chocs et à l'usure par frottement. Il augmente la limite d'endurance. Industriellement, il existe deux types de nitruration :

– **nitruration traditionnelle** (en atmosphère gazeuse)
Elle se pratique sur des aciers alliés contenant du chrome et de l'aluminium (exemple : 40 CAD 6 12, voir 6.10.1). La surface est enrichie en azote par chauffage vers 500 °C en présence de gaz d'ammoniac. Le durcissement est obtenu grâce à la formation de nitrures de chrome et d'aluminium.
La zone nitrurée est très mince (0,5 mm après 50 heures). (Peut être réalisé en bains de sels) ;

– **nitruration ionique**
Elle s'effectue à l'intérieur d'une enceinte à atmosphère raréfiée, en présence d'hydrogène et d'azote à l'état de plasma. Cet état est obtenu en établissant une différence de potentiel (jusqu'à 1 500 V) entre la pièce (cathode) et l'enceinte du four (anode). Cette configuration permet d'atteindre des températures entre 400 et 600 °C.
Ce procédé présente l'avantage d'être non polluant et permet de traiter des nuances d'acier très diverses, des aciers **XC** aux aciers fortement alliés (6.10.1).
Les fontes modérément alliées (**Cr et Al**) peuvent être nitrurées (**FGS** ou **MN** conviennent).

Sulfonitruration

Ce traitement augmente la résistance à l'usure en améliorant considérablement le frottement par autolubrification. La profondeur traitée est de 0,2 à 0,5 mm.
La surface de la pièce est enrichie en soufre par chauffage vers 570 °C dans un bain de sels pour le **Sulfinuz**, entre 560 °C et 570 °C dans un bain non polluant pour le **Sursulf** (procédé **HEF**).
Tous les métaux ferreux peuvent être sulfonitrurés.
Un autre traitement (conversion), le **Sulf BT** (sulfuration) à basse température s'effectue par électrolyse en bain de sels à 190 °C sur des aciers et sur des fontes. La pénétration est moins grande que pour la sulfonitruration mais la température plus basse n'occasionne pas de revenu parasite.
Aucune reprise d'usinage ne doit être faite après le traitement.
Ce traitement ne peut pas s'appliquer sur des aciers contenant plus de 12 % de chrome. Les aciers cémentés trempés, les aciers et les fontes trempés peuvent recevoir ce traitement.

Trempe superficielle

Ce traitement (de transformation structurale) est réservé aux aciers non alliés pour traitements thermiques ou pour certains aciers faiblement alliés, en vue d'un durcissement superficiel.
En général, la pièce a été préalablement traitée dans la masse (trempe et revenu) pour une bonne résilience à cœur. Elle est ensuite réchauffée en surface en vue d'une nouvelle trempe plus dure.

6.6.4 Choix du traitement superficiel de diffusion réservé aux produits ferreux*

Aptitudes → / Traitements ↓	Épaisseur traitée	Dureté de la couche	Étude comparative	
			Avantages	Inconvénients
Cémentation en bains de sels ou gazeuse	jusqu'à 3 mm	700 HV jusqu'à 200 °C	– Procédé simple - Utilisation souple – Prix de revient faible – Adapté aux aciers à bas % de C – En cémentation gazeuse les déformations sont plus faibles : c'est la plus utilisée en série.	– Nécessité d'un cycle de trempe et revenu après traitement – Déformation des surfaces traitées qui impose une rectification finale – En cémentation liquide, les bains sont toxiques et dangereux
Nitruration gazeuse	0,2 à 0,6 mm	600 à 1 200 HV jusqu'à 400 °C	– Faible déformation ne nécessitant pas de reprise d'usinage – Dureté élevée – Mise en œuvre facile – Prix de revient faible – S'effectue sur un métal déjà traité	– Faible profondeur durcie – Couche fragile – Contraintes de contact admissibles en fatigue limitées – Utilisation d'aciers spéciaux – Reprise mécanique difficile – Temps de traitement long
Nitruration ionique	jusqu'à 0,5 mm	800 à 1 500 HV	– Dureté élevée, pas de déformation – État de surface conservé – Cycle plus simple qu'en nitruration gazeuse (plus rapide) – Gamme de métaux ferreux plus large qu'en nitruration gazeuse	– Difficulté de traitement des alésages – Résistance à la corrosion moyenne – Investissement important
Carbonitruration	de 0,1 à 0,9 mm	700 à 900 HV	– Traitement favorable aux contraintes de fatigue en flexion, en torsion et aux contraintes de fatigue superficielle (roulement) – Carbo. liquide : mise en œuvre simple – Carbo. gazeuse : procédé souple, intégration possible en production	– Nécessité comme en cémentation de faire suivre d'un cycle de trempe et revenu – Carbonitruration liquide : lavage des pièces après traitement et manutention importante – Carbonitruration gazeuse : coût de mise en œuvre élevé
Boruration	0,02 à 0,4 mm	1 600 à 2 000 HV	– Dureté très élevée, bonne tenue à l'usure – Gamme de métaux ferreux large (aciers, fontes frittées) – Intégration possible en production	– Couche très fragile – Recuit de régénération ultérieur – Aucune reprise possible après traitement – Gonflement du quart de l'épaisseur – Besoin d'un état de surface initial – Prix de revient élevé
Sulfonitruration en bains de sels Sursulf	0,5 mm	1,7 à 3 fois la dureté initiale	– Bonne résistance à l'usure et au grippage – Bonne amélioration de la résistance à la fatigue (augmentation des contraintes de compression) – Temps de traitement rapide – Prix de revient bas	– Pas de reprise d'usinage après traitement (éventuellement un rodage) – Gonflement de la pièce, impose une sous-cotation – Faible résistance à la corrosion
Chromisation dure	0,02 mm	1 600 à 1 800 HV	– Dureté très élevée, très bonne résistance à l'usure (frottement et abrasion) – Bonne résistance aux chocs thermiques – Traitement possible après chromisation – Agrément alimentaire	– Prévoir une surépaisseur de dépôt : aucune retouche possible après chromisation – Déformation possible en cours de traitement – Prix de revient élevé – Déconseillé comme durcissement des portées de joints dynamiques

* L'utilisation des fiches matières fournies par les fabricants et la mise en œuvre des traitements est décrite au chapitre 4 du **Mémotech Industrialisation & Mécanique**.

6.6.5. Choix du traitement superficiel par transformation structurale réservé aux produits ferreux (trempe superficielle)

La dureté minimale de la couche traitée dépend du pourcentage de carbone (0,12 % à 0,55 %), la dureté varie entre 420 et 720 HV. La limite de fatigue peut être améliorée de 10 à 80 % par ce traitement.

Aptitudes → / Trempe superficielle ↓	Épaisseur traitée	Risque de déformation	Étude comparative	
			Avantages	Inconvénients
Induction	> 0,3 mm	Faible	– Faible déformation après traitement – Automatisation possible – Bien adapté aux grandes séries – Mise en œuvre rapide – Cadence élevée – Utilisation d'acier peu coûteux	– Mise au point du traitement parfois délicate – Limitée à des épaisseurs faibles – Procédé limité par la forme de la pièce
Chalumeau	> 1 mm	Moyenne	– Déformations relativement faibles – Automatisation possible – Mise en œuvre rapide – Possibilité de traiter des pièces de grandes dimensions (coût acceptable) et des pièces de formes complexes – Bien adapté aux séries petites et moyennes – Utilisation d'aciers peu coûteux	– Matériel souvent mal utilisé – Procédé limité par la forme de la pièce
Nouveaux procédés en cours d'industrialisation				
Impulsions	> 0,01 mm	Faible	– Déformation extrêmement faible (faibles profondeurs de traitement) – Automatisation possible	Difficilement utilisable pour des épaisseurs supérieures à 0,5 mm
Plasma	> 0,01 mm	Faible	– Déformation extrêmement faible (faible profondeur du traitement) – Bien adapté au traitement en continu (lames et fils) – Automatisation possible	Savoir-faire en cours de développement – Peu adapté aux grosses pièces
Laser	> 0,01 mm	Faible	– Précision du traitement – Grande gamme de profondeurs possibles – Possibilité de traiter des endroits difficilement accessibles aux autres procédés – Déformation faible pour les faibles épaisseurs – Automatisation possible	– Coût extrêmement élevé – Noircissement des surfaces à réaliser parfois avant traitement – Maintenance délicate
BE Bombardement électronique	> 0,01 mm	Très faible	– Précision du contour du traitement – Faibles déformations – Absence d'oxydation sur les pièces – Automatisation possible	– Utilisation du vide

6.6.6. Choix du traitement superficiel de diffusion métallique (traitements de pièces frottantes)[1]

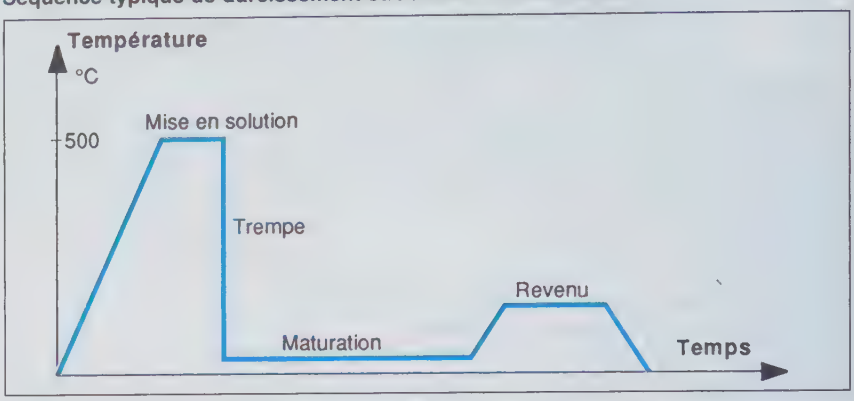
Aptitudes → / Traitements ↓	Définition	Maté. de base	Épaisseur traitée	Caractéristiques obtenues (HV 50 g)	Applications
Stanal 400	Diffusion d'étain dans une matrice d'acier. Dépôt électrolytique d'un alliage à base d'étain suivi d'un traitement thermique de diffusion (200° à 600 °C)	Aciers inox aciers pour TTh	15 à 30 μm	– Une dureté de 400 à 900 HV sur des aciers de 0,1 à 0,85 % C – Diminution du coefficient de frottement – Très nette amélioration à la corrosion	– Amélioration des possibilités de lubrification – Utilisé pour pièces d'articulation, goujonnerie... **Matériaux antagonistes :** – Aciers, aciers traités, aciers inox., pièces chromées dur, fontes
Delsun	Diffusion d'étain dans une matière d'alliages cuivreux. Dépôt électrolytique d'un alliage à base d'étain suivi d'un traitement thermique de diffusion (410 °C maximum).	Bronze à l'étain cupro-alu laitons cupro-nickel	15 μm	– Une dureté de 400 à 700 HV – Diminution du coefficient de frottement – Augmentation de la tenue à la corrosion	– Amélioration des possibilités de lubrification – Utilisé pour pièces de robinetterie, de boîtes de vitesses, pour bagues... **Matériaux antagonistes :** – Aciers, aciers traités, aciers inox., pièces chromées dur
Forez	Traitement de surface de pièces en acier réalisé par dépôt électrolytique d'un alliage cuivre-étain, suivi d'un traitement thermique de diffusion (550 °C maximum)	Aciers pour TTh. Fontes Aciers frittés	30 à 150 μm	– Une dureté de 170 à 550 HV – Diminution du coefficient de frottement – Augmentation de la tenue à la corrosion inférieure au Stanal	– Permet de remplacer les pièces frottantes en bronze – Utilisé pour pistons de vérins, de distributeurs en hydraulique **Matériaux antagonistes :** – Aciers, aciers traités, aciers inox., pièces chromées dur, molybdène. *Avantage* : aucune reprise *Inconvénient* : temps important de TTh
Zinal	Diffusion d'indium dans une matrice en alliage d'aluminium. Dépôt électrolytique d'un alliage à base d'indium suivi d'un traitement thermique de diffusion (150 °C)	Alu. et alliages A-U4G A-G3 A-S7G A-S13	15 à 55 μm	– Une dureté de 350 à 400 HV – Diminution du coefficient de frottement – Bonne résistance au grippage	– Utilisé pour pièces d'automobile, d'optique, en construction électrique **Matériaux antagonistes :** – Aciers, aciers traités, aciers inox., pièces chromées dur, molybdène. *Avantage* : généralisation de l'emploi d'alliages d'aluminium en mécanique *Inconvénient* : PR supérieur à l'anodisation dure
Tifran	Diffusion en phase gazeuse, par oxydation contrôlée, de titane pour obtenir en surface une couche à base principalement d'oxyde de titane (650 °C)	Titane et alliages de titane	10 à 55 μm	– Une dureté de 500 à 750 HV – Diminution du coefficient de frottement – Bonne résistance au grippage	– Utilisé pour pièces en aéronautique – Dans le cas de frottement non lubrifié, il peut être dopé de bisulfure de molybdène **Matériaux antagonistes :** – Aciers, Tifran antagoniste *Avantage* : conditionnement du titane contre le grippage sans perte de sa résistance à la corrosion *Inconvénient* : traitement long

(1) à partir de données du SATS.

6.6.7. Traitements réservés aux aluminiums et alliages d'aluminium

Traitement de DURCISSEMENT STRUCTURAL

Séquence typique de durcissement structural d'un aluminium



Mise en solution

Le traitement de mise en solution solide consiste, par un maintien à température élevée, à dissoudre les éléments d'alliage qui se trouvent en phases séparées dans le métal de base.
Si la solution solide ainsi obtenue est refroidie brutalement, on obtient un état trempé.

Maturation

La maturation, ou vieillissement naturel, consiste, après la trempe, à durcir les alliages à traitements thermiques par un séjour à température ordinaire.

Revenu

Dans le cas des aluminiums et alliages d'aluminium, le revenu consiste, par un maintien à environ 200 °C, à accélérer l'évolution des caractéristiques mécaniques, en particulier à augmenter la limite élastique. C'est un revenu de durcissement.

Traitement DE SURFACE par conversion

Outre les traitements mécaniques, les plus connus sont les traitements d'anodisation. Ce sont des traitements de conversion : le matériau d'apport réagit superficiellement avec le substrat. Ils sont destinés à renforcer l'épaisseur de la couche d'oxyde protégeant l'aluminium pour obtenir une couche d'alumine homogène.

Oxydation anodique mince (5 à 20 μm)

– Anodisation sulfurique :
La plus connue, utilisée pour la décoration. Gamme du bronze clair au noir.
– Anodisation chromique :
Très utilisée pour les alliages aéronautiques, en électronique. Les couches sont minces, souples et très protectrices. Leur aspect laqué permet une utilisation en décoration. L'influence sur la limite à la fatigue est faible.
– Anodisation autocolorée :
Les acides sulfo-organiques des électrolytes permettent la formation d'une couche anodique colorée (couleur bronze). Utilisée en architecture.
– Anodisation phosphorique :
Les couches d'oxydes sont très poreuses. Cette anodisation est très utilisée comme préparation des surfaces avant collage.

Oxydation anodique épaisse (50 à 150 μm)

– Anodisation dure :
Anodisation à basse température qui permet de réaliser des couches d'oxydes épaisses. Le gonflement est de 50 %, la dureté de la couche varie de 400 à 600 HV. La rugosité est augmentée de 1,5 à 3 fois. En cas de précision, il est donc nécessaire de rectifier ou de roder la surface traitée. Les alliages utilisés sont en particulier : **A9**, **A5**, **A-G3**, **A-G5**, **A-SG**, **A-GS**, **A-Z4G**, **A-Z5GU**, **A-Z8ZU**, **A-S7G**, **A-S10G**, **A-S13**, **A-12UN**, **A-Z5G**, **A-G3T**, **A-S2GT**, **A-G6**. Ces couches résistent mieux à l'abrasion que les meilleurs aciers traités. La qualité de l'isolation thermique est du même ordre que celle de la porcelaine. Diverses formules d'imprégnation disponibles (lanoline, téflon, sulfure de molybdène...) sont destinées à diminuer le coefficient de frottement.

6.7. Choix d'un revêtement de surface

À partir de données SATS

Type de revêtement ↓ / Aptitudes →		Matériau de base (substrat)	Épaisseur (µm)	Dureté de la couche HV (50 g)	Aptitudes résultantes* : au frottement	à la protection thermique	à résister à la corrosion	à décorer	Surface traitée/an **	PR relatif au m²	Applications
Revêtements électrolytiques											
Dépôt épais	Chrome	Tous matériaux métalliques, matières plastiques pour les revêtements minces avec métallisation préalable	40	900-1 000	x		x		=	35	Vilebrequin, pistons, chemises, matrice, moules...
	Nickel		40	150-400			x		=	70	Pièces de corrosion dans l'alimentaire, le textile...
	Cuivre		200	50-100			x		–	120	Dépôt pour gravure, électronique
Dépôt mince	Chrome		0,5-2					x	=	10	Décoration, sous-couche pour chrome...
	Nickel		10	150-400			x	x	=	7	Décoration, protection contre la corrosion...
	Cuivre		10-15	50-100			x		=	6	Sous-couche pour chrome ou nickel ou pour brasage tendre...
	Étain		10				x		=	30	Machines alimentaires, pistons, segments...
	Zinc		10				x		+	2	Corrosion atmosphérique, moins efficace que la galvanisation...
	Cadmium		10				x		=	5	Pour atmosphères marines, milieux alcalins...
	Argent		5-400	25-80	x		x	x	–	40	Industrie électrique
	Or		0,2-5	20-60			x	x	–	650	Industrie électronique
Revêtements chimiques											
	Nickel (Kanigen) Ni (93 %) P (7 %)	Aciers, fontes, alliage d'Al et de Cu, composites	25	500-900	x	x	x		=	50	Dépôt régulier, excellent coefficient de frottement (Ex. : 0,08 à 0,16 Kanigen/fonte) : - pièces de vérin - vannes, pompes, compresseurs - armes - matériel pour mines - rouleaux d'impression - matériel électrique...
	Cuivre	Non conducteurs : plastiques, céramiques	0,5 (1) 2-5 (1) 20						=	3,3	(1) Suivi d'un dépôt électrolytique Traitement réservé à la fabrication des circuits imprimés. Le principal objectif est d'établir une liaison conductrice.
Galvanisation											
	Zinc	Fontes ou aciers	20-100	70-240 de la surface du substrat			x	x	++	1 à 3	Protection contre la corrosion atmosphérique, pièces de machines à laver, corps de vanne, grilles, bacs... – Excellente protection même en cas de discontinuité. – Difficultés de post-traitement. – Prix de revient bas.

* Destination principale ** Importance relative : - - très faible ; - faible ; = moyenne ; + importante ; ++ très importante

Choix d'un revêtement de surface (suite)

Données

Type de revêtement ↓ / Aptitudes →	Matériau de base (substrat)	Épaisseur (µm)	Dureté de la couche HV (50 g)	Aptitudes résultantes* : au frottement	à la protection thermique	à résister à la corrosion	à décorer	Surface traitée/an **	PR relatif au m²	Applications
DACROMET Dépôts à partir de poudres métalliques en suspension Zinc + aluminium	Aciers ou fontes évent. aluminium	5 - 7 8 - 10		0,12 < f < 0,2	x	x		+	1	Protection contre la corrosion et amélioration du coefficient de frottement sur la visserie, les rondelles, les agrafes, les ressorts et pour pièces mécaniques diverses : industrie automobile... Également apte à recevoir une peinture.
Dépôts avec inclusions de particules par électrolyse Nickel + carbure de silicium	Aciers et alliages d'aluminium			x				– –	120	– Amélioration du coefficient de frottement – Bonne résistance à l'usure – Bonne résistance au grippage
Nickel + diamant				x				– –	4 000	– Bonne dureté – Bonne résistance à l'usure – Bonne résistance à l'usure à chaud – Application aux outils traités pour l'usinage de matériaux très durs
Nickel + nitrure de bore				x				– –	4 000	
Thermoplastiques Polyamide 11	Aciers, fontes, aluminium et alliages, cuivres et alliages, verre, céramiques	80 à 600	75 (shore)	0,11 à 0,18	°C – 60° à 120°	base		++	2,5	*Avantages :* – Possibilités d'épaisseurs variables de faible à forte – Adhérence des dépôts – Perte de matière faible – Investissement peu onéreux – Automatisation possible *Inconvénients :* – Températures limites sauf PTFE – Nécessité de préchauffe des pièces (– 250 °C à 450 °C)
Polyéthylène		200 à 500	40 (shore)		– 15° à 80°	acide			2	
PTFE		8 à 130	600	0,03 à 0,15	– 270° à 260°	x			3	
PVC		200 à 300	50 (shore)		– 270° à 260°					Utilisé en revêtement de fil
REVETOX Alumine + silice + oxyde de chrome	Aciers alliés sauf 100C6, fontes, aciers inox., A-G5 et A-G6	40 à 50	1 800 à 2 000	x	x 700 °C	Réservée		– –	500	*Avantages :* – Hautes performances dans le domaine de l'usure par frottement – Géométries et états de surface conservés – Résistance aux chocs thermiques *Inconvénients :* – Fragilité aux chocs mécaniques – Accord de dilatation substrat/revêtement nécessaire – Prix de revient élevé

* Destination principale ** Importance relative : - - très faible ; - faible ; = moyenne ; + importante ; ++ très importante

6.8. Démarche technico-économique de choix d'un matériau

Dans le cas général, le choix du matériau d'une pièce et le choix de son (ses) procédé(s) de mise en œuvre comportent les étapes principales suivantes :

– **Au bureau d'études :**
- Analyse du besoin - Élaboration du cahier des charges technico-économique.
- Traductions des exigences d'emploi et caractéristiques permettant de procéder à des choix.
- Choix d'une famille de matériaux et des procédés de mise en œuvre. Étude d'avant-projets de pièces.

– **Au bureau des méthodes** (méthodes usinage - méthodes mise en forme...) **:**
- Analyse des avant-projets, recherche des couples matière/traitements*.

– **À l'atelier (usinage - fonderie)** :
- Réalisation de prototypes d'une présérie.

– **Au bureau d'études :**
- Bilan, choix, projet de définition définitif.

Données

Le cahier des charges

La pièce étudiée

1. Les fonctions principales de la pièce dans l'ensemble :
– bâti, pièce de liaison, pièce de transmission d'effort...

2. Les sollicitations mécaniques auxquelles est soumise la pièce :
– en statique : traction, compression...
– en dynamique : chocs, fatigue...

3. Les sollicitations physico-chimiques
– l'environnement intérieur et extérieur (températures, fluides...)
– le frottement entre solides (à sec, lubrifié)
– l'étanchéité (pression, fluide, température, cinématique)
– les conditions particulières (dilatation, conductivité, corrosion...)

4. Les contraintes de géométrie et de masse
– dimensions générales, encombrement
– le poids limite
– qualité des surfaces
– tolérances de position entre surfaces

5. Le contexte technico-économique
– le nombre de mécanismes prévu (série), le nombre de séries
– les délais
– les possibilités des ateliers, de la sous-traitance

6. Des contraintes particulières
– esthétique liée aux fonctions : le design
– maintenance

Besoin

La pièce et son matériau

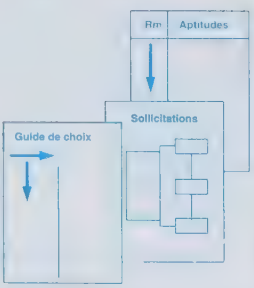
1. Le matériau
2. Les procédés de mise en œuvre
3. Le projet de définition de la pièce

Les outils qui facilitent le choix au BE

Des guides de choix

Des tableaux de sélection

– Des organigrammes de présélection.
– Des guides de choix par familles de matériaux, en fonction des caractéristiques, des aptitudes...
– Des tableaux de matières classées par caractéristiques croissantes.
– Des indices de prix.

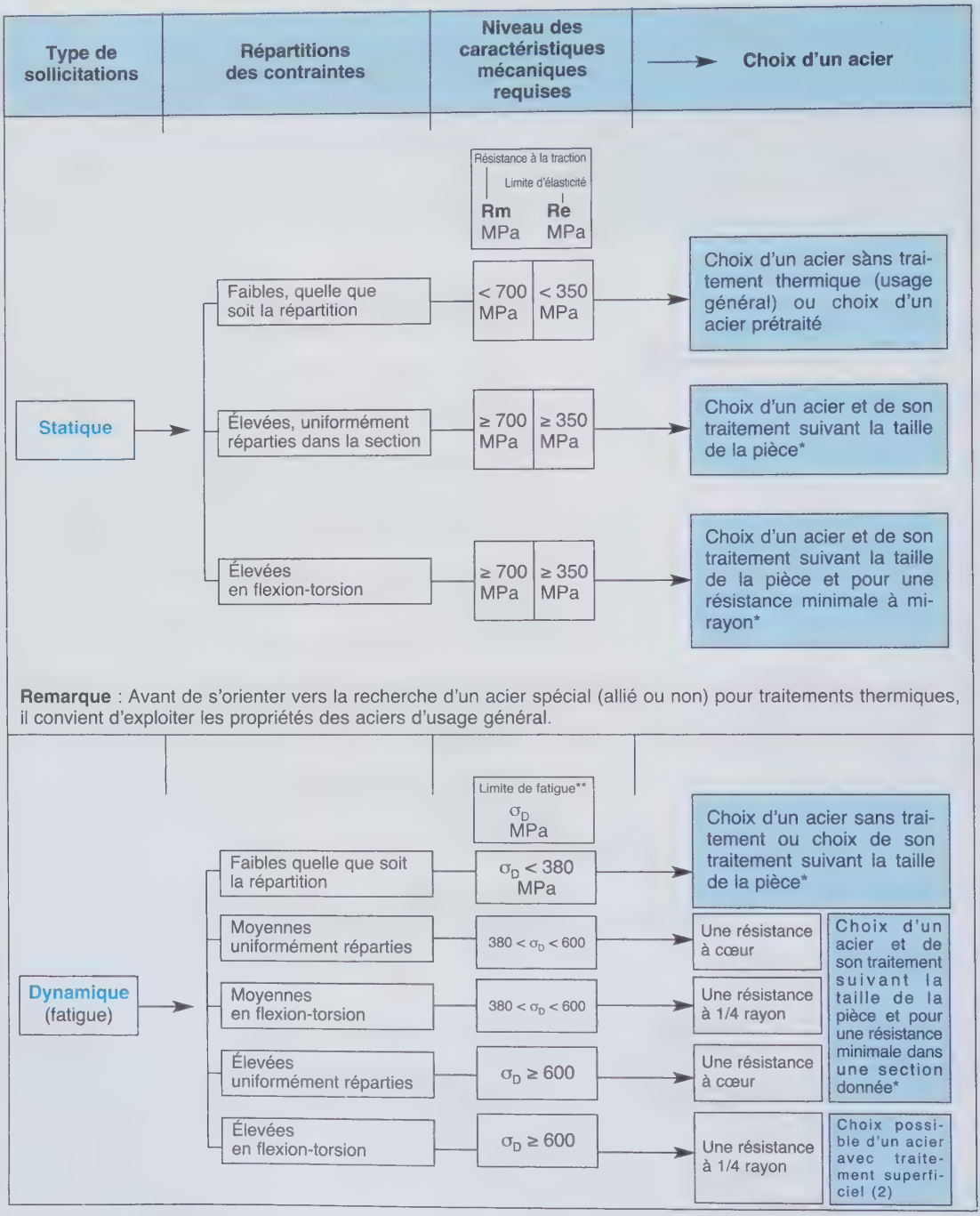


Cette démarche de choix sera largement facilitée et rendue plus efficace par une **élaboration** sérieuse du **cahier des charges** et par l'utilisation de l'**outil « analyse de la valeur »**.

* Le choix d'un acier et de ses traitements thermiques est défini dans le **Mémotech Industrialisation & Mécanique**, ch. 2.

6.9. Choix d'un matériau en fonction des sollicitations

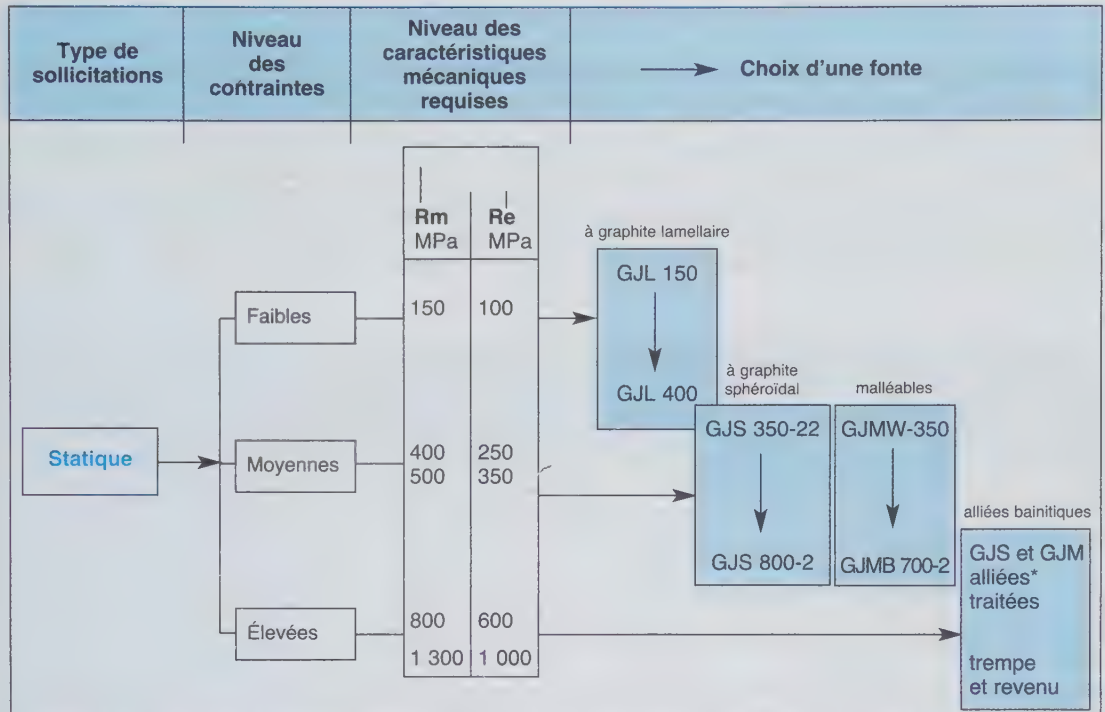
6.9.1. Cas du choix d'un acier : organigramme simplifié (1)



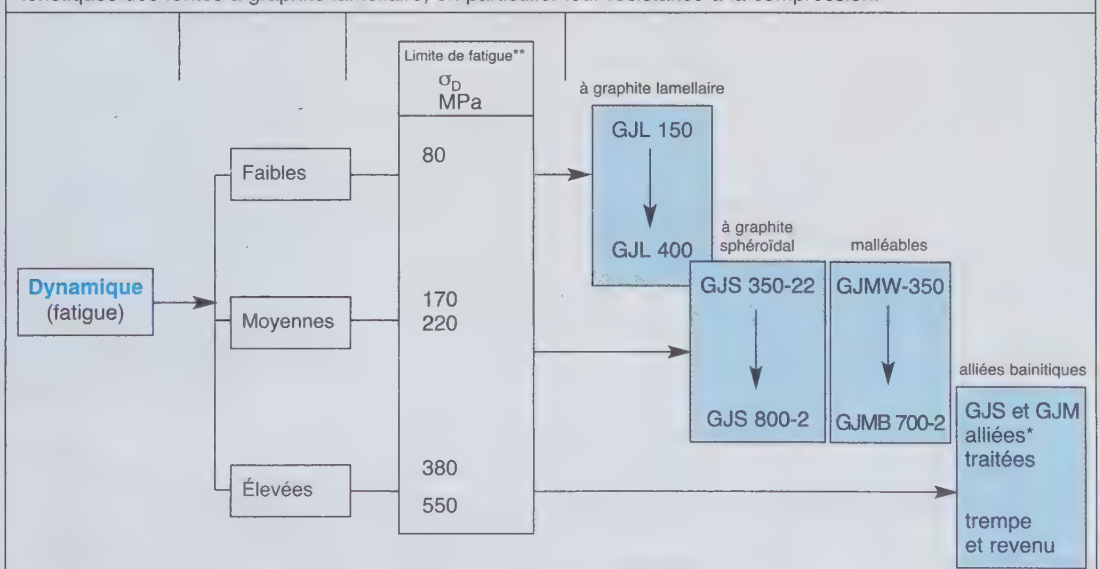
Remarque : Avant de s'orienter vers la recherche d'un acier spécial (allié ou non) pour traitements thermiques, il convient d'exploiter les propriétés des aciers d'usage général.

(1) à partir de données CETIM (Centre technique des industries de la mécanique).
* Ces cas types de choix qui font appel à la maîtrise des traitements thermiques sont traités dans le **Mémotech Industrialisation & Mécanique** ». ** Flexion rotative.
(2) Les traitements (thermiques, thermochimiques ou mécaniques) qui augmentent les contraintes admissibles à la surface des pièces améliorent considérablement la tenue à la fatigue des matériaux ferreux.

6.9.2. Cas du choix d'une fonte ; organigramme simplifié (1)



Remarque : Les fontes à graphite lamellaire (**FGL**) conviennent dans de nombreux cas. Avant de s'orienter vers une fonte à haut module d'élasticité, il convient de rechercher un tracé permettant d'exploiter au mieux les caractéristiques des fontes à graphite lamellaire, en particulier leur résistance à la compression.



Remarque : Les traitements (thermiques, thermochimiques ou mécaniques) qui augmentent les contraintes admissibles à la surface des pièces améliorent considérablement la tenue à la fatigue des matériaux ferreux.

(1) à partir de données CIFOM (Centre d'information des fontes moulées).
* Les fontes alliées bainitiques (GJS et GJM) sont destinées à des applications nécessitant de hautes caractéristiques mécaniques. Elles ne sont pas normalisées.
** Flexion rotative.

6.10. Choix d'un acier : caractéristiques et aptitudes

6.10.1. Aciers recommandés - Normes NF EN 10027-1 et NF EN 10027-2, indices de classement NF A 02-0051-1 et NF A 02-0051-2.

La Fédération des Industries Mécaniques Transformatrices de Métaux (FIMTM) avait établi, en 1974, en collaboration avec le CETIM, une sélection de 58 nuances et qualités normalisées parmi celles qui étaient utilisées dans les plus forts tonnages afin d'aboutir à une meilleure maîtrise des choix et à des économies substantielles.
Le tableau suivant reprend en grande partie cette sélection en conformité avec les normes européennes. Certaines nuances commercialisées en France ne sont pas encore reprises par les normes européennes mais sont encore très utilisées sur le plan industriel. Nous avons donc retenu la présentation suivante : la désignation en gras représente la désignation normalisée prioritairement dans la symbolique européenne, l'ancienne désignation française (NF A 35-573 et NF A 35-574) est mentionnée entre parenthèses. Dans le cas où il n'y a pas de correspondance européenne, seule la désignation française est donnée à partir de l'ancienne désignation.

Aciers de construction (Aciers d'usage général)		**Aciers spéciaux pour traitements thermiques**						**Non alliés et alliés pour cémentation**		**Aciers inoxydables**	
		non alliés		**alliés**							
NF EN	NF A	NF EN	NF A	NF EN	NF A	NF EN	NFA	NF EN	NF A	NF EN	NF A
					20 M 5	**Pour trempe superficielle**		**C 10 E**	(XC 10)	**Ferritiques**	
S 185	(A 33)	**C 22 E**	(XC 18)		35 M 5		40 M 6 TS		XC 12		Z 6 C 13
	A 34-2		XC 25		40 M 6		38 C2 TS	**C 22 E**	(XC 18)		Z 6 CA 13
S 235 JR	(E 24-2)	**C 30 E**	(XC 32)	**20 MnCr 5**	(20 MC 5)		42 C2 TS	**16 MnCr 5**	(16 MC 5)	**X6 Cr 17**	(Z 8 C 17)
S 235 JO	(E 24-3)	**C 35 E**	(XC 38 H1)**	**38 Cr 2**	(38 C 2)		38 C4 TS	**20 MnCr 5**	(20 MC 5)	**X6 CrMo 17-1**	(Z 8 CD 17-01)
S 235 J 263	(E 24-4)		XC 38 H2		42 C 2		42 C4 TS	**18 CrMo 4**	(18 CD 4)		
S 275 JR	(E 28-2)	**C 40 E**	(XC 42 H1)	**34 Cr 4**	(32 C 4)		38 CD4 TS	**10 NiCr 5-4**	(10 NC 6)	**Martensitiques**	
S 275 JO	(E 28-3)		XC 42 H2	**37 Cr 4**	(38 C 4)		42 CD4 TS		16 NC 6	**X 12Cr 13**	(Z 13 C 13)
S 275 J2 G3	(E 28-4)	**C 45 E**	(XC 48 H1)	**41 Cr 4**	(42 C 4)		50 CV4 TS	**18 NiCr 5-4**	(20 NC 6)	**X 20Cr 13**	(Z 20 C 13)
S 355 JO	(E 36-3)		XC 48 H2		100 C 6		38 B3 TS		14 NC 11	**X 30Cr 13**	(Z 30 C 13)
S 355 K2 G3	(E 36-4)	**C 55 E**	(XC 55 H1)	**46 Si 7**	(45 S 7)		38 MB5 TS	**20 NiCrMo 2-2**	(20 NCD 2)	**X 17 Cr Ni 16-2**	(Z 15 CN 16-02)
E 295	(A 50-2)		XC 55 H2	**56 Si 7**	(55 S 7)		38 CB1 TS	**17 NiCrMo 6-4**	(18 NCD 6)	**X 4 Cr NiMo 16-5-1**	(Z 6 CND 16.4.01)
E 335	(A 60-2)	**Pour trempe**		**61 SiCr 7**	(60 SC 7)				21 B 3	**Austénitiques**	
E 360	(A 70-2)	**superficielle**		**46 SiCrMo 6**	(45 SCD 6)	**Pour nitruration gazeuze**		**20 Mn B5**	(20 MB 5)	**X 2 Cr Ni 19-11**	(Z 3 CN 18-10)
			XC 38 H1 TS	**25 CrMo 4**	(25 CD 4)	**31 CrMo 12**	(30 CD 12)		19 NCDB 2	**X 5 Cr Ni 18-10**	(Z 7 CN 18-09)
			XC 38 H2 TS		30 CD 4	**41 CrAlMo 7**	(40 CAD 6-12)				Z 10 CN 18-09
			XC 42 H1 TS	**34 CrMo 4**	(34 CD 4)		34 CD 4			**X12 CrMnNiN 17-7-5**	(Z 12 CMN 7-07)
			XC 42 H2 TS	**37 CrMo 4**	(38 CD 4)		42 CD 4				Z 6 CNT 18-10
			XC 48 H1 TS	**42 CrMo 4**	(42 CD 4)					**X6 CrNiNb 18-10**	(Z 6 CNNb 18-10)
			XC 48 H2 TS		30 CD 12	**De décolletage**					Z 2 CND 17-12
			XC 55 H1 TS	**50 CrV 4**	(50 CV 4)	**15 SMn 13**	(13 MF4)			**X5 CrMo 17-12-2**	(Z 7 CND 17-11-02)
De décolletage			XC 55 H2 TS		20 NC 6		18 MF5			**X6 CrNiMoTi 17-12-2**	(Z 6 CNDT 17-12)
					30 NC 11		35 MF6			**X6 CrNiMoNb 17-12-2**	(Z 6 CND Nb 17-12)
	A 37 Pb			**30 CrNiMo 8**	(30 CND 8)		45 MF6-1				Z 2 CND 17-12
	A 50 Pb			**36 NiCrMo 10**	(35 NCD 16)	**44 SMn 28**	(45 MF6-3)				Z 2 CND 19-15
	A 60 Pb				40 CAD 6-12					**De décolletage**	
	A 70 Pb				21 B 3						Z 12 CF 13
					38 B 3						Z 30 CF 13
11 S Mn 30	(S 250)			**20 Mn B5**	(20 MB 5)						Z 10 CF 17
11 S Mn 37	(S 300)				38 MB 5						Z 6 CDF 18-02
					38 CB 1						Z 10 CNF 18-09
11 S Mn Pb 30	(S 250 Pb)		** H1 : à faible trempabilité H2 : à trempabilité améliorée		19 NCDB 2						
11 S Mn Pb 37	(S 300 Pb)										

6.10.2. Acier de construction d'usage général, tôles et larges plats

Nuances	Qualités	Re N/mm² (1)							Rm N/mm²		A% Lo = 5,65 √So						Pliage à 180° (2) (3)				Résilience daJ/cm²	
		e < 3	3 ≤ e ≤ 30	30 < e ≤ 50	50 < e ≤ 80	80 < e ≤ 110	110 < e ≤ 150		e < 3	3 ≤ e ≤ 150	e < 3	3 < e ≤ 30	30 < e ≤ 50	50 < e ≤ 80	80 < e ≤ 110	110 < e ≤ 150	e ≤ 3	3 ≤ e ≤ 16	16 < e ≤ 50	50 < e ≤ 80	KCV à 20 °C (3) (4)	KCV à 0 °C (4)
S 185 (A33)	-	155	175	175	165	-	-		320-560	300-540	16	18	17	17	-	-	2e	3e	3e	3e	-	-
A34	2	-	165	155	145	135	125		-	330-410	-	28	27	26	24	21	-	1e	1,5e	2e	3,5	-
S 235 JR (E24)	2	215	235	215	205	195	185		360-480	340-460	22	26	25	24	23	20	1e	1,5e	2e	2e	3,5	-
	3	215	235	215	205	195	185		360-480	340-460	22	26	25	24	23	21	0,5e	1e	1,5e	1,5e	-	3,5
	4	215	235	215	205	195	185		360-480	340-460	24	28	27	26	25	23	0,5e	1e	1,5e	1,5e	-	-
S 275 JR (E28)	2	255	275	255	245	235	225		420-560	400-540	19	22	21	20	19	16	1,5e	2e	2,5e	2,5e	3,5	-
	3	-	275	255	245	235	225		420-560	400-540	-	23	22	21	20	18	-	1,5e	2e	2e	-	3,5
	4	255	275	255	245	235	225		420-560	400-540	21	25	23	22	21	19	1e	1,5e	2e	2e	-	-
S 355 JO (E36)	3	325	355	335	335	315	305		510-650	490-630	17	20	19	18	17	15	2,5e	2,5e	3,5e	3,5e	-	3,5
	4	325	255	335	335	315	305		510-650	490-630	19	22	21	20	19	17	2e	2,5e	3,5e	3,5e	-	-
E 295 (A50)	2	275	295	275	275	265	255		490-630	490-610	17	19	18	17	16	13	3e	3,5e	4,5e	4,5e	-	-
E 355 (A60)	2	-	335	315	315	305	295		-	590-710	-	15	14	13	12	9	-	-	-	-	-	-
E 360 (A70)	2	-	365	345	345	335	325		-	690-830	-	10	9	8	7	5	-	-	-	-	-	-

(1) Si la limite d'élasticité apparente est difficile à saisir, on a recours à la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % ($R_{0,002}$).
(2 Les valeurs de pliage ne sont garanties que pour les produits d'épaisseur inférieure ou égale à 80 mm.
(3) Essai effectué s'il est précisé à la commande.
(4) Moyenne de trois essais, aucun résultat individuel ne devant être inférieur à :
- 2,6 daJ/cm² pour une valeur minimale moyenne de 3,5 daJ/cm²,
- 3,5 daJ/cm² pour une valeur minimale moyenne de 5 daJ/cm².

Remarques : Pour les tôles en S 235 JR et S 275 JR, il peut être garanti à la commande un produit RA supérieur ou égal à 8 500 pour les épaisseurs inférieures à 3 mm ou 10 500 pour les épaisseurs supérieures ou égales à 3 mm et inférieures à 8 mm. Dans ce cas, les produits seront désignés par : E 24-3P ; E 24-4P ; E 28-3P ; E 28-4P.

Les anciennes désignations des aciers sont entre parenthèses.

L'éprouvette est extraite parallèlement à la direction du laminage, au 1/3 du rayon à l'extérieur pour les ronds et au 1/6 de la diagonale à l'extérieur pour les plats.

6.10.3. Acier de construction d'usage général, laminés marchands et poutrelles (1)

Nuances		Qualités	Re mini (2) MPa		R MPa	A% mini		Pliage à 180° (3)		Résilience mini		
NF EN	NF A*		e ≤ 30	30 < e ≤ 100		e ≤ 30	30 < e ≤ 100	e ≤ 16	16 ≤ e ≤ 100	KCV + 20 °C (3) (4) e ≤ 50	KCV 0 °C (4)	KCV – 20 °C (4)
S 185	A 33		175	-	300-540	18	-	3e	e ≤ 30,3e	-	-	-
S 235 JF		2	235	215	340-440	28	27	1e	1,5e	3,5	-	-
S 235 JO	E 24	3	235	215	340-440	28	27	0,5e	1e	-	3,5	-
S 235 J2G3		4	235	215	340-440	28	28	0,5e	1e	-	-	3,5
S 275 JR		2	275	255	400-540	24	22	1,5e	2e	3,5	-	-
S 275 JO	E 28	3	275	255	400-540	24	23	1e	1,5e	-	3,5	-
S 275 J2G3		4	275	255	400-540	24	25	1e	1,5e	-	-	3,5
S 355 JO		2	355	335	490-630	22	21	2e	2,5e	3,5	-	-
S 355 K2G3	E 36	3	355	335	490-630	22	21	2e	3e	-	3,5	-
		4	355	335	490-630	23	22	2e	3e	-	-	5
E 295	A 50	2	295	275	490-610	21	20	3,5e	4,5e	-	-	-
E 355	A 60	2	335	315	590-710	16	15	-	-	-	-	-
E 360	A 70	2	365	345	690-830	11	10	-	-	-	-	-

(1) Les poutrelles ne sont fabriquées que dans les nuances E 24, E 28 et E 36.
(2) Si la limite d'élasticité apparente est difficile à saisir, on a recours à la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % ($R_{0,002}$).
(3) Essai effectué s'il est précisé à la commande.
(4) Moyenne de trois essais, aucun résultat individuel ne devant être inférieur à :
- 2,6 daJ/cm² pour une valeur minimale moyenne de 3,5 daJ/cm²,
- 3,5 daJ/cm² pour une valeur minimale moyenne de 5 daJ/cm².

Remarques : Pour les ronds en E 24 et E 28, il peut être garanti à la commande que le produit RA sera supérieur ou égal à 8 500 pour les épaisseurs inférieures à 3 mm ou 10 500 pour les épaisseurs supérieures ou égales à 3 mm et inférieures à 8 mm. Dans ce cas les produits seront désignés par : E 24-3P ; E 24-4P ; E 28-3P ; E 28-4P.

6.10.4. Acier de construction d'usage général, ronds de 100 < ∅ < 350 mm

Nuances		Qualités	Re mini	R	A%	Résilience mini daJ/cm²	
NF EN	NF A*		(2) MPa	MPa	mini	KCV 0 °C (4)	KCV – 20 °C (4)
S 235 JR	E 24	2NE	195	320	26	-	-
S 235 JO		3	195	320	26	3,5	-
S 235 J2G3		4	195	320	27	-	3,5
S 275 JR	E 28	2	235	380	20	-	-
S 275 JO		3	235	380	22	3,5	-
S 275 J2G3		4	235	380	24	-	3,5
S 355 JO	E 36	3	315	470	20	3,5	-
S 355 K2G3		4	315	470	21	-	5
E 295	A 50	2	255	470	19	-	-
E 355	A 60	2	295	570	14	-	-
E 360	A 70	2	325	670	9	-	-

L'éprouvette est extraite parallèlement à la direction du laminage, au 1/3 du rayon à l'extérieur pour les ronds et au 1/6 de la diagonale à l'extérieur pour les plats.
* Ancienne désignation.

§ 10 5 Caractéristiques et emploi : aciers pour trempe dans la masse

NF EN	NF A	R_{mm} MPa	Caractéristiques et orientations générales d'emploi
	XC 25 20 MB 5 XC 32 XC 35	490-640 540-690 570-720 590-790	Aciers mi-doux à très faible trempabilité pouvant être trempés à l'eau, pour pièce de faible section. Bonne résilience. L'acier **(XC 25)** est quelquefois utilisé en cémentation. L'acier **20 MnCr 5** est un peu plus trempant que l'acier **(XC 25)**. L'acier **(21 B3)**, au bore, offre la meilleure trempabilité avec un très bon **KCU**
	XC 38 H1 20 MB 5 XC 42 H1 XC 38 H2 38 B 2 38 B5 XC 48 H1 XC 42 H2	590-740 640-790 615-815 650-850 680-830 690-890 700-940 710-890 720-990	Aciers à trempabilité limitée pour pièces de faible et moyenne section modérément sollicitées : pièces, arbres, couronne trafée. Pour la série **XC** : – **H1**, à faible trempabilité pour pièces de petites dimensions trempées à l'eau. – **H2**, à trempabilité améliorée pour pièces de plus fortes dimensions trempées à l'huile. Des aciers au bore **20 MnB 5 (38 B 3)**, **(38 CB 1)**, dont l'emploi se développe énormément. Le bore accroît la profondeur de trempe. Ces aciers permettent d'obtenir des caractéristiques mécaniques importantes avec des teneurs en nickel et en chrome inférieures à 0,7 %. Ils sont économiquement très intéressants.
	42 C 2 20 MB 5 20 MC 5 25 CD 4 XC 25 H2	750-950 740-990 750-900 750-900 800-950	L'acier **(42 C 2)** à trempabilité limitée est souvent utilisé en boulonnerie traitée (hr). Le **(38 MB 5)**, avec une teneur en chrome très basse, possède des caractéristiques identiques au **20 MnCr 5**, avec un allongement moins grand. Le **20 MnCr 5** est utilisé en pignonnerie, pour pièces de fatigue moyenne. Le **18 NiCr 5-4** et le **25 CrMo 4**, plus alliés et à bas pourcentage de carbone, résistent bien aux chocs et sont utilisés pour fusées, axes, tiges de piston, etc.
	38 CA 30 NC 11 34 CD 4 42 CA	850-1 100 850-1 150 850-1 000 850-1 000	Quatre aciers à trempabilité moyenne et à résistance croissante. Ils sont d'emploi courant en mécanique pour arbres, essieux, vilebrequins, boulonnerie hr, engrenages, fusées. Le **(30 NC 11)** présente une grande sécurité d'emploi aux basses températures, inférieures à – 75 °C.
	55 S7 40 CAD 6-12	950-1 150 950-1 150	Un acier au silicium, le **55 Si 7**, est utilisé pour ressorts, arbres de torsion et pièces à limite d'endurance élevée résistant à l'usure. Le **40 CAD 6-12** est spécialement conçu pour la nitruration gazeuse avec dureté très élevée sur couche nitrurée pour pièces de très grande résistance à l'usure.
	42 CD 4 50 CV 4	850-1 150 850-1 150	Aciers à forte trempabilité pour pièces de moyennes sections. Le **42 CrMo 4** est très utilisé en mécanique : gros arbres, vilebrequins, bielles hautement sollicitées, pignonnerie travaillant sans choc. Le **50 CrV 4** est utilisé pour ressorts plats et hélicoïdaux, organes de transmission. Comparativement au **34 CrMo 4**, ces deux aciers présentent une trempabilité supérieure.
	35 CD 12 35 CAD 6 12 40 CAD 6 12 18 NCD 16	1 000-1 200 1 000-1 200 1 000-1 200 1 000-1 200	Quatre aciers de trempabilité croissante pour pièces de grosse et très grosse section fortement sollicitées, arbres d'hélices, frettes de conteneurs, pièces de sécurité pour mécanique lourde. Le **31 CrMo 12** est parfois utilisé après nitruration avec cependant une dureté en surface inférieure à celle du **41 CrAlMo 7**. Les deux dernières nuances réalisent des caractéristiques très élevées, en particulier le **36 NiCrMo 16**, élaboré spécialement pour l'industrie aérospatiale (**Rm** jusque 1 750 lumm²). Le **46 SiCrMo 6** est utilisé pour les arbres de torsion, il présente une limite d'endurance élevée.

§ 10 6 Caractéristiques et emploi : aciers à dispersoïdes

Ces aciers sont caractérisés par la présence d'éléments d'alliages peu utilisés pour les aciers courants de construction (**Nb, Al, V, Cu**) ou favorisant des processus de durcissement par précipitation. Le niveau de résistance de ces aciers est obtenu directement après laminage ou forgeage grâce à la suppression des traitements de trempe et de revenu. Ces nuances présentent également un intérêt particulier en traitement superficiel (notamment nitruration), car ils en supportent les températures (500 °C) sans diminution notable des caractéristiques mécaniques dans la masse.

Applications : pièces mécaniques sollicitées, telles que bielles, arbres, engrenages...

Trois familles principales :

D 800 D 900 D 1 000	750-900 850-1 000 950-1 100	– **Séries D, U, S**, nuances développées à partir du **(20 M 6)** et du **(45 M 6)** avec addition de niobium, de vanadium, de titane et d'azote. Les nuances U contiennent du plomb pour faciliter l'usinage. Les nuances respectives **(1) D, S, U** présentent le même niveau de caractéristiques mécaniques avec différentes teneurs garanties en soufre.
F 900 F 1 000 F 1 200 F 1 400 F 1 600 F 1 800 F 2 000	850-1 000 950-1 100 1 150-1 300 1 350-1 500 1 550-1 700 1 700-1 900 1 900-2 000	– **Série F**, développée à partir de la série précédente avec addition d'éléments (cuivre) provoquant un durcissement par précipitation. Ils contiennent du cuivre, du nickel, de niobium et/ou du vanadium.
Z 1 400	1 200-1 400	– **Série Z**, une nuance d'acier inoxydable développée à partir de la nuance **X 12 Cr 13**.

(1) Classement pour des diamètres ≤ 2 – 2 – 40 après trempe et revenu vers 600 °C pour dispersoïdes niveau de R_{eH} moyen.
(*) Commercialisées en France, non reprises par les normes européennes.

6.10.7. Aptitudes à la résistance Rm : aciers pour trempe dans la masse
classés par résistances croissantes après trempe et revenu vers 600 °C

Rm		Bases de classement		Valeurs de Rm et de $R_{p0,2}$ pour les autres sections			
		16 < ∅ < 40		∅ < 16		40 < ∅ < 100	
NF EN	NF A*	Rm mini-maxi MPa	$R_{p0,2}$ mini	Rm mini-maxi MPa	$R_{p0,2}$ mini	Rm mini-maxi MPa	$R_{p0,2}$ mini
C 22 E	(XC 16)	440-590	270	490-640	330	- -	-
	XC 25	490-640	305	540-590	365	- -	-
	20 M 5	540-690	400	570-720	440	- -	-
C 30 E	(XC 32)	570-720	365	620-760	430	540-690	335
	21 B 3	590-730	440	640-780	480	- -	-
C 35 E	(XC 38 H 1)	630-770	400	690-830	490	- -	-
20 MnB 5	20 MB 5	640-780	500	690-830	550	- -	-
C 40 E	(XC 42 H 1)	670-810	430	740-880	520	- -	-
	35 M 5	670-820	500	720-880	550	620-770	470
	XC 38 H 2	680-820	435	740-880	525	640-790	385
38 Cr 2	(38 C 2)	680-830	510	750-900	560	690-840	510
	38 B 3	690-830	520	740-880	550	590-740	440
	38 CB 1	700-840	520	750-900	560	620-770	460
C 45 E	(XC 48 H 1)	710-850	460	780-930	550	- -	-
	XC 42 H 2	720-860	465	790-930	555	670-810	410
	40 M 6	720-870	550	780-930	590	730-880	550
	42 C 2	730-880	540	800-950	600	740-890	550
	19 NCDB 2	740-880	590	780-830	635	690-830	540
	38 MB 5	740-880	600	790-930	630	640-790	510
C 55 E	(XC 55 H 1)	750-900	490	830-980	585	- -	-
20 MnCr 5	(20 MC 5)	750-900	600	800-1 000	650	70-850	550
18 NiCr 5-4	(20 NC 6)	750-900	600	800-1 100	650	700-850	550
	XC 48 H2	760-910	485	830-980	585	710-850	540
34 Cr 4	(32 C 4)	780-930	590	880-1 080	660	690-830	510
25 CrMo 4	(25 CD 4)	780-930	600	880-1 080	700	690-840	530
46 Si 7	(45 S 7)	780-980	620	980-1 180	780	640-780	510
	XC 55 H2	800-950	525	880-1 030	620	750-890	470
37 Cr 4	(38 C 4)	830-1 030	620	930-1 130	700	730-880	540
	30 CD 4	830-1 030	650	930-1 130	730	730-880	570
	30 NC 11	880-1 080	670	930-1 130	750	780-930	600
34 CrMo 4	(34 CD 4)	850-1 050	700	980-1 180	770	780-830	600
41 Cr 4	(42 C 4)	880-1 380	660	980-1 180	740	780-830	590
56 Si 7	(55 S 7)	930-1 030	740	1 080-1 300	880	780-950	620
37 CrMo 4	(38 CD 4)	930-1 150	760	1 030-1 230	770	830-1 030	650
41 CrAlMo 7	(40 CAD 6-12)	950-1 150	750	1 000-1 200	800	900-1 100	720
42 CrMo 4	(42 CD 4)	980-1 180	770	1 080-1 280	850	880-1 080	700
50 CrV4	(50 CV 4)	980-1 180	785	1 130-1 320	930	880-1 080	685
31 CrMo 12	(30 CD 12)	1 030-1 230	810	1 080-1 280	880	980-1 180	770
30 CrNiMo 8	(30 CND 8)	1 030-1 230	850	1 030-1 230	850	980-1 180	800
61 SiCr 7	(60 SC 7)	1 050-1 270	850	1 150-1 270	950	910-1 130	720
46 SiCrMo 6	(45 SCD 5)	1 050-1 270	870	1 050-1 270	870	950-1 170	780
36 NiCrMo 10	(35 NCD 16)	1 080-1 280	880	1 080-1 280	880	1 080-1 280	880

Les éprouvettes sont prélevées au centre de la barre pour d < 30 mm et à 12,5 mm de la peau pour ∅ > 30 mm.
* Commercialisées en France, non reprises par les normes européennes.

6.10.8. Aptitudes à la résilience KCU : aciers pour trempe dans la masse
classés par résiliences décroissantes après trempe et revenu vers 600 °C

KCU		Bases de classement			Valeurs de KCU et de $R_{p0,2}$ pour les autres sections			
		16 < ∅ < 40			∅ < 16		40 < ∅ < 100	
NF EN	NF A*	KCU mini J/cm²		$R_{p0,2}$ mini	KCU mini J/cm²	$R_{p0,2}$ mini	KCU mini J/cm²	$R_{p0,2}$ mini
	21 B 3	**120**	120	440	120	480	-	-
20 MnB 5	(20 MB 5)	**100**	100	500	100	550	-	-
	19 NCDB 2		100	590	100	635	100	540
C 22 E	(XC 18)	**80**	80	270	80	330	-	-
	20 M 5		80	400	80	440	-	-
18 NiCr 5-4	(20 NC 6)		80	600	80	650	90	550
	XC 25	**70**	70	305	70	365	-	-
20 MnCr 5	(20 MC 5)		70	600	60	650	80	550
25 CrMo 4	(25 CD 4)		70	600	70	700	70	530
	38 MB 5		70	600	70	630	70	510
	30 NC 11		70	670	70	750	70	600
30 CrNiMo 8	(30 CND 8)		70	850	70	850	70	800
	30 CD 4	**65**	65	650	65	730	65	570
C 30 E	(XC 32)	**60**	60	365	60	430	60	335
38 Cr 2	(38 C 2)		60	510	50	560	60	510
	38 B 3		60	520	70	550	60	440
	38 CB 1		60	520	60	560	60	480
34 Cr 4	(32 C 4)		60	590	60	660	60	510
34 CrMo 4	(34 CD 4)		60	700	60	770	60	600
31 CrMo 12	(30 CD 12)		60	810	50	880	60	770
37 CrMo 4	(38 CD 4)	**55**	55	730	55	770	55	650
C 35 E	(XC 38 H 1)	**50**	50	400	50	490	-	-
	XC 38 H 2		50	435	50	525	50	385
	35 M 5		50	500	50	550	50	470
	42 C 2		50	540	50	600	50	550
	40 M 6		50	550	50	590	50	550
37 Cr 4	(38 C 4)		50	620	50	700	50	540
46 Si 7	(45 S 7)		50	620	50	780	50	510
41 CrAlMo 7	(40 CAD 6-12)		50	750	50	800	50	720
42 CrMo 4	(42 CD 4)		50	770	50	850	50	700
46 SiCrMo 6	(45 SCD 6)		50	870	50	870	50	780
36 NiCrMo 10	(35 NCD 16)		50	880	50	880	50	880
C 40 E	(XC 42 H 1)	**40**	40	430	40	520	-	-
	XC 42 H 2		40	465	40	555	40	410
41 Cr 4	(42 C 4)		40	650	40	740	40	590
56 Si 7	(55 S 7)		40	740	40	880	40	620
50 CrV 4	(50 CV 4)		40	785	40	930	40	685
61 SiCr 7	(60 SC 7)	**35**	35	850	35	950	35	720
C 45 E	(XC 48 H 1)	**30**	30	460	30	550	-	-
	XC 48 H 2		30	485	30	585	30	440

Les éprouvettes sont prélevées au centre de la barre pour d < 30 mm et à 12,5 mm de la peau pour ∅ > 30 mm.
* Commercialisées en France, non reprises par les normes européennes.

6.10.9. Aptitudes à l'allongement A% : aciers pour trempe dans la masse
classés par allongements décroissants après trempe et revenu vers 600 °C

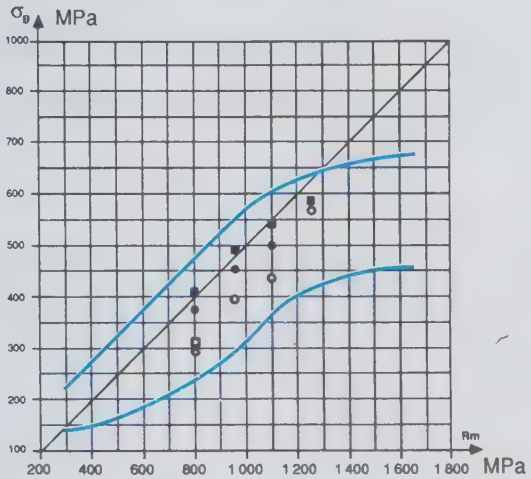
A%		Bases de classement			Valeurs de A% et de $R_{p0,2}$ pour les autres sections			
		16 < ∅ < 40			∅ < 16		40 < ∅ < 100	
NF EN	NF A*	A% mini		$R_{p0,2}$ mini	A% mini	$R_{p0,2}$ mini	A% mini	$R_{p0,2}$ mini
C 22 E	(XC 18)	21	21	270	19	330	-	
	XC 25		20	305	18	365	-	
	20 M 5		20	400	19	440	18	550
C 30 E	(XC 32)	18	18	365	17	430	19	
	21 B 3		18	440	17	480	-	
C 35 E	(XC 38 H 1)	17	17	400	16	490	-	
20 MnCr 5	(20 MC 5)		17	600	16	650	18	550
18 NiCr 5-4	(20 NC 6)		17	600	16	650	18	550
C 40 E	(XC 42 H 1)	16	16	430	14	520	-	
	35 M 5		16	500	15	550	17	470
20 MnB 5	(20 MB 5)		16	500	16	550	-	
	XC 38 H 2	15	15	435	14	525	16	385
C 45 E	(XC 48 H 1)		15	460	13	550	-	
38 Cr 2	(38 C 2)		15	510	14	560	15	510
	38 B 3		15	520	14	550	16	440
	40 M 6		15	550	14	590	16	550
	XC 42 H 2	14	14	465	12	555	15	410
C 55 E	(XC 55 H 1)		14	490	12	585	-	
	38 CB 1		14	520	14	560	15	460
	42 C 2		14	540	13	600	14	550
34 Cr 4	(32 C 4)		14	590	12	660	15	510
	19 NCDB 2		14	590	14	635	15	540
25 CrMo 4	(25 CD 4)		14	600	12	700	15	530
	38 MB 5		14	600	14	630	15	510
	XC 48 H 2	13	13	485	11	585	14	440
37 Cr4	(38 C4)		13	620	12	700	14	540
46 Si 7	(45 S 7)		13	620	11	780	15	510
	30 CD 4		13	650	12	730	14	570
	30 NC 11		13	670	13	750	14	600
	XC 55 H 2	12	12	525	10	620	13	470
41 Cr 4	(42 C 4)		12	660	12	740	13	590
34 CrMo 4	(34 CD 4)		12	700	11	810	*14	600
41 CrAlMo 7	(40 CAD 6-12)		12	750	11	800	13	720
30 CrNiMo 8	(30 CND 8)		12	850	12	850	12	800
37 CrMo 4	(38 CD 4)	11	11	760	11	810	12	650
42 CrMo 4	(42 CD 4)		11	770	10	850	12	700
56 Si 7	(55 S 7)	10	10	740	09	880	11	620
50 CrV 4	(50 CV 4)		10	785	08	930	12	685
31 CrMo 12	(30 CD 12)		10	810	10	880	11	770
36 NiCrMo 10	(35 NCD 16)		10	880	10	880	10	880
61 Si 7	(60 SC 7)	9	9	850	08	950	10	720
46 SiCrMo 6	(45 SCD 6)		9	870	09		10	780

Les éprouvettes sont prélevées au centre de la barre pour d < 30 mm et à 12,5 mm de la peau pour ∅ > 30 mm.
* Commercialisées en France, non reprises par les normes européennes.

6.10.10. Aptitudes à la fatigue : aciers pour trempe dans la masse

σ_D La limite à la fatigue est directement liée à la résistance à la traction. Le graphe suivant donne deux courbes limites entre lesquelles se situent les diverses nuances d'acier. En dessous de 1 100 N/mm², il est courant d'admettre en première approximation un coefficient de 0,5.

Essai de fatigue en flexion rotative



Exemples de nuances d'après Creusot Loire

■	36 Ni Cr Mo 10 - 30 Cr Ni Mo 8 - 31 CrMo 12
●	(30 NC 11)) - 42 Cr Mo 4
◘	25 Cr Mo 4 - 18 NiCr 5-4
⊙	50 Cr V 4

Les nuances entre parenthèses correspondent aux normes NF A et ne sont pas encore reprises par les normes européennes.

6.10.11. Caractéristiques et emploi : aciers pour cémentation

Aciers classés par résistance croissante après trempe et revenu vers 200 °C (NF E 35-551)

Nuances		Rm (N/mm²) d < 16	Caractéristiques générales et emploi
NF EN	NF A		
C 10 E	(XC 10) XC 12	490 - 780 690 - 1 080	Acier extra-doux de cémentation aisément soudable, pour trempe à l'eau, pour pièces de petites sections à faible fatigue, résistant à l'usure.
10 NiCr 5-4 C 22 E	(10 NC 6) (XC 18)	850 - 1 150 850 - 1 270	Aciers doux pour pièces de faible et moyenne section. La résistance sous couche peut atteindre 1 300 N/mm² sur petits diamètres. Bonne résilience pour l'acier 10 NiCr 5-4 qui peut être trempé à l'huile en faibles sections.
18 MnCr 5 18 CrMo 4 20 NiCrMo 2-2	(16 MC 5) (18 CD 4) (20 NCD 2) 16 NC 6 14 NC 11	980 - 1 380 1 050 - 400 1 050 - 1 450 1 100 - 1 400 1 100 - 1 400	Aciers moyennement trempants de composition variée avec résistance sous couche pouvant atteindre 1 450 N/mm². Utilisés pour engrenages et pièces de sécurité. Les aciers 10 NiCr 5-4 et surtout (14 NC 11) résistent bien aux chocs et présentent de bonnes résiliences aux basses températures.
	21 B3 19 NCDB 2	1 100 - 1 600 1 150 - 1 550	Aciers au bore plus trempants avec résistance sous couche pouvant atteindre 1 600 N/mm² pour les petits diamètres. Leur emploi se développe énormément.
20 MnCr 5 20 MnB 5 18 NiCr 5-4 17 NiCrMo 6-4	(20 MC 5) (20 MB 5) (20 NC 6) (18 NCD 6)	1 200 - 1 550 1 200 - 1 550 1 200 - 1 550 1 200 - 1 550	Aciers trempants permettant d'atteindre sous couche des résistances de 1 500 N/mm². Les aciers 20 MnCr 5 et 18 NiCr 5-4 sont parfois utilisés à l'état traité non cémenté pour pièces de sécurité devant résister aux chocs. Le 20 MnCr 5 peut être utilisé pour pièces de fatigue moyenne résistant à l'usure. L'acier 20 MnB 5, au bore, possède des meilleures caractéristiques dans la masse que le 20 MnCr 5 en étant plus économique. Le 17 NiCrMo 6-4 possède une très forte trempabilité. Il convient pour pièces de grosses sections en particulier pour le matériel de mines et de carrières. Il convient également pour emplois aux basses températures.

6.10.12. Caractéristiques et emploi : aciers inoxydables

Nuances NF EN **	$R_{p0,2}$*	Caractéristiques et orientations générales d'emploi
Ferritique (Z6 C 13) (Z6 CA 13)	220	Ces aciers ont une bonne résistance à l'oxydation aux températures moyennes et à la corrosion par l'hydrogène sous pression à chaud. L'addition d'aluminium (dans le (Z6 CA 13)) améliore la soudabilité. Ils sont utilisés pour les ailettes de turbines à vapeur, pour les pièces de l'industrie du pétrole, pour les tubes de chauffe dans les raffineries...
X6 Cr 17 **X6 CrMo S17**	250	Cet acier ferritique extra-doux a une résistance à la corrosion intermédiaire entre celle des aciers à 13 % de chrome et celle des aciers au chrome-nickel 18-10. Il ne prend pas la trempe et présente une bonne aptitude à la déformation à froid. Il est utilisé en décoration intérieure, couverture, orfèvrerie, installation et ustensiles de cuisine, matériel de laiterie et de fromagerie, machines frigorifiques, industrie de l'acide nitrique et de l'azote, automobile, électroménager... Variante de la nuance X6 Cr 17, destinée au décolletage.
X6 CrMo 17-1	280	L'addition de molybdène dans cette nuance, variante des précédentes, lui confère une résistance accrue à certains milieux corrosifs (corrosion atmosphérique en particulier).
Martensitique **X12 Cr 13** **X12 CrS 13**	440 540	Cet acier, ductile et malléable à l'état recuit, acquiert par traitement thermique des caractéristiques mécaniques moyennement élevées. Il a une bonne résistance à la corrosion, en particulier à l'état poli. Il est utilisé pour des pièces mécaniques en contact avec la vapeur, l'eau, l'essence, certains produits alimentaires (jus de fruits, bière, vin). Il est également utilisé pour les moules de verrerie. Variante de la précédente, cette nuance est destinée au décolletage. Utilisé surtout pour la visserie.
X20 Cr 13 **X30 Cr 13**	640	Ces aciers présentent une grande dureté et une grande résistance à l'usure (croissantes avec leurs teneurs en carbone). Ils sont susceptibles d'un beau poli. Ils sont utilisés pour les organes de pompes et de moteurs Diesel, arbres, axes et en coutellerie.
X5 CrNiCuNb 16-4 (Z6 CNUD15-04)	705-1 165 685-1 145	Ces aciers à durcissement par précipitation réunissent les propriétés de résistance à la corrosion des aciers ferritiques. Ils résistent bien à la corrosion par l'eau de mer, les brouillards salins et les acides organiques. L'acier X5 CrNiCuNb 16-4 a une résistance à la corrosion semblable à celle d'un X5 CrNi 18-10. Il existe d'autres nuances, le (Z 8 CNDA 15-07) traité peut par exemple atteindre un $R_{p0,2}$ de 1 575 MPa. Ils sont généralement utilisés pour les pièces mécaniques en milieu marin et salin.
Austénitique Les propriétés mécaniques de ces aciers sont très différentes de celles de toutes les autres catégories. Ils possèdent une grande ductilité et une grande résilience en particulier à haute température. Les nuances pauvres en nickel durcissent considérablement par écrouissage. Ils ont une remarquable aptitude au soudage. En absence d'écrouissage, ils ont une très faible limite élastique, difficile à définir.		
X5 CrNi 18-10		L'acier X5 CrNi 18-10 est le type des aciers austénitiques. Il ne présente pas de durcissement après traitement thermique mais sa résistance mécanique peut être accrue par écrouissage. Il est ductile et tenace (à l'état recuit) et possède une grande aptitude au formage à froid. Il est très facilement soudable. Il est utilisé dans l'industrie chimique, l'ameublement, les éviers et les ustensiles de cuisine, l'orfèvrerie, l'industrie alimentaire.
X2 CrNi 19-11		Variante à très bas pourcentage de carbone de la nuance X5 CrNi 18-10 (voir ci-après), l'acier X2 CrNi 19-11 présente des caractéristiques de très bonne soudabilité et de grande résistance à la corrosion intercristalline, et ne nécessite pas de traitement thermique après soudage. Il est utilisé dans l'industrie chimique : acide nitrique et dérivés, dans l'alimentation, le bâtiment et l'aménagement ; décoration, meubles, appareils et ustensiles de cuisine.
(Z6 CNT 18-10) **X6 CrNiNb 18-10**		Ces nuances sont des variantes stabilisées de la nuance de base X5 CrNi 18-10 qui peuvent être formées à chaud et soudées sans traitement postérieur de régénération. Elles ont une excellente résistance à la corrosion et une très bonne tenue mécanique, entre 400 et 800 °C. Elles sont utilisées pour la grosse chaudronnerie soudée, industries chimiques et alimentaires.
(Z10 CN 18-09) **X12 CrMnNiN 17-7-5**		Ces nuances sont particulièrement aptes à l'emploi à l'état recuit qui leur confère des caractéristiques mécaniques élevées (le soudage par résistance, qui ne nécessite pas de recuit, permet de conserver ces propriétés). Elles sont utilisées pour la construction aéronautique, ferroviaire (voiture voyageurs).
X5 CrMiMo 17-12-2		Cet acier présente des caractéristiques particulières de résistance au fluage et également à la corrosion par piqûres (eau de mer). Il est utilisé dans l'industrie chimique, alimentaire, photographique.
X6 CrNiMoTi 17-12-2		Variante de la nuance X5 CrNiMo 17-12-2, stabilisée au titane et ne nécessitant pas, de ce fait, de traitement thermique après soudage ou formage à chaud. Elle est utilisée dans l'industrie chimique, des explosifs, du pétrole, de la teinturerie, de la photographie, etc.
X6 CrNiMoNb 17-12-2		Cet acier est également une variante stabilisée de X5 CrNiMo 17-12-2 (voir ci-dessus).
(Z 2 CND 17-12)		Variante à bas carbone de la nuance X5 CrNiMo 17-12-2. Elle résiste à la corrosion intergranulaire. Elle est utilisée dans les constructions soudées et les constructions formées à chaud dont la mise en œuvre nécessite un maintien prolongé entre 500 et 900 °C.
(Z 2 CND 19-15)		Cette nuance présente une résistance améliorée à certaines corrosions, la corrosion localisée en particulier. Elle résiste également bien à la corrosion intercristalline. Elle est utilisée dans les industries chimiques et alimentaires.

* Ordre de grandeur de $R_{p0,2}$ (MPa). ** Les anciennes nuances (NF A) sont indiquées entre parenthèses.

6.11. Choix d'une fonte

6.11.1. Propriétés recherchées et emploi (à partir de données du CIFOM)

Nuances		Normes	Propriétés recherchées	Principaux emplois
Fontes non alliées		NF EN 1560		
À graphite lamellaire	Type « Album »		Excellente coulabilité. Bel aspect, bonne rigidité.	**Pièces minces de grandes dimensions :** baignoire, balcons, grilles, radiateurs, trémies...
À graphite lamellaire	EN-GJL-150 EN-GJL-200		Très bonne usinabilité. Bonne étanchéité, bonne résistance à l'usure par frottement.	**Mécanique générale, machines agricoles, travaux publics :** bagues, boîtiers, brides, bâtis, berceaux, marbres, poulies, roues... **Automobiles, compresseurs, moteur, tracteur :** blocs-cylindres, boîtes de vitesses, corps divers, culasses de moteurs, cylindres divers, freins, pistons, poulies, turbines, variateurs. **Machines-outils, matériel hydraulique et pneumatique :** bâtis, chemises de moteurs, corps, couronnes dentées, distributeurs hydrauliques, engrenages, mandrins de tours, pignons, poulies, volants.
À graphite lamellaire	EN-GJL-250 EN-GJL-300		Très bonne usinabilité. Bonne résistance à l'usure par frottement.	
À graphite lamellaire	EN-GJL-350 EN-GJL-400		Bonnes caractéristiques mécaniques. Bonne résistance à l'usure par frottement.	
Malléables	EN-GJMW-350-10 EN-GJMW-400-7 EN-GJMB-350-10 EN-GJMB-450-6		Caractéristiques mécaniques élevées, très grande ductilité. Perméabilité magnétique élevée, grande résilience. Excellente usinabilité. Bonne capacité d'amortissement des vibrations.	**Automobiles, cycles, machinisme agricole, matériel de travaux publics, quincaillerie :** bielles, boîtes de ponts, boîtiers, brides, carters, chaînes, clés diverses, écrous à oreilles, fourchettes de renvoi, leviers, mâchoires de freins, manivelles, moyeux de roues, outillage à main, pédales, pignons, poignées, poulies, raccords de chauffage, trompettes de ponts, volants...
Malléables	EN-GJMB-550-4 EN-GJMB-630-3 EN-GJMB-700-2		Caractéristiques mécaniques très élevées. Bonne résistance à l'usure. Faible coefficient de frottement.	
À graphite sphéroïdal	EN-GJS-350-22 à EN-GJS-450-10 EN-GJS-500-7 EN-GJS-600-3		Caractéristiques mécaniques élevées, très grande ductilité. Perméabilité magnétique élevée, grande résilience. Excellente usinabilité. Bonne capacité d'amortissement des vibrations.	**Automobiles, machinisme agricole, machines-outils, matériel hydraulique :** arbres à cames, bielles, blocs-moteurs, boîtes de machines-outils, carters, corps divers, disques de freins, distributeurs hydrauliques HP, engrenages, fourchettes, mâchoires de freins, mandrins de machines-outils, matrices d'emboutissage, moyeux de roues de camions, pignons, segments de freins, tambours, tuyaux, vilebrequins, pivots de freins...
À graphite sphéroïdal	EN-GJS-700-2 à EN-GJS-900-2		Caractéristiques mécaniques très élevées. Bonne résistance à l'usure.	
Blanches	EN-GJN (FBO) EN-GJN (FBA)		Résistance à l'usure par érosion et par abrasion, même à chaud et par frottement sous forte pression.	**Briqueterie, cimenterie, sidérurgie :** arbres à cames, blindages divers, boulets de broyeurs, buses de sablage, cames, cylindres d'imprimerie, de laminoirs, disques de broyeurs, filière, galets...
Fontes alliées		NF A*	Amagnétique. Très bonne résistance à la chaleur et à la corrosion dans de nombreux milieux très agressifs. Bonne résilience à très basse température. Résistivité électrique élevée. Coefficient de dilatation très haut ou très bas, suivant nuance.	**Construction navale, industrie alimentaire, industrie pétrolière, matériel frigorifique, moteurs :** collecteurs de diesel, condenseurs, conduites de vapeur, culasses de diesel, dragueurs de mines, électroaimants, grilles de foyers et chaudières, hachoir à viande, hélices marines, moules de verrerie, plaques chauffantes, pompes pour liquides corrosifs et gaz liquéfiés, segments de pistons, tambours de treuils, turbines à vapeur, turbo-compresseurs.
Austénitiques	S-NM 13 7 à S-NC 35 3	NF A 32-301		
Austénitiques	L-NM 13 7 à L-N 35			
Blanches	FB Ni 4 Cr 2 à FB Cr 26 Mo Ni	NF A 32-401	Excellente résistance à l'abrasion, même aux températures élevées.	**Cimenterie, mines, sidérurgie, travaux publics :** bandages de meules, becs de godets, blindages divers, boulets de broyeurs, cames, cylindres de concasseurs et broyeurs, cylindres de laminoirs...
Blanches			Très bonne résistance à l'abrasion et bonne résistance à l'oxydation à chaud.	**Fours, métallurgie, papeterie :** barreaux de grilles, buses de sableuse et de grenailleuse, cylindres pour l'étirage des tubes, filières, galets de roulement, godets de drague, pales de ventilateur, éléments de pompe.

* Ancienne désignation encore en vigueur.

6.11.2. Principales fontes (à partir de données du CIFOM)

	Nuances	Propriétés physiques			Caractéristiques mécaniques (2)						
		Masse volumique g/cm³	Conduct[té] thermique W.m⁻¹.°C⁻¹	Dilatation lin. (× 10⁶.°C⁻¹) (à 20)	R (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A (%)	HB	Résist. à la compression (MPa)	Limite de fatigue (MPa) (1)	Module d'élasticité × 10⁴ (MPa)
Fontes non alliées											
À graphite lamellaire	Type « Album »	7,1-7,3	49-52,5	10	150-250	98	0,8	200-270	600-840	70-115	9-11
	EN-GJL-150	7,05	52,5	10	150	98	> 0,8	125-205	600	68	9-12
	EN-GJL-200	7,15	51		200	130	> 0,8	150-230	720	80	10-13
	EN-GJL-250	7,2	49	10	250	165	> 0,8	180-250	840	115	11-14
	EN-GJL-300	7,25	47,5		300	195	> 0,8	200-275	960	135	12-15
	EN-GJL-350	7,3	45,5	10	350	230	> 0,8	220-290	1 080	150	13-16
	EN-GJL-400	7,35	44		400	260	> 0,8	245-320	1 200	152	14-16
Malléables	EN-GJMW-350-10	7,2	50	11	380	200	12	≤ 200	760	145-180	17
	EN-GJMW-400-7		50		450	260	7	< 220	900	180-215	18
	EN-GJMB-350-10		38		350	230	10	< 150	700	180-210	17
	EN-GJMB-450-6	à	36	à	450	290	6	150-210	900	220-250	17,5
	EN-GJMB-550-4		35		550	350	4	180-240	1 100	240-275	17,5
	EN-GJMB-630-3		34,7		630	430	3	210-270	1 300	260-300	17,5
	EN-GJMB-700-2	7,4	33,5	12	700	530	2	240-290	1 400	280-320	17,5
À graphite sphéroïdal	EN-GJS-350-22 à	7,1	35	11	350	220	22	< 150		185-200	17
	EN-GJS-450-10				400	310	10	160-210		185-200	17
	EN-GJS-500-7	à	35	à	500	320	7	170-230		225-250	17,5
	EN-GJS-600-3				600	370	3	190-270		225-250	17,5
	EN-GJS-700-2 à		35		700	420	2	225-305		280-300	17,6
	EN-GJS-900-2	7,3		12	900	600	2	280-360		280-300	17,6
Blanches	EN-GJN (FBO)	7,5	17	9 à 11	200-400			350-500	1 500-1 800		16-20
	EN-GJN (FBA)	7,8						400-600			
Fontes alliées											
Austénitiques	S-NM 13 7 à S-NC 35 3	7,4	21	14,7 à 18,7	370 à 470	170 à 250		130 à 270	800 à 1 500		11 à 13
	L-NM 13 7 à L-N 35	7,3	38 à 42	15 à 18	170 à 280		1 à 3	120 à 250	700 à 1 100		8,5 à 11
Blanches	FB Ni 4 Cr 2 à FB Cr 26 Mo Ni	7,8	25	6,8 à 9,8	280 à 700			500 à 800	1 600 à 2 000		16,8 à 18,2

(1) 10^8 cycles en flexion rotative.
(2) Éprouvettes : FGL, éprouvettes à 30 mm coulées à part ; MB, éprouvettes coulées à part ∅ 12 mm ;
* Ancienne désignation encore en vigueur.

Choix d'une fonte (suite)

Code : 1, à éviter ; 2, possible ; 3, moyen ; 4, bon ; 5, très bon.

Aptitudes technologiques

Temp. d'utilisation – °C +		À l'usure					À l'air marin (eau de mer)	Au moulage	À l'usinage	À l'étanchéité	Au soudage	Au poli de surface	À l'amort de vibrations
		Frottement (3)	Érosion par liquide chargé	Abrasion sous contraintes									
				Faible	Forte	Très forte							
	350						3	5	3	2	1	2	5
	400						3	5	4	3	1	2	5
– 50	450	3	2	2	1	1	3	4	4	4	2	3	4
	450						3	3	3	5	2	4	4
	600	1	1	1	1	1	3	3	4	5	5	3	2
– 60	450	2	1	1	1	1	3	3	5	4	4	3	3
	450	3	2	2	1	1	3	3	3	5	2	4	3
	600	1	1	1	1	1	3	4	4	5	4	3	3
– 50	450	2	1	1	1	1	3	4	4	4	3	4	3
	450	3	2	2	1	1	3	4	3	5	2	4	3
– 50	600	4	4	3	1	1	2	3	1	5		5	1
– 80 à – 200	650* à 900	4	3	2	1	1	5 < 0,125 mm/an	4	4	3	3	3	4
– 80	500						5 < 0,125 mm/an	3	3	4	3	3	3
– 50	700* à 800	4	4	4	2 à 4*	2 à 4*	< 0,25 mm/an 4	3	1	3		5	1

MN, éprouvettes ∅ 15 mm coulées à part ; FGS, éprouvettes ∅ 14 mm usinées dans une pièce attenante ; SN et LN, éprouvettes ∅ 14 mm coulées à part.

* Selon nuance.

(3) pour frottement, dureté ≥ 200 HB pour les fontes non alliées et 130 < HB ≤ 175 pour les fontes austénitiques.

6.12. Choix d'un alliage de cuivre

6.12.1. Principaux produits de corroyage

À partir de données Tréfimétaux et le Bronze industriel

Désignation	Propriétés physiques				Composition chimique approximative en % (autre que Cu)
	Masse volumique g/cm³	Conductibilité thermique W.m.⁻¹.°C⁻¹	Dilatation lin. (× 10⁶.°C⁻¹) (entre 20 et 100 °C)	Résistivité électrique μ.Ω.cm	
LAITONS					
Cu Zn 10	8,6	-	17	3,9	Zn = 10
Cu Zn 20	8,5	-	17	5,4	Zn = 20
Cu Zn40 Pb3,5	8,5	117	21	6,4	Zn = 40 Pb = 3,5
Cu Zn40 Pb3	8,5	121	21	6,4	Zn = 40 Pb = 3
Cu Zn36 Pb3	8,5	117	21	6,6	Zn = 36 Pb = 3
Cu Zn38 Pb2	8,5	117	21	6,6	Zn = 38 Pb = 2
Cu Zn35 Pb2	8,5	117	20	6,6	Zn = 35 Pb = 2
Cu Zn35 Pb2 As	8,5	117	20	6,6	Zn = 35 Pb = 2
Cu Zn39 Pb2	8,5	117	21	6,7	Zn = 39 Pb = 2 Sn = 0,5
Cu Zn38 Pb2 Mn Al	8,4	105	19	7,8	Zn = 38 Pb = 2
Cu Zn36 Mn3 Al2 Si Pb	8,3	84	19	11	Zn = 36 Mn = 3 Al = 2 Si = 0,6 Pb = 0,5
Cu Zn37 Mn2 Al1 FePb	8,3	100	19	10	Zn = 37 Mn = 2 Al = 1 Fe = Pb =
CUPRO-ALU					
Cu Al9 Ni3 Fe2 Mn	7,6		16	20	Al = 9 Ni = 2,5 Fe = 1,5 Mn = 1,5
Cu Al11 Ni5 Fe5	7,5		16	22	Al = 11 Ni = 5 Fe = 5
Cu Al10 Mn7 Fe2	7,5		16	-	Al = 9 Fe = 2,5 Mn = 7
CUPRO-NICKEL					
Cu Ni10 Fe1 Mn	8,9		17	19	Ni = 10 Fe = 1,5 Mn = 0,7
Cu Sn8 Ni	8,8		17	15	Ni = 0,4 Sn = 0,8 P = 0,1
BRONZES					
Cu Sn8,5 P	8,8		17	15	Sn = 8 P = 0,15
Cu Sn5	8,8			10	Sn = 5
Cu Sn10 Pb9	9		16	-	Sn = 10 Pb = 9

Choix d'un alliage de cuivre (suite)



Code : **1** : à éviter ; **2** : possible ; **3** : bon ; **4** : excellent.

Caractéristiques mécaniques					Aptitudes technologiques				Remarques
Module d'élasticité (MPa)	R (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A (%)	Résistance à la fatigue (MPa) (1)	Usinage	Déformation à froid	Déformation à chaud	Soudage	
100 000	200-260	80-200	15-25		3	3	3	3	Bonne qualité de frottement, mise en œuvre facile
100 000	270-290	80-200	15-40		3	3	3	3	
94 500	370-500	220-370	4-22	120-180	4	2	4	3	Décolletage à très haute vitesse, perçage profond
95 000	370-500	220-370	4-22	135-200	4	2	4	3	Décolletage, matriçage possible
111 000	320-450	180-320	7-28	95-185	4	2	4	3	Décolletage, roulage de filets
110 000	350-430	180-300	8-25	120-190	4	2	4	3	Bonne mise en œuvre, utilisé pour les barres creuses
112 000	370-450	250-320	7-18	120-190	4	2	4	3	Décolletage, sertissage, déformation à froid
112 000	350-450	-	10-30	120-190	4	2	4	3	Non dézincifiable, bonne mise en œuvre
100 000	350-480	180-350	5-25	120-190	4	2	4	3	Matriçage aisé, usinage facile
100 000	400-500	220-260	5-17	-	4	2	4	3	Laiton HR pour décolletage et matriçage
90 000	550-680	260-350	5-7	-	3	1	3	3	Laiton très haute résistance pour décolletage et matriçage
109 000	550-680	260-350	7-15	-	3	1	3	3	Hautes caractéristiques mécaniques
120 000	620-640	250-280	15-16		3	3	4	4	Excellente résistance à la corrosion, caractéristiques mécaniques voisines de celles des aciers. Inoxydabilité aux hautes températures. Résiste bien aux chocs, aux vibrations et à la fatigue.
125 000	740-800	349-450	8-10		3	1	4	3	
120 000	690	320	13		3	1	4	3	
126 000	300-350	100-250	15-35		4	4	3	4	Haute résistance à la corrosion : constr. navale
112 000	400	180	60		4	4	2	4	Bonne résistance à la corrosion
112 000	400-490	175-390	10-60		4	4	2	4	Connus depuis longtemps pour leur très bonne tenue aux frottements. Les éléments d'addition, Pb, Ni, Zn, permettent une large utilisation.
110 000	340-390	150-270	30-50		4	4	3	4	
-	160	100	6		4	1	1	2	

(1) Flexion rotative 10^8 cycles.

6.12.2. Principaux produits de fonderie

À partir de données UDAC

Désignation	Propriétés physiques					Composition chimique en %		
	État	Masse volumique g/cm³	Conductibilité thermique W.m.⁻¹.°C⁻¹	Dilatation lin. (× 10⁶.°C⁻¹) (entre 20 et 100 °C)	Conduct. électrique % IACS (1)			
LAITONS								
Cu Zn 19 Al 6	Y 20	7,8	-	20		Zn = 18-25 Ni = 1	Al = 5-7,5 Mn = 2,5-4	Fe = 2-3 Cu = 60-66
Cu Zn 23 Al 4	Y 20	7,85		21	7,5	Zn = 20-27 Ni = 2,5	Al = 3,5 Mn = 2,5-4	Fe = 1,5-3 Cu = 60-66
Cu Zn35 Al Fe Mn	Y 40					Zn = Ni = 3	Al = 0,5-2,5 Mn = 0,1-3	Fe = 0,5-2 Cu = 57-65
Cu Zn33 Pb 2	Y 20					Zn = Ni = 1	Al = 0,1 Mn = 0,2	Fe = 0,8 Cu = 63-67
Cu Zn40	Y 30	8,3		20	24	Zn = Ni = 0,8	Al = 0,2-0,8 Mn = 0,5	Fe = 0,5 Cu = 59-63
CUPRO-ALU								
Cu Al9	Y 30	7,6		17	13	Al = 8,5-10 Ni = 1	Fe = 1,2 Mn = 0,5	Cu =
Cu Al10 Fe3	Y 30	7,6		18	13	Al = 8,5-11 Ni = 1	Fe = 2-4 Mn = 0,5	Cu =
Cu Al9 Ni3 Fe2	Y 30	7,6		18	13	Al = 8,5-10 Ni = 2-4	Fe = 2,3 Mn = 0,5	Cu =
Cu Al10 Fe5 Ni5	Y 20					Al = 8,5-11 Ni = 4-6	Fe = 3,6 Mn = 1,5	Cu =
Cu Al12 Fe5 Ni5	Y 20					Al = 11-12 Ni = 4-6	Fe = 3,6 Mn = 1,5	Cu =
CUPRO-NICKEL								
Cu Ni10 Fe1 Mn	Y 20 Y 30					Ni = 9-11 Si = 0,1	Mn = 1,5 Pb = 0,03	Fe = 1-1,8 Cu ≥ 84,5
AU BÉRYLLIUM								
Cu Be2	Y 23	8,2		17	22-28	Be = 1,75-2,5 Co + Ni = 0,2-0,65	Al = 0,2-0,8 Cu = 96,8-98	
BRONZES								
Cu Sn8	Y 30	8,8		18	10	Sn = 7-9 Fe = 0,2	Pb = 0,5-3 Ni = 1,5	Zn = 3 Cu =
Cu Sn12	Y 30	8,8		18	10	Sn = 10,5-13 Fe = 0,25	Pb = 2,5 Ni = 2	Zn = 2 Cu =
Cu Pb5 Sn5 Zn5	Y 30	8,8		18	15	Sn = 4,6 Fe = 0,3	Pb = 4-6 Ni = 1,5	Zn = 4-6 Cu =
Cu Sn7 Pb6 Zn4	Y 30	8,9		18	12	Sn = 6-8 Fe = 0,2	Pb = 5-7 Ni = 1,5	Zn = 2,5 Cu =
Cu Pb10 Sn10	Y 20					Sn = 9-11 Fe = 0,25	Pb = 8-11 Ni = 2	Zn = 2 Cu =
Cu Pb20 Sn5	Y 20	9,3		18	10	Sn = 4-6 Fe = 0,25	Pb = 18-23 Ni = 2,5	Zn = 2 Cu =

(1) L'étalon IACS présente une conductivité de 0,58 $\mu.\Omega^{-1}.cm^{-1}$ à 20 °C.

Choix d'un alliage de cuivre (suite)

Code : **1** : à éviter ; **2** : possible ; **3** : bon ; **4** : très bon.

Caractéristiques mécaniques					Aptitudes technologiques				Qualités dominantes Domaines d'emploi
Module d'élasticité (MPa)	R (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A (%)	Dureté HB	Moulage	Usinage	Soudage	à résister à la corrosion	
	750	500	8	220					
105 000	500	250	8	160	4	2	3	4	Excellentes caractéristiques mécaniques Industrie chimique, construction mécanique
	475	200	18						
	180	70	12			4			
120 000	340		8		4	3	3*		Bonnes caractéristiques mécaniques Construction navale et mécanique, robinetterie
120 000	500	200	20	130	4	3	3**	4	Excellentes caractéristiques mécaniques, bonne résistance à la corrosion, particulièrement en milieu marin. Construction mécanique et électrique, construction navale, industrie chimique, robinetterie, quincaillerie...
120 000	650	250	20	160	4	2	3**	3	
120 000	650	250	20	160	3	2	3**	4	
	630	250	12						
	750	400	7	230					
	280	120	20		4	2	3	4	
130 000	1 000	800	1-3	350	4	2	3	4	Caractéristiques mécaniques comparables aux bons aciers spéciaux : ressorts, moules...
105 000	220	130	16		4	3	3*	4	Excellentes propriétés de frottement. Excellentes propriétés de fonderie. Construction mécanique, construction navale, robinetterie haute pression.
105 000	270	150	3		3	3	3*	3	
100 000	200	90	12		4	4	3*	4	Excellentes aptitudes à l'étanchéité, excellentes propriétés de fonderie. Robinetterie, construction mécanique, construction navale
100 000	220	100	12		4	4	3*	4	
	180	80	7						Excellentes propriétés de frottement pour charges moyennes même avec lubrification médiocre. Pièces de frottement, paliers résistant aux acides.
75 000	150	60	5		4	4	3*	3	

* par brasage, argent et étain ; ** à l'arc et brasure argent.

6.13. Choix d'un alliage de zinc

Compositions et caractéristiques	Deux alliages principaux	
Désignation normalisée :	**Z - A4 G**	**Z - A4 U1 G**
Désignation commerciale :	ZAMAK 3	ZAMAK 5
Caractéristiques physiques :		
– Densité	6,6	6,7
– Intervalle de solidification	380-386	380-386
– Retrait en ‰	4 à 6	4 à 6
– Coefficient de dilatation	$25{,}8.10^{-6}$	$25{,}8.10^{-6}$
– Résistivité électrique (μ.Ω.cm)	$66{,}4.10^{-8}$	65.10^{-8}
– Conductibilité thermique $W.m^{-1}.°C^{-1}$	133	108
Composition chimique :		
Composition en %		
– Aluminium	3,9-4,3	3,9-4,3
– Cuivre	0-0,1	0,75-1,25
– Magnésium	0,01-0,06	0,03-0,06
– Zinc	reste	reste
Teneurs maximales d'impuretés		
– Fer	0,1	0,1
– Plomb	0,005	0,005
– Cadmium	0,005	0,005
– Étain	0,002	0,002
Caractéristiques mécaniques :		
– Résistance à la traction (MPa) (1)	260-300	300-340
– Limite d'élasticité (MPa) (1) Re (0,2 %)	250-290	290-330
– Module d'élasticité (MPa)	8 500	9 600
– Allongement en %	5-8	3-6
– Résilience (daJ/cm^2) (2)	10-12	10,5-12,5
– Résistance à la compression (MPa)	450	600
– Résistance au cisaillement (MPa)	220	270
– Résistance à la fatigue (MPa) pour 10^8 cycles (3)	48	57
– Dureté Brinnel (4)	80-90	85-95

(1) Mesurée sur éprouvette ronde de ∅ 6,18 mm coulée sous pression et utilisée brute de fonderie. Distance entre repères 31 mm.
(2) Déterminée au mouton pendule de Charpy avec des éprouvettes non entaillées, de section carrée de 6,4 mm de côté, soit 40 mm^2.
(3) Déterminée par l'application d'efforts alternés à la fréquence de 1 600 cycles/min.
(4) Bille de ∅ 10 mm, charge de 500 daN maintenue 30 secondes.

6.14. Choix d'un alliage d'aluminium

6.14.1. Orientations générales – emploi – produits : aluminium de corroyage. Désignation numérique (selon NF A 02-120)

Nuances*	Orientations générales d'emploi	Produits
1050A	Chaudronnerie - Emboutissage - Industries chimiques et alimentaires. Ustensiles de cuisine.	Tôles - Bandes - Fils - Barres - Tubes - Profilés.
1080	Excellent comportement en milieu agressif. Industrie chimique (cuves à acide nitrique) et alimentaire.	Tôles - Tubes - Profilés.
1100 1200	Chaudronnerie - Emboutissage - Repoussage - Ustensiles de cuisine - Tuyauterie - Bandes minces pour échangeurs.	Tôles - Bandes - Fils - Barres - Tubes - Profilés.
2011	Décolletage et matriçage. Copeau très fragmenté, beau fini de surface.	Barres - Tubes.
2014	Caractéristiques mécaniques élevées à l'état T6. Aéronautique - Armement - Mécanique générale.	Tôles - Fils - Barres - Tubes - Profilés.
2017A	Pièces de résistance chaudronnées ou usinées - Aéronautique - Matériel roulant - Travaux publics - Rivets - Mécanique générale.	Tôles - Fils - Barres - Tubes - Profilés.
2024	Pièces de grande résistance non chaudronnées - Aéronautique - Matériels de défense.	Tôles - Barres - Tubes - Profilés.
2030	Décolletage. Copeau très fragmenté, beau fini de surface.	Barres - Tubes.
2618A	Pièces usinées, forgées, matricées pour aéronautique - Mécanique générale. Bonne tenue à température moyenne.	Tôles - Barres - Profilés.
3003	Grande aptitude à la déformation (emboutissage) et bonne résistance aux agents atmosphériques : Ustensiles de cuisine - Industrie chimique - Échangeurs cryogéniques et thermiques - Radiateurs automobiles - Climatiseurs - Bardage - Sous-plafond - Chaudronnerie.	Tôles - Fils - Bandes - Barres - Tubes - Profilés.
3004	Panneautage - Boîtage - Emballage - Culots de lampe.	Tôles - Bandes.
3005	Mobilier - Sous-plafond - Antennes - Échelles - Volets roulants - Calorifugeage.	Tôles - Bandes - Tubes soudés.
3105	Capsulage.	Bandes.
5005	Mobilier - Bardage - Pièces embouties et repoussées. Légèrement plus résistant que l'aluminium pur.	Tôles - Barres - Fils - Tubes - Profilés.
5050	Équipement.	Tôles - Bandes.
5052	Chaudronnerie - Circuits hydrauliques - Industrie chimique.	Tôles - Bandes - Barres - Tubes - Profilés.
5083	Bonne résistance à l'eau de mer. Construction navale - Chaudronnerie - Industrie chimique et cryogénique - Citernes - Structures soudées.	Tôles - Barres - Tubes - Profilés.
5086	Bonne résistance à l'eau de mer et en milieu marin. Construction navale - Chaudronnerie - Industrie chimique et cryogénique - Citernes - Transports - Structures soudées.	Tôles - Barres - Tubes - Profilés.
5182	Carrosserie automobile - Chaudronnerie - Boîtage.	Tôles - Bandes.
5251	Irrigation - Tuyauterie.	Tôles - Barres - Tubes - Profilés.
5454	Chaudronnerie - Dessalement de l'eau de mer - Utilisation marine.	Tôles - Tubes.
5754	Chaudronnerie - Utilisation marine - Transports terrestres - Industrie chimique et alimentaire.	Tôles - Barres - Tubes - Profilés.
6005A	Profilés de structure - Pylônes - Transports - Voitures de chemin de fer.	Tubes - Profilés.
6060	Bel aspect après anodisation : Menuiserie métallique - Aménagements intérieurs - Caillebotis - Industrie textile - Articles de ménage - Décoration - Visserie - Panneaux de signalisation.	Fils - Barres - Tubes - Profilés.
6061	Structures - Tuyauterie - Pylônes - Chaudronnerie - Transports maritime et ferroviaire.	Tôles - Barres - Tubes - Profilés.
6082	Structures - Chaudronnerie - Pylônes - Transports.	Tôles - Barres - Tubes - Profilés.
6106	Structures - Pylônes.	Tubes - Profilés.
7020	Élément de structure - Application militaire (blindage). Utilisé dans l'état T5.	Tôles - Profilés.
7049A	Alliage à très hautes caractéristiques : Applications militaires - Articles de sport (bâtons de ski...).	Barres - Tubes.
7075	Aéronautique - Matériel roulant - Applications militaires - Boutonnerie - Articles de sport.	Tôles - Barres - Tubes - Profilés.

* Voir correspondances avec l'ancienne désignation au 6.3.

6.14.2. Principaux produits de corroyage

Désignation (2)	État	Propriétés physiques			Caractéristiques mécaniques (moyennes)						
		Masse volumique g/cm³	Conductibilité thermique W.m.⁻¹.°C⁻¹	Dilatation lin. (× 10⁶.°C⁻¹) (entre 20 et 100 °C)	Rm (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A (%)	HB	Résist. au cisaillement (MPa)	Résistance à la fatigue (MPa) (1)	Module d'élasticité (MPa)
1050 A	0	2,70	231	23,6	80		42	21	55	25	69 000
	H 14				115	105	11	30	71		-
	H 18				155	140	6	41	90	55	-
1080	0	2,70	234		75		42	19	50		69 000
	H 14			23,6	105	95	11	27	64		-
1100	0	2,71	222	23,6	90		35	22	65		69 000
1200	H 14	2,71	218	23,6	125	115	10	33	80		-
	H 18				165	150	5	44	100		-
2011	T 3	2,83	152	23,2	340	290	13	95	210		71 000
	T 8		173		380	300	15	100	234	125	-
2014	T 4	2,80	135	22,5	420	280	18	105	260		74 000
	T 6		151		480	420	12	137	290	145	-
2017 A	T 4	2,79	134	23,0	420	280	18	105	260	135	74 000
2024	T 3	2,77	120	22,9	465	320	18	120	285	140	74 000
2030	T 3	2,82	135	22,9	450	390	10	115	275	135	73 000
2618 A	T 6	2,76	146	22,3	440	390	8,5	135	270	140	74 000
3003	0	2,73	180	23,2	115		38	28	75		69 000
	H 14				155	140	8	42	95	60	-
	H 18		155		205	190	4	55	110		-
3004	0	2,72	163	23,8	180		27	45	110		69 000
	H 34				240	200	8	64	125		-
	H 38				285	250	5	77	145		-
3005	0	2,73	166	23,7	130		30	31	80		69 000
	H 34				190	165	8	50	110		-
3105	0	2,72	172	23,6	120		30	30	85		69 000
	H 14				175	155	7	46	105		-
	H 18				220	195	4	58	117		-
5005	0	2,70	205	23,7	120		30	28	75		69 000
	H 34				160	140	10	41	96		-
	H 38				200	180	5	51	110		-
5050	0	2,69	192	23,8	145		28	36	105		69 000
	H 34				190	165	9	53	125		-
	H 38				220	200	5	63	140		-
5052	0	2,68	138	23,8	190		28	48	122		70 000
	H 24				250	205	12	68	142		-
	H 38				285	255	5	77	165		-
5083	0	2,66	120	23,9	305	160	23	70	185	115	71 000
	H 116				335	230	20		200		-
5086	0	2,66	126	23,9	278	135	25	63	165	108	71 000
	H 116				310	225	18		185		
5454	0	2,69	136	23,7	250	110	22	62	159		70 000
	H 34				300	230	6	81	180		-
5754	0	2,67	132	23,8	220	100	23	50	130	100	70 000
	H 24				270	215	10	68	150		-
6005 A	T 6	2,70	178	23,6	285	260	12	90	185	97	79 500
6060	T 5	2,70	200	23,4	220	190	16	75	150	72	69 500
	T 51				210	145	20	72	140		-
6061	T 6	2,70	167	23,6	305	270	13	95	205	98	69 000
6082	T 6	2,71	174	23,5	315	280	12	95	218	102	69 500
	T 66				330	285	10	100	225		-
6106	T 5	2,70	180	23,5	265	230	13	85	175	84	69 500
7020	T 5	2,78	140	23	380	320	12	120	245	125	71 500
7075	T 6	2,80	130	23,5	565	495	11	150	330	162	72 000
	T 73				500	430	13	140	300		-

(1) 10^8 cycles en flexion rotative. (2) Voir correspondance avec la désignation alphanumérique au 6.3.

Choix d'un alliage d'aluminium (suite)

Code : **1** : à éviter ; **2** : possible ; **3** : bon ; **4** : très bon

Aptitudes technologiques

Résistance à l'atmosphère		À l'anodisation			Au soudage				Usinage		Emboutissage	
normal	marine	Protection	Dure	Brillante	à l'arc	par résistance	soudo-brasage	faisceau d'électron	frag. de copeau	Brillance de surface	par expansion	profond
4	3	4	4	3	4	4	4	4	1	4	4	3
4	3	4	4	3	4	4	4	4	1	4	3	4
4	3	4	4	3	4	4	4	4	2	4	1	1
4	4	4	4	4	4	3	4	4	1	4	4	3
4	4	4	4	4	4	3	4	4	1	4	3	4
4	3	4	4	2	4	4	4	4	1	4	1	3
4	3	4	4	2	4	4	4	4	1	4	3	4
4	3	4	4	2	4	4	4	4	2	4	1	3
2	1	2	2	2	1		1		1	3	1	1
2	1	2	3	2	1	4	3	3	3	2	1	1
2	1	2	3	2	1	4	3	3	3	2	1	1
2	1	2	3	2	1	4	3	3	3	3	1	1
2	1	2	3	2	1	4	3	3	3	3	1	1
2	1	2	2	2	1		1		4	2	1	1
2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	3	1	1
4	3	4	3	2	4	4	4	4	1	4	4	3
4	3	4	3	2	4	4	4	4	1	4	3	4
4	3	4	3	2	4	4	4	4	2	4	1	3
4	3	4	3	2	4	4	4	4	1	4	4	3
4	3	4	3	2	4	4	4	4	2	4	2	4
4	3	4	3	2	4	4	4	4	2	4	1	3
4	3	4	3	2	4	4	4	4	1	4	4	3
4	3	4	3	2	4	4	4	4	1	4	2	3
4	3	4	3	2	4	4	4	4	1	4	4	3
4	3				4		4	4	1	4	2	4
4	3				4		4	4	2	4	1	3
4	3	4	4	3	4	4	4	4	1	4	4	3
4	3	4	4	3	4	4	4	4	1	4	2	4
4	3	4	4	3	4	4	4	4	2	4	1	3
4	3	4	4	3	3	3	3	4	1	4	4	3
4	3	4	4	3	3	3	3	4	1	4	2	4
4	3	4	4	3	3	3	3	4	2	4	1	3
4	4	4	4	3	3	3	3	4	2	4	4	4
4	4	4	4	3	3	3	3	4	2	4	2	4
4	3	4	4	3	3	3	3	4	2	4	1	3
4*	4	4	4	2	4	4	1	4	2	4	3	3
4*	4	4	4	2	4	4	1	4	2	4	2	3
4	4	4	4	2	4	4	1	4	2	4	3	3
4	4	4	4	2	4	4	1	4	2	4	2	3
4	4	4	4	3	4	4	3	4	2	4	3	3
4	4	4	4	3	4	4	3	4	2	4	2	3
4	4	4	4	3	4	4	3	4	2	4	3	3
4	4	4	4	3	4	4	3	4	2	4	2	3
4	3	4	4	2	3	3	3	4	2	4	1	1
4	3	4	4	3	3	4	4	4	2	4	1	2
4	3	4	4	2	3	3	3	4	2	4	1	1
4	3	4	4	2	3	2	3	4	1	4	4	4
4	3	4	4	2	3	4	3	4	2	4	1	1
4	3	4	4	2	3	3	3	4	2	4		
3	2	3	4	2	3	3	3	3	3	3	1	1
2**	1	3	4	2	1	3	2	3	3	3	1	1
2	1	3	4	2	1	3	2	2	3	2	1	1

* Pour utilisation à température > 65 °C, consulter le fabricant. ** Risque de corrosion dans l'état T6.

6.14.3. Principaux produits de fonderie

Désignation Normes européennes Équivalent* NF A 57-702	État	Propriétés physiques			Composition chimique approximative en % (autre que Al)
		Masse volumique g/cm³	Conductibilité thermique W.m.⁻¹.°C⁻¹	Dilatation lin. (× 10⁶.°C⁻¹) (entre 20 et 100 °C)	
AB-10601	Y 30	2,7	210	24	Fe ≤ 0,30
A-5L/R	Y 40				Si ≤ 0,10
AC-51000	Y 20	2,67	145	24	Mg = 2,5
A-G3T	Y 30				Ti = 0,08-0,013 Si ≤ 0,55
AC-51300	Y 40	2,64	125	24	Mg = 4,5-6,5
A-G6Be	Y 30				Be = 0,005-0,01 Fe et Si ≤ 0,55
AC-51200	Y 40	2,55	90	24	Si ≤ 2,5 Fe ≤ 1,0
A-G10SBe					Mg = 8 Be = 0,005-0,01
AC-21000	Y 23 Y 24	2,8	140	23	Fe ≤ 0,35 Cu = 4,2-5,0 Mg = 0,25-0,35 Ti = 0,17-0,23 Si ≤ 0,20
A-U5GT	Y 33 Y 34				
–	Y 20	2,85	110	23	Si = 2,2-3,8
A-U8S	Y 30				Cu = 6,3-8,2
AC-71000	Y 25	2,8	140	23	Mg = 0,40 Cu = 0,15-0,35
A-Z5G	Y 29				Zn = 4,5-6,0 Fe ≤ 0,80 Si ≤ 0,30
AC-41000	Y 30	2,7	160	22	Si = 1,6-2,4 Mn = 0,33-0,47
A-S2GT	Y 33				Mg = 0,45-0,65 Fe ≤ 0,60
AC-42000	Y 20 Y 23	2,68	160	21,5	Si = 6,5-7,5 Mg = 0,20-0,65
A-S7G	Y 30 Y 33				Fe ≤ 0,55
AC-42100	Y 23	2,68	160	21,5	Si = 6,5-7,5
A-S7G03	Y 30 Y 33				Mg = 0,20-0,45 Fe ≤ 0,19 Cu ≤ 0,05
AC-42200	Y 23	2,68	160		Si = 6,5-7,5 Fe ≤ 0,19
A-S7G06	Y 33			21,5	Mg = 0,45-0,70 Cu ≤ 0,05
AC-43100	Y 20 Y 23	2,65	160	20,5	Si = 9-11 Mg = 0,20-0,45
A-S10G	Y 30 Y 33				Fe ≤ 0,55
AC-44100	Y 20	2,65	165	20	Si = 10,5-13,5 Mg ≤ 0,10
A-S13	Y 30				Fe ≤ 0,65
AC-45200	Y 20	2,75	20	22	Si = 4,5-6,0 Cu = 2,6-3,6
A-S5U3	Y 30				Mn = 0,2-0,55 Fe ≤ 0,8
AC-46000	Y 40	2,76	105	21	Fe ≤ 1,3
A-S9U3					Si = 8-11 Cu = 2-4

Les caractéristiques dans les pièces, notamment l'allongement à la rupture, peuvent être notablement affectées par la vieillesse de solidification et les défauts métallurgiques. Les valeurs indiquées ne doivent donc pas être prises en compte pour le dimensionnement des pièces.

* Les fourchettes de composition des nouvelles normes européennes NF EN 576 et NF EN 1706 désormais applicables peuvent différer de celles de la norme française NF A 57-702 applicable précédemment.

Choix d'un alliage d'aluminium (suite)

Code : **0** : impropre ; **1** : à éviter ; **2** : possible ; **3** : bon ; **4** : très bon.

Caractéristiques mécaniques (moyennes sur éprouvettes)					Aptitudes technologiques						
Rm (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A (%)	HB	Module d'élasticité (MPa)	Au moulage	Résistance		Soudage TIG et MIG	Usinage	À l'anodisation de	
						Atmosphère	Air marin eau de mer			protection	décoration
75	25	40	25	67 500	2	4	3	3	1	4	4
75	25	40	25		2	4	3	0	1	4	1
180	85	12	60	69 000	2	4	4	4	3	4	4
180	85	16	65		2	4	4	4	3	4	4
195	115	6	65	69 000	2	4	4	4	3	4	3
220	120	9	70	69 000	2	4	4	4	3	4	3
200	120	2	80	69 000	2	4	4	1	3	4	0
420	395	3	125	72 000	3	1	0	1	4	2	2
400	265	14	110		3	1	0	1	4	2	2
420	380	8	125		2	1	0	1	4	2	2
400	250	21	110		2	1	0	1	4	2	2
160	125	0,5	85	70 000	3	0	0	3	4	1	0
190	130	0,5	90		3	0	0	3	4	1	0
205	140	6	70	72 000	2	3	3	4	3	3	3
205	120	9	65		2	3	3	4	3	3	3
180	90	9	55	70 000	2	3	3	3	3	4	4
300	240	12	90		2	3	3	3	3	4	4
170	90	4	55	74 000	3	3	3	3	2	4	0
250	200	3	90		3	3	3	3	3	4	0
190	90	10	55		3	3	3	3	2	4	0
280	200	11	90		3	3	3	3	3	4	0
270	200	5	90	74 000	3	3	3	3	3	4	0
190	90	14	55		3	3	3	3	2	4	0
280	200	16	90		3	3	3	3	3	4	0
275	250	1,5	100	74 000	3	3	3	3	3	4	0
330	290	9	110		3	3	3	3	3	4	0
170	95	4	60	76 000	3	3	3	3	2	4	0
260	215	2	95		3	3	3	3	3	4	0
195	95	9	60		3	3	3	3	2	4	0
290	215	10	95		3	3	3	3	3	4	0
165	80	7	55	76 000	4	3	3	4	1	4	0
180	80	10	55		4	3	3	4	1	4	0
180	150	0,5	75	72 000	3	1	0	4	3	2	0
220	150	1,5	75		3	1	0	4	3	2	0
200	150	1	80	76 000	3	1	0	1	3	1	0

6.15. Choix d'une matière plastique

6.15.1. Principaux thermoplastiques en produits semi-ouvrés

Matière Désignation (1)	Propriétés physiques						Caractéristiques mécaniques			
	Masse volumique g/cm³	Température de fusion (°C)	Dilatation lin. (× 10⁶.°C⁻¹) (entre 20 et 100 °C)	Limite de température		Couleur standard	R (MPa)	A (%)	Dureté Shore D	Module d'élasticité (MPa)
				courte durée °C	en continu °C					
ABS	1,04-1,05		60/130	90	70	Gris, rouge blanc, bleu	17-55	20	-	900-2 900
CA	1,23-1,34		80-160	86	60	Transparent	13-60	6-70	-	460 - 2 800
PA 6.6	1,14	255-265	80	180	+ 120 – 30	Naturel	50-80	300	75	1 300 - 2 700
PA 11	1,04-1,05	185	12	120	+ 100 – 50	Naturel	48-60	230 - 280	75	600 - 1 500
PC	1,2		68	135	110-125	Transparent blanc	63-72	110 - 150		2 400 - 2 500
PE hd 80	0,95	130	100-220	90	+ 80 – 50	Naturel noir	22-39	10 1 200	65	1 050 - 1 250
PE hd 500	0,95	137	100-220	90	+ 80 – 100	Naturel	22-39	10 1 200	65	1 050 - 1 250
PE hd 1000	0,94	137	100-220	90	+ 80 – 260	Naturel	22-39	10 - 1 200	65	1 050 - 1 250
PF (2)	1,35		200	120	+ 100 – 150	Brun	57			700
PMMA			80	100	60-90	Transparent	48-75	2-7		2 200 - 3 300
POM	1,4	175 181	100-113	150	+ 100 – 40	Naturel	67-70	25-75	83	3 100 - 3 600
PP	0,92	160	180	120	+ 100 0	Naturel gris	31	700	72	1 200
PTFE	2,14-2,2	342	70-120	280	+ 260 – 200	Naturel	15-35	200 5 400	55	400 - 550
PUR	1,26		110		+ 100 – 80		35-55	600	50 98	850
PVC	1,30-1,58		50-100		70 – 35	Gris transparent	40-52	40-80	80	2 400 - 3 500
PVDF	1.77	175-178			150 – 50	Naturel	25-50	12-600		1 500

(1) Voir correspondance au 6.15.2. (2) Thermodurcissable.

Choix d'une matière plastique (suite)

Code : **1** : faible ; **2** : moyenne ; **3** : bonne.

Caractéristiques chimiques					Caractéristiques principales	Domaines d'emploi
Résistance chimique aux :				Tenue aux rayons solaires		
acides faibles	acides forts	alcalis faibles	alcalis forts			
3	1	3	3	3	Bonne résistance aux chocs. Métallisation par électrolyse. Thermoformable.	Industries mécaniques. Automobile. Industrie du jouet.
2	1	2	1	2	Non résistant aux intempéries.	Jouets, objets d'éclairage.
1	1	3	3	2	Large plage d'utilisation dans le domaine de la mécanique. Bonne tenue aux frottements. Bonne ténacité. Usinage facile.	Industries mécaniques : roues, engrenages, galets, poulies, visserie, coussinets...
1	1	3	3	2	Faible reprise d'eau, bonne stabilité en milieu humide (dimensionnelle). Bonne résistance aux chocs, aux basses températures et aux agents chimiques.	Industries chimiques : milieux ne pouvant supporter les nylons classiques. Visserie. Robinetterie.
3	2	3	2	2	Incassable. Bon isolement électrique. Stérilisation possible. Bonne tenue aux températures.	Matériel médical, vaisselle. Industrie électrique. Boîtiers, capots de protection. Carrosserie, décoration.
3	2	3	3		Poids moléculaire 80 000. Qualité alimentaire. Soudable, thermoformable, difficilement collable.	Industries chimiques et alimentaires. Orthopédie. Industries du froid.
3	2	3	3		Poids moléculaire 500 000. Excellentes qualités de glissement. Très faible reprise d'humidité. Résistant aux chocs. Usinage aisé.	Industries mécaniques : rails de glissement, pièces de pompe. Robinetterie.
3	2	3	3		Poids moléculaire 1 000 000. Haute résilience aux chocs même à très basse température. Très bon matériau de glissement. Non thermoformable.	Dans des conditions d'emploi plus sévères que le précédent, industries mécaniques : rails de glissement, pièces de pompes. Robinetterie.
2	2	2	2	2	Thermodurcissable. Bonne tenue aux frottements. Bonne résilience sous fortes charges. Bonnes qualités d'isolation électrique.	Industries mécaniques : engrenages, bagues. Industries textiles.
3	1	3	1	3	Bonnes qualités mécaniques. Bonne transmission de la lumière. Très décoratif. Collable, non soudable.	Optique. Aéronautique. Publicité. Capots de protection, vitrerie.
1	1	1	1	2	Excellente usinabilité. Bonne stabilité dimensionnelle. Bonnes caractéristiques mécaniques. Faible coefficient de frottement, autolubrifiant, usinage facile.	Industries mécaniques en milieu humide. Pièces de précision.
3	2	3	3		Grande résistance aux agents chimiques. Mauvaise résistance à basse température. Bonne stabilité thermique. Soudable, thermoformable, difficile à coller.	Industries chimiques et alimentaires. Billots pour découpe. Chaudronnerie plastique.
2	3	3	3	3	La meilleure capacité de glissement associée à une bonne résistance mécanique. Excellente résistance thermique et chimique. Le meilleur diélectrique solide.	Industries mécaniques : pièces de frottement difficile, paliers, frotteurs. Industrie chimique, robinetterie. Pièces d'isolation électrique.
3	1	3	1		Grande résistance aux chocs, à l'abrasion et à l'usure. Supporte les flexions répétées. Bonne tenue au vieillissement.	Industries mécaniques : joints, galets, pièces de tamis.
3	3	3	3	2	Bonne résistance aux agents chimiques. Très facilement soudable, collable et thermoformable. Existe en qualité rigide, semi-rigide et souple.	Industries mécaniques : matériel sans grandes caractéristiques mécaniques. Chaudronnerie plastique pour cuves, hottes, réservoirs...
3		3			Bonnes propriétés thermiques et chimiques. Bonne résistance à l'abrasion.	Réservoirs, vannes, éléments de pompe, échangeurs de chaleur.

6.15.2. Définitions : thermoplastiques - thermodurcissables

Matières thermoplastiques

Ces matières sont en général constituées par des enchaînements unidimensionnels résultant de l'association de molécules simples en chaînes linéaires.
Par refroidissements et chauffages successifs, il est possible de **modifier l'état et la viscosité** des matières thermoplastiques **de façon réversible**.

Familles chimiques

- Polyoléfines : **PE**, **PP**, **PMP**, **PB**
- Polyvinyliques et polyvinylidéniques (résines) : **PVC**, **PVAL**, **VC/VAC**, **PVA**, **PVB**, **PVFM**, **PVF**, **PVDC**, **PVDF**
- Polystyréniques : **PS**, **ABS**, **SAN**, **MBS**, **ASA**
- Polyacryliques et polymétacryliques : **PAN**, **PMMA**
- Polyamides : **PA**
- Cellulosiques : **CA**, **CAP**, **CAB**, **CN**, **EC**, **MC**, **CMC**
- Polyesters linéaires : **PETP**, **PBTP**, **PC**
- Polyéters : **POM**, **PEOX**, **PPO**, **PPOX**
- Polyfluoréthènes ou polyfluorés : **PTFE**, **PCTFE**
- Polysulfones : **PSU**
- Polysulfures : **PPS**

Matières thermodurcissables

Les composés thermorigides sont en général constitués par des macromolécules s'étendant dans les trois directions de l'espace.
La matière thermodurcissable se transforme chimiquement en un **objet fini thermodurci** ou thermorigide : infusible et insoluble. La modification est **irréversible**.

Familles chimiques

- Aminoplastes : **UF**, **MF**
- Polyuréthannes : **PUR**
- Phénoplastes : **PF**, **CF**
- Polyesters insaturés : **UP**
- Polyépoxydes : **EP**
- Silicones
- Polyimides : **PI**

6.15.3. Classement alphabétique des symboles consacrés par l'usage

Matières thermoplastiques

ABS ou A/B/S	Poly (acrylonitrile/butadiène/styrène)
A/MMA	Poly (acrylonitrile/métacrylate de méthyle)
A/S/A ou ASA	Poly (acrylonitrile/styrène/acrylate)
C	Cellulose
CA	Acétate de cellulose
CAB	Acétobutyrate de cellulose
CAP	Acétopropionate de cellulose
CMC	Carboxyméthyl cellulose
CN	Nitrate de cellulose
CP	Propionate de cellulose
CS	Caséine
EC	Éthyl cellulose
E/VAC	Poly (éthylène/acétate de vinyle)
FEP	Poly (éthylène/propylène) perfluoré
MBS ou S/B/MMA	Poly (styrène/butadiène/métacrylate de méthyle)
PA	Polyamide
PAN	Polyacrylonitrile
PB	Poly (butène 1) ou Polybutylène
PBTP	Poly (téréphtalate de butylène)
PC	Polycarbonate
PCTFE	Poly (chlorotrifluoréthylène)
PE	Polyéthylène
PE bd	Polyéthylène basse densité
PE hd	Polyéthylène haute densité
PEOX	Poly (oxyéthylène)
PETP	Poly (téréphtalate d'éthylène)
PMMA	Poly (méthacrylate de méthyle)
PMP	Poly (méthyl-4, pentène-1)
POM	Polyoxyméthylène
PP	Polypropylène
PPO	Poly (oxyphénylène)
PPOX	Poly (oxypropylène)
PPS	Poly (sulfure de phénylène)
PS	Polystyrène
PSU	Polysulfones
PTFE	Polytétrafluoréthylène
PVA	Poly (acétal de vinyle)
PVAC	Poly (acétate de vinyle)
PVAL	Poly (alcool de vinyle)
PVB	Poly (butyral de vinyle)
PVC	Poly (chlorure de vinyle)
PVDC	Poly (chlorure de vinylidène)
PVDF	Poly (fluorure de vinylidène)
PVF	Poly (fluorure de vinyle)
PVFM	Poly (formal de vinyle)
PVK	Poly (carbazol de vinyle)
PVP	Poly (pyrrolidone de vinyle)
SAN	Poly (styrène/acrylonitrile)
S/B	Poly (styrène/butadiène)
SB/MMA ou MBS	Poly (styrène/butadiène/métacrylate de méthyle)
S/MS	Poly (styrène/méthylstyrène)
VC/E	Poly (chlorure de vinyle/éthylène)
VC/E/MA	Poly (chlorure de vinyle/éthylène/acrylate de méthyle)
VC/MA	Poly (chlorure de vinyle/acrylate de méthyle)
VC/VAC	Poly (chlorure de vinyle/acétate de vinyle)
VC/CDC	Poly (chlorure de vinyle/chlorure de vinylidène)

Matières thermodurcissables

CF	Crésol formol
EP	Polyépoxydes
MF	Mélamine formol
PDAP	Poly (phtalate de diallyne)
PF	Phénol formol
PI	Polyimides
PPX	Poly (paraxylylène)
PUR	Polyuréthannes
SEMP	Poly (maléate/phtalate/d'éthylène) réticulé par le styrène silicone
UF	Urée formol
UP	Polyesters insaturés

6.16. Indice de prix des principaux matériaux en barres

6.16.1Inventaire des outils facilitant le choix d'un acier

Indice de prix des principaux matériaux en barres

Matériaux		Désignation		Indice de prix
ACIERS		S 355	laminé	**100**
Décolletage d'usage général		C 35 E	laminé	102
		C 45 E	laminé	102
		S 235	étiré	115
		16 Mn Cr 5	laminé	130
À usinabilité améliorée		C 35 E	étiré	140
		25 Cr Mo 4	laminé	150
		42 Cr Mo 4	prétraité laminé	155
		34 Cr Mo 4	étiré	160
Pour nitruration		30 Cr Ni Mo 8	prétraité	290
		36 Ni Cr Mo 16-10	laminé recuit	350
		45 Si Cr Mo 6	laminé	450
		40 Cr Al Mo 6-12	laminé	490
		Acier « Stub »	traité, rectifié	500
FONTES		FGL 200	coulée continue	79
ALUMINIUMS	Duralumin	A-U4G	étiré plat	380
		A-U4G	étiré rond	440
		A-U4G	étiré carré	440
CUIVREUX	Laiton	Cu Zn 40 Pb 3		650
	Cuivre	Cu a 1		780
	Cupro-alu	Cu Al 10 Ni		1 090
	Bronze	Cu Sn 8		1 380
PLASTIQUES		PVC		805
	Nylon	PA 6.6		1 347
	Polyéthylène	PEHD 500		1 464
	Delrin	POM		1 588
	Polypropylène	PP		1 664
		PMMA		2 878
	Téflon	PTFE		2 950

Bases de l'indice

Cet indice de prix a été réalisé en janvier 2010 à partir des informations des revendeurs de métaux (demi-gros) pour des barres rondes de diamètres d'environ 30 mm et pour des petites quantités de commande (50 kg pour les ferreux), destinées à des pièces fabriquées en séries moyennes (50 à 150 pièces).
La base 100 de l'indice correspond à un prix de l'acier S 355 de 1,00 € HT le kg.
Il fait partie de la démarche de choix d'un matériau dans la phase d'étude et de réalisation des préséries.
Il est important de ne pas perdre de vue les masses volumiques très différentes de ces matériaux, les prix étant ramenés au kilogramme. L'industrialisation du produit impose de pratiquer des appels d'offre « matière », en fonction du cahier des charges précis de l'application.

6.17. Barres et tubes. Aciers laminés spéciaux pour traitements thermiques



6.17.1. Ronds

∅	XC10	XC18	XC38	XC48	45 S7	100 C6	10 NC6	16 NC6	14 NC11	25 CD4	35 CD4	42 CD4	35 NC6	30 NC11	35 NCD 16	42 CD4	30 CND8
10	•	•	•		•						•	•	•				
12	•	•	•	•	•						•	•					
14			•	•	•					•	•	•					
15			•		•	•					•				•		
16	•	•	•	•	•			•		•	•	•		•	•		
18		•	•	•	•			•		•	•	•	•		•		
20	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
21			•														
22	•	•	•	•	•		•	•		•	•	•			•	•	•
24			•					•			•						
25	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
26			•					•				•					
28	•	•	•	•				•		•	•	•		•	•	•	•
30	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
32	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
35	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
36			•														
38	•	•	•	•	•			•		•	•	•	•			•	•
40	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
42		•	•	•	•			•		•	•	•	•			•	•
45	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
48		•	•	•				•		•	•					•	
50	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
52	•		•	•						•						•	
55	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
56			•														
58			•														
60	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

6.17.2. Plats

Plats	C 35 E	C 45 E	45 S7
40 × 6			•
50 × 6			•
60 × 6			•
40 × 8			•
50 × 8			•
60 × 8			•
100 × 8			•
20 × 10	•		
30 × 10	•		
40 × 10	•		•
50 × 10	•		•
60 × 10	•		•
70 × 10	•		•
80 × 10	•		•
100 × 10	•		•
150 × 10	•		
20 × 12	•		
25 × 12	•		
50 × 12	•		•
60 × 12	•		•
80 × 12			•
100 × 12			•
20 × 15	•		
25 × 15	•		
30 × 15	•		
40 × 15	•		
45 × 15	•		
50 × 15	•		
60 × 15	•		•
70 × 15	•		
80 × 15	•		•

Plats	C 35 E	C 45 E	45 S7
100 × 15	•		
120 × 15	•		
150 × 15	•		
25 × 20	•		
30 × 20	•		
35 × 20	•		
40 × 20	•	•	•
50 × 20	•	•	•
60 × 20	•	•	•
70 × 20	•	•	•
80 × 20	•	•	•
90 × 20	•		
100 × 20	•	•	
110 × 20	•		
120 × 20	•		
130 × 20	•		
140 × 20	•		
150 × 20	•		
160 × 20	•		
180 × 20	•		
200 × 20	•		
250 × 20	•		
300 × 20	•		
40 × 25	•		
50 × 25	•		
60 × 25	•		
70 × 25	•		
80 × 25	•		
90 × 25	•		
100 × 25	•		
120 × 25	•		

Plats	C 35 E	C 45 E	45 S7
40 × 30	•	•	
45 × 30	•		
50 × 30	•	•	
60 × 30	•	•	•
70 × 30	•	•	•
80 × 30	•	•	•
90 × 30	•		
100 × 30	•	•	•
110 × 30	•		
120 × 30	•		
130 × 30	•		
140 × 30	•		
150 × 30	•		
160 × 30	•		
180 × 30	•		
200 × 30	•		
300 × 30	•		
50 × 35	•		
60 × 35	•		
70 × 35	•		
80 × 35	•		
100 × 35	•		
130 × 35	•		
50 × 40	•		
60 × 40	•	•	
70 × 40	•	•	•
80 × 40	•	•	•
90 × 40	•		
100 × 40	•	•	
120 × 40	•		
130 × 40	•		

Plats	C 35 E	C 45 E	45 S7
140 × 40	•		
150 × 40	•		
160 × 40	•		
180 × 40	•		
200 × 40	•		
250 × 40	•		
300 × 40	•		
60 × 45	•		
60 × 50	•		
70 × 50	•	•	
80 × 50	•	•	•
90 × 50	•		
100 × 50	•		
110 × 50	•		
120 × 50	•		
130 × 50	•		
140 × 50	•		
150 × 50	•		
160 × 50	•		
200 × 50	•		
250 × 50	•		
300 × 50	•		
80 × 60	•		
90 × 60	•		
100 × 60	•		
120 × 60	•		
130 × 60	•		
150 × 60	•		
200 × 60	•		
90 × 70	•		
100 × 70	•		

6.17.3. Carrés

Carrés	C 10 E	C 35 E	C 45 E	45 S7	Carrés	C 10 E	C 35 E	C 45 E	45 S7
12		•			**45**		•	•	
15		•			**50**	•	•	•	•
16		•			**55**		•	•	
18		•			**58**		•		•
20		•	•	•	**60**	•	•	•	
22					**65**		•		
25		•	•	•	**70**		•	•	
28		•			**75**		•		
30	•	•	•	•	**80**	•	•	•	
32		•			**85**		•		
35		•	•	•	**90**	•	•	•	
38		•			**100**		•	•	
40		•	•	•	**110**		•	•	

6.17.4. Ébauches creuses NF A 49-312

– Nuances : XC 35 F, 18 M5, 20 MV6
– Tolérances : – diamètre extérieur + 2 %, avec minimum de + 1 mm, – 0
– diamètre intérieur + 0, avec minimum de + 0, – 1 mm – 2 %
– flèche maximum de 1 mm par m.

Ø ext.	Série 1 A			Série 1			Série 2 A			Série 2			Série 3 A			Série 3		
	Épais.	Ø int.	Poids kg/m	Épais.	Ø int.	Poids kg/m	Épais.	Ø int.	Poids kg/m	Épais.	Ø int.	Poids kg/m	Épais.	Ø int.	Poids kg/m	Épais.	Ø int.	Poids kg/m
32	3,5	25	2,56	6,0	20	3,85										8,0	16	4,74
36	4	28	3,16	5,5	25	4,14				8,0	20	5,52				10,0	16	6,41
40	4	32	3,55	6,0	28	5,03				7,5	25	6,01				10,0	20	7,40
45	4,5	36	4,49	6,5	32	6,17				8,5	28	7,65				12,5	20	10,0
50	5	40	5,55	7,0	36	7,42				9,0	32	9,10				12,5	25	11,6
56	5,5	45	6,85	8,0	40	9,47				10,0	36	11,30				14,0	28	14,5
63	5	53	7,15	6,5	50	9,06	9,0	45	11,98	11,5	40	14,60				15,5	32	18,2
71	5,5	60	8,90	7,5	56	11,70	10,5	50	15,7	13,0	45	18,60				17,5	36	23,1
75	6	63	10,20	7,5	60	12,50	9,5	56	15,3	12,5	50	19,30	15	45	22,2	17,5	40	24,8
80	6,5	67	11,80	8,5	63	15,00	12,0	56	20,1	15,0	50	24,00	17,5	45	27,0	20,0	40	29,6
85	7,5	70	14,30	9,0	67	16,90	12,0	61	21,6	15,0	55	25,90	17,5	50	29,1	20,0	45	32,1
90	7,5	75	15,30	9,5	71	18,90	11,5	67	22,3	13,5	63	25,50	17	56	30,6	20,0	50	34,5
95	7,5	80	16,20	10,0	75	21,00	12,0	71	24,5	14,0	67	28,00	18	59	34,2	22,5	50	40,2
100	7,5	85	17,10	10,0	80	22,20	12,5	75	27,0	14,5	71	30,60	18,5	63	37,2	22,5		42,3

6.17.5. Tubes épais NF A 49-112/311

– Nuances : A 37, 18M5
– Tolérance : – diamètre extérieur ± 1 % avec un minimum de ± 0,5 mm
– épaisseur : e ≤ 3,2 mm, 3,2 ≤ e ≤ 20 mm, e > 20 mm

Ép. / Ø	Poids au mètre						Ép. / Ø	Poids au mètre										
	4	5	6,3	8	10	12,5		4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	30	32
26,9	2,28						**88,9**	8,43	10,3	12,9	15,9	19,5	23,7	28,7	34,0			
30	2,59						**101,6**	9,70	11,9	14,9	18,4	22,6	27,6	33,7	40,2			
33,7	2,95	3,54	4,27				**108,0**	10,30	12,7	15,8	19,6	24,2	29,6	36,2	43,4	51,4		
38	3,38	4,07	4,95				**114,3**	11,00	13,5	16,8	20,9	25,7	31,6	38,6	46,5	55,3		
42,4	3,81	4,61	5,62				**133,0**		15,8	19,8	24,6	30,3	37,4	46,1	55,7	67,1		
44,5	4,02	4,81	5,95				**139,7**		16,6	20,8	25,9	32,0	39,5	48,6	59,0	71,1		
48,3	4,41	5,34	6,55				**159,0**		19,0	23,8	29,6	36,7	45,4	56,2	68,6	83,0		
54	4,91	6,04	7,43				**168,3**		20,1	25,3	31,5	39,0	48,4	59,9	73,1	88,9	102	108
57	5,27	6,41	7,91	9,65			**177,8**							63,6	77,8			
60,3	5,59	6,82	8,42	10,30			**193,7**			29,2	36,5	45,3	56,2	69,8	85,7	105,0	121	128
70	6,55	8,01	9,92	12,20	14,8	17,8	**219,1**			33,2	41,5	51,6	64,1	79,8	98,2	120,0	140	148
76,1	7,17	8,77	10,90	13,40	16,3	19,7	**244,5**				46,5	57,8	72,0	89,8	111,0	136,0	159	168

6.18. Barres et profilés. Aciers d'usage général laminés

6.18.1. Ronds laminés à chaud en barres NF A 45-003

Nuances et qualités en fonction des diamètres

nuances	S 185	A 34		S 235					S 275			S 355			E 295	E 335	E 360
qualités	-	2	2NE	2	2E	2NE	3	4	2	3	4	2	3	4	2	2	2
Ø	30	-	-	30	30	350	350	350	350	350	350	50	350	350	350	350	350



Désignation : Rond Ø 32, NF A 45-003

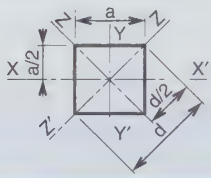
Caractéristiques dimensionnelles et mécaniques

Diamètre d mm	Masse par mètre kg	Section A cm²	Moments d'inertie Ix cm⁴	Moments d'inert. pol. J cm⁴	Tolérance	Diamètre d mm	Masse par mètre kg	Section A cm²	Moments d'inertie Ix cm⁴	Moments d'inert. pol. J cm⁴	Tolérance
10	0,616	0,785	0,049 09	0,098 18	± 0,4	**30**	5,549	7,07	3,976 1	7,952 2	± 0,6
12	0,887	1,13	0,101 8	0,203 6		**32**	6,313	8,04	5,147 2	10,294 4	
14	1,208	1,54	0,188 6	0,377 2		**35**	7,552	9,62	7,366 2	14,732 4	
16	1,578	2,01	0,321 7	0,643 4	± 0,5	**40**	9,864	12,57	12,566 4	25,135 8	
18	1,997	2,54	0,515 3	1,030 6		**42**	10,876	13,85	15,274 5	30,549 0	
20	2,466	3,14	0,785 4	1,570 8		**45**	12,485	15,90	20,128 9	40,257 8	± 0,8
22	2,984	3,80	1,149 9	2,299 8		**50**	15,413	19,63	30,679 6	61,359 2	
24	3,551	4,52	1,628 6	3,257 2		**75**	34,680	44,17	155,310 0	310,630 0	± 1
25	3,853	4,91	1,917 5	3,835 0		**80**	39,460	50,26	201,060 0	402,120 0	
28	4,833	6,16	3,017 2	6,034 4		**90**	49,940	63,61	322,060 0	644,120 0	± 1,3
						100	61,650	78,54	490,870 0	981,740 0	

6.18.2. Carrés laminés à chaud en barres NF A 45-004

Nuances et qualités en fonction des dimensions

nuances	S 185	A 34		S 235					S 275			S 355			E 295	E 335	E 360
qualités	-	2	2NE	2	2E	2NE	3	4	2	3	4	2	3	4	2	2	2
carré	30	-	-	30	30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Désignation : Carré 22, NF A 45-004

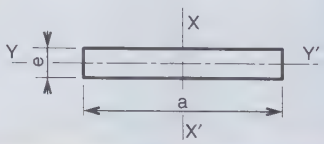
Caractéristiques dimensionnelles et mécaniques

Côté a mm	Masse par mètre kg	Section A cm²	Mom. inert. Ix = Iz a⁴/12 cm⁴	Moments d'inert. pol. J cm⁴	Tolérance	Côté a mm	Masse par mètre kg	Section A cm²	Mom. inert. Ix = Iz a⁴/12 cm⁴	Moments d'inert. pol. J cm⁴	Tolérance
10	0,785	1,00	0,083 333	0,166 6	± 0,4	**25**	4,906	6,25	3,255 2	6,510 4	± 0,6
12	1,130	1,44	0,172 800	0,345 6		**30**	7,065	9,00	6,750 0	13,500 0	
14	1,538	1,96	0,320 130	0,640 3		**35**	9,616	12,25	12,505 2	25,010 0	
16	2,009	2,56	0,546 133	1,092 3	± 0,5	**40**	12,560	16,00	21,333 3	42,667 0	± 0,8
18	2,543	3,24	0,874 800	1,749 6		**45**	15,896	20,25	34,171 9	68,344 0	
20	3,140	4,00	1,333 3	2,666 6		**50**	19,625	25,00	52,083 0	104,166 0	
22	3,799	4,84	1,952 1	3,904 3		**60**	28,260	36,00	108,000 0	216,000 0	± 1

6.18.3. Plats laminés à chaud en barres NF A 45-005

Nuances et qualités en fonction des dimensions

nuances	S 185	A 34		S 235					S 275			S 355			E 295	E 335	E 360
qualités	-	2	2NE	2	2E	2NE	3	4	2	3	4	2	3	4	2	2	2
épaisseur	30	-	-	30	30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



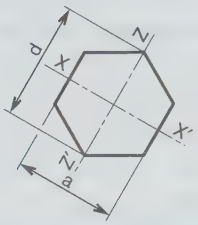
Désignation : Plat 40 × 15, NF A 45-005

Caractéristiques dimensionnelles et mécaniques

Épais.	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	Moment quadratique en fonction des épaisseurs							
Larg.	Masses linéiques										Ix	Iy	Ix	Iy	Ix	Iy	Ix	Iy
20	0,628	0,785	0,942	1,26	1,57	1,88					0,333 [5]	0,021 [5]	0,533 [8]	0,085 [8]	0,667 [10]	0,167 [10]	0,800 [12]	0,288 [12]
25	0,785	0,981	1,18	1,67	1,96	2,36					0,651 [5]	0,026 [5]	1,042 [8]	0,107 [8]	1,302 [10]	0,208 [10]	1,563 [12]	0,360 [12]
30	0,942	1,18	1,41	1,88	2,36	2,83	3,53	4,71			1,125 [5]	0,031 [5]	2,250 [10]	0,250 [10]	3,375 [15]	0,844 [15]	4,500 [20]	2,000 [20]
35	1,100	1,37	1,65	2,20	2,75	3,30	4,12	5,50			[5]	[5]	[10]	[10]	[15]	[15]	[20]	[20]
40	1,260	1,57	1,88	2,51	3,14	3,77	4,71	6,28			3,200 [6]	0,072 [6]	5,333 [10]	0,333 [10]	8,000 [15]	1,125 [15]	10,667 [20]	2,667 [20]
45		1,77	2,12	2,83	3,53	4,24	5,30	7,07										
50		1,96	2,36	3,14	3,96	4,71	5,89	7,85	9,81	11,8	5,208 [5]	0,052 [5]	10,417 [10]	0,417 [10]	20,833 [20]	3,333 [20]	31,250 [30]	11,250 [30]
60		2,36	2,83	3,77	4,71	5,65	7,07	9,42	11,80	14,1	9,000 [5]	0,063 [5]	18,000 [10]	0,500 [10]	36,000 [20]	4,000 [20]	54,000 [30]	13,500 [30]
70		2,75	3,30	4,40	5,50	6,59	8,24	11,00	13,70	16,5								
80		3,14	3,77	5,02	6,28	7,54	9,42	12,60	15,70	18,8	42,667 [10]	0,667 [10]	85,333 [20]	5,333 [20]	10,667 [20]	10,417 [25]	128,00 [30]	18,000 [30]
90		3,53	4,24	5,65	7,07	8,48	10,60	14,10										
100		3,93	4,71	6,28	7,85	9,42	11,80	15,70	19,60		83,333 [10]	0,833 [10]	166,67 [20]	6,667 [20]	208,33 [25]	13,021 [25]	250,00 [30]	22,500 [30]

6.18.4. Hexagones laminés en barres NF A 45-006

Nuances et qualités en fonction des dimensions



nuances	S 185	A 34		S 235					S 275			S 355			E 295	E 335	E 360
qualités	-	2	2NE	2	2E	2NE	3	4	2	3	4	2	3	4	2	2	2
épaisseur	30	-	-	30	30	100	100	100	100	100	100	50	100	100	100	100	100

Désignation : Hexagone 20, NF A 45-006

Caractéristiques dimensionnelles et mécaniques

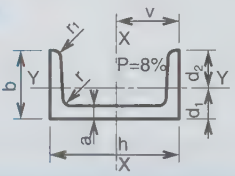
Cote sur plats a	Masse par mètre kg	Section A cm²	Mom. inert. Ix = Iz cm³	Moments d'inert. pol. J cm⁴	Tolérance	Cote sur plats a	Masse par mètre kg	Section A cm²	Mom. inert. Ix = Iz cm³	Moments d'inert. pol. J cm⁴	Tolérance
15	1,53	1,95				**31,5**	6,75	8,59			
17	1,96	2,50				**33,5**	7,63	9,72			
18	2,20	2,81				**37,5**	9,56	12,2			
20	2,72	3,46				**43**	12,6	16,0			
22,5	3,44	4,38				**48**	15,7	19,9			
23,5	3,75	4,78				**52**	18,4	23,4			
24,5	4,08	5,20				**40**	10,9	13,8			
25,5	4,42	5,63				**57**	22,1	28,1			
27,5	5,14	6,55				**62**	26,1	33,3			
28,5	5,52	7,03				**67**	30,5	38,9			
30,5	6,32	8,06									

6.18.5. Petits fers en U laminés à chaud en barres NF A 45-007

Nuances et qualités en fonction des dimensions : voir tableau 6.18.4.

Désignation : U 40 × 35, NF A 45-007

Caractéristiques dimensionnelles et mécaniques



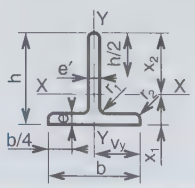
Dimensions h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	r_1 mm	Masse par mètre kg	Section A cm²	Position centre gravité d_1 cm	$d_2 = v_y$ cm	Caractéristiques rapportées à l'axe neutre Ix cm⁴	Iy cm⁴	Distance du centre flexion pure à la face externe de l'âme
30	15	4	4,5	4,5	21	1,74	2,21	0,52	0,98	2,53	0,38	
40	20	5	5,5	5	2,5	2,87	3,66	0,67	1,33	7,58	1,14	0,25
50	25	5	6	6	3	3,86	4,92	0,81	1,69	16,80	2,49	0,35
60	30	6	6	6	3	5,07	6,46	0,91	2,09	31,60	4,51	0,54
30	33	5	7	7	3,5	4,27	5,44	1,31		6,39	5,33	0,60
40	35	5	7	7	3,5	4,87	6,21	1,33		14,10	6,68	
50	38	5	7	7	3,5	5,59	7,12	1,37		26,40	9,12	
65	42	5,5	7,5	7,5	4	7,09	9,03	1,42		57,50	14,10	

6.18.6. Fers T à ailes égales laminés à chaud NF A 45-008

Nuances et qualités en fonction des dimensions : voir tableau 6.18.4.

Désignation : Profilé en T, 40 × 40

Caractéristiques dimensionnelles et mécaniques

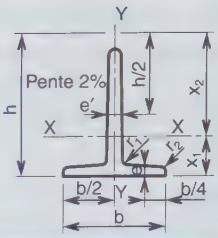


Dimensions b mm	h mm	e mm	é mm	r_1 mm	r_2 mm	r_3 mm	Masse par mètre kg	Section A cm²	Caractéristiques rapportées à l'axe neutre Axe xx x_1 cm	x_2 cm	Ix cm⁴	Axe yy Vy cm	Iy cm⁴	Moment d'inertie de torsion J cm⁴
30	30	4	4	4	2	1	1,77	2,26	0,85	2,15	1,72	1,50	0,87	0,134
35	35	4,5	4,5	4,5	2,5	1	2,33	2,97	0,99	2,51	3,10	1,75	1,57	0,223
40	40	5	5	5	2,5	1	2,96	3,77	1,12	2,88	5,28	2,00	2,58	0,350
50	50	6	6	6	3	1,5	4,44	5,66	1,39	3,61	12,1	2,50	6,06	0,757
60	60	7	7	7	3,5	2	6,23	7,94	1,66	4,34	23,8	3,00	12,20	1,450

6.18.7. Fers T à ailes inégales laminés à chaud NF A 45-008

Nuances et qualités en fonction des dimensions (épaisseurs)

nuances	S 185	A 34		S 235					S 275			S 355			E 295	E 335	E 360
qualités	-	2	2NE	2	2E	2NE	3	4	2	3	4	2	3	4	2	2	2
épaisseur	30	-	-	30	30	100	100	100	100	100	100	50	100	100	100	100	100



Désignation : Profilé en T, 30 × 35 NF A 45-008

Caractéristiques dimensionnelles et mécaniques

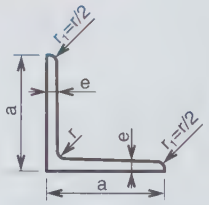
Dimensions							Masse par mètre kg	Section cm²	Caractéristiques rapportées à l'axe neutre						
									Axe xx				Axe yy		
b mm	h mm	e mm	e' mm	r_1 mm	r_2 mm	r_3 mm			x_1 cm	x_2 cm	Ix cm⁴	i_x cm	b/2 cm	Iy cm⁴	i_y cm
30	35	4	4	4	2	1	1,94	2,48	1,05	2,45	2,79	1,06	1,50	0,88	0,59
35	40	4,5	4,5	4	2	1	2,49	3,18	1,15	2,85	4,46	1,18	1,75	1,58	0,71
40	45	5	5	5	2,5	1,5	3,14	4,01	1,29	3,21	7,29	1,35	2,00	2,59	0,81

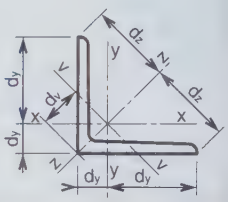
6.18.8. Cornières à ailes égales laminées à chaud NF A 45-009

Nuances et qualités en fonction des dimensions (épaisseurs)

nuances	S 185	A 34		S 235					S 275			S 355			E 295	E 335	E 360
qualités	-	2	2NE	2*	2E	2NE	3	4	2	3	4	2	3	4	2	2	2
épaisseur	30	-	-	16	16	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

* Qualité courante





Désignation : Cornière 50 × 50 × 5, NF A 45-009

Caractéristiques dimensionnelles et mécaniques

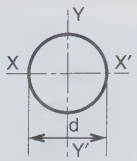
Série 1 : principale ; série 2 : allégée

Dimensions			Masse par mètre kg	Section A cm²	Caractéristiques rapportées à l'axe neutre			Caractéristiques rapportées à l'axe neutre						Séries
								Axe zz			Axe vv			
a mm	e mm	r mm			α cm	Ix = Iy cm⁴	$i_x = i_y$ cm	z_1 cm	I_z cm⁴	i_z cm	v_1 cm	Iv cm⁴	i_v cm	
20	3	4	0,88	1,13	0,60	0,39	0,59	1,41	0,61	0,74	0,84	0,16	0,38	1
25	3	4	1,12	1,43	0,72	0,80	0,75	1,77	1,26	0,94	1,02	0,33	0,48	1
30	3	5	1,36	1,76	0,84	1,40	0,90	2,12	2,23	1,13	1,18	0,58	0,58	1
35	3,5	3,5	1,86	2,35	0,98	2,63	1,06	2,47	4,03	1,33	1,39	1,18	0,71	1
40	3	6	1,84	2,35	1,07	3,45	1,21	2,83	5,45	1,52	1,52	1,44	0,78	2
40	4	6	2,42	3,08	1,12	4,47	1,21	2,83	7,09	1,52	1,58	1,86	0,78	1
45	4	7	2,74	3,49	1,23	6,43	1,36	3,18	10,2	1,71	1,75	2,67	0,88	2
45	5	7	3,38	4,30	1,28	7,84	1,35	3,18	12,4	1,70	1,81	3,26	0,87	1
50	3	7	2,33	2,96	1,31	6,86	1,52	3,54	10,8	1,91	1,85	2,88	0,99	2
50	4	7	3,06	3,89	1,36	8,97	1,52	3,54	14,2	1,91	1,92	3,72	0,98	2
50	5	7	3,77	4,80	1,40	11,0	1,51	3,54	17,4	1,90	1,99	4,54	0,97	1
60	4	8	3,70	4,17	1,60	15,8	1,83	4,24	25,0	2,30	2,26	6,57	1,18	2
60	5	8	4,57	5,82	1,64	19,4	1,82	4,24	30,7	2,30	2,32	8,02	1,17	2
60	6	8	5,42	6,91	1,69	22,8	1,82	4,24	36,2	2,29	2,39	9,43	1,17	1
70	5	9	5,37	6,84	1,88	31,2	2,14	4,95	49,5	2,69	2,66	13,00	1,38	2
70	6	9	6,38	8,13	1,93	36,9	2,13	4,95	58,5	2,68	2,73	15,30	1,37	2
70	7	9	7,38	9,40	1,97	42,3	2,12	4,95	67,1	2,67	2,79	17,50	1,36	1
80	5,5	10	6,76	8,61	2,15	51,5	2,45	5,66	81,7	3,08	3,03	21,30	1,57	2
80	6,5	10	7,92	10,1	2,19	60,0	2,44	5,66	95,2	3,07	3,09	24,80	1,57	2
80	8	10	9,66	12,3	2,26	72,2	2,43	5,66	115,0	3,06	3,19	29,90	1,56	1
90	6	11	8,30	10,6	2,41	80,3	2,76	6,36	127,0	3,47	3,40	33,30	1,77	2
90	7	11	9,61	12,2	2,45	92,6	2,75	6,36	147,0	3,46	3,47	38,30	1,77	2
90	9	11	12,2	15,5	2,54	116,0	2,73	6,36	184,0	3,44	3,59	47,80	1,76	1
100	7	11	9,61	12,2	2,45	92,6	2,75	6,36	147,0	3,46	3,47	38,30	1,77	2
100	18	12	12,2	15,5	2,74	145,0	3,06	7,07	230,0	3,85	3,87	59,80	1,96	2
100	10	12	15,1	19,2	2,82	177,0	3,04	7,07	280,0	3,83	3,99	72,90	1,95	1
120	10	13	18,2	23,2	3,31	313,0	3,67	8,49	497,0	4,63	4,69	129,00	2,35	2
120	12	13	21,6	27,45	3,40	368,0	3,65	8,49	584,0	4,60	4,80	152,00	2,35	1

6.19. Barres en acier étiré à froid

6.19.1. Ronds étirés à froid NF A 47-411

Nota : Caractéristiques mécaniques : voir 6.18.



Tolérances sur le diamètre :
– h10 pour les aciers au carbone avec c < 0,30 %,
– h11 pour les aciers au carbone avec c ≥ 0,30 % et aciers alliés toutes nuances.
Ces tolérances peuvent être réduites sur demande h9 au lieu de h10 et h10 au lieu de h11.

États de surface : – Ra ≤ à 1,6 µm pour les ronds de ∅ ≤ 14 mm,
– Ra ≤ à 3,2 µm pour les ronds de ∅ > 14 mm.

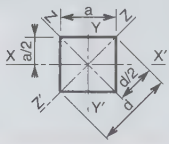
Désignation : Acier A50 NF A 35-501, CP, rond 30 mm, h10 × 6 500
NF A 47-471, conforme à NF A 37-401

∅ mm		4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Section mm²		12,57	15,90	19,63	23,76	28,27	33,18	38,48	50,26	63,61	78,53	95,03	113,09	132,73	153,93	176,71	201,06	226,98	254,46	283,52	314,16
Masse kg/m		0,098	0,124	0,154	0,186	0,222	0,260	0,302	0,394	0,499	0,616	0,746	0,887	1,042	1,208	1,387	1,577	1,781	1,997	2,225	2,465
Tol.	h9	0 / – 30					0 / – 36					0 / – 43									
	h10	0 / – 48					0 / – 58					0 / – 70									
	h11	0 / – 75					0 / – 90					0 / – 110									

∅ mm		21	22	23	24	25	26	28	30	32	33	34	35	36	38	40	42	43	45	48
Section mm²		346,36	380,13	415,5	452,4	490,87	530,99	615,75	706,85	804,24	855,3	908	962,11	1017,8	1134,1	1256,6	1385,4	1450	1590,4	1810
Masse kg/m		2,718	2,984	3,261	3,551	3,853	4,167	4,833	5,549	6,313	6,712	7,13	7,552	7,99	8,902	9,864	10,876	11,4	12,485	14,2
Tol.	h9	0 / – 52								0 / – 62										
	h10	0 / – 84								0 / – 100										
	h11	0 / – 130								0 / – 160										

6.19.2. Carrés étirés à froid NF A 47-412

Nota : Caractéristiques mécaniques : voir 6.18.



Tolérances transversales ou sur plats : la tolérance normale est h11 ; tolérance h10 sur demande.

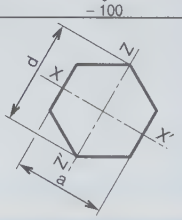
État de surface : Ra ≤ 8 µm

Désignation : Acier C 35 E et carré 19 h11 × 3 000 NF A 47-112

Sur plats mm		14	15	16	17	18	19	20	22	24	25	28	30	34	38	43	48
Section mm²		12,57	15,90	19,63	23,76	324	361	400	484	576	625	784	900	1156	1444	1850	2304
Masse kg/m		0,098	0,124	0,154	0,186	2,543	2,833	3,140	3,799	4,522	4,906	6,154	7,065	9,075	1,208	14,523	18,09
Tol.	h11	0 / – 110					0 / – 130							0 / – 160			
	h10	0 / – 70					0 / – 84							0 / – 100			

6.19.3. Hexagones étirés à froid NF A 47-413

Nota : Caractéristiques mécaniques : voir 6.18.



Tolérances transversales ou sur plats : la tolérance normale est h11 ; tolérance h10. sur demande.

États de surface : – Ra ≤ 5 µm pour cote, plats ≤ à 14 mm
– Ra ≤ 8 µm pour cote, plats à 14 mm

Désignation : Acier C 35 E et hexagone 19 h11 × 3 000 NF A 37-413

Sur plats mm		7	8	10	13	14	16	17	19	21	22	23	24	26	27	29	30	32
Section mm²		42,44	55,42	86,60	146,3	169,7	221,8	250,27	312,6	381,91	419,2	458,11	498,9	585,5	631,5	728,4	779,6	886,8
Masse kg/m		0,333	0,435	0,680	1,149	1,312	1,740	1,965	2,454	2,997	3,290	3,596	3,916	4,596	4,956	5,717	6,118	6,961
Tol.	h11	0 / – 90			0 / – 110				0 / – 130									0 / – 160
	h10	0 / – 58			0 / – 70				0 / – 84									0 / – 100

6.19.4. Nuances des aciers étirés en fonction de leur utilisation NF A 37-401

Utilisation	Nuances							
Aciers de décolletage d'usage général	S 260 S 250 Pb	S 300 S 300 Pb	AD 37 Pb AD 42 Pb	AD 50 Pb AD 55 Pb	AD 60 Pb			
Aciers de décolletage spéciaux pour traitements thermiques	13 MF 4 18 MF 5	35 MF 6	45 MF 6-1 45 MF 6-3					
Aciers au carbone de qualité aptes au forgeage et aux traitements thermiques	AF 34 C 10 AF 37 C 12	AF 42 C 20 AF 50 C 30	AF 55 C 35 AF 60 C 40					
Aciers non alliés pour cémentation ou traitements thermiques	XC 10 XC 12	XC 18 XC 25	XC 32	XC 38 H1 XC 38 H2	XC 42 H1 XC 42 H2	XC 48 H1 XC 48 H2	20 M 5 35 M 5	40 M 6

6.20. Profils tubulaires

6.20.1. Tubes sans soudure de précision NF A 49-310

Nuances	Caractéristiques mécaniques							
	État écroui dur		État écroui dur avec recuit de détente		État écroui doux		État normalisé	
	R_m mini MPa	Amini %	R_m mini MPa	Amini %	R_m mini MPa	Amini %	R_m mini MPa	Amini %
TU 37-b	440	6	400	8	390	18	360-480	23
TU 62-b	650	4	570	6	550	12	510-630	19
TU 56-b	650	4	570	5	590	7	550-670	17

Tolérances sur le diamètre extérieur

État de livraison \ D		≤ 30	32 à 40	42 à 50	55 à 60	63 à 70	76 à 80	90	100	110 à 120	130 à 140	150	160	170	180	190	200
Écroui dur ou doux		0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Recuit ou normalisé	e/D ≤ 1/40	–	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,30	1,50	1,60	–	–	–	–
	1/40 < e/D ≤ 1/20	0,15	0,22	0,30	0,37	0,45	0,52	0,60	0,67	0,75	0,97	1,12	1,20	1,27	1,35	1,42	1,50
	e/D > 1/20	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00

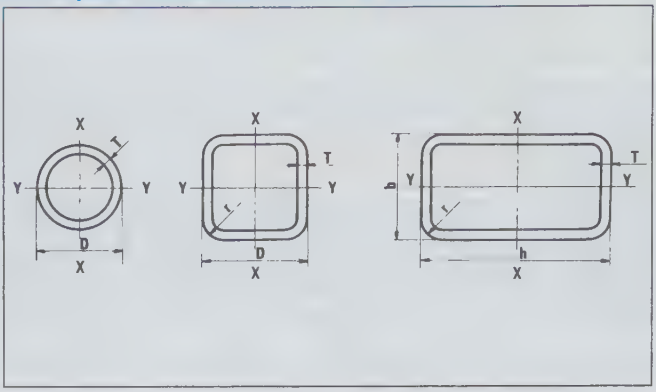
Tolérances sur le diamètre intérieur : - à l'état écroui dur ou doux (1re colonne),
- à l'état écroui dur avec recuit de détente ou normalité (2e colonne).

e / D	Tolérances sur diamètre intérieur																							
	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	4	4	5	5	6	6	8	8	10	10	11	11	12,5	12,5
4	±0,30	±0,30																						
5	±0,30	±0,30																						
6	±0,25	±0,25																						
8	±0,20	±0,20	±0,30	±0,30	±0,35	±0,35	±0,40	±0,40																
10	±0,20	±0,20	±0,25	±0,25	±0,30	±0,30	±0,35	±0,35																
12	±0,15	±0,15	±0,20	±0,20	±0,25	±0,25	±0,30	±0,30	±0,40	±0,40														
14	±0,10	±0,10	±0,15	±0,15	±0,20	±0,20	±0,25	±0,25	±0,30	±0,30														
15	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,20	±0,20	±0,25	±0,25	±0,30	±0,30														
16	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,15	±0,15	±0,20	±0,20	±0,30	±0,30	±0,35	±0,35												
18	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,35	±0,35												
20	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,15	±0,15	±0,20	±0,20	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35										
22	±0,10	±0,15	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,30	±0,30	±0,35	±0,35										
25	±0,10	±0,15	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,15	±0,15	±0,20	±0,20	±0,30	±0,30										
28	±0,10	±0,15	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,20	±0,20	±0,30	±0,30								
30	±0,10	±0,15	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,30	±0,30								
32	±0,15	±0,22	±0,15	±0,22	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,30	±0,30								
35	±0,15	±0,22	±0,15	±0,22	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,20	±0,20								
38	±0,15	±0,22	±0,15	±0,22	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,25	±0,25						
40	±0,15	±0,22	±0,15	±0,22	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,15	±0,25	±0,25						
42	±0,20	±0,40	±0,20	±0,30	±0,20	±0,30	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,30	±0,30				
45	±0,20	±0,40	±0,20	±0,30	±0,20	±0,30	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,25	±0,25				
48	±0,20	±0,40	±0,20	±0,30	±0,20	±0,30	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20				
50	±0,20	±0,40	±0,20	±0,30	±0,20	±0,30	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20	±0,20				
55			±0,25	±0,37	±0,25	±0,37	±0,25	±0,37	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25
60			±0,25	±0,37	±0,25	±0,37	±0,25	±0,37	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25	±0,25
63			±0,30	±0,60	±0,30	±0,45	±0,30	±0,45	±0,30	±0,45	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30
70			±0,30	±0,60	±0,30	±0,45	±0,30	±0,45	±0,30	±0,45	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30	±0,30
76					±0,35	±0,52	±0,35	±0,52	±0,35	±0,52	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35
80					±0,35	±0,52	±0,35	±0,52	±0,35	±0,52	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35	±0,35
90					±0,40	±0,80	±0,40	±0,60	±0,40	±0,60	±0,40	±0,60	±0,40	±0,40	±0,40	±0,40	±0,40	±0,40	±0,40	±0,40	±0,40	±0,40	±0,40	±0,40
100					±0,45	±0,90	±0,45	±0,67	±0,45	±0,67	±0,45	±0,67	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45

Désignation : Tube 16-2, NF A 49-310, TU 52b, longueur courante avec certificat 8.4.

6.20.2. Profils creux soudés finis à froid pour construction NF A 49-540-1

– **Nuances et qualité :** – TSE 235 2, 3 ou 4
– TSE 275 2, 3 ou 4
– Nuance et qualité courante : TSE 235-2
– **Tolérance sur dimensions extérieures** (D, b, h) ± 1 % avec minimum de ± 0,5 mm
– **Tolérance sur épaisseur** T ± 10 %
pour les profils circulaires de ∅ ≤ 168,3 mm, les profils carrés de b ≤ 140 mm, les profils rectangulaires de h ≤ 180 mm.
– **Rayon extérieur** dans les angles :
- Rayon maximal extérieur : r = 3 T
- Pour les calculs des caractéristiques mécaniques, le rayon à prendre en compte est :
– **Rayon extérieur :** r = 2,5 T
– **Rayon intérieur :** r = 1,5 T.



Profils creux ronds

Désignation : Profil circulaire 101,6 × 3,6 NF A 49-541, TS E 275-3.

D mm	Épais. T mm	Masse linéique kg/m	Section A cm²	Moment d'inertie de torsion J cm⁴	Constante de torsion C cm³	Moment d'inertie de flexion I cm⁴	D mm	Épais. T mm	Masse linéique kg/m	Section A cm²	Moment d'inertie de torsion J cm⁴	Constante de torsion C cm³	Moment d'inertie de flexion I cm⁴
	1,6	0,777	0,9902	0,9671	0,9081	0,4835	**70**	3,2	5,27	6,715	75,09	21,45	37,54
21,3	2	0,952	1,213	1,1410	1,0720	0,5707	**76,1**	2,9	5,24	6,669	89,48	23,52	44,74
	2,3	1,08	1,373	1,2570	1,1800	0,6286		3,2	5,75	7,329	97,56	25,64	48,78
26,9	2,3	1,40	1,778	2,7130	2,0170	1,3560	**88,9**	3,2	6,76	8,616	158,40	35,64	79,21
33,7	2,6	1,99	2,540	6,1850	3,6710	3,0930	**101,6**	3,6	8,70	11,080	266,50	52,46	133,20
	2,6	2,55	3,251	12,9300	6,0990	6,4640	**114,3**	3,6	9,83	12,520	384,00	67,19	192,00
42,4	2,9	2,82	3,599	14,1100	6,6570	7,0560	**139,7**	4	13,40	17,050	785,70	112,50	392,90
	3,2	3,09	3,941	15,2400	7,1890	7,6200		2,9	11,80	15,070	1031,00	122,50	515,50
48,3	2,9	3,25	4,136	21,4000	8,8610	10,7000		3,2	13,00	16,600	1131,00	134,50	565,70
	3,2	3,56	4,534	23,1700	9,5950	11,5900	**168,3**	3,6	14,60	18,630	1264,00	150,20	631,90
60,3	2,9	4,11	5,229	43,1800	14,3200	21,5900		4	16,20	20,650	1394,00	165,70	697,10
	3,2	4,51	5,740	46,9400	15,5700	23,4700		4,5	18,2	23,160	1554,00	184,70	777,20

Profils creux carrés

Désignation : Profil creux carré 80 × 3, NF A 49-541, TS E 235-2.

D mm	Épais. T mm	Masse linéique kg/m	Section A cm²	Moment d'inertie de torsion J cm⁴	Constante de torsion C cm³	Moment d'inertie de flexion I cm⁴	D mm	Épais. T mm	Masse linéique kg/m	Section A cm²	Moment d'inertie de torsion J cm⁴	Constante de torsion C cm³	Moment d'inertie de flexion I cm⁴
22	2,3	1,28	1,631	1,804	1,417	0,9817	**70**	3	6,07	7,731	92,78	24,68	56,57
28	2,5	1,83	2,335	4,281	2,682	2,3910		4	7,86	10,010	116,50	30,96	70,42
35	2,5	2,38	3,035	8,882	4,545	5,1240		3	7,01	8,931	140,50	32,96	86,60
	4	3,46	4,411	12,150	5,945	6,5070	**80**	3,5	8,08	10,290	161,20	37,46	98,11
	2,5	2,78	3,535	13,630	6,174	7,9990		4	9,11	11,610	181,00	41,69	108,80
40	3	3,24	4,131	15,730	7,010	9,0120		5	11,10	14,140	218,10	49,39	128,00
	4	4,09	5,211	19,200	8,326	10,520		3	7,95	10,130	202,20	42,44	125,70
45	2,5	3,17	4,035	19,820	8,052	11,780	**90**	3,5	9,18	11,690	232,50	48,39	142,90
	3	3,71	4,731	23,000	9,207	13,390		4	10,40	13,210	261,80	54,03	159,10
50	3	4,18	5,331	32,200	11,70	18,980		5	12,70	16,14	317,10	64,41	188,50
	4	5,35	6,811	40,280	14,28	22,870		3	8,89	11,330	279,80	53,13	175,10
60	3	5,13	6,531	57,280	17,59	34,430	**100**	4	11,60	14,810	363,40	67,96	222,90
	4	6,60	8,411	72,680	21,82	42,300		5	14,20	18,140	442,00	81,43	265,70

Profils creux rectangulaires

Désignation : Profil creux rectangulaire 50 × 30 × 3, NF A 49-541, TS E 275-4.

h × b mm	Épais. T mm	Masse linéique kg/m	Section A cm²	Moment d'inertie de torsion J cm⁴	Moment d'inertie de flexion IY cm⁴	h × b mm	Épais. T mm	Masse linéique kg/m	Section A cm²	Moment d'inertie de torsion J cm⁴	Moment d'inertie de flexion IY cm⁴
35 × 20	2,5	1,79	2,285	3,324	1,291	**60 × 34**	3	3,90	4,971	21,98	8,925
40 × 27	2,5	2,27	2,885	7,036	3,085	**70 × 35**	3	4,42	5,631	28,72	11,100
50 × 25	2,5	2,58	3,285	8,415	3,194	**80 × 40**	3	5,13	6,531	43,97	17,240
50 × 30	3	3,24	4,131	13,480	5,526	**80 × 50**	3	5,60	7,131	65,21	28,930
60 × 30	2,5	3,17	4,035	15,160	5,878		4	7,23	9,211	82,77	35,600
	3	3,71	4,731	17,450	6,624	**90 × 50**	3	6,07	7,731	76,92	32,250

6.21. Barres et profilés en aluminium et alliages d'aluminium

6.21.1. Barres de section circulaire filées NF A 50-702

Nota : Caractéristiques d'inertie : voir matières au 6.18.

Désignation : Barre ronde filée, 2017 A, NF A 50-411, 20 × 4 500, NF A 50-702

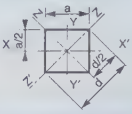


Ø mm	10	12	14	16	18	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	55	60	65	70	75
Section mm²	0,785	1,13	1,54	2,01	2,55	3,14	3,80	4,91	6,16	7,07	8,04	10,18	12,57	15,90	19,64	23,76	28,27	33,18	38,49	44,18
Masse kg/m	0,212	0,305	0,416	0,543	0,687	0,848	1,026	1,325	1,663	1,909	2,171	2,748	3,393	4,294	5,310	6,415	7,634	8,959	10,39	11,93
Tolérances	± 0,30										± 0,40					± 0,55				
Ø mm	80	85	90	95	100	105	110	120	125	130	140	150	160	180	200	225	250	275	300	
Section mm²	50,27	56,75	63,62	70,88	78,54	86,59	95,03	113,1	122,7	132,7	153,9	176,7	201,1	254,5	314,2	397,6	490,9	594,0	706,9	
Masse kg/m	13,57	15,32	17,18	19,14	21,21	23,38	25,66	30,54	33,13	35,84	41,56	47,71	54,29	68,71	84,82	107,35	132,54	160,37	190,85	

6.21.2. Barres de section carrée filées NF A 50-703

Nota : Caractéristiques mécaniques : voir 6.18.

Désignation : Barre carrée filée, 2017 A, R 39, NF A 50-411, 50 × 3 500, NF A 50-703



Surplats mm	6	8	10	12	14	16	20	25	30	32	36	40	45	50	55
Section mm²	36	64	100	144	196	256	400	625	900	1 024	1 296	1 600	2 025	2 500	3 025
Masse kg/m	0,097	0,173	0,270	0,389	0,529	0,691	1,088	1,688	2,430	2,765	3,499	4,320	5,468	6,750	8,168
Tolérances	± 0,30												± 0,45		
Surplats mm	60	65	70	80	90	100	110	120	125	140	160	180	200	220	250
Section mm²	3 600	4 225	4 900	6 400	8 100	10 000	12 100	14 400	15 625	19 600	25 800	32 400	40 000	48 400	62 500
Masse kg/m	9,720	11,41	13,23	17,28	21,87	27,0	32,67	38,88	42,19	52,92	69,12	87,48	108,0	130,68	168,75
Tolérances	± 0,60				± 0,70				± 0,80				± 0,90	± 1,50	

6.21.3. Barres de section hexagonale filées NF A 50-704

Nota : Caractéristiques mécaniques : voir 6.18.

Désignation : Barre hexagonale filée, 2017 A, R 39, NF A 50-411, 50 × 3 500, NF A 50-704

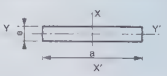


Surplats mm	12	14	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	28	29	32
Section mm²	124	169	221	250	280	312	346	381	419	458	541	585	679	728	886
Masse kg/m	0,337	0,458	0,599	0,676	0,758	0,844	0,935	1,031	1,132	1,237	1,461	1,581	1,833	1,966	2,394
Tolérances	$0_{-0,70}$										$0_{-0,80}$				
Surplats mm	35	36	38	40	42	46	50	54	56	58	63	67	70	71	77
Section mm²	1 060	1 122	1 251	1 396	1 528	1 833	2 165	2 525	2 716	2 913	3 437	3 888	4 244	4 366	5 135
Masse kg/m	2,864	3,030	3,376	3,741	24,125	4,948	32,67	38,88	42,19	52,92	69,12	87,48	108,0	130,68	168,75
Tolérances	± 0,60				± 0,70				± 0,80				± 0,90	± 1,50	

6.21.4. Méplats filés NF A 50-705

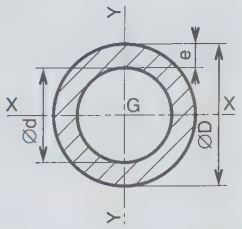
Nota : Caractéristiques mécaniques : voir 6.18.

Désignation : Méplat filé, R 20, NF A 50-411, 80 × 10 × 4 000, NF A 50-705



	Larg. a	5	6	8	10	12	15	18	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160	180	200	
Épais.	2																				± 0,20
	2,5																				
	3																				
	4																				
	5																				
	6																				
	8																				
	10																				
	12																				± 0,30
	15																				
	20																				
	25																				
	30																				
	40																				± 0,40
	50																				± 0,55
	60																				
	80																				
	100																				± 0,75
	Tolér.	± 0,20						± 0,30			± 0,45		± 0,60		± 0,75		± 0,95	± 1,20			

6.21.5. Tubes de section circulaire filés NF A 50-711



D mm	Épais. e mm	Section cm²	Masse kg/m	Moment quadratique I cm⁴	Module de flexion I/V cm³	Module de torsion J cm³	Rayon de giration r cm	Tolérances sur ∅ D	Tolérances en % sur e
20	2,0	1,131	0,305	0,464	0,464	0,927	0,640	± 0,20	± 9
22	2,0	1,257	0,339	0,635	0,577	1,154	0,711	± 0,20	± 9
25	2,0	1,445	0,390	0,963	0,770	1,541	0,816	± 0,20	± 9
	2,5	1,767	0,477	1,132	0,906	1,811	0,800		± 8
30	2,0	1,759	0,475	1,733	1,155	2,311	0,992	± 0,25	± 9
	5,0	3,927	1,060	3,191	2,127	4,254	0,901		± 7
32	2,0	1,885	0,509	2,130	1,331	2,662	1,063		± 9
	2,5	2,317	0,626	2,538	1,587	3,173	1,047		± 8
35	2,0	2,073	0,560	2,833	1,619	3,238	1,169		± 9
	5,0	4,712	1,272	5,449	3,114	6,227	1,075		± 7
36	2,0	2,136	0,577	3,098	1,721	3,442	1,204		± 9
	2,5	2,631	0,710	3,711	2,062	4,124	1,188		± 8
40	2,0	2,388	0,645	4,322	2,161	4,322	1,345	± 0,30	± 9
	2,5	2,945	0,795	5,200	2,600	5,200	1,329		± 8
	5,0	5,498	1,484	8,590	4,295	8,590	1,250		± 7
	10,0	9,425	2,545	11,781	5,890	11,781	1,118		± 7
45	2,5	3,338	0,901	7,563	3,361	6,722	1,505		± 8
	5,0	6,283	1,696	12,763	5,672	11,345	1,425		± 7
	10,0	10,996	2,969	18,211	8,094	16,188	1,287		± 7
50	2,5	3,731	1,007	10,551	4,220	8,441	1,682		± 8
	5,0	7,069	1,909	18,113	7,245	14,491	1,601		± 7
	10,0	12,566	3,393	26,704	10,681	21,363	1,458		± 7
55	5,0	7,854	2,121	24,789	9,014	18,028	1,777		
	10,0	14,137	3,817	37,552	13,655	27,310	1,630		
60	5,0	8,639	2,333	32,938	10,979	21,958	1,953		
	10,0	15,708	4,241	51,051	17,017	34,034	1,803		
65	5,0	9,425	2,545	42,706	13,140	26,281	2,129		
	10,0	17,279	4,665	67,495	20,768	41,535	1,976	± 0,40	
70	5,0	10,210	2,757	54,242	15,498	30,995	2,305		
	10,0	18,850	5,089	87,179	24,908	49,817	2,151		
	20,0	31,416	8,482	113,883	32,538	65,076	1,904		± 7
75	5,0	10,996	2,969	67,692	18,051	36,102	2,481		
	10,0	20,420	5,513	110,398	29,439	58,879	2,325		
80	5,0	11,781	3,181	83,203	20,801	41,602	2,658		
	10,0	21,991	5,938	137,445	34,361	68,722	2,500		
	20,0	37,699	10,179	188,496	47,124	94,248	2,236		
85	10,0	23,562	6,362	168,615	39,674	79,348	2,675		
90	5,0	13,352	3,605	121,000	26,889	53,778	3,010		
	10,0	25,133	6,786	204,204	45,379	90,757	2,850	± 0,50	
	20,0	43,982	11,875	291,383	64,752	129,503	2,574		
95	10,0	26,704	7,210	244,504	51,475	102,949	3,026		
100	5,0	14,923	4,029	168,812	33,762	67,525	3,363		
	10,0	28,274	7,634	289,812	57,962	115,925	3,202		
	20,0	50,265	13,572	427,257	85,451	170,903	2,915		

Désignation : Tube filé 6061, R 26, NF A 50-411, 120 × 6 × 3 000, NF A 50-711.

6.22. Profilés en plastiques : sections courantes

Données

Ronds pleins

Poids en kg/m. Chiffres gras : standard. Chiffres maigres : sur commande.
Les longueurs standard sont comprises entre 1 et 3 m.

Ø mm	PA Nylon	PVC	PE hd 80	PE hd 500	PE hd 1000	PP	PVDF	PA 11 Rilsan	POM Delrin	PTFE Telfon	PF Céloron
5	0,022								0,030		
6	0,032	0,040							0,043	0,065	
8	0,058	0,080	0,050			0,05		0,030	0,077	0,115	0,071
10	0,090	0,120	0,080			0,08	0,15	0,056	0,120	0,185	0,111
12	0,130	0,180	0,120			0,11	0,22	0,087	0,173	0,265	0,160
14	0,176							0,127		0,355	
15	0,202	0,270	0,180	0,180		0,17	0,34		0,270	0,410	
16	0,230	0,310							0,308	0,465	0,251
18	0,292	0,380	0,260			0,25	0,55	0,224	0,389	0,580	
20	0,360	0,480	0,320	0,320	0,32	0,31			0,411	0,730	0,500
22	0,436						0,93	0,350	0,502	0,980	
25	0,562	0,750	0,500		0,49	0,48			0,751	1,130	0,750
28	0,706							0,550	0,942		
30	0,810	1,070	0,710	0,710	0,71	0,68	1,32		1,080	1,640	1,000
35	1,102	1,450	0,970			0,93	1,80	0,790	1,470	2,210	1,400
40	1,440	1,890	1,260	1,260	1,25	1,21	2,35	1,070	1,920	2,900	1,700
45	1,822	2,400	1,600			1,54	2,98	1,400	2,430	3,650	
50	2,250	2,940	1,980	1,980	1,96	1,90	3,66	1,770	3,010	4,510	2,790
55	2,710	3,570	2,390			2,30		2,190			
60	3,220	4,250	2,850	2,850	2,82	2,73	5,27	2,650	3,630	6,700	3,820
65	3,710	4,980	3,330			3,90		3,150	4,330		4,500
70	4,320	5,770	3,860	3,860	3,82	3,70	7,14	3,700	5,080	8,850	5,460
75	5,040	6,610	4,460			4,27		4,290	5,830		
80	5,900	7,510	5,060	5,060	5,00	4,84	9,36	4,920	6,760	11,500	7,130
90	7,500	9,510	6,400	6,400	6,34	6,13	11,80	5,600	7,700	14,300	
95								7,080	9,730		9,700
100	9,300	11,200	7,900		7,80	7,60	14,60			17,600	11,200
110	11,200	14,200	9,600		9,50	9,20	17,80	8,740	12,020	21,600	13,000
120	13,400	16,900	11,400	11,400	11,30	10,90	22,90	10,250	14,360	25,500	15,700
125			12,400					13,300		27,300	
130	13,900	19,800	13,300		13,20	12,80			17,900	29,300	17,800
135								14,400			
140	18,600	23,400	15,500	15,500	15,40	14,90	28,80		30,500	36,000	21,000
150	21,000	26,400	17,800	17,800	17,60	17,00	33,00			42,000	
155								19,300	27,000		28,200
160	24,500		20,300	20,300	20,10	19,40	37,60			46,000	
170			22,900	22,900		21,90	42,40		32,700	51,500	
175	27,600										30,500
180		38,000	25,700			24,60	47,60	21,400	37,100	57,500	
190											
195											39,200
200	38,700	47,400	31,800	31,800	31,50	30,50	51,70	35,000	48,100	71,000	
220											50,000
225	48,500		40,000			38,30					
250	59,500		49,300	49,300	49,30	47,20	91,40				
275	70,400										
300			70,800	70,800	70,80	67,80	131,40				
350			96,000			92,00	179,00				
400			125,000			120,00	233,00				
500						184,00	365,00				

Ébauches creuses

Section en mm et poids en kg/m.
Les longueurs standard sont comprises entre 1 et 3 m.

PA (Nylon)

Ø × Ø ext. int.	kg/m	Ø × Ø ext. int.	kg/m	Ø × Ø ext. int.	kg/m	Ø × Ø ext. int.	kg/m
40 × 30	0,63	80 × 40	4,62	120 × 50	10,71	225 × 120	32,6
50 × 30	1,44	80 × 50	3,51	120 × 60	9,70	225 × 160	22,5
50 × 30	0,81	80 × 60	2,52	120 × 80	7,20	250 × 200	20,3
60 × 30	2,43	90 × 40	5,85	130 × 60	11,97	275 × 120	55,1
60 × 40	1,80	90 × 45	5,47	140 × 60	14,40	275 × 160	45,0
60 × 45	1,42	90 × 50	5,04	150 × 50	18,00	275 × 200	32
60 × 50	0,99	90 × 60	4,05	150 × 60	17,01	300 × 120	68
70 × 30	3,60	100 × 40	7,56	150 × 80	14,74	300 × 200	45
70 × 40	2,97	100 × 50	6,75	175 × 80	21,80		
70 × 45	2,59	100 × 60	5,76	200 × 120	23,04		
70 × 50	2,16	100 × 80	3,24	200 × 160	12,96		
80 × 30	4,95	110 × 40	9,45	225 × 80	39,80		

PVC (gris et ivoire)

Ø × Ø ext. int.	kg/m	Ø × Ø ext. int.	kg/m	Ø × Ø ext. int.	kg/m	Ø × Ø ext. int.	kg/m
50 × 25	2,36	90 × 25	8,95	120 × 60	13,50	150 × 80	20,0
60 × 30	3,38	100 × 30	10,90	130 × 50	17,50	160 × 100	20,0
80 × 40	5,78	100 × 70	6,80	130 × 90	11,70		
70 × 50	5,10	110 × 50	11,80	150 × 70	22,10		

7. Visserie et boulonnerie



Banque de **DONNÉES** | Guide de **CHOIX** | Données dans **CD Rom**

7.1. Les profils des filetages 204
- 7.1.1. Filetages métriques à filet triangulaire profil ISO 204
- 7.1.2. Filetage trapézoïdal symétrique 206
- 7.1.3. Filetages pour tuyauterie dits « gaz » 208
- 7.1.4. Autres filetages existants pour des applications particulières 210

7.2. Les filetages 211
- 7.2.1. Représentation des éléments filetés 211
- 7.2.2. Trous de passage des vis à métaux 212
- 7.2.3. Chambrages et lamages 212
- 7.2.4. Fraisures 213
- 7.2.5. Arrondis sous tête 213
- 7.2.6. Longueurs de boulonnerie 213
- 7.2.7. Implantation des vis et des goujons 214
- 7.2.8. Désignation des classes de qualité 214
- 7.2.9. Couples de serrage et efforts de traction recommandés pour boulons normalisés 217
- 7.2.10. Marquage des vis et des goujons 218
- 7.2.11. Marquage des écrous 218
- 7.2.12. Désignation des produits filetés 218

7.3. Vis et boulons 219
- 7.3.1. Choix des modes d'entraînement 219
- 7.3.2. Inventaire des principales vis 220
- 7.3.3. Inventaire des principaux boulons 223
- 7.3.4. Inventaire des principales vis à tôle 224

7.4. Écrous 225
- 7.4.1. Inventaire des principaux écrous d'usage courant 225
- 7.4.2. Inventaire des principaux écrous dédiés au freinage 226
- 7.4.3. Inventaire des principaux écrous spéciaux 227

7.5. Rondelles et freins d'écrous 228
- 7.5.1. Choix d'une rondelle pour un assemblage 228
- 7.5.2. Inventaire des principales rondelles et freins d'écrous 229

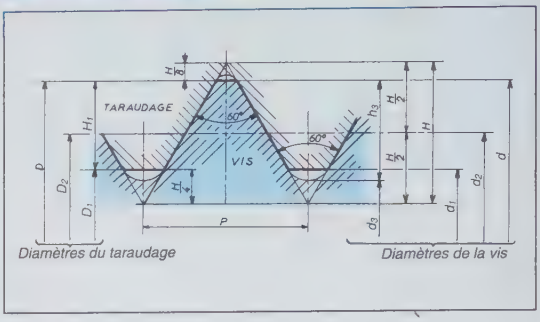
7.6. Visserie spéciale 231
- 7.6.1. Vis, anneaux, écrous, rondelles 231
- 7.6.2. Autres éléments d'assemblage 231

7.7. Dimensionnement d'éléments d'assemblage 232
- 7.7.1. Vis hexagonales et carrées 232
- 7.7.2. Vis à tête fraisée 233
- 7.7.3. Vis à tête fraisée à 6 pans creux 234
- 7.7.4. Vis à tête cylindrique à 6 pans creux 234
- 7.7.5. Vis à tête cylindrique fendue 235
- 7.7.6. Vis à tête cylindrique ou ronde à empreinte cruciforme 236
- 7.7.7. Vis à tête hexagonale fendue 236
- 7.7.8. Vis à tête cylindrique ou ronde à 6 lobes internes 237
- 7.7.9. Vis sans tête à 6 pans creux 238
- 7.7.10. Vis à métaux pour vérin à vis 239
- 7.7.11. Vis de réglage. Vis de blocage sans tête 239
- 7.7.12. Goujons 240
- 7.7.13. Tiges filetées 240
- 7.7.14. Écrous hexagonaux 241
- 7.7.15. Écrous hexagonaux à embase ou à rondelle incorporée 241
- 7.7.16. Écrous carrés 242
- 7.7.17. Écrous à portée sphérique et écrous borgnes 242
- 7.7.18. Écrous à créneaux 242
- 7.7.19. Écrous spéciaux 243
- 7.7.20. Écrous à encoches 243
- 7.7.21. Écrous autofreinés 244
- 7.7.22. Rondelles plates 245
- 7.7.23. Rondelles à dents chevauchantes 245
- 7.7.24. Rondelles à dents chevauchantes (autres types) 246
- 7.7.25. Rondelles d'étanchéité 247
- 7.7.26. Rondelles de contact 247
- 7.7.27. Rondelles coniques de serrage 248
- 7.7.28. Rondelles grower 249
- 7.7.29. Cales obliques pour poutrelles 249
- 7.7.30. Rondelles frein pour écrous à encoches 250

7.1. Les profils des filetages

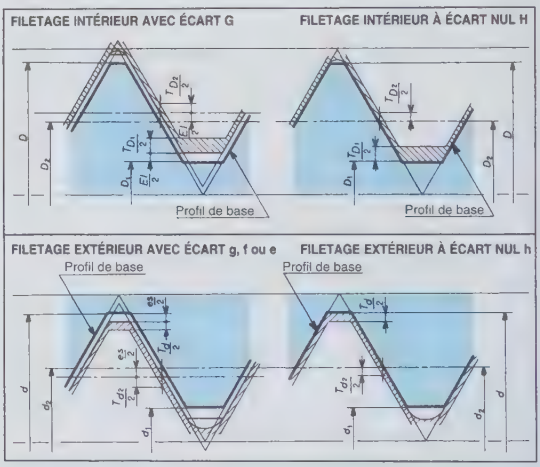
7.1.1. Filetages métriques à filet triangulaire profil ISO NF E 03-001/ISO 68

P = pas NF E 03-001	
Diamètre nominal	D = d
Hauteur du filetage	H = 0,866 P
Diamètre sur flanc	$D_2 = d_2 = d - 3/4\ h = d - 0{,}6495\ P$
Diamètre intérieur du taraudage	$D_1 = d_1 = d_2 - 2\ (H/2 - H/4) = d - 1{,}0825\ P$
Diamètre intérieur du filetage	$d_3 = d_2 - 2\ (H/2 - H/6) = d - 1{,}2268\ P$
Hauteur utile du filetage	$H_1 = \frac{D - D_1}{2} = 0{,}5412\ P$
Hauteur du filet de la vis	$h_3 = \frac{d - d_3}{2} = 0{,}6134\ P$
Rayon à fond de filet	$r_f = \frac{H}{6} = 0{,}1443\ P$
Rayon à fond de taraudage	$r_f = \frac{H}{12} = 0{,}07215\ P$



Le tracé en trait fort est celui du profil de base à partir duquel sont définis les profils de la vis et du taraudage et leurs tolérances.

La forme, généralement arrondie (r_f et r_f) et la profondeur du vide à fond de filet de la vis et du taraudage (H/4 et H/8) ne sont pas imposées.



Tolérances des filetages ISO NF E 03-050 à 055

Comme pour les pièces lisses, il existe un système de tolérance de filetage composé de lettres donnant la position de l'écart par rapport au profil théorique de base et composé de chiffres fixant la valeur de l'intervalle de tolérance admis.
Ces tolérances portent :
– sur les diamètres sur flancs :
- d_2 pour les vis,
- D_2 pour les écrous ;
– sur les diamètres sur sommet de filetage :
- d pour la vis,
- D_1 pour les écrous.

Désignation des intervalles de tolérance NF E 03-051

– T_{d2} : sur diamètre sur flanc de la vis (d_2) ;
– T_{D2} : sur diamètre sur flanc de taraudage (D_2) ;
– T_d : sur diamètre extérieur de la vis (d) ;
– T_{D1} : sur diamètre intérieur du taraudage (D_1).
Pour les taraudages, deux positions d'intervalles de tolérance sont prévues : H et G.
Pour les filetages, quatre positions d'intervalles de tolérance sont prévues : g, f, e ou h.
La valeur des intervalles de tolérance est définie par un numéro (voir tableau ci-contre).

Tolérances		Numéro de tolérance utilisable						
Sur flancs	T_{d2}	3	4	5	6	7	8	9
	T_{D2}	-	4	5	6	7	8	-
Sur diamètre extérieur (vis)	T_d	-	4	-	6	-	8	-
Sur diamètre intérieur (écrou)	T_{D1}	-	4	5	6	7	8	-

Classes de tolérance recommandées NF E 03-051

Les classes de tolérance recommandées sont fonction :
– de la qualité d'exécution du filetage,
– de la longueur en prise de l'assemblage fileté.

Longueur en prise dite « normale »

$$2{,}24\ P\ .\ d^{0,2} < L < 6{,}7\ P\ .\ d^{0,2}$$

P : pas en mm
d : diamètre nominal en mm

Qualité d'exécution du filetage	Filetage	Longueur de filetage en prise		
		courte	normale	longue
Fine	Intérieur	4H	4H 5H	6H
	Extérieur	3h 4h	4h	5h 4h
Moyenne	Intérieur	5H	6H	7H
	Extérieur	5g 6g	6g	7g 6g
		5h 6h	6h	7h 6h
Grossière	Intérieur	-	7H	8H
	Extérieur	-	8g	9g 8g

Les profils des filetages (suite)

Valeurs des écarts et intervalles

Les normes NF E 03-051/053/054/055 donnent les valeurs retenues pour les écarts.

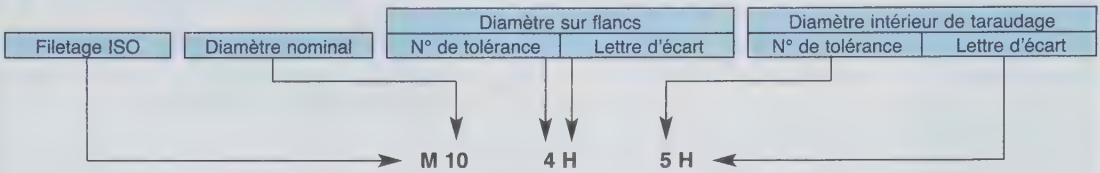
La norme NF E 03-052 donne les formules de détermination des écarts.

Bien que P soit pris en mm dans le tableau ci-contre, l'écart fondamental est donné en μm...

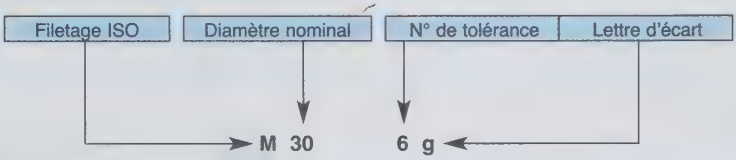
Position de l'intervalle		Écart fondamental (μm)
Écrou	G	15 + 11 P
	H	0
Vis	h	0
	g	– (15 + 11 P)
	f	– (30 + 11 P)
	e	– (50 + 11 P)

Exemple de désignation d'un filetage ISO. NF E 03-051

– Numéros de tolérances sur flanc et sur sommet différents (écrou ou taraudage)



– Numéros de tolérances sur flanc et sur sommet identiques (vis goujon filetage extérieur)



– Assemblage fileté, profil ISO (écrou/vis)

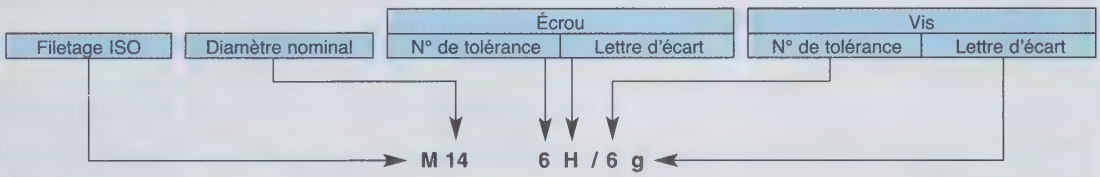
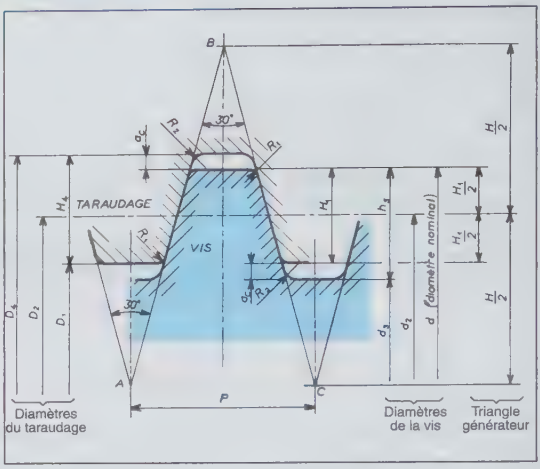


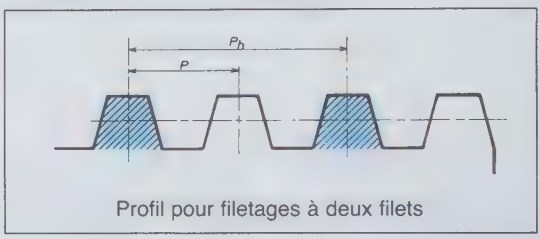
Tableau des dimensions NF E 03-014

Diamètre nominal d = D mm	Pas gros P mm	Pas fins recomm. mm	Diamètre sur flancs $D_2 = d_2$ mm	Diamètre intérieur taraudage D_1 mm	Diamètre noyau vis d_3 mm	Section résistante boulonnerie $\frac{\pi}{4}\left(\frac{d_2+d_3}{2}\right)^2$	Diamètre nominal d = D mm	Pas gros P mm	Pas fins recomm. mm	Diamètre sur flancs $D_2 = d_2$ mm	Diamètre intérieur taraudage D_1 mm	Diamètre noyau vis d_3 mm	Section résistante boulonnerie $\frac{\pi}{4}\left(\frac{d_2+d_3}{2}\right)^2$
3	0,5	-	2,675	2,459	2,387	5,03	48	5	3-1,5	44,752	42,587	41,866	1 473
4	0,7	-	3,545	3,242	3,14	8,78	52	5	3-2	48,752	46,587	45,866	1 758
5	0,8	-	4,480	4,134	4,019	14,2	56	5,5	4-2	52,428	50,046	49,252	2 030
6	1	-	5,350	4,918	4,773	20,1	60	5,5	4-2	56,428	54,046	53,252	2 362
8	1,25	1	7,188	6,647	6,466	36,6	64	6	4-2	60,103	57,505	56,639	2 676
10	1,5	1,25-0,75	9,026	8,376	8,160	58,0	68	6	4-2	64,103	61,505	6,639	3 055
12	1,75	1,25-1	10,863	10,105	9,853	84,3	72	-	6 4-2	68,103	65,505	64,639	3 460
14	2	1,5-1	12,701	11,835	15,546	115	76	-	6 4-2	72,103	69,505	68,639	3 889
16	2	1,5-1	14,701	13,835	13,546	157	80	-	6 4-2	76,103	73,505	72,639	4 344
18	2,5	1,5-1	16,376	15,294	14,933	192	85	-	6 4-2	81,103	78,505	77,639	4 948
20	2,5	1,5-1	18,376	17,294	16,933	245	90	-	6 4-2	86,103	83,505	82,639	5 591
22	2,5	1,5-1	20,376	19,294	18,933	303	95	-	6 4-2	91,103	88,505	87,639	6 273
24	3	2-1,5	22,051	20,752	20,319	353	100	-	6 4-2	96,103	93,505	92,639	6 994
27	3	2-1,5	25,051	23,752	23,319	459	105	-	6 4-2	101,103	98,505	97,639	7 755
30	3,5	2-1,5	27,727	26,211	25,706	561	110	-	6 4-2	106,103	103,505	102,639	8 555
33	3,5	2-1,5	30,727	29,211	28,706	694	115	-	6 4-2	111,103	108,505	107,639	9 395
36	4	3-1,5	33,402	31,660	31,092	817	120	-	6 4-2	116,103	113,505	112,639	10 273
39	4	3-1,5	36,402	34,670	34,092	976	125	-	6 4-2	121,103	118,505	117,639	11 191
42	4,5	3-1,5	39,077	37,129	36,479	1 121	130	-	6 4-2	126,103	123,505	122,639	12 148
45	4,5	3-1,5	42,077	40,129	39,479	1 306	140	-	6 4-2	136,103	133,505	132,639	14 181
							150	-	6 4-2	146,103	143,505	142,639	16 370

7.1.2. Filetage trapézoïdal symétrique NF E 03-615/616/617

P = pas NF E 03-615	
Diamètre nominal (diamètre extérieur vis)	d
Hauteur du triangle de définition	$H = 1{,}866\ P$
Hauteur du filetage en contact	$H_1 = 0{,}5\ P$
Vide à fond de filet	a_c
Hauteur filetage de la vis	$h_3 = H_1 + a_c = 0{,}5\ P + a_c$
Hauteur filetage de l'écrou	$H_4 = H_1 + a_c = 0{,}5\ P + a_c$
Diamètre sur flancs	$D_2 = d_2 = d - \frac{H_1}{2} = d - 0{,}5\ P$
Diamètre noyau de la vis	$d_3 = d - 2h_3 = d - P - 2\ a_c$
Diamètre intérieur écrou (sommet taraudage)	$D_1 = d - 2\ H_1 = d - P$
Diamètre extérieur écrou (fond taraudage)	$D_4 = d + 2\ a_c$
Rayon au sommet	$R_{1max} = 0{,}5\ a_c$
Rayon de raccordement aux fonds de filets	$R_{2max} = a_c$





Profil pour filetages à deux filets

Définition des pas

P_h : pas hélicoïdal (avance axiale par tour)
P : pas du profil
– vis à un seul filet : $P_h = P$
– vis à n filets : $P_h = n \times P$

Valeur du vide à fond de filet

(a_c en fonction de P)

P (mm)	1,5	2 à 5	6 à 12	14 à 40
a_c (mm)	0,15	0,25	0,5	1

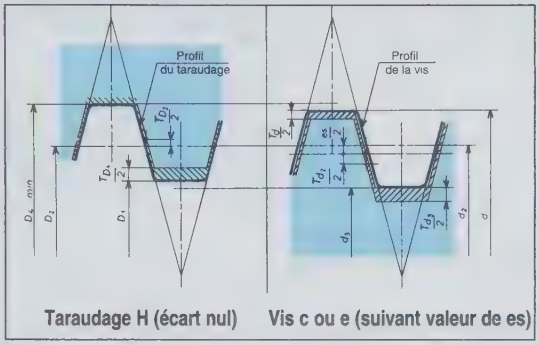
Valeurs des pas recommandés en fonction du diamètre nominal. NF E 03-616

Diamètre nominal (mm)		Pas P du profil (mm)													
		1,5	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	32	40
8	9	x													
10	11	x	x												
12	14	x	x												
16	18		x	x											
20	22		x	x	x										
25	28			x	x	x									
32	36				x	x	x								
40	45				x		x	x							
50	56					x		x	x						
63	70					x		x		x					
80	90					x			x		x				
100	110						x			x		x			
125	140						x			x		x			
160	180							x			x		x		
200	220								x			x		x	
250	280									x			x		x
320										x			x		x

Notes : – Le tableau ci-dessus est valable aussi bien pour les vis à un seul filet que pour les vis à plusieurs filets.
– Les filetages à un seul filet du tableau ci-dessus sont en principe irréversibles.

Tolérances des filetages trapézoïdaux symétriques NF E 03-617

– Pour les taraudages, une seule position d'intervalle de tolérance est prévue : H.
– Pour les filetages, deux positions d'intervalle de tolérance sont prévues : c ou e.



Taraudage H (écart nul) Vis c ou e (suivant valeur de es)

Classes de tolérances recommandées NF E 03-617

Longueurs en prise : le choix de la classe de tolérance étant fonction de la longueur en prise de l'assemblage fileté, il est prévu deux catégories :
– longueurs dites « normales », symbole N, dont les valeurs sont données dans le tableau ci-dessous ;
– longueurs dites « longues », symbole L, dont les valeurs sont supérieures aux précédentes.

	Taraudage		Vis	
Longueur en prise	Normal N	Longueur L	Normal N	Longueur L
Qualité moyenne	7H	8H	7e	8e
Qualité grossière	8H	9H	8c	9c

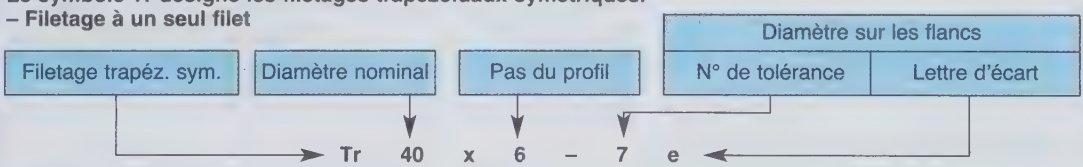
Valeurs des longueurs en prise dites « normales » NF E 03-617

Diamètre nominal d		Pas du profil P	Longueur en prise nominale (mm)	
<	≤		<	≤
5,6	11,2	1,5	5	15
		2	6	19
11,2	22,4	1,5	6	18
		2	8	24
		3	11	32
		4	15	43
22,4	45	3	12	36
		4	18	54
		5	21	63
		6	25	75
		8	34	100
45	90	5	26	78
		8	38	118
		10	50	140
		12	60	170
		16	75	236
90	180	6	36	106
		8	45	132
		12	67	200
		16	90	265
		20	112	335
		24	132	400
180	350	10	69	205
		12	75	224
		20	137	410
		24	150	450
		32	200	600
		40	273	820

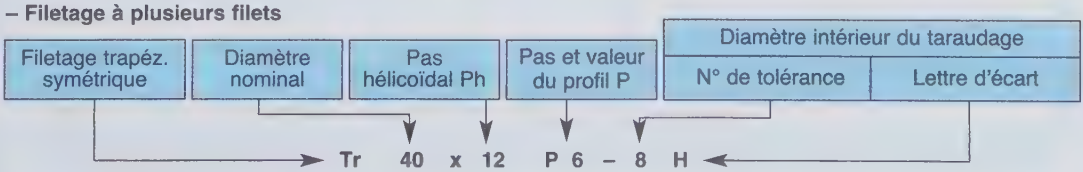
Exemples de désignation d'un filetage trapézoïdal symétrique NF E 03-616

Le symbole Tr désigne les filetages trapézoïdaux symétriques.

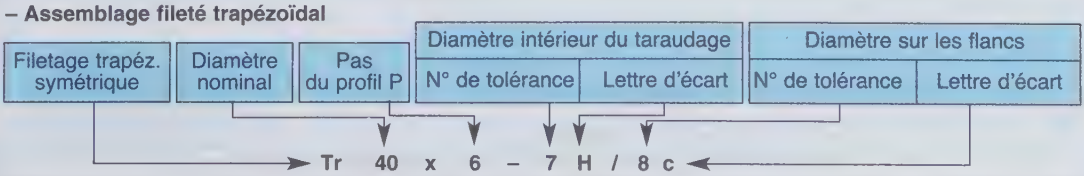
– Filetage à un seul filet



– Filetage à plusieurs filets



– Assemblage fileté trapézoïdal



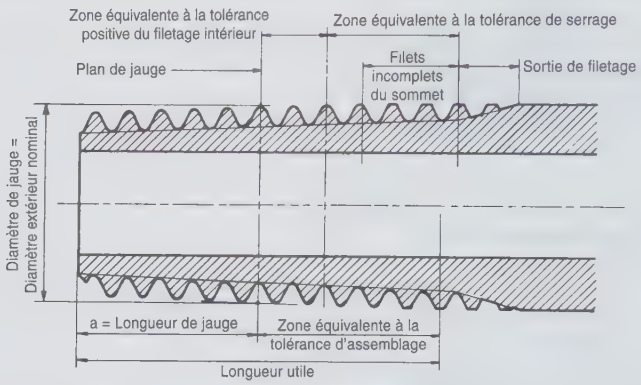
7.1.3. Filetages pour tuyauterie dits « gaz » NF E 03-004/005

Deux types de filetages pour tuyauterie dits « gaz » :
- Filetages avec étanchéité NF E 03-004 - ISO 7,
- Filetages sans étanchéité NF E 03-005 - ISO 228.

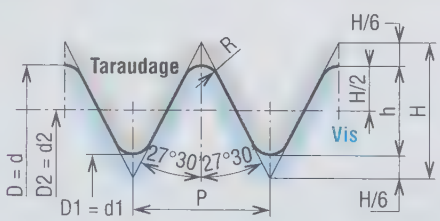
Bien que ces deux profils de filetage intérieur cylindrique soient identiques, ils diffèrent cependant par la tolérance diamétrale TD_2.

Profil des filetages pour tuyauterie avec étanchéité dans le filet NF E 03-004

Longueurs du filetage extérieur conique

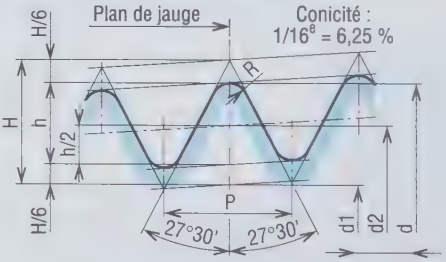


Filetage intérieur cylindrique



H = 0,960 491 P
h = 0,640 327 P
R = 0,137 329 P

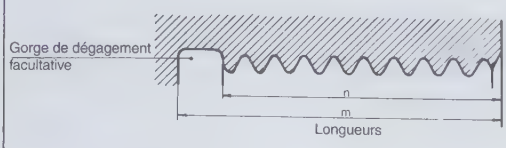
Filetage extérieur conique



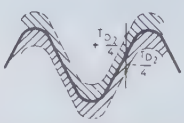
H = 0,960 237 P
h = 0,640 327 P
R = 0,137 278 P

diamètres dans le plan de jauge

Longueurs du filetage intérieur cylindrique



Tolérances diamétrales $\pm \frac{TD2}{2}$ (sur flancs et sur sommets)



- La longueur filetée (n) doit être égale, dans tous les cas, à 80 % de la somme (a_{min} + 1).
- La longueur (m) doit être au moins égale à la somme (a_{max} + 1).

$n \geq 0{,}8\ (a_{min} + 1)$

$m \geq a_{max} + 1$

Les profils des filetages (suite)

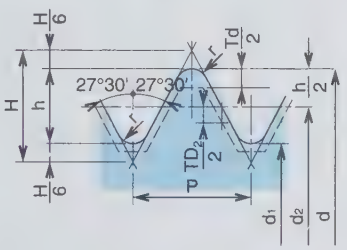
Désignation des filetages pour tuyauterie avec étanchéité dans les filets NF E 03-004

Filetage intérieur cylindrique

Filetage intérieur cylindrique (tuyauterie avec étanchéité)	Dénomination	Norme de référence
R p	2 1/2,	NF E 03-004
Filetage extérieur conique (tuyauterie avec étanchéité)		
R	2 1/2,	NF E 03-004

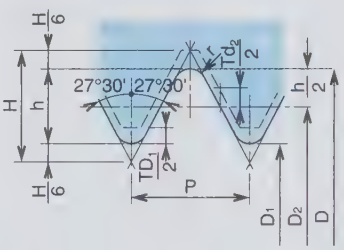
Profil des filetages pour tuyauterie sans étanchéité dans le filet NF E 03-005

Filetage intérieur cylindrique



H = 0,960 491 P
h = 0,640 327 P
r = 0,137 329 P

Filetage extérieur cylindrique



Désignation des filetages pour tuyauterie sans étanchéité des filets NF E 03-005

Filetage intérieur cylindrique

Filetage intérieur cylindrique (tuyauterie sans étanchéité)	Dénomination	Norme de référence
G	2 1/2,	NF E 03-005

Filetage extérieur cylindrique (tuyauterie sans étanchéité)	Dénomination	Classe de tolérance A ou B	Norme de référence
G	2 1/2 A,		NF E 03-005

Les profils des filetages (suite)

Dimensions et tolérances pour filetages avec ou sans étanchéité NF E 03-004/005

Concernant les filetages extérieurs sans étanchéité, il existe deux classes de tolérance sur le diamètre à flancs de filet :
– classe A : écart entièrement négatif, égal à la valeur de l'écart sur le filetage intérieur ;
– classe B : écart entièrement négatif, valeur double de celui de la classe A.

Dénomination	Profil						Filetage avec étanchéité dans le filet					Filetage sans étanchéité dans le filet				
	Pas	Nombre de filets dans 25,4	Profondeur	Diamètres (Pris dans le plan de jauge pour le filetage extérieur conique)			Filetage extérieur conique				Filetage intérieur cylindrique	Filetage extérieur cylindrique Tolérances (écarts supérieurs nuls) écarts inférieurs (mm)			Filetage intérieur cylindrique Tolérances (écarts inférieurs nuls) écarts supérieurs (mm)	
				ext.	sur flancs	du noyau	longueur de jauge a (mm)			(mm)	Tolérances diamétrales sur flancs (mm)	sur flancs Td_2		sur sommets	sur flancs	sur sommets
	P (mm)		h (mm)	D = d (mm)	$D_2 = d_2$ (mm)	$D_1 = d_1$ (mm)	nom.	min.	max.	l min.	$\pm \frac{TD_2}{2}$	Classe A	Classe B	TD	TD_2	TD_1
1/16	0,907	28	0,581	7,723	7,142	6,561	3,970	3,063	4,877	2,5	± 0,071	– 0,107	– 0,214	– 0,214	+ 0,107	+ 0,282
1/8	0,907	28	0,581	9,728	9,147	8,566	3,970	3,063	4,877	2,5	± 0,071	– 0,107	– 0,214	– 0,214	+ 0,107	+ 2,282
1/4	1,337	19	0,856	13,157	12,301	11,445	6,012	4,675	7,349	3,7	± 0,104	– 0,125	– 0,250	– 0,250	+ 0,125	+ 0,445
3/8	1,337	19	0,856	16,662	15,806	14,950	6,350	5,013	7,687	3,7	± 0,104	– 0,125	– 0,250	– 0,250	+ 0,125	+ 0,445
1/2	1,814	14	1,162	20,955	19,793	18,631	8,164	6,350	9,978	5,0	± 0,142	– 0,142	– 0,284	– 0,284	+ 0,142	+ 0,541
5/8	1,814	14	1,162	22,911	21,749	20,587						– 0,142	– 0,284	– 0,284	+ 0,142	+ 0,541
3/4	1,814	14	1,162	26,441	25,279	24,117	9,525	7,711	11,399	5,0	± 0,142	– 0,142	– 0,284	– 0,284	+ 0,142	+ 0,541
7/8	1,814	14	1,162	30,201	29,039	27,877						– 0,142	– 0,284	– 0,284	+ 0,142	+ 0,541
1	2,309	11	1,479	33,249	31,770	30,291	10,391	8,082	12,700	6,4	± 0,180	– 0,180	– 0,360	– 0,360	+ 0,180	+ 0,640
11/8	2,309	11	1,479	37,897	36,418	34,939						– 0,180	– 0,360	– 0,360	+ 0,180	+ 0,640
11/4	2,309	11	1,479	41,910	40,431	38,952	12,700	10,391	15,009	6,4	± 0,180	– 0,180	– 0,360	– 0,360	+ 0,180	+ 0,640
11/2	2,309	11	1,479	47,803	46,324	44,845	12,700	10,391	15,009	6,4	± 0,180	– 0,180	– 0,360	– 0,360	+ 0,180	+ 0,640
13/4	2,309	11	1,479	53,746	52,267	50,788						– 0,180	– 0,360	– 0,360	+ 0,180	+ 0,640
2	2,309	11	1,479	59,614	58,135	56,656	15,875	13,566	18,184	7,5	± 0,180	– 0,180	– 0,360	– 0,360	+ 0,180	+ 0,640
21/4	2,309	11	1,479	65,710	64,231	62,752						– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640
21/2	2,309	11	1,479	75,184	73,703	72,226	17,463	14,000	20,926	9,2	± 0,217	– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640
23/4	2,309	11	1,479	81,534	80,055	78,576						– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640
3	2,309	11	1,479	87,884	86,405	84,926	20,638	17,175	24,101	9,2	± 0,217	– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640
31/2	2,309	11	1,479	100,330	98,851	97,372	22,225	18,762	25,668	9,2	± 0,217	– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640
4	2,309	11	1,479	113,030	111,551	110,072	25,400	21,937	28,863	10,4	± 0,217	– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640
41/2	2,309	11	1,479	125,730	124,251	122,772						– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640
5	2,309	11	1,479	138,430	136,951	135,472	28,575	25,112	32,038	11,5	± 0,217	– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640
51/2	2,309	11	1,479	151,130	149,651	148,172						– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640
6	2,309	11	1,479	163,830	162,351	160,872	28,575	25,112	32,038	11,5	± 0,217	– 0,217	– 0,434	– 0,434	+ 0,217	+ 0,640

7.1.4. Autres filetages existants pour des applications particulières

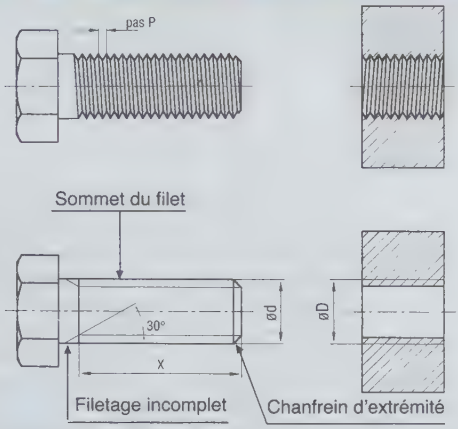
Filetages	Normes des références	Symbole du profil	Normes de calibres	Applications
Miniature ISO	NF E 03-501 à 504	S	-	Petite mécanique
À filet rond	NF F 00-016/032	Rd	NF F 00-017	Attelages de wagons SNCF
Trapézoïdal asymétrique	NF E 03-611	ART	-	Type artillerie
Raccords de sortie gaz	NF E 29-652 à 660	-	-	Robinets bouteilles de gaz
Cônes d'assemblage gaz	NF E 29-671 à 684	-	NF E 29-673 à 685	Robinets bouteilles de gaz
Canalisations électriques	NF C 68-190, C 63-021/022	N° conduit, CM, CM	NF C 68-190	Raccords et accessoires
Valves pour pneumatiques	NF E 87-012	alphanumérique (SV1B)	NF E 03-151 à 154	Raccords et accessoires

7.2. Les filetages

NF E 04-012
ISO 6410

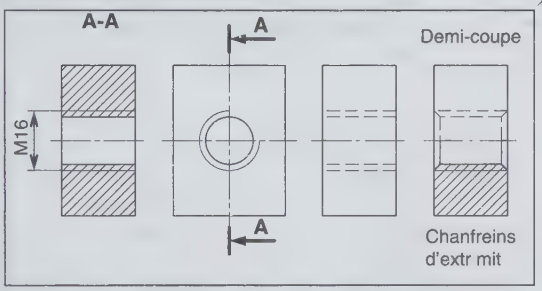
Données

7.2.1. Représentation des éléments filetés

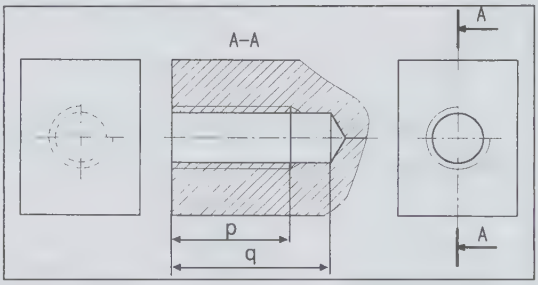


Un élément fileté est défini par son diamètre nominal, **d** pour une tige filetée, **D** pour un trou taraudé et **p** pour le pas du filetage.
Pour simplifier la représentation :
– le **sommet du filet** est représenté en **trait continu fort**,
– le **fond du filet** est représenté en trait continu fin,
– la **fin du filetage** est représentée par un **trait continu fort**,
– les **filets incomplètement formés** sont représentés par un **trait fin incliné à 30°** par rapport au contour apparent,
– les vis dont le filetage est usiné présentent un chanfrein, ce qui n'est pas le cas pour les vis « roulées » (mode d'obtention).

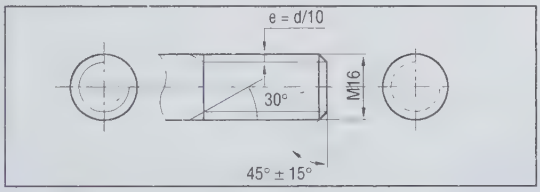
Trou taraudé débouchant



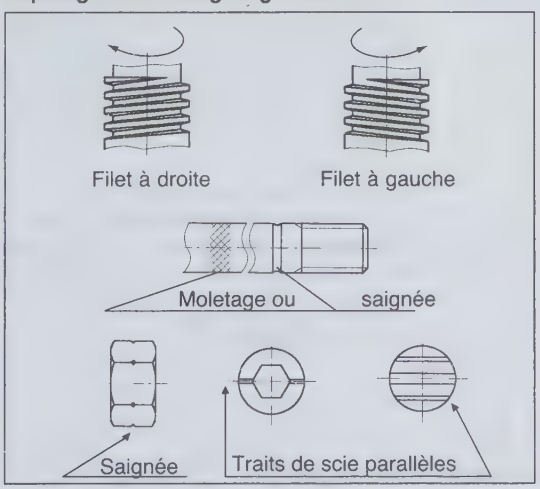
Trou taraudé borgne



Tige filetée

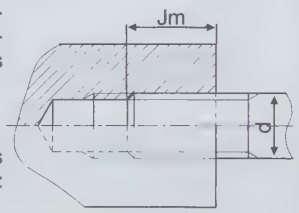


Repérage d'un filetage à gauche



Assemblage d'éléments filetés

Les filetages extérieurs cachent toujours les filetages intérieurs.
Dans l'acier :
Jm = d.
Dans la fonte et les alliages de cuivre :
Jm = 1,5 d.
Dans l'aluminium et ses alliages :
Jm = 2 d.

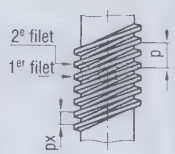


Vis à plusieurs filets

px : pas axial
p : pas de l'hélice du filet

p = N . px

N : nb de filets

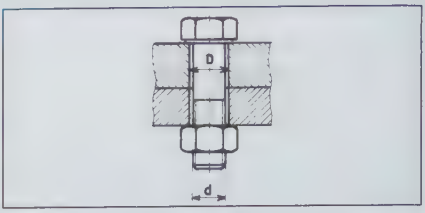


Déplacement axial par tour de vis

Déplacement/tour = N . p

7.2.2. Trous de passage des vis à métaux NF E 25-017

Diamètre nominal d	Diamètre du trou de passage D Séries fine H12	moyenne H13	large H14	Diamètre nominal d	Diamètre du trou de passage D Séries fine H12	moyenne H13	large H14
M 1	1,1	1,2	-	M 24	25	26	28
M 1,2	1,3	1,4	-	(M 27)	28	30	32
M 1,4	1,5	1,6	-	M 30	31	33	35
M 1,6	1,7	1,8	2,0	(M 33)	34	36	38
M 2	2,2	2,4	2,6	M 36	37	39	42
M 2,5	2,7	2,9	3,1	(M 39)	40	42	45
M 3	3,2	3,4	3,6	M 42	43	45	48
(M 3,5)	3,7	3,9	4,2	(M 45)	46	48	52
M 4	4,3	4,5	4,8	M 48	50	52	56
M 5	5,3	5,5	5,8	(M 52)	54	56	62
M 6	6,4	6,6	7,0	M 56	58	62	66
(M 7)	7,4	7,6	8,0	(M 60)	62	66	70
M 8	8,4	9,0	10,0	M 64	66	70	74
M 10	10,5	11,0	12,0	(M 68)	70	74	78
M 12	13	13,5	14,5	M 72	74	78	82
(M 14)	15	15,5	16,5	(M 76)	78	82	86
M 16	17	17,5	18,5	M 80	82	86	91
(M 18)	19	20	21,0	(M 85)	87	91	96
M 20	21	22	24,0	M 90	93	96	101
(M 22)	23	24	26,0	(M 95)	98	101	107

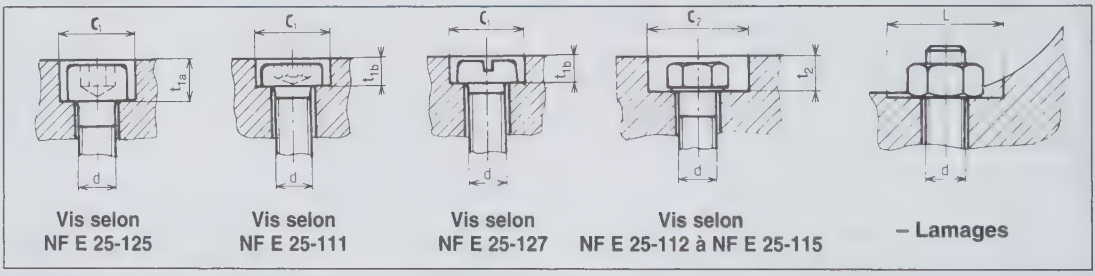


Note 1 : Si le diamètre du trou de passage est choisi dans la série fine ou moyenne, il peut y avoir des risques d'interférence entre le diamètre **D** et le rayon sous tête de la vis (voir les valeurs de $\mathbf{d}_a$ page suivante). Si ce diamètre est choisi dans la série large, ces risques sont limités à quelques diamètres d_a pour la vis de grade C. Il peut donc y avoir lieu de chanfreiner ou de rayonner le bord du trou, en particulier lorsque la pièce est plus dure que la vis.

Note 2 : L'emploi des dimensions entre parenthèses doit être évité autant que possible.

7.2.3. Chambrages et lamages NF E 25-017

– Chambrages



Vis selon NF E 25-125 | **Vis selon NF E 25-111** | **Vis selon NF E 25-127** | **Vis selon NF E 25-112 à NF E 25-115** | **– Lamages**

Diamètre nominal d	Vis à tête cylindrique C_1 mini	t_{1a} (1) mini	t_{1b} (1) mini	Vis à tête hexagonale et écrous hexagonaux s (2) nom	C_2 (3) mini	C_2	t_2 (1) mini
M 1,6	5	1,7	1,2	3,2	8,5		1,3
M 2	6	2,1	1,5	4,0	10	$C_2 = E + 1$	1,6
(M 2,5)	7	2,7	1,8	5,0	11		2,0
M 3	8	3,2	2,1	5,5	12		2,3
(M 3,5)	8	-	2,6	6,0	14		2,3
M 4	10	4,2	3,0	7,0	16,5		3,1
M 5	11	5,3	3,7	8,0	19,5	$C_2 = E + 2$	4,1
M 6	13	6,3	4,2	10	22		5,6
(M 7)	16	7,4	-	11	-		-
M 8	18	8,4	5,3	13	28,5		6,0
M 10	20	10,5	6,3	16	37	$C_2 = E + 4$	7,2
M 12	22	12,6	7,4	18	42		8,4
(M 14)	26	14,7		21	47		9,8
M 16	30	16,8		24	52		11,3
(M 18)	32	18,9		27	60		13,1
M 20	36	21,0		30	64	$C_2 = E + 6$	14,5
(M 22)	38	23,5		34	64		16,0
M 24	42	25,5		36	79		17,0
(M 27)	48	28,5		41	90		19,0
M 30	53	31,5		46	96	$C_2 = E + 10$	21,0
(M 33)	56	35,0		50	96		23,5
M 36	63	38,0		55	98		25,0

Concernant le diamètre (L) du lamage, les valeurs des diamètres de chambrage (C_1 et C_2) peuvent être reprises.

(1) Les profondeurs de chambrage t_{1a}, t_{1b} et t_2 ont été calculées pour les seules vis, de façon à garantir un jeu minimal de 5 % de la hauteur de tête entre le dessus de la tête et la surface de la pièce. Si le montage d'une rondelle est prévu, il y a lieu de majorer la profondeur du chambrage en fonction de son épaisseur.

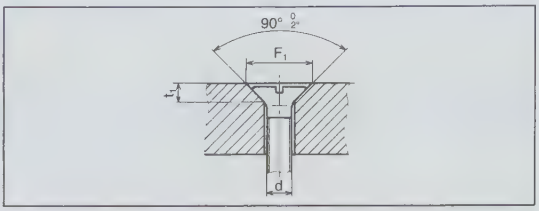
(2) s est la valeur nominale du surplat.

(3) Les dimensions de chambrage C_2 ont été calculées pour permettre le serrage avec des clés, douilles à main et douilles à machine normalisées, dont l'encombrement est défini dans les normes : NF E 74-303/363/364.

Note : L'emploi des dimensions entre parenthèses doit être évité autant que possible.

7.2.4. Fraisures NF E 25-017

Diamètre nominal d		F_1 (H13)		t_1
Vis à métaux	Vis à tôle	nom.	max.	≈
M 2	ST 2,2	4,60	4,78	1,10
(M 2,5)	-	5,75	5,93	1,40
M 3	ST 2,9	6,60	6,82	1,60
-	ST 3,5	8,60	8,82	2,30
M 4	ST 4,2	9,80	10,02	2,65
M 5	ST 4,8	10,90	11,17	2,70
-	ST 5,5	12,10	12,37	3,05
M 6	ST 6,3	13,20	13,47	3,30
M 8	ST 8,0	18,10	18,43	4,55
M 10	-	21,00	21,33	5,00
M 12	-	25,20	25,53	5,85
(M 14)	-	29,40	29,73	6,95



Afin d'intercaler une rondelle frein (NF E 27-627), il est nécessaire de tenir compte de son épaisseur.
Note : L'emploi des dimensions entre parenthèses doit être évité autant que possible.

7.2.5. Arrondis sous tête NF E 27-028

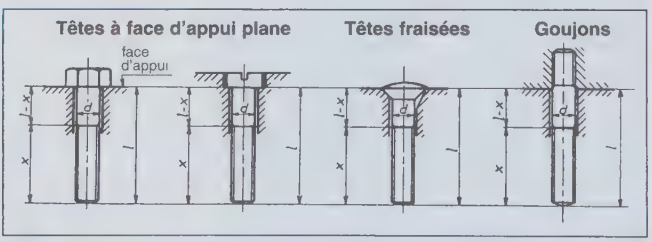
d	r min. finitions fine et semi-fine	d_a max. finition fine	d_a max. finitions semi-fine et brute	d	r min. finitions fine et semi-fine	d_a max. finition fine	d_a max. finitions semi-fine et brute
1,6	0,1	2,0		36	1	39,4	42,4
2		2,6		39		42,4	45,4
2,2		2,8		42	1,2	45,6	48,6
2,5		3,1		45		48,6	52,6
3		3,6		48	1,6	52,6	56,6
3,5		4,1		52		56,6	62,6
4	0,2	4,7		56	2	63	67
4,5		5,2		60		67	71
5		5,7	6,0	64		71	75
6	0,25	6,8	7,2	68		75	79
7		7,8	8,2	72		79	83
8	0,4	9,2	10,2	76		83	87
10		11,2	12,2	80		87	92
12	0,6	14,2	15,2	85		92	97
14		16,2	17,2	90	2,5	97	102
16		18,2	19,2	95		102	108
18		20,2	21,2	100		108	113
20	0,8	22,4	24,4	105		113	118
22		24,4	26,4	110		118	123
24		26,4	28,4	115		123	128
27	1	30,4	32,4	120		128	133
30		33,4	35,4	125		133	138
33		36,4	38,4	130		138	145



7.2.6. Longueurs de boulonnerie NF E 27-025

Longueurs filetées

Diamètres d	Valeurs de x pour longueur l		
	jusqu'à 120	de 130 à 200	au-delà de 200
1,6	9		
2	10		
2,5	11		
3	12		
(3,5)	13		
4	14		
5	16		
6	18		
(7)	20		
8	22	28	
10	26	32	
12	30	36	
14	34	40	
16	38	44	57
18	42	48	61
20	46	52	65
22	50	56	69
24	54	60	73



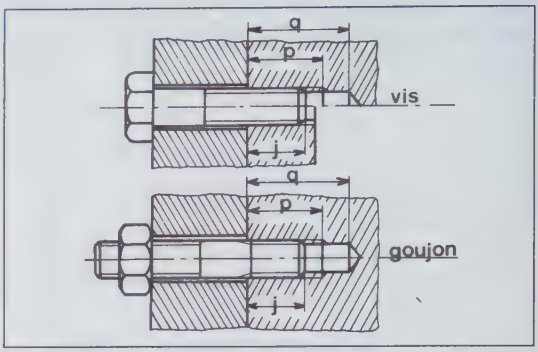
Valeurs de l								
2	8	20	40	70	110	170	275	425
2,5	10	(22)	45	75	120	180	300	etc.
3	12	25	50	80	130	190	325	
4	14	(28)	55	85	140	200	350	de 25
5	16	30	60	90	150	225	375	
6	(18)	35	65	100	160	250	400	en 25

Éviter, autant que possible, les longueurs entre parenthèses.

7.2.7. Implantation des vis et des goujons

– La longueur (j) définit la longueur de filetage en prise pour l'assemblage considéré :
- vis : - métaux durs : $j \geq d$
  - métaux tendres : $j \geq 1{,}5\ d$
- goujons : - métaux durs : $j \geq 1{,}5\ d$
  - métaux tendres : $j \geq 2\ d$

– La longueur (p) définit la longueur de filetage intérieur :
$p = j + 3$ à 4 pas
– La longueur (q) définit la longueur du trou avant taraudage :
$q = j + 8$ à 9 pas.
Pour des facilités d'usinage et dans la mesure du possible, faire déboucher les taraudages.
Les diamètres des trous lisses sont définis au § 7.2.2.



7.2.8. Désignation des classes de qualité NF E 27-225

Caractéristiques mécaniques des vis et des goujons

– Le premier chiffre donne le centième de la résistance minimale à la traction (MPa) ou le dixième en hectobars.
– Le deuxième chiffre, multiplié par le premier chiffre, donne le dixième de la résistance minimale d'élasticité (MPa) ou la valeur en hectobars.
– Les classes de qualité suivantes sont normalisées : 3.6 - 4.6 - 4.8 - 5.6 - 5.8 - 6.6 - 6.8 - 6.9 - 8.8 - 10.9 - 12.9 - 14.9.
(1) Pour vis et goujons entiers seulement.
(2) Pour les vis filetées jusqu'à proximité de la tête, l'essai sera considéré comme satisfaisant, même si une fissure apparaît dans les premiers filets, à condition que la tête ne soit pas décollée.
(3) L'allongement permanent admissible est de 12,5 microns.

Caractéristiques mécaniques contrôlées			Classes de qualité des vis et goujons										
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
Résistance à la traction Rm (hbar)		mini	33,3	39,2		49		58,8			78,4	98	117,6	137,2
		max (1)	48	53,9		68,6		78,4			98	117,6	137,2	156,8
Dureté Brinell HB		mini	90	110		140		170			225	280	330	390
		max (1)	150	170		215		245			300	365	425	
Dureté Rockwell	min	HRB	49	62		77		88						
		HRC									18	27	34	40
	max	HRB	82	88		97		102						
		HRC									31	38	44	49
Limite apparente d'élasticité Re (hbar)		min	19,6	23,5	31,3	29,4	39,2	35,2	47					
Limite conventionnelle d'élasticité R 0,002 (hbar)		min								52,9	62,7	88,2	105,8	123,4
Résistance à la charge d'épreuve (hbar) (3)			18,4	22,1	28,5	27,6	35,6	33,2	42,8	46,5	57	77,6	93,1	108,7
Allongement pour cent après rupture A		min	25	25	14	20	10	16	8	12	12	9	8	7
Résistance à la traction avec cale biaise			Pour vis entières - valeurs correspondant aux valeurs minimales de résistance à la traction.											
Résilience à KCU à = 20 °C (daJ/cm²)											6	4	3	3
Ténacité de la tête			Aucune rupture (2)											
Décarburation			En cours d'étude à l'ISO.											
0,98 hbar ≈ 10 N/mm² ≈ 10 MPa														

Valeurs de charge d'épreuve pour vis ou goujons entiers

– À filetage pas gros

Diamètre nominal du filetage mm	Pas du filetage mm	Section résistante du filetage mm²	Classes de qualité des vis et goujons											
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
			Charges d'épreuve (daN)											
1,6	0,35	1,27	24	29	37	36	46	43	55	60	73	99	120	140
2	0,4	2,07	39	46	59	58	74	69	89	97	120	165	195	230
2,5	0,45	3,39	63	75	97	94	125	115	150	160	195	265	320	370
3	0,5	5,03	93	115	145	140	180	170	220	235	290	395	470	550
3,5	0,6	6,78	125	150	195	190	245	230	295	320	390	530	640	740
4	0,7	8,78	165	200	255	245	315	295	380	410	510	690	820	960
5	0,8	14,2	265	315	405	395	510	475	610	670	810	1 150	1 350	1 550
6	1	20,1	370	445	580	560	720	670	870	940	1 150	1 600	1 900	2 200
7	1	28,9	540	640	830	800	1 050	960	1 250	1 350	1 650	2 250	2 700	3 150
8	1,25	36,6	680	810	1 050	1 050	1 350	1 250	1 600	1 750	2 100	2 850	3 450	4 000
10	1,5	58	1 100	1 300	1 700	1 650	2 100	1 950	2 500	2 700	3 350	4 550	5 400	6 400
12	1,75	84,3	1 600	1 900	2450	2 350	3 050	2 800	3 650	3 950	4 850	6 600	7 900	9 200
14	2	115	2 150	2 550	3 300	3 200	4 100	3 850	4 950	5 400	6 600	9 000	11 000	13 000
16	2	157	2 900	3 500	4 500	4 350	5 600	5 300	6 800	7 400	9 000	12 500	15 000	17 500
18	2,5	192	3 550	4 250	5 500	5 300	6 900	6 400	8 300	9 000	11 000	15 000	18 000	21 000
20	2,5	245	4 550	5 500	7 000	6 800	8 800	8 200	10 500	11 500	14 000	19 500	23 000	27 000
22	2,5	303	5 600	6 700	8 700	8 400	11 000	10 500	13 000	14 500	17 500	24 000	28 500	33 000
24	3	353	6 600	7 900	10 500	9 800	13 000	12 000	15 500	16 500	20 500	27 500	33 000	38 500
27	3	459	8 500	10 500	13 500	13 000	16 500	15 500	20 000	21 500	26 500	36 000	43 000	50 000
30	3,5	561	10 500	12 500	16 000	15 500	20 000	19 000	24 500	26 500	32 000	44 000	53 000	61 000
33	3,5	694	13 000	15 500	20 000	19 500	25 500	23 350	30 000	32 500	40 000	54 000	65 000	76 000
36	4	817	15 500	18 500	23 500	23 000	29 500	27 500	35 000	38 000	47 000	64 000	77 000	89 000
39	4	976	18 000	22 000	28 000	27 000	35 000	32 500	42 000	45 500	56 000	76 000	91 000	107 000

0,98 hbar ≈ 10 N/mm² ≈ 10 MPa

– À filetage pas fin

Diamètre nominal du filetage mm	Pas du filetage mm	Section résistante du filetage mm²	Classes de qualité des vis et goujons											
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
			Charges d'épreuve (daN)											
8	1	39,2	730	870	1 150	1 050	1 400	1 350	1 700	1 850	2 250	3 050	3 650	4 300
10	1,25	61,2	1 150	1 400	1 750	1 700	2 200	2 050	2 650	2 850	3 500	4 750	5 700	6 700
12	1,25	91,2	1 700	2 050	2 600	2 550	3 250	3 050	3 950	4 250	5 200	7 100	8 500	10 000
14	1,5	125	2 300	2 800	3 600	3 450	4 450	4 150	5 400	5 900	7 200	9 700	12 000	14 000
16	1,5	167	3 100	3 700	4 800	4 650	6 000	5 600	7 200	7 800	9 600	13 000	16 000	18 500
18	1,5	216	4 000	4 800	6 200	6 000	7 700	7 200	9 300	10 500	12 500	17 000	20 500	23 500
20	1,5	272	5 100	6 100	7 800	8 600	9 700	9 100	12 000	13 000	16 000	21 500	25 500	30 000
22	2	333	6 200	7 400	9 500	9 200	12 000	11 500	14 500	15 500	19 000	26 000	31 500	36 500
24	2	384	7 100	8 500	11 000	11 000	14 000	13 000	16 500	18 000	22 000	30 000	36 000	42 000
27	2	496	9 200	11 000	14 500	14 000	18 000	16 500	21 500	23 500	28 500	38 500	46 500	54 000
30	2	621	11 500	14 000	18 000	17 500	22 500	21 000	27 000	29 000	35 500	48 500	58 000	68 000
33	2	761	14 500	17 000	22 000	21 500	27 500	25 500	33 000	35 500	43 500	60 000	71 000	83 000
36	3	865	16 000	19 500	25 000	24 000	31 000	29 000	37 500	40 500	49 500	68 000	81 000	95 000
39	3	1 028	19 000	23 000	29 500	28 500	37 000	34 500	44 000	48 000	59 000	80 000	96 000	112 000

0,98 hbar ≈ 10 N/mm² ≈ 10 MPa

Note : Les valeurs inférieures à 34 330 daN sont situées au-dessus du trait gras (conditions d'essais NF E 27-005).

Caractéristiques mécaniques des écrous

Un seul chiffre désigne la classe de qualité, il donne le centième de la contrainte minimale exercée sur la vis lors de l'essai (MPa) ou le dixième en hectobars.

Les classes de qualité suivantes sont normalisées : 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 14.

Caractéristiques mécaniques contrôlées	Classes de qualité des écrous							Domaine d'application
	4	5	6	8	10	12	14	
Contrainte unitaire lors de l'épreuve de charge (hbar) (voir 2.33)	39,2	49	58,8	78,4	98	117,6	137,2	Tous les écrous à l'exception de ceux exclus par accord entre client et fournisseur (voir 2.33)
Dureté Brinell HB max	302				353		375	Tous les écrous
Dureté Rockwell HRC (1) max	30				36		39	Tous les écrous
1 kgf/mm² ≈ 0,98 hbar ≈ 10 MPa								
(1) La conversion des valeurs de dureté Brinell en valeurs de dureté Rockwell a été effectuée d'après l'Euronorm 8.55.								

Valeurs de charge d'épreuve pour écrous

– À filetage à pas gros

Diamètre nominal du filetage mm	Pas du filetage gros mm	Section résistante du filetage mâle correspondant mm²	Classes de qualité des écrous						
			4	5	6	8	10	12	14
			Charges d'épreuve (daN)						
2	0,4	2,07	82	105	125	165	205	245	285
2,5	0,45	3,39	135	170	200	270	335	400	470
3	0,5	5,03	200	250	300	395	495	600	700
3,5	0,6	6,78	270	335	400	540	670	800	940
4	0,7	8,78	345	435	520	690	870	1 050	1 250
5	0,8	14,2	560	700	840	1 150	1 400	1 700	1 950
6	1	20,1	790	990	1 200	1 600	2 000	2 400	2 800
7	1	28,9	1 150	1 450	1 700	2 300	2 850	3 400	4 000
8	1,25	36,6	1 450	1 800	2 200	2 900	3 600	4 350	5 100
10	1,5	58	2 300	2 850	3 450	4 550	5 700	6 900	8 000
12	1,75	84,3	3 350	4 150	5 000	6 700	8 300	10 000	12 000
14	2	115	4 550	5 700	6 800	9 100	11 500	14 000	16 000
16	2	157	6 200	7 700	9 300	12 500	15 500	18 500	22 000
18	2,5	192	7 600	9 500	11 500	15 500	19 000	23 000	26 500
20	2,5	245	9 700	12 500	14 500	19 500	24 500	29 000	34 000
22	2,5	303	12 000	15 000	18 000	24 000	30 000	36 000	42 000
24	3	353	14 000	17 500	21 000	28 000	35 000	42 000	48 500
27	3	459	18 000	22 500	27 000	36 000	45 000	54 000	63 000
30	3,5	561	22 000	27 500	33 000	44 000	55 000	66 000	77 000
33	3,5	694	27 500	34 500	41 000	55 000	69 000	82 000	96 000
36	4	817	32 500	40 500	48 500	65 000	81 000	97 000	113 000
0,98 hbar ≈ 10 N/mm² ≈ 10 MPa									

– À filetage à pas fin

Diamètre nominal du filetage mm	Pas du filetage gros mm	Section résistante du filetage mâle correspondant mm²	Classes de qualité des écrous						
			4	5	6	8	10	12	14
			Charges d'épreuve (daN)						
8	1	39,2	1 550	1 950	2 350	3 100	3 850	4 650	5 400
10	1,25	61,2	2 400	3 000	3 600	4 800	6 000	7 200	8 400
12	1,25	91,2	3 650	4 550	5 500	7 300	9 100	11 000	13 000
14	1,5	125	4 900	6 200	7 400	9 800	12 500	15 000	17 500
16	1,5	167	6 600	8 200	9 900	13 500	16 500	20 000	23 000
18	1,5	216	8 500	11 000	13 000	17 000	21 500	25 500	30 000
20	1,5	272	11 000	13 500	16 000	21 500	27 000	32 000	37 500
22	1,5	333	13 500	16 500	20 000	26 500	33 000	39 500	46 000
24	2	384	15 500	19 000	23 000	30 500	38 000	45 500	53 000
27	2	496	19 500	24 500	29 500	39 000	49 000	59 000	69 000
30	2	621	24 500	30 500	37 000	49 000	61 000	74 000	86 000
33	2	761	30 000	37 500	45 000	60 000	75 000	90 000	105 000
36	3	865	34 000	42 500	51 000	68 000	85 000	102 000	119 000
0,98 hbar ≈ 10 N/mm² ≈ 10 MPa									

Note : Les valeurs inférieures à 34 330 daN sont situées au-dessus du trait gras (conditions d'essais NF E 27-005).

7.2.9. Couples de serrage et efforts de traction recommandés pour boulons normalisés profil ISO (d'après SAM)

Les couples de serrage ont été déterminés aux 4/5 de la limite élastique minimale des différentes classes de matière utilisée dans la boulonnerie.
Ces couples tiennent compte d'un coefficient de frottement de 0,13 correspondant à des boulons montés, graissés normalement : le filetage et les faces en frottement doivent être de fabrication soignée.
Une rondelle plate suivant norme R.933.10 doit être mise sous la tête de la vis ou sous l'écrou, suivant qu'il s'agit d'un boulon ou d'un goujon.
Désignation des aciers rentrant dans la fabrication des boulons :
Colonne 1 - Boulons en acier doux. Ex. de nuances de réf. acier A42.1 (R mini 42 - R maxi 50).
Colonne 2 - Boulons en acier mi-dur. Ex. de nuances de réf. acier A56.3 (R mini 56 - R maxi 65).
Colonne 3 - Boulons en acier mi-dur et dur traités. Ex. de nuances de réf. acier XC38F.XC48F (R mini 80 - R maxi 95).
Colonne 4 - Boulons en acier allié traité. Ex. de nuances de réf. acier 25 Cr Mo 4 (R mini 95 - R maxi 110).
Colonne 5 - Boulons en acier spécial traité. Ex. de nuances de réf. acier 37 Cr 4 (R mini 110 - R maxi 125).

Dimensions des boulons			Boulons R. mini : 42 daN/mm² E. mini : 24 daN/mm²*		Boulons R. mini : 56 daN/mm² E. mini : 30 daN/mm²		Boulons R. mini : 80 daN/mm² E. mini : 60 daN/mm²		Boulons R. mini : 95 daN/mm² E. mini : 70 daN/mm²		Boulons R. mini : 110 daN/mm² E. mini : 80 daN/mm²	
Profil ISO			Couple de serrage daN.m	Effort de traction sur la vis (daN)	Couple de serrage daN.m	Effort de traction sur la vis (daN)	Couple de serrage daN.m	Effort de traction sur la vis (daN)	Couple de serrage daN.m	Effort de traction sur la vis (daN)	Couple de serrage daN.m	Effort de traction sur la vis (daN)
∅ du boulon	Pas	Cote sur plat										
1,6	0,35	3,2	0,007	20,5	0,009	26	0,017	52	0,020	60	0,024	69
2	0,4	4	0,014	33	0,018	42	0,035	85	0,041	99	0,047	113
2,5	0,45	5	0,029	45	0,036	57	0,072	112	0,085	132	0,097	150
3	0,50	5,5	0,050	86	0,062	107	0,120	215	0,140	245	0,170	287
3,5	0,60	6	0,075	115	0,095	145	0,180	280	0,210	325	0,250	383
4	0,7	7	0,110	148	0,140	185	0,270	370	0,310	418	0,370	494
5	0,8	8	0,200	230	0,250	290	0,500	575	0,570	650	0,670	768
6	1	10	0,370	344	0,460	430	0,900	860	1,050	973	1,250	1 145
7	1	11	0,610	500	0,760	625	1,500	1 250	1,700	1 410	2,000	1 670
8	1,25	13	0,900	635	1,900	795	2,200	1 590	2,500	1 800	3	2 120
10	1,50	17	1,800	1 000	2,200	1 250	4,500	2 500	5,100	2 830	6	3 340
12	1,75	19	3	1 450	3,7	1 810	7,5	3 620	8,5	4 100	10	4 850
14	2	22	4,900	2 020	6,1	2 520	12,2	5 050	14	5 720	16,5	6 750
16	2	24	7,500	2 450	9,4	3 440	18,5	6 880	21	7 800	25	9 170
18	2,5	27	10,4	3 350	13	4 200	26	8 350	29,5	9 480	35	11 200
20	2,5	30	14,8	4 300	18,5	5 350	37	10 750	42	12 150	49,5	14 380
22	2,5	32	20	5 400	25	6 750	50	13 500	56,5	15 250	67	18 000
24	3	36	25,5	6 200	32	7 750	64	15 500	72	17 500	85	20 600
27	3	41	37	8 150	46	10 200	92	20 350	105	23 000	124	27 200
30	3,5	46	51	9 950	64	12 450	127	24 900	144	28 150	170	33 200
33	3,5	50	68	12 300	85	15 400	170	30 700	194	34 800	215	41 000
36	4	54	88	14 500	110	18 100	220	36 200	250	41 000	295	48 200
39	4	58	113	17 500	141	21 900	282	43 700	320	49 500	375	58 200
42	4,5	63	141	20 000	176	25 000	352	50 000	400	56 600	470	67 000
45	4,5	67	176	23 500	220	29 400	440	58 700	500	66 500	590	78 500

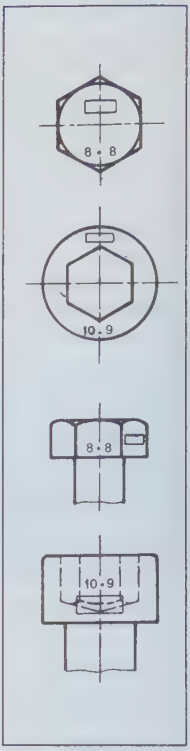
* 1 daN/mm² = 10 MPa

7.2.10. Marquage des vis et des goujons NF E 27-005/701

Symbolisation : les différents symboles des marquages prévus correspondent aux symboles de désignation des classes de qualité des vis et goujons et sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Classe de qualité des vis et goujons	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
Marquage admis	3 6	4 6	4 8	5 6	5 8	6 6	6 8	6 9	88	10 9	12 9	14 9
(*)	3 6	4 6	4 8	5 6	5 8	6 6	6 8	6 9	88	10 9	12 9	14 9

* *Nota* Comme indiqué dans les symboles ci-dessus, le point séparant les chiffres peut être omis lors des marquages, mais dans ce cas l'espace correspondant devra obligatoirement être conservé.



Le marquage est obligatoire pour les éléments de classes de qualité égales ou supérieures à 5.6.

Le marquage ne peut être exigé que pour :
– les vis à tête hexagonale de diamètre nominal égal ou supérieur à 5 mm,
– les vis à tête cylindrique à six pans creux de diamètre nominal égal ou supérieur à 5 mm,
– les goujons de diamètre nominal égal ou supérieur à 12 mm.

– Le marquage sera effectué, pour les vis à tête hexagonale, de préférence en creux ou en relief, sur la partie supérieure de la tête, ou en creux sur la face latérale.

– Le marquage sera effectué, pour les vis à tête cylindrique à six pans creux, de préférence en creux ou en relief, sur la partie supérieure de la tête, ou en creux sur la surface latérale.

– Le marquage sera effectué, pour les goujons, en creux ou en relief, sur le plat de l'extrémité, situé du côté opposé à l'implantation.

– Les vis sans tête peuvent être marquées suivant le système de marquage des goujons.

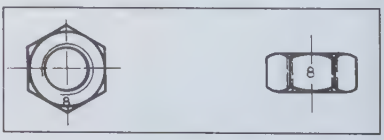
– La marque du fabricant devra figurer sur tous les éléments de fixation (sauf les écrous) dans les mêmes conditions que les classes de qualité (représentées par le rectangle des figures ci-contre).

7.2.11. Marquage des écrous NF E 27-005

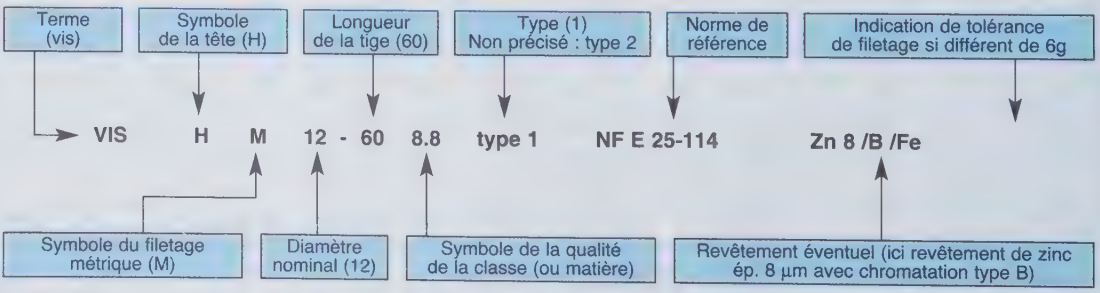
Classes de qualité des écrous	4	5	6	8	10	12	14
Marquage numérique	4	5	6	8	10	12	14
Marquage codé (indice horaire) Peut remplacer le codage chiffré							

Le marquage est obligatoire pour les écrous de classes de qualité égales ou supérieures à la classe 5 lorsque leur diamètre nominal est égal ou supérieur à 5 mm.

Le marquage numérique sera effectué en creux sur une face latérale ou l'une des faces d'appui de l'écrou.



7.2.12. Désignation des produits filetés NF E 25-114



7.3. Vis et boulons

7.3.1. Choix des modes d'entraînement NF E 25-031

Fonctions →

Symboles

Dégagement inutile autour de la tête de l'outil
Capacité de transmission du couple
Classe de qualité maximale théorique
Aptitude au montage automatisé
Longévité de l'outil de serrage
Aptitude au dévissage
Aptitude à recevoir un revêtement
Facilité de nettoyage (hygiène alimentaire)
Absence de risque de blessure

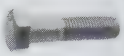
Type d'entraînements ↓

												Normes de référence Observations
Entraînements externes	Hexagonal	H	0	++	12.9	+	+	++	++	+	+	Vis à métaux E 24-112 & 115 Vis à bois E 25-607 Vis à tôle E 25-662 Écrous E 25-401 & 402 E 25-405 à 407 E 25-409 à 412 Toutes utilisations mécaniques.
	Carré	Q	0	-	10.9	=	=	=	++	+	=	Vis à métaux E 25-116 à 118 Vis à bois E 25-608 Écrous E 25-403 & 404 Utilisation fréquente pour le matériel agricole, les charpentes en bois...
	Six lobes externes		+	++	12.9	+	++	++	+	=	-	Intéressant par son faible encombrement et sa capacité de transmission du couple (vis de bardage).
Empreintes	Six pans creux	HC	++	+	10.9	=	=	=	=	0	+	Vis à métaux E 25-125 E 27-160, 163, E 27-180 à 183 Utilisation en construction mécanique (permet de noyer la tête de vis).
	Six lobes internes	X	++	++	12.9	+	++	++	+	0	++	Vis à métaux E 25-107 à 111 Vis à tôle E 25-652 à 655 Remplace avantageusement la vis 6 pans creux. Transmet les couples importants, engrènement aisé des outils de vissage automatique.
	Cruciforme (dite « Pozidriv »)	Z	++	=	6.8	++	=	=	+	0	+	Vis à métaux E 25-119 à 122 Vis à bois E 25-601 à 603 Écrous E 25-656 à 659 Utilisés pour les vissages mécanisés, les difficultés de dévissage (appareils ménagers, garnitures automobiles...).
	Cruciforme (dite « Phillips »)	H	++	-	5.8	++	=	=	=	0	+	Utilisation identique à l'empreinte Z. Échappement de l'outil plus important que l'empreinte Z en montage mécanique ainsi que lors du dévissage.
	Fente (tournevis)	S	++	-	4.8	=	-	-	++	=	=	Vis à métaux E 25-123 à 124 E 25-127 à 129 E 27-110 à 164 Vis à bois E 25-604 à 606 Vis à tôle E 25-660, 661, 663 Utilisation très répandue en prévision d'un masticage ou d'une peinture.
	Fente (pièce de monnaie)		=	-	4.8	=	=	++	++	+	++	Utilisation pour les produits grand public (carters de cyclomoteur, briquets...).
	Encoches		++	-	5.8	-	-	++	++	0	+	Vis à métaux F 03-004 à 007 Vis à bois F 03-003 Vis à tôle E 25-660, 661, 663 Dévissage difficile (garnitures et accessoires de voitures SNCF...).
	Encoches		-	=	8.8	-	-	++	++	0	-	Écrous E 22-111 Écrous E 22-306 Utilisés pour le montage des roulements avec rondelle frein.
Multi-entraînements	Hexagonal fendu	HS	-	=	8.8	+	=	-	++	-	-	Vis à métaux E 27-309 Permet le montage automatique par l'empreinte et le dévissage par la fente.
	Six pans creux fendu	HCS	++	-	8.8	=	+	-	=	0	-	
	Cruciformes fendu ou six lobes fendu	ZS XS	++	-	8.8	+	+	-	+	0	-	

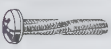
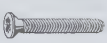
++ très bonne, + bonne, = moyenne, - passable, 0 nulle.

7.3.2. Inventaire des principales vis

– Vis à tête hexagonale, acier, acier ELZN*, acier ELZN PJ**, acier galv. à chaud.	classe 8.8	ISO 4014 NF E 25-112	DIN 931	
– Vis à tête hexagonale, filetage métrique à pas fin (ou extra-fin), acier, acier ELZN PJ.	classe 8.8	ISO 8765 NF E 25-152	DIN 960	
– Vis à tête hexagonale, acier, acier Dacromet.	classe 10.9	ISO 4014 NF 25-112	DIN 931	
– Vis à tête hexagonale, filetage métrique à pas fin, acier.	classe 10.9	ISO 8765 NF E 25-152	DIN 960	
– Vis à tête hexagonale, à haute résistance (HV), acier, acier galv. à chaud.	classe 10.9	ISO 7412	DIN 6914	
– Vis à tête hexagonale, acier 24 Cr Mo 5.	classe G***	ISO 4014 NF E 25-112	DIN 931	
– Vis à tête hexagonale, acier, acier ELZN, acier ELZN PJ, acier galv. à chaud.	classe 8.8	ISO 4017 NF E 25-114	DIN 933	
– Vis à tête hexagonale, filetage métrique à pas fin (ou extra-fin), acier, acier ELZN PJ.	classe 8.8	ISO 8676 NF E 25-151	DIN 961	
– Vis à tête hexagonale, acier, acier Dacromet.	classe 10.9	ISO 4017 NF E 25-114	DIN 933	
– Vis à tête hexagonale, filetage métrique à pas fin (ou extra-fin), acier.	classe 10.9	ISO 8676 NF E 25-151	DIN 961	
– Vis à tête hexagonale, acier.	classe 12.9	ISO 4017 NF E 25-114	DIN 933	
– Vis à tête hexagonale, acier, acier ELZN.	classe 4.6	ISO 4018 NF E 25-115-2	DIN 558	
– Vis à tête bombée aplatie à collet carré, acier, acier ELZN.	classe 8.8	ISO 8677	DIN 603	
– Vis à tête carrée à téton court, acier.	classe 8.8		DIN 479	
– Vis à petite tête hexagonale et téton, acier.	classe 8.8	NF E 25-133	DIN 561	
– Vis de sécurité à tête hexagonale à embase cylindrique-tronconique, autofreinée, acier, acier Dacromet.	classe 100****			
– Vis de sécurité à tête hexagonale à embase cylindrique-tronconique, élastique, autofreinée, acier.	classe 90/100****			
– Vis à tête hexagonale à embase cylindrique-tronconique, acier ELZN PJ.	classe 8.8		DIN 6921	
– Vis à tête hexagonale à embase cylindrique-tronconique avec dents, acier ELZN.	classe 8.8		DIN 6921	
– Vis à tête hexagonale à embase cylindrique-tronconique, acier.	classe 10.9		DIN 6921	
– Vis à tête cylindrique fendue, acier ELZN, acier ELZN PJ.	classe 4.8	ISO 1207 NF E 25-127	DIN 84	
– Vis à tête large cylindrique fendue, acier ELZN.	classe 4.8	ISO 1580 NF E 25-128	DIN 85	
– Vis à tête fraisée fendue, acier ELZN, acier ELZN PJ.	classe 4.8	ISO 2009 NF E 25-123	DIN 963	
– Vis à tête fraisée bombée, fendue, acier ELZN.	classe 4.8	ISO 2010 NF E 25-124	DIN 963	




* ELZN : électrozingué. ** PJ : passivé jaune. *** G : tenue jusqu'à 400 °C. **** Résistance à la traction minimale de 900 MPa et 1 040 MPa.

– Vis à tête cylindrique bombée, fendue, acier ELZN*.	classe 4.8			
– Vis à tête cylindrique bombée, large à empreinte cruciforme, acier ELZN, acier ELZN PJ**.	classe 4.8	ISO 7045	DIN 7985	
– Vis à tête fraisée à empreinte cruciforme, acier ELZN, acier ELZN PN.	classe 4.8	ISO 7046-1 NF E 25-119	DIN 965	
– Vis à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme, acier ELZN.	classe 4.8	ISO 7047 NF E 25-120	DIN 966	
– Vis à tête hexagonale fendue, avec rondelle incorporée, acier ELZN PJ.	classe 5.8		DIN 6900	
– Vis à tête cylindrique fendue à dépouille, à tige ajustable, acier ELZN.	classe 5.8		DIN 922	
– Vis à tête cylindrique fendue, acier ELZN.	classe 8.8	ISO 1207 NF E 25-127	DIN 84	
– Vis à tête fraisée fendue, acier ELZN.	classe 8.8	ISO 2009 NF E 25-123	DIN 963	
– Vis à tête cylindrique bombée large à six lobes internes, acier ELZN.	classe 8.8	ISO 7045 NF E 25-109	DIN 7985	
• Vis autotaraudeuses				
– Vis autotaraudeuse à tête hexagonale, acier ELZN.			DIN 7513 A	
– Vis autotaraudeuse à tête cylindrique bombée à empreinte cruciforme.			DIN 7516 AE.H	
– Vis autotaraudeuse à tête fraisée à empreinte cruciforme, acier ELZN.			DIN 7516 DE	
– Vis autotaraudeuse à tête fraisée à 6 lobes internes, acier ELZN, acier ELZN PJ.				
• Vis autoformeuses diverses				
Ces vis forment elles-mêmes le filet intérieur des parois des trous, sans copeaux, grâce à leur forme spécifique (section triangulaire).				
– Utilisées dans tous les matériaux ductiles : acier, aluminium, métaux moulés sous pression avec une dureté maximale de 150 HB/500 N/mm².			DIN 7500	
– L'assemblage, à l'aide de ces vis, est autoserrant.				
– La tête de ces vis comporte, généralement, une empreinte cruciforme Pozidriv.				
– Ces vis existent, également, pour l'assemblage des matières plastiques.				
• Vis autotaraudeuses pour matières plastiques				
– Solution idéale pour les assemblages des thermoplastiques.				
– Grâce au serrage sur les flancs du filet, la fixation est autobloquante.				
– La vis est démontable et utilisable plusieurs fois.				
– Vis autoformeuse à tête fraisée à empreinte cruciforme (Pozidriv), acier ELZN.			DIN 7500 ME	
– Vis autoformeuse à tête hexagonale, acier ELZN.			DIN 7500 DE	
– Vis autoformeuse à tête hexagonale à embase cylindrique tronconique, acier ELZN.			DIN 7500	

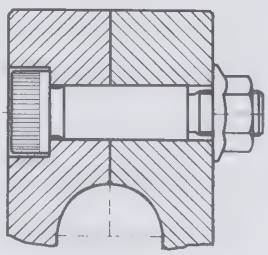
* ELZN : électrozingué. ** PJ : passivé jaune.

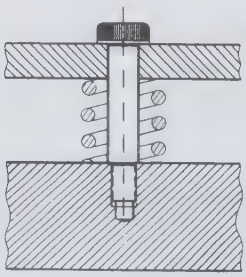
Inventaire des principales vis (suite)

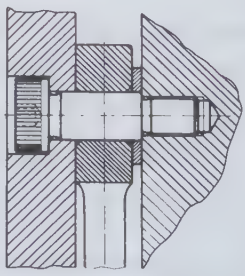
• Vis six pans creux				
– Vis à tête cylindrique à 6 pans creux, acier, acier ELZN*, acier PJ**.	classe 8.8	ISO 4762 NF E 25-125	DIN 912	
– Vis à tête cylindrique réduite à 6 pans creux, acier, acier ELZN.	classe 8.8		DIN 7984	
– Vis à tête cylindrique à 6 pans creux, acier.	classe 10.9	ISO 4762 NF E 25-125	DIN 912	
– Vis à tête cylindrique réduite à 6 pans creux, acier.	classe 10.9		DIN 7984	
– Vis à tête cylindrique à 6 pans creux filetée entièrement, acier.	classe 8.8	ISO 4762 NF E 25-125	DIN 6912	
– Vis tête fraisée à 6 pans creux, acier ELZN.	classe 8.8		DIN 912	
– Vis tête fraisée à 6 pans creux, acier, acier Dacromet.	classe 10.9		DIN 7991	
– Vis tête fraisée à 6 lobes internes, acier ELZN.	classe 8.8	NF E 25-107	DIN 7991	
– Vis à tête cylindrique bombée plate à 6 pans creux, acier, acier ELZN.	classe 10.9	ISO 7380	DIN 7991	
– Vis à tête cylindrique bombée plate à 6 lobes internes, acier ELZN.	classe 10.9	ISO 7380		
– Vis à tête bombée à 6 pans creux avec rondelle incorporée, acier ELZN.	classe 10.9			
– Vis de sécurité à tête cylindrique à 6 pans creux à embase cylindrique-tronconique, autofreinée, acier.	classe 100			
– Vis à tête cylindrique à 6 pans creux, acier, acier Dacromet.	classe 12.9	ISO 4762 NF E 25-125	DIN 912	
– Vis à tête cylindrique à 6 pans creux à pas fin ou extra-fin, acier.	classe 12.9	ISO 4762 NF E 25-125	DIN 912	
– Vis à tête cylindrique à 6 pans creux, acier.	classe 12.9	ISO 4762 NF E 25-125	DIN 912	
– Vis à tête cylindrique à 6 pans creux et à bout fileté réduit, tolérance sur ∅ lisse f9 ou h8, acier.	classe 12.9	ISO 7379		



• Exemples d'applications







* ELZN : électrozingué. ** PJ : passivé jaune. *** 45 H : dureté 450 HV. **** Résiliance ≥ 25 joules, valeur minimale de la limite d'élasticité à + 300 °C.

– Vis sans tête à 6 pans creux, à cuvette acier, acier ELZN*, acier PJ**.	classe 45 H***	ISO 4029	DIN 916	
– Vis sans tête à 6 pans creux, à cuvette avec une enduction en plastique de freinage permanent, acier.	classe 45 H	ISO 4029	DIN 916	
– Vis sans tête à 6 pans creux, à cuvette nervurée, acier.	classe 45 H	ISO 4029	DIN 916	
– Vis sans tête à 6 pans creux, à bout plat, acier, acier ELZN.	classe 45 H	ISO 4026	DIN 913	
– Vis sans tête à 6 pans creux, à bout plat, pas fin, acier.	classe 45 H	ISO 4026	DIN 913	
– Vis sans tête à 6 pans creux, à bout pointu, acier.	classe 45 H	ISO 4027	DIN 914	
– Vis sans tête à 6 pans creux, à téton, acier.	classe 45 H	ISO 4028	DIN 915	
– Vis sans tête à 6 pans creux, à téton plastique, acier.	classe 12.9			
• **Bouchons**				
– Bouchon à 6 pans creux, filetage métrique conique, pas fin, acier.			DIN 906	
– Bouchon à 6 pans creux, filetage Whitworth conique, pas fin, acier.			DIN 906	
– Bouchon à collerette à 6 pans creux, filetage métrique cylindrique à pas fin, acier.			DIN 908	
– Bouchon à collerette à 6 pans creux, filetage pour tuyauterie, acier.			DIN 908	
– Bouchon à collerette à tête hexagonale, filetage métrique cylindrique à pas fin, acier.			DIN 910	
– Bouchon à collerette à tête hexagonale, filetage cylindrique pour tuyauterie, acier.			DIN 910	

7.3.3. Inventaire des principaux boulons

– Boulon à tête hexagonale avec écrou hexagonal, acier, acier ELZN.	classe 4.6	ISO 4016 NF E 25-115	DIN 601	
– Boulon à tête fraisée à collet carré court avec écrou hexagonal, acier.	classe 8.8		DIN 608	
– Corps de boulon ajusté à tête hexagonale avec filet long, tolérance sur ∅ lisse k6, acier.	classe 8.8		DIN 609	
– Boulon à tête bombée aplatie à collet carré avec écrou hexagonal, acier ELZN, galv. à chaud.	classe 4.6	ISO 8677 NF E 25-402	DIN 603	
– Boulon à tête fraisée à collet à oreilles, avec écrou hexagonal, acier ELZN.		NF E 25-402	DIN 555	
– Boulon à tête fraisée à ergot avec écrou hexagonal, acier.	classe 4.6	NF E 25-402	DIN 604	
– Boulon à tête fraisée à collet carré long avec écrou hexagonal.	classe 4.6	NF E 25-402	DIN 605	
– Boulon à tête hexagonale avec écrou hexagonal pour appareils de pression, acier.	classe 4.6-2****	ISO 4014 NF E 25-112	DIN 931	

* ELZN : électrozingué. ** PJ : passivé jaune. *** 45 H : dureté 450 HV. **** Résiliance ≥ 25 joules, valeur minimale de la limite d'élasticité à + 300 °C imposée.

7.3.4. Inventaire des principales vis à tôle

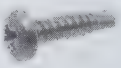
• Vis à tôle			
– Vis à tôle à tête cylindrique large, fendue, acier ELZN*, acier nickelé.	ISO 1481 NF E 25-663 C	DIN 7971 C	
– Vis à tôle à tête fraisée, fendue, acier ELZN, acier nickelé.	ISO 1482 NF E 25-660	DIN 7972 C	
– Vis à tôle à tête fraisée bombée, fendue, acier ELZN, acier nickelé.	ISO 1483 NF E 25-661 C	DIN 7973 C	
– Vis à tôle à tête cylindrique large, fendue, acier nickelé.	ISO 1481 NF E 25-663 F	DIN 7971 F	
– Vis à tôle à tête cylindrique bombée large, à empreinte cruciforme, acier ELZN, acier nickelé.	ISO 7049 CH	DIN 7981 CH	
– Vis à tôle à tête cylindrique bombée large, à empreinte cruciforme Pozidriv, acier ELZN.	ISO 7049 CZ NF E 25-658 C	DIN 7981 CZ	
– Vis à tôle à tête fraisée à empreinte cruciforme, acier ELZN, acier nickelé.	ISO 7050 CH	DIN 7982 CH	
– Vis à tôle à tête fraisée à empreinte cruciforme Pozidriv, acier ELZN.	ISO 7050 CZ NF E 25-656 C	DIN 7982 CZ	
– Vis à tôle à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme Pozidriv, acier ELZN, acier nickelé.	ISO 7051 CH	DIN 7983 CH	
– Vis à tôle à tête cylindrique bombée large, à six lobes internes, acier ELZN.	ISO 7049 C NF E 25-654 C	DIN 7981 C	
– Vis à tôle à tête fraisée à six lobes internes, acier ELZN.	ISO 7050 C NF E 25-652 C	DIN 7982 C	
– Vis à tôle à tête hexagonale, acier ELZN.	ISO 1479 C/F NF E 25-662 C/F	DIN 7976 C/F	
– Vis à tôle à tête hexagonale, fendue, à embase cylindrique, acier ELZN.			
– Vis à tôle à tête hexagonale, à embase cylindrique, acier ELZN.	ISO 1479 C NF E 25-662 C	DIN 7976 C	
– Vis à tête ronde bombée avec rondelle pressée à empreinte cruciforme, acier ELZN PN**.			

• Vis autoperceuses diverses

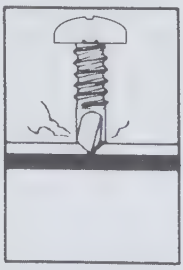
Les vis autoperceuses percent le trou exact, forment le filet et fixent fermement les éléments à assembler.

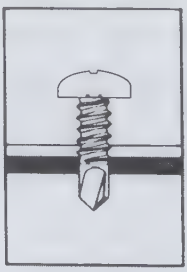
– Les vis autoperceuses en acier inoxydable sont utilisées dans les alliages d'aluminium.

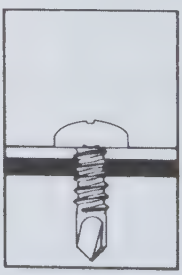
– Les vis autoperceuses en aluminium sont utilisées dans les plastiques et dans certains alliages d'aluminium.



• Procédure de pose







* ELZN : électrozingué. ** PN : passivé noir.

7.4.1. Inventaire des principaux écrous d'usage courant

– Écrou hexagonal à haute résistance (HV)****, acier, acier galvanisé à chaud.	classe |10|	ISO 7414	DIN 6915
– Écrou hexagonal pour appareils de pression, acier.	classe |5|		DIN 934
– Écrou hexagonal pour appareils de pression, acier.	classe |5|	ISO 4032 NF E 25-501	
– Écrous hexagonaux, acier, acier ELZN*, acier ELZN PJ, acier ELZN PN***.	classe |8|		DIN 934
– Écrous hexagonaux, acier ELZN.	classe |8|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous hexagonaux, filetage isométrique, acier galv. à chaud.	classe |8|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous hexagonaux, filetage métrique à pas fin, acier, acier ELZN PJ**.	classe |8|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous hexagonaux, filetage à gauche, acier, acier ELZN.	classe |8|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous hexagonaux, filetage métrique à pas fin à gauche, acier.	classe |8|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous hexagonaux, acier, acier ELZN.	classe |10|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous hexagonaux, filetage métrique à pas fin, acier.	classe |10|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous hexagonaux, acier.	classe |12|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous hexagonaux, décolletés, acier, acier ELZN.	classe |6|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous hexagonaux, acier, acier ELZN.	classe > |4|	NF E 25-402	DIN 555
– Écrous hexagonaux bas, acier, acier ELZN, acier ELZN PJ.	classe 04*****	NF E 25-405-1	DIN 439.B
– Écrous hexagonaux bas, filetage à gauche, acier ELZN.	classe 04	NF E 25-405-1	DIN 439.B
– Écrous hexagonaux bas, filetage isométrique, acier galv. à chaud.	classe 04	NF E 25-405-1	DIN 439.B
– Écrous hexagonaux bas, filetage métrique à pas fin, acier, acier ELZN.	classe 04	NF E 25-453	DIN 439.B
– Écrous hexagonaux bas, filetage métrique à pas fin à gauche, acier.	classe 04	NF E 25-453	DIN 439.B
– Écrous hexagonaux hauts, acier.	classe > |6|	NF E 25-401	DIN 934
– Écrous carrés, acier, acier ELZN.	classe > |5|	NF E 25-404	DIN 557
– Écrous carrés bas, acier ELZN.	classe 04		DIN 562
– Écrous hexagonaux hauts borgnes à calotte, acier, acier ELZN.	classe |6|		DIN 1587
– Écrous hexagonaux borgnes à calotte soudée, acier chromé.	classe |6|		DIN 1587
– Écrous hexagonaux bas, borgnes à calotte soudée, acier ELZN.	classe |6|		
– Écrous hexagonaux bas, borgnes, acier ELZN.	classe |6|		DIN 917
– Écrous hexagonaux autofreinés à calotte avec anneau plastique, acier ELZN.	classe > |6|		DIN 986





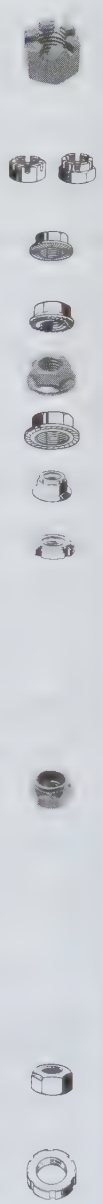


Nota : – les valeurs encadrées par | | sont issues de la norme DIN ;
– les valeurs non encadrées sont issues de la norme ISO.

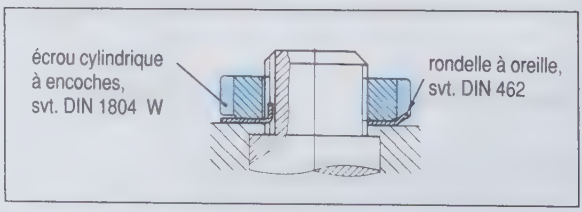
* ELZN : électrozingué. ** PJ : passivé jaune. *** PN : passivé noir. **** HV : High Vickers (Haute Résistance). ***** 04 : le 0 de la classe 04 signifie écrous bas.

7.4.2. Inventaire des principaux écrous dédiés au freinage

– Écrous hexagonaux à créneaux et à créneaux dégagés, acier, acier ELZN*.	classe > |6|		DIN 935-1	
– Écrous hexagonaux à créneaux et à créneaux dégagés, filetage métrique à pas fin, acier.	classe > |6|		DIN 935-1	
– Écrous hexagonaux bas à créneaux et à créneaux dégagés, acier.	classe 04		DIN 979	
– Écrous hexagonaux bas à créneaux et à créneaux dégagés, filetage métrique à pas fin, acier.	classe 04		DIN 979	
– Écrous hexagonaux de sécurité à embase cylindrique-tronconique striée, acier, acier Dacromet.	classe 10			
– Écrous hexagonaux de sécurité à embase cylindrique-tronconique à crans, acier ELZN PJ**.	classe 8.10			
– Écrous hexagonaux à embase cylindrique-tronconique lisse, acier ELZN, acier ELZN PJ.	classe |8|		DIN 6923	
– Écrous hexagonaux à embase cylindrique-tronconique avec dents, acier, acier ELZN.	classe |8|	ISO 4161 NF E 25-406	DIN 6923	
– Écrous hexagonaux autofreinés avec anneau plastique à embase cylindrique-tronconique, acier ELZN.	classe 8	ISO 7043		
– Écrous cylindriques à encoches autofreinés avec anneau plastique, acier ELZN PJ.			DIN 6926	
– Écrous hexagonaux autofreinés avec anneau plastique, acier ELZN.	classe > |5|	NF E 25-412	DIN 985	
– Écrous hexagonaux autofreinés avec anneau plastique, acier ELZN PJ.	classe |6|	NF E 25-412	DIN 985	
– Écrous hexagonaux autofreinés avec anneau plastique, filetage métrique à pas fin, acier ELZN.	classe > |6|	NF E 25-412	DIN 985	
– Écrous hexagonaux autofreinés avec anneau plastique, acier ELZN PJ.	classe |8|	NF E 25-412	DIN 985	
– Écrous hexagonaux autofreinés avec anneau plastique, acier ELZN, acier ELZN PJ.	classe |10|	NF E 25-412	DIN 985	
– Écrous hexagonaux hauts, autofreinés, avec anneau plastique, acier ELZN.	classe 8		DIN 982	
– Écrous hexagonaux hauts, autofreinés, avec anneau plastique, acier ELZN PJ.	classe 10		DIN 982	
– Écrous hexagonaux autofreinés, tout métal, acier ELZN, acier ELZN PJ.	classe 8	ISO 7042	DIN 980 V	
– Écrous hexagonaux autofreinés, tout métal, filetage métrique pas fin, acier ELZN.	classe 8	ISO 7042	DIN 980 V	
– Écrous hexagonaux autofreinés, tout métal, acier ELZN.	classe 10	ISO 7042	DIN 980 V	
– Écrous cylindriques à encoches, filetage métrique à pas fin, acier.				



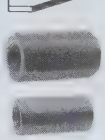
• Exemple de montage



* ELZN : électrozingué. ** PJ : passivé jaune.

– Écrous hexagonaux autofreinés, tout métal, avec collerette de freinage, acier ELZN*.	classe 8	ISO 7042	DIN 980 F	
– Écrous hexagonaux autofreinés, fendus, tout métal, acier ELZN.				
– Écrous hexagonaux hauts, autofreinés, fendus, tout métal, acier ELZN.				
– Écrous hexagonaux avec embase, autofreinés, tout métal, acier ELZN PJ**.	classe 6			
– Écrous hexagonaux autofreinés à rondelle élastique incorporée, acier ELZN.				
– Écrous hexagonaux autofreinés en tôle, acier ELZN.			DIN 7967	

7.4.3. Inventaire des principaux écrous spéciaux

– Écrous hexagonaux à souder, acier.			DIN 929	
– Écrous carrés à souder, acier.			DIN 928	
– Écrous à souder par point, acier.				
– Écrous à enfoncer pour bois, acier, acier ELZN.				
– Écrous à oreilles, fonte ELZN.			DIN 315	
– Écrous à oreilles, acier ELZN.	classe 04			
– Écrous moletés hauts, acier ELZN.	classe |5|		DIN 466	
– Écrous moletés bas, acier ELZN.	classe |5|		DIN 467	
– Écrous cylindriques à fente, acier ELZN.			DIN 546	
– Écrous fraisés 110° et fendus, acier ELZN.				
– Écrous à pointe, acier ELZN.				
– Écrous hexagonaux de jonction, hauteur 3 × d, acier ELZN.	classe |6|			
– Écrous hexagonaux de jonction, hauteur 3 × d, acier ELZN.	classe |10|			
– Écrous cylindriques de jonction, acier ELZN.	classe 6			
– Entretoises hexagonales avec filetage intérieur aux deux extrémités, acier ELZN.	classe |6|			
– Entretoises hexagonales avec filetages intérieur et extérieur, acier ELZN.	classe |6|			
– Plaquette oblique (HV) 8 % pour profilés en U, acier, acier galvanisé à chaud.	classe C45***		DIN 6918	
– Plaquette oblique (HV) 14 % pour profilés en J, acier, acier galvanisé à chaud.	classe C45		DIN 6917	

* ELZN : électrozingué. ** PJ : passivé jaune. *** Classe C45 : acier de dureté 295-350 HV.

7.5. Rondelles et freins d'écrous

7.5.1. Choix d'une rondelle pour un assemblage NF E 25-502

Le choix et le domaine d'application concernent essentiellement les rondelles normalisées destinées aux assemblages comportant des vis sous tension.

Tableau synoptique des fonctions des rondelles pour assemblages précontraints

Types de rondelles / Fonctions	Normes de référence	Classes de qualité de la vis pour un assemblage rationnel	Protection contre les meurtrissures	Diminution de la pression moyenne	Répartition de la force de serrage	Trous de passage élargis	Opposition au dévissage	Opposition au desserrage	Liaison électrique de masse	Observations
Plates 	NF E 25-513 NF E 25-514	≤ 6.8 8.8 - 10.9	++	++	0	+	0	0	0	Fonction essentielle de protection contre les meurtrissures.
Grower sans bec 	NF E 27-613 NF E 27-622 NF E 27-623	≤ 10.9	+	0	0	0	0	=	0	Souvent utilisées, par habitude, dans les assemblages non optimisés.
Grower avec bec 	NF E 27-613 NF E 27-622 NF E 27-623	≤ 10.9	0	0	0	0	+	=	0	
À dents chevauchantes extérieures, forme concave 	NF E 27-627	≤ 8.8	0	0	0	0	++	+	0	Elles sont exclusivement utilisées avec des vis tête fraisée.
À dents chevauchantes planes 	NF E 27-624 NF E 27-625	≤ 8.8	0	0	0	0	++	+	+	Fixation de petites pièces : accessoires automobiles, cycles, électroménager.
Ondulées à deux ondes 	NF E 27-620	≤ 8.8	++	++	0	+	0	+	0	Serrage de matériaux tendres.
Coniques à dents intérieures 	NF E 27-512	8.8	+	+	0	++	++	+	0	Fixation des tôles minces en carrosserie automobile et électroménager.
À double denture 	NF E 27-626	≤ 8.8	0	0	0	+	++	+	+	Utilisées sur les glissières des moteurs électriques, alternateurs.
Coniques striées 	NF E 27-511	6.8 8.8	++	++	+	++	++	+	0	Permettent de maintenir la tension dans les assemblages optimisés.
Coniques lisses 	NF E 27-510	8.0 12.9	++	++	++	++	+	++	0	Recommandées pour les assemblages des vis très courtes (risque de tassement).
Coniques striées à picots 	non normalisée	≤ 8.8	0	++	+	++	++	+	++	Assurent dans de bonnes conditions la liaison électrique des masses.
Plates trempées épaisses 	non normalisée	10.9 12.9	++	++	+	++	0	0	0	Assemblage des pièces de très bonne géométrie.

++ très bonne, + bonne, = moyenne, - passable, 0 nulle.

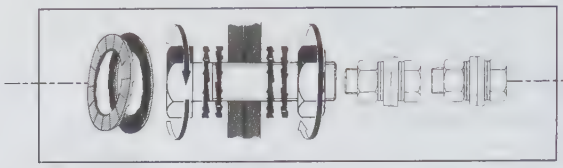
7.5.2. Inventaire des principales rondelles et freins d'écrous

• Rondelles plates	ISO 7089	DIN 125-1 A	
– Rondelles plates, acier, acier ELZN*, acier ELZN PJ**, acier ELZN PN***, acier Dacromet.	NF E 25-513		
– Rondelles plates type Z, acier ELZN, acier ELZN PJ**.	NF E 25-513		
– Rondelles plates type M, acier, acier ELZN, acier ELZN PJ.	NF E 25-513		
– Rondelles plates type L, acier, acier ELZN, acier ELZN PJ.	NF E 25-513		
– Rondelles plates type LL, acier, acier ELZN, acier ELZN PJ.		DIN 7349	
– Rondelles plates pour vis avec goupille élastique lourde, acier ELZN, acier ELZN PJ.	ISO 7093 NF E 25-513	DIN 9021	
– Rondelles plates, d2 = 3 d1, acier ELZN, acier ELZN PJ.	ISO 7090	DIN 125-1 B	
– Rondelles plates chanfreinées, acier, acier ELZN.			
– Rondelles plates de carrosserie, acier, acier ELZN PJ.	ISO 7091 NF E 25-513	DIN 126	
– Rondelles plates, acier, acier ELZN, acier galvanisé à chaud.		DIN 7989 A	
– Rondelles pour constructions métalliques, acier ELZN, acier galv. à chaud.		DIN 1440	
– Rondelles pour axes d'articulation, acier ELZN.	ISO 8738	DIN 433	
– Rondelles plates pour vis à tête cylindrique, acier ELZN.	ISO 7092	DIN 705 A	
• Bagues et rondelles freins			
– Bagues d'arrêt avec vis sans tête à six pans creux, acier.	ISO 4029		
– Bagues d'arrêt avec vis sans tête, fendue, acier.			
– Anneaux de serrage avec vis à tête cylindrique à six pans creux, acier.	ISO 7434 NF E 25-161	DIN 705 A	
– Rondelles cuvette emboutie pour assemblages vissés, acier, acier ELZN PJ.		DIN 6796	
– Rondelles élastiques sans bec (Grower), acier, acier ELZN PJ, acier galvanisé à chaud.	NF E 25-515	DIN 127 B	
– Rondelles élastiques sans bec (Grower) pour vis à tête cylindrique, acier, acier ELZN.		DIN 7980	
– Rondelles élastiques cintrées, acier ELZN.		DIN 128 A	
– Rondelles élastiques double spire, sans bec, acier.			
– Rondelles élastiques de contact, acier ELZN.		DIN 43699	
– Rondelles ressort de sécurité type M, acier Dacromet.			
– Rondelles ressort de sécurité type Z, acier Dacromet.			

* ELZN : électrozingué. ** PJ : passivé jaune. *** PN : passivé noir.

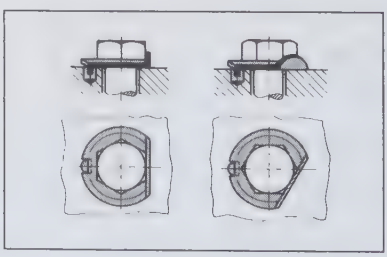
– Rondelles de sécurité type S, acier, acier ELZN.			
– Rondelles avec arrêt de frein, acier ELZN*, PJ**.			
– Rondelles de blocage, acier ELZN, PJ.			

Exemple de montage



– Rondelles de blocage collant, acier ELZN PJ (montage identique à ci-dessus).			
– Rondelles élastiques cintrées, acier, acier ELZN PJ.		DIN 137 B	
– Rondelles élastiques ondulées, acier, acier ELZN PJ.	NF E 25-620	DIN 137 B	
– Rondelles de contact coniques striées, type moyen acier ELZN PJ.	NF E 25-511 CS		
– Rondelles de contact coniques striées, type P, acier ELZN PJ.			
– Rondelles élastiques à dents extérieures, acier, acier ELZN.		DIN 6797 A	
– Rondelles élastiques à dents intérieures, acier.		DIN 6797 J	
– Rondelles élastiques à dents chevauchantes extérieures, acier, acier ELZN, acier ELZN PJ.	NF E 27-624	DIN 6798 A	
– Rondelles élastiques à dents chevauchantes intérieures, acier, acier ELZN.	NF E 27-625	DIN 6798 J	
– Rondelles élastiques concaves à dents chevauchantes extérieures, acier, acier ELZN.	NF E 27-627	DIN 6798 V	
– Rondelles élastiques à double denture chevauchante, acier, acier ELZN.	NF E 27-626		
– Rondelles éventail à denture intérieure, large, bombée, type JCZ, acier.			
– Rondelles freins d'écrous, à ergot extérieur, acier.		DIN 432	

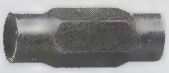
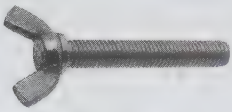
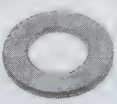
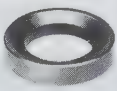
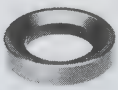
Exemple de montage



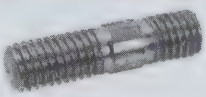
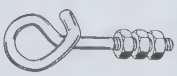
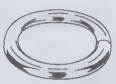
* ELZN : électrozingué. ** PJ : passivé jaune.

7.6. Visserie spéciale

7.6.1. Vis, anneaux, écrous, rondelles

 **Corps de boulon à œil** acier, DIN 444.B	 **Anneau** acier, acier ELZN, DIN 580	 **Anneau** acier, acier ELZN, DIN 580	 **Lanterne hexagonale** acier ELZN, DIN 1479
 **Vis moletée type haut** acier ELZN, DIN 464	 **Vis moletée type bas** acier ELZN, DIN 653	 **Vis à oreilles** fonte ELZN, DIN 316	 **Vis à tête violon** fonte ELZN
 **Vis à tête à collet carré** acier, DIN 186.B	 **Piton** acier ELZN	 **Écrou H à embase** acier, DIN 6331	 **Écrou H à portée chanfreinée** acier, DIN 6330.B
 **Écrou allongé, haut. 3 × d** acier	 **Rondelle plate** acier trempé, DIN 6340	 **Rondelle à portée concave** acier, DIN 6319.D	 **Rondelle à portée sphérique** acier, DIN 6319.C

7.6.2. Autres éléments d'assemblage

 **Goujons divers**	 **Tiges filetées diverses**	 **Tiges filetées diverses** à filet trapézoïdal	 **Goujons divers** avec écrous hexagonaux
 **Goujons divers** à corps allégé	 **Écrous divers** à filet trapézoïdal	 **Écrous H pour goujons** à corps allégé	 **Crochet de sécurité** acier ELZN
 **Grenouillère** acier ELZN, DIN 71802	 **Grenouillère à pas fin** acier ELZN, DIN 71802	 **Étrier en U** acier ELZN	 **Anneau soudé** acier ELZN

7.7. Dimensionnement d'éléments d'assemblage

7.7.1. Vis hexagonales et carrées

– Vis tête hexagonale à filetage réduit (H) NF E 25-112



Vis H, M6. 35, 8.8, type 1, NF E 25-112, Zn8/B/Fe

– Vis tête hexagonale à tige réduite (H) NF E 25-113



Vis H, M6. 35, 8.8, type 1, NF E 25-113, Zn8/B/Fe

– Vis tête hexagonale à filetage complet (H) NF E 25-114



Vis H, M6. 35, 8.8, type 1, NF E 25-114, Zn8/B/Fe

– Vis tête carrée à filetage réduit (Q) NF E 25-116



Vis Q, M6. 35, 8.8, type 1, NF E 25-116, Zn8/B/Fe

– Vis tête carrée à filetage complet (Q) NF E 25-117



Vis Q, M6. 35, 8.8, type 1, NF E 25-117, Zn8/B/Fe

k_w : hauteur min. de prise de clé (k_w = 0,7 k).
d_w : diamètre de la surface portante sous tête.

La tête peut comporter une cuvette sur sa face supérieure :
– diamètre maximal : 0,8 s,
– profondeur maximale : 0,2 k.

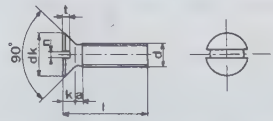
d	M3	(3,5)	4	5	6	(7)	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	(33)	36
Pas	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4
S	5,5	6	7	8	10	11	13,0	17,0	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50	55
k	2	2,4	2,8	3,5	4	5	5,5	7,0	8	9	10	12	13	14	15	17	19	21	23
a	1,5	1,8	2,1	2,4	3	3	3,75	4,5	5,25	6	6	7,5	7,5	7,5	9	9	10,5	10	12
d_w	4,6		5,9	6,9	8,9		11,6	14,6	16,6	19,6	22,5	25,3	28,2	31,7	33,6	38	42,7	46,6	51,1
d_s	2,6		3,5	4,4	5,3		7,1	8,9	10,7	12,5	14,5	16,2	18,2	20,2	21,8	24,8	27,5	30,5	33,1
Longueur sans tête (l) Longueur filetée en bleu (b)	14 12 16 12 18 12 20 12 22 12 25 12 28 12 30 12	16 13 18 13 20 13 22 13 25 13 28 13 30 13 35 13	16 14 18 14 20 14 22 14 25 14 28 14 30 14 35 14 40 14	18 16 20 16 22 16 25 16 28 16 30 16 35 16 40 16 45 16 50 16	20 18 22 18 25 18 28 18 30 18 35 18 40 18 45 18 50 18 55 18 60 18	22 20 25 20 28 20 30 20 35 20 40 20 45 20 50 20 55 20 60 20 65 20 70 20	25 22 28 22 30 22 35 22 40 22 45 22 50 22 60 22 65 22 70 22 75 22 80 22	30 26 35 26 40 26 45 26 50 26 55 26 60 26 65 26 70 26 75 26 80 26 85 26 90 26 100 26 110 26 120 26 130 32	35 30 40 30 45 30 50 30 55 30 60 30 65 30 70 30 75 30 80 30 85 30 90 30 100 30 110 30 120 30 130 36 140 36 150 36 160 36 170 36 180 36	40 34 45 34 50 34 55 34 60 34 65 34 70 34 75 34 80 34 85 34 90 34 100 34 110 34 120 34 130 40 140 40 150 40 160 40 170 40 180 40 190 40 200 40	45 38 50 38 55 38 60 38 65 38 70 38 75 38 80 38 85 38 90 38 100 38 110 38 120 38 130 44 140 44 150 44 160 44 170 44 180 44 190 44 200 44	50 42 55 42 60 42 65 42 70 42 75 42 80 42 85 42 90 42 100 42 110 42 120 42 130 48 140 48 150 48 160 48 170 48 180 48 190 48 200 48	55 46 60 46 65 46 70 46 75 46 80 46 85 46 90 46 100 46 110 46 120 46 130 52 140 52 150 52 160 52 170 52 180 52 190 52 200 52	55 50 60 50 65 50 70 50 75 50 80 50 85 50 90 50 100 50 110 50 120 50 130 56 140 56 150 56 160 56 170 56 180 56 190 56 200 56	60 54 65 54 75 60 80 60 85 60 90 60 100 60 110 60 120 60 130 66 140 66 150 66 160 66 170 66 180 66 190 66 200 66 220 79 240 73	70 60 75 60 80 66 85 72 90 72 100 72 110 72 120 72 130 78 140 78 150 78 160 78 170 78 180 78 190 78 200 78 220 91 240 91 260 91 280 91 300 91	75 66 80 66 85 66 90 66 100 66 110 66 120 72 130 72 140 72 150 72 160 72 170 72 180 72 190 72 200 72 220 85 240 85 260 85 280 85 300 85	80 72 85 72 90 72 100 72 110 72 120 72 130 78 140 78 150 78 160 78 170 78 180 78 190 78 200 78 220 91 240 91 260 91 280 91 300 91	90 78 100 78 110 78 120 78 130 84 140 84 150 84 160 84 170 84 180 84 190 84 200 84 220 97 240 97 260 97 280 97 300 97

Nota : Les vis peuvent être livrées brutes de fabrication ou protégées contre la corrosion.

7.7.2. Vis à tête fraisée

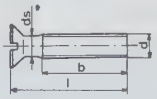
– Vis tête fraisée fendue (FS) NF E 25-123

- Entièrement filetée



Vis FS, M6. 35, 4.8, NF E 25-123, Zn8/B/Fe

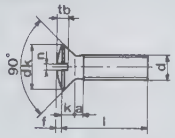
- Partiellement filetée



Vis FS, M6. 50, 4.8, NF E 25-123, Zn8/B/Fe

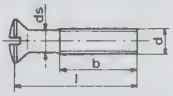
– Vis tête fraisée bombée fendue (FBS) NF E 25-124

- Entièrement filetée



Vis FBS, M6. 35, 4.8, NF E 25-124, Zn8/B/Fe

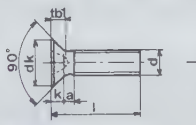
- Partiellement filetée



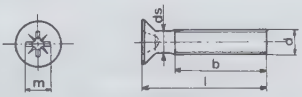
Vis FBS, M6. 50, 4.8, NF E 25-125, Zn8/B/Fe

– Vis tête fraisée à empreinte cruciforme (FZ) NF E 25-119

- Entièrement filetée



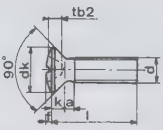
- Partiellement filetée



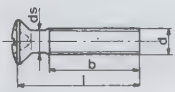
Vis FZ, M6. 35, 8.8, Type 1, NF E 25-119, Zn8/B/Fe

– Vis tête fraisée bombée à empreinte cruciforme (FBZ)

- Entièrement filetée



- Partiellement filetée



Vis FBZ, M6. 50, 8.8, Type 1, NF E 25-120, Zn8/B/Fe

	Vis FS et FBS									
d	M 1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10
pas	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	1	1,25	1,50
dk	3	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3
k	1	1,2	1,50	1,65	2,35	2,70	2,70	3,30	4,65	5
a	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	3
ds	1,2/1,6	1,6/2	2/2,5	2,5/3	2,9/3,5	3,3/4	4,2/5	5/6	6,8/8	8,6/10
t	0,50	0,60	0,75	0,85	1,20	1,30	1,40	1,60	2,30	2,6
tb	0,80	1	1,20	1,45	1,70	1,90	2,40	2,80	3,70	4,40
t_{b1}										
t_{b2}										
f	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	2	2,3
n	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,2	1,6	2	2,5
m										
Lonsueur avec tête (l) Longueur filetée en bleu (b)	2,5	3	4	5	6	6	8	8	10	12
	3	4	5	6	8	8	10	10	12	(14)
	4	5	6	8	10	10	12	12	(14)	16
	5	6	8	10	12	12	(14)	(14)	16	20
	6	8	10	12	(14)	(14)	16	16	20	25
	8	10	12	(14)	16	16	20	20	25	30
	10	12	(14)	16	20	20	25	25	30	35
	12	(14)	16	20	25	25	30	30	35	40
	(14)	16	20	25	30	30	35	35	40	45
	16	20	25	30	35	35	40	40	45	50 38
						40	45	45	50 38	(55) 38
							50 38	50 38	(55) 38	60 38
								(55) 38	60 38	(65) 38
								60 38	(65) 38	70 38
									70 38	(75) 38
									(75) 38	80 38
									80 38	

Vis FZ et FBZ							
2,5	3	3,5	4	5	6	8	10
0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	1	1,25	1,50
4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3
1,50	1,65	2,35	2,70	2,70	3,30	4,65	5
0,9	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	3
2/2,5	2,5/3	2,9/3,5	3,3/4	4,2/5	5/6	6,8/8	8,6/10
1,75	2	2,20	2,50	3,05	3,45	4,60	5,65
1,75	2,10	2,70	3,10	3,35	3,85	5,20	6,05
0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	2	2,3
2,9/3	3,1/3,8	4,2/4,8	4,5/5,2	5/5,6	6,7/7,2	8,9/9,6	9,9/10,4
4	4	5	5	6	8	10	12
5	5	6	6	8	10	12	(14)
6	6	8	8	10	12	(14)	16
8	8	10	10	12	(14)	16	20
10	10	12	12	(14)	16	20	25
12	12	(14)	(14)	16	20	25	30
(14)	(14)	16	16	20	25	30	35
16	16	20	20	25	30	35	40
20	20	25	25	30	35	40	45
25	25	30	30	35	40	45	50 38
	30	35	35	40	45	50 38	(55) 38
			40	45	50 38	(55) 38	60 38
				50 38	(55) 38	60 38	
					60 38		

7.7.3. Vis à tête fraisée à 6 pans creux (FHC) NF E 27-160

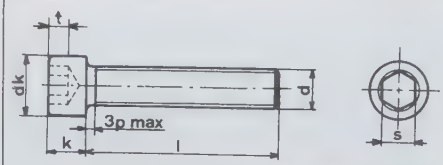


Vis FHC, M6. 35, 10.9, NF E 25-160

d	M 3	4	5	6	8	10	12	(14)	16	20
Pas	0,50	0,7	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,50
d_k	5,5	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3	22,5	26	30	38
k	1,65	2,70	2,70	3,30	4,65	5	6	7	8	10
S	2	2,5	3	4	5	6	8	10	10	12
t_{mini}	1,05	1,75	2,15	2,55	3,50	4,50	4,70	5	5,50	6,15
Longueur avec tête (l) / Longueur filetée en bleu	8 10 12 16 20 25 18 30 18	8 10 12 16 20 25 30 20 35 20 40 20	8 10 12 16 20 25 30 22 35 22 40 22 50 22	10 12 16 20 25 30 35 24 40 24 50 24 60 24	10 12 16 20 25 30 35 40 28 50 28 60 28 70 28	12 16 20 25 30 35 40 50 32 60 32 70 32 80 32	20 25 30 35 40 50 60 36 70 36 80 36 90 36 100 36	30 35 40 50 60 70 40 80 40 90 40 100 40 120 40 140 40	30 35 40 50 60 70 44 80 44 90 44 100 44 120 44 140 44	40 50 60 70 80 52 90 52 100 52 120 52 140 52 160 52 180 52

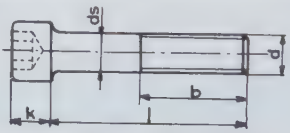
7.7.4. Vis à tête cylindrique à 6 pans creux (CHC) NF E 25-125

– **Entièrement filetée**



Vis CHC, M6. 30, 10.9, Type 1, NF E 25-125, Zn3/B/Fe

– **Partiellement filetée** (à tige réduite ou non)
(dans le tableau ci-dessous [d_s] indique la valeur pour tige réduite)



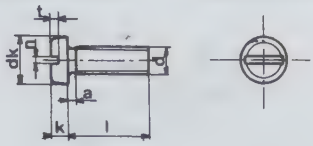
Vis CHC, M6. 40, 10.9, Type 1, NF E 25-125, Zn3/B/Fe

d	M 1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)
Pas	0,34	0,40	0,45	0,50	0,70	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,50	2,50	2,50	3	3
d_k	3	3,8	4,5	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	27	30	33	36	40
k	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27
S	1,5	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	14	17	17	19	19
t_{mini}	0,7	1	1,1	1,3	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13,5
d_s	1,3	1,7	2,1	2,6	3,5	4,4	5,6	7,1	8,9	10,7	12,5	14,5	16,2	18,2	20,2	21,8	24,8
Longueur avec tête (l) / Longueur filetée en bleu	2,5 3 4 5 6 8 10 12 16	3 4 5 6 8 10 12 16 20 16	4 5 6 8 10 12 16 20 25 17	5 6 8 10 12 16 20 25 18 30 18	6 8 10 12 16 20 25 30 20 35 20 40 20	8 10 12 16 20 25 30 22 35 22 40 22 45 22 50 22	10 12 16 20 25 30 35 24 40 24 45 24 50 24 55 24 60 24	12 16 20 25 30 35 40 28 45 28 50 28 55 28 60 28 65 28 70 28 80 28	16 20 25 30 35 40 45 50 32 55 32 60 32 65 32 70 32 80 32 90 32 100 32	20 25 30 35 40 45 50 55 36 60 36 65 36 70 36 80 36 90 36 100 36 110 36 120 36	25 30 35 40 45 50 55 60 40 65 40 70 40 80 40 90 40 100 40 110 40 120 40 130 40 140 40	25 30 35 40 45 50 55 60 44 65 44 70 44 80 44 90 44 100 44 110 44 120 44 130 44 140 44 150 44 160 44	30 35 40 45 50 55 60 65 48 70 48 80 48 90 48 100 48 110 48 120 48 130 48 140 48 150 48 160 48 180 48	30 35 40 45 50 55 60 65 70 52 80 52 90 52 100 52 110 52 120 52 130 52 140 52 150 52 160 52 180 52 200 52	35 40 45 50 55 60 65 70 80 56 90 56 100 56 110 56 120 56 130 56 140 56 150 56 160 56 180 56 200 56	40 45 50 55 60 65 70 80 90 60 100 60 110 60 120 60 130 60 140 60 150 60 160 60 180 60 200 60	45 50 55 60 65 70 80 90 100 66 110 66 120 66 130 66 140 66 150 66 160 66 180 66 200 66 220 66 240 66 260 66 280 66

7.7.5. Vis à tête cylindrique fendue

– Vis tête cylindrique fendue (CS) NF E 25-127

- Entièrement filetée



Vis CS, M6.30, 4.8, NF E 25-127, Zn3/B/Fe

- Partiellement filetée



Vis CS, M6. 50, 4.8, NF E 25-127, Zn3/B/Fe

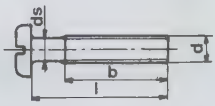
– Vis tête cylindrique large fendue (CLS) NF E 25-128

- Entièrement filetée



Vis CLS, M6. 30, 4.8, NF E 25-128, Zn3/B/Fe

- Partiellement filetée



Vis CLS, M6. 50, 4.8, NF E 25-128, Zn3/B/Fe

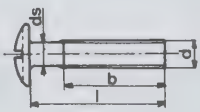
– Vis tête cylindrique fendue dite poêlier (RLS) NF E 25-129

- Entièrement filetée



Vis RLS M6. 30, 4.8, NF E 25-129, Zn3/B/Fe

- Partiellement filetée



Vis RLS, M8. 65, 4.8, NF E 25-129, Zn3/B/Fe

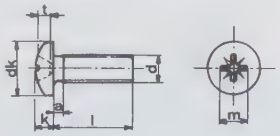
	Vis CS						Vis CLS							Vis RLS			
d	M 2,5	3	4	5	6	8	2	2,5	3	4	5	6	8	M 4	5	6	8
Pas	0,45	0,5	0,70	0,80	1	1,25	0,40	0,45	0,50	0,70	0,80	1	1,25	0,70	0,80	1	1,25
d_k	4,5	5,5	7	8,5	10	13	4	5	5,6	8	9,5	12	16	10	12,5	15	20
k	1,6	2	2,6	3,3	3,9	5	1,3	1,5	1,8	2,4	3	3,6	4,8	2,2	2,7	3,3	4,4
a	0,9	1	1,4	1,6	2	2,5	0,8	0,9	1	1,4	1,6	2	2,5	1,4	1,6	2	2,5
d_s	2,1/2,5	2,6/3	3,4/4	4,3/5	5,2/6	7/8	1,7/2	2,1/2,5	2,6/3	3,4/4	4,3/6	5,2/6,8	7/8	3,4/4	4,3/5	5,2/6	7/8
t	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2	0,5	0,6	0,7	1,1	1,2	1,4	1,9	1	1,2	1,5	2
n	0,6	0,8	1,2	1,2	1,6	2	0,5	0,6	0,8	1,2	1,2	1,6	2	1,2	1,2	1,6	2
Longueur sans tête (l) Longueur filetée en bleu (b)	3	4	5	6	8	10	2,5	3	4	5	6	8	10	8	8	10	12
	4	5	6	8	10	12	3	4	5	6	8	10	12	10	10	12	16
	5	6	8	10	12	(14)	4	5	6	8	10	12	(14)	12	12	16	20
	6	8	10	12	(14)	16	5	6	8	10	12	(14)	16	16	16	20	25
	8	10	12	(14)	16	20	6	8	10	12	(14)	16	20	20	20	25	30
	10	12	(14)	16	20	25	8	10	12	(14)	16	18	25	25	25	30	35
	12	(14)	16	20	25	30	10	12	(14)	16	18	20	30	30	30	35	40
	(14)	16	20	25	30	35	12	(14)	16	18	20	25	35	35	35	40	45
	16	20	25	30	35	40	(14)	16	18	20	25	30	40	40	40	45	50
	20	25	30	35	40	45 38	16	20	20	25	30	35	45 38		45	50	55
	25	30	35	40	45 38	50 38	20	25	25	30	35	40	50 38		50	55	60
			40	45 38	50 38	(55) 38			30	35	40	45 38	(55) 38			60	60
				50 38	(55) 38	60 38				40	45 38	50 38	60 38				65 38
					60 38	(65) 38					50 38	(55) 38	(65) 38				70 38
						70 38						60 38	70 38				80 38
						(75) 38							(75) 38				
						80 38							80 38				

Note : Les valeurs entre parenthèses doivent être évitées si possible.

7.7.6. Vis à tête cylindrique ou ronde à empreinte cruciforme

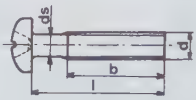
– Vis à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme (CBLZ) NF E 25-121

- Entièrement filetée



Vis CBLZ, M6.30, 8.8, type 1, NF E 25-121, Zn8/B/Fe

- Partiellement filetée



Vis CBLZ, M6. 50, 8.8, type 1, NF E 25-121, Zn8/B/Fe

– Vis à tête ronde large dite « poêlier » à empreinte cruciforme (RLZ) NF E 25-122

- Entièrement filetée



Vis RLZ, M6. 30, 8.8, type 1, NF E 25-122, Zn8/B/Fe

- Partiellement filetée



Vis RLZ, M6. 70, 8.8, type 1, NF E 25-122, Zn8/B/Fe

7.7.7. Vis à tête hexagonale fendue (HS) NF E 25-137



– d_w : diamètre de la surface portante sous la tête ;
– k_w : hauteur minimale de prise de clé (k_w = 0,7 k).

Vis HS, M6. 30, 5.8, NF E 25-137, Zn5/B/Fe

	Vis CLBZ							Vis RLS					Vis HS				
d	M 2,5	3	(3,5)	4	5	6	8	M 3	4	5	6	8	M 3	4	5	6	8
Pas	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	1	1,25	0,50	0,70	0,80	1	1,25	0,5	0,70	0,80	1	1,25
d_k	5	5,6	7	8	9,5	12	16	6,6	9,5	11	13,5	17					
k	2,1	2,4	2,6	3,1	3,7	4,6	6	1,7	2,6	2,9	9,7	5	2	2,8	3,5	4	5,3
S													5,5	7	8	10	13
t_{min}	1,30	1,45	1,45	1,90	2,30	3,05	3,70	1,30	1,70	2,05	2,25	3,40	0,8	1,2	1,5	1,8	2,2
ds	2/2,5	2,5/3	2,9/3,5	3,3/4	4,2/5	5/6	6,8/8	2,5/3	3,3/4	4,2/5	5/6	6,8/8					
n													0,8	1,2	1,2	1,6	2
m	2,6	3	4	4,3	4,7	6,8	8,5	2,6	4,1	4,5	6	8,2					
d_w													4,6	5,9	6,9	8,9	11,6
e													6,01	7,66	8,79	11,05	14,38
a	0,90	1	1,20	1,40	1,60	2	2,50	1	1,40	1,60	2	2,50	1,5	2,1	2,4	3	3,75
Longueur sans tête (l) Longueur filetée en bleu	3	4	5	5	6	8	10	6	8	8	10	10	6	8	10	12	16
	4	5	6	6	8	10	12	8	10	10	12	12	8	10	12	(14)	20
	5	6	8	8	10	12	(14)	10	12	12	16	16	10	12	(14)	16	25
	6	8	10	10	12	(14)	16	12	16	16	20	20	12	(14)	16	20	30
	8	10	12	12	(14)	16	20	16	20	20	25	25	(14)	16	20	25	35
	10	12	(14)	(14)	16	20	25	20	25	25	30	30	16	20	25	30	
	12	(14)	16	16	20	25	30	25	30	30	35	35	20	25			
	(14)	16	20	20	25	30	35	30	35	35	40	40					
	16	20	25	25	30	35	40		40	40	45	45					
	20	25	30	30	35	40	45 38			45	50	50					
	25	30	35	35	40	45 38	50 38			50	(55)	(55)					
				40	45 38	50 38	(55) 38				60	60 38					
						(55) 38	60 38					70 38					
						60 38						80 38					

Note : Les valeurs entre parenthèses doivent être évitées si possible.

7.7.8. Vis à tête cylindrique ou ronde à 6 lobes internes

– Vis tête ronde large dite « poêlier » à 6 lobes internes (RLX) NF E 25-110

- Entièrement filetée **- Partiellement filetée**



Dimensions d'empreinte NF E 27-185

Vis RLX, M6.30, 10.9, type 1, NF E 25-110, Zn8/B/Fe — Vis RLX, M8. 70, 10.9, type 1, NF E 25-110, Zn8/B/Fe

– Vis tête cylindrique basse à 6 lobes internes (CZX) NF E 25-111

- Entièrement filetée **- Partiellement filetée**



Dimensions d'empreinte NF E 27-185

Vis CZX, M6. 30, 10.9, type 1, NF E 25-111, Zn8/B/Fe — Vis CZX, M8. 70, 10.9, type 1, NF E 25-110, Zn8/B/Fe

	Vis RLX							Vis CZX									
d	M 3	(3,5)	4	5	6	8	10	M 2	2,5	3	(3,5)	4	5	6	8	10	12
Pas	0,50	0,6	0,70	0,80	1	1,25	1,50	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	1	1,25	1,50	1,75
d_k	6,6	8	9,5	11	13,5	17	21	3,8	4,5	5,5	6	7	8,5	10	13	16	18
k	1,7	2,4	2,6	2,9	3,7	5	5,7	1,4	1,7	2	2,4	2,8	3,5	4	5	6	7
d_s	2,5/3	2,9/3,5	3,3/4	4,2/5	5,4/6	6,8/8	8,6/10	1,6/2	2,05/2,5	2,5/3	2,9/3,5	3,3/4	4,2/5	5,4/6	6,8/8	8,6/10	10,4/12
t	0,85	0,95	0,85	1,40	1,65	2,30	3,10	0,60	0,90	0,85	0,95	0,85	1,40	1,65	2,30	3,10	3,75
Longueur sans tête (l) Longueur filetée en bleu (b)	6	6	8	8	10	12	16	4	6	6	6	8	8	10	12	16	20
	8	8	10	10	12	16	20	6	8	8	8	10	10	12	16	20	25
	10	10	12	12	16	20	25	8	10	10	10	12	12	16	20	25	30
	12	12	16	16	20	25	30	10	12	12	12	16	16	20	25	30	35
	16	16	20	20	25	30	35	12	16	16	16	20	20	25	30	35	40
	20	20	25	25	30	35	40	16	20	20	20	25	25	30	35	40	45
	25	25	30	30	35	40	45	20	25	25	25	30	30	35	40	45	50
	30	30	35	35	40	45	50			30	30	35	35	40	45	50	55
		35	40	40	45	50	55				35	40	40	45	50	55	60
				45	50	55	60						45	50	55	60	65
				50	55	60	65						50	55	60	65	70 50
					60	65 40	70 50							60	65 40	70 50	80 50
						70 40	80 50								70 40	80 50	90 50
						80 40	90 50								80 40	90 50	100 50
							100 50									100 50	120 50

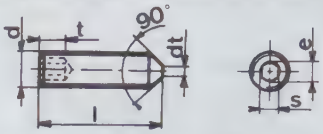
7.7.9. Vis sans tête à 6 pans creux

– Vis sans tête à 6 pans creux à bout plat NF E 27-180



Vis sans tête à bout plat HC M6. 30, 45 H, NF E 27-180

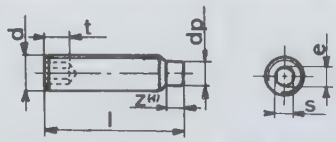
– Vis sans tête à 6 pans creux à bout conique NF E 27-180



Vis sans tête à bout conique HC M6. 30, 45 H, NF E 27-181

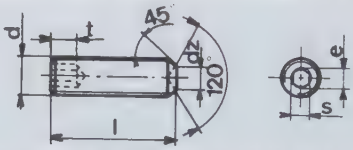
	Vis sans tête à bout plat HC										Vis sans tête à bout conique HC									
d	M 2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	M 2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
Pas	0,40	0,45	0,50	0,70	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	1	1,25	1,50	1,75	2
d_z max	1	1,5	2	2,5	3,5	4	5,5	7	8,5	12										
e	1	1,42	1,73	2,30	2,87	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	1	1,43	1,73	2,30	2,87	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15
s	0,9	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	0,9	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8
d_t											0	0	0	0	0	1,5	2	2,5	3	4
t*	0,8	1,2	1,2	1,5	2	2	3	4	4,8	6,4	0,8	1,2	1,2	1,5	2	2	3	4	4,8	6,4
t	1,7	2	2	2,5	3	3,5	5	6	8	10	1,7	2	2	2,5	3	3,5	5	6	8	10
Longueur (1)	2*	2,5*	3*	4*	5*	6*	8*	10*	12*	16*	2,5*	3*	4	5	6	8	10	12	16	20
	2,5*	3*	4	5	6	8	10	12	16	20	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30
	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	5	6	8	10	12	16	20	25	30	35
	5	6	8	10	12	16	20	25	30	35	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40
	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45
	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50							40	45	50	55
							40	45	50	55								50	55	60

– Vis sans tête à 6 pans creux à bout téton NF E 27-182



Vis sans tête à téton HC M6. 30, 45 H, NF E 27-182

– Vis sans tête à 6 pans creux à bout cuvette NF E 27-183



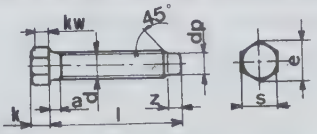
Vis sans tête à bout cuvette HC M6. 30, 45 H, NF E 27-183

	Vis sans tête à téton HC										Vis sans tête à bout cuvette HC									
d	M 2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	M 2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
Pas	0,40	0,45	0,50	0,70	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	0,40	0,45	0,50	0,70	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2
d_z max											1	1,2	1,4	2	2,5	3	5	6	8	10
e	1	1,42	1,73	2,30	2,87	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15	1	1,43	1,73	2,30	2,87	3,44	4,58	5,72	6,86	9,15
s	0,9	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	0,9	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8
d_p max	1	1,5	2	2,5	3,5	4	5,5	7	8,5	12										
z_1 max	0,75	0,88	1	1,25	1,5	1,75	2,25	2,75	3,25	4,3										
z_2 max	1,25	1,50	1,75	2,25	2,75	3,25	4,3	5,3	6,3	8,36										
t*	0,8	1,2	1,2	1,5	2	2	3	4	4,8	6,4	0,8	1,2	1,2	1,5	2	2	3	4	4,8	6,4
t	1,7	2	2	2,5	3	3,5	5	6	8	10	1,7	2	2	2,5	3	3,5	5	6	8	10
Longueur (l)	3*	4*	5*	6*	8	8*	10*	12*	16*	20*	2*	2,5*	3*	4*	5*	6*	8*	10*	12*	16*
	4*	5	6	8	10	10	12	16	20	25	2,5*	3*	4*	5*	6	8	10	12	16	20
	5	6	8	10	12	12	16	20	25	30	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
	6	8	10	12	16	16	20	25	30	35	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30
	8	10	12	16	20	20	25	30	35	40	5	6	8	10	12	16	20	25	30	35
	10	12	16	20	25	25	30	35	40	45	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40
						30	35	40	45	50	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45

(1) z_2 : téton court, z_1 : téton long.

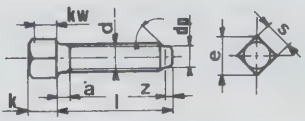
7.7.10. Vis à métaux pour vérin à vis

– Vis à tête hexagonale réduite à téton long (HZ) NF E 25-133



Vis HZ, M12 × 1.50, NF E 25-133, Zn5/B/Fe

– Vis à tête carrée réduite à téton court (QZ) NF E 25-134



Vis QZ, M12 × 1.50, NF E 25-134, Zn5/B/Fe

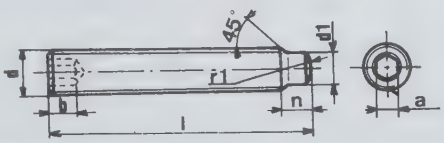
d	M 12 × 1	M 16 × 1,5	M 20 × 2	M 24 × 2	M 30 × 2	M 12 × 1	M 16 × 1,5	M 20 × 2	M 24 × 2	M 30 × 2
Pas (1)	1/1,75	1,5/2	2/2,5	2/3	2/3,5	1	1,5	2	2	2
a	5,25	6	7,50	9	10,50	5,25	6	7,50	9	10,50
d_p max	8,5	12	15	18	23	8,5	12	15	18	23
e	17,21	23,36	26,75	33,53	39,55	16,54	20,44	26,87	34,67	38,57
k	9	11	14	17	21	12	16	20	24	30
k_w min	6,2	8,3	9,7	11,8	14,4	8,3	11	13,8	16,6	20,7
s	16	18	24	30	36	13	16	21	27	30
z min	6	8	10	12	15	3	4	5	6	7,5
Longueur sous tête (l)	25	30	40	45	60	50	50	50	50	60
	30	35	45	50	70	60	60	60	60	70
	35	40	50	60	80	70	70	70	70	80
	40	45	60	70	90		80	80	80	90
	45	50	70	80	100		90	90	90	100
	50	60	80	90	120			100	100	120
	60	70	90	100	140				120	140
	70	80	100	120	160					160

(1) Pas du filetage : pas fin ou pas gros.

7.7.11. Vis de réglage. Vis de blocage sans tête

– Vis de réglage NF E 27-163

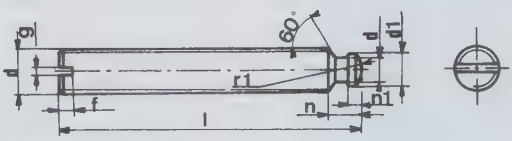
Vis de réglage M6. 40, NF E 27-163



- Acier de qualité 6.8
- Extrémité sphérique traitée pour dureté HRC = 42

– Vis de blocage sans tête NF E 27-164

Vis de blocage M6. 50, NF E 27-164



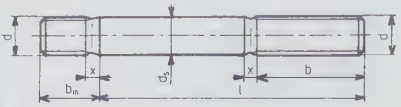
- Acier de qualité 6.8
- Extrémité sphérique traitée pour dureté HRC = 42

	Vis de réglage						Vis de blocage sans tête					
d	M 6	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 6	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16
Pas (1)	1	1,25	1,50	1,75	2	2	1	1,25	1,50	1,75	2	2
d_1	4,5 c11	6 c11	7,5 c11	9 c11	10 c11	12 c11	4,5 h11	6 h11	8 h11	8 h11	10 h11	12 h11
d_2 (0 - 0,1)							3,8	5,2	6,9	6,9	8,7	10,7
n	3,5	5	5,5	7	8	9	6	7,5	9	10	12	12
n_1							2,5	3	4,5	4,5	5	5
b min	4	5	6	8	8	10						
f							2	3	4	4	5	5
g							1	1,6	2	2	2,5	2,5
r_1	4,5	6	7,5	9	10	12	3	5	6	6	8	9
a	3	4	5	6	6	8						
Longueur (l)	15	18	20	22	25	30	30	40	60	60	60	80
	20	30	35	40	45	50	50	60	80	80	80	100
	40	45	50	60	65	70				100	100	125
	55	60	65	80	90	95						
		75	85	95	110	120						

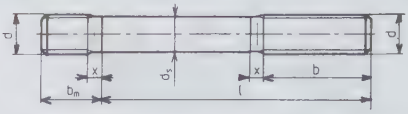
(1) Concernant les **vis de réglage**, indiquer le pas lorsqu'il s'agit d'un **pas fin**.

7.7.12. Goujons NF E 25-135

– **Tige normale** : $d_s \approx$ diamètre extérieur du filetage

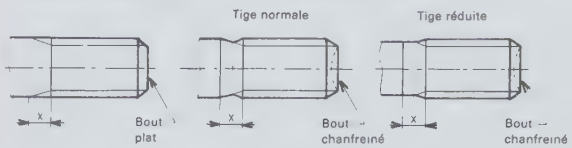


– **Tige réduite** : $d_s \approx$ diamètre à fond de filet



– **Arrêts de filetage :**

Filetage taillé — **Filetage roulé (RL)**



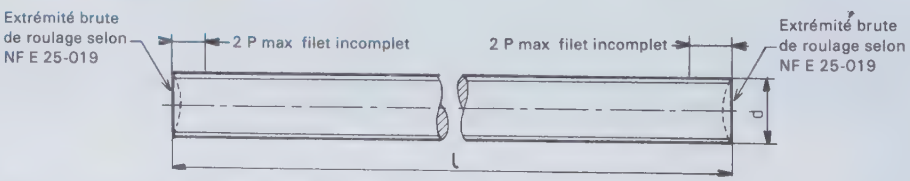
– **Longueur d'implantation** (b_m)* : en cas d'absence de précision à la commande, les goujons sont livrés avec une longueur d'implantation b_m = 1,5 d (voir § 4.1.6).

* La longueur d'implantation b_m a été symbolisée par « j ».

Goujon M 10.80, bm 15, RL, 8.8, type 1, NF E 25-135, Zn5/B/Fe, tige réduite.

Longueur d'implantation b_m = 1,5 d											
d	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	(M 14)	M 16	(M 18)	M 20	(M 22)	M 24
Pas	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	2,2	2,50	2,50	2,50	3
b L ≤ 125	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54
L > 125	-	-	-	-	-	40	44	48	52	56	60
b_m nom.	7,5	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
d_s nom. max	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
d_s tige réduite	4,4	5,3	7,1	8,9	10,7	12,5	14,5	16,2	18,2	20,2	21,8
x max.	2	2,5	3,2	3,8	4,4	5	5	6,3	6,3	6,3	7,5
Longueur (l)	30	30	35	40	45	50	55	60	(65)	70	(75)
	35	35	40	45	50	55	60	(65)	70	(75)	80
	40	40	45	50	55	60	(65)	70	(75)	80	(85)
	45	45	50	55	60	(65)	70	(75)	80	(85)	90
	50	50	55	60	(65)	70	(75)	80	(85)	90	100
		55	60	(65)	70	(75)	80	(85)	90	100	(110)
		60	(65)	70	(75)	80	(85)	90	100	(110)	120
			70	(75)	80	(85)	90	100	(110)	120	(130)
Les longueurs ( ) sont à éviter			(75)	80	(85)	90	100	(110)	120	(130)	140
			80	(85)	90	100	(110)	120	(130)	140	(150)
				90	100	(110)	120	(130)	140	(150)	160
				100	(110)	120	(130)	140	(150)	160	(170)
					120	(130)	140	(150)	160	(170)	180
						140	(150)	160	(170)	180	200
							160	(170)	180	200	
								180	200		

7.7.13. Tiges filetées NF E 25-136



Tige filetée M 16. 1000, 8.8, NF E 25-136, Zn5/B/Fe

d	M 2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	(33)	36	(39)	42	(45)	48	(52)
Pas	0,40	0,45	0,50	0,70	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,50	2,50	2,50	3	3	3,50	3,50	4	4	4,50	4,50	5	5

– Longueurs courantes : 1 000, 2 000, 3 000

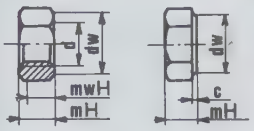
– Longueurs pour besoins spécifiques :

40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
150	160	180	200	220	240	260	280	300	350	400	450	500

Note : Les valeurs entre parenthèses doivent être évitées si possible.

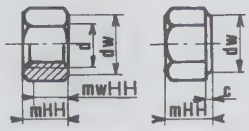
7.7.14. Écrous hexagonaux

– Écrou (H) NF E 25-401



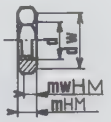
Écrou H, M12, 10, type 1, NF E 25-401, Zn8/B/Fe

– Écrou H Haut (HH) NF E 25-407



Écrou HH, M12, 8, type 1, NF E 25-407, Zn5/B/Fe

– Écrou H Bas (HM) NF E 25-405



Écrou HM, M12, 05, type 1, NF E 25-405, Zn5/B/Fe

– Écrou H série extra-légère (HMZ) NF E 25-109

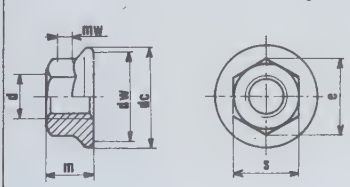


Écrou HMZ, M20 × 1,50, NF E 25-109

dm	M 1,6	2	2,5	3	(3,5)	4	5	6	8	10	12	(14)	16	20	24	30
Pas H, HH, HMdw	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,5	3	3,5
Pas HMZ													1,5	1,5	1,5	1,5
d_w	2,4	3,1	4,1	4,6	5,1	5,9	6,9	8,9	11,6	14,6	16,6	19,6	22,5	27,7	33,2	42,7
e min	3,41	4,32	5,45	6,01	6,58	7,66	8,79	11,05	14,38	17,77	20,03	23,35	26,75	32,95	39,55	50,85
s nom	3,2	4	5	5,5	6	7	8	10	13	16	18	21	24	30	36	46
m_H max	1,3	1,6	2	2,4	2,8	3,2	4,7	5,2	6,8	8,4	10,8	12,8	14,8	18	21,5	25,6
m_{HH} max							5,1	5,7	7,5	9,3	12	14,1	16,4	20,3	23,9	28,6
m_{HM} max	1	1,2	1,6	1,8	2	2,2	2,7	3,2	4	5	6	7	8	10	12	15
m_{HMZ} max													6	8	8	9
m_{wH} min	0,84	1,08	1,4	1,72	2,04	2,32	3,52	3,92	5,15	6,43	8,3	9,68	11,28	13,52	16,16	19,44
m_{wHH} min							3,8	4,3	5,7	7,1	9,2	10,7	12,6	15,2	18,1	21,8
m_{wHM} min	0,60	0,76	1,08	1,24	1,40	1,56	1,96	2,32	2,96	3,76	4,56	5,14	5,94	7,28	8,72	11,1
s_{HMZ}													24	27	34	4,1
c	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8

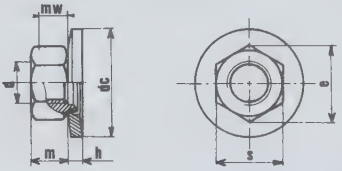
7.7.15. Écrous hexagonaux à embase ou à rondelle incorporée

– Écrou hexagonal à embase (HE) NF E 25-406



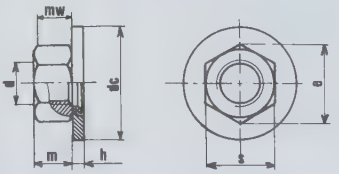
Écrou HE, M12, 10, type 1, NF E 25-406, Zn3/B/Fe

– Écrou hexagonal à rondelle conique lisse de serrage incorporée (H) NF E 25-415



Écrou H, M8, 8, type 1, + CL, NF E 25-415, Zn5/B/Fe

– Écrou hexagonal à rondelle plate incorporée (H) NF E 25-416

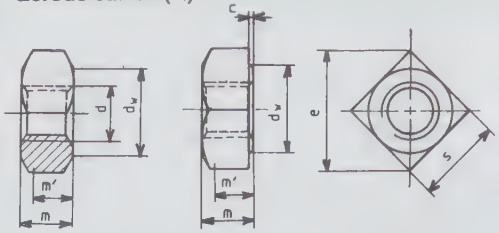


Écrou H, M8, 8, type 1, + L, NF E 25-416, Zn5/B/Fe

	Écrous à embase						Écrous à rondelles coniques incorporées						Écrous à rondelles plates incorporées					
d	M 5	6	8	10	12	16	M 5	6	8	10	12	16	M 5	6	8	10	12	16
Pas	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	0,8	1	1,25	1,50	1,75	2	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2
d_c max	11,8	14,2	17,9	21,8	26	34,5	15	18	22	27	30	39	16	18	22	27	32	40
d_w min	9,8	12,2	15,8	19,6	23,8	31,9												
m max	5	6	8	10	12	16	4,04	4,90	6,44	8,04	10,37	14,10	4,40	4,90	6,44	8,04	10,37	14,10
m_w min	2,2	3,1	4,5	5,5	6,7	9	3,5	3,9	5,1	6,4	8,3	11,2	3,5	3,9	5,1	6,4	8,3	11,2
h max							1,95	2,30	2,90	3,60	4,10	4,65	2,27	2,47	2,83	3,38	3,95	4,72
s max	8	10	13	16	18	24	8	10	13	16	18	24	8	10	13	16	18	24
e min	8,71	10,95	14,26	17,61	19,86	26,51	8,79	11,05	14,38	17,77	20,03	26,75	8,79	11,05	14,38	17,77	20,03	26,75

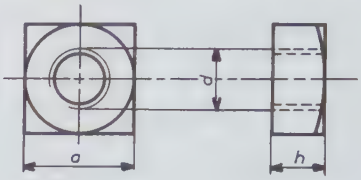
7.7.16. Écrous carrés

– Écrous carrés (Q) NF E 25-403



Écrou Q, M12, 5, type 1, NF E 25-403, Zn8/B/Fe
– Les dimensions et caractéristiques des écrous sont identiques, à l'exception de e, à celles des écrous hexagonaux correspondants définis dans la norme NF E 25-401, Écrous hexagonaux H (§ 7.7.14).

– Écrous carrés larges (Q L) NF E 27-412

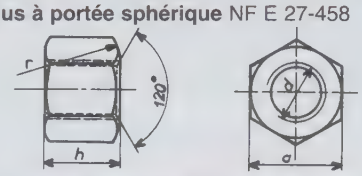


Écrou Q L, M12, NF E 27-412

d	M 4	5	6	(7)	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30
Pas	0,70	0,80	1	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5
a	8	10	11	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50
h	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11	13	15	16	18	19	22	24

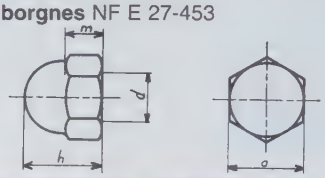
7.7.17. Écrous à portée sphérique et écrous borgnes

– Écrous à portée sphérique NF E 27-458



Écrou à portée sphérique, M14, NF E 27-458

– Écrous borgnes NF E 27-453

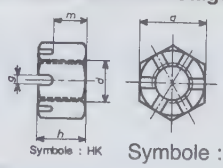


Écrou borgne, M14, NF E 27-453

	Écrou à portée sphérique								Écrou borgne												
d	M 4	6	8	10	12	16	20	24	M 3	(3,5)	4	5	6	(7)	8	10	12	16	(18)	20	(22)	24
Pas	0,70	1	1,25	1,50	1,75	2	2,5	3	0,50	0,60	0,70	0,80	1	1	1,25	1,50	1,75	2	2,5	2,5	2,5	3
r	8	14	14	22	22	30	44	44														
h	6	8	11	13	15	21	25	29	5,1	5,8	6,7	8	10	11	13	16,5	18,5	25	28,5	31	34	37
a	7	10	13	17	19	24	30	36	5,5	6	7	8	10	11	13	17	19	24	27	30	32	36
m									2,4	2,8	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	13	15	16	18	19

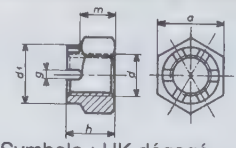
7.7.18. Écrous à créneaux (HK) NF E 27-414

Pour diamètres de filetages ≤ 39 mm



Symbole : HK

Pour diamètres de filetages ≥ 12 mm



Symbole : HK dégagé

Écrou HK, M14 U, NF E 27-414

Goupillages : voir norme NF E 27-488

d	M 4	5	6	(7)	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	(33)	36
Pas	0,70	0,80	1	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4
a	7	8	10	11	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50	55
h	5	6	7,5	8	9,5	12	15	16	19	21	22	26	27	30	33	35	38
g	1,2	1,4	2	2	2,5	2,8	3,5	3,5	4,5	4,5	4,5	5,5	5,5	5,5	7	7	7
m	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11	13	15	16	18	19	22	24	26	29
d1	-	-	-	-	-	-	17	19	22	25	28	30	34	38	42	46	50
Ø de la goupille fendue	1	1,2	1,6	1,6	2	2,5	3,2	3,2	4	4	4	5	5	5	6,3	6,3	6,3

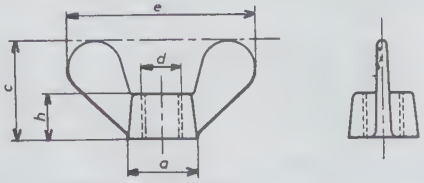
7.7.19. Écrous spéciaux

– Écrous élastiques en tôle NF E 27-460



Écrou élastique M10, NF E 27-460

– Écrous à oreilles (O) NF E 27-454

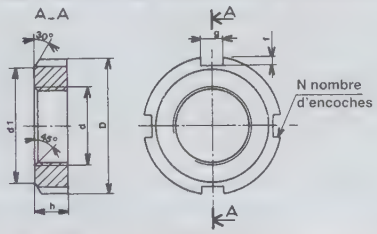


Écrou O, M12, NF E 27-454

	Écrous élastiques en tôle											Écrous à oreilles						
d	M 3	(3,5)	4	5	6	(7)	8	10	12	14	16	M 3	4	5	6	8	10	12
Pas	0,50	0,60	0,70	0,80	1	1	1,25	1,50	1,75	2	2	0,50	0,70	0,80	1	1,25	1,50	1,75
Pas fin							1	1,25	1,50	1,50	1,50						1,25	1,25
a												8	9	11	13	15,5	18	21
s	5,5	6	7	8	10	11	13	16	18	21	24							
h	2	2	2,2	2,5	3	3	3,5	4,2	4,5	5	5	4	5	6	8	10	11	12
e												22	26	30	35	42	48	54
c												12	13	15	18	22	25	28

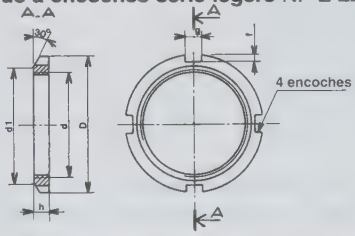
7.7.20. Écrous à encoches

– Écrous à encoches série forte NF E 22-111



Écrou à encoches M30 × 1,5, 4H, 5H, NF E 27-111

– Écrous à encoches série légère NF E 22-306



Écrou à encoches M30 ×1/5, 5H, NF E 22-306

	Écrous à encoches série forte																												
d	20	22	25	28	30	32	35	(38)	40	42	45	48	50	52	55	58	60	62	65	68	70	72	75	76	80	85	90	95	(96)	100
Pas	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
D js 13	40	42	46	50	52	54	56	60	64	67	70	72	77	77	80	89	89	92	94	97	102	102	107	107	112	117	122	127	127	132
h js 13	12	12	12	12	15	15	15	15	18	18	18	18	20	20	20	20	22	22	22	22	22	22	22	22	22	25	25	25	25	25
d_1 js 13	34	36	39	42	45	47	49	53	56	59	62	64	69	69	72	80	80	83	85	88	93	93	98	98	103	108	113	118	118	123
f js 13	2,5	2,5	3	3	3	3	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
g H 13	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	12	12	12	12	14	14	14	14	14	14	16	16	16	18
N	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

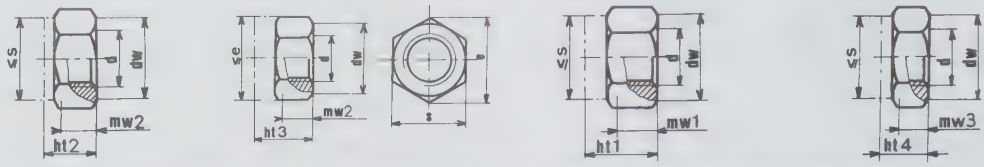
	Écrous à encoches série légère																												
d	10	12	15	17	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	55	60	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
Pas	0,75	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
D js 13	18	22	25	28	32	34	38	42	45	48	52	58	65	70	75	80	92	98	105	110	120	125	130	140	145	150	155	160	165	165
h js 13	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	10	11	11	11	12	13	15	16	16	17	18	18	19	19	20	21	21	22
d_1 js 13	13,5	17	21	24	26	28	32	36	38	40	44	50	56	61	67	73	85	90	95	102	108	113	120	126	133	137	138	148	149	160
f js 13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6
g H 13	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	8	10	10	10	12	12	12	12	12	12	14
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Les nombres entre parenthèses ne sont pas conformes à la norme NF E 03-013.

7.7.21. Écrous autofreinés

– Écrous hexagonaux autofreinés tout métal
- Écrous sans fente (HFR) NF E 25-410
- Écrous avec fente (HFR) NF E 25-411

– Écrous hexagonaux autofreinés à anneau non métallique
- Écrous hauts (HFR) NF E 25-409
- Écrous bas (H MFR) NF E 25-412



La surface délimitée par les traits mixtes représente l'élément d'autofreinage.

Écrou H, FR, M12, 8, type 1, NF E 25-410

Écrou H, FR, M12, 8, type 1, NF E 25-411

Écrou H, FR, M12, 8, type 1, NF E 25-409

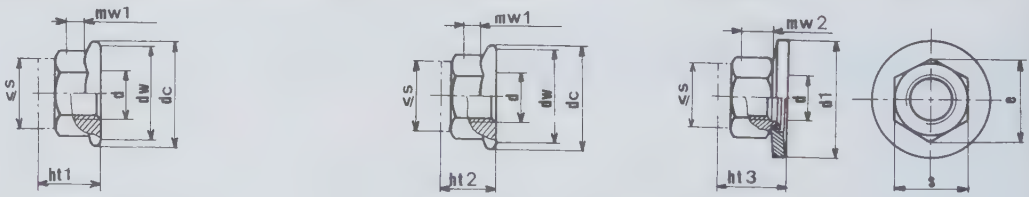
Écrou H M, FR M12, 08, type 1, NF E 25-412

d		M 3	4	5	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30
Pas		0,50	0,70	0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5
d_w	min	4,6	5,9	6,9	8,9	11,6	14,6	16,6	19,6	22,5	24,9	27,7	31,4	33,2	38	42,7
e	min	6,01	7,66	8,79	11,05	14,38	17,77	20,03	23,36	26,75	29,56	32,95	37,29	39,55	45,20	50,85
s	max	5,5	7	8	10	13	16	18	21	24	27	30	34	36	41	46
h_{t1}	max	4,9	6	6,8	8	10,6	12,6	15	17,5	20,1	22,3	23,5	26	28,2	32,5	35
h_{t2}	max	-		5,3	5,9	7,1	9	11,6	13,2	15,2	17	19	21	23		
h_{t3}	max	4,7	5,6	7	8,5	10,5	13	15,6	18,2	20,8	23,4	26	28,6	31,2	35,1	37
h_{t4}	max		4,65	5,6	6,1	8,8	11,1	11,7	13,1	14	15,5	16,6	17,6	20	22,2	25,7
m_{w1}	min	1,72	2,32	3,52	3,92	5,15	6,43	8,30	9,68	11,28	12,08	13,52	14,5	16,2	18	19,4
m_{w2}	min	1,9	2,2	2,7	3	3,7	4,8	6,7	7,8	9,1	9,7	10,9	11,7	13	14,5	15,7
m_{w3}	min		1,80	2,56	2,40	3,68	5,20	5,68	6,16	6,40	7,20	8	8,80	9,6	10,80	12

– Écrous hexagonaux à embase, autofreinés à anneau non métallique **(HE FR)** NF E 25-413

– Écrous hexagonaux à embase, autofreinés tout métal **(HE FR)** NF E 25-414

– Écrous hexagonaux autofreinés (anneau non métallique) à rondelle incorporée **(H FR + CL)** NF E 25-417



Écrou HE, FR, M12, 8, type 1, NF E 25-413

Écrou HE, FR, M12, 8, type 1, NF E 25-414

Écrou H, FR, M8, 8, type 1, + CL, NF E 25-417, Zn5/B/Fe

d		M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	(M 14)	M 16	M 20
Pas		0,80	1	1,25	1,50	1,75	2	2	2,5
d_c	max	11,8	14,2	17,9	21,8	26	29,9	34,5	42,8
d_w	min	9,8	12,2	15,8	19,6	23,8	27,6	31,9	39,9
d_1	nom	-	18	22	27	30	-	39	-
e		8,7	10,9	14,2	17,6	19,8	23,1	26,5	33,2
s	max	8	10	13	16	18	21	24	30
m_{w1}	min	2,2	3,1	4,5	5,5	6,7	7,8	9	11,1
m_{w2}	min	-	3,9	5,1	6,4	8,3	-	11,2	-
h_{t1}	max	7,1	9,1	11,8	14,2	16,2	18,7	21,3	25,5
h_{t2}	max	6,2	7,3	9,4	11,4	13,8	15,9	18,3	22,4
h_{t3}	max	-	10,30	13,50	16,20	19,10	-	24,75	-

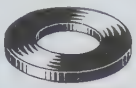
L'emploi des dimensions entre parenthèses doit être évité.

7.7.22. Rondelles plates

– Rondelles plates grade C
NF E 25-513 (classe 100 HV)



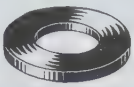
Rondelle L 8, 160 HV, NF E 25-514, Zn 5/B/Fe



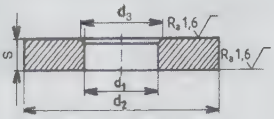
– Rondelles plates grade A
NF E 25-514 (classe 160 HV)



Rondelle plate chanfreinée Zn 5/B/Fe



– Rondelles plates grade A
NF E 25-518 (classe 310 HV)



Rondelle L 12, NF E 25-513,

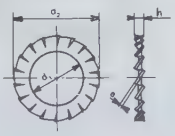
Rondelle Z 12, NF E 25-518, chanfreinée, Zn 5/B/Fe

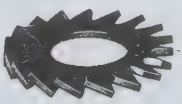
Symbole Z : série étroite ; symbole M : série moyenne ; symbole L : série large ; symbole LL : série très large

d nomi.	d_1	Rondelles de grade C (d_2)				Rondelles de grade A (d_2)				Rondelles série épaisse (d_2)				
		Z	M	L	LL	S	Z	M	L	Z	L	S_Z	S_L	d_3
1,6	1,7					0,5	3,5	5	6					
2	2,2					0,5	4	5,5	7					
2,5	2,7					0,5	5	7	10					
3	3,2	6	8	12	14	0,8	6	8	12					
4	4,3	8	10	14	16	0,8	8	10	14					
5	5,3	10	12	16	20	1	10	12	16					
6	6,4	12	14	18	24	1,2	12	14	18	12	16	2	3	6,8
(7)	7,4	14	16	20	27	1,5	14	16	20	14	18	2	3	
8	8,4	16	18	22	32	1,5	16	18	22	16	22	3	4	9,2
10	10,5	20	22	27	36	2	20	22	27	20	27	3	4	11,2
12	13	24	27	32	40	2,5	24	27	32	24	32	3,5	5	13,7
(14)	15	27	30	36	45	2,5	27	30	36	30	40	4	5	15,7
16	17	30	32	40	50	3	30	32	40	32	45	4,5	6	17,7
(18)	19	32	36	45	55	3	32	36	45	36	50	5	6	20,2
20	21	36	40	50	60	3	36	40	50	40	55	5	6	22,4
(22)	23	40	45	55		3	40	45	55	45	60	6	7	24,4
24	25	45	50	60		4	45	50	60	50	65	6	7	26,4
(27)	28	48	55	65		4	48	55	65	55		7		30,4
30	31	52	60	70		4	52	60	70	60		7		33,4

7.7.23. Rondelles à dents chevauchantes

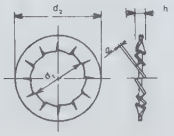
– Rondelles à dents extérieures chevauchantes planes (DEC) NF E 27-624





Rondelles à dents DEC M10, NF E 27-624

– Rondelles à dents intérieures chevauchantes planes (DIC) NF E 27-625

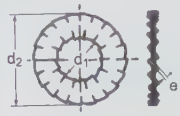


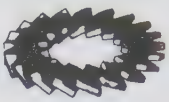


Rondelles à dents DIC M10, NF E 27-625

Ø vis	d_1 H14	d_2 js 15	e	h après charge	Charge d'essais en N	Couple de serrage mN	Ø vis	d_1 H14	d_2 js 15	e	h après charge	Charge d'essais en N	Couple de serrage mN
2	2,05	4,5	0,3	0,6	1 000	0,45	10	10,2	18	0,9	1,4	27 500	58
2,5	2,55	5,5	0,3	0,6	1 700	0,9	12	12,3	20	1	1,5	40 000	100
3	3,05	6	0,4	0,7	2 400	1,5	(14)	14,3	24	1,1	1,6	55 000	160
(3,5)	3,65	7	0,4	0,7	3 300	2,4	16	16,3	26	1,2	1,8	75 000	245
4	4,1	8	0,5	0,9	4 200	3,5	18	18,5	30	1,4	1,9	90 000	350
5	5,1	9,2	0,6	1	6 800	7,1	20	20,5	32,5	1,4	2,0	115 000	495
6	6,1	11	0,7	1,1	9 500	12	(22)	22,5	35	1,5	2,1	140 000	670
(7)	7,2	12	0,7	1,1	13 500	20	24	24,5	38	1,5	2,2	175 000	850
8	8,2	14	0,8	1,3	17 500	29	(27)	27,6	44	1,6	2,3	215 000	1 240
							30	30,6	48	1,6	2,4	270 000	1 700

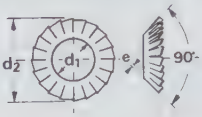
– Rondelles à double denture planes (DD) 10, NF E 27-626

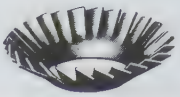




Rondelles à dents DD 10, NF E 27-626

– Rondelles à dents extérieures chevauchantes concaves (DEF) NF E 25-627





Rondelles à dents DEF 10, NF E 27-627

Ø vis	d_1 H14	d_2 js 15	e	h après charge	Charge d'essais en N	Couple de serrage N.m	Ø vis	d_1 H14	d_2 js 15	e	h après charge	Charge d'essais en N	Couple de serrage N.m
							2	2,10	4,5	0,15	0,30	1 000	0,45
							2,5	2,60	5,5	0,2	0,45	1 700	0,90
3	3,05	12	0,5	1,0	2 400	1,5	3	3,10	6	0,2	0,45	2 400	1,50
							(3,5)	3,60	7	0,25	0,55	3 300	2,40
4	4,10	15,5	0,8	1,60	4 200	3,5	4	4,20	8	0,25	0,60	4 200	3,50
5	5,10	17,5	0,8	1,60	6 800	7,1	5	5,20	10	0,3	0,70	6 800	7,10
6	6,10	18	0,9	1,80	9 500	12	6	6,30	12	0,3	0,80	9 500	12
(7)	7,20	20	1	1,90	13 500	20	(7)	7,30	14	0,35	1,00	13 500	20
9	8,20	22	1	1,90	17 500	29	9	8,30	15,5	0,4	1,05	17 500	29
10	10,20	26	1,1	2,0	27 500	58	10	10,40	19	0,4	1,15	27 500	58
12	12,30	30	1,2	2,0	40 000	100	12	12,40	23	0,5	1,50	40 000	100
(14)	14,30	33	1,4	2,0	55 000	160	(14)	14,40	27	0,6	1,80	55 000	160
16	16,30	36	1,4	2,0	75 000	245	16	16,40	31	0,6	1,90	75 000	245

7.7.24. Rondelles à dents chevauchantes (autres types)

– Rondelles à dents extérieures chevauchantes planes série large

Ø vis mm	Caract. de la rondelle libre d_1 H14	d_2 js 15	e nomi.	e tolér.
3	3,05	6,4	0,4	± 0,03
4	4,10	8,9	0,5	
5	5,10	10,1	0,6	
6	6,10	13,0	0,7	
9	9,20	16,9	0,8	
10	10,20	20,6	1,0	± 0,04
12	12,30	25,9	1,1	

– Utilisation : de préférence avec la boulonnerie de classe égale ou inférieure à 8.8.
– Tête de vis de diamètre ou surplat supérieur à la normale.
– Écrou à surplat supérieur à la normale.
– Trou de passage - toutes séries (NF E 27-04).
– Surface d'appui tendre (alliages légers, matières plastiques).
– Matières et duretés : acier C 60 E : 400 à 480 HV.



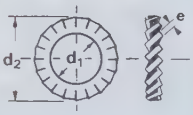


– Rondelles à dents extérieures chevauchantes planes série renforcée

Ø vis mm	Caract. de la rondelle libre d_1 H14	d_2 js 15	e nomi.	e tolér.
6	6,10	11	0,8	± 0,03
9	9,20	14,9	1,0	
10	10,20	17,8	1,1	
12	12,30	21,3	1,2	± 0,04
14	14,3	23,6	1,4	
16	16,3	26,3	1,4	

– Utilisation : de préférence avec la boulonnerie de classe égale ou supérieure à 8.8.
– Tête de vis diamètre ou surplat normal (NF E 27-115).
– Écrou à surplat normal (NF E 27-411).
– Trou de passage - séries fines et moyennes (NF E 27-040).
– Sur un support dur.
– Matières et duretés : acier C 60 E : 400 à 480 HV.



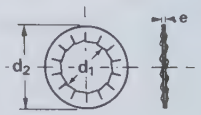


– Rondelles à dents intérieures chevauchantes planes série légère

Ø vis mm	Caract. de la rondelle libre d_1 H14	d_2 js 15	e nomi.	e tolér.
3	3,05	5,8	0,3	± 0,02
4	4,10	7,9	0,4	± 0,03
10	10,80	16,8	0,6	

– Utilisation : avec boulonnerie de classe égale ou inférieure à 4,8.
– Tête de vis diamètre ou surplat normal ou réduit (NF E 27-115).
– Écrou à surplat normal ou réduit (NF E 27-441).
– Trou de passage - série fine (NF E 27-040).
– Fixations légères.
– Matières et duretés : acier C 60 E : 400 à 480 HV.

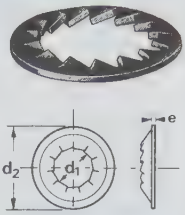




– Rondelles à dents intérieures chevauchantes planes série renforcée

Ø vis mm	Caract. de la rondelle libre d_1 H14	d_2 js 15	e nomi.	e tolér.
6	6,1	11	0,8	± 0,03
8	8,2	14,9	1,0	
10	10,2	17,8	1,1	
12	12,3	21,3	1,2	± 0,04
14	14,3	21,6	1,4	
16	16,3	26,3	1,4	

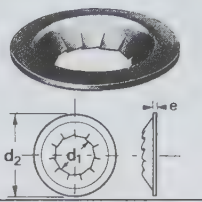
– Utilisation : avec boulonnerie de classe égale ou supérieure à 8.8.
– Tête de vis de diamètre ou surplat normal ou réduit (NF E 27-115).
– Écrou à surplat normal ou réduit (NF E 27-441).
– Trou de passage, séries fines et moyennes (NF E 27-040).
– Surface d'appui dure ou irrégulière.
– Matière et dureté : acier C 60 : 400 à 480 HV.



– Rondelles à dents intérieures chevauchantes concaves

Ø vis mm	Caract. de la rondelle libre d_1 H14	d_2 js 15	e nomi.	e tolér.
6	7,1	16	0,7	± 0,03

– Utilisation : pour vis à tête fraisée à 90° de classe égale ou inférieure à 8.8.



7.7.25. Rondelles d'étanchéité

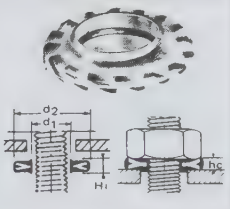
– Rondelles à dents extérieures d'étanchéité

Ø vis mm	Caract. joint libre d_1 H14	d_2 js 15	Hi maxi	Hauteur joint bloqué hc
3	3,05	6,8	2,10	1,45
4	4,10	9,1	3,05	1,7
5	4,10	10,3	3,55	1,85
6	6,10	12,4	4,00	2,1
8	8,10	15,9	5,05	2,35
10	10,20	19,0	5,30	2,6
12	12,20	23,1	5,90	2,8

– Utilisation : avec boulonnerie de classe égale ou inférieure à 8.8.
– Lorsque l'on désire empêcher l'infiltration ou l'écoulement de liquides (eau, huile, essence) le long des filets de la vis ou de l'écrou.

– Température d'utilisation : + 80 à 100° en continu, + 100 à 120° en pointe, – 20 à – 40° selon l'état hygrométrique.

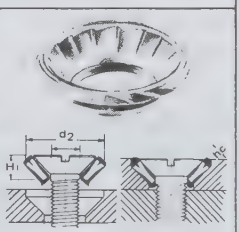
– Matières et duretés : Rondelle : acier C 60 E : 400 à 480 HV inox X6 CrNiMoNb17-12-2 : Enrobage : polyamide 6.



– Rondelles à dents chevauchantes d'étanchéité pour vis tête fraisée

4	4,05	8,4	3	0,8

– Utilisation : avec boulonnerie de classe égale ou inférieure à 8.8.
– Données techniques identiques à celles figurant pour le modèle AZ.

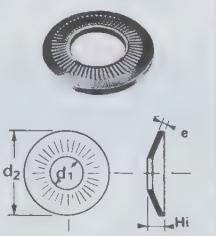


7.7.26. Rondelles de contact

– Rondelles de blocage

Ø vis mm	Caract. de la rondelle libre d_1 H14	d_2 js 14	e nomi.	e tolér.	Hi maxi	Caract. d'essai Charge N	Flèche mini charge
3	3,1	6	0,6	± 0,03	0,95	2 920	0,10
4	4,1	8	0,8		1,15	5 100	0,12
5	5,1	10	1,0		1,5	8 230	0,15
6	6,1	12	1,2	± 0,04	1,8	11 600	0,20
8	8,2	16	1,4		2,4	21 200	0,25
10	10,2	20	1,6	± 0,05	2,6	33 700	0,35
12	12,4	24	1,6		2,6	48 900	0,45

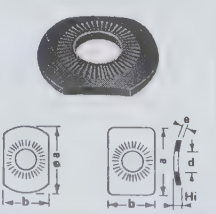
– Utilisation : avec boulonnerie de classe égale ou inférieure à 10.9.
– Lorsqu'on désire une grande surface portante permettant :
- la suppression d'un empilage de deux rondelles sur une boutonnière,
- de diminuer la pression spécifique exercée sur le support.
– Pour contact électrique.
– Matière et dureté : acier C 60 E : 440 à 520 HV.



– Plaquettes contact

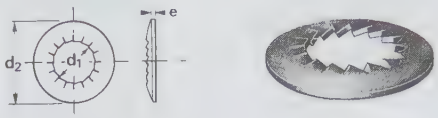
Ø vis mm	Caract. de la rondelle libre d_1 H14	d_2 js 14	j js 15	e nomi.	e tolér.	Hi maxi
6	6,1	18	15,1	1,6	± 0,05	2,8
8	8,2	22	13,7	1,6	± 0,05	2,6

– Utilisation : avec boulonnerie de classe égale ou inférieure à 10.9.
– Pour les cas de montage nécessitant une course élastique importante sous un encombrement réduit, rendant impossible l'emploi d'une rondelle contact.
– Matière et dureté : acier C 60 E : 440 à 520 HV.



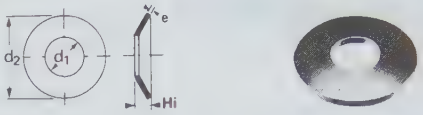
7.7.27. Rondelles coniques de serrage

– Rondelles coniques à dents intérieures (CDI)
NF E 25-512



Rondelles CDJ, 8. 22 1.2. NF E 27-512

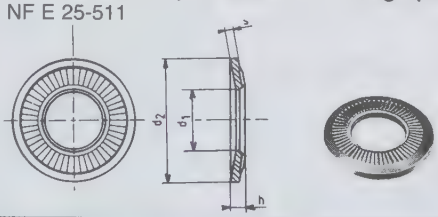
– Rondelles coniques lisses de serrage (CL)
NF E 25-510



Rondelles CL 6. 12. 1, 4 NF E 25-510, Zn5/B/Fe

Ø vis	d_1 H14	d_2 js 15	S	h après charge	Charge d'essais en N	Couple de serrage N.m	Ø vis	d_1 H14	d_2 js 15	S	h après charge	Charge d'essais en N	Flèche après essais mm	Couple de serrage N.m
2,5	2,55	6	0,40	0,85	1 600	0,9	5	5,30	11	1,2	1,51	8 200	0,15	7,1
3	3,10	8,5	0,50	1,10	2 400	1,5			15	1,4	8	8 200	0,25	7,1
4	4,10	11	0,60	1,40	4 200	3,5	6	6,40	12	1,4	1,7	11 600	0,15	12
		14	0,80	1,80	4 200	3,5			14	1,5	1,9	11 600	0,20	12
5	5,10	12	0,80	1,75	6 800	7,1			18	1,7	2,1	11 600	0,25	12
		16	1	2,20	6 800	7,1	8	8,40	16	1,9	2,3	21 200	0,20	29
6	6,10	14	0,70	1,75	9 500	12			18	2,6	2,4	21 200	0,22	29
		18	1	2,20	9 500	12			22	2,2	2,6	21 200	0,30	29
(7)	7,20	16	0,80	1,85	13 500	20	10	10,50	20	2,2	2,7	33 700	0,25	58
8	8,10	17,5	0,90	2,0	17 500	29			22	2,4	2,9	33 700	0,30	58
		22	1,20	2,55	17 500	29			27	2,8	3,3	33 700	0,35	58
10	10,20	20	1,0	2,20	27 500	58	12	13	24	2,8	3,2	48 900	0,25	100
		26	1,40	3,0	27 500	58			30	3,2	3,8	48 900	0,40	100
12	12,20	24	1,0	3,40	40 000	100	(14)	15	28	3,6	3,5	66 700	0,30	160
		32	1,40	3,70	40 000	100	16	17	32	3,4	3,9	91 000	0,35	245
14	14,20	27,5	1,20	2,86	55 000	160			39	3,6	4,3	91 000	0,50	245
16	16,20	32	1,40	3,30	75 000	245	20	21	38	4	4,7	147 000	0,50	460
									45	4,4	5,9	147 000	0,60	460

– Rondelles coniques striées de serrage (CS)
NF E 25-511

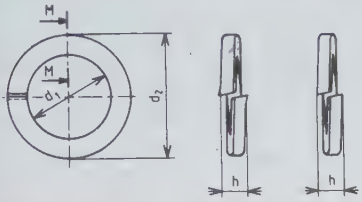


Rondelles CS, 12. 32 1.8, NF E 25-511

Ø vis	d_1 H14	d_2 js 15	S	h après charge	Charge d'essais en N	Flèche après essais mm	Couple de serrage N.m	Ø vis	d_1 H14	d_2 js 15	S	h après charge	Charge d'essais en N	Flèche après essais mm	Couple de serrage N.m
3	3,1	6	0,5	0,90	2 400	0,10	1,3	8	8,2	16	1,4	1,80	17 500	0,25	26
		8	0,6	1,00	2 400	0,15	1,3			18	1,4	1,90	17 500	0,35	26
		10	0,6	1,20	2 400	0,25	1,3			22	1,6	2,20	17 500	0,50	26
4	4,1	8	0,8	1,20	4 200	0,12	3,1	10	10,2	20	1,6	2,10	27 500	0,35	51
		10	0,9	1,40	4 200	0,15	3,1			22	1,6	2,25	27 500	0,45	51
		14	1,0	1,80	4 200	0,30	3,1			27	1,8	2,60	27 500	0,70	51
5	5,1	10	1,0	1,50	6 800	0,15	6,2	12	12,4	24	1,8	2,40	40 000	0,40	88
		12	1,1	1,80	6 800	0,20	6,2			27	1,8	2,60	40 000	0,60	88
		16	1,2	2,10	6 800	0,35	6,2			32	2,0	3,10	40 000	0,90	88
6	6,1	12	1,2	1,85	9 500	0,20	10,6	(14)	14,4	30	2,4	3,20	55 000	0,60	140
		14	1,3	2,10	9 500	0,25	10,6	16	16,4	32	2,8	3,60	75 000	0,65	215
		18	1,4	2,50	9 500	0,40	10,6	20	20,5	40	3,2	4,30	100 000	0,70	410

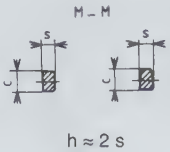
7.7.28. Rondelles grower

– Rondelles grower série courante (W) NF E 25-515



Rondelle W 12, A 14, NF E 25-513, avec becs W8 A14

– Rondelles grower série réduite (WZ) NF E 25-516



Rondelle WZ 12, NF E 25-516, enroulement à droite

– Rondelles grower série forte (WL) NF E 25-517

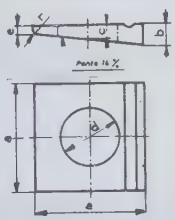
Matière :
- fil acier à ressort (44 à 50 HRC)
- acier inoxydable A 4

Rondelle WL 12, NF E 25-517, enroulement à droite, avec becs

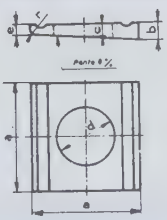
Ø vis	d_1 H15 nom.	d_1 H15 tol.	d_2	C js 15	S js 15	Ø vis	d_1 H15 nom.	d_1 H15 tol.	d_2	C js 15	S js 15	Ø vis	d_1 H15 nom.	d_1 H15 tol.	d_2	C js 15	S js 15
3	3,5		5,2	1	1	3	3,5		5,2	1	0,6	3	3,5		6,2	1,5	1
4	4,5	+ 0,48 0	7,3	1	1	4	4,5	+ 0,48 0	7,3	1,5	1	4	4,5	+ 0,48 0	8,3	2	1,2
5	5,5		8,3	1,5	1,5	5	5,5		8,3	1,5	1	5	5,5		10,3	2,5	1,5
6	6,5		10,4	2	2	6	6,5		10,4	2	1,2	6	6,5		12,4	3	1,8
(7)	7,5	+ 0,58 0	11,4	2	2	(7)	7,5	+ 0,58 0	11,4	2	1,2	(7)	7,5	+ 0,58 0	13,4	3	1,8
8	8,5		13,4	2,5	2,5	8	8,5		13,4	2,5	1,5	8	8,5		15,4	3,5	2
10	10,5		16,5	3	3	10	10,5		16,5	3	1,8	10	10,5		18,5	4	2,5
12	13	+ 0,70	20	3,5	3,5	12	13	+ 0,70	20	3,5	2	12	13	+ 0,70	23	5	3
(14)	15		23	4	4	(14)	15		23	4	2,5	(14)	15		25	5	3
16	17		25	4	4	16	17		25	4	2,5	16	17		29	6	3,5
(18)	19		29	5	5	(18)	19		29	5	3	(18)	19		31	6	3,5
20	21		31	5	5	20	21		31	5	3	20	21		35	7	4,5
(22)	23	+ 0,84 0	33	5	5	(22)	23	+ 0,84 0	33	5	3	(22)	23	+ 0,84 0	37	7	4,5
24	25		37	6	6	24	25		37	6	3,5	24	25		39	7	4,5
(27)	28		40	6	6	(27)	28		40	6	3,5						
30	31	+ 1,0 0	45	7	7	30	31	+ 1,0 0	45	7	4,5						

7.7.29. Cales obliques pour poutrelles NF E 27-681

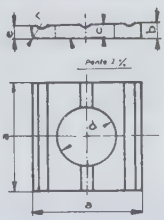
Pour poutrelles IPN

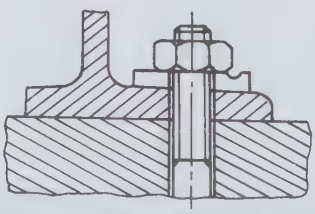


Pour poutrelles en U



Pour poutrelles en T





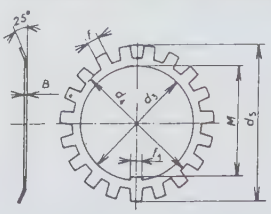
Cale poutrelle IPN de 24 NF E 27-681

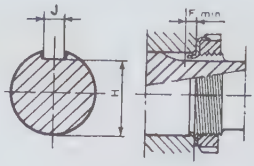
Diamètre nominal	d	a	Poutrelles IPN b	Poutrelles IPN c	Poutrelles IPN e	Poutrelles IPN r	Profilés en U b	Profilés en U c	Profilés en U e	Profilés en U r	Profilés en T b	Profilés en T c	Profilés en T e	Profilés en T r
10	11	22	4,5	3,0	1,5	1,2	3,9	3	2,1	1,7	3,2	3	2,8	2,2
11	12	24	5,0	3,3	1,6	1,3	4,3	3,3	2,3	1,8	3,5	3,3	3,1	2,5
12	14	27	5,5	3,6	1,7	1,4	4,7	3,6	2,5	2	3,9	3,6	3,3	2,6
14	16	30	6,1	4,0	1,9	1,5	5,2	4	2,8	2,2	4,3	4	3,7	3
16	18	33	6,8	4,5	2,2	1,8	5,8	4,5	3,2	2,6	4,8	4,5	4,2	3,4
18	20	36	7,5	5,0	2,5	2	6,4	5	3,6	2,9	5,4	5	4,6	3,7
20	22	42	8,4	5,5	2,6	2,1	7,2	5,5	3,8	3	5,9	5,5	5,1	4,1
22	24	45	9,2	6,0	2,8	2,2	7,8	6	4,2	3,4	6,5	6	5,5	4,4
24	27	48	10,1	6,4	2,9	2,3	8,4	6,4	4,6	3,7	7	6,4	6	4,8
27	30	52	10,2	6,8	3,2	2,6	8,9	6,8	4,7	3,8	7,3	6,8	6,3	5
30	33	60	10,9	7,1	3,3	2,6	9,3	7,1	4,7	3,8	7,7	7,1	6,5	5,2

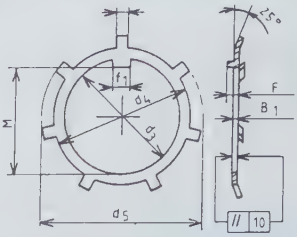
7.7.30. Rondelles frein pour écrous à encoches

– Rondelles frein pour écrous à encoches série légère NF E 22-307

Rainurage de l'arbre





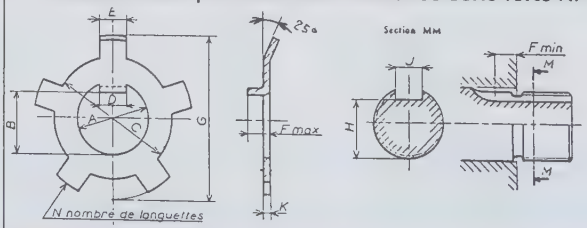


Rondelle frein type A de 30, NF E 22-307
N : nombre de languettes extérieures

Rondelle frein type B de 30, NF E 22-307

Ø nom.	Rondelles frein type A											Rondelles frein type B										
	d_3 C 11	d_4 d 13	d_5	f_1 b 14	M C 11	f b 14	B	N	F	H h 13	J H 13	d_3 H 12	d_4 js 12	d_5	f_1 h 13	M H 13	f h 13	B	N	F	H h 13	J H 13
10	10	13,5	21	3	8,5	3	1	9		8,5	3	10,3	14,5	21	2,8	8,7	3,5	0,8		3		
12	12	17	25	3	10,5	3	1			10,5	4	12,3	17	24	3,8	10,7	3,5	0,8	7	3		
15	15	21	28	4	13,5	4	1			13,5	5	15,3	20	28	4,8	13,7	3,5	0,8		4		
17	17	24	32	4	15,5	4	1			15,5	5	17,4	23	32	4,8	15,7	3,5	1		4		
20	20	26	36	4	18,5	4	1	11		18,0	5	20,4	26	36	4,8	18,2	3,5	1		4		
22	22	28	38	4	20,5	4	1			20,0	5	22,4	28	38	4,8	20,2	3,5	1		4		
25	25	32	42	5	23,0	5	1,25			23,0	6	25,4	32	42	5,8	23,2	4,5	1		4		
28	28	36	46	5	26,0	5	1,25			26,0	6	28,4	34	46	5,8	26,2	4,5	1	11	4		
30	30	38	49	5	27,5	5	1,25			28,0	6	30,5	38	50	5,8	28,3	4,5	1,2		4		
32	32	40	52	5	29,5	5	1,25			30,0	6	32,5	40	55	5,8	30,3	4,5	1,2		4		
35	35	44	57	6	32,5	5	1,25	13		31,0	6	35,5	44	61	7,5	32,8	5,5	1,2		4		
40	40	50	62	6	37,5	6	1,25			37,5	8	40,5	50	67	7,5	37,8	5,5	1,2		5		
45	45	56	69	6	42,5	6	1,25			42,5	8	45,5	55	73	7,5	42,8	5,5	1,2		5		
50	50	61	74	6	47,5	6	1,25			47,5	8	50,5	61	80	7,5	47,8	5,5	1,2	13	5		
55	55	67	81	8	52,5	7	1,5			52,5	8	55,5	67	87	7,5	52,8	6,5	1,2		5		
60	60	73	86	8	57,5	7	1,5			57,5	8	60,8	74	94	7,5	57,9	6,5	1,5		6		
65	65	79	92	8	62,5	7	1,5	17		62,5	8	65,8	80	99	7,5	62,9	6,5	1,5		6		
70	70	85	98	8	66,5	8	1,5			67,0	10	70,8	84	107	9,5	67,4	7	1,5		6		

– Rondelles frein pour écrous à encoches série forte NF E 22-112



Rondelle frein à languettes de 30, NF E 22-112

Ø nom	A H 11	B H 13	C js 12	D h 13	E h 13	F	G	H h 13	J H 13	K	N	Ø nom	A H 11	B H 13	C js 12	D h 13	E h 13	F	G	H h 13	J H 13	K	N
20	20,5	17	34	7,5	7,5	6	46	16,5	8	1,5		48	48,5	44	64	9,5	9,5	8	82	43,5	10	2	
22	22,5	19	36	7,5	7,5	6	48	18,5	8	1,5		50	50,5	46	69	9,5	9,5	8	89	45,5	10	2	
25	25,5	22	39	7,5	7,5	6	51	21,5	8	1,5	5	52	52,5	48	69	9,5	9,5	8	89	47,5	10	2	
28	28,5	25	42	7,5	7,5	6	54	24,5	8	1,5		55	55,5	51	72	9,5	9,5	8	92	50,5	10	2	7
30	30,5	27	45	9,5	9,5	6	60	26,5	10	1,5		58	58,5	54	80	9,5	9,5	8	100	53,5	10	2	
32	32,5	29	47	9,5	9,5	6	62	28,5	10	1,5		60	60,5	56	80	11,5	11,5	10	102	55,5	12	2	
35	35,5	31	49	9,5	9,5	6	64	30,5	10	1,5	7	62	62,5	59	83	11,5	11,5	10	105	58,5	12	2	
40	40,5	36	56	9,5	9,5	8	74	35,5	10	1,5		65	65,5	61	85	11,5	11,5	10	107	60,5	12	2	11
42	42,5	38	59	9,5	9,5	8	77	37,5	10	2		68	68,5	64	88	11,5	11,5	10	110	63,5	12	2	
45	45,5	41	62	9,5	9,5	8	80	40,5	10	2		70	70,5	66	93	13,5	13,5	10	115	65,5	14	2	

8. Éléments : de manœuvre de serrage d'entraînement





Banque de **DONNÉES**



Données dans **CD Rom**

8.1. Carrés d'entraînement, trous carrés, dimensions des surplats — 252

8.1.1. Carrés d'entraînement pour outils à queue cylindrique NF E 20-011 — 252
8.1.2. Carrés d'entraînement et trous carrés pour pièces mécaniques NF E 20-013 — 252
8.1.3. Dimensions des surplats pour usage général NF E 20-012 — 252

8.2. Encombrement des clés de serrage — 253

8.2.1. Clés à fourche simples NF E 74-301 — 253
8.2.2. Clés à béquille, à pipe, en tube NF E 74-303 — 253
8.2.3. Clés à fourche doubles. Clés polygonales doubles. Clés mixtes. — 253
8.2.4. Dégagement pour manœuvre par clé des écrous et des vis H NF E 74-306 — 253
8.2.5. Clés mâles coudées pour vis à six pans creux NF E 74-331 — 253

8.3. Éléments de manœuvre — 254

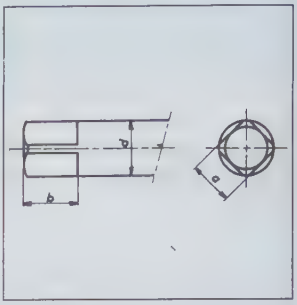
8.3.1. Poignées — 254
8.3.2. Boutons — 256
8.3.3. Volants, leviers — 257
8.3.4. Manettes et poignées indexables et/ou de sécurité — 258

8.1. Carrés d'entraînement, trous carrés, dimensions des surplats

8.1.1. Carrés d'entraînement pour outils à queue cylindrique NF E 20-011

Carrés d'entraînement pour pièces mécaniques non manœuvrées par des clés normalisées (manivelles, etc.).

Paliers de diamètres de queue d		Carré		Paliers de diamètres de queue d		Carré		Paliers de diamètres de queue d		Carré	
au-delà de	jusqu'à inclus	a h12	b	au-delà de	jusqu'à inclus	a h12	b	au-delà de	jusqu'à inclus	a h12	b
1,06	1,18	0,90		5,30	6,00	4,50	7	26,50	30,00	22,40	26
1,18	1,32	1,00		6,00	6,70	5,00	8	30,00	33,50	25,00	28
1,32	1,50	1,12		6,70	7,50	5,60		33,50	37,50	28,00	31
1,50	1,70	1,25	4	7,50	8,50	6,30	9	37,50	42,50	31,50	34
1,70	1,90	1,40		8,50	9,50	7,10	10	42,50	47,50	35,50	38
1,90	2,12	1,60		9,50	10,60	8,00	11	47,50	53,00	40,00	42
2,12	2,36	1,80		10,60	11,80	9,00	12	53,00	60,00	45,00	46
2,36	2,65	2,00		11,80	13,20	10,00	13	60,00	67,00	50,00	51
2,65	3,00	2,25		13,20	15,00	11,20	14	67,00	75,00	56,00	56
3,00	3,35	2,50	5	15,00	17,00	12,50	16	75,00	85,00	63,00	62
3,35	3,75	2,80		17,00	19,00	14,00	18	85,00	95,00	71,00	68
3,75	4,25	3,15	6	19,00	21,20	16,00	20	95,00	106,0	80,00	75
4,25	4,75	3,55		21,20	23,60	18,00	22				
4,75	5,30	4,00	7	23,60	26,50	20,00	24				

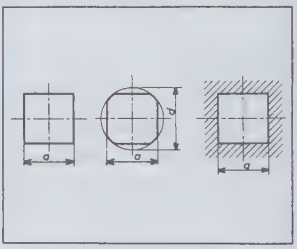


Centre d'usinage : prévoir à l'extrémité du carré, soit un centre d'usinage, soit, aux petits diamètres, une pointe de centrage.

8.1.2. Carrés d'entraînement et trous carrés pour pièces mécaniques NF E 20-013

Carrés d'entraînement pour pièces mécaniques non manœuvrées par des clés normalisées (manivelles, etc.).
Séries : 1, principale ; 2, secondaire.

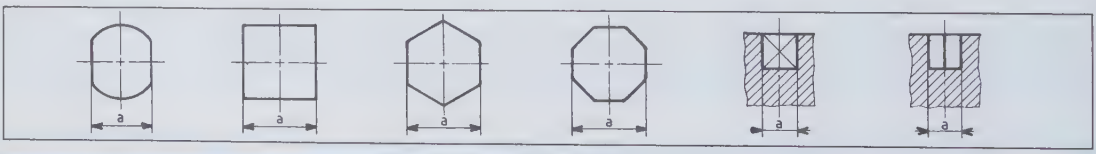
a Série 1	a Série 2	d Ø mini de l'arbre	a Série 1	a Série 2	d Ø mini de l'arbre	a Série 1	a Série 2	d Ø mini de l'arbre	a Série 1	a Série 2	d Ø mini de l'arbre
	0,90	1,06		2,80	3,35		9,00	10,60		26,00	33,50
1,00		1,08	3,15		3,75	10,00		11,80	31,50		37,50
	1,12	1,32		3,55	4,25		11,20	13,20		35,50	42,50
1,25		1,50	4,00		4,75	12,50		15,00	40,00		47,50
	1,40	1,70		4,50	5,30		14,00	17,00		45,00	53,00
1,60		1,90	5,00		6,00	16,00		19,00	50,00		60,00
	1,80	2,12		5,60	6,70		18,00	21,20		56,00	67,00
2,00		2,36	6,30		7,50	20,00		23,60	63,00		75,00
	2,24	2,65		7,10	8,50		22,40	26,50		71,00	85,00
2,50		3,00	8,00		9,50	25,00		30,00	80,00		95,00



Les tolérances sont déterminées suivant les applications.

8.1.3. Dimensions des surplats pour usage général NF E 20-012

Gamme de dimensions dans laquelle doivent être choisis de préférence les surplats intérieurs ou extérieurs (méplats, carrés, hexagones, octogones, etc.) d'éléments destinés soit à la fabrication, soit au serrage ou à la manœuvre de pièces mécaniques au moyen de clés normalisées, soit à la robinetterie.
Cette gamme de dimensions ne s'applique pas aux carrés d'entraînement ci-dessus **(NF E 20-011 et NF E 20-013)**.
Séries : 1, principale ; 2, secondaire.

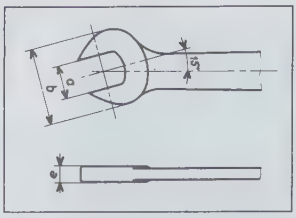


Séries 1	Séries 2	Séries 1	Séries 2	Séries 1	Séries 2	Séries 1	Séries 2	Séries 1	Séries 2	Séries 1	Séries 2	Séries 1	Séries 2	Séries 1	Séries 2	Séries 1	Séries 2	Séries 1	Séries 2
	1	2		3,2		7		13			19	30		46			70	95	
1,2			2,2	4		8			14	21			32		50	75			100
	1,3	2,5		5		10		16			22		34	55			80	105	
1,5			2,8	5,5			11		17	24		36			60	85			110
	1,8		3,0		6		12	18			27		41	65			90	115	

8.2. Encombrement des clés de serrage

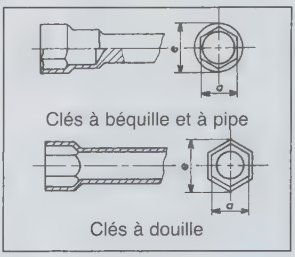
8.2.1. Clés à fourche simples NF E 74-301

a	b max	e max	a	b max	e max	a	b max	e max	a	b max	e max
17	41	7	24	55	9,5	36	81	14,5	60	131	24
18	43	7	27	62	11	41	91	16,5	65	141	26
19	45	7,5	30	68	12	46	102	18,5	70	152	28
21	49	8,5	32	72	13	50	110	20	75	162	30
22	51	9	34	76	13,5	55	121	22	80	173	32



8.2.2. Clés à béquille, à pipe, en tube NF E 74-303

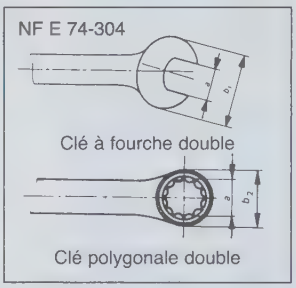
a	e max	a	e max	a	e max	a	e max
3,8	6	10	16	18	27	34	48
4	8	11	17	(19)	28,5	36	50
5	9,5	(12)	19	21	30,5	41	57
5,5	10	13	20,5	(22)	32	46	63
(6)	10,5	(14)	21,5	24	34,5	50	69
7	11,5	15	23	27	38,5	55	75
8	13	16	24,5	30	42	60	81
(9)	15	(17)	26	(32)	45		



() ne figure pas dans la norme internationale ISO 272.

8.2.3. Clés à fourche doubles. Clés polygonales doubles. Clés mixtes

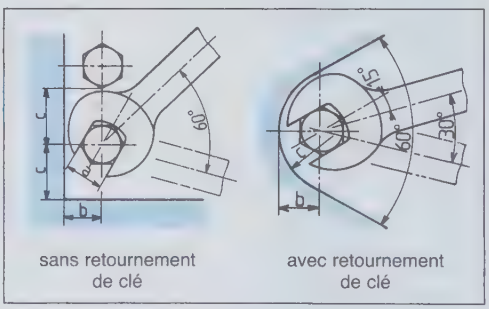
a	b_1 max	b_2 max	a	b_1 max	b_2 max	a	b_1 max	b_2 max	a	b_1 max	b_2 max
3,2	14	7	10	28	17	18	45	29	34	78	53
4	15	8	11	30	18,5	(19)	47	30,5	36	83	56
5	18	10	(12)	32	20	21	51	33,5	41	93	63,5
5,5	19	10,5	13	34	21,5	(22)	53	35	46	104	71
(6)	20	11	(14)	36	23	24	57	38	50	112	77
7	22	12,5	15	39	24,5	27	64	42,5	55	123	84,5
8	24	14	16	41	26	30	70	47	60	133	92
(9)	26	15,5	(17)	43	27,5	32	74	50			



() ne figure pas dans la norme internationale ISO 272.

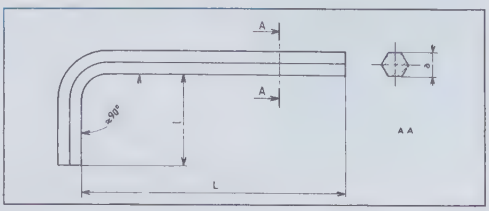
8.2.4. Dégagement pour manœuvre par clé des écrous et des vis H NF E 74-306

a	b	c	a	b	c	a	b	c
3,2	5	7	10	11	18	18	19	26
4	7	9	11	11	18	19	20	29
5	7	9	12	12	19	21	21	31
5,5	7	10	13	13	20	22	22	32
6	8	12	14	15	22	24	23	34
7	8	13	15	16	24	27	25	37
8	10	16	16	17	26	30	29	42
9	10	17	17	18	27	32	30	43



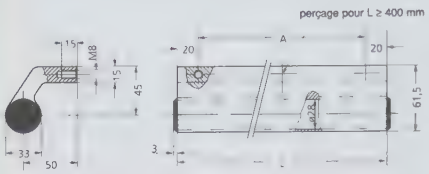
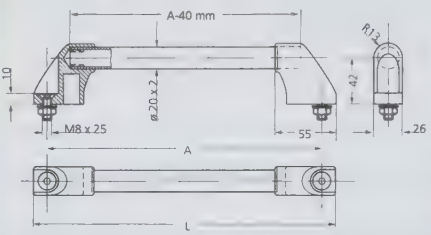
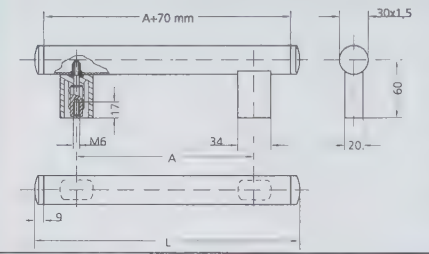
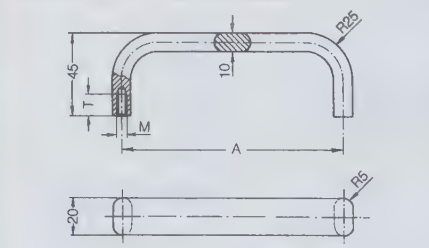
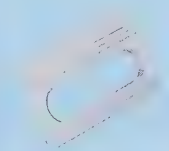
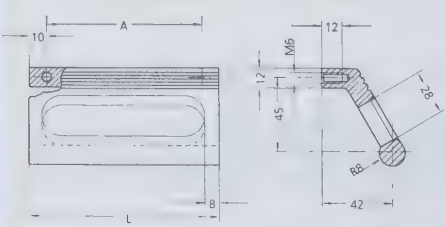
8.2.5. Clés mâles coudées pour vis à six pans creux NF E 74-331

a	L	l	a	L	l	a	L	l
0,7	32	6	4	70	25	17	160	63
0,9	32	10	5	80	28	19	180	70
1,3	40	12	6	90	32	22	200	80
1,5	45	14	8	100	36	24	224	90
2	50	16	10	112	40	27	250	100
2,5	56	18	12	125	45	32	315	125
3	63	20	14	140	56	36	344	140



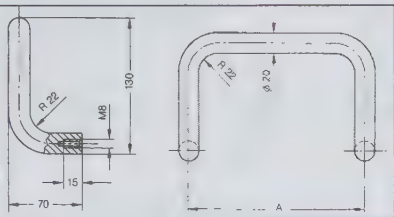
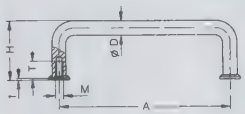
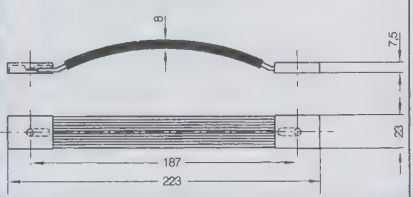
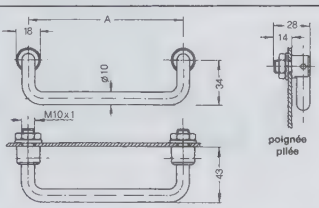
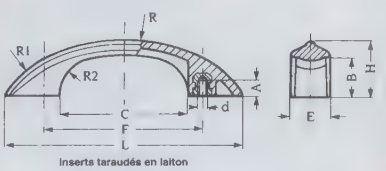
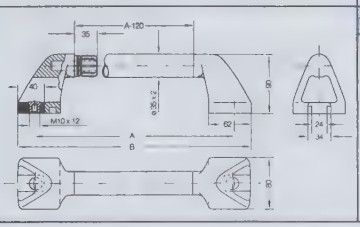
8.3. Éléments de manœuvre

8.3.1. Poignées

Aptitudes / Type	Dimensionnement	A	L	Remarques
Poignée Allure *	 	110 160 210 260 310 360 460 560	150 200 250 300 350 400 500 600	– Poignée en profilé d'aluminium Al Mg Si 0,5 et embouts en polyamide. – Trois couleurs, grainage très fin. – Surface semi-mate, anodisée, en trois couleurs standard. – Traction maximale verticale supérieure à 100 kg. – Très esthétique sur tous équipements, machines et boîtiers.
Poignée Radius *	 	180 200 250 300 350 400 500 600	204 224 274 324 374 424 524 624	– Poignée avec montants moulés en polyamide, forte épaisseur. – Noir RAL 9005, mate, au grainage très fin. – Tube en aluminium anodisé Al Mg Si 0,5. – Le tube peut être anodisé, couleur naturelle ou recouvert d'une protection tubulaire plastique. – Livrée avec les vis de fixation.
Poignée Axis *	 	200 250 300 350 400 500 600	288 338 388 438 488 588 688	– Poignée réalisée avec tube aluminium Al Mg Si 0,5 de diamètre 30 x 1,5 mm, brossé très finement et anodisé en trois couleurs. – Montants et embouts fabriqués en polyamide, couleur noire. – Fixations du tube par rivets. – Force maximale de traction verticale supérieure à 80 kg. – Très esthétique.
Poignée Orion *	 	120 180 200 350	M 5 M 5 M 5 M 6	– Poignée réalisée en profilé d'aluminium ovale aplati Al Mg Si 0,5. – Surface mate anodisée. – Couleur noire anodisée sur demande. – Traction maximale applicable supérieure à 80 kg.
Poignée Nomade	 	86 100 120	106 120 140	– Poignée fabriquée en profilé d'aluminium Al Mg Si 0,5, surface semi-mate, polie, anodisée en trois couleurs. – Trous de fixation taraudés (figure ci-contre) ou trous fraisés sur le côté. – Force maximale de traction verticale supérieure à 50 kg. – Très esthétique. – Utilisations diverses.

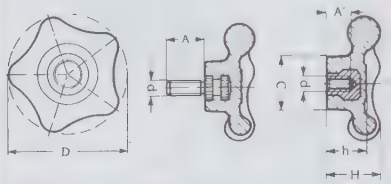
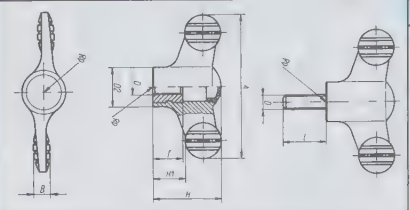
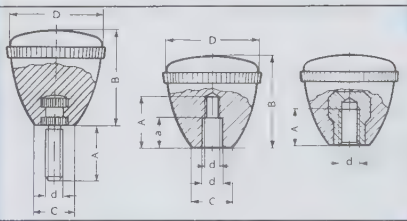
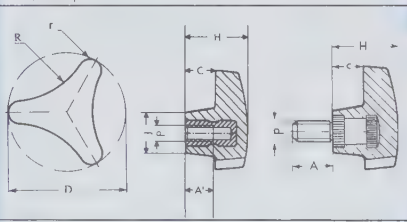
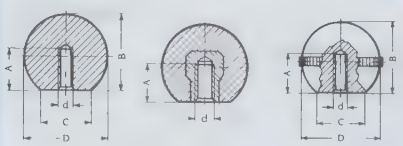
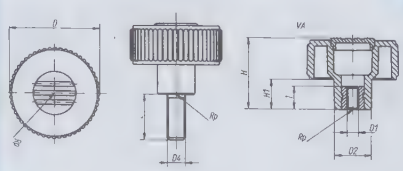
* Renseignements complémentaires dans le CD Rom associé.
Nota : voir CD Rom pour de nombreux autres modèles.

Poignées (suite)

Aptitudes → / Type ↓	Dimensionnement				Remarques
Poignée Québec *			Versions droite A: 200, 250, 300, 350, 400 — coudée A: 200, 350		– Existe également en poignée droite. – Existe en acier rond poli et chromé mat. – Existe en aluminium rond, surface polie, anodisée, noire satinée. – Traction maximale applicable supérieure à 100 kg.
Poignée Artémis *		A / D: 32/5, 55/5, 32/8, 64/8, 136/8, 55/10, 100/10, 200/10	H: 20, 24, 33, 33, 33, 41, 41, 41	M: 3, 3, 4, 4, 4, 5, 5, 5	– Poignée réalisée en acier rond, surface polie miroir et chromée. – Traitement de surface haute définition. – Pièce livrée avec deux rondelles d'appui en laiton nickelé. – Traction maximale applicable supérieure à 80 kg.
Poignée Tango extensible *					– Poignée extensible réalisée en plastique souple, couleur noire, intérieur renforcé en acier. – Traction minimale applicable supérieure à 80 kg ou 35 kg suivant la version. – Poignée existe en trois versions.
Poignée Modulo *			A: 100, 120, 180		– Poignée rabattable réalisée en acier rond, surface polie miroir et chromée. – Version existant avec protection souple en plastique noir. – Blocage par ressort dans les deux positions. – Fixation, pièce livrée avec rondelles et écrous zingués. – Traction maximale applicable supérieure à 80 kg. – Fabriquée également en inox.
Poignée Galbée **					– Poignée en plastique thermodurcissable technique de surface brillante et polie. – Couleur standard noire. – Fixation : inserts en laiton. – Utilisation : de – 50 à 155 °C. – Isolation thermique et électrique. – Version en bakélite.
Poignée Amiral *			A: 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800	B: 350, 400, 450, 500, 550, 650, 750, 850	– Poignée réalisée pour les plus hautes exigences mécaniques. – Tube en inox de surface polie, montants en polyamide technique de couleur noire. – Fixation avec vis inox M10 × 25, rondelles inox et écrous. – Traction maximale applicable largement supérieure à 200 kg. – Très esthétique.

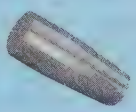
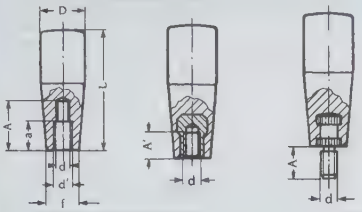
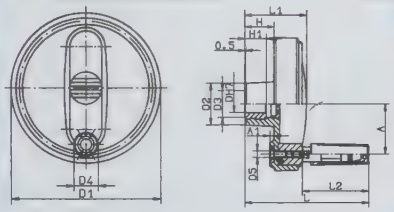
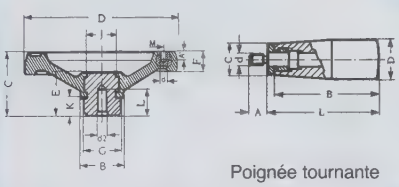
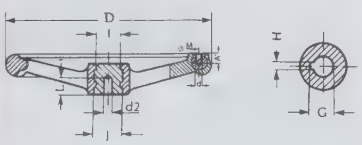
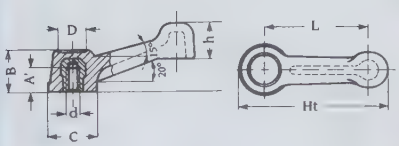
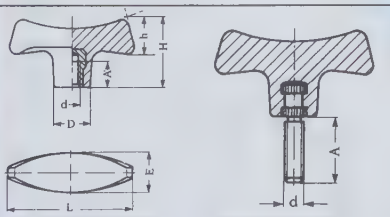
* Renseignements complémentaires dans le CD ROM associé.
** Éléments décrits partiellement dans l'ouvrage et en totalité dans le CD ROM associé.

8.3.2. Boutons

Aptitudes → / Type ↓	Dimensionnement				Remarques
Bouton étoile **		D	H	C	– Pièce en plastique thermodurcissable technique, de surface brillante et polie, très grande dureté, grande résistance aux produits chimiques. – Couleur standard noire. – Fixation suivant version. – Utilisation de – 50 à + 155 °C. – Couple de serrage : voir CD ROM.
		25	13	13,5	
		30	16	16	
		40	19	20	
		50	24	24	
		60	28	28	
		70	32	31	
		80	36	34	
		100	42	40	
Bouton Jupiter *		A	H	D2	– Pièce en techno-plastique polyamide, de surface mate, excellente résistance aux chocs. – Couleur standard noire. – Fixation par tige ou insert en acier inoxydable suivant version. – Utilisation de – 50 à + 130 °C. – Excellente résistance aux produits chimiques, aux intempéries et aux lubrifiants chauds.
		50	24	14	
		75	35	21	
Poignée Haute moletée/lisse **		D	B	C	– Pièce en plastique thermodurcissable technique, de surface brillante et polie, très grande dureté et excellente résistance aux produits chimiques. – Couleur standard noire. – Fixation par insert ou tige en acier inoxydable. – Utilisation de – 50 à + 165 °C. – Excellente isolation électrique.
		25	25	12	
		30	30	14	
		35	35	16	
		40	40	18	
		45	45	20	
Bouton Triangle **		D	H	f	– Pièce en plastique thermodurcissable technique, de surface brillante et polie, très grande dureté et excellente résistance aux produits chimiques. – Couleur standard noire. – Fixation par insert ou tige en acier inoxydable. – Utilisation de – 50 à + 155 °C.
		40	24	13,5	
		50	28	17,4	
		62	34	21,8	
Boule Lisse/Moletée **		D	B	C	– Pièce en plastique thermodurcissable technique, de surface brillante et polie, très grande dureté et excellente résistance aux produits chimiques. – Couleur standard noire. – Fixation par taraudage ou insert.
		25	23,2	13	
		30	27,7	16	
		35	32,8	17	
		40	37,3	20	
		45	42,6	20	
		50	47,5	22	
Bouton Atlas *		D	H	D2	– Pièce en techno-plastique polyamide, de surface mate, excellente résistance aux chocs. – Couleur standard noire. – Capsule de protection disponible en différentes couleurs. – Fixation par insert ou tige en acier inoxydable. – Utilisation de – 50 à + 130 °C.
		40	31	16,5	
		50	36	18	
		63	41	22	

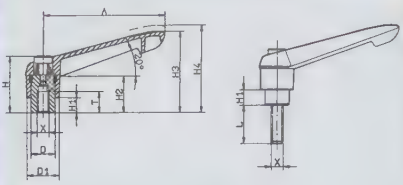
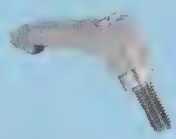
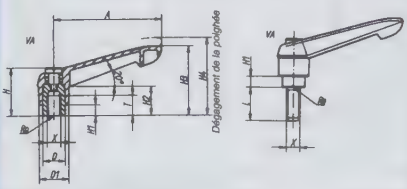
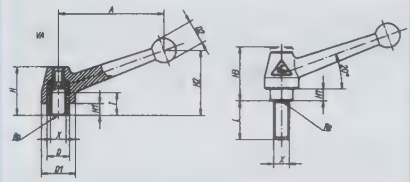
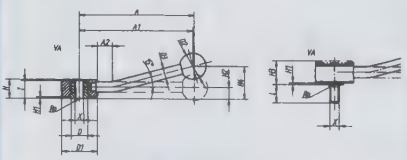
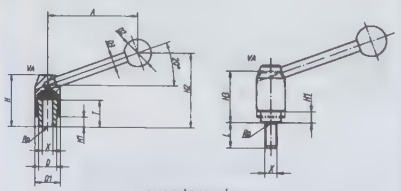
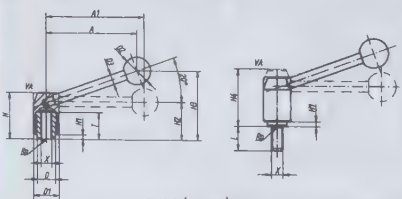
* Renseignements complémentaires dans le CD Rom associé.
** Éléments décrits partiellement dans l'ouvrage et en totalité dans le CD Rom associé.

8.3.3. Volants - leviers

Aptitudes → / Type ↓	Dimensionnement				Remarques
Poignée Fuseau  **		D	L	f	– Pièce en plastique thermodurcissable technique, de surface brillante et polie, très grande dureté et excellente résistance aux produits chimiques. – Couleur standard noire. – Fixation par insert ou tige en acier zingué ou laiton. – Utilisation de – 50 à + 155 °C. – Excellente isolation électrique et haute résistance aux intempéries.
		17	45	13	
		23	60	16	
		28	70	18	
Volant Stratos **(poignée escamotable)**  *		D1	D2	L	– Pièce en techno-plastique polyamide, de surface mate. – Excellente résistance aux chocs. – Couleur standard noire. – Fixation, noyau et mécanisme en acier bruni, haute résistance. – Utilisation de – 50 à + 130 °C. – Excellente résistance aux produits chimiques, aux intempéries et aux lubrifiants chauds.
		80	25	75	
		100	28	90	
		125	35	109	
		160	45	144	
Volant plein **avec ou sans poignée**  **	 Poignée tournante	D	C	G	– Pièce en plastique thermodurcissable technique de surface brillante et polie, très grande dureté et excellente résistance aux produits chimiques. – Couleur standard noire. – Fixation : noyau en acier nickelé. – Utilisation : – 50 à + 155 °C.
		100	41	24	
		120	48,5	28	
		140	58	32	
		160	59	36	
		190	77	40	
Volant 3 bras **avec ou sans poignée**  **		D	C	B	– Pièce en plastique thermodurcissable technique, de surface brillante et polie et excellente résistance aux produits chimiques. – Couleur standard noire. – Fixation : noyau en acier nickelé. – Utilisation : – 50 à + 155 °C. – Très bonne isolation électrique.
		200	40	40	
		250	52	50	
Levier de manœuvre  **		Ht	H	B	– Pièce en plastique thermodurcissable technique, de surface brillante et polie. – Très grande dureté et excellente résistance aux produits chimiques. – Couleur standard noire. – Fixation : insert et tige en acier. – Utilisation : – 50 à + 155 °C.
		71	33	20	
		92,5	43,1	26	
		121	56	34	
Poignée en T  **		L	H	D	– Pièce en plastique thermodurcissable technique, de surface brillante et polie, très grande dureté et excellente résistance aux produits chimiques. – Couleur standard noire. – Fixation : insert et tige en acier. – Utilisation : – 50 à + 155 °C. – Excellente isolation thermique et électrique et haute résistance aux intempéries.
		70	38,8	19,6	
		80	44	22,3	
		90	49,6	25	

* Renseignements complémentaires dans le CD Rom associé.
** Éléments décrits partiellement dans l'ouvrage et en totalité dans le CD Rom associé.

8.3.4. Manettes et poignées indexables et/ou de sécurité

Aptitudes → / Type ↓	Dimensionnement	A	H	D	Remarques
Manette indexable en plastique 		40 65 80 95 110	24 29 37,5 42,5 51	10 13,5 16 19 23	– Pièce en techno-plastique polyamide renforcé de fibres de verre. – Excellente résistance aux chocs. – Couleur standard noire. – Possibilité d'autres couleurs. – Fixation : tige et insert en acier. – Le positionnement de la poignée est réalisé par une couronne cannelée. – Utilisation de – 50 à + 130 °C. – Couple de serrage maximum.
Poignée indexable en zamac 		40 65 80 95 110	24 29 37,5 42,5 51	10 13,5 16 19 23	– Poignée en zinc moulé sous pression. – Traitement : revêtement en résines synthétiques. – Pièce en acier bruni. – Couleur standard : noir satiné. – Couleur orange disponible. – Version standard avec insert et tige en acier inoxydable.
Poignée indexable en acier estampé 		83 108 132	44 50 58,5	19 23 30	– Pièce en acier estampé. – Traitement : poignée en acier laquée gris argenté à effet martelé. – Pièces en acier bruni.
Poignée indexable basse en acier 	 avec taraudage	102 131 148	19 22 28	13,5 19 23	– Pièce en acier. – Boule en matière plastique noire. – Traitement : acier bruni.
Poignée indexable de sécurité en acier 	 avec taraudage	81 99 118	49 57 64	17 20 24	– Pièce en acier. – Boule en matière plastique noire. – Traitement : acier bruni. – Pour des opérations de serrage et de desserrage, pousser sur l'outil de serrage jusqu'à ce que la denture soit enclenchée. – Le verrouillage est immédiatement relâché avec pression du ressort.
Poignée indexable en acier 	 avec taraudage	81 99 118 136	44 51 57 67	17 20 24 30	– Pièce en acier. – Boule en matière plastique noire. – Traitement : acier bruni.

9. Éléments de machine



Banque de
DONNÉES

9.1. Cônes morses. Cônes 5 %. Cônes d'emmanchement ... 260

9.1.1. Cônes morse. Cônes 5 % ... 260
9.1.2. Cônes d'emmanchement ... 260

9.2. Trous de centre ... 261

9.3. Rainures à T et accessoires ... 262

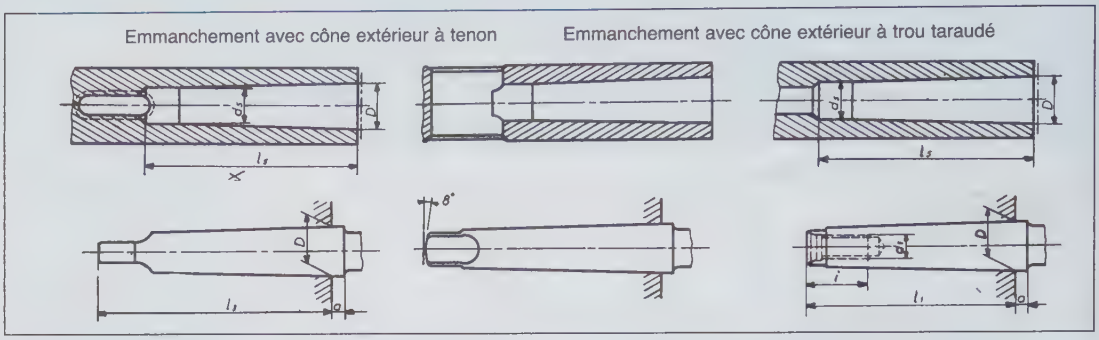
9.3.1. Dimensions des rainures ... 262
9.3.2. Tolérances géométriques ... 262
9.3.3. Accessoires ... 262

9.4. Bouts d'arbres cylindriques et coniques (conicité 1/10) ... 263

9.4.1. Bouts d'arbres cylindriques ... 263
9.4.2. Couples transmissibles ... 263
9.4.3. Bouts d'arbres coniques à conicité 1/10 ... 264

9.1. Cônes morses. Cônes 5 %. Cônes d'emmanchement

9.1.1. Cônes morse. Cônes 5 % NF E 66-531

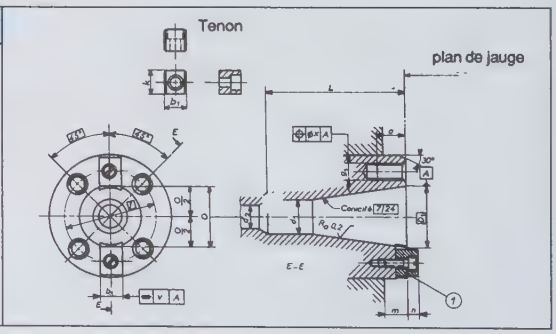


Cônes morse*								Cônes 5 %								
N°		0	1	2	3	4	5	N°		4	6	80	100	120	160	200
Conicité %		5,205	4,988	4,995	5,020	5,194	5,263	Conicité %		5	5	5	5	5	5	5
D		9,045	12,06	17,78	23,82	31,267	44,399	D		6	6	80	100	120	160	200
Cônes extérieurs	a	3	3,5	5	5	6,5	6,5	Cônes extérieurs	a	2	3	8	10	12	16	20
	d1	–	M 6	M 10	M 12	M 16	M 20		d1	–	–	M 30	M 36	M 36	M 48	M 48
	L1 max	50	53,5	64	81	102,5	129,5		L1 max	23	32	196	232	268	340	412
	L3 max	56,5	62	75	94	117,5	149,5		L3 max	–	–	220	260	300	380	460
	i mini	–	16	24	28	32	40		i mini	–	–	65	80	80	100	100
Cônes int.	d5 H11	6,7	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	Cônes int.	d5 H11	3	4,6	71,5	90	108,5	145,5	182,5
	L5 mini	52	56	67	84	107	135		L5 mini	25	34	202	240	276	350	424

9.1.2. Cônes d'emmanchement

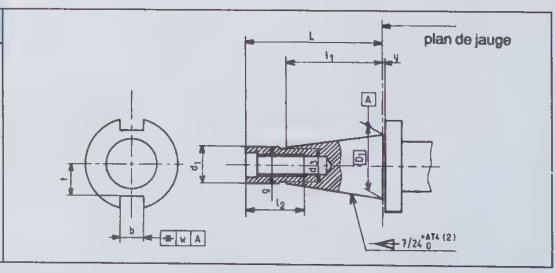
Nez de broches à conicité 7/24* NF E 60-023

N°		30	40	45	50	55
D1		31,750	44,450	57,150	69,850	89,900
d1	H12	17,4	25,3	32,4	39,6	50,4
L	mini	73	100	120	140	178
D2	h5	69,832	88,882	101,600	128,570	152,400
m	mini	12,5	16	18	19	25
f		54	66,7	80	101,6	120,6
g1		M 10	M 12	M 12	M 16	M 20
a	mini	16	20	20	25	30
b1	15,9	15,9	15,9	19	25,4	25,4
n	maxi	8	8	9,5	12,5	12,5
o/2	mini	16,5	23	30	36	48
k	maxi	16,5	19,5	19,5	26,5	26,5



Queue d'outils à conicité 7/24* NF E 60-024

N°		30	40	45	50	55
D1		31,75	44,45	57,15	69,85	88,90
L	h12	68,4	93,4	106,8	126,8	164,8
l1		48,4	65,4	82,8	101,8	126,8
d	a10	17,4	25,3	32,4	39,6	50,4
y	± 0,2	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2
b	H12	16,1	16,1	19,3	25,7	25,7
t	maxi	16,2	22,5	29	35,3	45
g		M 12	M 16	M 20	M 24	M 24
l2	mini	24	32	40	47	47



* La norme prévoit une taille supplémentaire.

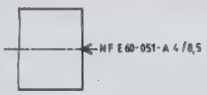
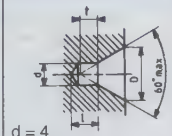
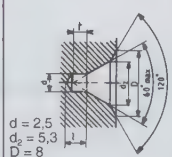
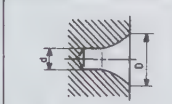
9.2. Trous de centre

NF E 04-116
NF E 60-051

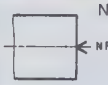
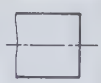
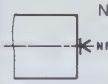
Données

Il existe 3 types de **trou de centre** :
– sans chanfrein : **type A**
– avec chanfrein : **type B**
– à profil curviligne : **type R**

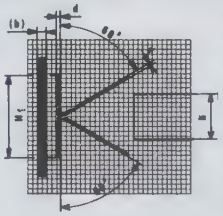
} Les lettres **A**, **B** et **R** désignent les types de forets à centrer utilisés (suivant la norme **NF E 66-051**), ainsi que le type de **trou de centrage**.

Type de trou de centre	Désignation (exemples)	Interprétation de la désignation	d	D diamètre théorique	t valeur de référence	d	D diamètre théorique	t valeur de référence
A sans chanfrein de protection	NF E 60-051. A 4/8,5 	 d = 4 D = 8,5	0,5 0,63 0,8 1,0 1,25 1,6 2,0	1,06 1,32 1,70 2,12 2,65 3,35 4,25	0,5 0,6 0,7 0,9 1,1 1,4 1,8	2,5 3,15 4,0 5,0 6,3 8,0 10,0	5,30 6,70 8,50 10,60 13,20 17,00 21,20	2,2 2,8 3,5 4,4 5,5 7,0 8,7
B avec chanfrein de protection	NF E 60-051. B 2,5/8 	 d = 2,5 d_2 = 5,3 D = 8	1,0 1,25 1,6 2 2,5 3,15 4,0	3,15 4 5 6,3 8 10 12,5	d_2 / t 2,12 / 0,9 2,65 / 1,1 3,35 / 1,4 4,25 / 1,8 5,30 / 2,2 6,70 / 2,8 8,50 / 3,5	5,0 6,3 8,0 10,0	16 18 22,4 28	d_2 / t 10,60 / 4,4 13,20 / 5,5 17,00 / 7,0 21,20 / 8,7
R à profil curviligne	NF E 60-051. R 3,15/6,7 	 d = 3,15 D = 6,7	1,0 1,25 1,6 2,0 2,5 3,15	2,12 2,65 3,35 4,25 5,3 6,7		4,0 5,0 6,3 8,0 10,0	8,5 10,6 13,2 17,0 21,2	

Représentation et désignation des trous de centre

Exigence	Représentation	Désignation
Le trou de centre est exigé sur l'élément fini.		NF E 60-051. B 2,5/8 
Le trou de centre peut rester sur l'élément fini.		NF E 60-051. B 2,5/8 
Le trou de centre ne doit pas subsister sur l'élément fini.		NF E 60-051. B 2,5/8 

Proportions et dimensions des symboles



Dimensions en millimètres

Largeur de trait pour le contour de l'objet (b)	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
Hauteur des chiffres et des lettres majuscules (h)	3,5	5	7	10	14	20
Largeur du trait des symboles (d)	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Largeur de trait de l'écriture (d)						
Hauteur H1	5	7	10	14	20	28

Exemple de désignation d'un **trou de centre** type B, avec d = 2,5 et D = 8.

NF E 60-051. B 2,5/8

– Les **trous de centre** de type B sont recommandés afin de conserver les qualités géométriques de la surface conique (chanfrein de protection).
– Les **trous de centre** de type R sont recommandés pour les travaux de haute précision.
– Le choix d'un **trou de centre** est fonction également des dimensions de la pièce à centrer (diamètre extérieur, longueur), des efforts de coupe et de la précision des usinages.

– Détermination de d à partir du diamètre extérieur de la pièce

Trou de centre (d)	0,5	0,8	1	1,6	2	3,15	4	6,3	8	10
Diamètre de la pièce	2	2 à 5	5 à 8	8 à 10	10 à 16	16 à 25	25 à 45	45 à 80	80 à 120	120

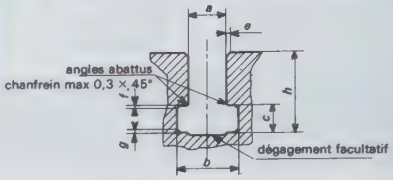
9.3. Rainures à T et accessoires

NF E 21-301

Données

9.3.1. Dimensions des rainures

a			b		c		h (2)		e	f	g
Dimension nominale	Tolérance (1) H8 en µm	Tolérance (1) H12 en µm	Dim.	Tol. en mm	Dim.	Tol. en mm	Dim. min	Dim. max	(3) max	(3) max	(3) max
5	+ 18 0	+ 120 0	10	+ 1 0	3,5	+ 1 0	8	10	1	0,6	1
6	+ 18 0	+ 120 0	11	+ 1,5 0	5	+ 11 0	11	13	1	0,6	1
8	+ 22 0	+ 150 0	14,5	+ 1,5 0	7	+ 1 0	15	18	1	0,6	1
10	+ 22 0	+ 150 0	16	+ 2 0	7	+ 1 0	17	21	1	0,6	1
12	+ 27 0	+ 180 0	19	+ 2 0	8	+ 1 0	20	25	1	0,6	1
14	+ 27 0	+ 180 0	23	+ 2 0	9	+ 2 0	23	28	1,6	0,6	1,6
18	+ 27 0	+ 180 0	30	+ 2 0	12	+ 2 0	30	36	1,6	1	1,6
22	+ 33 0	+ 210 0	37	+ 3 0	16	+ 2 0	38	45	1,6	1	2,5



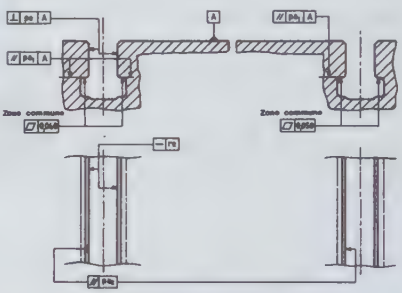
(1) H8 pour rainure de référence (rainure de qualité quant aux tolérances d'exécution, située dans l'axe ou au voisinage de l'axe de la table et destinée au guidage des accessoires).
H12 pour les autres rainures (fixation).
(2) h, adopter pour cette dimension des valeurs aussi voisines que possible des maximums indiqués.
(3) e, f et g : hauteur de chanfrein à 45° ou rayon d'arrondi.

9.3.2. Tolérances géométriques

Nature de la tolérance	Symbole du cadre rectangulaire	Formule de calcul (1)	Tolérance maximale	Exemple de calcul
Rectitude des faces de guidage	r e	0,020 pour L = 1 000 + 0,012 par 1 000 supplémentaires de L	0,120	pour L = 4 000 re = 0,020 + 0,036 = 0,056
Parallélisme de la face d'appui au plan de référence A	pa_1	0,100 pour L = 1 000 + 0,050 par 1 000 supplémentaires de L	0,500	pour L = 4 000 pa1 = 0,100 + 0,150 = 0,250
Parallélisme des rainures entre elles	pa_2	0,040 pour L = 1 000 + 0,015 par 1000 supplémentaires de L	0,200	pour L = 4 000 pa2 = 0,040 + 0,045 = 0,085
Perpendicularité des faces de guidage au plan de référence A	pe	≤ 22 0,050 (h – c) /100 a > 22 0,030 (h – c) /100		pour a = 18 pe = 0,050 (36 – 12) / 100 = 0,012

(1) L = longueur de la rainure

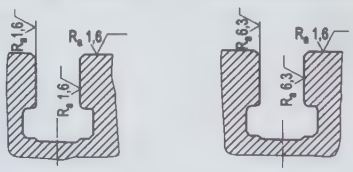
Rainures de référence Rainures autres



Remarque : pour les tables pivotantes, la tolérance de symétrie des faces de la rainure de référence par rapport à l'axe du pivot est de 0,010.

États de surface

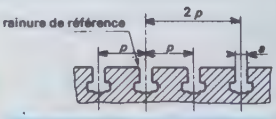
Rainures de référence Rainures autres



Il est recommandé de disposer les rainures symétriquement par rapport à une rainure médiane. Pour un nombre pair de rainures, indiquer, sur la table de la machine, la rainure de référence.

Espacements

a	p
5	20 - 25 - 32
6	25 - 32 - 40
8	32 - 40 - 50
10	40 - 50 - 63
12	40 - 50 - 63 - 80
14	50 - 63 - 80 - 100
18	63 - 80 - 100 - 125
22	80 - 100 - 125 - 160

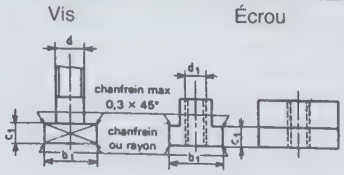


p	tolérances sur p(1)
20 à 25	± 0,2
32 à 100	± 0,3
125 à 250	± 0,5

(1) La tolérance de pas entre les rainures à T n'est pas cumulative.

9.3.3. Accessoires

Vis Écrou



Pour rainure de	b_1	c_1	d	d_1	Pour rainure de	b_1	c_1	d	d_1
5	9	2,5	M 4	–	12	18	7	M 10	M 8
6	10	4	M 5	–	14	22	8	M 12	M 10
8	13	6	M 6	–	18	28	10	M 16	M 12
10	15	6	M 8	M 6	22	34	14	M 20	M 16

9.4.1. Bouts d'arbres cylindriques NF E 22-050/051/052/053

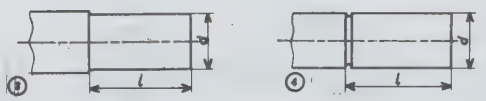
Diamètre d nomi	Diamètre d tolér	Longueur l long	Longueur l court	Diamètre d nomi	Diamètre d tolér	Longueur l long	Longueur l court	Diamètre d nomi	Diamètre d tolér	Longueur l long	Longueur l court
6		16	–	22		50	36	50	k6	110	82
7		16	–	24		50	36	55		110	82
8		20	–	25	j 6	60	42	56		110	82
9		20	–	28		60	42	60		140	105
10		23	20	30		80	58	63		140	105
11	j 6	23	20	32		80	58	65		140	105
12		30	25	35		80	58	70	m 6	140	105
14		30	25	38		80	58	71		140	105
16		40	28	40	k 6	110	82	75		140	105
18		40	28	42		110	82	80		170	130
19		40	28	45		110	82	85		170	130
20		50	36	48		110	82	90		170	130



Série longue NF E 22-051

Exemple de désignation d'un bout d'arbre cylindrique ∅ : 40 mm

Bout d'arbre cylindrique long de 40, NF E 22-051



Série courte NF E 22-052

Exemple de désignation d'un bout d'arbre cylindrique ∅ : 40 mm

Bout d'arbre cylindrique court de 40, NF E 22-052

– clavettes parallèles : NF E 22-175

– clavettes inclinées : NF E 22-176

9.4.2. Couples transmissibles (dimensionnement en bout d'arbre)

∅ d	Couple C (N.m) cas d'application a	b	c	∅ d	Couple C (N.m) cas d'application a	b	c	∅ d	Couple C (N.m) cas d'application a	b	c
6	–	0,307	0,145	22	–	29,0	13,60	50	950	515	243
7	–	0,530	0,25	24	–	40,0	18,50	55	1 280	730	345
8	–	0,850	0,40	25	–	46,2	21,20	56	1 360	775	355
9	–	1,28	0,60	28	–	69,0	31,50	60	1 650	975	462
10	–	1,85	0,875	30	206	87,5	40,00	63	1 900	1 150	545
11	–	2,58	1,22	32	250	109	50,00	65	2 120	1 280	600
12	–	3,55	1,65	35	325	150	69,00	70	2 650	1 700	800
14	–	6,00	2,8	38	425	200	92,50	71	2 720	1 800	825
16	–	9,75	4,50	40	487	236	112	75	3 250	2 120	1 000
18	–	14,50	6,70	42	560	280	132	80	3 870	2 650	1 250
19	–	17,50	8,25	45	710	355	170	85	4 750	3 350	1 550
20	–	21,20	9,75	48	850	450	212	90	5 600	4 120	1 900

Calculs (pour des diamètres [d] ne figurant pas dans le tableau ci-contre)

– Cas d'application (a) : transmission d'un **couple de torsion** pur

$$C = 9{,}806\,65\ \pi/4 \times 10^{-3} \times d^3\ \text{N.m}$$

– Cas d'application (b) : transmission simultanée d'un **couple de flexion** connu et d'un **couple de torsion** connu

$$C = 58{,}839\,9 \times 10^{-5} \times d^{3,5}\ \text{N.m}$$

– Cas d'application (c) : transmission simultanée d'un **couple de torsion** connu et d'un **couple de flexion** indéterminé

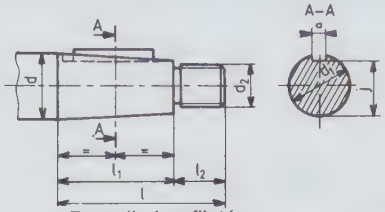
$$C = 27{,}468\,62 \times 10^{-5} \times d^{3,5}\ \text{N.m}$$

Cette formule s'applique au dimensionnement des bouts d'arbre des machines primaires (moteurs électriques, pompes...) devant répondre à toutes les possibilités d'utilisation.

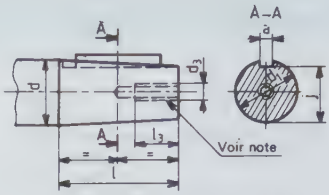
Note : Ces formules ont été établies pour l'emploi d'un acier de résistance à la traction R_r = 50-60 daN/mm².

9.4.3. Bouts d'arbres coniques à conicité 1/10

– Arbres prévus avec clavette parallèle (NF E 22-175) ou sans clavette

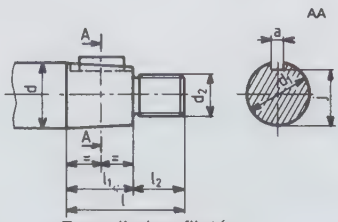


Bout d'arbre fileté

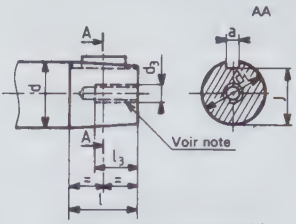


Bout d'arbre taraudé

Série longue



Bout d'arbre fileté



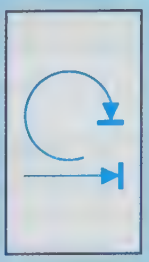
Bout d'arbre taraudé

Série courte

Ø	Dimensions série longue						Dimensions communes				Dimensions série courte						Ø
	Longueurs		Clavetage				Filetage		Taraudage		Longueurs		Clavetage				
d	L	L_1	section clavette	a	d_1	j	d_2	L_2	d_3	L_3	L	L_1	section clavette	a	d_1	j	d
6	16	10					M 4	6									6
7	16	10					M 4	6									7
8	20	12					M 6	8									8
9	20	12					M 6	8									9
10	23	15					M 6	8									10
11	23	15	2 × 2	2	9,05	11,3	M 6	8									11
12	30	18	2 × 2	2	9,9	12,8	M 8 × 1	12	M 4	10							12
14	30	18	3 × 3	3	10,25	14,1	M 8 × 1	12	M 4	10							14
16	40	28	3 × 3	3	11,1	15,1	M 10 × 1,25	12	M 4	10	28	16	3 × 3	3	15,2	13,4	16
18	40	28	4 × 4	4	13,1	15,7	M 10 × 1,25	12	M 5	13	28	16	4 × 4	4	17,2	14,7	18
19	40	28	4 × 4	4	14,6	17,7	M 10 × 1,25	12	M 5	13	28	16	4 × 4	4	18,2	15,7	19
20	50	36	4 × 4	4	16,6	19,2	M 12 × 1,25	14	M 6	16	36	22	4 × 4	4	18,9	16,4	20
22	50	36	4 × 4	4	17,6	19,9	M 12 × 1,25	14	M 6	16	36	22	4 × 4	4	20,9	18,4	22
24	50	36	5 × 5	5	18,2	22,9	M 12 × 1,25	14	M 6	16	36	22	5 × 5	5	22,9	19,9	24
25	60	42	5 × 5	5	20,2	24,1	M 16 × 1,5	18	M 8	19	42	24	5 × 5	5	23,8	20,8	25
28	60	42	5 × 5	5	22,2	25,6	M 16 × 1,5	18	M 8	19	42	24	5 × 5	5	26,8	23,8	28
30	80	58	5 × 5	5	22,9	28,6	M 20 × 1,5	22	M 10	22	58	36	5 × 5	5	28,2	25,2	30
32	80	58	6 × 6	6	25,9	31,6	M 20 × 1,5	22	M 10	22	58	36	6 × 6	6	30,2	26,7	32
35	80	58	6 × 6	6	27,1	30,9	M 20 × 1,5	22	M 10	22	58	36	6 × 6	6	33,2	29,7	35
38	80	58	6 × 6	6	29,1	32,9	M 24 × 2	22	M 12	28	58	36	6 × 6	6	36,2	32,7	38
40	110	82	10 × 8	10	32,1	35,9	M 24 × 2	28	M 12	28	82	54	10 × 8	10	37,3	32,3	40
42	110	82	10 × 8	10	35,1	38,9	M 24 × 2	28	M 12	28	82	54	10 × 8	10	39,3	34,3	42
45	110	82	12 × 8	12	35,9	40,9	M 30 × 2	28	M 16	36	82	54	12 × 8	12	42,3	37,3	45
48	110	82	12 × 8	12	37,9		M 30 × 2	28	M 16	36	82	54	12 × 8	12	45,3	40,3	48
50	110	82	12 × 8	12	40,9		M 36 × 3	28	M 16	36	82	54	12 × 8	12	47,3	42,3	50

Note : Le filetage et le trou de centre doivent être conformes aux spécifications de la norme NF E 22-056.

10. Éléments d'arrêt en rotation et en translation



Banque de **DONNÉES** — Guide de **CHOIX** — Données dans **CD Rom** — Fiche de **CALCULS**

10.1. Arrêts en rotation — 266

10.1.1. Clavetage longitudinal parallèle (dimensions et règles de montage) — 266
- Clavettes parallèles — 266
- Clavettes parallèles fixées par vis — 266
- Dimensions de l'arbre et du moyeu — 267

10.1.2. Clavettes disques (dimensions et règles de montage) — 267

10.1.3. Cannelures cylindriques à flancs parallèles à centrage intérieur — 268
- Calculs — 269
- Guide de choix — 269

10.1.4. Cannelures rectilignes à flancs en développantes — 271

10.2. Arrêts en translation — 272

10.2.1. Circlips (dimensions et règles de montage) — 272
- Circlips intérieurs — 272
- Circlips extérieurs — 272
- Circlips intérieurs inversés — 272
- Circlips extérieurs inversés — 272

10.2.2. Anneaux de serrage (dimensions et règles de montage) — 273
- Anneaux extérieurs bombés — 273
- Anneaux extérieurs renforcés — 273
- Anneaux d'arrêt d'axe extérieurs — 273
- Anneaux de serrage extérieurs série normale — 274
- Anneaux de serrage extérieurs série renforcée — 274
- Anneaux d'axe intérieurs série normale — 274
- Anneaux d'axe intérieurs série renforcée — 274

10.3. Arrêts en rotation et en translation. Mise en position — 275

10.3.1. Goupilles — 275
- Goupilles cylindriques non trempées — 275
- Goupilles de positionnement cylindriques — 275
- Goupilles de positionnement cylindriques à trou fileté — 275
- Goupilles coniques — 276
- Goupilles de positionnement coniques à tête filetée — 276

10.3.2. Goupilles fendues (dimensions et règles de montage) — 277
- Goupilles cylindriques fendues — 277
- Goupillage — 277

10.3.3. Goupilles cannelées (dimensions et règles de montage) — 278
- Goupilles cannelées standard — 278
- Goupilles cannelées diverses — 278

10.3.4. Goupilles élastiques (dimensions et règles de montage) — 279
- Différents types de goupilles élastiques — 279
- Dimensions et tolérances — 280
- Caractéristiques mécaniques — 281

10.3.5. Doigts d'indexage — 282

10.3.6. Pieds de positionnement (dimensions) — 283

10.3.7. Axes dentelés cylindriques (dimensions) — 283

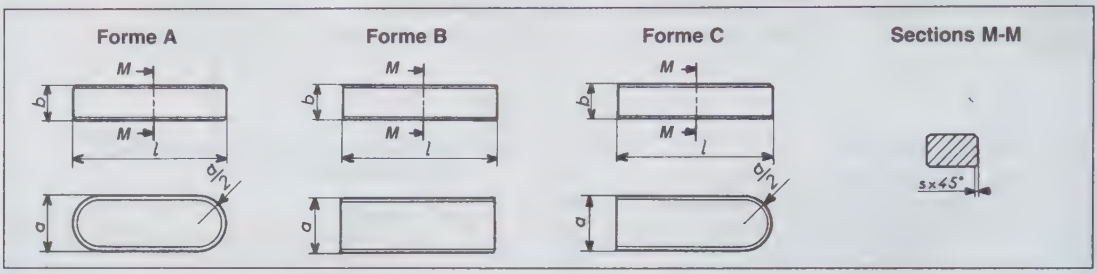
10.4. Exemples de montages avec goupilles cannelées — 284

10.1. Arrêts en rotation

10.1.1. Clavetage longitudinal parallèle (dimensions et règles de montage)

Clavettes parallèles NF E 27-656

– **Chanfreins :** seules les arêtes longitudinales et celles des bouts arrondis doivent être chanfreinées. Les autres arêtes doivent être cassées.
– **Matière :** acier de résistance à la traction à l'état fini R ≥ 600 N/mm² ou toute autre caractéristique suivant utilisation.
– **Désignation :** clavette parallèle, forme A, de 12 × 8 × 40, NF E 27-656.



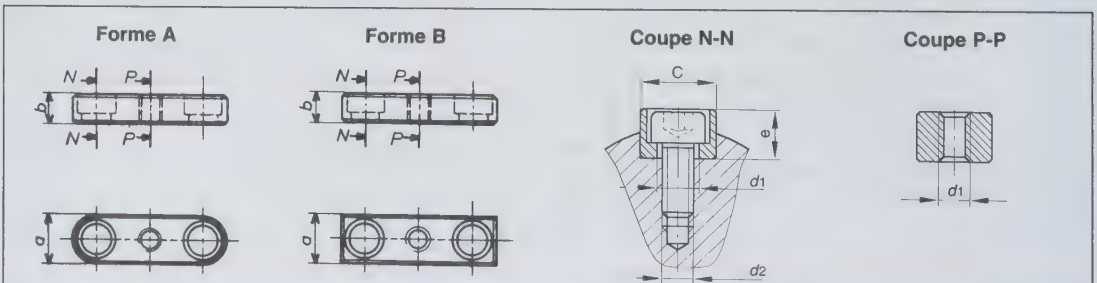
Section nominale a × b(1)		l de	l à	s min.	s max.	Section nominale a × b(1)		l de	l à	s min.	s max.
2	2	6	20	0,16	0,25	12	8	28	140	0,4	0,6
3	3	6	36	0,16	0,25	14	9	36	160	0,4	0,6
4	4	8	45	0,16	0,25	16	10	45	180	0,4	0,6
5	5	10	56	0,25	0,4	18	11	50	200	0,4	0,6
6	6	14	70	0,25	0,4	20	12	56	220	0,6	0,8
8	7	18	90	0,25	0,4	22	14	63	250	0,6	0,8
10	8	22	110	0,4	0,6						

(1) La tolérance sur b est h9 (même tolérance que sur a) lorsque les sections nominales a × b sont carrées et h11 lorsque les sections nominales a × b sont rectangulaires.

Pressions admissibles (Pa)		
Montage	**Conditions de fonctionnement**	**Pression admissible (Mpa)**
Glissant en charge	à-coups, vibrations	0,5 < Pa < 2
	cas général	2 < Pa < 6
	très doux	6 < Pa < 10
Glissant sans charge	à-coups, vibrations	6 < Pa < 10
	cas général	10 < Pa < 30
	très doux	30 < Pa < 60
Fixe	à-coups, vibrations	10 < Pa < 20
	cas général	20 < Pa < 40
	très doux	40 < Pa < 90

Clavettes parallèles fixées par vis NF E 27-658

– **Chanfreins et matières :** voir NF E 27-656 ci-dessus.
– **Désignation :** clavette usuelle fixée, forme A, de 12 × 8 × 40, NF E 27-658.

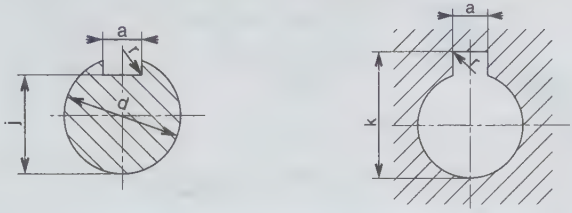


Section nominale a × b	c	d_1	Vis C, NF E 27-115 ou Vis CHc, NF E 27-161	d_2	e	f	Section nominale a × b	c	d_1	Vis C, NF E 27-115 ou Vis CHc, NF E 27-161	d_2	e	f
6 × 6	5,0	M 2,5	M 2,5 - 6	2,9	3	4,5	16 × 10	12	M 6	M 6 - 10	5,5	6,5	10,5
8 × 7	6,5	M 3	M 3 - 8	3,4	3,5	6,5	18 × 11	16	M 8	M 8 - 12	9	8,5	14,5
10 × 8	8,0	M 4	M 4 - 10	4,6	4,5	9	20 × 12	16	M 8	M 8 - 12	9	8,5	13,5
12 × 8	10,0	M 5	M 5 - 10	5,5	5,5	10,5	22 × 14	20	M 10	M 10 - 12	11	10,5	14,5
14 × 9	12,0	M 6	M 6 - 10	6,5	6,5	11,5	25 × 14	20	M 10	M 10 - 12	11	10,5	14,5

Dimensions de l'arbre et du moyeu NF E 27-175

Désignation : Clavette libre de 12 × 8 × 40, NF E 27-175

(1) À titre indicatif pour les cas les plus courants.
La section de clavette correspondante est la plus forte section admissible pour l'arbre considéré : l'emploi d'une clavette de section plus faible reste admis si la résistance de cette clavette est suffisante pour l'effort à transmettre.
(2) Le congé de rayon r peut être remplacé par un chanfrein de même valeur.



Tolérance logement		
libre	arbre	H9
	moyeu	D10
normal	arbre	N9
	moyeu	Js9
serré	arbre	P9
	moyeu	P9

Arbre (1)	Clavette	Logement de clavette							Arbre (1)	Clavette	Logement de clavette							
d	Section nominale	nom. a	j nom.	j tol.	k nom.	k tol.	t (2) max.	t (2) min.	d	Section nominale	nom. a	j nom.	j tol.	k nom.	k tol.	r (2) max.	r (2) min.	
de 6 jusqu'à 8	2 × 2	2	d - 1,2	0 - 100	d + 1	+ 100 0	0,16	0,08	au-delà de 12 jusqu'à 17	5 × 5	5	d - 3	0 - 100	d + 2,3	+ 100 0	0,26	0,16	
au-delà de 8 jusqu'à 10	3 × 3	3	d - 1,8	0 - 100	d + 1,4	+ 100 0	0,16	0,08	au-delà de 17 jusqu'à 22	6 × 6	6	d - 3,5	0 - 100	d + 2,8	+ 100 0	0,26	0,16	
au-delà de 10 jusqu'à 12	4 × 4	4	d - 2,5	0 - 100	d + 1,6	+ 100 0	0,16	0,08	au-delà de 22 jusqu'à 30	8 × 7	8	d - 4	0 - 200	d + 3,3	+ 200 0	0,26	0,16	

10.1.2. Clavettes disques (dimensions et règles de montage) NF E 27-653

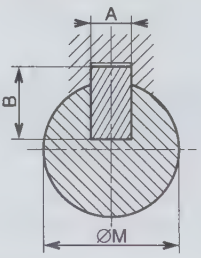
Désignation : Clavette disque de 6 × 10, NF E 27-653

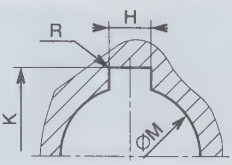
Clavette				Arbre		Moyeu		
A h9	B h11	C h11	E h11	F P9	G h11	H E9	K H13	R
3	3,7	10	9,0	3	M - 2,7	3	M - 1,2	0,1
	5,0	13	11,5		M - 4,0		M - 1,2	
	6,5	16	15,0		M - 5,5		M - 1,2	
4	5,0	13	11,5	4	M - 3,5	4	M - 1,8	
	6,5	16	15,0		M - 5,0		M - 1,8	
	7,5	19	17,5		M - 6,0		M - 1,8	
5	6,5	16	15,0	5	M - 4,5	5	M - 2,3	
	7,5	19	17,5		M - 5,5		M - 2,3	
	9,0	22	20,5		M - 7,0		M - 2,3	
6	9,0	22	20,5	6	M - 6,5	6	M - 2,8	
	10	25	23,0		M - 7,5		M - 2,8	
	11	28	25,5		M - 8,5		M - 2,8	
	13	32	30,0		M - 10,5		M - 2,8	
8	11	28	25,5	8	M - 8	8	M - 3,3	0,2
	13	32	30,0		M - 10		M - 3,3	
	15	38	35,0		M - 12		M - 3,3	
	16	45	41,0		M - 13		M - 3,3	
10	16	45	41,0	10	M - 13	10	M - 3,3	

Ajustements				
A	Moyeu clavette jeu maxi	Moyeu clavette jeu mini	Clavette arbre jeu maxi	Clavette arbre jeu mini
1,5 - 2 - 2,5 - 3	64	14	19	31
4 - 5 - 6	80	20	18	42
8 - 10	97	25	21	51

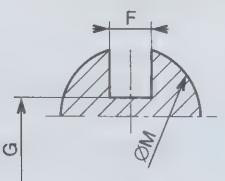
Les valeurs des jeux et serrage sont exprimées en microns.

* L'angle abattu à 45° est facultatif ; néanmoins, dans tous les cas, éviter l'angle vif afin d'assurer le montage correct de la clavette.

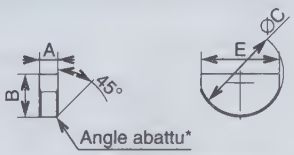




Moyeu

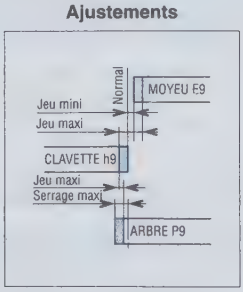


Arbre



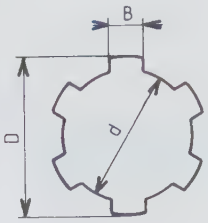
Valeurs en microns de la tolérance P9 :
pour F de 1,5 à 3 : P9 = – 6 – 31
pour F de 4 à 6 : P9 = – 12 – 42
pour F 8 et 10 : P9 = – 15 – 51

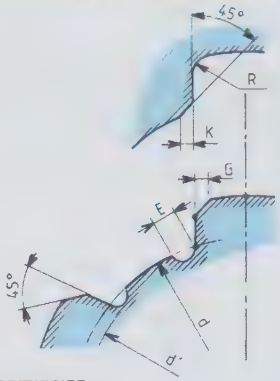
Ajustements



10.1.3. Cannelures cylindriques à flancs parallèles à centrage intérieur NF E 22-131

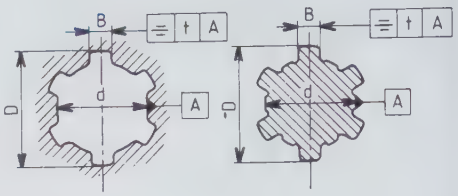
Encombrement





Dimensions nominales

– Type de cannelure très utilisé, mais ne convient pas pour les grandes vitesses.



Tolérances

Série légère										Série moyenne									
Désignation			B	E max.	G mini.	K max.	R max.	d' min.	A mm²	Désignation			B	E max.	G mini.	K max.	R max.	d' min.	A mm²
N	d	D								N	d	D							
6	23	26	6	1,25	0,3	0,3	0,2	22,10	4	6	11	14	3	1,5	0,3	0,3	0,2	9,9	4
6	26	30	6	1,84	0,3	0,3	0,2	24,60	6,3	6	13	16	3,5	1,5	0,3	0,3	0,2	12,0	4
6	28	32	7	1,77	0,3	0,3	0,2	26,70	6,3	6	16	20	4	2,1	0,3	0,3	0,2	14,5	6,3
8	32	36	6	1,89	0,4	0,4	0,3	30,42	7,2	6	18	22	5	1,9	0,3	0,3	0,2	16,7	6,3
8	36	40	7	1,78	0,4	0,4	0,3	34,50	7,2	6	21	25	5	2	0,3	0,3	0,2	19,5	6,3
8	42	46	8	1,68	0,4	0,4	0,3	40,40	7,2	6	23	28	6	2,3	0,3	0,3	0,2	21,3	8,5
8	46	50	9	1,61	0,4	0,4	0,3	44,62	7,2	6	26	32	6	3	0,4	0,4	0,3	23,4	9,9
8	52	58	10	2,72	0,5	0,5	0,5	49,70	12	6	28	34	7	3	0,4	0,4	0,3	25,9	9,9
8	56	62	10	2,76	0,5	0,5	0,5	53,60	12	8	32	38	6	3,3	0,4	0,4	0,3	29,4	13,2
8	62	68	12	2,48	0,5	0,5	0,5	59,82	12	8	36	42	7	3	0,4	0,4	0,3	33,5	13,2
10	72	78	12	2,54	0,5	0,5	0,5	69,60	15	8	42	48	8	2,9	0,4	0,4	0,3	39,5	13,2
10	82	88	12	2,67	0,5	0,5	0,5	79,32	15	8	46	54	9	4,1	0,5	0,5	0,5	42,7	18
10	92	98	14	2,36	0,5	0,5	0,5	89,44	15	8	52	60	10	4	0,5	0,5	0,5	48,7	18
10	102	108	16	2,23	0,5	0,5	0,5	99,90	15	8	56	65	10	4,7	0,5	0,5	0,5	52,2	21
10	112	120	18	3,23	0,5	0,5	0,5	108,80	22,5	8	62	72	12	5	0,5	0,5	0,5	57,8	24
										10	72	82	12	5,4	0,5	0,5	0,5	67,4	30
										10	82	92	12	5,4	0,5	0,5	0,5	77,1	30

A : Surface portante équivalente (mm²) par mm de longueur de cannelures (correspond à 75 % de la surface théorique portante).

Montage	Conditions de fonctionnement	Pression (Pa) admissible (MPa)	Montage	Conditions de fonctionnement	Pression (Pa) admissible (MPa)	Montage	Conditions de fonctionnement	Pression (Pa) admissible (MPa)
Glissant en charge	à-coups, vibrations	5 < Pa < 10	Glissant sans charge	à-coups, vibrations	20 < Pa < 40	Fixe	à-coups, vibrations	30 < Pa < 60
	cas général	10 < Pa < 20		cas général	40 < Pa < 60		cas général	60 < Pa < 120
	très doux	20 < Pa < 30		très doux	60 < Pa < 90		très doux	120 < Pa < 180

Pa : Pression admissible pour des aciers de Rm mini : 1 000 MPa.

Tolérances du moyeu et de l'arbre — **Tolérances de symétrie**

Moyeu						Arbre			Montage	Longueur de cannelure B	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
Non traité après brochage			Traité après brochage																				
B	D	d	B	D	d	B	D	d															
H9	H10	H7	H11	H10	H7	d10 f9 h10	a11 a11 a11	f7 g7 h7	Glissant Glissant juste Fixe	tolérance de symétrie t	0,012 (IT 7)		0,012 (IT 7)			0,015 (IT 7)				0,018 (IT 7)			

– Les tolérances concernent les pièces (arbres et moyeux) entièrement terminées.
– Les tolérances spécifiées pour B comprennent l'erreur de division et l'erreur de symétrie.

Désignation : Arbre (ou moyeu) 6 × 23 × 26 NF E 22-131 — **N :** nombre de cannelures

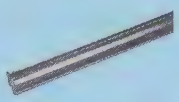
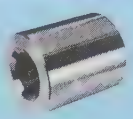
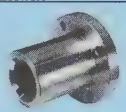
N d D

Calcul : cannelures cylindriques à flancs parallèles

	DÉMARCHE	EXEMPLE
DONNÉES	**Cahier des charges**	
	– le mécanisme étudié	– machine à papier
	– l'encombrement : **Ø D** de l'arbre et/ou longueur du moyeu **L** (dans le cas général, le diamètre de l'arbre est imposé, il existe des cas où c'est la longueur **L**)	– arbre Ø40 mm mini – arbre en 42 CD 4
	– le couple à transmettre	– **C** = 400 N.m
	– les conditions de fonctionnement	– fonctionnement avec vibrations, à-coups
	– le type de montage	– montage fixe
BESOIN	– Ø de l'arbre cannelé, séries de cannelures, longueur des cannelures	**N, d, D**, série, **L**
CALCUL	**1. Choix d'une série de cannelures :** – choix de **d**, **D**, de la série – déduire **A** (tableau page précédente) – calcul du diamètre moyen	**1. Choix d'une série :** – **d** = 42, **D** = 46, série légère – alors **A** = 7,2 mm²/mm – $d_m = (D + d)/2 = 44$ mm
	2. Calcul de l'effort tangentiel théorique T à transmettre :	**2. Calcul de T**
	T = 2 C / dm	**T** = (2 . 400)/(44 . 10^{-3}) = **18 182 N**
	3. Choix de la pression admissible p_a : Considérer le montage et les conditions de fonctionnement (tableau page précédente)	**3. Choix de p_a** – vibrations, à-coups – montage fixe alors : 30 < p_a < 60 choix : **p_a = 40 MPa**
	4. Calcul de la surface théorique totale d'appui minimale nécessaire :	**4. Calcul de A_{th}**
	$A_{th} = T/p_a$	**A_{th}** = T/p_a = 18 182/40 = **472 mm²**
	5. Calcul de la longueur minimale L	**5. Calcul de L**
	$L = A_{th}/A$	**L** = 472/7,2 = **65,6 mm mini**
	6. Vérification des conditions de brochage Ce sont les possibilités des machines et des outils qui limitent la longueur brochée du moyeu. Dans une première approche, il est conseillé de ne pas dépasser 2,5 **d**. Une valeur différente peut être fournie par le BM.	**L < 2,5 . 42 : oui**
	7. Vérification de l'arbre à la torsion Dans le cas de grandes longueurs cannelées, et/ou de matériau à limite élastique faible, il est nécessaire de prévoir ce calcul de résistance.	
RÉSULTATS	**N, d, D, série, L**	**8, 42, 46, série légère = L = 66 mm**

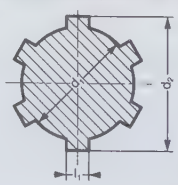
Cannelures cylindriques à flancs parallèles (suite)

Guide de choix

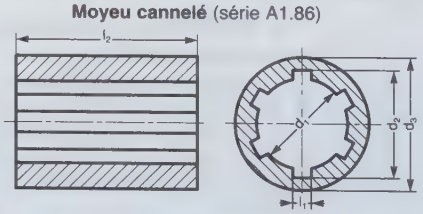
Aptitudes → / Type ↓	Matière et références ↓	Nombre de cannelures ↓	d_1 ↓	d_2 ↓	d_3 ↓	d_4 ↓	l_1 ↓	l_2 ↓	Observations
 **Arbre cannelé** série A1.85*	Acier C45 Acier inoxydable série A1.85*	6-8	11 à 42	14 à 48			3 à 8	3 000	– Transmet des couples importants. – Accepte éventuellement un mouvement axial. – Longueur standard 3 000. – Possibilité de longueurs inférieures.
 **Moyeu cannelé** série A1.86*	Acier C45 Acier inoxydable Laiton série A1.86*	6-8	11 à 42	14 à 48	20 à 80		3 à 8	40 à 70	
 **Moyeu cannelé avec bride** série A1.87*	Acier C45 Acier inoxydable Laiton série A1.87*	6-8	11 à 42	14 à 48	20 à 60	42 à 95	35 à 80	8 à 16	
 **Anneau de serrage** série A1.88*	Acier C45 Acier inoxydable Laiton série A1.88*	6-8	11 à 42	14 à 48	20 à 60	42 à 95	12 à 22	2 à 3	

Dimensionnement

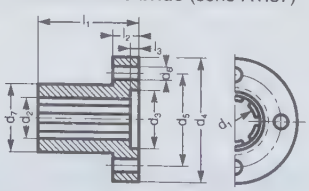
Arbre cannelé (série A1.85)



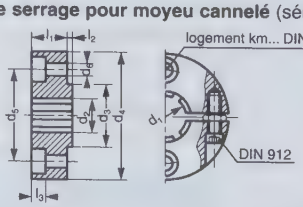
Moyeu cannelé (série A1.86)



Moyeu cannelé avec bride (série A1.87)*



Anneau de serrage pour moyeu cannelé (série A1.88)*



* Références constructeur.

10.1.4. Cannelures rectilignes à flancs en développantes NF E 22-141

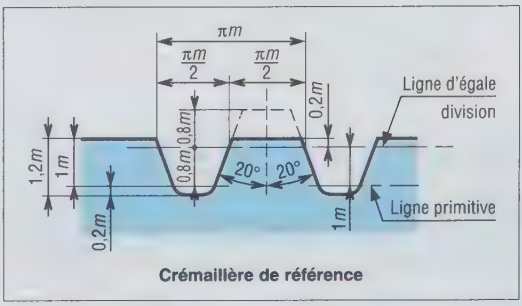
Domaines d'application

– Utilisées dans toutes les branches de la mécanique (automobile, aviation, machines-outils...).
– Présentent des qualités d'autocentrage et assurent un entraînement silencieux aux grandes vitesses.

Principes fondamentaux
– Diamètres extérieurs nominaux des arbres identiques aux alésages des roulements à billes.
– Système de tolérances unique pour le moyeu quel que soit le mode d'assemblage envisagé.

Crémaillère de référence
– Crémaillère à fond droit, angle de référence : 20°.
– Hauteur de dent : 1,2 module.

Modules
– Série primaire recommandée : 0,50 - 1,00 - 1,25 - 1,667 - 2,50 - 5,00 - 10,00.
– Série secondaire : 0,75 - 3,75 - 7,50.



Crémaillère de référence

Caractéristiques dimensionnelles

Symb.	Désignation	Valeur	Symb.	Désignation	Valeur
m	module	voir tableau	e	épais. curviligne de base	e = e′ cos α + 0,0149 d
N	nb de dents	voir tableau			
A	Diam. nom. alésage de roul. à billes	voir tableau	e′	épais. curviligne au prim. taillage	$e' = \frac{\pi m}{2} + 2X m \operatorname{tg} \alpha$
A′ 1	Diam. extérieur	A′ 1 = A	h	haut. chanfreins	$h = \frac{A'1 - A'2}{2}$
A′ 2	Diam. arbre	A′ 2 = a – 0,2 m	K	Nb de dents pour la mesure de E	
A″ 1	Diam. extérieur	A″ 1 = A			
A″ 2	Diam. moyeux	A″ 2 = A + 0,3 m	P	pas au ∅ prim.	P = π.m
B	Diam. int. de l'arbre	B = A – 2,4 m	p	p pas au ∅ curvi. ligne de base	p = π.m cos α
D	Diam. int. moyeu	D = a – 2 m			
D′	Diam. prim. taillage	D′ = N.m	α	angle de pression	α = 20°
d	Diam. de base	d = D′ cos α	X	Déport de profil de l'outil à tailler	$X = \frac{A - m(N + 0,4)}{2\,m}$
E	écartement K dents				

Moyeu

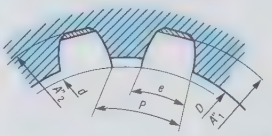


Fig. 1

Arbre

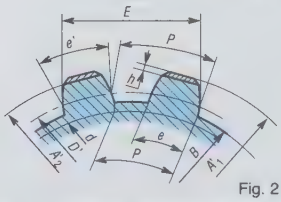
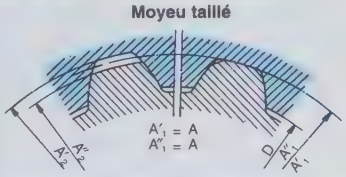


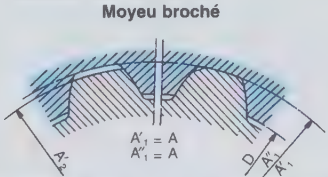
Fig. 2

Moyeu taillé



centrage sur flancs — centrage extérieur

Moyeu broché



centrage sur flancs — centrage extérieur

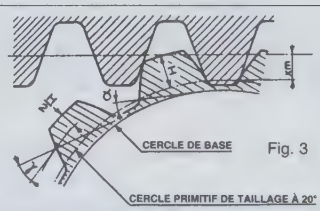


Fig. 3

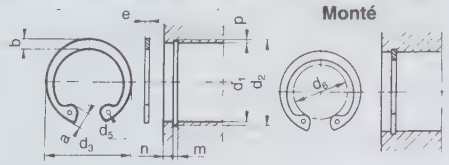
m = 0,50 A′ 2 = A – 0,10 A″ 2 = A + 0,15			m = 1,00 A′ 2 = A – 0,20 A″ 2 = A + 0,30			m = 1,25 A′ 2 = A – 0,25 A″ 2 = A + 0,37			m = 1,667 A′ 2 = A – 0,33 A″ 2 = A + 0,50			m = 2,50 A′ 2 = A – 0,50 A″ 2 = A + 0,75			m = 5,00 A′ 2 = A – 1,00 A″ 2 = A + 1,50			m = 10,00 A′ 2 = A – 2 A″ 2 = A + 3		
A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D	A	N	D
4	6	3	8	6	6	10	6	7,5	15	7	11,7	20	6	15	40	6	30	140	12	120
5	8	4	9	7	7	12	8	9,5	17	8	13,7	25	8	20	45	7	35	150	13	130
6	10	5	10	8	8	15	10	12,5	20	0	16,7	30	10	25	50	8	40	160	14	140
7	12	6	12	10	10	17	12	14,5	25	13	21,7	35	12	30	55	9	45	170	15	150
8	14	7	15	13	13	20	14	17,5	30	16	26,7	40	14	35	60	10	50	180	16	160
9	16	8	17	15	15	25	18	22,5	35	19	31,7	45	16	40	65	11	55	190	17	170
10	18	9	20	18	18	30	22	27,5	40	22	36,7	50	18	45	70	12	60	200	18	180
12	22	11	25	23	23	35	26	32,5	45	25	41,7	55	20	50	75	13	65	220	20	200
15	28	14	30	28	28	40	30	37,5	50	28	46,7	60	22	55	80	14	70	240	22	220
			35	33	33	45	34	42,5	55	31	51,7	65	24	60	85	15	75	260	24	240

10.2. Arrêts en translation

10.2.1. Circlips (dimensions et règles de montage)

Circlips intérieurs NF E 22-165

Désignation : Anneau élastique 30 × 1,2 NF E 22-165



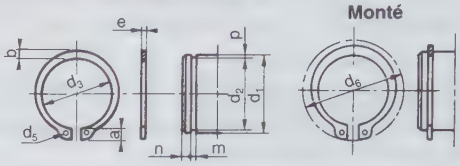
$d6 = d2 - 2a$ pour $d1 \leq 165$

Acier : XC NF A 35-553 Dureté : 44 à 52 HRC

Alésage	Anneau						Gorge			
d1	d3	Tol.	e h11	a max	b ≈	d5	d2	Tol.	m mini	p
8	8,7		0,8	2,4	1,1	1	8,4	+ 0,09	0,9	0,2
9	9,8		–	2,5	1,3	–	9,4	0	–	–
10	10,8		1	3,2	1,4	–	10,4		–	–
11	11,8		–	3,3	1,5	–	11,4		1,1	–
12	13,0	+ 0,36	–	3,4	1,7	1,5	12,5		–	0,25
13	14,1	– 0,18	–	3,6	1,8	–	13,6	+ 0,11	–	0,3
14	15,1		–	3,7	1,9	1,7	14,6	0	–	–
15	16,2		–	–	2	–	15,7		–	0,35
16	17,3		–	3,8	–	–	16,8		–	0,4
17	18,3		–	3,9	2,1	–	17,8		–	–
18	19,5		–	4,1	2,2	2	19		–	0,5
19	20,5		–	–	–	–	20		–	–
20	21,5	+ 0,42	–	4,2	2,3	–	21		–	–
21	22,5	– 0,21	–	–	2,4	–	22			–
22	23,5		–	–	2,5	–	23	+ 0,21 0	–	–
24	25,9		1,2	4,4	2,6	–	25,2		–	0,6
25	26,9		–	4,5	2,7	–	26,2		–	–
26	27,9		–	4,7	2,8	–	27,2		1,3	–
28	30,1	+ 0,50 – 0,25	–	4,8	2,9	–	29,4		–	0,7

Circlips extérieurs P

Désignation : Anneau élastique 30 × 1,5 NF E 22-163

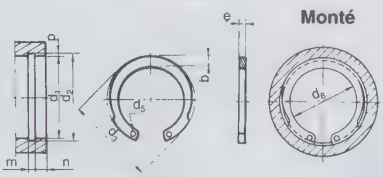


$d6 = d2 - 2a$ pour $d1 \leq 165$

Acier : XC NF A 35-553 Dureté : 44 à 52 HRC

Arbre	Anneau						Gorge			
d1	d3	Tol.	e h11	a max	b ≈	d5	d2	Tol.	m mini	p
3	2,7	+ 0,06	0,4	1,9	0,8	1	2,8	0	0,5	0,1
4	3,7	– 0,12	–	2,2	0,9	–	3,8	– 0,06	–	–
5	4,7	+ 0,075	0,6	2,5	1,1	–	4,8		0,7	–
6	5,6	– 0,15	0,7	2,7	1,3	1,2	5,7	0	0,8	0,15
7	6,5		0,8	3,1	1,4	–	6,7	– 0,075	0,9	0,15
8	7,4	+ 0,09	–	3,2	1,5	–	7,6		–	0,2
9	8,4	– 0,18	1	3,3	1,7	1,3	8,6	0	1,1	–
10	9,3		–	–	1,8	1,5	9,6	– 0,09	–	–
11	10,2		–	–	–	–	10,5		–	0,25
12	11,0		–	–	–	1,7	11,5		–	–
13	12,1		–	3,4	2,0	–	12,4		–	0,3
14	13,0	+ 0,18	–	3,5	2,1	–	13,4	0	–	–
15	13,8	– 0,36	–	3,6	2,2	–	14,3	– 0,11	–	0,35
16	14,7		–	3,7	–	–	15,2		–	0,4
17	15,7		–	3,8	2,3	–	16,2		–	–
18	16,5		1,2	3,9	2,4	–	17,8		1,3	0,5
19	17,5		–	–	2,5	2	18,0		–	–
20	18,5	+ 0,21	–	4,0	2,6	–	19,0	0	–	–
21	19,5	– 0,42	–	4,1	2,7	–	20,0	– 0,21	–	–

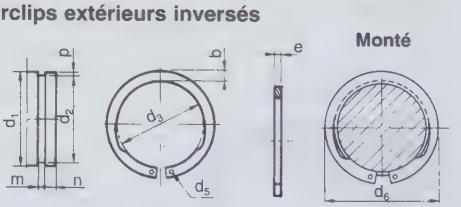
Circlips intérieurs inversés



Acier : XC NF A 35-553 Dureté : 44 à 52 HRC

Alésage	Anneau					Gorge			
d1	d3	Tol.	e h11	b	d5	d2	Tol.	m mini	p
19	20,5		1	2,2	1,3	20		1,1	0,5
20	21,55	+ 0,42	–	2,3	1,5	21		–	–
21	23,55	– 0,21	–	2,5	–	23		–	–
22	24,7		1,2	2,6	–	24	+ 0,21 0	1,3	–
23	25,85		–	–	–	25,2		–	0,6
24	26,85		–	2,8	–	26,2		–	–
25	27,9		–	3	–	27,2		–	–
26	30,02	+ 0,50	–	3,1	–	29,4		–	0,65
30	32,35	– 0,25	–	–	1,8	31,4		–	0,75
32	34,45		–	3,2	–	33,7		–	0,8
35	37,75		1,5	3,4	–	37		1,6	0,9
36	38,8		–	3,6	–	38	+ 0,25 0	–	1
38	40,8		–	3,8	2	40		–	–
40	43,55	+ 0,78	1,75	4	–	42,5		1,85	1,25
42	45,5	– 0,39	–	4,2	–	44,5		–	–
45	48,5		–	4,4	–	47,5		–	–

Circlips extérieurs inversés

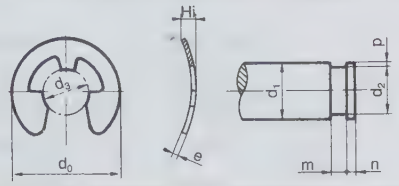


Acier : XC NF A 35-553 Dureté : 44 à 52 HRC

Arbre	Anneau					Gorge			
d1	d3	Tol.	e h11	b	d5	d2	Tol.	m mini	p
12	11,2		1	2	1,1	11,5		1,1	0,25
13	11,9		–	2,1	–	12,4		–	0,3
14	13,05		–	2,2	1,2	13,4		–	–
15	13,95		–	2,35	–	14,3	0	–	0,35
16	14,88	+ 0,18 – 0,36	–	2,4	–	15,3	– 0,11	–	–
17	15,78		–	2,6	–	16,2		–	0,4
18	16,5		1,2	–	–	17		1,3	0,5
19	17,51		–	2,85	–	18		–	–
20	18,45		–	3	1,5	19		–	–
22	20,45		–	3,25	1,6	21	0	–	–
24	22,35	+ 0,21 – 0,42	–	3,45	–	23	– 0,21	–	–
25	23,15		–	3,6	–	23,9		–	0,55
26	24,2		–	–	–	24,9		–	–
28	25,9		1,50	3,8	–	26,6		1,6	0,7
30	27,65		–	3,9	2	28,5		–	0,75
32	29,6		–	4	–	30,3		–	0,85

10.2.2. Anneaux de serrage (dimensions et règles de montage)

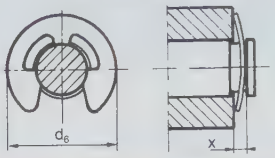
Anneaux extérieurs bombés



Acier : C 75 E

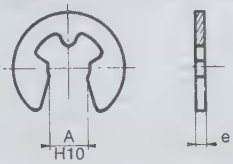
Dureté : 47 à 53 HRC

Anneau monté



Arbre	Anneau					Gorge				n mini	X Hauteur maximale d'utilisation	Hi libre mini
d1	d0	d3	e	Tol.	d6	d2	Tol.	m mini	p			
3	6,0	2,23	0,4		6,10	2,3	+ 0,005	0,7	0,35	1	0,65	0,75
4	7,3	3,00	0,6	0	7,40	3,1	0	1,05	0,45	–	1,00	1,10
5	8,6	3,70	–	– 0,03	8,70	3,8		–	0,6	1,2	–	–
6	9,8	4,70	–		9,90	4,8		–	–	–	–	1,22
7	11,2	5,25	–		11,40	5,4		–	0,8	–	–	–
8	12,5	6,25	–	0	12,70	6,4	+ 0,007	–	–	1,5	–	–
10	15,0	7,85	0,8	– 0,05	15,20	8	0	1,4	11,2	2	1,35	1,57
12	17,7	9,45	–		17,90	9,6		–	1,38	–	–	–
14	20,4	11,10	1		20,60	11,24		1,7	1,48	2,5	1,65	1,95
16	23,0	12,90	–	0	23,20	13,04		–	1,58	3	–	–
18	25,6	14,65	–	– 0,06	25,85	14,84		–	1,65	–	–	–
20	28,2	16,48	1,2		28,45	16,7	+ 0,12	2,1	1,8	–	2,05	2,35
25	34,8	21,12	–		35,20	21,4	0	–	1,9	4	–	–
30	41,2	25,85	–		41,60	26,2		–		4,5	2,55	2,85

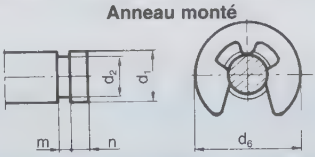
Anneaux extérieurs renforcés



Acier : C 75 E

Dureté : 47 à 53 HRC

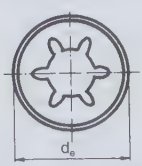
Anneau monté



Arbre			Anneau				Gorge			n mini	Charge axiale admissible par l'anneau (daN)	Charge axiale admissible par la gorge (daN)
d1	pour arbre de	pour arbre à	d6	A H10	e	Tol.	d2	Tol.	m mini			
2	2	2,5	4	1,28	0,4		1,5	0	0,44	0,8	7	20
2,5	2,5	3	4,5	1,61	0,5		1,9	– 0,03	0,54	1	10	32
3	3	4	6	1,94	0,6	± 0,02	2,3		0,64	–	14	47
4	4	5	7	2,70	0,6		3,2		0,64	–	20	62
5	5	7	9	3,34	0,7		4,0	0	0,74	1,2	30	91
6	6	8	11	4,11	0,7		5,0	– 0,05	0,74	–	40	109
7	7	9	12	5,26	0,7		6,0		0,74	–	50	128
8	8	11	14	5,84	0,9		7,0		0,94	1,5	60	188
10	10	14	18,5	7,63	1,1	± 0,03	9,0		1,15	2	80	287
16	16	24	29	12,61	1,5		15,0	0	1,55	3	130	628
20	20	31	37	15,92	1,75		19,0	– 0,10	1,8	3,5	150	916

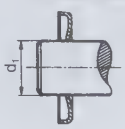
Anneaux d'arrêt d'axe extérieurs

Arbre		Anneau				
d1	Tol.	de	e	h ≈	Nombre de branches	Charge axiale admissible (daN)
2	0	9,7	0,20	1,25	4	40
3	– 0,06	9,7	–	–	–	–
4		11,5	–	–	5	75
5	0	11,5	–	–	6	80
6	– 0,075	15,3	0,25	–	–	–
7		15,3	–	–	–	–
8	0	15,3	–	–	–	–
10	– 0,10	18,5	0,30	1,9	–	115





Anneau monté



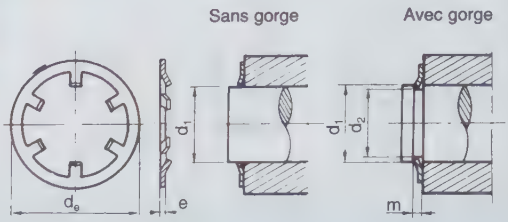
Acier : C 75 E Dureté : 44 à 52 HRC

Existe en inox Z6 CN 18.09

Anneaux de serrage (dimensions et règles de montage) (suite)

Anneaux de serrage extérieurs série normale

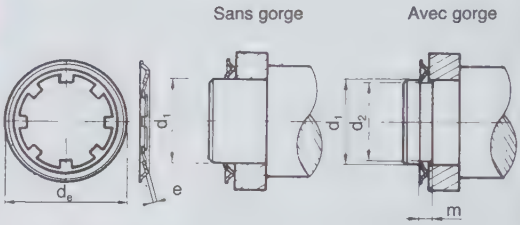
Arbre d1	Tol.	Anneau de	e	Nombre de branches	Montage avec gorge d2	Tol.	m mini	Charge axiale admissible sans gorge (daN)
3	± 0,03	7,4	0,25	4	2,92	0 – 0,85	0,55	10
4		8,6	–	–	3,90		–	–
5		9,6	–	5	4,90		–	–
6		10,5	0,4	–	5,90		–	–
8		13,2	–	–	7,90		–	–
10		15,4	–	–	9,87	0 – 0,7	0,85	18
12		17,6	–	6	11,87		–	18
14	± 0,05	19,8	–	6	13,85		–	22
16		22,2	–	7	15,85		–	35
18		24,4	–	8	17,83		–	40
20		26,6	–	8	19,83		–	45



Acier : C 75 E
Dureté : 47 à 52 HRC

Anneaux de serrage extérieurs série renforcée

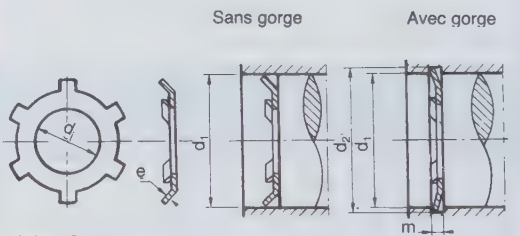
Arbre d1	Tol.	Anneau de	e	Nombre de branches	Montage avec gorge d2	Tol.	m mini	Charge axiale admissible sans gorge (daN)
3	± 0,03	9,1	0,25	4	2,76	0 – 0,85	0,5	20
4		10,1	–	5	3,76		–	–
5		11,5	–	6	4,76		–	–
6		12,0	0,4	6	5,86	0 – 0,7	–	–
8		14,8	–	8	7,82		0,8	–
10		17,2	–	–	9,80		–	35
12		18,0	–	10	11,80		–	–
14	± 0,05	20,5	–	–	13,75		–	45
16		24,5	–	7	15,70		–	70
18		27,0	–	8	17,70		–	70
20		29,0	0,5	8	19,70		–	90



Acier : C 75 E
Dureté : 47 à 52 HRC

Anneaux d'arrêt d'axe intérieurs série normale

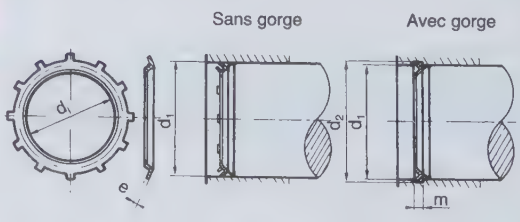
Arbre d1	Tol.	Anneau de	e	Nombre de branches	Montage avec gorge d2	Tol.	m mini	Charge axiale admissible sans gorge (daN)
8	± 0,03	3,0	0,25	5	8,10	0 – 0,85	0,55	25
10		4,8	–	6	10,13		–	–
12		6,6	–	–	12,13		–	–
14		8,5	–	–	14,15		–	30
16		10,2	–	–	16,15		–	–
18	± 0,05	12,0	–	8	18,17	0 – 0,7	–	35
20		13,0	0,4	–	20,17		0,85	40
22		15,4	0,5	–	22,20		–	–
25		18,0	–	10	25,20		–	–
30		22,5	–	–	30,23		–	–



Acier : C 75 E
Dureté : 47 à 52 HRC

Anneaux d'arrêt intérieurs série renforcée

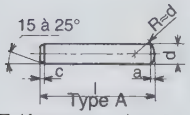
Arbre d1	Tol.	Anneau de	e	Nombre de branches	Montage avec gorge d2	Tol.	m mini	Charge axiale admissible sans gorge (daN)
8	± 0,03	4	0,25	5	8,10	0 – 0,85	0,5	45
10		5	–	6	10,1		–	50
12		6	–	6	12,15		–	50
16		9,4	0,3	6	16,20		–	60
17		9,6	0,25	8	17,20	0 – 0,7	–	–
18	± 0,05	10,5	0,4	8	18,20		0,8	70
20		11	–	8	20,20		–	80
22		13	0,5	10	22,20		–	–
25		16	–	–	25,20		–	–
30		21	–	–	30,20		–	–



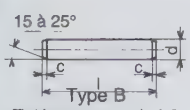
Acier : C 75 E
Dureté : 47 à 52 HRC

10.3.1. Goupilles

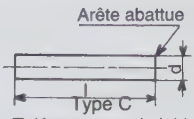
Goupilles cylindriques non trempées NF E 27-484



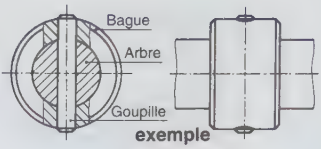
Tolérance sur d : m6



Tolérance sur d : h8



Tolérance sur d : h11

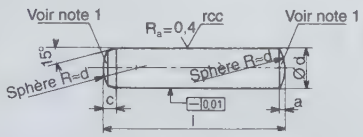


exemple de montage

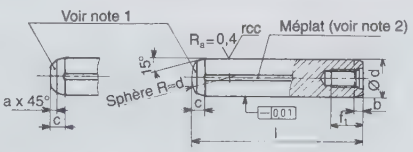
Désignation : Goupille cylindrique non trempée type A5 × 30, NF E 27-484

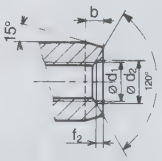
d	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
a ~	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,63	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5
c ~	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,63	0,8	1,2	1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6,3
Longueurs l normalisées. Tolérance js 15	2	2	4	4	4	6	6	8	8	10	12	14	20	25	30	40	50	60	80
	3	3	5	5	5	8	8	10	10	12	14	16	25	30	35	45	55	65	90
	4	4	6	6	6	10	10	12	12	14	16	20	30	35	40	50	60	70	100
	5	5	8	8	8	12	12	14	14	16	20	25	35	40	45	55	65	75	110
	6	6	10	10	10	14	14	16	16	20	25	30	40	45	50	60	70	80	120
				12	12	16	16	20	20	25	30	35	45	50	55	65	75	90	130
					14	20	20	25	25	30	35	40	50	55	60	70	80	100	140
					16	25	25	30	30	35	40	45	55	60	65	75	90	110	150
									35	40	45	50	60	65	70	80	100	120	160
									40	45	50	55	65	70	75	90	110	130	170
									45	50	55	60	70	75	80	100	120	140	180
											60	65	75	80	90	110	130	150	190
												70	80	90	100	120	140	160	200

Goupilles de positionnement cylindriques NF E 27-475



Goupilles de positionnement cylindriques à trou fileté NF E 27-475





Note 1 : L'extrémité sphérique peut être remplacée par un chanfrein.
Note 2 : Léger méplat pour évacuation de l'air dans les trous borgnes.
- Matière et dureté : Pour les pièces trempées à cœur : dureté uniforme de 58 à 62 HRC
  Pour les pièces cémentées : en surface 60 à 60 HRC ; à cœur 35 à 40 HRC
- État de surface : Rectification cylindrique Ra = 0,4 µm

Désignation : Goupille de positionnement cylindrique cémentée 12 × 55, NF E 27-475

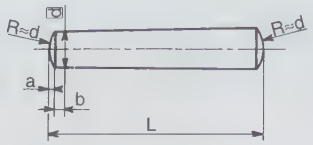
Désignation : Goupille de positionnement à trou fileté trempée à cœur 12 × 55, NF E 27-475

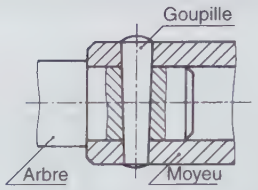
d (m6)	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	(14)	16	20
a ≈	0,25	0,4	0,4	0,5	0,63	0,8	1	1,2	1,6	2	2	2,5
c	0,7	0,9	0,9	1,2	1,5	2	2,5	3,2	4	4	5	6
	6	6	8	14	14	14	18	24	28	36	40	50
	8	8	10	16	16	16	20	28	32	40	45	55
	10	10	12	18	18	18	24	32	36	45	50	60
	12	12	14	20	20	20	28	36	40	50	55	70
	14	14	16	24	24	24	32	40	45	55	60	80
	16	16	18	28	28	28	36	45	50	60	70	90
	18	18	20	32	32	32	40	50	55	70	80	100
	20	20	24	36	36	36	45	55	60	80	90	120
		24	28	40	40	40	50	60	70	90	100	
			32		45	45	55	70	80	100	120	
L js 15			36		50	50	60	80	90	120		
						55	70	90	100			
						60	80	100				

d (m6)	6	8	10	12	(14)	16	20
b max	1,2	1,6	2	2,5	2,5	3	3,5
c	1,8	2,5	3,2	4	4	5	6
d_1	M 4	M 5	M 6	M 6	M 8	M 8	M 10
d_2	4,3	5,3	6,4	6,4	8,4	8,4	10,5
t_1	6	8	10	10	12	12	16
t_2	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,6
a ≈	0,8	1	1,2	1,6	1,6	2	2,5
	16	16	20	24	28	32	40
	20	20	24	28	32	36	45
	24	24	28	32	36	40	50
	28	28	32	36	40	45	55
	32	32	36	40	45	50	60
L js 15	36	36	40	45	50	55	70
	40	40	45	50	55	60	80
	45	45	50	55	60	70	90
	50	50	55	60	70	80	100
	55	55	60	70	80	90	110
	60	60	70	80	90	100	120
		70	80	90	100	110	130

Goupilles (suite)

Goupilles coniques 1/50 NF E 27-490





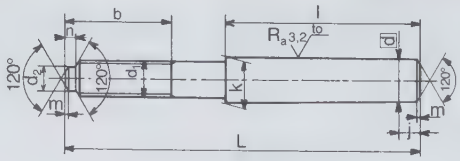
Exemple de montage

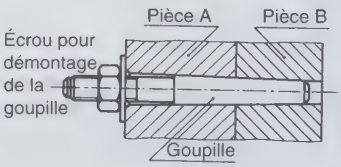
- État de surface : NR : non rectifié, tolérance de conicité qualité 10
  R : rectifié, tolérance de conicité qualité 8
- Matière : acier de résistance à la rupture ≥ 800 N/mm²

Désignation : Goupille NR 6 × 50, acier, NF E 27-490

diamètre d	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30
bombé a ≈	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,63	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4
b maxi	2	2	2	2	2	2	2	2	2,4	2,4	2,4	2,9	2,9	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
Longueurs l, tolérance js 15	4	5	6	6	8	10	10	12	14	20	20	20	25	30	35	40	45	50
	5	6	8	8	10	12	12	14	16	25	25	25	30	35	40	45	50	55
	6	8	10	10	12	14	14	16	20	30	30	30	35	40	45	50	55	60
	8	10	12	12	14	16	16	20	25	35	35	35	40	45	50	55	60	65
		12	14	14	16	20	20	25	30	40	40	40	45	50	55	60	65	70
			16	16	20	25	25	30	35	45	45	45	50	55	60	65	70	75
				20	25	30	30	35	40	50	50	50	55	60	65	70	75	80
						35	35	40	45	55	55	55	60	65	70	75	80	90
								45	50	60	60	60	65	70	75	80	90	100
									55		65	65	70	75	80	90	100	110
											70	70	75	80	90	100	110	120
											75	75	80	90	100	110	120	130
											80	80	90	100	110	120	130	140
	Les longueurs soulignées sont recommandées.										90	90	100	120	140	150	160	170

Goupilles de positionnement coniques à tête filetée 1/50 NF E 27-482





Exemple de montage

- Matière : acier de résistance à la rupture ≥ 800 N/mm²
- Utilisation : - diamètre de perçage du trou d' = d
  - la partie conique doit être engagée dans chacune des deux pièces en contact sur une longueur ≥ à d.
- Tolérance de conicité : qualité 10 suivant NF E 02-300
- État de surface de la partie conique : Ra ≤ 3,2 µm

Désignation : Goupille de position filetée A, 12 × 100, NF E 27-482

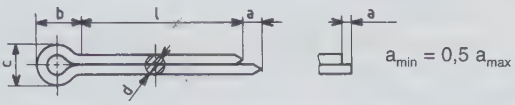
	d	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
	m	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1	1,2	1,4	1,6	2,5	3
	j max	2,4		2,9		3,5		4,2			5	
	d1	M3	M4	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
	b $^{+2p}_{0}$	15	15	15	20	30	35	45	50	55	75	85
	d2	2	2,5	4,5	6	7	9	12	16	18	24	27
	n	1,25	1,5	2	3	3	4	5	6	8	10	12
Série A (normale)	l	25	30	40	45	55	65	75	90	105	145	165
	k	5,5	6,6	8,8	10,9	13,1	17,3	51,5	26,8	32,1	42,9	53,3
	L	40	45	55	65	85	100	120	140	160	220	250
	js 15	45	50	60	75	100	120	140	160	190	250	280
	(*)	50	55	65	85	120	140	160	190	220	280	320
		–	–	–	–	–	–	–	–	250	320	360

	d	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
	m	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1	1,2	1,4	1,6	2,5	3
	j max	2,4		2,9		3,5		4,2			5	
	d1	M3	M4	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
	b $^{+2p}_{0}$	15	15	15	20	30	35	45	50	55	75	85
	d2	2	2,5	4,5	6	7	9	12	16	18	24	27
	n	1,25	1,5	2	3	3	4	5	6	8	10	12
Série C (courte)	l	–	15	20	25	30	45	50	60	75	100	120
	k	–	6,3	8,4	10,5	12,6	16,9	21	26,2	31,5	42	52,4
	L	–	30	35	45	65	85	100	120	140	160	220
	js 15	–	35	40	55	75	100	120	140	160	190	250
	(*)	–	40	45	65	85	120	140	160	190	220	280
		–	–	–	–	–	–	–	–	220	250	280

(*) La valeur soulignée est recommandée.

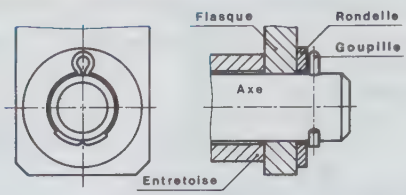
10.3.2. Goupilles fendues (dimensions et règles de montage)

Goupilles cylindriques fendues NF E 27-487



Les deux formes d'extrémité sont acceptées

Mise en place : suivant la norme NF E 27-488 ci-dessous
Désignation : Goupille V 5 × 36, NF E 27-487



Exemple de montage

Diamètre de perçage		0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20
d	maximum	0,5	0,7	0,9	1	1,4	1,8	2,3	2,9	3,7	4,6	5,9	7,5	9,5	12,4	15,4	19,3
	minimum	0,4	0,6	0,8	0,9	1,3	1,7	2,1	2,7	3,5	4,4	5,7	7,3	9,3	12,1	15,1	19,0
a	maximum	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	2,5	2,5	3,2	4	4	4	4	6,3	6,3	6,3	6,3
b	environ	2	2,4	3	3	3,2	4	5	6,4	8	10	12,6	16	20	26	32	40,0
c	maximum	1	1,4	1,8	2	2,8	3,6	4,6	5,8	7,4	9,2	11,8	15	19	24,8	30,8	38,6
	minimum	0,9	1,2	1,6	1,7	2,4	3,2	4	5,1	6,5	8	10,3	13,1	16,6	21,7	27	33,8
		4	5	6	8	8	10	12	14	18	22	32	40	45	71	112	160
		5	6	8	10	10	12	14	16	20	25	36	45	50	80	125	180
		6	8	10	12	12	14	16	18	22	28	40	50	56	90	140	200
		8	10	12	14	14	16	18	20	25	32	45	56	63	100	160	224
		10	12	14	16	16	18	20	22	28	36	50	63	71	112	180	250
		12	14	16	18	18	20	22	25	32	40	56	71	80	125	200	280
			16	18	20	20	22	25	28	36	45	63	80	90	140	224	
				20	22	22	25	28	32	40	50	71	90	100	160	250	
					25	25	28	32	36	45	56	80	100	112	180	280	
						28	32	36	40	50	63	90	112	125	200		
						32	36	40	45	56	71	100	125	140	224		
							40	45	50	63	80	112	140	160	250		
								50	56	71	90	125	160	180			
									63	80	100			200			

Goupillages NF E 27-488

d	À travers écrou (fig. 1) (*)			Derrière écrou (fig. 2)			Sur tige lisse (fig. 3)		
	Perçage g H13	h mini	Goupilles NF E 27-487	Perçage g H13	h mini	Goupilles NF E 27-487	Perçage g H13	h mini	Goupilles NF E 27-487
3	0,8	1,5	V 0,8 - 8	0,8	1,5	V 0,8 - 5	0,8	1,6	V 0,8 - 5
4	1	1,8	V 1 - 10	1	1,8	V 1 - 8	1	2,2	V 1 - 8
5	1,2	2,0	V 1,2 - 12	1,2	2	V 1,2 - 8	1,2	2,9	V 1,2 - 8
6	1,6	2,5	V 1,6 - 14	1,6	2,5	V 1,6 - 10	1,6	3,2	V 1,6 - 10
8	2	3,2	V 2 - 18	2	3,2	V 2 - 14	2	3,5	V 2 - 14
10	2,5	3,8	V 2,5 - 25	2,5	3,8	V 2,5 - 18	3,2	4,5	V 3,2 - 18
12	3,2	4,5	V 3,2 - 28	3,2	4,5	V 3,2 - 22	3,2	5,5	V 3,2 - 22
14	3,2	4,5	V 3,2 - 32	3,2	4,5	V 3,2 - 25	4	6,8	V 4 - 25
16	4	5,3	V 4 - 36	4	5,3	V 4 - 28	4	6,8	V 4 - 28
18	4	5,3	V 4 - 40	4	5,3	V 4 - 28	5	7	V 5 - 32
20	4	5,3	V 4 - 40	4	5,3	V 4 - 32	5	8	V 5 - 36
22	5	6,8	V 4 - 45	5	6,8	V 4 - 36	5	8	V 5 - 36
24	5	6,8	V 4 - 50	5	6,8	V 4 - 40	6,3	9	V 6,3 - 45
27	5	6,8	V 4 - 56	5	6,8	V 4 - 40	6,3	9	V 6,3 - 45
30	6,3	8,7	V 6,3 - 63	6,3	8,7	V 6,3 - 50	8	10	V 8 - 56
33	6,3	8,7	V 6,3 - 71	6,3	8,7	V 6,3 - 50	8	10	V 8 - 56
36	6,3	8,7	V 6,3 - 71	6,3	8,7	V 6,3 - 56	8	10	V 8 - 63
39	6,3	8,7	V 6,3 - 80	6,3	8,7	V 6,3 - 56			
40							8	10	V 8 - 63
42	8	11,4	V 8 - 90	8	11,4	V 8 - 63			
45	8	11,4	V 8 - 90	8	11,4	V 8 - 71	10	12	V 10 - 80
48	8	11,4	V 8 - 100	8	11,4	V 8 - 71			
50	8			8			10	12	V 10 - 80
52	8	12,2	V 8 - 100	8	12,2	V 8 - 80			
55							10	14	V 10 - 80
56	8	12,5	V 8 - 112	8	12,5	V 8 - 80			
60	10	14,8		10	14,8	V 10 - 90	10	14	V 10 - 90
64	10	14,8	V 10 - 125	10	14,8	V 10 - 90			
68	10	14,8	V 10 - 125	10	14,8	V 10 - 100			
70							13	16	V 10 - 112
72	10	15,8	V 10 - 140	10	15,8	V 10 - 100			
76	10	15,8	V 10 - 140	10	15,8	V 10 - 100			
80	10	15,8	V 10 - 140	10	15,8	V 10 - 112	13	16	V 10 - 112

(*) Écrou crénelé (voir figure 1) ou écrou H percé au diamètre g.

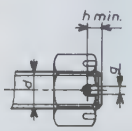


Figure 1

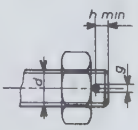


Figure 2

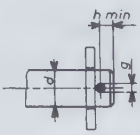


Figure 3

10.3.3. Goupilles cannelées (dimensions et règles de montage)

Goupilles cannelées standard type G7 NF E 27-496

Longueurs et Ø d1 les plus courants :
en caractères gras.
Tolérance sur d1 :
d 1 ≤ 3 mm d'après DIN 671
d 1 > 3 mm d'après DIN 668

Tolérance sur perçage :
alésage < 1,5 mm : H8
de 1,5 à 3 mm : H9
> 1,5 mm : H8
Bombé hauteur C : DIN 7
r = d1 env.





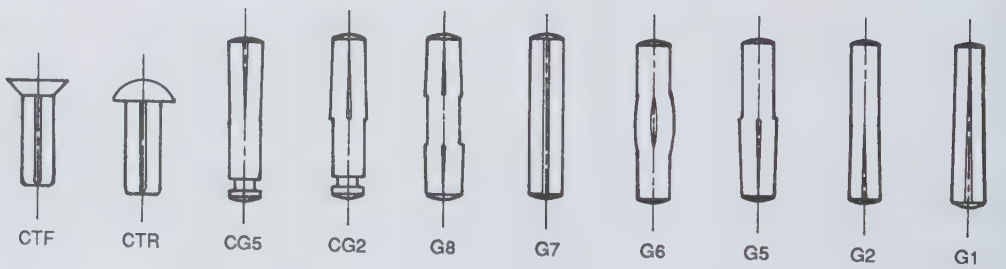
Tolérance pour longueur l : js 15

Désignation : Goupille cannelée G7, 8 × 45, NF E 27-496

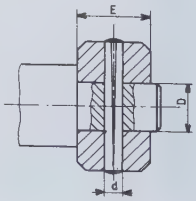
Longueur l de la goupille \ diamètre nominal d1	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	13	14	16	20	25
4																		
5																		
6																		
8																		
10																		
12																		
14																		
16																		
18																		
20																		
22																		
24																		
25																		
26																		
28																		
30																		
32																		
35																		
36																		
40																		
45																		
50																		
55																		
60																		
65																		
70																		
75																		
80																		
90																		
100																		
110																		
120																		

Matières :
Acier 1/2 dur
Aciers traités
Inox. Laiton

Goupilles cannelées diverses NF E 27-491



			Normes NF E						
27-500	27-499	27-498	27-497	27-496	27-495	27-494	27-493	27-492	



d ≤ D/2,5 d ≤ D/3,5 d H9 diamètres ≤ 3 mm
d ≤ E/3 d ≤ D/4 d H11 diamètres > 3 mm

Métaux courants : fonte.

10.3.4. Goupilles élastiques (dimensions et règles de montage) NF E 27-489

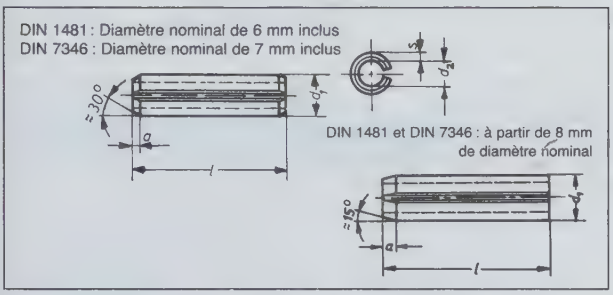
Différents types de goupilles élastiques

Les goupilles élastiques se choisissent en fonction :
- des efforts de cisaillement engendrés,
- de la rigidité de la fixation de plusieurs pièces à assembler,
- de la résistance permanente exigée sous une charge variable et vibrante.

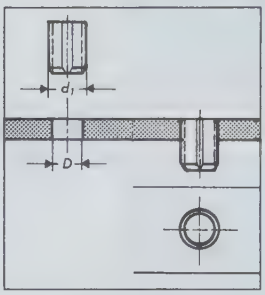
– Montage peu coûteux, peuvent être utilisées à la place des goupilles pleines.
– Grande fiabilité concernant la transmission de grands efforts.
– Grande résistance à l'usure.
– **Utilisation :** - Limitation de butées - Goupilles de sécurité - Axe de charnières - Assemblages divers - Fixation d'accessoires.



Chanfreinage des goupilles



Mise en place des goupilles

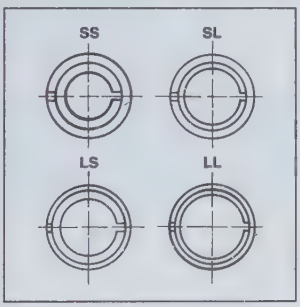


– Avant montage, le Ø d1 est plus grand que le Ø D de l'alésage du trou.
– Lors de la mise en place, la goupille élastique est comprimée, la fente de la goupille est fortement comprimée, mais elle reste ouverte.

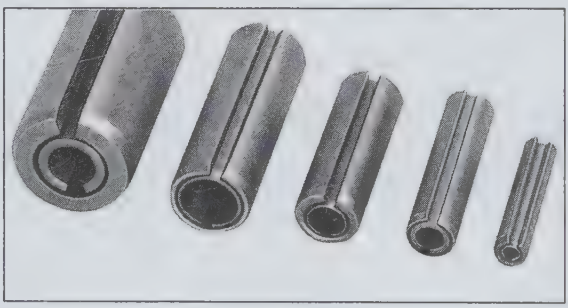
Écarts de cote admissibles pour l'alésage, par rapport au diamètre nominal (H12)

Diamètre nominal	1 à 3	de 3 à 6	de 6 à 10	de 10 à 18	de 18 à 30	de 30 à 50
Tolérance admise	+ 0,09	+ 0,12	+ 0,15	+ 0,18	+ 0,21	+ 0,25

Différents types de goupilles

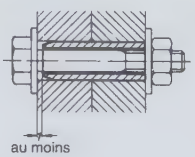


SS : renforcée à l'extérieur et à l'intérieur.
LL : légère à l'extérieur et l'intérieur.
SL : renforcée à l'extérieur et légère à l'intérieur.
LS : légère à l'extérieur et renforcée à l'intérieur.



Utilisation avec des assemblages par boulons

Si on utilise des goupilles élastiques avec des assemblages par boulons, la coordination ci-dessous sera réalisée :
Désignation : Goupille élastique, épaisse, de 8 × 40, NF E 27-489



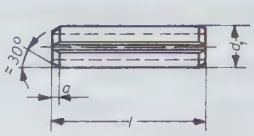
Goupilles élastiques ISO 8752

Diamètre nominal		6		8	10	12	16	18	21	25	28	32	35	38	40	45	50
Pour vis		M3		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30

Goupilles élastiques ISO 13337

Diamètre nominal	4,5	6	7	8	11	13	16	18	21	23	25	28	30	35	40	45	50
Pour vis	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M36	M39

Goupilles élastiques (suite)





Dimensions et tolérances

Goupilles DIN 1481 Diamètre nominal			1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	13	14	16	18	20
a			0,15	0,25	0,35	0,4	0,5	0,6	0,65	0,8	0,9	1,2	2	2	2	2	2	2	2	3
Avant montage	d1	mini	1,2	1,7	2,3	2,8	3,3	3,8	4,4	4,9	5,4	6,4	8,5	10,5	12,5	13,5	14,4	16,5	18,5	20,5
		maxi	1,3	1,8	2,4	2,9	3,5	4	4,6	5,1	5,6	6,7	8,8	10,8	12,8	13,8	14,8	16,8	18,9	20,9
	d2	≈	0,8	1,1	1,5	1,8	2,1	2,3	2,8	2,9	3,4	3,9	5,5	6,5	7,5	8,5	8,5	10,5	11,5	12,5
s			0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	0,8	1	1	1,25	1,5	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
Effort de cisaillement kN	sectionnement simple		0,35	0,79	1,41	2,19	3,16	4,53	5,62	7,68	8,77	13	21,4	35	52	57,5	72,3	85,5	111	140
	sectionnement double		0,7	1,58	2,82	4,38	6,32	9,06	11,2	15,4	15,5	26	42,8	70	104	115	144	171	222	280

Goupilles DIN 7346 Diamètre nominal			2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	18
a			0,2	0,25	0,25	0,3	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	1,5	2	2	2	2	2	2	2
Avant montage	d1	mini	2,3	2,8	3,3	3,8	4,4	4,8	5,4	6,4	7,5	8,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	16,5	18,5
		maxi	2,4	2,9	3,5	4	4,6	5	5,6	6,7	7,8	8,8	10,8	11,8	12,8	13,8	14,8	16,8	18,9
	d2	≈	1,9	2,3	2,7	3,1	3,4	3,8	4,4	4,9	6	7	8,5	9,5	10,5	11	11,5	13,5	15
s			0,2	0,25	0,3	0,35	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	1	1	1	1,25	1,5	1,5	1,75
Effort de cisaillement kN	sectionnement simple		0,75	1,2	1,75	2,3	4	4,4	5,2	9	10,5	12	20	22	24	33	42	49	63
	sectionnement double		1,5	2,4	3,5	4,6	8	8,8	10,4	18	21	24	40	44	48	66	84	98	126

Tolérance admissible	Longueur l																	
± 0,25 0	4	–	–	–	–	–	–	–										
	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–								
	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–								
	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–								
+ 0,5 0	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	22			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	24			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	26			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	28			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	30			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	32					–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	36					–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	40					–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	45							–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	50							–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
+ 0,75 0	55								–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	60									–	–	–	–	–	–	–	–	–
	65									–	–	–	–	–	–	–	–	–

Caractéristiques mécaniques

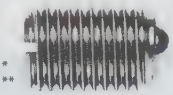
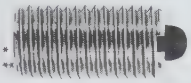
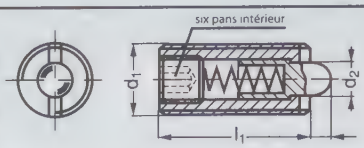
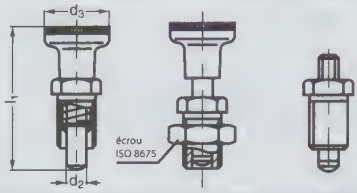
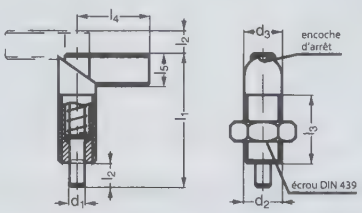
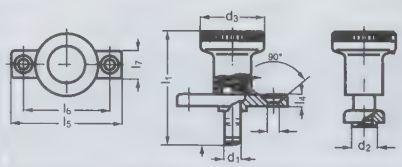
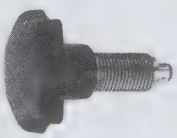
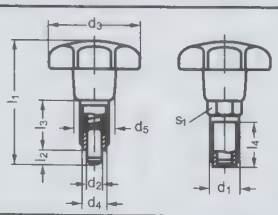
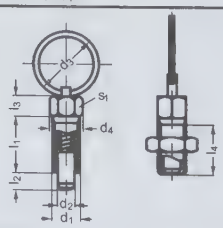
Combinaisons et efforts de cisaillement - Sectionnement simple - Pour les goupilles élastiques mixtes

Goupilles élastiques mixtes SS extérieure : ISO 8752 intérieure : ISO 8752			Goupilles élastiques mixtes LL extérieure : ISO 13337 intérieure : ISO 13337			Goupilles élastiques mixtes SL extérieure : ISO 8752 intérieure : ISO 13337			Goupilles élastiques mixtes LS extérieure : ISO 13337 intérieure : ISO 8752		
Ø nom.		Effort de cisaillement	Ø nom.		Effort de cisaillement	Ø nom.		Effort de cisaillement	Ø nom.		Effort de cisaillement
ext.	int.	kN	ext.	int.	kN	ext.	int.	kN	ext.	int.	kN
2,5	1,5	2,98	2,5	2	1,95	3,5	2	5,28	2,5	2	2,61
3,5	2	5,94				4,5	2,5	8,88	4	3	7,16
4,5	2,5	9,87	4	3	5,75	5	3	10,52	4,5	3,5	8,93
5	3	11,93	4,5	3,5	6,70	6	3,5	15,32	5	4	10,82
6	3,5	17,55	5	4	9,20	8	5	26,58	6	4,5	16,68
8	5	30,15	6	4,5	13,40	10	6	44,08			
10	6	48,10				12	7	62,57	10	8	41,38
13	8	78,93	10	8	32,00	13	8	69,55	12	10	59,08
14	8	93,74	12	10	44,00	14	8	84,36	16	13	106,55
16	10	120,59	14	11	64,00	16	10	105,51	20	16	164,51
20	12	192,39	16	13	82,00	18	11	133,27	25	21	250,09
21	13	206,64	20	16	128,00	20	12	164,32	30	25	370,25
30	18	426,99	25	21	185,00	21	13	182,09	35	28	516,32
32	20	482,35	28	23	232,00	30	18	378,72	40	32	659,03
35	21	578,82	30	25	252,00	32	20	421,03	50	40	1 034,42
40	25	753,67	35	28	385,00	35	21	513,73			
45	28	951,54	50	40	817,00	38	23	593,53			
						40	25	635,42			
						45	28	820,22			

Combinaisons et efforts de cisaillement - Sectionnement double - Pour les goupilles élastiques mixtes

Goupilles élastiques mixtes SS extérieure : ISO 8752 intérieure : ISO 8752			Goupilles élastiques mixtes LL extérieure : ISO 13337 intérieure : ISO 13337			Goupilles élastiques mixtes SL extérieure : ISO 8752 intérieure : ISO 13337			Goupilles élastiques mixtes LS extérieure : ISO 13337 intérieure : ISO 8752		
Ø nom.		Effort de cisaillement	Ø nom.		Effort de cisaillement	Ø nom.		Effort de cisaillement	Ø nom.		Effort de cisaillement
ext.	int.	kN	ext.	int.	kN	ext.	int.	kN	ext.	int.	kN
2,5	1,5	5,96	2,5	2	3,9	3,5	2	10,56	2,5	2	5,22
3,5	2	11,88				4,5	2,5	17,76	4	3	14,32
4,5	2,5	19,74	4	3	11,5	5	3	21,04	4,5	3,5	17,86
5	3	23,86	4,5	3,5	13,4	6	3,5	30,64	5	4	21,64
6	3,5	35,10	5	4	18,4	8	5	53,16	6	4,5	33,36
8	5	60,30	6	4,5	26,8	10	6	88,16			
10	6	96,20				12	7	125,14	10	8	82,76
13	8	157,86	10	8	64,0	13	8	139,10	12	10	118,16
14	8	187,48	12	10	88,0	14	8	168,72	16	13	213,10
16	10	241,18	14	11	128,0	16	10	211,02	20	16	329,02
20	12	384,78	16	13	164,0	18	11	266,54	25	21	500,18
21	13	413,28	20	16	256,0	20	12	328,64	30	25	740,50
30	18	853,98	25	21	370,0	21	13	364,18	35	28	1 032,64
32	20	964,70	28	23	464,0	30	18	757,44	40	32	1 318,06
35	21	1 157,64	30	25	504,0	32	20	842,06	50	40	2 068,84
40	25	1 507,34	35	28	770,0	35	21	1 027,46			
45	28	1 903,08	50	40	1 634,0	38	23	1 187,06			
						40	25	1 270,84			
						45	28	1 640,44			

10.3.5. Doigts d'indexage

Type	Dimensionnement		Remarques
Poussoir à ressort - fendu acier  * **		d1 | d2 | l1 M3 | 1.5 | 7 M4 | 2.5 | 9 M5 | 3 | 12 M6 | 3.5 | 14 M8 | 4.5 | 16 M10 | 6 | 19	- Pièce en Acier bruni, Inox - Frein filet polyamide : F uniquement pour le modèle à bille : de M4 à M16 pour le ressort normal, de M5 à M12 pour le ressort puissant
Poussoir à ressort - 6 pans intérieur  * **		d1 | d2 | l1 M3 | 1 | 12 M4 | 1.5 | 15 M5 | 2.4 | 18 M6 | 2.7 | 20 M8 | 3.5 | 22 M10 | 4 | 22	- Pièce en Acier bruni, Inox (Z 10 CNF 18.09) - Téton en acier, delrin ou inox
Doigt d'indexage  * **		d2 | d3 | l1 5 | 21 | 45 6 | 25 | 54.5 8 | 31 | 69 10 | 31 | 80	- Pièce en Acier bruni, Inox (Z 10 CNF 18.09) - goupille de centrage traitée, rectifié et brunie - Bouton en polyamide noir indémontable. - Avec ou sans écrou - Existe avec dispositif de blocage - Existe aussi sans tête
Doigt d'indexage avec dispositif de blocage  * **		d1 | d2 | d3 | l1 6 | M16x1.5 | 16 | 56 8 | M16x1.5 | 16 | 56 8 | M16x1.5 | 20 | 69 10 | M16x1.5 | 16 | 56 10 | M16x1.5 | 20 | 69 12 | M16x1.5 | 20 | 69 l2 | l3 | l4 | l5 10 | 30 | 42 | 15.5 10 | 30 | 42 | 15.5 12 | 36 | 52 | 18 10 | 30 | 42 | 15.5 12 | 36 | 52 | 18 12 | 36 | 52 | 18	- Pièce en Acier bruni, Inox - goupille de centrage polie, nitrurée ou nickelée - Utilisés lorsque la goupille de centrage doit être escamotée - Le blocage s'effectue par une rotation de la tête de 180° - Avec ou sans écrou - Existe aussi avec une poignée en plastique noir mat
Doigt d'indexage  * **		d1 | d3 | l1 | l4 6 | 25 | 37/45 | 4.5 8 | 31 | 44/54 | 5.5 l5 | l6 | l7 | d2 40 | 30 | 18 | 10 46 | 34 | 20 | 12	- Plaque en zamac zingué chromaté. - Goupille de centrage traitée, rectifiée et brunie. - Bouton en polyamide noir mat, indémontable. - Existe avec dispositif de blocage
Doigt d'indexage  * **		l1 | l2 | l3 | l4 44 | 5 | 19 | 17 52 | 6 | 21 | 19 68 | 8 | 28 | 26 d2 | d3 | d4 | d5 5 | 32 | 8.6 | 15.5 6 | 40 | 9.9 | 19 8 | 50 | 13.9 | 22.5	- Pièce en Acier zingué - Goupille de centrage traitée, rectifié. - Bouton étoile en polyamide noir mat
Doigt d'indexage avec anneau  * **		l1 | l2 | l3 | l4 12 | 4 | 4.5 | 10 16 | 5 | 6 | 13.5 20 | 6 | 7.5 | 17 24 | 8 | 9 | 20.5 d1 | d2 | d3 | d4 M6 | 4 | 14 | 6.9 M8 | 5 | 18 | 9.2 M10 | 6 | 24 | 11.5 M12 | 8 | 30 | 13.8	- Pièce en Acier zingué - Goupille de centrage et anneau en inox

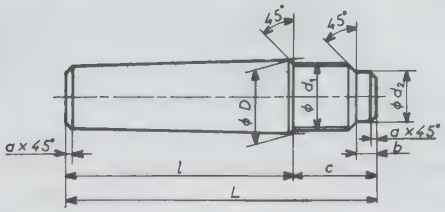
* Renseignement complémentaires dans le CD Rom associé.

** Eléments décrits partiellement dans l'ouvrage et en totalité dans le CD Rom associé.

10.3.6. Pieds de positionnement (dimensions)

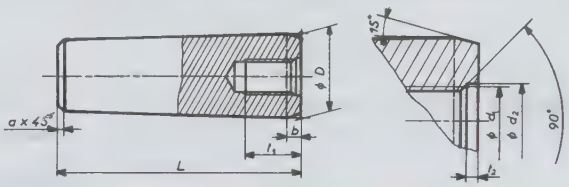
Au cône morse à tête filetée NF E 27-477

Matière : acier 16 NC 6, traité dureté HRC 58.62
Désignation : pied de positionnement cône morse, tête filetée, n° 1, NF E 27-477



Au cône morse à trou taraudé NF E 27-478

Matière : acier 16 NC 6, traité dureté HRC 58.62
Désignation : pied de positionnement cône morse, trou taraudé, n° 1, NF E 27-478

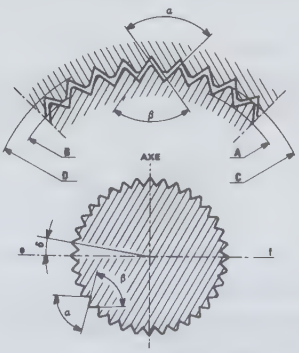


N°	Conicité en %	D	L	l	d_1	d_2	b	c	a	N°	Conicité en %	D	L	d_1	d_2	b	t_1	t_2	a
0	5,205	9,045	50	40	M8	6	3	10	1	0	5,205	9,045	40	M5	5,3	1,6	8	1,2	1
1	4,988	12,065	60	45	M10	7	3	15	1	1	4,988	12,065	45	M6	6,4	2,5	10	1,2	1
2	4,995	17,780	75	55	M16	12	5	20	1,5	2	4,995	17,780	55	M8	8,4	3	12	1,2	1,5
3	5,020	23,825	95	70	M20	16	6	25	1,5	3	5,020	23,825	70	M10	10,5	3,5	16	1,6	1,5

10.3.7. Axes dentelés cylindriques (dimensions) NF L 32-350 A

Ø nom. axe	Nb de dents	A	B $^{+0,1}_{0}$	C ± 0,1	D	E maxi
8	24	6,88	7,1	7,8	$8^{+0,1}_{0}$	6,7
10	36	8,90	9,1	9,8	$10^{+0,1}_{0}$	8,0
15	48	13,98	14,1	14,8	$15^{+0,15}_{0}$	12,0

Ø nom. axe	F	G mini	L mini	α ± 0,2 °	β ± 2 °	δ
8	5,5	4	10,5	91°	76°	15°
10	7	5	14	81°	71°	10°
15	9	6	18	90°	82° 30′	7° 30′



Le serrage entre l'axe et le moyeu peut être obtenu soit par pincement du moyeu, soit par extension de l'axe.

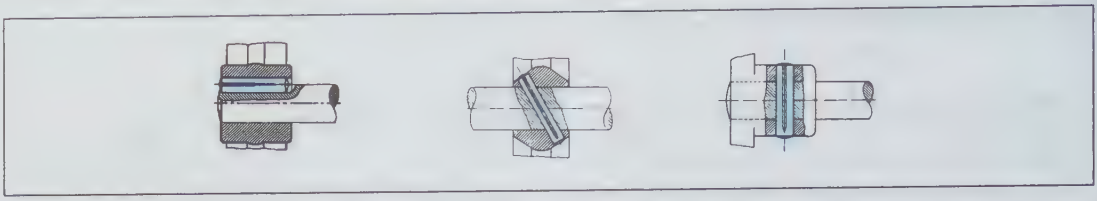
Application aux robinets :

- axe de 8 pour canalisations jusqu'à 25,
- axe de 10 pour canalisations jusqu'à 32,
- axe de 15 pour canalisations de 40 et au-dessus.

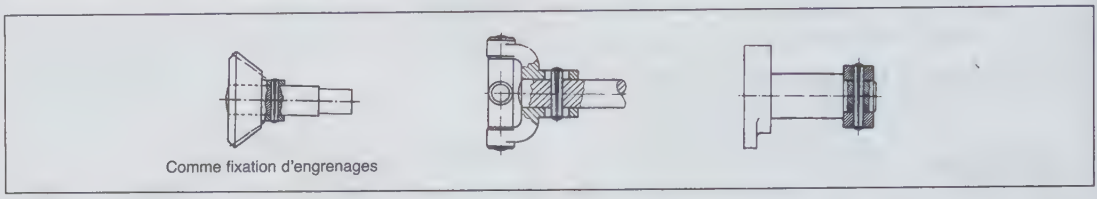
Désignation : Dentelures pour axe de 10. NF L 32-350.

Nota : L'axe dentelé assure en priorité l'arrêt en rotation. Bien qu'il soit monté serré, il est nécessaire d'assurer un arrêt en translation.

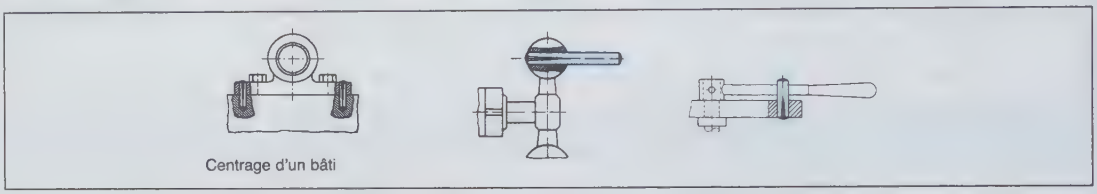
Goupilles cylindriques, cannelées avec bout, acier NF E 27-496, ISO 8739, DIN 1470



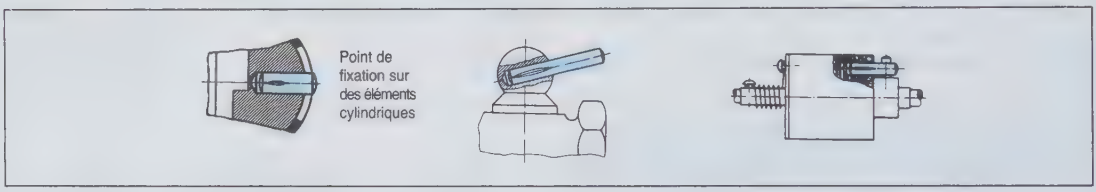
Goupilles coniques cannelées, acier NF E 27-492, ISO 8744, DIN 1471



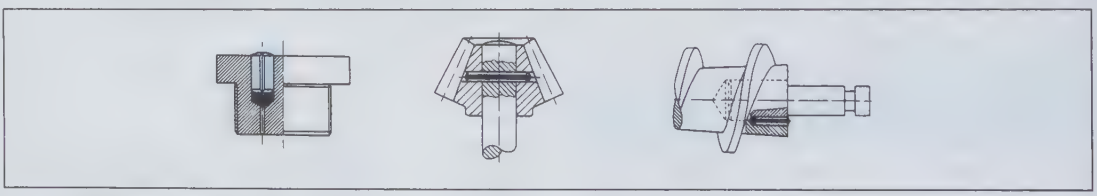
Goupilles d'ajustage, cannelées, acier NF E 27-493, ISO 8745, DIN 1472



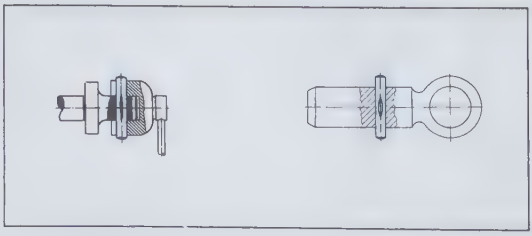
Goupilles cannelées, embrochables, acier NF E 27-494, ISO 8741, DIN 1474



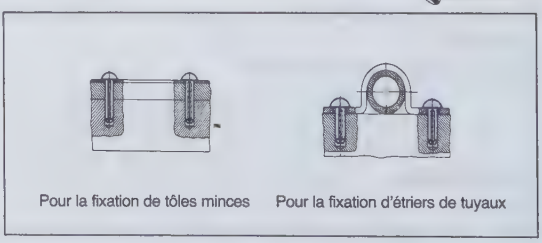
Goupilles cylindriques, cannelées, acier NF E 27-496, ISO 8740, DIN 1473



Goupilles cannelées, bombées, acier
NF E 27-495, ISO 8742, DIN 1475



Clous cannelés à tête demi-ronde, acier
NF E 27-499, ISO 8746, DIN 1476



11. Guidage en rotation



Roulements - Paliers - Butées - Galets

Banque de **DONNÉES** | Guide de **CHOIX** | Données dans **CD Rom** | Fiche de **CALCULS**

Glossaire 286

11.1. Démarche de détermination d'un roulement 287

11.2. Choix d'un type de roulement 288

11.3. Choix d'un type de butée 292

11.4. Choix d'un type de douilles ou roulements à aiguilles 294

11.5. Choix d'un type de roulement à aiguilles ou à rouleaux 296

11.6. Choix d'un type de roulement et d'un type de palier auto-aligneurs 298

11.7. Bases de calcul – Définitions 302
- 11.7.1. Durée de vie 302
- 11.7.2. Charges – Généralités 302
- 11.7.3. Charge radiale dynamique équivalente P 303
- 11.7.4. Charge statique équivalente Po 305
- 11.7.5. Durée de vie nominale corrigée 306

11.8. Diagramme de calcul de la durée de vie 310

11.9. Calcul. Roulements rigides à une rangée de billes. Cas type 1 (voir 11.1) 311

11.10. Calcul. Roulements rigides à une rangée de billes. Cas type 2 (voir 11.1) 312

11.11. Calcul. Roulements à contact oblique non préchargés. Cas type 1 (voir 11.1) 313

11.12. Jeu axial de montage – Montages préchargés 314
- 11.12.1. Montage des roulements à contact oblique avec jeu calibré 314
- 11.12.2. Montages préchargés 314

11.13. Choix du procédé de fixation axiale 315

11.14. Choix des fixations radiales et axiales 316

11.15. Choix du montage – Roulements à contact oblique à une rangée de corps roulants – Force axiale induites 317

11.16. Choix des ajustements : roulements 318

11.17. Ajustements arbre et logement/roulement 319
- 11.17.1. Illustration dans le cas d'un roulement à billes 319
- 11.17.2. Tolérances des roulements : cas de la classe de précision courante 319
- 11.17.3. Ajustement de l'arbre/tolérance de l'alésage du roulement 320
- 11.17.4. Ajustement du logement/tolérance du Ø extérieur du roulement 321

11.18. Choix du jeu radial des roulements 322

11.19. Valeur du jeu nominal des roulements 323

11.20. Règles générales de montage 324

11.21. Choix de la protection ou de l'étanchéité 332

11.22. Type de cage de roulement 334

11.23. Types de roulements 335

11.24. La lubrification 336
- 11.24.1. Choix d'une lubrification 336
- 11.24.2. Lubrification à l'huile 337
- 11.24.3. Lubrification à la graisse 340

11.25. Roulement à billes à contact radial et variantes 343

11.26. Roulements à une rangée de billes à contact radial 344

11.27. Roulements à une rangée de billes à contact oblique 346

11.28. Roulements à deux rangées de billes à contact radial 347

11.29. Roulements à deux rangées de billes à contact oblique 347

11.30. Roulements à rotule sur deux rangées de billes 347

11.31. Roulements à rouleaux cylindriques 348

11.32. Roulements à rotule sur deux rangées de billes avec bague intérieure large 349

11.33. Roulements à deux rangées de rouleaux cylindriques jointifs 349

11.34. Roulements à rotule à deux rangées de rouleaux 349

11.35. Roulements à rouleaux coniques 350

11.36. Roulements à deux rangées de rouleaux coniques appariés 350

11.37. Roulements à une rangée de rouleaux cylindriques croisés 350

11.38. Butées à billes simple effet 351

11.39. Butées à rotule sur rouleaux 352

11.40. Butées à aiguilles ou à rouleaux 353

11.41. Montages-types (butées à aiguilles et à rouleaux) 355

11.42. Douilles à aiguilles 356

11.43. Roulements à aiguilles à cage avec ou sans bague intérieure 357

11.44. Roulements à aiguilles jointives 357

11.45. Roulements inversés à aiguilles jointives 358

11.46. Bagues d'étanchéité 358

11.47. Bagues intérieures longues percées ou non 358

11.48. Roulements combinés 359

11.49. Roulements combinés de précision à précontrainte axiale réglable 360

11.50. Autres dispositifs Nadella 360

11.51. Segments d'arrêt 360

11.52. Montages-types (roulements combinés) 361

11.53. Galets de cames 362

11.54. Roulements et paliers auto-aligneurs 363

11.55. Géométrie et état de surface des portées des arbres et des logements 365

11.56. Désignation normalisée des roulements 367

Glossaire

Principaux coefficients et paramètres employés pour le choix et le calcul des roulements.

Symboles	Définitions	Formules	Unités	Renvois
	Liées au roulement			
B	Largeur du roulement		mm	
d	Diamètre intérieur (sur BI : bague intérieure)		mm	
D	Diamètre extérieur (sur BE : bague extérieure)		mm	
D_m	Diamètre moyen : (D + d)/2	$D_m = (D + d)/2$	mm	11.2.
C	Charge dynamique de base		N	11.7.
C_o	Charge statique de base		N	11.7.
e	Coefficient de délimitation d'équidurée		–	
p	Coefficient lié aux éléments roulants (billes p = 3 ; rouleaux p = 10/3)		–	11.7.
V	Volume de graisse (à incorporer au roulement)	V = 0,005 D.B	cm^3	11.24.
X	Facteur de charge radiale		–	11.7.
Y	Facteur de charge axiale		–	11.7.
X_o	Facteur statique de charge radiale		–	11.7.
Y_o	Facteur statique de charge axiale		–	11.7.
	Liées aux charges			
F	Charge exercée sur le roulement		N	11.7.
F_a	Charge axiale exercée sur le roulement		N	11.7.
F_r	Charge radiale exercée sur le roulement		N	11.7.
P	Charge radiale équivalente	$P = X F_r + Y F_a$	N	11.7.
P_e	Charge pondérée équivalente		N	11.7.
P_o	Charge radiale statique équivalente	$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$	N	11.7.
	Liées au fonctionnement et aux calculs			
a_1	Coefficient relatif à la fiabilité		–	11.7.
a_2	Coefficient relatif à la matière et à la conception interne du roulement		–	11.7.
a_3	Coefficient relatif aux conditions de fonctionnement		–	11.7.
a_{23}	Coefficient représentatif de a_2 et a_3		–	
D	Probabilité de défaillance		%	
F	Fiabilité		%	
L	Durée de vie du roulement		10^6 tr	11.7.
L_{10}	Durée de vie nominale (fiabilité 90 %)	$L_{10} = (C/P)^p$	10^6 tr	11.7.
L_{10h}	Durée de vie nominale (fiabilité 90 %) en heures	$L_{10h} = L_{10}(10^6/60N)$	h	11.7.
L_{na}	Durée de vie nominale corrigée	$L_{na} = a_1 a_2 a_3 L_{10}$	10^6 tr	11.7.
N	Fréquence de rotation		tr/min	
ν	Viscosité corrigée		mm^2/s	
ν_i	Viscosité minimale à θ °C de fonctionnement		mm^2/s	
K	Rapport de viscosité	$K = \nu/\nu_1$	–	

11.1. Démarche de détermination d'un roulement

Dans le cas général, la détermination d'un roulement s'effectue de la manière suivante :
– choix du type de roulement ou de plusieurs types « possibles » (**11.2.**) ;
– choix du type de montage ou de plusieurs types « possibles » (**11.20.**, **11.14.**, **11.15.**) ;
– calcul mécanique des charges radiales et axiales qui s'exercent sur les roulements dans le (les) cas choisi(s) ;
– calcul en vue de son dimensionnement **ou** vérification d'un roulement imposé par ses dimensions (**11.7.** ... **11.12.**) ;
– choix de la série et du suffixe (cage, étanchéité...) : catalogue, banque de données... (**11.13.** ... **11.24.**).

DONNÉES

Le cahier des charges du mécanisme étudié
– le nombre de mécanismes prévu (série)
– le torseur des forces extérieures exercées sur le mécanisme
– la fréquence de rotation **N** (tr/min)
– les caractéristiques de la rotation : précision, rigidité, accélération angulaire, balourd, vibrations...
– les caractéristiques du montage : coaxialité des portées, montage-démontage, dans certains cas le matériau du logement et/ou de l'arbre...
– l'environnement intérieur : température, fluides...
– l'environnement extérieur : fluides, poussières, pollution...
– les dimensions du roulement (encombrements limites) (**OU**) sa durée de vie **L***.

BESOIN

Le roulement
– le type de roulement, sa cage, son étanchéité...
– les caractéristiques du roulement (**C**, **Co**...) (**11.7.**)
– la durée de vie **L*** du roulement (**11.7.**)
– les dimensions du roulement (série, numéro)*
– les conditions de montage (ajustements, arrêts axiaux...)

* Voir cas type ci-dessous.

ÉLÉMENTS DU CHOIX (à prendre en compte)

Pour le choix du type de roulement et du type de montage (tableaux 11.2. ... 11.15.) :
– **direction de la charge (11.7.)**
– **ordre de grandeur de l'intensité de la charge**
– précision demandée pour la liaison
– caractéristiques de rotation (précision, vitesse maxi)
– caractéristiques du montage (coaxialité des portées)
– environnement intérieur (lubrification) et extérieur

Pour le calcul du roulement (exemples : 11.9., 11.10., 11.11.)
– intensité des charges **Fr** et **Fa**
– mode d'application de la charge
– le type de roulement
– les caractéristiques du roulement ou une évaluation (**e**, **X**, **Y**, **C**, **Co**) (**11.7.**).

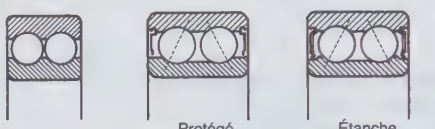
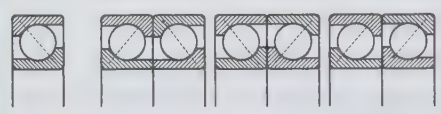
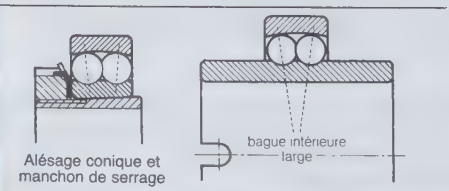
CAS TYPE (principaux)

Cas type 1 : Dimensions limites du roulement imposées (exemples 11.9. et 11.11.)
C'est en général la RDM ou seulement un problème d'encombrement qui ont déterminé les dimensions limites.
1) choix du type de roulement et du type de montage (ou de plusieurs types « possibles »)
2) calcul des charges radiale **Fr** et axiale **Fa**
3) sélection d'un ou de plusieurs roulements
4) calcul de leur durée de vie **L** (millions de tours ou heures)
5) choix définitif (série, suffixe...)

Cas type 2 : Durée de vie L du roulement imposée (exemple 11.10.)
1) choix du type de roulement et du type de montage (ou de plusieurs types « possibles »)
2) calcul des charges radiale **Fr** et axiale **Fa**
3) calcul de **C** par évaluation de **P**
4) sélection de roulements « possibles »
5) vérification de **L** pour les roulements sélectionnés
6) optimisation, choix définitif (série, suffixe...)

11.2. Choix d'un type de roulement

NF E 22-315
SNR

Aptitudes → / Type de roulement ↓		Exemples de variantes	Aptitude à la charge radiale	Aptitude à la charge axiale	Aptitude aux charges combinées	Grande exactitude de rotation
Roulements à une rangée de billes à contact radial	* 	 Roulement de base — ZZ EE NR K — Variantes	+	+ ↔	+	+++
Roulements à deux rangées de billes à contact radial	** 	 Roulement de base — Protégé (série 5200 ZZ) — Étanche (série 5200 EE) — Variantes du type A	+	+ ↔	+	+
Roulements à une rangée de billes à contact oblique	* 	 Roulement de base — Montage dos à dos — Montage face à face — Montage en tandem (montage en « O » ou en « X ») (appariés)	+	+ ↔	++	+++
Roulements à deux rangées de billes à contact oblique	** 	 Roulement de base — Type A — Type B	++	+ ↔	++	++
Roulements à rotule à deux rangées de billes	* 	 Roulement de base — Alésage conique (K)	+	–	–	++
Roulements à rotule avec manchon de serrage ou avec bague intérieure large	** 	 Alésage conique et manchon de serrage — bague intérieure large	+	–	–	++

* Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées partiellement dans l'ouvrage.
** Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées dans le CD-ROM.

Aptitude à accepter les défauts d'alignement	Défaut angulaire maximum	Vitesse élevée	Grande rigidité	Fonctionnement silencieux	Faible frottement	Prix relatif	Remarques - Utilisations
–	 10′	+++	+	+++	+++	1	– Ce sont les roulements les plus utilisés grâce à leurs bonnes performances et à leur coût réduit. – Existent dans de nombreuses variantes (étanchéité, cages...). – Fonctionnent à des vitesses élevées. – Supportent des charges radiales. – Supportent des charges axiales dans les deux sens. – Exigent un alignement correct des portées. – Utilisés dans de nombreuses applications.
– –	4′	+	+	+	++	2,5	– Roulements qui possèdent une bonne rigidité et qui exigent un alignement rigoureux des portées. – Conçus pour supporter des charges radiales plus élevées. – Conçus pour supporter des charges axiales dans les deux sens. – L'exécution standard comporte une cage en matière synthétique. Ces roulements sont livrés prégraissés.
–	–	++	+	++	++	2	– Ces roulements supportent des charges radiales et axiales importantes. – Ils se montent par deux en opposition ou en tandem. – Ils exigent un bon alignement des portées ainsi qu'un réglage du jeu axial. – Ils possèdent un angle de contact de 40° et peuvent supporter des charges combinées à composante axiale prédominante.
– –	– –	+	++	+	+	3	– Ces roulements peuvent recevoir des charges axiales dans les deux sens. – Ils sont livrés prélubrifiés avec une graisse d'usage courant (température limite de fonctionnement : 110 °C). – Ils possèdent un angle de contact de 25° pour le type **A** et 32° pour le type **B**. – Les roulements de type **B** peuvent recevoir des charges axiales plus importantes que les types **A**, et ceci dans un sens préférentiel en raison des encoches.
+++	3° ++	++	–	++	++	2	– Ces roulements permettent de compenser des défauts d'alignement importants. – Avec un manchon de serrage, ils peuvent se monter sur un arbre brut de laminage. – Ces roulements sont souvent montés dans les paliers en deux parties, notamment ceux possédant un alésage conique (**K**). – Certains sont étanches et prégraissés (**EE**). – Permettent des vitesses de rotation élevées.
++	3° ++	++	–	++	++	2,5	– Ces roulements à bague intérieure large comportent une encoche destinée à recevoir une vis d'entraînement. – Ils sont utilisés principalement dans le machinisme agricole.

+++ : excellent, ++ : bon, + : satisfaisant, – : peu adapté, – – : inadapté, → : simple effet, ↔ : double effet.

Choix d'un type de roulement (suite)

Type de roulement		Exemples de variantes	Aptitudes à la charge : – purement radiale	– purement axiale	– combinée
Roulements à une rangée de rouleaux cylindriques	*	N, NU, NUP, NJ, NU+NJ, NJ+HJ	N + NU ++ NUP ++ NU + NJ HJ ++ NJ + HJ ++	N + NU – – NUP + ↔ NU + NJ HJ + → NJ + HJ + →	N + NU – – NUP + NU + NJ HJ + NJ + HJ +
Roulements à rotule à deux rangées de rouleaux sphériques	**	Type E; Autres types; Alésage conique (K)	+++	+ ↔	+++
Roulements à rotule à deux rangées de rouleaux sphériques avec manchon de serrage	**	Alésage conique et manchon de serrage	+++	+ ↔	+++
Roulements à une rangée de rouleaux coniques	**	Roulement de base; Arrondi spécial bague intérieure	++	++ ↔	+++
Roulements à une rangée de rouleaux coniques à collerette	*	Collerette sur cuvette	++	++ ↔	+++
Roulements à une rangée de rouleaux cylindriques croisés	**		++	+++	+++

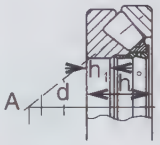
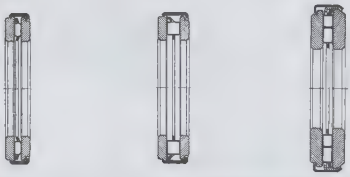
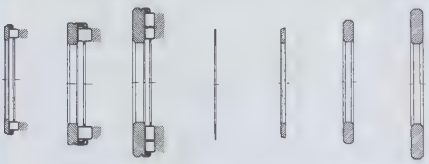
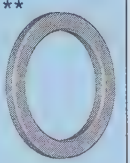
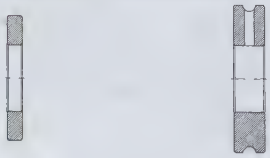
* Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées partiellement dans l'ouvrage.
** Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées dans le CD-ROM.

Grande exactitude de rotation ↓	Aptitude à accepter les défauts d'alignement ↓	Défaut angulaire maximum ↓	Vitesse élevée ↓	Grande rigidité ↓	Fonctionnement silencieux ↓	Faible frottement ↓	Prix relatif ↓	Remarques - Utilisations
++	–	3′ à 4′	+++	++	N + NU ++ NJ NUP NU + NJ NJ + HJ +	++	2,5	– La gamme de fabrication comprend aussi des roulements à rouleaux de précision pour machines-outils. – Certains ensembles cage-éléments roulants peuvent être séparés pour faciliter le montage et le démontage dans le cas d'ajustements serrés. – Vitesses élevées et charges radiales importantes, charges axiales modérées pour les roulements à quatre épaulements.
+	+++	++	+	++	+	+		– Ces roulements peuvent supporter des défauts d'alignement importants (0,5°). – Ils peuvent supporter des charges radiales très élevées ainsi que des charges axiales. – Ils conviennent particulièrement à la mécanique lourde où les portées sont difficiles à aligner et où les charges radiales sont importantes. – Ils résistent bien aux conditions difficiles de fonctionnement : régimes de chocs ou de vibrations (concasseurs, tamis vibrants, manutention lourde...). – Ces roulements (**K**) peuvent être livrés et montés avec un manchon de serrage et écrou à encoches. – Permettent les flexions d'arbre.
+	+++	++	+	++	+	+		
++	–	– 0,06° maxi	+	++	+	+		– Ces roulements peuvent supporter des charges radiales et axiales importantes. – Ils sont toujours montés en opposition, le jeu axial est déterminé par le réglage des roulements au montage. – Ils peuvent être montés en **O** ou en **X** suivant les besoins. – Ils sont montés préchargés chaque fois que l'on veut assurer une rigidité axiale du montage (roulements de pignons coniques, broches de machine-outil...). – Roulements appariés utilisés pour les montages où la capacité de charge d'un seul roulement est insuffisante ou lorsque l'arbre doit être maintenu dans les deux sens avec un jeu axial déterminé. – Utilisés en palier fixe, ils sont souvent associés à un palier libre de type roulement cylindrique. – Les ensembles appariés permettent de réaliser des montages économiques et offrant plusieurs avantages : - simplicité de montage (absence de réglage, préréglés), - guidage axial précis de l'arbre, - capacités de charges radiale et axiale élevées, - entretien facile (facilité de lubrification).
+	–	–	+	+++	+	+		
++	–	–	– –	+++	+	– –		– Roulements présentant une capacité de charge et une rigidité optimale dans un encombrement réduit. – Ces roulements existent en rouleaux coniques. – Utilisés pour les mouvements oscillants ou les rotations lentes.

+++ : excellent, ++ : bon, + : satisfaisant, – : peu adapté, – – : inadapté, → : simple effet, ↔ : double effet.

11.3. Choix d'un type de butée

NF E 22-374 | NADELLA | SNR

Type de butée ↓ / Aptitudes →		Exemples de variantes	Aptitude à la charge : Charge axiale	Charge radiale
Butées à billes : simple effet	* 	 Simple effet		+ →	– –
Butée à rotule sur rouleaux sphériques	* 			++ →	– –
Butées à aiguilles ou à rouleaux avec contre-plaque incorporée	* 		 à aiguilles  à rouleaux	++ → +++ →	– – – –
Butées à aiguilles. Séries mince et épaisse	** 			++ →	–
Butées à rouleaux. Série légère et lourde	** 			+++ →	–
Plaques médianes	** 	 PM PMH		+++	

* Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées partiellement dans l'ouvrage.
** Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées dans le CD-ROM.

Choix d'un type de butée (suite)

Aptitude à accepter les défauts d'alignement	Faible frottement	Vitesse élevée	Fonctionnement silencieux	Grande rigidité	Prix relatifs	Remarques - Utilisations
– – < à 0,03°	+	+	–	+	1,3	– Les butées à billes sont destinées à supporter des charges axiales et à maintenir l'arbre dans un seul sens. – Elles ne doivent pas être soumises à des charges radiales, elles doivent donc être associées à un roulement radial. – Si la charge axiale est insuffisante, il est nécessaire d'exercer une précharge au moyen de ressorts pour atteindre la charge axiale dynamique minimale. – Elles sont constituées d'éléments séparables : rondelle-arbre, rondelle logement, chemin de roulement, cage à billes. Ces éléments sont interchangeables.
– – < à 2°	–	–	–	++	1,4	– Ces butées sont constituées de deux éléments séparables. – Lorsqu'elles sont associées à un roulement radial (en général roulement à rotule sur rouleaux sphériques), le point d'application **A** doit coïncider avec celui du roulement pour permettre l'auto-alignement. – Lubrification à l'huile compte tenu des charges importantes en jeu.
– –	–	–	–	++	1,2	– Quand la butée est centrée par la partie tournante, la contreplaque doit être centrée par la partie fixe et inversement. Si la partie tournante et la partie fixe sont notablement excentrées l'une par rapport à l'autre, la butée et sa plaque incorporée doivent être obligatoirement centrées par la partie tournante (voir exemples de montage page 333). – Lubrification à l'huile. – Les butées avec contreplaque incorporée assurent une protection contre l'introduction de poussières et de particules métalliques tout en favorisant la retenue du lubrifiant. – Pour assurer le positionnement axial dans les deux sens, les butées peuvent être montées par paire dans un seul palier, de part et d'autre d'une plaque médiane commune dont les faces constituent le second chemin de roulement pour chacune des butées. – Les butées à aiguilles à plaque mince, de très faible épaisseur, sont particulièrement économiques. – Les butées à aiguilles à contreplaque épaisse et les butées à rouleaux offrent, en qualité normale, une très bonne précision de rotation (battement axial). – Il existe, pour les très grandes vitesses de rotation, des butées à double couronne d'aiguilles (type **AYJ**). – Les butées minces à aiguilles et les contreplaques minces doivent s'appuyer sur une surface plane rigide et continue dans la zone de circulation des aiguilles. Il en est de même pour les butées à rouleaux compte tenu des charges importantes à supporter. – Les butées épaisses à aiguilles et contreplaque épaisse peuvent s'appuyer sur un épaulement plus réduit ou même discontinu.
– –	–	–	–	++		
					1	
					1,1	
						– Les plaques médianes (série **PM**) peuvent être utilisées sous charges moyennes ne risquant pas d'entraîner des flexions importantes. – Elles peuvent être centrées sur l'arbre, les butées étant alors centrées sur le logement, ou inversement. – Les plaques médianes (série PMH) sont utilisées, de préférence, pour des charges élevées ; elles sont prévues pour être centrées sur le logement, elles sont munies d'un trou de graissage.

+++ : excellent, ++ : bon, + : satisfaisant, – : peu adapté, – – : inadapté, → : simple effet, ↔ : double effet.

11.4. Choix d'un type de douilles ou roulements à aiguilles

Aptitudes →

Types et variantes de douilles et de roulements à aiguilles ↓

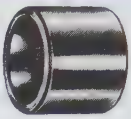
Douilles à aiguilles jointives retenues avec ou sans fond



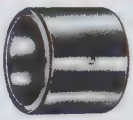
sans fond
DL



avec fond
DLF



Bague sans trou de lubrification
IM, IM... P



Bague avec trou de lubrification
IMC, IMC... P

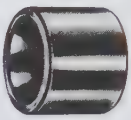
Douilles à aiguilles à cage avec ou sans fond



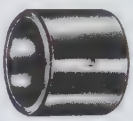
sans fond
DB



avec fond
DBF



Bague sans trou de lubrification
IM, IM... P

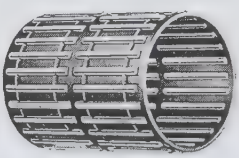


Bague avec trou de lubrification
IMC, IMC... P

Cages à aiguilles



B



BB



Cage en deux parties à une rangée d'aiguilles



Cage en deux parties à deux rangées d'aiguilles

Roulements à aiguilles à cage avec ou sans bague intérieure





sans trou de lub.



avec trou de lub.
sans bague intérieure



sans trou de lub.



avec trou de lub.
avec bague intérieure



Bague intérieure

Roulements à aiguilles à cage série haute précisions DELTA





sans trou de lub.



avec trou de lub.
sans bague intérieure



avec trou de lub.
avec bague intérieure



sans trou de lub.



avec trou de lub.
bague intérieure large

Roulements à aiguilles jointives

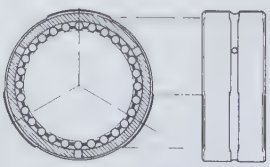


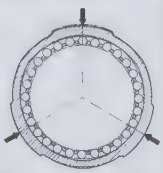


sans bague intérieure



avec bague intérieure



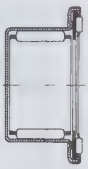
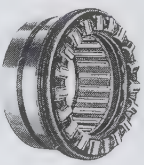
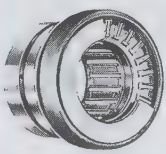
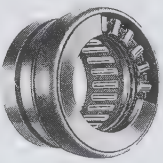
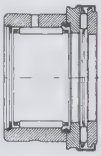
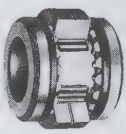
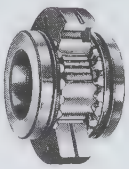
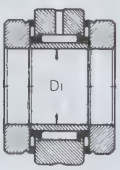
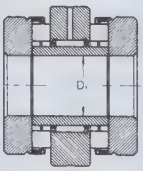
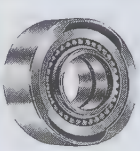


* Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées partiellement dans l'ouvrage.
** Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées dans le CD-ROM.

Charge de base dynamique ↓
Charge de base statique ↓
Aptitude à accepter les défauts d'alignement ↓
Vitesse élevée ↓
Fonctionnement silencieux ↓
Grande rigidité ↓
Prix relatif ↓

Charge de base dynamique daN	Charge de base statique daN	Aptitude à accepter les défauts d'alignement	Vitesse élevée min^{-1}	Fonctionnement silencieux	Grande rigidité	Prix relatif	Remarques - Utilisations
290 à 3 950	380 à 10 200		50 000 à 5 500			1	– Les douilles sont équipées d'une couronne d'aiguilles jointives retenues par leurs extrémités ou simplement collées à la graisse. – Ces douilles de très faible encombrement radial sont d'un emploi particulièrement économique tout en offrant une capacité de charge élevée. – Les bagues intérieures évitent tout entraînement de l'arbre.
215 à 3 850	195 à 9 300		80 000 à 7 300			1,1	– Les douilles à aiguilles à cage sont moins sensibles aux défauts d'alignement entre l'arbre et le logement et sont généralement préférables dans les montages à axe vertical sous charge faible ou moyenne. – Le volume de graisse permet d'espacer les renouvellements de graisse et même d'assurer un graissage à vie.
300 à 7 800	260 à 23 400		65 000 à 2 500			0,9	– Les cages à aiguilles sont très faciles à mettre en place (sans outillage), elles peuvent être réalisées en deux parties. – Les cages à aiguilles doubles permettent d'équiper facilement les pignons tout en assurant leur stabilité. – Elles sont d'une grande rigidité. – Résistance mécanique élevée et longue durée de vie sans usure.
360 à 11 800	340 à 26 800		57 000 à 3 600			1,3	– Les roulements à aiguilles à cage comportent une bague extérieure en acier à roulement trempé à cœur. – Ils peuvent être utilisés sans bague intérieure si la partie de l'arbre servant de chemin de roulement présente une dureté suffisante et un état de surface convenable (dureté de 58 à 68 HRC).
395 à 74 000	445 à 270 000	+++	52 000 à 1 100			1,5	– Ces roulements, à bague extérieure massive de haute résistance, offrent des capacités de charge dynamique et statique élevées et peuvent supporter de fortes surcharges, des chocs et des vibrations. – Ils sont particulièrement adaptés aux fonctionnements sous mouvements oscillants mais ils sont limités en vitesse. – Ils sont livrés avec ou sans bague intérieure.
1 150 à 9 500	1 350 à 34 500		23 900 à 2 450		+++	1,2	– Ces roulements sont destinés, en particulier, aux paliers de broches de machines-outils ainsi qu'aux appareils de haute précision. – Les bagues extérieures comportent, sur leur pourtour, trois zones légèrement en saillie à 120° qui favorisent une déformation qui entraîne une réduction du jeu et assure, éventuellement, une précontrainte radiale. – Utilisés dans les machines-outils avec efforts produits par les outils de coupe.

+++ : excellent, ++ : bon, + : satisfaisant, – : peu adapté, – – : inadapté, → : simple effet, ↔ : double effet.

Aptitudes → / Types et variantes de roulements à aiguilles ou à rouleaux ↓		Charges de base radiales dynamiques et statiques ↓	Charges de base axiales dynamiques et statiques ↓
Roulements inversés à aiguilles jointives. Chemin de roulement	  	daN 405 à 5 850	daN 7 200 à 14 700
Roulements combinés à douilles (emboutis) avec ou sans fond	   	dyn. 215 à 2 480 stat. 195 à 5 500	dyn. 315 à 2 180 stat. 635 à 10 900
Roulements combinés à cage (massif)	   	dyn. 610 à 3 750 stat. 720 à 8 600	dyn. 500 à 7 700 stat. 1 090 à 29 500
Roulements combinés à cage (massif) avec contre-plaque de retenue	   	dyn. 610 à 3 750 stat. 720 à 8 600	dyn. 500 à 7 700 stat. 1 090 à 29 500
Roulements combinés de précision à précontrainte axiale réglable	   	dyn. 235 à 11 800 stat. 265 à 26 800	dyn. 400 à 2 880 stat. 940 à 99 000
Autres dispositifs	 Fig. 1  Fig. 2  Fig. 3  Fig. 4		

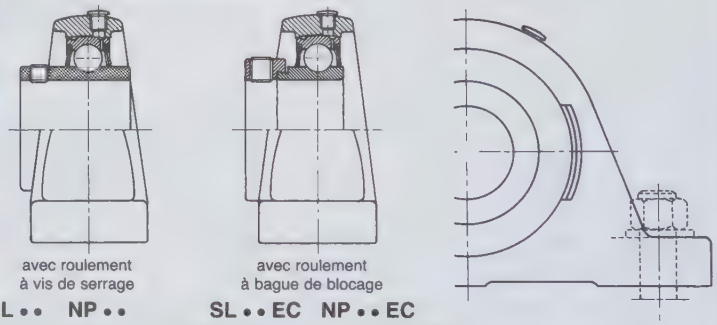
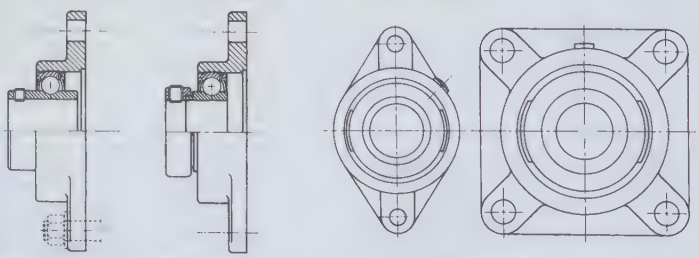
Aptitude à accepter les défauts d'alignement ↓	Vitesse élevée ↓ (min.$^{-1}$)	Fonctionnement silencieux ↓	Grande rigidité ↓	Prix relatif ↓	Remarques - Utilisations
	12 500 à 4 000				– Ces roulements permettent d'équiper des pièces dont l'alésage durci peut être utilisé directement comme chemin de roulement. – Ils conviennent en particulier à l'équipement des pignons traités de boîtes de vitesses sur véhicules. – Le chemin de roulement sur la bague intérieure est convexe afin d'assurer une meilleure répartition de la charge sur chacun des roulements utilisés par paire. – Le gain d'encombrement radial permet d'augmenter le diamètre de l'arbre et donc sa résistance à la flexion.
	25 000 à 4 500				Ces roulements supportent simultanément une charge axiale et une charge radiale dans un sens. – Ils supportent des charges axiales et radiales sous un faible volume. – Ils peuvent être utilisés sans bague intérieure ni contreplaque si les portées d'arbres servant de chemins de roulement présentent une dureté suffisante. – Ils permettent des montages particulièrement économiques. – Les roulements avec fond sont avantageusement utilisés en bout d'arbre non débouchant afin d'assurer une étanchéité parfaite.
	15 500 à 3 000				– Ces roulements sont utilisés quand les conditions de fonctionnement font appel, soit à des charges limites plus élevées, soit à une plus grande précision de rotation en sens radial et sens axial. – Ces roulements peuvent être fournis en qualité machines-outils (type RAYN).
	15 500 à 3 000				– Ces roulements sont mieux protégés contre l'introduction de poussières ou de particules métalliques. – Ils sont recommandés, notamment, pour les broches de perceuses.
	19 000 à 1 900				– Ces roulements comportent un roulement à aiguilles à cage dans une bague extérieure de grande épaisseur radiale dont chaque face sert de chemin de roulement à une butée à aiguilles ou à rouleaux. – Ils sont d'encombrement réduit et sont utilisés pour l'équipement d'arbres exigeant un positionnement axial très précis en fonctionnement sous charge, par exemple : vis-mères, vis à billes de machines-outils à commande numérique, arbres d'entraînement sur appareils de contrôle. – Les différents types permettent une diversité d'utilisations.
					Fig. 1 : Roulement à rotule pour attache d'aérofrein. Fig. 2 : Palier de translation, graissé à vie, il ne nécessite aucun entretien et peut supporter une charge élevée. Il est utilisé pour le déplacement de portes, panneaux, châssis... Fig. 3 : Roulement pour colonne de direction. Fig. 4 : Roulement à rotule à aiguilles jointives destiné à absorber les mésalignements. Ils supportent des oscillations permanentes de fonctionnement provenant de la flexion de l'arbre.

+++ : excellent, ++ : bon, + : satisfaisant, – : peu adapté, – – : inadapté, → : simple effet, ↔ : double effet.

Aptitudes →

Type de roulement et de palier ↓

Exemples de variantes ↓

Roulements auto-aligneurs à vis de serrage	**  Photo SKF	 **SEE** **• • G**
Roulements auto-aligneurs à bague de blocage	**  Photo SKF	 **• • ECG** **EES**
Paliers auto-aligneurs à semelle	** 	 avec roulement à vis de serrage **SL • • NP • •** avec roulement à bague de blocage **SL • • EC NP • • EC**
Paliers auto-aligneurs à applique à deux trous ou à quatre trous	** 	 avec roulement à vis de serrage **SFT • •** avec roulement à bague de blocage **SFT • • EC** à deux trous **SFT • •** Palier applique à quatre trous **SF • •**

* Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées partiellement dans l'ouvrage.
** Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées dans le CD-ROM.

Coefficient maximum de charge admissible sur le palier selon sa direction

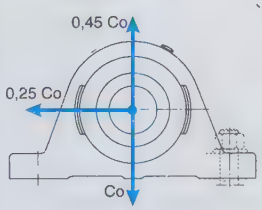
Charge axiale	Charge radiale	Compensation des défauts d'alignement	Compensation longitudinale à l'intérieur du roulement	Compensation longitudinale par ajustement glissant	Vitesse élevée	Grande rigidité	Faible frottement	Fonctionnement silencieux
+	++	+	–	–	–	+	0	0
+	++	+	– –	–	–	++	0	0

Remarques - Utilisations

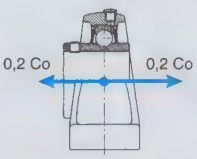
– Les roulements auto-aligneurs sont du type radial à gorge profonde et jeu augmenté.
– Ils peuvent être équipés de cage polyamide et joints spéciaux, ils sont prégraissés et comportent une rainure d'accrochage du protecteur.
– La fixation des roulements se fait au moyen de deux vis cuvette, par excentrique et ou par ajustement serré.

PALIERS AVEC CORPS EN FONTE

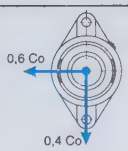
Charges radiales **Charges axiales**



NP

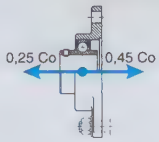


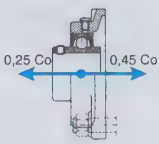
NP



SFT







SF

– Les paliers auto-aligneurs autorisent un défaut d'alignement important.
– Ils sont équipés d'un roulement à une rangée de billes à bague extérieure sphérique, étanche, et munis d'un système de fixation sur l'arbre.
– Ils comprennent :
- un support en fonte ou en tôle emboutie équipé ou non d'un graisseur ;
- un roulement à une rangée de billes à contact radial, étanche et prélubrifié, comportant une bague extérieure à surface sphérique permettant un auto-alignement dans le logement du palier.
– Types de paliers en fonte monobloc :
- à semelle : types SL ou NP
- applique : types SF ou SFT
- tendeur : type ST.
– Ils sont munis d'un graisseur.
– Ils peuvent être équipés d'un des types de roulements au choix suivant les applications.
– Les roulements peuvent s'orienter à l'intérieur du corps du palier jusqu'à une valeur d'environ 5° lorsqu'il est prévu un graissage additionnel et de 8° sans graissage additionnel, la rainure ne coïncidant plus alors avec l'orifice du graisseur.
– La bague intérieure étant fixée sur l'arbre, les possibilités de dilatation axiale sont très limitées.

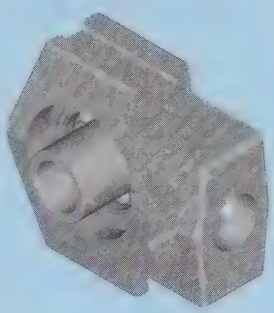
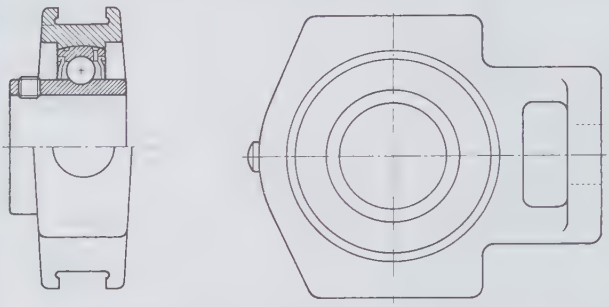
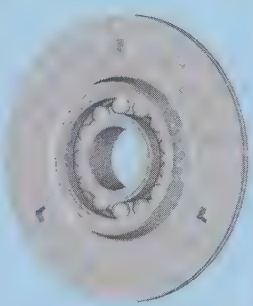
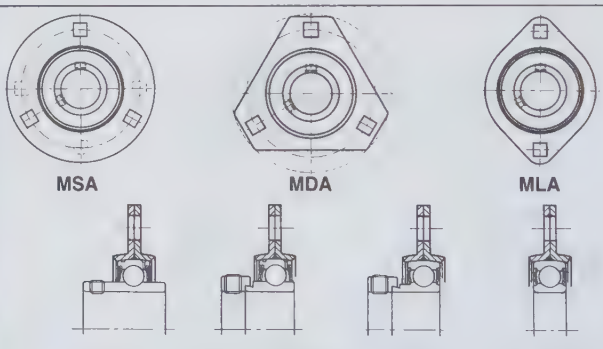
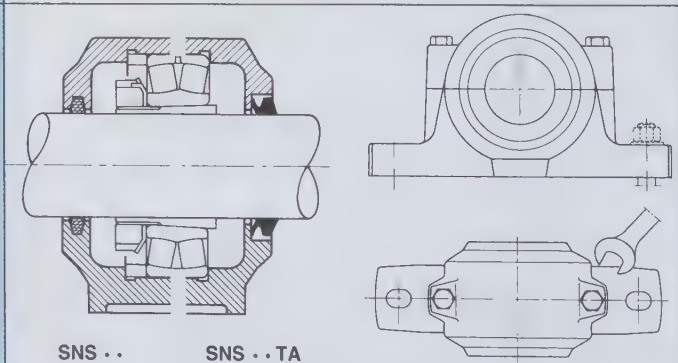
(suite p. 279)

+++ : excellent, ++ : bon, + : satisfaisant, – : peu adapté, – – : inadapté, → : simple effet, ↔ : double effet.

Aptitudes →

Type de palier ↓

Exemples de variantes ↓

Paliers auto-aligneurs tendeurs	** 	 Palier tendeur ST • • avec roulement auto-aligneur à vis
Paliers auto-aligneurs flasques	** 	 MSA MDA MLA 1000- • • G 1200- • • ECG 112000 EES 6200 SEE
Paliers en deux parties	** 	 SNS • • SNS • • TA

* Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées partiellement dans l'ouvrage.
** Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles développées dans le CD-ROM.

Coefficient maximum de charge admissible sur le palier selon sa direction

PALIERS AVEC CORPS EN FONTE

Charges radiales **Charges axiales**



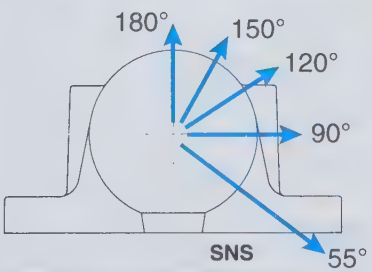
ST

PALIERS AVEC CORPS EN TÔLE



MSA

À chaque **direction angulaire de l'effort** correspond une charge à la rupture variable qu'il faudra prendre en compte dans les applications

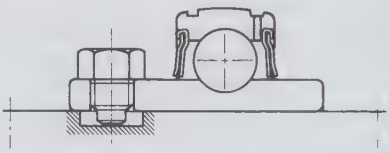


SNS

Remarques - Utilisations

(suite de la p. 277)

Si une dilatation axiale importante est à prévoir, il faudra rendre possible le glissement de l'arbre dans la bague intérieure d'un roulement. Dans ce cas, on remplacera la vis cuvette par une vis à téton dont le bout s'engagera dans une rainure à prévoir sur l'arbre.



– Ce palier autorise un défaut d'alignement important.
– Il est généralement équipé d'un roulement à rotule sur billes ou d'un roulement à rotule à rouleaux sphériques généralement à alésage conique pour être monté sur manchon de serrage.
– Il permet de dégager la ligne d'arbre sans la démonter.
– Le logement de la bague extérieure du roulement est usiné de façon à assurer un ajustement libre qui permet un déplacement axial du roulement dans le corps du palier.
– Le palier standard comporte un système d'étanchéité et ses faces sont usinées afin de servir d'appui à un joint supplémentaire.



+++ : excellent, ++ : bon, + : satisfaisant, – : peu adapté, –– : inadapté, → : simple effet, ↔ : double effet.

11.7. Bases de calcul - Définitions

SNR

11.7.1. Durée de vie

Durée de vie L

– La durée de vie d'un roulement est définie par le nombre de tours qu'il peut effectuer sous une charge donnée avant que n'apparaisse le premier signe d'écaillage. Cette durée est liée aux phénomènes de fatigue et présente un caractère statistique.

Durée de vie nominale L_{10}

– C'est le **nombre de millions de tours** qu'atteignent ou dépassent 90 % de l'ensemble des roulements d'un lot, essayés dans les mêmes conditions.

– La méthode de calcul simplifiée ci-dessous s'appuie sur la **fatigue de la matière** comme cause de défaillance (écaillage profond initié en profondeur).

– Pour déterminer la durée de vie simplifiée suivant la norme **ISO 281**, on calcule :

- **la charge radiale dynamique équivalente P (N)** $P = X.F_r + Y.Fa$

- **la durée nominale L_{10}** (10^6 tr) $L_{10} = (C/P)^n \, 10^6$ **en tours**

ou $L_{10} = (C/P)^n \, 10^6/60$ **N en heures**

X, Y : facteurs de charge
F_a, F_r : efforts axial et radial appliqués au roulement
C : charge dynamique de base (N)
N : fréquence de rotation (tr/min)
n : 3 pour les roulements ou butées à billes
10/3 pour les roulements ou butées à rouleaux.

Remarque :
– **Si P = C,** L_{10} = 1 million de tours, c'est la charge sous laquelle les roulements ont une durée de vie nominale

11.7.2. Charges - Généralités

Charge exercée sur le roulement

Une étude mécanique de statique ou de dynamique permet de déterminer la résultante des forces qui s'exercent sur le roulement.
Pour les roulements à contact oblique, cette résultante passe, par hypothèse, par le centre de poussée du roulement.
Il est souvent nécessaire de tenir également compte d'un coefficient de service lors de son calcul.

Charge effective sur un roulement : utilisation des coefficients de service

Cette résultante des forces qui s'exercent sur le roulement est calculée de façon théorique. Il est nécessaire de tenir également compte de la manière dont ces efforts sont transmis (fonctionnement interne, accouplements...).
D'une manière simple, il est possible d'utiliser les coefficients ci-contre qui majorent la charge calculée en étude mécanique.

Type de fonctionnement	Coefficient
Machines sans à-coups	1 à 1,2
Machines à piston	1,2 à 1,3
Machines sous chocs	1,5 à 3
Engrenages précis	1,05 à 1,1
Engrenages ordinaires	1,1 à 1,3
Engrenages moulés	1,6 à 2,3
Courroies trapézoïdales	2 à 2,5

Charge axiale F_a

C'est la composante axiale de la résultante des forces exercées sur le roulement.

Charge radiale F_r

C'est la composante radiale de la résultante des forces exercées sur le roulement.

11.7.3. Charge radiale dynamique équivalente P

$P = X.F_r + Y.F_a$

Type	Coupe	Série	Angle de contact	F_a/C_0	e	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
						X	Y	X	Y
Roulements à billes à contact radial à 1 ou 2 rangées de billes		60-62-63-64 160-618-619 622-623 42-43		0,014 0,028 0,056 0,084 0,110 0,170 0,280 0,420 0,560	0,19 0,22 0,26 0,28 0,30 0,34 0,38 0,42 0,44	1	0	0,56	2,30 1,99 1,71 1,55 1,45 1,31 1,15 1,04 1,00
Roulements à billes à contact radial à 1 rangée de billes ; jeu résiduel supérieur au jeu normal		60-62-63-64 160-618-619 622-623		0,014 0,029 0,057 0,086 0,110 0,170 0,280 0,430 0,570	0,29 0,32 0,36 0,38 0,40 0,44 0,49 0,52 0,54	1	0	0,46	1,88 1,71 1,52 1,41 1,34 1,23 1,10 1,01 1,00
Roulements à billes à contact oblique à 1 rangée de billes		72-73 QJ2-QJ3	40° 35°		1,14 0,95	1 1	0 0	0,35 0,37	0,57 0,66
Roulements à billes à contact oblique à 2 rangées de billes		32-33 32..A-33..A 52-53 32..B-33..B	35° 25° 32°		0,95 0,68 0,86	1 1 1	0,66 0,92 0,73	0,60 0,67 0,62	1,07 1,41 1,17
Roulements à rotule sur billes		12-13 22-23 112-113			Voir liste des roulements standard	1	Voir liste des roulements standard	0,65	Voir liste des roulements standard
Roulements à rouleaux coniques		302-303-313 320-322-322..B 323-323..B 330-331-332			Voir liste des roulements standard	1	0	0,40	Voir liste des roulements standard
Roulements à rotule sur rouleaux		213-222-223 230-231-232 240-241			Voir liste des roulements standard	1	Voir liste des roulements standard	0,67	Voir liste des roulements standard
Roulements à rouleaux cylindriques		N..2-N..3-N..4 N..10 N..22-N..23			–	1	–	1,00	–
Butée à billes à simple ou double effet		511-512-513 514			–	–	–	–	1,00
Butée à rotule sur rouleaux		293-294			1,82	–	–	1,20	1,00

Charge radiale dynamique équivalente P (suite)

Cas des charges fixes

C'est la charge radiale équivalente qui, exercée sur le roulement, donnerait la même durée de vie que celle obtenue en exerçant F_r et F_a simultanément. Elle provient de l'étude approfondie des courbes d'équidurée.

Pratiquement, le calcul de la charge équivalente **P** est un calcul par défaut à l'aide de coefficients **X** et **Y**.

$$P = X F_r + Y F_a$$

Ces coefficients **X**, **Y** et **e** sont donnés dans les tableaux de caractéristiques des roulements. Les charges F_r et F_a ne sont pas forcément constantes (voir calculs ci-après).

Cas des charges de direction fixe et d'intensité variable par paliers

– Dans le cas où la charge reste constante pendant une période « **i** », il est nécessaire de passer par le calcul d'une charge pondérée équivalente qui aurait la même influence sur la durée de vie du roulement que la charge variable.

$$P_e = [\Sigma\, m_i.P_i^p]^{1/p}$$

– P_i est la charge constante qui s'exerce pendant N_i tours
$N = N_1 + N_2 + ... + N_n$ le nombre total de tours
$m_i = N_i/N$ (taux d'utilisation pendant la période « i »)

Cas des charges d'intensité linéaire variable

Dans le cas où la charge varie suivant une fonction linéaire entre Pmini et Pmaxi, la charge équivalente pondérée s'obtient par la formule approchée :

$$P_e = 1/3[Pmin + 2\ Pmax]$$

Utilisation des coefficients : cas général

Roulements à une rangée de corps roulants :

$P = F_r$	si $F_a/F_r \leq e$
$P = X.F_r + Y.F_a$	si $F_a/F_r > e$

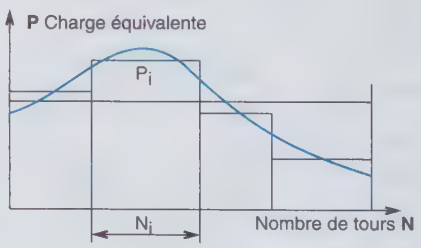
Roulements à deux rangées de corps roulants :

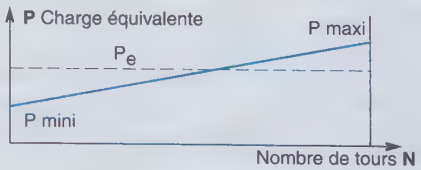
$P = X_1.F_r + Y_1.F_a$	si $F_a/F_r \leq e$
$P = X_2.F_r + Y_2.F_a$	si $F_a/F_r > e$

Cas des roulements à une rangée de billes à contact radial
L'angle de contact est théoriquement nul. En fait, il dépend du jeu du roulement, de sa rigidité et de l'intensité de la charge axiale. En pratique, il est nécessaire d'évaluer **e** puis **Y** par l'intermédiaire de **Fa/Co** (ex. : **11.9. et 11.10.**).

Cas des roulements à contact oblique :

Charge équivalente pondérée





11.7.4. Charge statique équivalente P_o

Dans le cas où le roulement est soumis à des charges statiques F_r et F_a combinées, il est nécessaire de calculer une charge statique radiale équivalente afin de la comparer à la charge de base statique C_o.
P_o est la plus grande des deux valeurs obtenues par les formules ci-contre.

$$P_o = F_r \quad \text{ou} \quad P_o = X_o.F_r + Y_o.F_a$$

La capacité de charge C_o est à considérer comme un ordre de grandeur :
– si le roulement fonctionne dans des conditions normales : $P_o \leq 0{,}5\ C_o$;
– si le roulement est utilisé pour des rotations très lentes, sans précision : $P_o > 2\ C_o$ est possible.

Définition des coefficients X_o et Y_o

Type	Coupe	Série	Angle de contact	X_o	Y_o
Roulements à billes à contact radial à 1 ou 2 rangées de billes		60-62-63-64 160-618-619-622 623 42-43		0,6	0,5
Roulements à billes à contact oblique à 1 rangée de billes		72-73 QJ2-QJ3	40° 35°	0,5 0,5	0,26 0,29
Roulements à billes à contact oblique à 2 rangées de billes		32-33 32..A-33..A 52-53 32B-33B	35° 25° 32°	1,0 1,0 1,0	0,58 0,76 0,63
Roulements à rotule sur billes		12-13 22-23 112-113		0,5	Voir liste des roulements standard
Roulements à rouleaux coniques		302-303-313 320-322-322..B 323-323..B-330 331-332		1,0	
Roulements à rotule sur rouleaux		213-222-223 230-231-232 240-241		1,0	
Roulements à rouleaux cylindriques		N..2-N..3-N..4 N..10 N..22-N..33		1,0	0
Butée à billes à simple effet		511-512-513 514		0	1
Butée à rotule sur rouleaux		293-294		2,7 si $F_r/F_a < 0{,}55$	1

11.7.5. Durée de vie nominale corrigée

Coefficients correcteurs

■ La norme **ISO 281** définit une formule de durée nominale corrigée (L_{na}) qui s'écrit en fonction de la durée nominale de base L_{10} .

$$L_{na} = a_1.a_2.a_3.L_{10}$$

$L_{na} = a_1 \times L_{10}$

a_1 = coefficient correcteur pour une fiabilité différente de 90 %
a_2 = coefficient correcteur en fonction de la matière utilisée, de la géométrie interne et de l'élaboration du roulement
a_3 = coefficient correcteur selon les conditions de fonctionnement : considéré comme égal à 1 dans des conditions « normales » de fonctionnement

On notera que les coefficients a_2 et a_3 ne sont pas indépendants, ce qui signifie que les améliorations apportées par le matériau ne peuvent être traduites par un coefficient a_2 supérieur à 1 que si les conditions de lubrification sont normales.

Conditions de fonctionnement normales

■ Les formules de durée de vie nominale ne s'appliquent que si « les conditions de fonctionnement ne perturbent pas la répartition normale des charges » dans le roulement.

Ces conditions, dites « normales », sont les suivantes :
– niveau de charge convenable,
– bonne précision d'exécution des portées et appuis,
– défaut d'alignement minimal entre la bague intérieure et la bague extérieure,
– jeu de fonctionnement proche du jeu nul,
– vitesse suffisante mais inférieure à la vitesse limite,
– température de fonctionnement comprise entre – 20 °C et + 120 °C,
– lubrification efficace,
– pas de pollution.

Prise en compte de conditions de fonctionnement non standard

■ Les influences de la lubrification, pollution et température sont définies dans les paragraphes qui suivent.

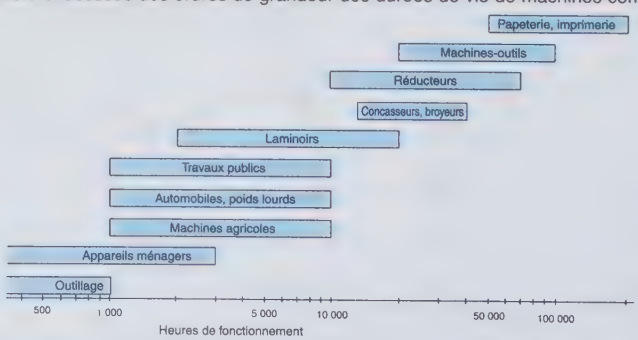
■ Les conditions de fonctionnement perturbant la répartition normale des charges, à savoir :
– défaut d'alignement important entre les portées des différents roulements,
– flexion d'arbre excessive,
– rigidité des logements insuffisante,
– arbre monté sur un seul roulement ou sur plus de deux roulements,
– montage de roulements avec une précharge axiale,
– jeu des roulements important,
– vitesse de rotation très au-dessus de la vitesse limite des roulements,
– accélération ou décélération très rapides,
nécessitent l'utilisation de programmes de calcul pour déterminer les répartitions des charges et durée de vie.

Ces programmes réalisent l'équilibre complet du système roulement/arbre/logement et permettent une modélisation de la répartition des efforts et des couples dans les roulements. Les calculs de durée de vie des roulements, réalisés à partir de cette répartition d'effort, sont alors plus précis.

On peut ainsi faire varier différents paramètres et optimiser économiquement et techniquement le choix des roulements.

Durée de vie requise

■ La durée de vie requise du roulement est fixée par le constructeur de l'équipement où il se trouve inclus.
À titre d'exemple, on trouvera ci-dessous des ordres de grandeur des durées de vie de machines communément retenues :



Durée de vie nominale corrigée (suite)

Durée de vie infinie

■ La formule de calcul de la durée de vie montre que si la charge appliquée **(P)** est faible par rapport à la capacité de base **C**, la durée de vie nominale L_{10} du roulement est très longue et peut dépasser de très loin la durée de vie de l'organe dans lequel il est monté.

Le niveau de connaissance et de qualité atteint aujourd'hui dans des applications préconisées par SNR Roulements permet de définir des conditions pour lesquelles les roulements atteignent une durée de vie infinie :
– séparation totale des surfaces métalliques par un film d'huile soit $a_{3iub} > 1,5$
– pollution du film d'huile extrêmement limitée,
– charge appliquée correspondant à $C_0/P_{0d} > 9$

C_0 : capacité statique de base
P_{0d} : charge équivalente correspondant à la relation : $P_{0d} = X_0.F_r + Y_0.F_a$

Détermination de a_1 et de la fiabilité pour une durée choisie

Coeff. a_1 pour une fiabilité supérieure à 90 %

Durée	Fiabilité	Probabilité de défaillance	Coefficient a_1
L_{10}	90 %	10	1,00
L_5	95 %	5	0,62
L_2	98 %	2	0,33
L_1	99 %	1	0,21

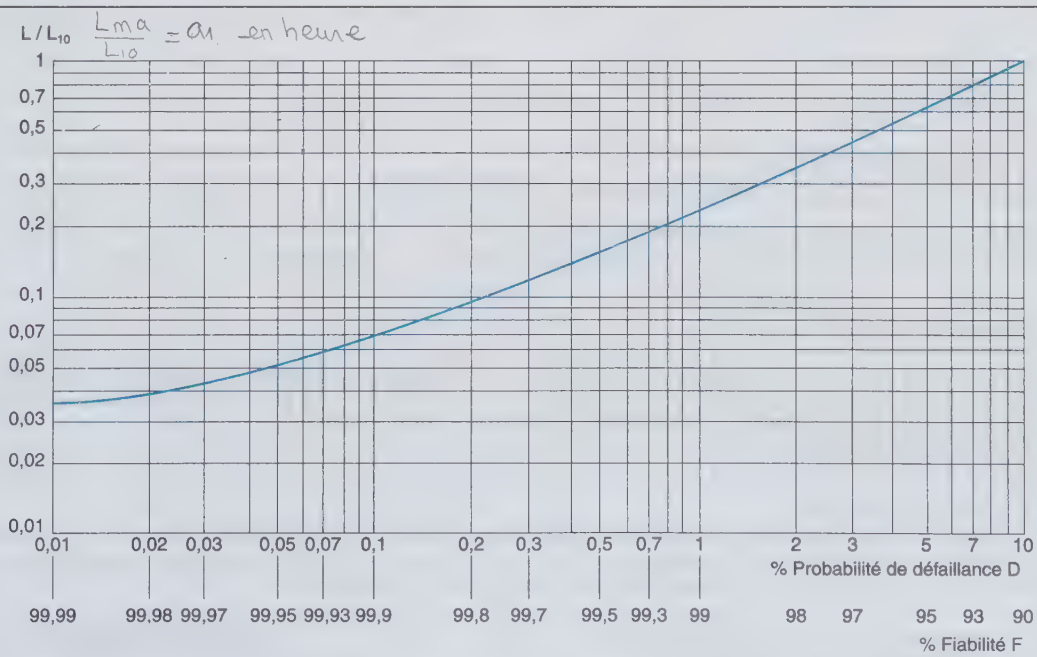
Durée et fiabilité d'un ensemble de roulements

Fiabilité d'un ensemble de roulements. $F = F_1 \times F_2 \times ...$

Durée L_{10e} d'un ensemble de roulements. $l_{10e} = (1/l_{10_1}{}^{1,5} + 1/L_{10_2}{}^{1,5} + ...)^{-1/1,5}$

Probabilité de défaillance d'un ensemble (somme des probabilités de défaillance de chaque roulement). $D = D_1 + D_2 + ...$

Fiabilité et probabilité de défaillance pour une durée choisie L



On voit qu'un ensemble mécanique aura une fiabilité d'autant meilleure au niveau des roulements que leur durée de vie individuelle sera élevée.

Durée de vie nominale corrigée (suite)

Influence de la pollution

■ La présence de particules étrangères dans le roulement est le plus important des facteurs de réduction de durée de vie. Ces particules, lorsqu'elles se trouvent « laminées » entre les corps roulants et les chemins, créent des contraintes très localisées et très élevées qui peuvent amorcer un écaillage prématuré du roulement.
Ces contraintes sont d'autant plus fortes que le niveau de charge du roulement est élevé.

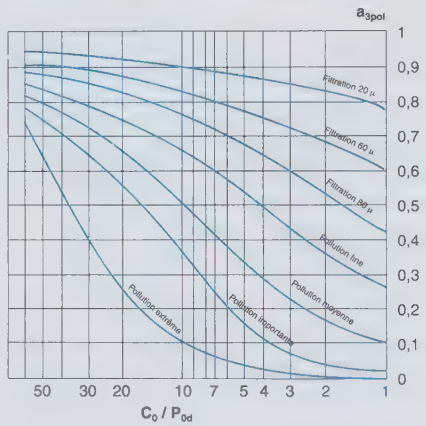
SNR Roulements a défini un coefficient correcteur spécifique, a_{3pol} (a_3 pollution).

Détermination du coefficient de pollution a_{3pol}

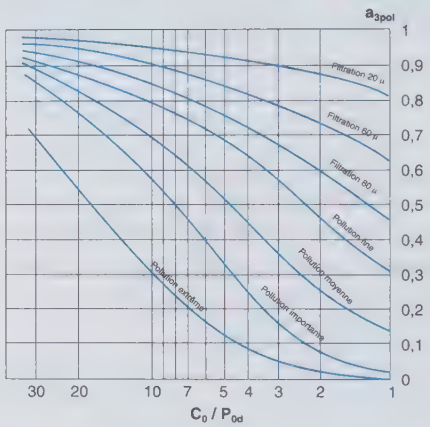
■ L'effet de la pollution peut réduire la durée de vie de 5 à 95 %, suivant sa nature, le niveau de chargement et le type de corps roulants. Nous proposons dans les figures ci-dessous un moyen d'évaluation simplifié du coefficient a_3 pollution.

■ **Coefficient a_{3pol} pour les roulements à billes ou à rouleaux en fonction du rapport C_0/P_{0d} :**

Roulements à billes, rapport C_0/P_{0d}



Roulements à rouleaux, rapport C_0/P_{0d}



C_0 : capacité statique de base
P_{0d} : charge équivalente correspondant à la relation : $P_{0d} = X_0.F_r + Y_0.F_a$

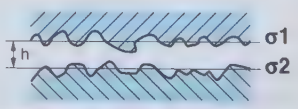
F_r et F_a : charges radiale et axiale dynamiques
X_0 et Y_0 : facteurs de charge statique définis dans les tableaux de charges équivalentes, page 283.

Influence de la lubrification

■ Le lubrifiant a pour fonction principale de séparer les surfaces métalliques actives du roulement en maintenant un film d'huile entre les corps roulants et leurs chemins afin d'éviter l'usure et de limiter les contraintes anormales et les échauffements qui peuvent résulter du contact métal sur métal des éléments en rotation.
Le lubrifiant a également deux fonctions secondaires : refroidir le roulement dans le cas de la lubrification à l'huile et éviter l'oxydation.

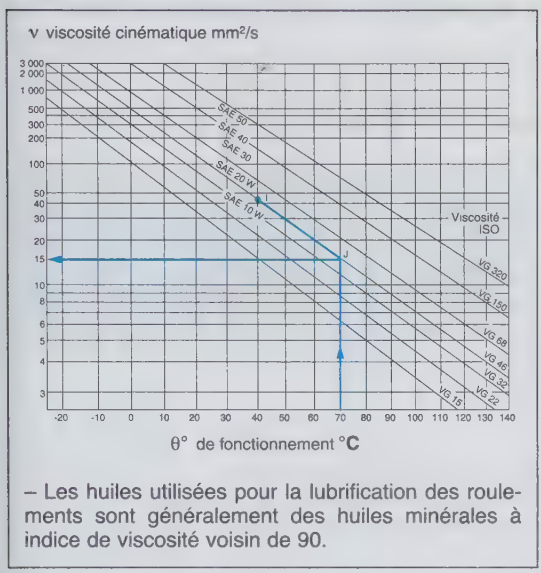
■ **Lubrification à l'huile**
Les essais ont montré que l'efficacité de la lubrification définie par le rapport **h/σ** influait grandement sur la durée de vie effective des roulements. Par application de la théorie **EHD**, on peut vérifier l'incidence du régime de lubrification sur la durée de vie du roulement sur le diagramme de la page suivante.

σ_1 : rugosité moyenne des pistes de roulement
σ_2 : rugosité moyenne des corps roulants



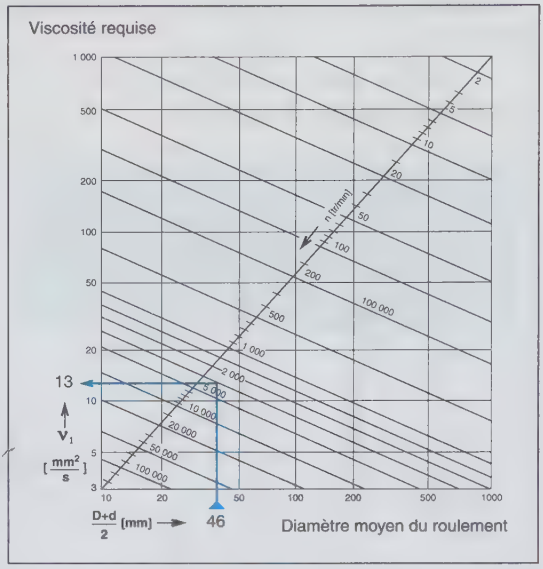
Détermination de la viscosité minimale nécessaire

Diagramme viscosité-température



– Les huiles utilisées pour la lubrification des roulements sont généralement des huiles minérales à indice de viscosité voisin de 90.

Viscosité requise - diamètre moyen du roulement



– L'huile étant définie par sa viscosité nominale (en mm²/s) à la température nominale de 40 °C, on en déduit la viscosité à la température de fonctionnement.

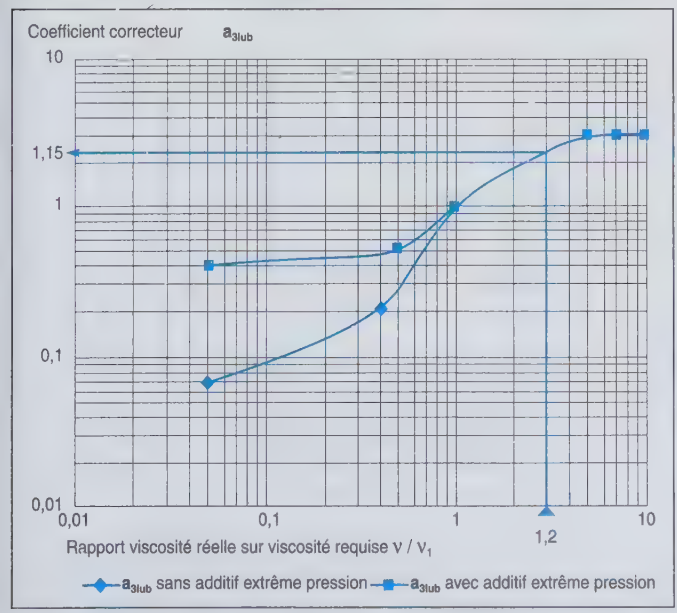
– Exemple : roulement 6206 à la vitesse de 3 000 tr/min dans une huile VG 68 à 80 °C.

Le diagramme ci-dessus indique que la viscosité réelle de l'huile à 80 °C est de 16 mm²/s.

Le diagramme ci-dessus à droite indique que la viscosité requise pour un **roulement 6206** de diamètre moyen **Dm : (D + d)/2** = 46 mm à 3 000 tr/min est de 13 mm²/s.

Le diagramme ci-dessous indique alors que a_{3lub} est égal à 1,15 pour un rapport viscosité réelle sur viscosité requise égal à 16/13 = 1,2.

Coefficient correcteur a_{3lub} - rapport de viscosité requise

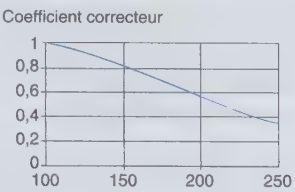


Détermination du coefficient a_{3temp}

■ À partir de 170 °C la dureté de l'acier chute en fonction de la température et diminue la durée de vie du roulement de façon significative.

Cette élévation de température peut être due :
– à l'environnement,
– à une vitesse de fonctionnement élevée.

Une température supérieure à 150 °C a également des effets négatifs sur la stabilité dimensionnelle de l'acier par les transformations métallurgiques qu'elle entraîne.

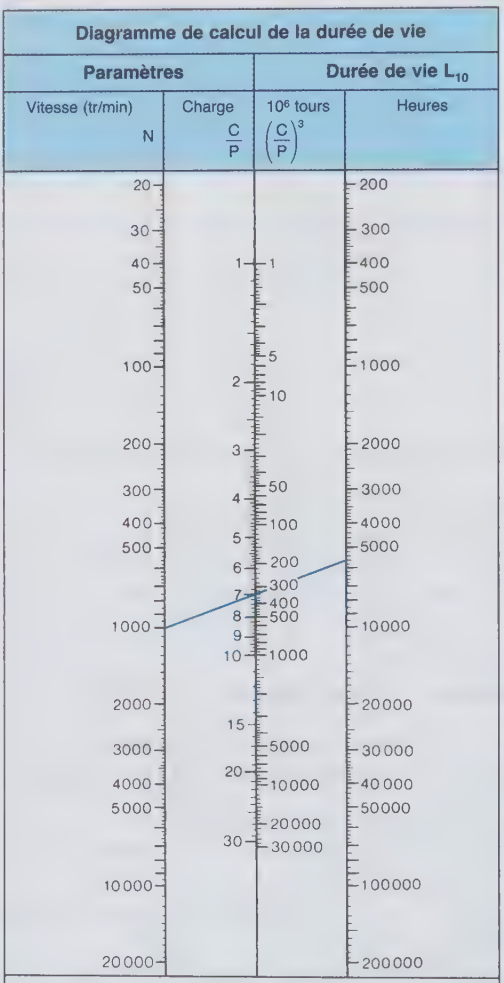


11.8. Diagramme de calcul de la durée de vie

SNR

Ces diagrammes permettent :
– d'obtenir la durée de vie en millions de tours à partir de **C/P** (ligne centrale) ;
– d'obtenir la durée correspondante en heures à partir de **C/P** et de la fréquence de rotation **N** en tr/min (points alignés).

Cas des roulements à billes (p = 3)



$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$ millions de tours

$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \frac{10^6}{60\,N}$ heures

Lecture du diagramme :

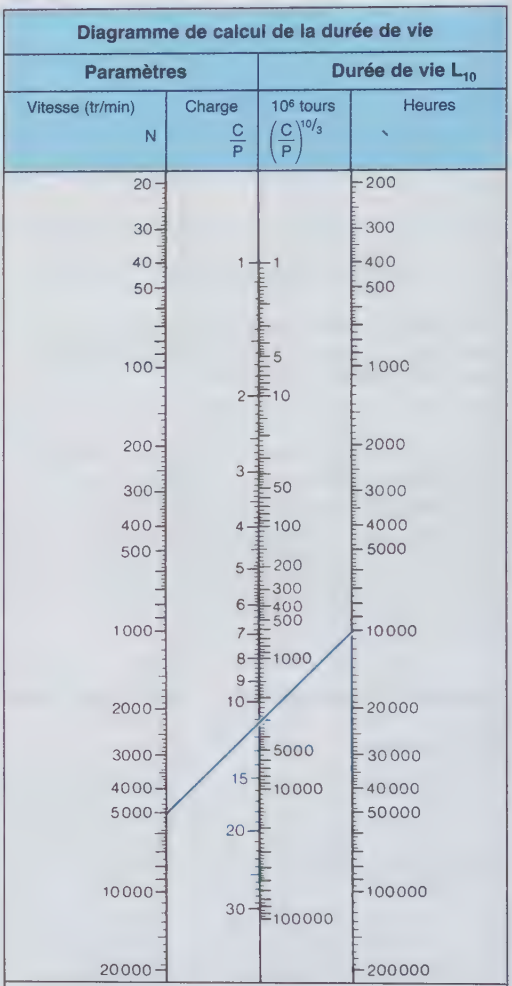
Le roulement est défini par sa capacité **C**.
Sa charge radiale équivalente est **P**.
Sa vitesse de rotation est **N**.

Pour **N = 1 000 tr/min et** $\frac{C}{P}$ **= 7, on a :**

L_{10} **= 340** millions de tours ou L_{10} **= 5 700 heures**

Doc. SNR

Cas des roulements à rouleaux (p = 10/3)



$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3}$ millions de tours

$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} \frac{10^6}{60\,N}$ heures

Lecture du diagramme :

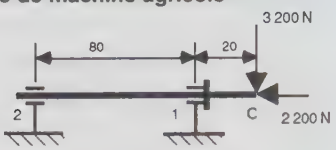
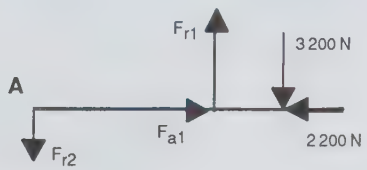
Le roulement est défini par sa capacité **C**.
Sa charge radiale équivalente est **P**.
Sa vitesse de rotation est **N**.

Pour **N = 5 000 tr/min et** $\frac{C}{P}$ **= 11, on a :**

L_{10} = 3 000 millions de tours **ou** L_{10} **= 10 000 heures**

Doc. SNR

11.9. Calcul. Roulements rigides à une rangée de billes. Cas type 1 (voir 11.1)

	DÉMARCHE **Cahier des charges**	EXEMPLE **Arbre de machine agricole**
DONNÉES	– Le mécanisme (exemple d'ensemble unitaire ci-contre) – La fréquence de rotation – Type de roulement : 2 roulements rigides à une rangée de billes – Les charges appliquées sur l'arbre et leur mode d'application – Les encombrements limites (arbres et alésage) – Le numéro du roulement, **C**, **Co**	 – arbre ∅ 28 mm mini ; **N** = 100 tr/min – logement ∅ 70 maxi – charges constantes – roulement (30 - 55 - 13) – **C** = 12 600 N ; **Co** = 8 200 N
BESOIN	– La durée de vie L_{10}	L_{10} = ?
CALCUL	Auparavant il est nécessaire de connaître l'intensité de la charge, sa direction et la manière dont elle est appliquée. **1. Calcul des charges radiales F_r et axiales F_a** Il est nécessaire d'isoler l'arbre pour en faire une étude statique (ou dynamique si nécessaire). Cette étude permet de calculer la charge radiale F_r et la charge axiale F_a qui s'exercent sur le roulement. **2. Calcul de F_a/Co, évaluation de e** (roulement soumis à une charge axiale) : voir au paragraphe **11.7.3.** Former F_a/Co : à cette valeur correspond une valeur de **e**. **3. Calcul de F_a/F_r** : calculer F_a/F_r. **4. Calcul de la charge équivalente P** – si $F_a/F_r \leq e$ alors $P = F_r$ – si $F_a/F_r > e$ alors $P = X F_r + Y F_a$ **5. Calcul de la durée de vie L** – en millions de tours : $L = [C/P]^p$ avec $p = 3$ – en heures : $L = [C/P]^p . (10^6/60\ N)$	 **1. Calcul de F_{a1} et F_{r1} (roulement 1)** Il vient immédiatement : – en projection sur l'axe : $F_{a1} - 2\ 200 = 0$ $F_{a1} = 2\ 200$ **N** – une équation de moment autour du point A donne : $3\ 200 \times 100 - 80\ F_{r1} = 0$ $F_{r1} = 4\ 000$ **N** **2. Calcul de F_a/Co** $F_a/Co = 2\ 200/8\ 200 = 0,27$: les données (**11.26**) donnent : **e = 0,38** **3. Calcul de F_a/F_r** $F_a/F_r = 0,55$ **4. Calcul de la charge équivalente** $F_a/F_r = 0,55$; **e** = 0,38 donc $F_a/F_r > e$ alors : $P = W F_r + Y F_a$ Le (**11.26.**) donne : **X** = 0,56 ; **Y** = 1,15 $P = 0,56 \times 4\ 000 + 1,15 \times 2\ 200$ = **4 771 daN** **5. Calcul de L** $L = [C/P]^p = [12\ 600/4\ 770]^3$ **L = 18,4 Mtr** (millions de tours) **L = 3 068 h** avec **C/P** = 2,64, on pouvait utiliser l'abaque **11.8.** et déduire **L = 18 Mtr** et 3 000 h (un peu moins précis).
RÉSULTATS		

11.10. Calcul. Roulements rigides à une rangée de billes. Cas type 2 (voir 11.1)

DONNÉES

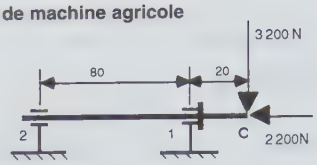
DÉMARCHE

Cahier des charges

– Le mécanisme (exemple d'ensemble unitaire ci-contre)
– La fréquence de rotation
– Type de roulement : 2 roulements rigides à une rangée de billes
– Les charges appliquées sur l'arbre et leur mode d'application
– Éventuellement un encombrement limite
– La durée de vie minimale **L**

EXEMPLE

Arbre de machine agricole



– **N** = 100 tr/min
– charges constantes
– **Lmin = 3 000 heures**

BESOIN

Le roulement (C, Co, Ø...)

Le roulement ?

CALCUL

1. Calcul de F_a et F_r
Comme au 11.9, une étude mécanique nous permet de calculer F_a et F_r.

2. Calcul de C/P
$C/P = [(Lh/10^6).60\ N]^{1/p}$ avec **Lh** en heures

3. Évaluation de P (cas général)
Les données catalogue proposent $e_1 < e < e_2$ et un coefficient **Y** qui dépend de **e**. Pour l'**évaluation de P**, il est nécessaire de **choisir une valeur de Y**. Il est recommandé de se placer dans un des cas défavorables suivants :
– **si $F_a/F_r \leq e_1$**
alors **X = 1 et Y = 0** (rigides à billes). Pour certains autres roulements $Y_1 < Y < Y_2$: **choisir $Y = Y_2$**
– **si $F_a/F_r > e_2$**
alors **X = Cte et $Y_3 < Y < Y_4$: choisir $Y = Y_4$**
– **si $e_1 < F_a/F_r < e_2$**
alors, cas indéterminé : **choisir X = Cte et $Y = Y_4$**

4. Calcul de C
à partir de **C/P** calculé plus haut.

5. Sélection [roulements possibles]
Cette sélection doit permettre de trouver, à partir de **C**, un roulement qui, après vérification, correspondra à la durée de vie désirée. Il est courant d'encadrer la valeur de **C** (sélection).

6. Vérification de L [roulements sélectionnés]

1) Évaluation de e (rigides à billes), **e direct dans les autres cas**
Former F_a/C_o ; à cette valeur correspond une valeur de **e** puis de **Y**.

2) Calcul de la charge équivalente P
– si $F_a/F_r < e$ alors $P = F_r$
– si $F_a/F_r > e$ alors $P = X F_r + Y F_a$

3) Calcul de la durée de vie L
$L = [C/P]^p$ en millions de tours
$L = [C/P]^p$ **(10^6/60 N)** en heures

RÉSULTATS

7. Choix et optimisation
Les durées de vie trouvées vont permettre d'effectuer un choix définitif si l'une d'entre elles se situe correctement au-dessus de la durée souhaitée. Dans le cas contraire, il est nécessaire de refaire une sélection plus fine (meilleur choix de **Y**) et de réitérer.

1. Calcul de F_{a1} et F_{r1} (palier 1)
F_{a1} = **2 200 N** (exemple 11.9)
F_{r1} = **4 000 N** (exemple 11.9)

2. Calcul de C/P
$C/P = [(3\ 000/10^6).60.100]^{1/3} = 2,62$

3. Évaluation de P
$F_a/F_r = 0,55$
pour les roulements à une rangée de billes, les données proposent :
$X = 0,56$ et $1 < Y < 2,3$
et $0,19 < e < 0,44$
alors $F_a/F_r > e$: **choix Y = 2,3**

alors : $P = 0,56 \times 4\ 000 + 2,3 \times 2\ 200 =$ **7 300 N**

4. Calcul de C
$C/P = 2,62$, alors $C = 7\ 300 \times 2,62 =$ **19 130 N**

5. Sélection [roulements possibles]
avec **C** = 19 130 **N** et Ø arbre = 28 mm mini

Rlts	d	D	B	C	Co
[A]	30	55	13	12 600	8 200
[B]	30	62	16	19 500	11 300

6. Vérification de L pour [A] et [B]

1) Calcul de F_a/Co
[A] : $F_a/Co = 2\ 200/8\ 200 = 0,27$, les données « catalogue » donnent **e = 0,38 ; Y = 1,15**
[B] : $F_a/Co = 2\ 200/11\ 300 = 0,19$: e = 0,35 ; Y = 1,28 (interpolation)

2) Calcul de P
$F_a/F_r = 0,55 >$ **e** alors $P = X F_r + Y F_a$
[A] : $P = 0,56 \times 4\ 000 + 1,15 \times 2\ 200 =$ **4 770 N**
[B] : $P = 0,56 \times 4\ 000 + 1,28 \times 2\ 200 =$ **5 056 N**

3) Calcul de L
[A] : $L = [12\ 600/4\ 770]^3 =$ **18,4 Mtr = 3 068 h**
[B] : $L = [19\ 500/5\ 056]^3 =$ **57,4 Mtr = 9 558 h**
On pouvait également utiliser l'abaque 11.8.

7. Choix
Le roulement **(A)** convient. Il faut remarquer que nous avions choisi un coefficient **Y** = 2,3 pessimiste. La sélection de « roulements possibles » pourrait être plus large. S'il y avait optimisation, il faudrait cette fois choisir un **Y** voisin de 1,2 lors de l'évaluation.

11.11. Calcul. Roulements à contact oblique non préchargés. Cas type 1 (voir 11.1)

DONNÉES

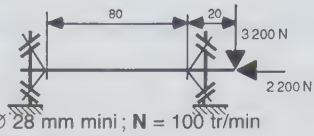
DÉMARCHE

Cahier des charges

– Le mécanisme (exemple d'ensemble unitaire ci-contre)
– La fréquence de rotation
– Type de roulement : 2 roulements à contact oblique (billes ou rouleaux coniques)
– Le type de montage (« **X** » ou « **O** »)
– Les charges appliquées sur l'arbre et leur mode d'application
– Les encombrements limites (arbres et alésage)
– Le numéro du roulement, **C**, **Co**

EXEMPLE

Arbre de machine



– arbre ∅ 28 mm mini ; **N** = 100 tr/min
– logement ∅ 70 maxi
– charges constantes fixes/logement
– roulements à rouleaux coniques (30 - 55 - 17)
C = 38 500 **N** ; **e** = 0,43 ; **Y** = 1,39 (don. 11.35)
– montage en « **X** »

BESOIN

– La durée de vie L_{10}

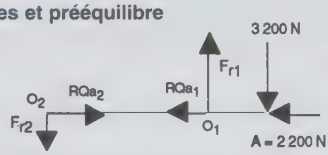
– L_{10} = ?

CALCUL

Indices affectés aux roulements

Afin de permettre un calcul systématique et son application facile sur informatique, il est intéressant d'utiliser la règle suivante :
Indice 1 réservé au roulement dont la force induite a le sens de la force axiale A.

Indices et prééquilibre



1. Calcul des charges radiales F_r

Il est nécessaire d'isoler l'arbre et d'en faire une étude mécanique (statique ou dynamique).

1. Calcul de F_{r1} et F_{r2}

Il vient immédiatement :
F_{r1} = 4 000 N et F_{r2} = 800 N

2. Calcul des charges axiales induites RQa_1 et RQa_2

– pour les roulements à rouleaux coniques :
RQa = F_r/2Y
– pour les billes à contact oblique :
RQa = F_r/1,14

Remarque : Il est impératif d'indiquer le bon sens des charges induites, c'est-à-dire de faire attention au montage (« **X** » ou « **O** ») et à la partie isolée (arbre ou alésage) 11.15.

2. Calcul des charges axiales induites RQa_1 et RQa_2

RQa_1 = 4 000/(2 × 1,39) = 1 440 N

RQa_2 = 800/2(2 × 1,39) = 290 N

3. Recherche du roulement en contact, calcul des charges axiales F_{a1} et F_{a2}

– si **A + RQa_1 > RQa_2** :
le roulement 1 fonctionne avec jeu et le roulement 2 est en contact ;
alors, **F_{a1} = RQa_1** et **F_{a2} = A + RQa_1**

– si **A + RQa_1 < RQa_2** :
le roulement 2 fonctionne avec jeu et le roulement 1 est en contact ;
alors, **F_{a1} = RQa_2 – A** et **F_{a2} = RQa_2**

3. Recherche du roulement en contact, calcul des charges F_{a1} F_{a2}

2 200 + 1 440 > 290 : A + RQa_1 > RQa_2 :
le roulement 1 fonctionne avec jeu et le roulement 2 est en contact, alors :
F_{a1} = RQa_1 = 1 440 N
F_{a2} = A + RQa_1 = 2 200 + 1 440 = 3 640 N



4. Calcul de la charge équivalente P

– roulement avec jeu : **P = F_r**
– roulement en contact :
• si **$F_a/F_r \leq e$** alors **P = F_r**
• si **$F_a/F_r > e$** alors **P = X F_r + Y F_a**

4. Calcul de la charge équivalente

– P_1 = F_{r1} = 4 000 N
– F_{a2}/F_{r2} = 4,55 ; e = 0,43 donc $F_{a2}/F_{r2} > e$
alors : **P_2 = 0,4F_{r2} + YF_{a2}**
avec **Y** = 1,39 **P_2 = 5 380 N**

RÉSULTATS

5. Calcul de la durée de vie L

– en millions de tours :
L = [C/P]^p avec **p** = 10/3
– en heures :
L = [C/P]^p . (10^6/60 N)

5. Calcul de L

L_1 = [C/P]^p = [9,6]$^{10/3}$ = 1 900 Mtr
L_{1h} = 310 000 h
L_2 = [7,15]$^{10/3}$ = 700 Mtr
L_{2h} = 120 000 h

Remarque : Nous constatons une durée de vie bien supérieure à celle du 11.9. ; il est donc possible de réduire l'encombrement.

Roulements à contact oblique

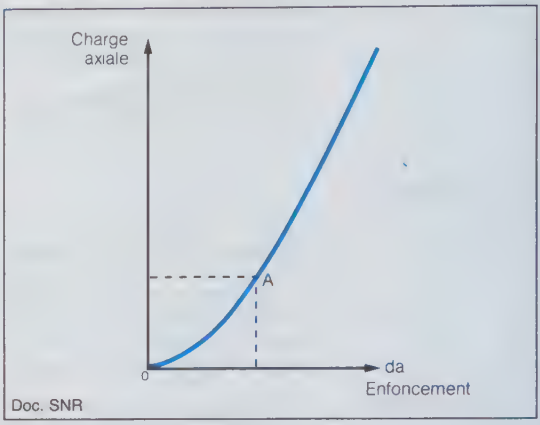
11.12.1. Montage des roulements à contact oblique avec jeu calibré

Ce type de montage est utilisé dans la majorité des applications qui ne demandent pas une précision ni une rigidité exceptionnelles.
Dans le cas général, les montages de roulements à contact oblique tolèrent des jeux axiaux de l'ordre de :

0,2 < jeu courant < 0,3 mm et 0,05 < jeu précis < 0,15

Ces jeux induisent des défauts d'alignement arbre/logement très faibles (environ 1/1 000).
Lorsque le montage subit une charge axiale A, il en résulte un accroissement du jeu interne.
La courbe ci-contre donne l'allure de l'enfoncement en fonction de la charge axiale sur un roulement à contact oblique.

Courbe d'enfoncement axial d'un roulement



Doc. SNR

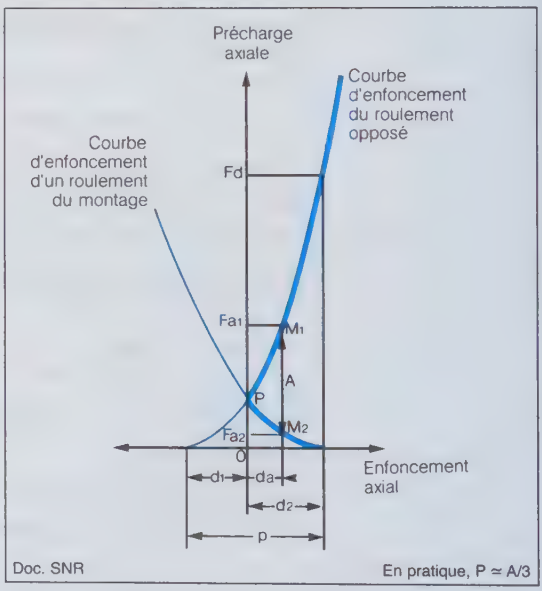
11.12.2. Montages préchargés

Cette technique n'est utilisée que pour des applications particulières qui demandent une grande précision de guidage et une certaine rigidité sous charge (broches de machines-outils par exemple...).
Par définition, la précharge « **P** » sur un montage au repos est la même sur chaque roulement. Il est donc possible d'étudier le montage préchargé en rapprochant les courbes d'enfoncement des deux roulements jusqu'à la précharge « **P** » (figure ci-contre).
L'enfoncement de précharge (global pour les deux roulements) est alors « **p** ».

Nous pouvons constater sur ces courbes qu'au repos :
– le roulement **1** subit un enfoncement d_1,
– le roulement **2**, un enfoncement d_2.

Si l'on exerce une charge axiale « A » pendant le fonctionnement :
– la charge « **P** » du roulement **1** augmente et devient F_{a1},
– l'enfoncement du roulement **1** devient $d_1 + da$,
– la précharge « **P** » du roulement **2** diminue et devient F_{a2},
– l'enfoncement du roulement **2** devient $d_2 - da$.
À partir d'une charge axiale « F_d» dite de décollement :
– le roulement **2** est soumis à une charge axiale nulle,
– l'enfoncement du roulement **2** est nul,
– le roulement **1** est soumis à F_d,
– si l'on dépasse F_d, le montage peut prendre du jeu.

Détermination de la précharge

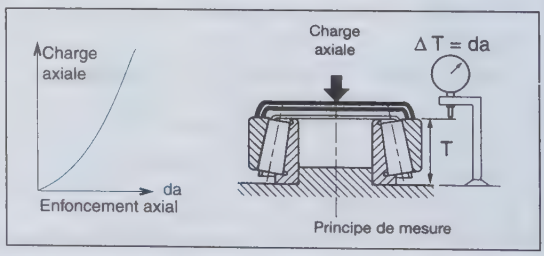


Doc. SNR — En pratique, P ≃ A/3

Réglage des montages
Pratiquement, l'enfoncement de précharge se met en place au comparateur (exemple ci-contre). Cet enfoncement peut se contrôler sur un montage de roulements neufs par la mesure du couple de frottement. Les fabricants fournissent des courbes (couple de frottement/charge).

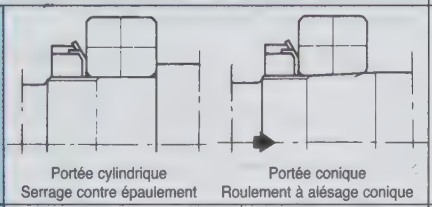
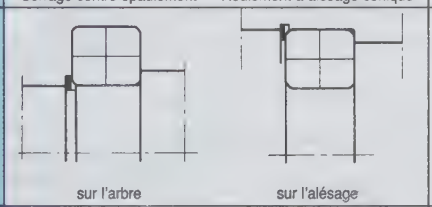
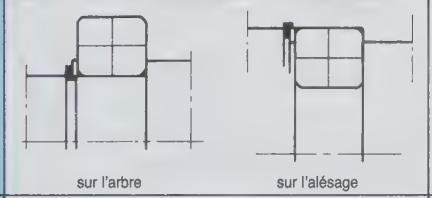
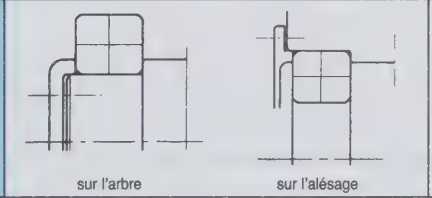
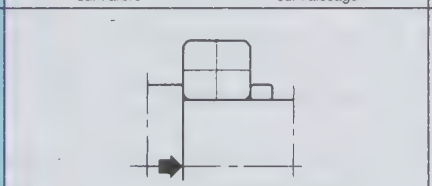
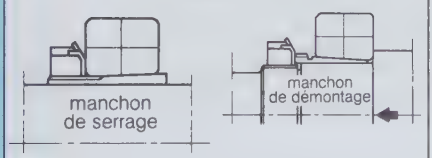
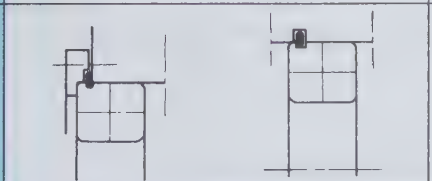
Durée de vie des montages préchargés
Lors du calcul de la durée de vie d'un roulement préchargé, il faut tenir compte de cette charge axiale supplémentaire. Les calculs deviennent beaucoup plus complexes et ne se traitent facilement que par l'intermédiaire de moyens informatiques.

Réglage de précharge (entretoise + comparateur)



11.13. Choix du procédé de fixation axiale

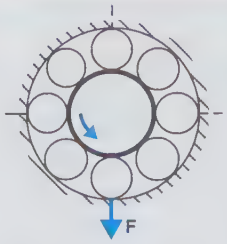
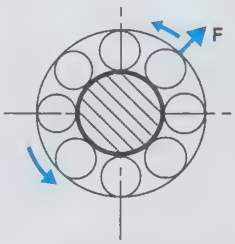
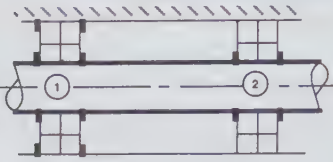
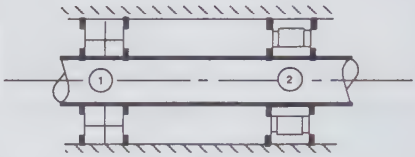
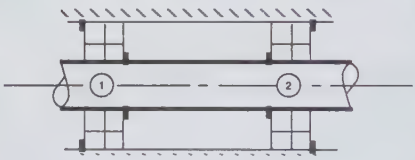
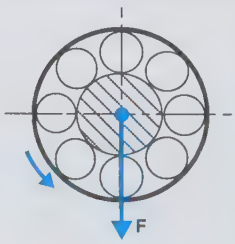
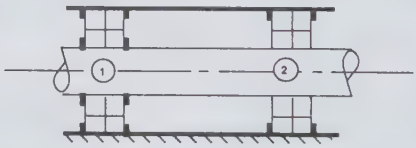
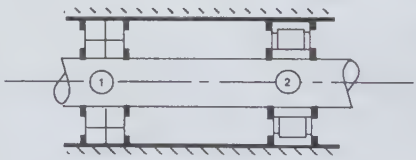
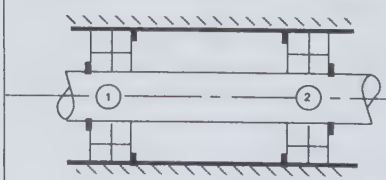
SNR

Principaux procédés de fixation des bagues intérieures et extérieures (doc. SNR)		Remarques Conseils d'utilisation	Prix relatif
Écrou et rondelle		Le choix de ce procédé doit tenir compte de deux remarques : – l'écrou à encoches et sa rondelle, outre l'arrêt axial, permettent de maîtriser un jeu ou un serrage axial ; – leur utilisation impose un filetage et une rainure sur l'arbre.	4,5
Segment d'arrêt		– Ce montage est simple, rapide et peu encombrant. – Il est d'un excellent rapport performances/prix. – Il subsiste un jeu axial segment d'arrêt/roulement après montage (0,1 mm). – Ce montage peut être utilisé pour remplacer un épaulement.	1,5
Segment d'arrêt et rondelle		– Ce montage présente les mêmes caractéristiques que le précédent. – L'interposition d'une rondelle d'appui permet d'encaisser des charges axiales plus importantes.	2
Chapeau		– Il est impératif de prévoir un jeu chapeau/bout d'arbre ou chapeau/carter pour assurer un serrage de la bague contre l'épaulement. Dans ce cas, ce sont les vis qui encaissent l'effort axial. – Ce montage impose l'usinage de chapeaux spécifiques.	4
Anneau fretté		– Ce procédé est réservé aux arbres. – Lors du démontage du roulement, il faut détruire l'anneau. – L'efficacité de l'arrêt axial dépend des matériaux de l'arbre et de l'anneau ainsi que de la qualité de l'ajustement avant frettage.	3,5
Manchons		Ils sont réservés aux roulements à rouleaux sphériques. – Le manchon de serrage permet le montage sur un arbre étiré ou comprimé, sans usinage. – Le second impose un filetage de l'arbre mais facilite le démontage de la portée conique.	8,5
Segment d'arrêt sur roulement		Ce procédé économique permet un arrêt axial dans les deux sens. – Dans le cas du montage avec chapeau, il est impératif de prévoir un jeu chapeau/carter pour éliminer le jeu segment/carter. – Le deuxième montage impose un carter en deux parties.	1 à 4

Sens préférentiel de poussée axiale

(1) Base établie pour des séries moyennes.

(1)

Direction charge/rotation	Montage des bagues	Arrêts axiaux - Serrage des bagues cas type	Exemples de roulements
Bague intérieure tournante/charge  – arbre tournant – charge fixe sur le logement **OU**  – logement tournant – charge tournante avec le logement	**Bagues intérieures montées serrées**	Un palier positionne l'arbre axialement 	**Paliers 1 et 2** – billes à contact radial – à deux rangées de billes – à rotule sur billes ou sur rouleaux Le palier 1 supporte F_a
			**Palier 1** – billes à contact radial – à deux rangées de billes – à rotule sur billes ou sur rouleaux **Palier 2** rouleaux cylindriques NU ou N Le palier 1 supporte F_a
		Les deux paliers positionnent l'arbre axialement 	**Paliers 1 et 2** – billes à contact radial – à deux rangées de billes – à rotule sur billes ou sur rouleaux – à contact oblique, montage en « **X** »
Bague extérieure tournante/charge  – logement tournant – charge fixe sur l'arbre **OU**  – arbre tournant – charge tournante avec l'arbre	**Bagues extérieures montées serrées**	Un palier positionne l'arbre axialement 	**Paliers 1 et 2** – billes à contact radial – à deux rangées de billes – à rotule sur billes ou sur rouleaux Le palier **1** supporte F_a
			**Palier 1** – billes à contact radial – à deux rangées de billes – à rotule sur billes ou sur rouleaux **Palier 2** rouleaux cylindriques NU ou N Le palier **1** supporte F_a
		Les deux paliers positionnent l'arbre axialement 	**Paliers 1 et 2** – billes à contact radial – à deux rangées de billes – à rotule sur billes ou sur rouleaux – à contact oblique, montage en « **O** »

bagues serrées – bagues libres arrêts axiaux

11.15. Choix du montage

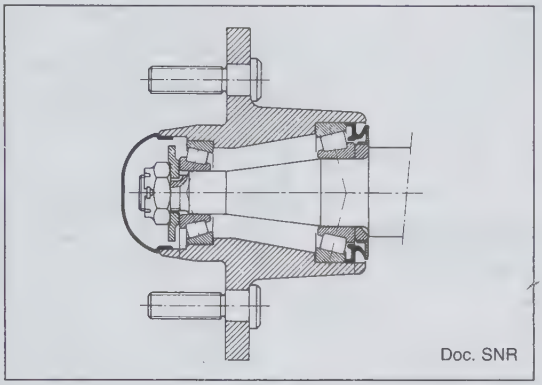
SNR

Roulements à contact oblique à une rangée de corps roulants - Forces axiales induites

Les roulements à contact oblique, à rouleaux coniques ou à billes se montent généralement par paires et en opposition. Deux types de montages sont proposés :

Le montage en « O »

Exemple de moyeu de roue non motrice



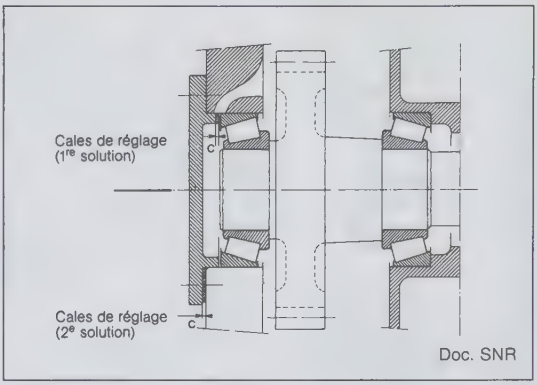
Dans ce type de montage, les bagues extérieures sont montées dans le logement contre un épaulement. Le réglage du jeu ou de la précharge est réalisé par l'intermédiaire des bagues intérieures.

Intérêt et utilisation du montage en « O »

– Il permet d'éloigner le point d'application des charges à l'extérieur des roulements et, par conséquent, il permet de réaliser des montages rigides et compacts.
– Il est utilisé en priorité lorsque le logement est tournant par rapport à la direction de la charge. Dans ce cas, les bagues extérieures sont montées serrées, les bagues intérieures sont montées glissantes (11.14. et 11.16.). S'il est utilisé dans le cas de l'arbre tournant par rapport à la direction de la charge, une des deux bagues intérieures est glissante, l'autre est serrée.
– Le réglage sur l'arbre par l'intermédiaire d'un écrou est très aisé.
– Pour la dilatation, il est moins sensible aux variations de température que le montage en « **X** ».

Le montage en « X »

Exemple d'arbre intermédiaire



Dans ce type de montage, les bagues intérieures sont montées sur l'arbre contre un épaulement. Le réglage du jeu ou de la précharge est réalisé par l'intermédiaire des bagues extérieures.

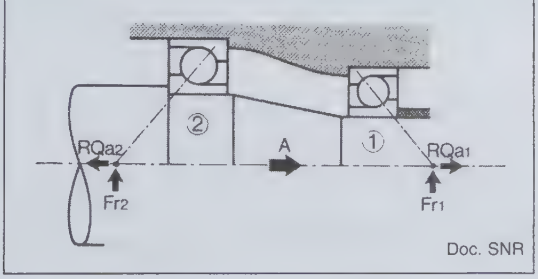
Intérêt et utilisation du montage en « X »

– Il est utilisé en priorité lorsque l'arbre est tournant par rapport à la direction de la charge. Dans ce cas, les bagues intérieures sont montées serrées sur l'arbre contre un épaulement, les bagues extérieures sont montées glissantes avec possibilité de réglage (voir 11.14. et 11.16.).
– Il permet le montage facile d'un arbre totalement équipé avec cônes de roulements, dans le carter où il est mis en place.
– Le réglage axial se fait en général avec des cales de réglage. Dans certains cas, il est possible d'utiliser un écrou dans le carter (pont AR de véhicule) ou des rondelles élastiques (différentiel de voiture).

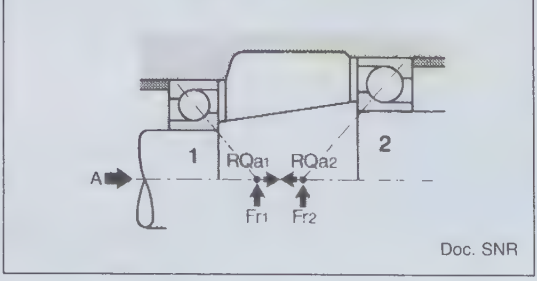
Forces axiales induites par les roulements dans le cas des roulements non préchargés

Les charges radiales F_r appliquées sur chaque roulement induisent, par l'intermédiaire de la géométrie du roulement, des forces appelées charges induites (**RQa_1 et RQa_2**). Ces charges sont donc à prendre en compte lors du calcul des roulements à contact oblique (§ 11.11.). Elles interviennent dans l'équilibre axial de l'arbre.

Montage en « O »

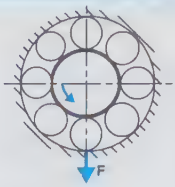
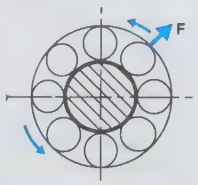
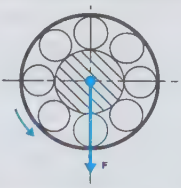


Montage en « X »

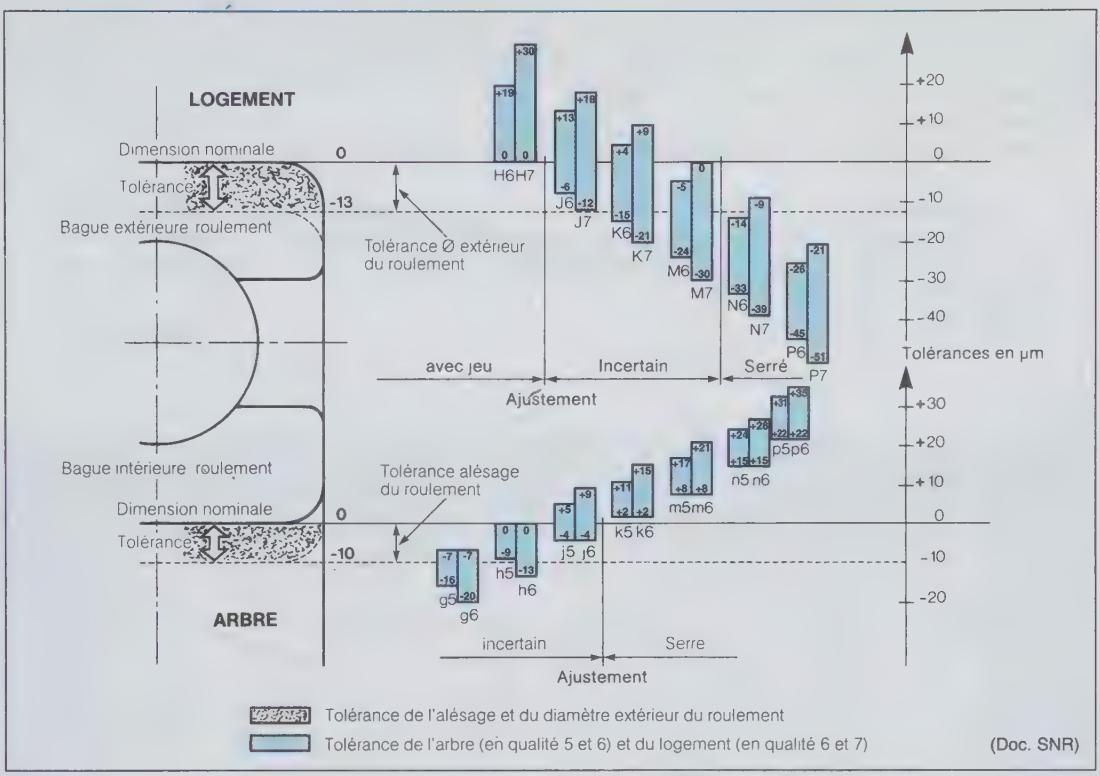


11.16. Choix des ajustements : roulements

SNR

Direction charge/rotation	Montage des bagues	Charge C / P	Ø de l'arbre	Tolérances – Arbre – Type de roulement – à billes	à rouleaux	à rotule sur rouleaux	Alésage	Observations	Exemples d'utilisation
Bague intérieure tournante/charge  – arbre tournant – charge fixe sur le logement **OU**  – logement tournant – charge tournante avec lui	**Bagues intérieures montées serrées**	faible > 10	< 40	h6	j6	j6	h7	**Déplacement de la bague extérieure (BE) possible facilement**	– petits moteurs électriques – machines-outils – ventilateurs, pompes – mécanique courante – transporteurs
			40-140	j6	k6	k6			
			140-200	k6	m6	m6			
		normale > 5 < 10	< 40	j6	k6	k6			– mécanique générale – moteurs électriques – turbines pompes – réducteurs à engrenages
			40-140	k6	m6	m6	H7		
			140-200	m6	n6	p6			
		élevée < 5	< 40	–	n6	n6	J7	Déplacement de la bague extérieure (BE) encore possible	– boîtes d'essieux pour véhicules sur rails – laminoirs – gros compresseurs
			40-140	–	n6	p6			
			140-200	–	p6	p6			
Direction de charge indéterminée		faible	tous Ø	j6	k6	k6	K7	Déplacement de la bague extérieure (BE) impossible	– pompes, paliers de vilebrequin – moteurs de traction
		normale		k6	m6	m6	K7		
		élevée		–	n6	p6	M7		
Bague extérieure tournante/charge  – logement tournant – charge fixe sur l'arbre **OU**  – arbre tournant – charge tournante avec l'arbre	**Bagues extérieures montées serrées**	faible > 10	tous Ø	g6			K7-M7	**Déplacement de la bague extérieure (BE) impossible. La bague intérieure (BI) peut être déplacée axialement.**	– roues folles – rouleaux transporteurs...
		normale > 5 < 10	tous Ø	g6			N7		– poulies-tendeur – têtes de bielles – galets-porteurs
		élevée < 5	tous Ø	g6			P7		– poulies-tendeur – poulies à gorges – têtes de bielles – galets-porteurs
Autres roulements Cas particuliers	– Charges purement axiales			j6			H7	tous types de roulements	
	– Roulements à alésage conique sur manchon			h9-h10				transmissions, matériel agricole	
	– Roulements type N sans BE						G7		
	– Roulements type NU sans BI			f6-g6					
	Les ajustements concernant les cages, les douilles et les butées sont donnés sur les fiches 11.25. à 11.51.								

11.17.1. Illustration dans le cas d'un roulement à billes 25 × 62 × 17 (SNR 6305)



11.17.2. Tolérances des roulements : cas de la classe de précision courante

La norme ISO 492 prévoit les tolérances dimensionnelles des roulements. La précision normale (utilisée en l'absence de toute indication) est la **classe 0**, classe de précision courante.
Des classes de précision supérieures sont définies, ce sont les classes de haute précision. Elles sont, par ordre de précision croissant, les classes : ISO 6, ISO 5, ISO 4, ISO 2.

Tolérances de l'alésage et du Ø extérieur pour la classe 0

Bague intérieure. Écart par rapport à l'alésage nominal
Valeurs en µm

Alésage d mm		Tous roulements sauf roulements à rouleaux coniques Δ dmp		Roulements à rouleaux coniques Δ dmp	
au-dessus de	jusqu'à	sup.	inf.	sup.	inf.
2,5	10	0	– 8		
10	18	0	– 8	0	– 12
18	30	0	– 10	0	– 12
30	50	0	– 12	0	– 12
50	80	0	– 15	0	– 15
80	120	0	– 20	0	– 20
120	180	0	– 25	0	– 25
180	250	0	– 30	0	– 30
250	315	0	– 35	0	– 35
315	400	0	– 40	0	– 40

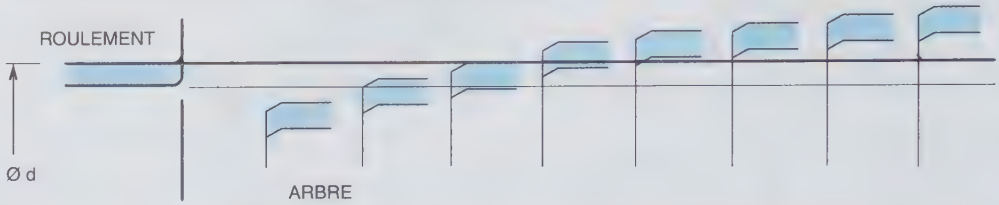
Bague intérieure. Écart par rapport à l'alésage nominal
Valeurs en µm

Alésage D mm		Tous roulements sauf roulements à rouleaux coniques Δ Dmp		Roulements à rouleaux coniques Δ Dmp	
au-dessus de	jusqu'à	sup.	inf.	sup.	inf.
6	18	0	– 8		
18	30	0	– 9	0	– 12
30	50	0	– 11	0	– 14
50	80	0	– 13	0	– 16
80	120	0	– 15	0	– 18
120	150	0	– 18	0	– 20
150	180	0	– 25	0	– 25
180	250	0	– 30	0	– 30
250	315	0	– 35	0	– 35
315	400	0	– 40	0	– 40
400	500	0	– 45	0	– 45
500	630	0	– 50	0	– 50

11.17.3. Ajustement de l'arbre/tolérance de l'alésage du roulement

(sauf roulements à rouleaux coniques de ∅ d ≤ 30 mm)

Les tableaux suivants permettent :
– en fonction de la tolérance (µm) sur l'alésage des roulements **(classe 0)**,
– en fonction de l'ajustement et de la tolérance (µm) des arbres,
de donner la différence entre les diamètres respectifs du roulement et de sa portée. Cette différence est donnée **avant le montage du roulement sur l'arbre** :
– en valeur théorique,
– en valeur probable, par un calcul statistique avec une probabilité de 99,7 %.

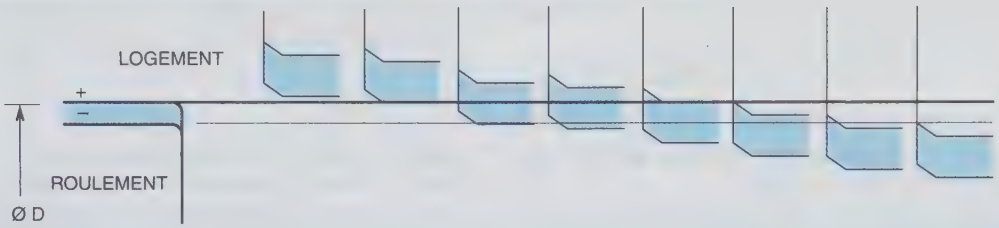


Doc. SNR

Diamètre nominal de l'arbre (mm)	Tolérance alésage roulement (µm)	Ajustement	f6	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6
3 < d ≤ 6	– 8 0	Tolérance de l'arbre (µm)	- 18 - 10	- 12 - 4	- 8 0	- 1 + 7	+ 1 + 9	+ 4 + 12	+ 8 + 16	+ 12 + 20
		Différence des diamètres Théorique	+ 18 + 2	+ 12 - 4	+ 8 - 8	+ 1 - 15	- 1 - 17	- 4 - 20	- 8 - 24	- 12 - 28
			+ 10	+ 4	0	- 7	- 9	- 12	- 16	- 20
		Probable	+ 15,5 + 4,5	+ 9,5 - 1,5	+ 5,5 - 5,5	- 1,5 - 12,5	- 3,5 - 14,5	- 6,5 - 17,5	- 10,5 - 21,5	- 14,5 – 25,5
6 < d ≤ 10	– 8 0	Tolérance de l'arbre (µm)	- 22 - 13	- 14 - 5	- 9 0	- 2 + 7	+ 1 + 10	+ 6 + 15	+ 10 + 19	+ 15 + 24
		Différence des diamètres Théorique	+ 22 + 5	+ 14 - 3	+ 9 - 8	+ 2 - 15	- 1 - 18	- 6 - 23	- 10 - 27	- 15 - 32
			+ 13,5	+ 5,5	+ 0,5	- 6,5	- 9,5	- 14,5	- 18,5	- 23,5
		Probable	+ 19,5 + 7,5	+ 11,5 - 0,5	+ 6,5 - 5,5	- 0,5 - 12,5	- 3,5 - 15,5	- 8,5 - 20,5	- 12,5 - 24,5	- 17,5 - 29,5
10 < d ≤ 18	– 8 0	Tolérance de l'arbre (µm)	- 27 - 16	- 17 - 6	- 11 0	- 3 + 8	+ 1 + 12	+ 7 + 18	+ 12 + 23	+ 18 + 29
		Différence des diamètres Théorique	+ 27 + 8	+ 17 - 2	+ 11 - 8	+ 3 - 16	- 1 - 20	- 7 - 26	- 12 - 31	- 18 - 37
			+ 17,5	+ 7,5	+ 1,5	- 6,5	- 10,5	- 16,5	- 21,5	- 23,5
		Probable	+ 24,5 + 10,5	+ 14,5 + 0,5	+ 8,5 - 5,5	+ 0,5 - 13,5	- 3,5 - 17,5	- 9,5 - 23,5	- 14,5 - 28,5	- 10,5 - 34,5
18 < d ≤ 30	– 10 0	Tolérance de l'arbre (µm)	- 33 - 20	- 20 - 7	- 13 0	- 4 + 9	+ 2 + 15	+ 8 + 21	+ 15 + 28	+ 22 + 35
		Différence des diamètres Théorique	+ 33 + 10	+ 20 - 3	+ 13 - 10	+ 4 - 19	- 2 - 25	- 8 - 31	- 15 - 38	- 22 - 45
			+ 21,5	+ 8,5	+ 1,5	- 7,5	- 13,5	- 19,5	- 26,5	- 33,5
		Probable	+ 30 + 13	+ 17 + 0	+ 10 - 7	+ 1 - 16	- 5 - 22	- 11 - 28	- 18 - 35	- 25 - 42
30 < d ≤ 50	– 12 0	Tolérance de l'arbre (µm)	- 41 - 25	- 25 - 9	- 16 0	- 5 + 11	+ 2 + 18	+ 9 + 25	+ 17 + 33	+ 26 + 42
		Différence des diamètres Théorique	+ 41 + 13	+ 25 - 3	+ 16 - 12	+ 5 - 23	- 2 - 30	- 9 - 37	- 17 - 45	- 26 - 54
			+ 27	+ 11	+ 2	- 9	- 16	- 16,5	- 31	- 40
		Probable	+ 37 + 17	+ 21 + 1	+ 12 - 8	+ 1 - 19	- 6 - 26	- 13 - 33	- 21 - 41	- 30 - 50
50 < d ≤ 65	– 15 0	Tolérance de l'arbre (µm)	- 49 - 30	- 29 - 10	- 19 0	- 7 + 12	+ 2 + 21	+ 11 + 30	+ 20 + 39	+ 32 + 51
		Différence des diamètres Théorique	+ 49 + 15	+ 29 - 5	+ 19 - 15	+ 7 - 27	- 2 - 36	- 11 - 45	- 20 - 54	- 32 - 66
			+ 32	+ 12	+ 1,5	- 10	- 19	- 28	- 37	- 49
		Probable	+ 44 + 20	+ 24 0	+ 14 – 10	+ 2 - 22	- 7 - 31	- 16 - 40	- 25 - 49	- 37 - 61
65 < d ≤ 80	– 15 0	Tolérance de l'arbre (µm)	- 49 - 30	- 29 - 10	- 19 0	- 7 + 12	+ 2 + 21	+ 11 + 30	+ 20 + 39	+ 32 + 51
		Différence des diamètres Théorique	+ 49 + 15	+ 29 - 5	+ 19 - 15	+ 7 - 27	- 2 - 36	- 11 - 45	- 20 - 54	- 32 - 66
			+ 32	+ 12	+ 2	- 10	- 19	- 28	- 37	- 49
		Probable	+ 44 + 20	+ 24 0	+ 14 - 10	+ 2 - 22	- 7 - 31	- 16 - 40	- 25 - 49	- 37 - 61
80 < d ≤ 100	– 20 0	Tolérance de l'arbre (µm)	- 58 - 36	- 34 - 12	- 22 0	- 9 + 13	+ 3 + 25	+ 13 + 35	+ 23 + 45	+ 37 + 59
		Différence des diamètres Théorique	+ 58 + 16	+ 34 - 8	+ 22 - 20	+ 9 - 33	- 3 - 45	- 13 - 55	- 23 - 65	- 37 - 79
			+ 37	+ 13	+ 1	- 12	- 24	- 34	- 44	- 58
		Probable	+ 52 + 22	+ 28 - 2	+ 16 - 14	+ 3 - 27	- 9 - 39	- 19 - 49	- 29 - 59	- 43 - 73
100 < d ≤ 120	– 20 0	Tolérance de l'arbre (µm)	- 58 - 36	- 34 - 12	- 22 0	- 9 + 13	+ 3 + 25	+ 13 + 35	+ 23 + 45	+ 37 + 59
		Différence des diamètres Théorique	+ 58 + 16	+ 34 - 8	+ 22 - 20	+ 9 - 33	- 3 - 45	- 13 - 55	- 29 - 65	- 37 - 79
			+ 37	+ 13	+ 1	- 12	- 24	- 34	- 44	- 58
		Probable	+ 52 + 22	+ 28 - 2	+ 16 - 14	+ 3 - 27	- 9 - 39	- 19 - 49	- 29 - 59	- 43 - 73
		Ajustements	moyens	extrêmes						

11.17.4. Ajustement du logement/tolérance du ∅ extérieur du roulement

Les tableaux suivants permettent (sauf roulements à rouleaux coniques de ∅ ≤ 150),
– en fonction de la tolérance (µm) sur le ∅ extérieur des roulements **(classe 0)**,
– en fonction de l'ajustement et de la tolérance (µm) des logements,
de donner la différence entre les diamètres respectifs du roulement et de sa portée. Cette différence est donnée **avant le montage du roulement dans son logement** :
– en valeur théorique,
– en valeur probable, par un calcul statistique avec une probabilité de 99,7 %.



Doc. SNR

Doc. SNR

Diamètre nominal du logement (mm)	Tolérance ∅ extérieur roulement (µm)		Ajustement	G7	H7	J7	K7	M7	N7	P7	R7
10 < D ≤ 18	– 8	0	Tolérance de l'arbre (µm)	+ 6 + 24	0 + 18	– 8 + 10	– 12 + 6	– 18 0	– 23 – 5	– 29 – 11	– 34 – 16
			Différence des diamètres Théorique	+ 32 + 6	+ 26 0	+ 18 – 8	+ 14 – 12	+ 8 – 18	+ 3 – 23	– 3 – 29	– 8 – 34
				+ 19	+ 13	+ 5	+ 1	– 5	– 10	– 16	– 21
			Probable	+ 29 + 9	+ 23 + 3	+ 15 – 5	+ 11 – 9	+ 5 – 15	0 – 20	– 6 – 26	– 11 – 31
18 < D ≤ 30	– 9	0	Tolérance de l'arbre (µm)	+ 7 + 28	0 + 21	– 9 + 12	– 15 + 6	– 21 0	– 28 – 7	– 35 – 14	– 41 – 20
			Différence des diamètres Théorique	+ 37 + 7	+ 30 0	+ 21 – 9	+ 15 – 15	+ 9 – 21	+ 2 – 28	– 5 – 35	– 11 – 41
				+ 22	+ 15	+ 6	0	– 6	– 13	– 20	– 26
			Probable	+ 33,5 + 10,5	+ 26,5 + 3,5	+ 17,5 – 5,5	+ 11,5 – 15,5	+ 5,5 – 17,5	– 1,5 – 24,5	– 8,5 – 31,5	– 14,5 – 37,5
30 < D ≤ 50	– 11	0	Tolérance de l'arbre (µm)	+ 9 + 34	0 + 25	– 11 + 14	– 18 + 7	– 25 0	– 33 – 8	– 42 – 17	– 50 – 25
			Différence des diamètres Théorique	+ 45 + 9	+ 36 0	+ 25 – 11	+ 18 – 18	+ 11 – 25	+ 3 – 33	– 6 – 42	– 14 – 50
				+ 27	+ 18	+ 7	+ 0	– 7	– 15	– 24	– 32
			Probable	+ 40,5 + 13,5	+ 31,5 + 4,5	+ 20,5 – 6,5	+ 13,5 – 13,5	+ 6,5 – 20,5	– 1,5 – 28,5	– 10,5 – 37,5	– 18,5 – 45,5
50 < D ≤ 65	– 13	0	Tolérance de l'arbre (µm)	+ 10 + 40	0 + 30	– 12 + 18	– 21 + 9	– 30 0	– 39 – 9	– 51 – 21	– 60 – 30
			Différence des diamètres Théorique	+ 53 + 10	+ 43 0	+ 31 – 12	+ 22 – 21	+ 13 – 30	+ 4 – 39	– 8 – 51	– 17 – 60
				+ 31,5	+ 21,5	+ 9,5	0,5	– 8,5	– 17,5	– 29,5	– 38,5
			Probable	+ 48 + 15	+ 38 + 5	+ 26 – 7	+ 17 – 16	+ 8 – 25	– 1 – 34	– 13 – 46	– 22 – 55
65 < D ≤ 80	– 13	0	Tolérance de l'arbre (µm)	+ 10 + 40	0 + 30	– 12 + 18	– 21 + 9	– 30 0	– 39 – 9	– 51 – 21	– 62 – 32
			Différence des diamètres Théorique	+ 53 + 10	+ 43 0	+ 31 – 12	+ 22 – 21	+ 13 – 30	+ 4 – 39	– 8 – 51	– 19 – 60
				+ 31,5	+ 21,5	+ 9,5	0,5	– 8,5	– 17,5	– 29,5	– 40,5
			Probable	+ 48 + 15	+ 38 + 5	+ 26 – 7	+ 17 – 16	+ 8 – 25	– 1 – 34	– 13 – 46	– 24 – 57
80 < D ≤ 100	– 15	0	Tolérance de l'arbre (µm)	+ 12 + 47	0 + 35	– 13 + 22	– 25 + 10	– 35 0	– 45 – 10	– 59 – 24	– 73 – 38
			Différence des diamètres Théorique	+ 62 + 12	+ 50 0	+ 37 – 13	+ 25 – 25	+ 15 – 35	+ 5 – 45	– 9 – 59	– 23 – 73
				+ 37	+ 25	+ 12	+ 0,5	– 10	– 20	– 34	– 48
			Probable	+ 56 + 18	+ 44 + 6	+ 31 – 7	+ 19 – 19	+ 9 – 29	– 1 – 39	– 15 – 53	– 29 – 67
100 < D ≤ 120	– 15	0	Tolérance de l'arbre (µm)	+ 12 + 47	0 + 35	– 13 + 22	– 25 + 10	– 35 0	– 45 – 10	– 59 – 24	– 76 – 41
			Différence des diamètres Théorique	+ 62 + 12	+ 50 0	+ 37 – 13	+ 25 – 25	+ 15 – 35	+ 5 – 45	– 9 – 59	– 26 – 76
				+ 37	+ 25	+ 12	+ 0,5	– 10	– 20	– 34	– 51
			Probable	+ 56 + 18	+ 44 + 6	+ 31 – 7	+ 19 – 19	+ 9 – 29	– 1 – 39	– 15 – 53	– 32 – 70
120 < D ≤ 140	– 18	0	Tolérance de l'arbre (µm)	+ 14 + 54	0 + 40	– 14 + 26	– 28 + 12	– 40 0	– 52 – 12	– 68 – 28	– 88 – 48
			Différence des diamètres Théorique	+ 72 + 14	+ 58 0	+ 44 – 14	+ 30 – 28	+ 18 – 40	+ 4 – 52	– 10 – 68	– 30 – 88
				+ 43	+ 29	+ 15	+ 1	– 11	– 23	– 39	– 59
			Probable	+ 65 + 21	+ 51 + 7	+ 37 – 7	+ 23 – 21	+ 11 – 33	– 1 – 45	– 17 – 61	– 37 – 81
140 < D ≤ 150	– 18	0	Tolérance de l'arbre (µm)	+ 14 + 54	0 + 40	– 14 + 26	– 28 + 12	– 40 0	– 52 – 12	– 68 – 28	– 90 – 50
			Différence des diamètres Théorique	+ 72 + 14	+ 58 0	+ 44 – 14	+ 30 – 28	+ 18 – 40	+ 4 – 52	– 10 – 68	– 32 – 90
				+ 43	+ 29	+ 15	+ 1	– 11	– 23	– 39	– 61
			Probable	+ 65 + 21	+ 51 + 7	+ 37 – 7	+ 23 – 21	+ 11 – 33	– 1 – 45	– 17 – 61	– 39 – 81

Ajustements moyens extrêmes

11.18. Choix du jeu radial des roulements

Jeu radial du roulement avant montage - jeu en fonctionnement

Le jeu d'un roulement est normalisé. La valeur nominale de ce jeu **Jo** (avant montage) est fonction du type de roulement, de son alésage et de la catégorie du jeu dans laquelle il peut être fabriqué.
Le montage d'un roulement avec un ajustement serré **S** entraîne une réduction de son jeu radial initial **Jo** par dilatation de la BI (bague intérieure) ou par contraction de la BE (bague extérieure).
Le jeu de fonctionnement du roulement après montage **Jf** se calcule par la formule

$$Jf = Jo - ti.Si - te.Se$$

Jo = jeu nominal avant montage (microns) (11.19.) (catégorie 2, normale 3, 4, 5)
Jf = jeu de fonctionnement après montage (microns)
Si = serrage moyen de la bague intérieure (microns)
Se = serrage moyen de la bague extérieure (microns)
ti = taux de répercussion du serrage éventuel Si
te = taux de répercussion du serrage éventuel Se

Tableau 1 : Valeurs approximatives des taux de répercussion (cas courants)

Élément du roulement	Portée	Taux de répercussion
Bague intérieure	Arbre plein	ti = 0,8
	Arbre creux	ti = 0,6
Bague extérieure	Logement acier ou fonte	ti = 0,7
	Logement alliage léger	ti = 0,5

Tableau 2 : Jeux de fonctionnement moyen Jf (microns après montage) recommandés

Type de roulement	Jeu Jf (µm) d (mm)
Roulements à billes à contact radial	$Jf = \sqrt{d}$
Roulements à rouleaux cylindriques	$Jf = 4\sqrt{d}$
Roulements à rotules sur billes	$Jf = 2\sqrt{d}$
Roulements à rotules sur rouleaux	$Jf = 5\sqrt{d}$

Démarche		Exemples	
DONNÉES	Le cahier des charges du mécanisme et le roulement	**Exemple 1** : axe de rouleaux de transporteurs Roulement rigide à une rangée de billes : 30 × 62 × 16	**Exemple 2** : réducteur Roulement à rouleaux cylindriques : 40 × 80 × 18
BESOIN	La catégorie de jeu du roulement	?	?
CALCUL	**1.** Choisir l'**ajustement** (11.16.).	BI : sur arbre fixe : g6 BE : M7	BI : sur arbre tournant : m6 BE : H7
	2. Déterminer la valeur moyenne de **Si** et **Se** (11.17.). Il y a serrage si cette valeur est négative.	g6 : pas de serrage : Si = 0 M7 dans un logement d'acier serrage moyen Se = 8,5	m6 arbre plein, serrage moyen : Si = 23 H7 : pas de serrage Se = 0
	3. Déterminer **ti** et **te** (tableau 1, ci-dessus).	te = 0,7	ti = 0,8
	4. Calcul du jeu de fonctionnement minimum **Jf** recommandé (tableau 2, ci-dessus).	Jf mini = $\sqrt{30}$ = 5,5	Jf mini = $4\sqrt{40}$ = 25
RÉSULTAT	**5.** Calculer le jeu **Jo** minimal du roulement (formule ci-dessus) : Jo = Jf + ti.Si + te.Se.	Jo mini = 5,5 + 0,7 × 8,5 = 11,5	Jo mini = 25 + 0,8 × 23 = 44
	6. Choisir la **catégorie** du roulement à partir de Jo (11.19.) en considérant **Jo moyen**.	Choix du **jeu normal** : 5 à 20 µm : moyenne 12,5 µm	Choix du jeu **catégorie 3** (appariés) : 45 à 55 : moyenne 50

11.19. Valeur du jeu nominal des roulements

Roulements à une ou deux rangées de billes à contact radial, alésage cylindrique (jeu en microns)

Alésage d (mm)		Catégorie 2		Catégorie normale		Catégorie 3		Catégorie 4		Catégorie 5	
au-dessus de	jusqu'à	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
2,5	6	0	7	2	13	8	23	-	-	-	-
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230

Roulements à rotule sur billes alésage cylindrique

Alésage d (mm)		Catégorie 2		Catégorie normale		Catégorie 3		Catégorie 4		Catégorie 5	
au-dessus de	jusqu'à	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
2,5	6	1	8	5	15	10	20	15	25	21	33
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33	27	42
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35	30	48
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37	32	50
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39	34	52
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46	40	58
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53	46	66
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57	50	71
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69	62	88
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83	76	108
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96	89	124
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114	105	145
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135	125	175
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161	150	210

Roulements à rouleaux cylindriques

Alésage d (mm)		Catégorie 2 interchangeables				Catégorie normale interchangeables				Catégorie 3 interchangeables				Alésage d (mm)		Catégorie 4 interchangeables				Catégorie 5 interchangeables			
			appariés				appariés				appariés						appariés				appariés		
au-dessus de	jusqu'à	min.	min.	max.	max.	min.	min.	max.	max.	min.	min.	max.	max.	au-dessus de	jusqu'à	min.	min.	max.	max.	min.	min.	max.	max.
	10	0	10	20	30	10	20	30	40	25	35	45	55		10	35	45	55	65	-	-	-	-
10	18	0	10	20	30	10	20	30	40	25	35	45	55	10	18	35	45	55	65	55	65	75	85
18	24	0	10	20	30	10	20	30	40	25	35	45	55	18	24	35	45	55	65	55	65	75	85
24	30	0	10	25	30	10	25	35	45	30	40	50	65	24	30	40	50	60	70	60	70	80	90
30	40	0	12	25	35	15	25	40	50	35	45	55	70	30	40	45	55	70	80	70	80	95	105
40	50	5	15	30	40	20	30	45	55	40	50	65	75	40	50	55	65	80	90	85	95	110	120
50	65	5	15	35	45	20	35	50	65	45	55	75	90	50	65	65	75	90	105	100	110	130	140
65	80	5	20	40	55	25	40	60	75	55	70	90	105	65	80	75	90	110	125	115	130	150	165
80	100	10	25	45	60	30	45	70	80	65	80	105	115	80	100	90	105	125	140	145	155	180	195
100	120	10	25	50	65	35	50	80	90	80	95	120	135	100	120	105	120	145	160	165	180	205	220
120	140	10	30	60	75	40	60	90	105	90	105	135	155	120	140	115	135	160	180	185	200	230	250
140	160	15	35	65	80	50	65	100	115	100	115	150	165	140	160	130	150	180	195	210	225	260	275
160	180	20	35	75	85	60	75	110	125	110	125	165	175	160	180	150	165	200	215	235	250	285	300
180	200	25	40	80	95	65	80	120	135	125	140	180	195	180	200	165	180	220	235	260	275	315	330
200	225	30	45	90	105	75	90	135	150	140	155	200	215	200	225	180	200	240	255	290	305	350	365

Roulements à rouleaux sphériques alésage cylindrique

Alésage d (mm)		Catégorie 2		Catégorie normale		Catégorie 3		Catégorie 4		Catégorie 5	
au-dessus de	jusqu'à	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	180
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690

Illustration du jeu radial :

roulements à rouleaux sphériques (doc. SNR)



Nota : Le jeu des roulements à alésage conique est différent de celui des roulements à alésage cylindrique.

11.20. Règles générales de montage

Ces **règles ou conseils** sont à respecter en priorité dans le **cas général**. Des conditions d'emploi de roulements très particulières peuvent parfaitement **les faire remplacer par d'autres** ou par l'expérience du professionnel.

Conseil 1 La bague qui tourne par rapport à la direction de la charge doit être montée avec un ajustement serré (voir 11.14.).

Conseil 2 La bague fixe par rapport à la direction de la charge doit être montée avec un ajustement libre permettant un déplacement axial (voir 11.14.).

Conseil 3 Lorsque la direction de la charge est indéterminée ou oscillante, les deux bagues peuvent être montées serrées (11.14.).

Conseil 4 Une bague montée serrée doit être arrêtée de préférence sur un épaulement (montage à la presse).

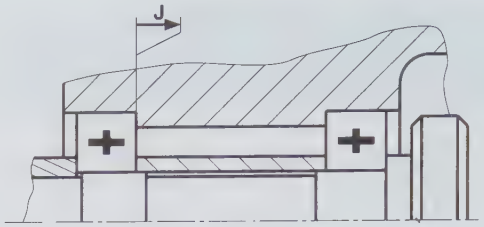
Conseil 5 S'il y a risque de dilatation en fonctionnement, un seul roulement assure le positionnement axial.

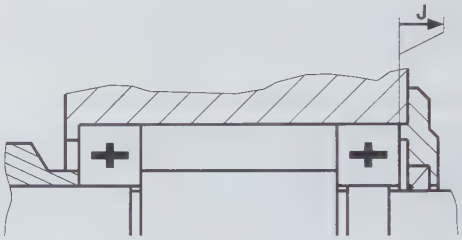
Conseil 6 Toutes les bagues ne sont pas immobilisées axialement. Les arrêts axiaux doivent être tous justifiés :
– la première fonction de l'arrêt axial est de participer au guidage axial de la liaison globale (en général, liaison pivot, constituée par deux roulements). L'arrêt axial doit transmettre efficacement l'effort axial.
S'il y a risque de flambage de l'arbre, c'est le roulement le plus proche du point d'application de la charge qui encaisse la charge axiale. Dans les autres cas, pour un équilibre des durées de vie, c'est le roulement le moins chargé radialement qui doit encaisser la charge axiale ;
– la deuxième fonction de l'arrêt axial est d'immobiliser axialement une bague de roulement ou un roulement complet.
Il est important de tenir compte des ajustements lors du choix des arrêts axiaux.

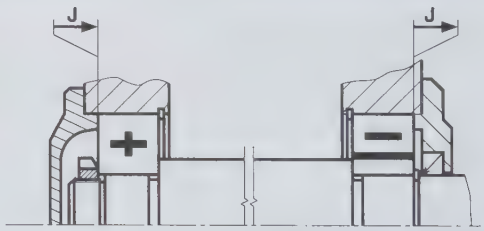
Conseil 7 Lors du choix des ajustements, il faut tenir compte du matériau du logement, de celui de l'arbre et du jeu interne du roulement.

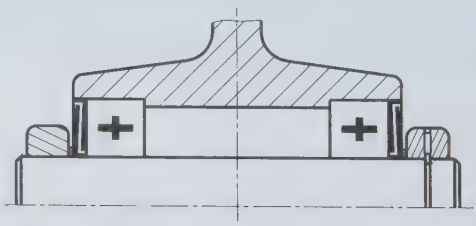
Quelques cas particuliers
où les conseils ci-dessus ne s'appliquent pas de manière rigoureuse :
– fonctionnement à faible fréquence de rotation ou montages statiques,
– fonctionnement sous charges très faibles,
– fonctionnement sous charge fixe en intensité et direction quelle que soit l'utilisation,
– fonctionnement à très haute vitesse (supérieure aux limites des tableaux),
– fonctionnement en atmosphère particulière (température, pression...),
– cas où la précision de rotation est importante...

Exemples de montages courants





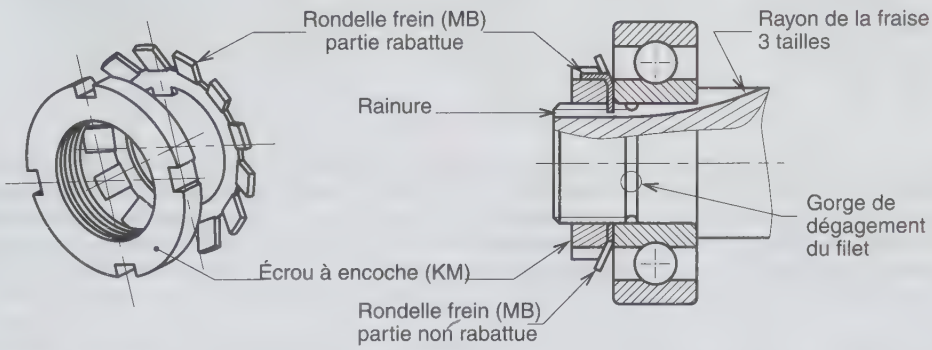




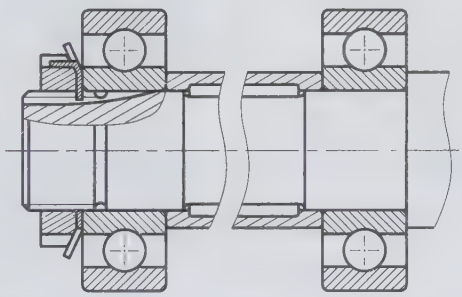
Remarque : ces conseils et exemples permettent une première approche de l'étude des montages. Ils ne peuvent remplacer les manuels d'applications (avec cahier des charges) proposés par les constructeurs.

Positionnement axial des roulements

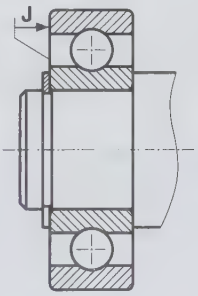
Montage d'un roulement sur arbre avec épaulement et écrou freiné



Montage de deux roulements sur arbre avec épaulement, entretoise et écrou freiné

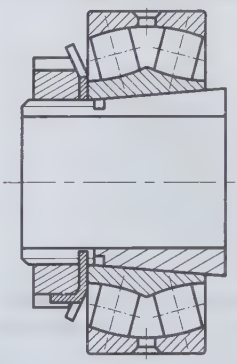


Montage d'un roulement sur arbre avec épaulement et anneau élastique



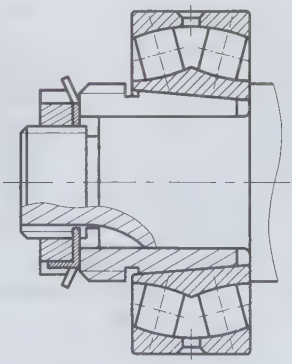
Le jeu **J** détermine le positionnement axial du roulement. C'est un procédé économique, peu encombrant et intéressant en bout d'arbre lorsqu'il n'y a pas d'efforts axiaux dans un sens (ou un effort faible).

Montage par manchon de serrage



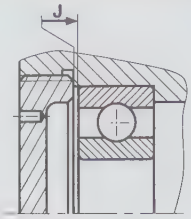
Les manchons de serrage permettent le montage sur un arbre en acier étiré non usiné.
Le manchon fendu peut être positionné indifféremment sur l'arbre. Il se referme sur l'arbre au serrage de l'écrou à encoches.
L'utilisation d'un manchon est réservée pour les roulements à rotules à billes ou les roulements à rouleaux sphériques.

Manchon de démontage

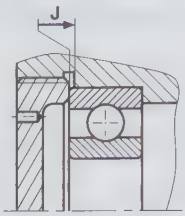


Le manchon de desserrage permet l'immobilisation en translation et en rotation de la bague intérieure du roulement.
Il permet aussi le démontage du roulement en utilisant le filetage usiné sur le manchon.

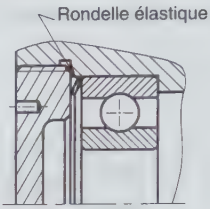
Montage du roulement dans le moyeu (alésage) par épaulement et bouchon fileté



Montage avec jeu entre bouchon et roulement :
– positionnement axial peu précis,
– montage sans contrainte.
Exécution économique.

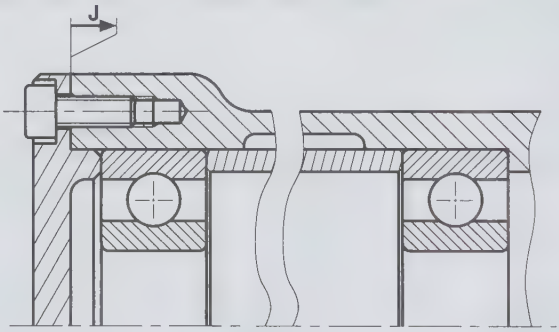


Serrage du bouchon sur la bague extérieure :
– bonne précision du positionnement axial de l'arbre,
– exige un serrage calibré.

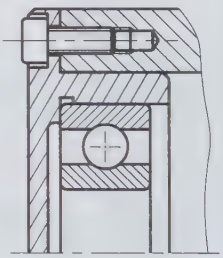


Montage avec rondelle élastique :
– la rondelle élastique assure un positionne-ment correct s'il n'y a pas d'efforts axiaux s'exerçant sur elle.

Montage de deux roulements dans le moyeu avec épaulement, entretoise et couvercle vissé

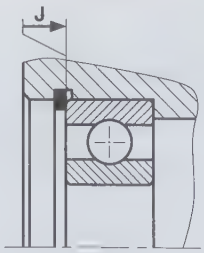


Montage avec boîtier de roulement



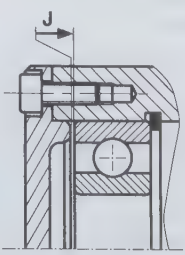
Montage du roulement dans le moyeu avec anneau élastique

Épaulement et anneau élastique



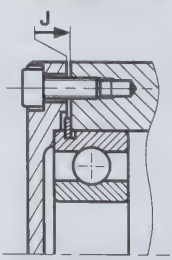
Le jeu **J** est obligatoire pour le montage de l'anneau élastique.

Anneau élastique et couvercle



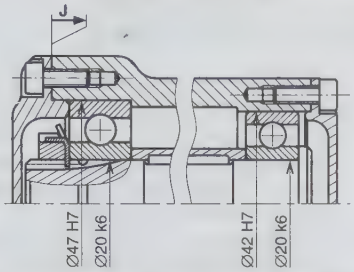
Le roulement est en appui contre l'anneau élastique qui fait office de butée.

Roulement à rainure pour segment d'arrêt

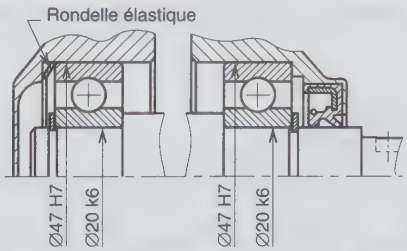


Utilisation d'un roulement à rainure et segment d'arrêt. Roulement type **BC** série **NR**.
Les efforts axiaux de serrage doivent être faibles ou compensés par l'interposition de clinquants.

Arbre tournant par rapport à la charge - Roulements à billes

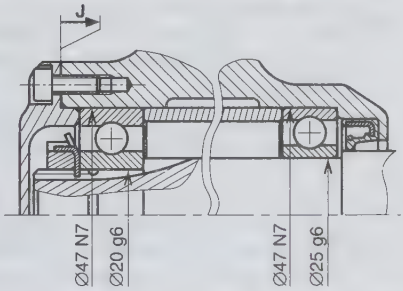


Les roulements sont montés serrés et arrêtés en translation sur l'arbre.
L'arbre est ensuite monté dans le carter, ce qui simplifie le montage.
Les efforts axiaux sont supportés par le roulement le plus gros.

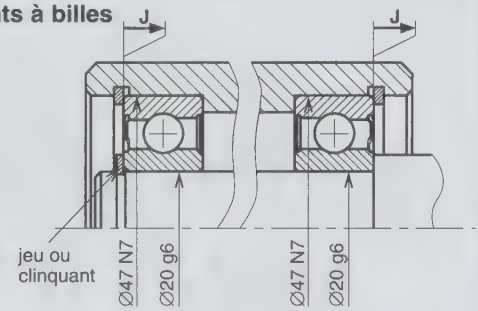


Dans ce cas, les efforts axiaux sont faibles ou inexistants.
La rondelle élastique maintient une pression sur la bague extérieure et absorbe les vibrations en limitant le bruit (cas des montages des rotors des petits moteurs électriques).

Moyeu tournant par rapport à la charge - Roulements à billes

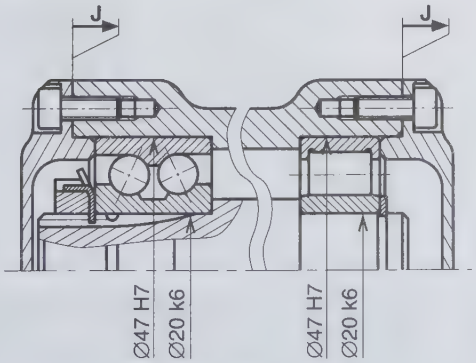


Les roulements sont montés serrés et arrêtés en translation dans le moyeu.
Le moyeu est ensuite monté sur l'arbre.



Ce cas représente un montage économique à l'aide d'anneaux élastiques.
Dans certains cas les arrêts en translation par anneaux élastiques dans le moyeu peuvent être supprimés.

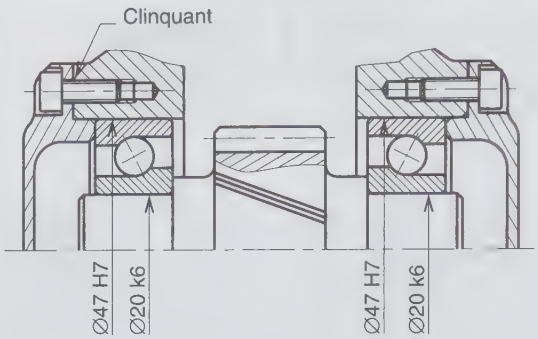
Arbre tournant par rapport à la charge - Roulement à contact oblique à deux rangées de billes plus roulement à rouleaux cylindriques type NU



Les efforts axiaux sont supportés par le roulement à contact oblique à deux rangées de billes.
Le roulement à rouleaux cylindriques, dont la bague intérieure peut être désolidarisée, permet de compenser les dilatations.
Toutes les bagues doivent être arrêtées en translation.

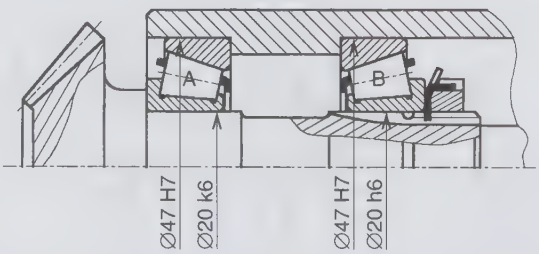
Arbre tournant par rapport à la charge

Roulements à billes à contacts obliques : montage en « X » ou direct



La résultante des charges sur l'arbre est située entre les deux roulements.
Le réglage de la position axiale de l'arbre se fait par les couvercles ainsi que le réglage des jeux internes dans les roulements (clinquant).
Les dilatations ont tendance à surcharger légèrement les roulements.
Montage facile à réaliser puisqu'il se fait par les couvercles solidaires du carter.

Roulements à rouleaux coniques : montage en « O » ou indirect

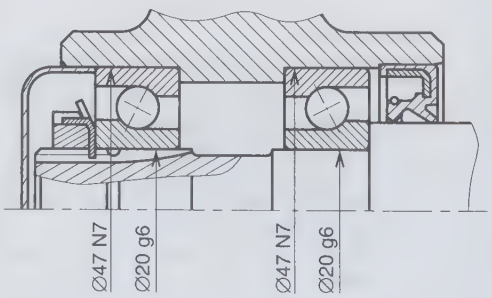


La résultante des charges sur l'arbre, située à l'extérieur des roulements, augmente le **couple de renversement** sur l'arbre.
Le montage de l'arbre est plus rigide et admet des **couples de renversement** importants.
Le réglage des jeux internes dans les roulements se fait avec un écrou freiné.
Montage moins sensible aux variations de température que le montage en « **X** ».

Remarque : montage possible dans le cas où le roulement B est peu chargé radialement, la bague intérieure montée « glissant juste » peut être déplacée.

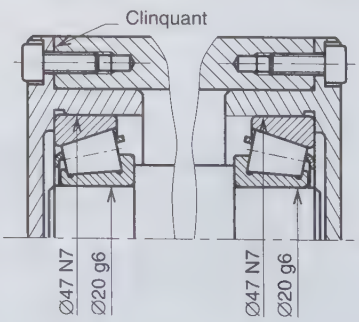
Moyeu tournant par rapport à la charge

Roulements à billes à contact oblique Montage en « O » ou indirect

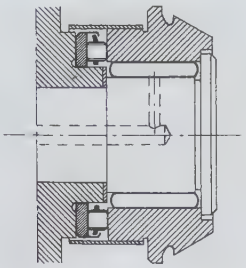


Ce montage présente une très grande stabilité.
Le réglage des jeux internes dans les roulements se fait par l'écrou freiné sur l'arbre fixe (bague libre).

Roulements à rouleaux coniques Montage en « X » ou direct



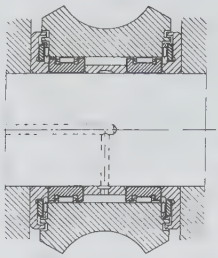
Dans ce cas, les bagues extérieures sont montées serrées dans les boîtiers de roulement qui permettent de régler les jeux internes à l'aide de cales de réglage (clinquant).



Molette de sertissage

– L'axe et la mollette en acier traité servent de chemins intérieur et extérieur de roulement à une **couronne d'aiguilles jointives**.
– La poussée axiale est supportée par une **butée à rouleaux** de la série légère **type AR**.

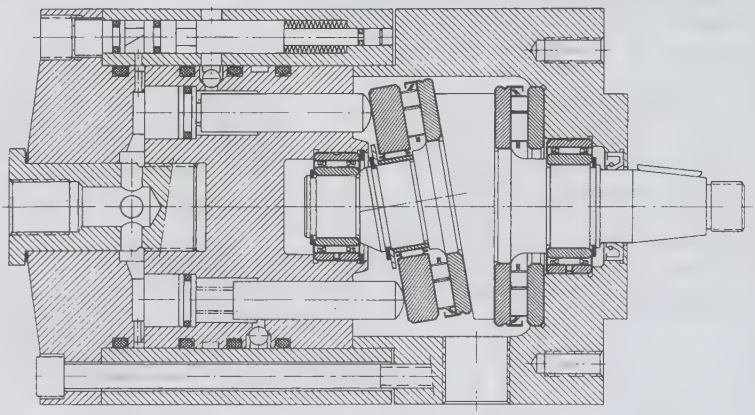
Doc. NADELLA



Galet de machine à former les tubes

– Le galet étant en acier traité, son alésage et ses faces présentent la dureté requise pour servir de chemins de roulement.
– Il est équipé de deux **roulements à aiguilles inversées type NAW** supportant l'effort radial.
– Les charges axiales sont supportées par **deux butées à aiguilles type AX**. Lubrification à la graisse sur l'arbre.

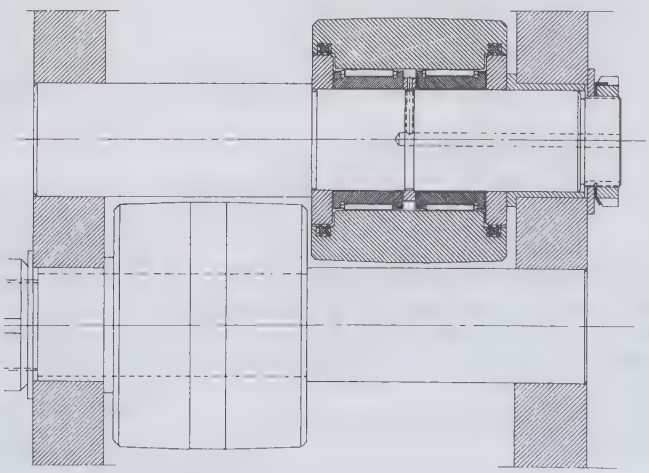
– L'arbre plateau est supporté par **deux roulements à aiguilles jointives type NA**.
– La plaque inclinée est centrée sur l'arbre par une **cage à aiguilles type B** (avec bague intérieure) et s'appuie sur une **butée à rouleaux type AR**.
– Les efforts axiaux sont supportés par une butée identique (avec contreplaque) appuyée sur le fond du carter.



Doc. NADELLA

Pompe à barillet fixe

– Les galets étant en acier traité, leur alésage présente la dureté superficielle requise pour servir de chemin extérieur de roulement.
– Chaque galet est équipé de deux **roulements inversés à aiguilles jointives type NAW**.
– Ces roulements sont montés appariés de façon à assurer la meilleure répartition possible de la charge sur chacun d'eux.
– Le positionnement latéral du galet est assuré par butées lisses.
– Lubrification à la graisse par l'arbre.

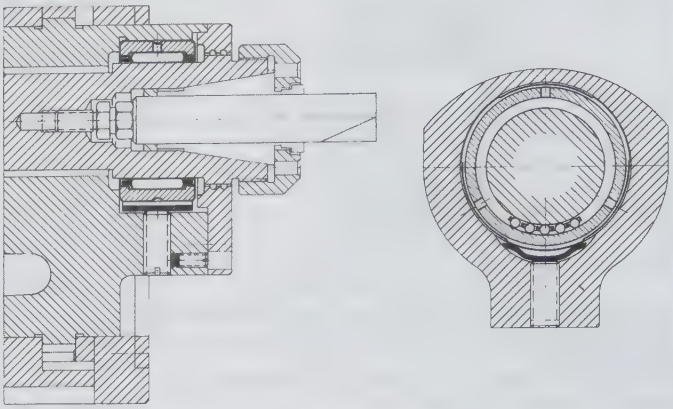


Doc. NADELLA

Galets de machine à planer les tôles

– Tête de fraisage équipée d'un **roulement à aiguilles à cage de haute précision, à jeu réglable type NA**, sans bague intérieure dont les aiguilles tournent sur une portée traitée de la broche (dureté 60 HRC).
– La déformation triangulée de la bague extérieure est obtenue par la pression de la vis de réglage sur un ressort agissant sur l'une des saillies de la bague.
– Le palier arrière (non représenté) comporte un roulement supportant les efforts axiaux.
– La vitesse maximale de 1 400 tr/min permet le graissage à la graisse..

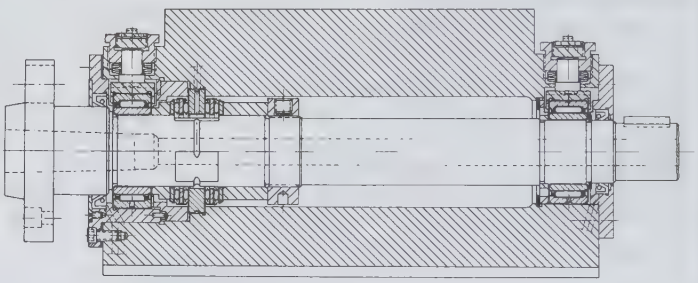
Doc. NADELLA



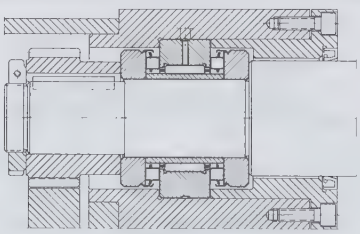
Tête de fraisage

– Chaque palier est équipé d'un **roulement à aiguilles à cage de haute précision, à jeu réglable type NA DELTA**.
– La déformation triangulée de la bague extérieure est obtenue par un système de pression par rondelles-ressort permettant un réglage à jeu nul sous précontrainte.
– Ces roulements DELTA sont associés à deux **butées à aiguilles type AXJ**, pour grande vitesse, de part et d'autre d'une **plaque médiane percée type PMH**.

Doc. NADELLA



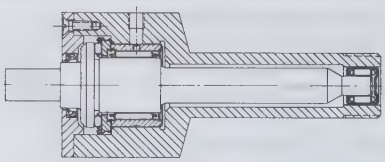
Broche d'aléseuse de précision



Palier de vis d'entraînement sur machine-outil à commande numérique

– Palier équipé d'un **roulement à aiguilles combiné spécial de précision type ARNB** assurant le maintien axial rigide, sans jeu et indéréglable, de la vis grâce au fonctionnement des butées sous précontrainte contrôlée.
– Cette précontrainte est obtenue par l'écrou en bout du pignon.

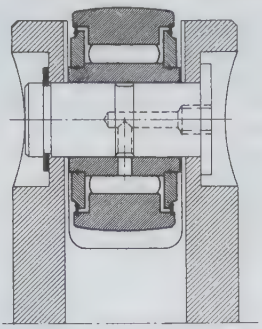
Doc. NADELLA



Contre-pointe tournante

– Les portées de l'arbre traitées ont permis d'utiliser des roulements sans bague intérieure. Le palier avant est équipé d'un **roulement combiné type RAX**.
– La partie butée du roulement combiné supporte l'effort axial de fonctionnement.
– La contre-butée axiale dans le sens inverse, ne servant qu'au maintien latéral de la contre-pointe, est assurée par le couvercle qui contient une **bague d'étanchéité type ET**.
– Le palier arrière est équipé d'une **douille à aiguilles jointives avec fond, type DLF.**

Doc. NADELLA



Galet de lunette de tour

– La lunette de tour est constituée d'un **galet étanche à bagues inséparables, type FG..EE**.
– Le diamètre extérieur, légèrement convexe, évite toute concentration de charge.

Doc. NADELLA

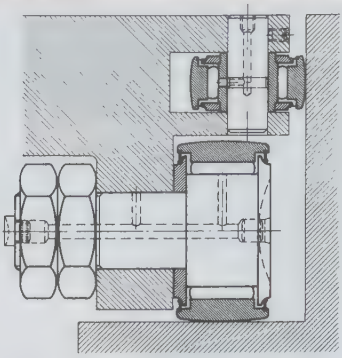
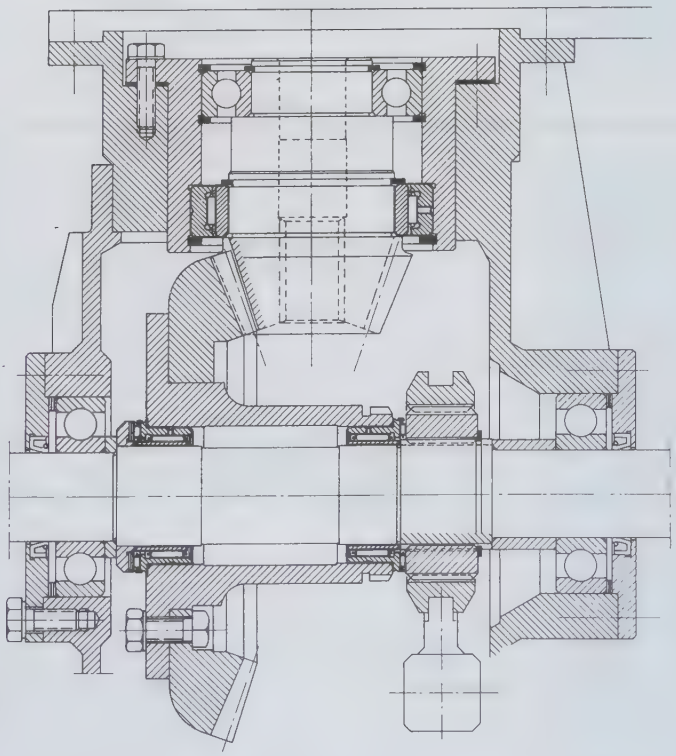


Table de machine-outil

– La table est équipée de **galets étanches avec axe incorporé type GC47EE** supportant la charge verticale, et de **galets étanches à bague extérieure et bague intérieure inséparables, type FG1030EE** assurant le guidage latéral.

Doc. NADELLA

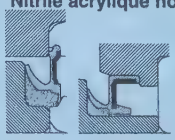


Renvoi d'angle

Doc. NADELLA

11.21. Choix de la protection ou de l'étanchéité

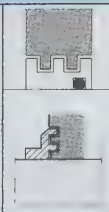
SNR

Aptitudes → / Type de joint ↓	Efficacité relative	Vitesse limite	Température de fonctionnement minimale-maximale	Remarques
à partir de doc. SNR **Déflecteur suffixe Z** **Tôle d'acier doux** 	=	sans changement	Celle du roulement de base non protégé, sauf dans le cas de protection bilatérale, la graisse limite la température à 110 °C.	C'est une protection et non une étanchéité. Elle peut être unilatérale ou bilatérale. Elle n'introduit aucun couple de frottement additionnel.
Joint radial standard E **Nitrile acrylique noir** 	+	70 % de la vitesse limite du roulement ouvert	– 30 à + 110 °C	Ils sont montés sur la bague extérieure et frottent sur la bague intérieure. Ils ne sont pas adaptés aux conditions sévères de pollution et de pression.
Joint haute température E3 **Élastomère fluoré rouge** 	+	sans changement	– 40 à + 200 °C	Excellente résistance aux agents chimiques. Coût plus élevé que celui du joint standard. Ils ne limitent pas la fréquence de rotation.
Étanchéité renforcée pour applications particulières (grande série, grande fiabilité…)				
Joint radial double E32 **Nitrile acrylique noir** 	++	70 % de la vitesse limite du roulement ouvert	– 30 à + 110 °C	Permet un fonctionnement en ambiance polluée. Joint totalement intégré au roulement qui n'est plus standard. Ils exigent un élargissement des bagues du roulement.
Joint à lèvre frontale E10 E16 **Nitrile acrylique noir**  **Joint E10** **Joint E16**	++	60 % de la vitesse limite du roulement ouvert	– 30 à + 110 °C	Ils assurent une étanchéité à plusieurs niveaux. Ils sont destinés aux applications où la pollution est importante. Le joint E16 est surtout prévu pour les rouleaux coniques. Il est vendu séparément.
Joint intégré à étanchéité renforcée E30 **Nitrile acrylique noir**  **Joint E30**	++		– 30 à + 110 °C	Étanchéité très performante en milieu pollué (roues de véhicules). Joint totalement intégré au roulement qui n'est plus standard. C'est le plus performant.

Remarque : Ces températures limites sont relatives aux déflecteurs et joints. Ces plages peuvent être modifiées par la nature de la graisse, de la cage ou par l'acier à roulement. Légende : ++ très bonne ; + bonne ; = moyenne.

Dispositifs de protection et d'étanchéité extérieurs au roulement

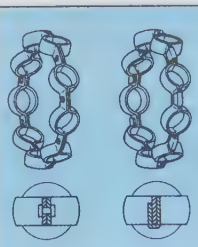
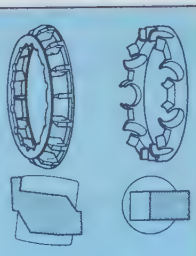
■ Suivant les applications, les dispositifs de protection ou d'étanchéité intégrés aux roulements peuvent être remplacés ou renforcés par une protection indépendante du roulement. Les dispositifs de protection indépendants du roulement sont frottants ou non frottants. Ils peuvent être associés pour une protection accrue.

	Dispositifs frottants				Dispositifs non frottants		
	Effet radial		Effet axial				
Type							
	Feutre	**Joint métallo-plastique**	**Joint mécanique**	**Joint à lèvre frontale**	**Rainures**	**Labyrinthe**	**Déflecteur**
Vitesse linéaire maximale (m/sec)	4	– Nitrile acrylique NBR : 15 – Polyacrilate ACM : 18 – Élastomère fluoré FKM : 20	16	7			
Température maximale d'utilisation (°C)	– 40 + 110	– Nitrile acrylique NBR – 30 + 110 – Polyacrilate ACM – 10 + 170 – Élastomère fluoré FKM – 40 + 200	– 40 + 150	– 30 + 110			
Désalignement maximal	0,01 rad 0,5°	0,01 rad 0,5°	0,01 rad 0,5°	0,02 rad 1°	0,001 rad 0,06°	0,001 rad 0,06°	0,001 rad 0,06°
Portée du joint **Dureté** **État de surface (portée) (Ra max)**	Mini 30HRC ou 300 HV 32 µm	Mini 40 HRc ou 450 HV 0,8 µm	Portée intégrée au joint	3,2 µm	0,8 µm (arbre)	3,2 µm (arbre)	
Points particuliers	– Imprégner le feutre dans l'huile à 80 °C avant montage – Gorges normalisées	– Prévoir un chanfrein sur l'arbre pour faciliter l'engagement des lèvres – Graisser les portées et joints avant montage	– Ce joint peut supporter des pressions relativement importantes	– L'utilisation de joints en élastomère fluoré permet d'étendre la plage de température et de vitesse	– 3 rainures mini – Jeu entre arbre et logement 0,3 à 0,5 mm pour Ø < 50 0,8 à 12 mm pour Ø > 50	– Jeu diamétral 0,3 à 0,5 mm pour Ø < 50 0,8 à 1,2 mm pour Ø > 50 – Jeu axial 1 à 2 mm pour Ø < 50 2 à 4 mm pour Ø > 50	
Applications	– Paliers à roulement en deux parties	– Générale	– Étanchéité aux fluides	– Étanchéité renforcée à la pollution	– Organe de précision – Grande vitesse – Ambiance peu polluée	– Organe de précision – Grande vitesse – Ambiance peu polluée	– Utilisé pour renforcer un autre type d'étanchéité à la pollution – Agit par centrifugation
Lubrification recommandée	– Graisse	– Graisse – Huile	– Graisse – Huile	– Graisse – Huile	– Graisse – Huile	– Graisse – Huile	

11.22. Type de cage de roulement

SNR

Avertissement : Les roulements sont livrés, dans la version standard, avec un type de cage adapté au cas général. Le tableau suivant est destiné au choix d'une cage spéciale et à la connaissance des aptitudes limites.

Type de cage → / Aptitudes ↓	 Cage emboutie	 Cage usinée laiton	Cage usinée résine	 Cage moulée
Vitesse limite	Celle du roulement.	Permet d'augmenter la vitesse limite du roulement.	Généralement centrée sur la bague, elle permet d'augmenter la vitesse limite du roulement.	Celle du roulement.
Température	Ne limite pas la température de fonctionnement du roulement.	Ne limite pas la température de fonctionnement du roulement.	110 °C maxi en utilisation continue.	La plus courante étant en polyamide 6/6, la température se limite à : – 120 °C en continu, – 150 °C en discontinu.
Lubrification	Contact métal/métal donc sensible à la lubrification.	Meilleur coefficient de frottement métal/métal.	Excellent coefficient de frottement. Cage imprégnée d'huile, lubrification optimale du roulement.	Bon coefficient de frottement. Bon comportement dans le cas de lubrification déficiente.
Tenue aux vibrations	Limitée par : – résistance mécanique, – mode d'assemblage, – balourd éventuel.	Excellente tenue, notamment pour cage centrée sur une bague. Maintient le centrage malgré les balourds dynamiques.	– Bon comportement avec cage centrée sur une bague : – faible inertie, – bon équilibrage.	Excellent comportement : – légèreté, – élasticité.
Tenue aux accélérations	Risque de rupture de la cage.	Résistance mécanique élevée mais : – manque de flexibilité, – manque d'inertie.	Excellent comportement : – faible inertie, – bonne résistance mécanique.	Excellent comportement : – légèreté, – élasticité.
Aptitude aux défauts d'alignement arbre/logement	Risque de rupture de la cage.	Utilisation non recommandée.	Utilisation non recommandée.	Excellent comportement : – élasticité.
Remarques	Les cages sont en tôle d'acier ou de laiton. Elles sont rivetées, agrafées ou soudées.	– Coût élevé, – sensible aux phénomènes électrolytiques en présence d'humidité.	– Coût élevé. – Réservé généralement aux roulements à grande vitesse et/ou à grande précision.	Elles remplacent la cage tôle pour de nombreux types de roulements. Bon comportement à l'humidité.

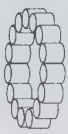
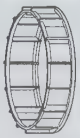
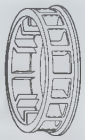
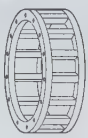
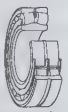
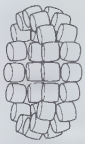
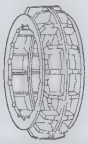
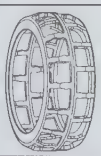
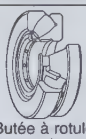
11.23. Types de roulements

SNR

Le roulement est un organe qui assure la liaison mobile entre deux éléments d'un mécanisme en rotation l'un par rapport à l'autre. Sa fonction est de permettre la rotation relative de ces éléments, sous charge, avec précision et avec un frottement minimal.

■ Le roulement est constitué :
– de deux bagues liées l'une à l'élément fixe, l'autre à l'élément mobile et comportant des chemins de roulement ;
– de corps roulants permettant le déplacement relatif des deux bagues avec un frottement minimal ;
– d'une cage séparant les corps roulants.

■ Les roulements se présentent en deux grandes familles :
– les roulements à billes où le contact bille-chemin est théoriquement ponctuel, autorisant des vitesses de rotation élevées ;
– les roulements à rouleaux où le contact rouleau-chemin est théoriquement linéaire. Ceux-ci permettent de supporter des charges radiales plus élevées que les roulements à billes.

Type	Bague extérieure	Bague intérieure	Corps roulants	Exemple de cages		
				Matière synthétique	Tôle emboutie	Massive usinée
 Roulement à billes						
 Roulements à rouleaux cylindriques						
 Roulement à rouleaux coniques	 (cuvette)	 (cône)				
 Roulement à rotule sur rouleaux						
 Roulement à aiguilles						
 Butée à billes	 (rondelle logement)	 (rondelle arbre)				
 Butée à rotule sur rouleaux	 (rondelle logement)	(rondelle arbre)				

11.24. La lubrification

SNR

11.24.1. Choix d'une lubrification

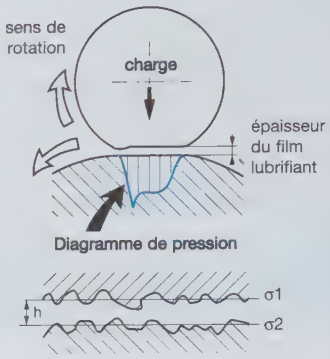
Rôle de la lubrification

La lubrification est un élément essentiel pour le bon fonctionnement du roulement.
70 % des avaries des roulements sont dues à des problèmes de lubrification.

La lubrification a pour objectif d'interposer un film de lubrifiant (dit film d'huile) entre les corps roulants et le chemin de roulement, afin d'éviter l'usure et le grippage des éléments en contact.

De plus, le lubrifiant assure une protection contre l'oxydation et la pollution extérieure et, dans le cas de l'huile, un refroidissement.

La durée de vie du roulement est directement liée à l'efficacité du film d'huile qui dépend :
– de la nature du lubrifiant et donc de ses capacités à tenir en température, vitesse...,
– de la charge et de la vitesse du roulement.
L'influence de la lubrification sur la durée de vie peut être déterminée § 11.7.5.



Comparaison des lubrifications à l'huile et à la graisse

	Lubrification à l'huile	Lubrification à la graisse
Intérêt principal	Elle est généralement employée lorsque le roulement est intégré dans un mécanisme déjà lubrifié à l'huile (réducteur, boîte de vitesses).	Elle est de plus en plus utilisée : la graisse devient un composant à part entière du roulement. Elle permet dans certains cas le graissage à vie. Le choix de la graisse doit être rigoureux.
Limite de température	– en continu : **– 20 °C à + 140 °C**, – conditions exceptionnelles : **200 °C**.	– en continu : **– 30 °C à + 120 °C** (graissage normal), – conditions exceptionnelles : **220 °C** (graissage haute température).
Avantages	– bonne pénétration dans le roulement, – bonne stabilité physico-chimique, – bon refroidissement (évacuation de la chaleur), – évacuation des corps étrangers, – contrôle aisé du lubrifiant (état et niveau), – bonne tenue à la température.	– graissage facile en des points éloignés du mécanisme, – propreté du mécanisme, – étanchéité plus facile qu'à l'huile, – simplicité de mise en œuvre, – utilisation possible de roulements prégraissés, – démarrage doux, – réduction ou suppression du graissage d'appoint.
Inconvénients	– bonne étanchéité nécessaire, – en cas d'arrêt prolongé, mauvaise protection contre l'oxydation, – retard au démarrage (dans le cas de mise en circulation), – nécessite une centrale dans le cas de lubrification dispersée.	– mauvaise tenue dans le roulement et limitation de la fréquence de rotation, – coefficient de frottement plus élevé qu'avec de l'huile, – contrôle de la lubrification délicate (nécessité d'un apport périodique), – température limite de fonctionnement.
Dispositif de lubrification	– bain d'huile (mécanisme fermé), – à l'huile perdue (évacuation nécessaire), – ruissellement-projection (engrenage), – circulation d'huile (pompe), – brouillard d'huile (sous pression).	– garnissage manuel, – roulement prégraissé, – graissage par pompe et graisseurs, – circuit de graissage centralisé, – soupape à graisse.

11.24.2. Lubrification à l'huile

Choix d'une huile - Vérification de la qualité d'une lubrification

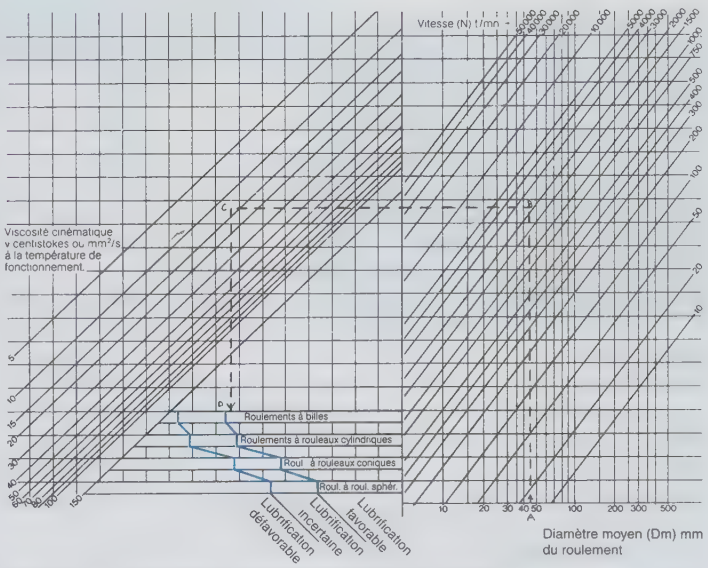
Les abaques suivants permettent de déterminer la viscosité minimale de l'huile à choisir pour assurer un fonctionnement correct du montage de roulements. Ils permettent également de vérifier l'efficacité d'une lubrification donnée.

Vérification d'une lubrification

Abaque 2
1. Entrer la température de fonctionnement (ex. 70 °C).
2. Entrer l'huile retenue et sa viscosité nominale à 40 °C (ex. VG 46).
3. Déduire la viscosité minimale à la température de fonctionnement (ex. **15 mm²/s**).

Abaque 1
1. Entrer le ∅ moyen (ex. 46 mm en A).
2. Entrer la vitesse (ex. 2 000 tr/min en B).
3. Entrer la viscosité minimale de l'huile (à la température de fonctionnement) trouvée précédemment (ex. 15 mm²/s).
4. On déduit la qualité de la lubrification en tenant compte du type de roulement (ex. favorable pour des roulements à billes).

Doc. SNR



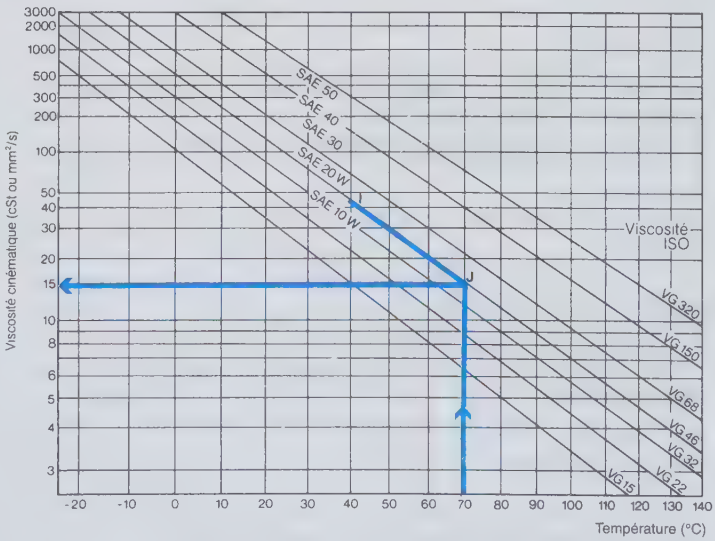
Abaque 1 : recherche d'une lubrification à l'huile

Recherche d'une huile

Abaque 1
1. Entrer le ∅ moyen (A).
2. Entrer la vitesse (B).
3. Entrer la qualité de lubrification choisie et le type de roulement (D).
4. On déduit la viscosité minimale de l'huile à la température de fonctionnement.

Abaque 2
1. Entrer la viscosité trouvée.
2. Entrer la température de fonctionnement.
3. Déduire la viscosité minimale de l'huile à 40 °C et, par suite, le type d'huile.

Doc. SNR



Abaque 2 : viscosité/température

Lubrification à l'huile (suite)

La lubrification à l'huile est généralement employée lorsque le roulement est intégré dans un mécanisme déjà lubrifié à l'huile (réducteur, boîte de vitesses) ou bien lorsqu'il peut bénéficier d'un système de graissage centralisé où l'huile est utilisée aussi comme réfrigérant.

Type d'huile

		Huiles minérales	Huiles synthétiques ester	Huiles synthétiques perfluoroalkiléther
Commentaires		Utilisation standard	Utilisation spéciale généralement à haute ou basse température	
Densité		0,9	0,9	↑,9
Viscosité	Indice	80-100	130-180	60-130
	Variation avec la température	importante	faible	faible
Point de congélation		– 40 à – 15 °C	– 70 à – 30 °C	– 70 à – 30 °C
Point d'inflammation		< 240 °C	200 à 240 °C	non inflammable
Résistance à l'oxydation		moyenne	bonne	excellente
Stabilité thermique		moyenne	bonne	excellente
Compatibilité avec les élastomères		bonne	à vérifier	bonne
Niveau de prix		1	3-10	500

Viscosité

– Le choix de la viscosité de l'huile est très important pour l'efficacité de la lubrification. Il peut être fait à l'aide du diagramme page 337.
– On peut noter avec ce diagramme que la durée de vie croît avec la viscosité du lubrifiant. Ce gain est cependant réduit car un lubrifiant plus visqueux élève la température de fonctionnement du roulement.

Additif

Les additifs les plus utilisés sont les **extrêmes pressions**, anticorrosion. Le choix d'un additif se fait avec beaucoup d'attention et souvent en relation avec le concours du fabricant.

Extrême pression
– Protège les surfaces métalliques contre les microsoudages.
– Nécessaire lorsque le roulement est fortement chargé : **P > C/5**.

Anti-usure
– Réduit l'usure des surfaces métalliques par formation d'une couche de surface protectrice.

Anticorrosion
– Protège contre les attaques corrosives sur les surfaces métalliques.

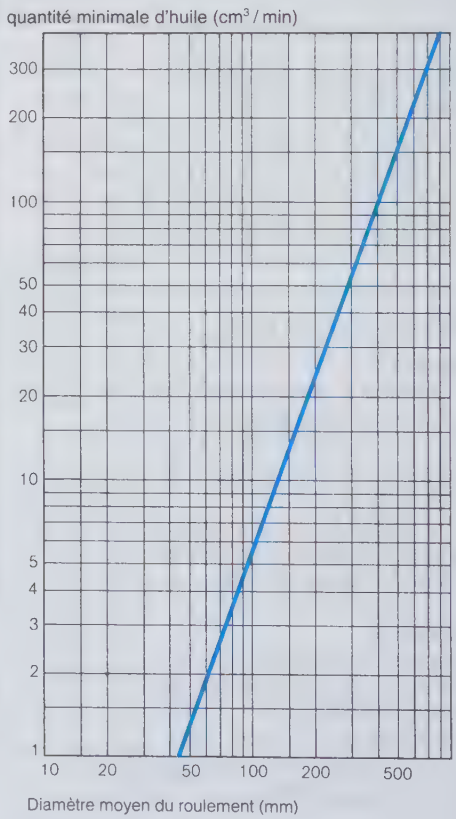
Pollution

– L'huile de lubrification doit être propre.
– L'influence de la pollution de l'huile sur la durée de vie est précisée page 308.

Lubrifiants spéciaux

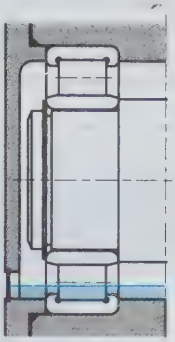
Dans certains montages, le roulement peut être lubrifié par le liquide véhiculé dans le montage (huile hydraulique, gazole). Dans ce cas et pour tous les problèmes de lubrification évoqués, consulter le fabricant.

Débit minimal d'huile (cm³/min)

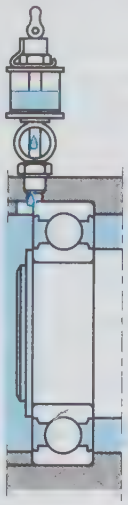


Doc. SNR

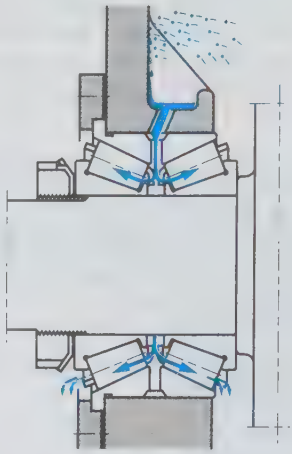
Systèmes de lubrification à l'huile



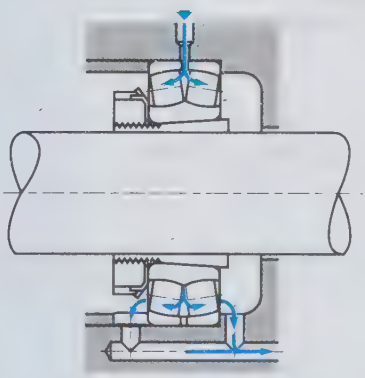
■ **Bain d'huile**
Utilisé dans les mécanismes fermés et étanches. Niveau d'huile au niveau des corps roulants inférieurs des roulements les plus bas.
Vitesse modérée, la dissipation de chaleur étant limitée.



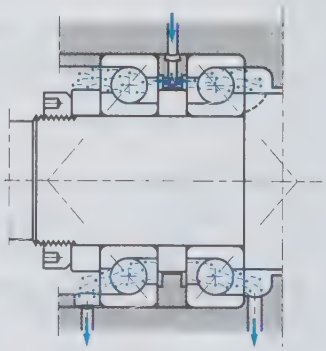
■ **À huile perdue**
Arbre tournant à grande vitesse.
Évacuation nécessaire de l'huile usagée.



■ **Ruissellement et projection**
Projection faite généralement par les engrenages.
Des gouttières peuvent diriger l'huile vers le roulement.



■ **Circulation d'huile**
Une pompe assure un débit constant, une réserve permet d'attendre l'amorçage au démarrage.
L'huile peut être filtrée et refroidie dans un échangeur pour obtenir de meilleures performances.
La circulation d'huile peut parfois être intermittente.



■ **Brouillard d'huile**
C'est aussi un mode de lubrification à huile perdue à faible consommation. Le brouillard d'huile sous pression atteint toutes les parties du roulement, interdit l'entrée de corps étrangers et assure le refroidissement.
Utilisé pour les roulements de précision tournant à grande vitesse.
Consulter le catalogue « SNR, roulements haute précision pour broche de machine-outil ».

Important : La plupart des dispositifs de lubrification à l'huile ne permettent pas d'obtenir un film suffisant dans les premières rotations du roulement. Il est donc vivement conseillé de huiler les roulements neufs après montage.

11.24.3. Lubrification à la graisse

■ Une graisse est un produit de consistance semi-fluide à solide, obtenu par dispersion d'un agent épaississant (savon) dans un liquide lubrifiant (huile minérale ou synthétique).
Pour apporter certaines propriétés particulières, des produits d'addition peuvent être inclus.

L'utilisation croissante de roulements lubrifiés à la graisse, associée au développement du concept de graissage à vie, fait de la graisse un composant à part entière du roulement. La durée de vie du roulement, son comportement dans des environnements divers sont largement conditionnés par les propriétés de la graisse utilisée.

Caractéristiques physico-chimiques

Consistance
– Grades NLGI (*National Lubrification Grease Institute*) correspondant à une valeur de pénétration dans la graisse travaillée (selon spécification d'essai ASTM/D217).
– Pour les roulements, la consistance retenue en général est le grade 2 ou le grade 3.

Viscosité de l'huile de base : généralement définie en cSt (mm^2/s) à 40 °C.

Densité : de l'ordre de 0,9.

Grades NLGI	Pénétration travaillée	Consistance
0 1	385-355 340-310	Semi-fluide Très molle
2 3	295-365 250-220	Molle Moyenne
4	205-175	Semi-dure

Point de goutte : température à laquelle tombe la première goutte d'une graisse liquéfiée par chauffage d'un échantillon. Ordre de grandeur : 180 °C/260 °C selon les constituants de la graisse. La température maximale d'utilisation de la graisse est toujours très inférieure au point de goutte.

Caractéristiques fonctionnelles

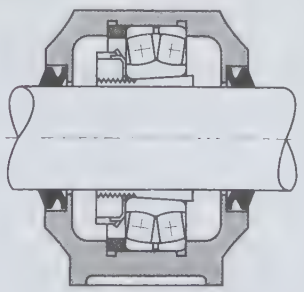
Les conditions de travail imposées au lubrifiant (laminage, malaxage) nécessitent des graisses spéciales pour roulements qui ne peuvent pas être sélectionnées uniquement à partir de leurs caractéristiques physico-chimiques.
Des essais d'homologation sur roulements permettent d'utiliser la graisse la mieux adaptée à l'application conformément au cahier des charges.
Ces critères sont susceptibles d'être complétés en fonction du résultat recherché.
La sélection pour une application est un compromis réalisé à partir du cahier des charges de l'application.

Méthode d'apport de la graisse

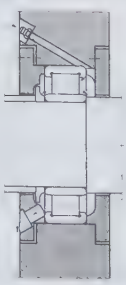
La propreté est essentielle
Tout corps étranger se trouvant dans la graisse peut amener une destruction prématurée du roulement.
– Bien nettoyer l'environnement du roulement.
– Protéger les récipients de graisse de la pollution.
– L'utilisation du tube ou de la cartouche de graisse est une garantie de propreté.

La graisse doit être déposée le plus près possible des parties actives du roulement (pistes et corps roulants).
Faire pénétrer la graisse entre la cage et la piste de la bague intérieure notamment pour les roulements à contact oblique et les roulements à rotule.

Dispositifs de graissage



Graissage manuel



Graissage par pompe à graisse
Soupape à graisse



Graissage automatique

Choix de la graisse

■ Le choix de la graisse repose sur la connaissance des conditions de fonctionnement qui doivent être définies de la manière la plus précise possible : température, vitesse, charge, ambiance, vibrations, contraintes spécifiques à l'application.

Choix de la graisse en fonction de l'application

Fonctionnement prédominant	Limites d'utilisation		Préconisation générale	Exemple d'application	Préconisation SNR LUB
	Température °C	Vitesse			
Usage courant	– 30 à + 120	< vitesse limite du roulement	– Huile minérale – Savon traditionnel (lithium, calcium...) – Consistance : généralement grade 2, grade 3 pour roulements grande dimension ou avec particularité de fonctionnement – Baisse des performances à partir de 80 °C en continu ; certaines applications peuvent demander un choix mieux adapté	– Automobile – Machines agricoles – Mécanique générale – Matériel manutention – Outillage électrique	LUB MS
Forte charge	– 30 à + 110	< 2/3 vitesse limite du roulement	– Similaire aux graisses d'usage courant avec additif extrême pression	– Sidérurgie – Matériel travaux publics	LUB EP
Haute température	– 30 à + 130	< 2/3 vitesse limite du roulement	– Savon traditionnel avec huile de base minérale de forte viscosité ou synthétique	– Moteurs électriques classe E – Moteurs électriques classe F – Alternateurs	LUB HT
	– 20 à + 150				
	– 20 à + 180	≤ 1/3 vitesse limite du roulement	– Graisses entièrement synthétiques – Les graisses avec huile de base silicone ont une tenue réduite sous charge	– Équipements de fours – Moteurs électriques classe H – Coupleurs	LUB THT
	– 20 à + 250	< 1/5 vitesse limite du roulement	– Produits de synthèse se présentant sous forme solide ou pâteuse – Produits difficilement miscibles	– Équipements de fours – Wagonnets de four	Consulter SNR Roulements
Basse température	jusqu'à – 60	≤ 2/3 vitesse limite du roulement	– Huile de base de très faible viscosité Attention à la retenue de graisse si température supérieure à 80 °C	– Aviation – Engins spéciaux	LUB GV
Grande vitesse	– 20 à + 120	> vitesse limite du roulement	– Huile de très faible viscosité	– Broches de machines-outils – Machines à bois – Broches textile	
Humidité	– 30 à + 120	≤ 2/3 vitesse limite du roulement	– Graisse traditionnelle fortement dopée avec additifs anticorrosion	– Machines à laver	LUB MS
Centrifugation Vibrations Bague extérieure tournante	– 20 à + 130	≤ 2/3 vitesse limite du roulement	– Graisse consistance (grade 2 ou 3) à forte adhérence	– Alternateurs – Matériel travaux publics – Poulies folles	LUB VX
Usage alimentaire	– 30 à + 110	≤ 2/3 vitesse limite du roulement	– Compatible alimentaire	– Industrie agro-alimentaire	LUB AL1

Lubrification à la graisse (suite)

Graissage initial

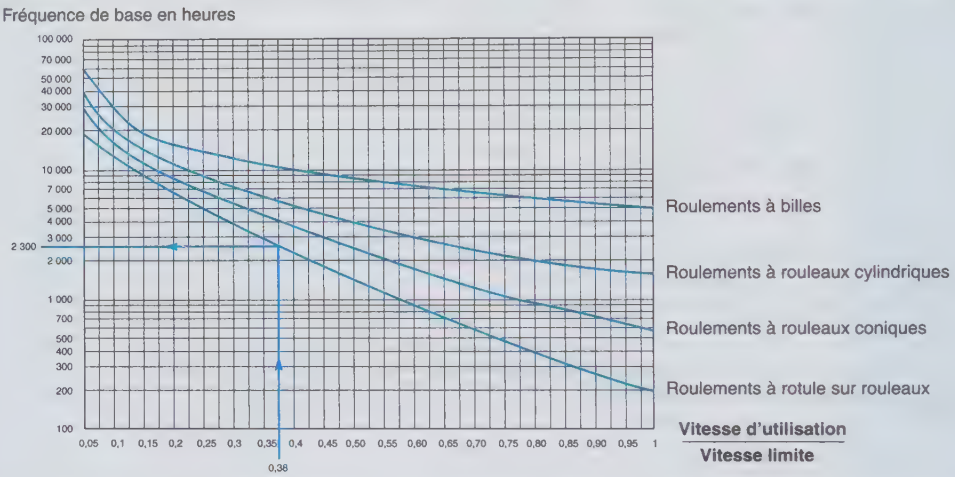
La quantité de graisse nécessaire au bon fonctionnement du roulement doit occuper un volume égal à environ 20 à 30 % du volume libre interne de celui-ci.

Ordre de grandeur de la quantité de graisse à introduire dans le roulement ouvert **G = 0,005 D.B**

G : Quantité de graisse en grammes ou cm^3
D : Diamètre extérieur du roulement en mm
B : Largeur du roulement en mm.

La quantité peut être augmentée de 20 % pour les paliers munis d'un orifice d'évacuation de la graisse usée.
Un roulement tournant à très faible vitesse tolère un plein remplissage, ce qui est favorable à sa protection en ambiance très polluée (galets de manutention...).

Regraissage - Fréquence

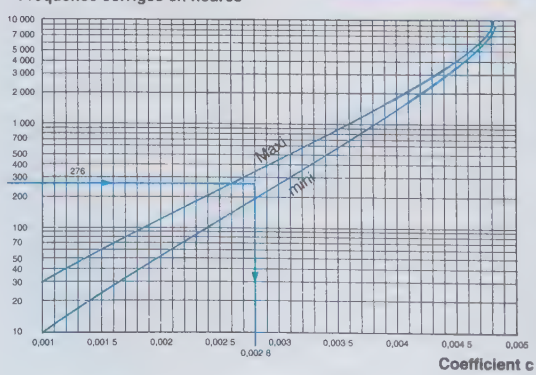


Correction de la fréquence de regraissage

La fréquence de base (Fb) doit être **corrigée** par les coefficients issus du tableau ci-dessous, en fonction des conditions de fonctionnement particulières du mécanisme selon la relation :

Fc = Fb.Te.Ta.Tt

Fréquence corrigée en heures



coef.	Conditions	Niveau	Valeur du coefficient
Te	**Environnement** – poussière – humidité – condensation	 – moyen – fort – très fort	 0,8 0,5 0,3
Ta	**Application** – avec chocs – avec vibrations – avec arbre vertical	 – moyen – fort – très fort	 0,8 0,5 0,3
Tt	**Températures**	75° C 75° C à 85° C 85° C à 120° C 120° C à 170° C	0,8 avec graisse 0,5 graisse 0,3 standard avec 0,8 graisse 0,5 haute 0,3 température

Poids de la graisse :
Le tableau ci-dessus permet de déterminer le **coefficient c** à appliquer en fonction de la **fréquence corrigée** en heures, pour obtenir le poids de graisse à renouveler par la relation **P = D × B × c**

11.25. Roulement à billes à contact radial et variantes

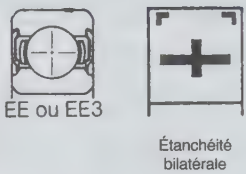
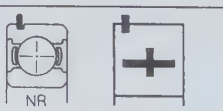
Remarques

– Le roulement à billes à contact radial existe dans de nombreuses variantes (cages, étanchéité, protection, jeu...).

– Ses aptitudes (voir 11.2., aptitudes comparatives) et sa grande diffusion lui confèrent un excellent rapport performances/prix.

C'est le roulement qui a, par conséquent, le plus grand domaine d'application. Lors du choix d'un roulement, il doit donc être considéré en priorité.

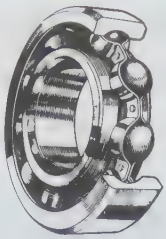
Exemples de suffixes utilisés pour les roulements à billes à contact radial

FAG	SNR	SKF	Définitions	Figures SNR
RSR 2RSR	E EE E3	RS 2RS	Étanchéité assurée par joint acrylique (– 30 °C à + 110 °C), couleur noire : – unilatérale, – bilatérale. Étanchéité pour haute température (– 40 °C à 350 °C) assurée par joint en élastomère fluoré (couleur rouge). Étanchéité unilatérale par joint à lèvre frontale en nitrile acrylique.	
TNH TVH	G14 G15	TN TN9	Cages en polyamide.	
P	J.. .	P	Jeu et précision Exemples : P6 : précision classe ISO 6 ; J26 : jeu catégorie 2, précision classe ISO 6.	
K	K	K	Alésage conique conicité 1/12.	
M MA MB	M MA MB	M MA MB	Cage en laiton usinée centrée sur les éléments roulants. Cage en laiton usinée centrée sur la bague extérieure (BE). Cage en laiton usinée centrée sur la bague intérieure (BI).	
N NR	N NR	N NR	Rainure sur ∅ extérieur pour segment d'arrêt. Rainure et segment d'arrêt sur bague extérieure.	
ZR 2ZR	Z ZZ	Z 2Z	Protection assurée par déflecteur métallique : – unilatérale, – bilatérale.	

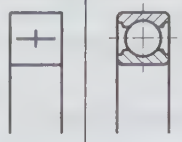
11.26. Roulements à une rangée de billes à contact radial

NF E 22-315
SNR

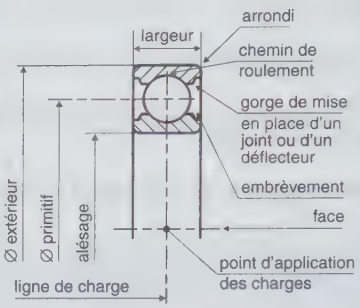
Données



Symboles



Représentation
simplifiée | complète



Remarques : Ces roulements sont fabriqués suivant de nombreuses versions. Ils possèdent de bonnes capacités de charges axiales et radiales et permettent de grandes vitesses de rotation.

Coefficients de calculs

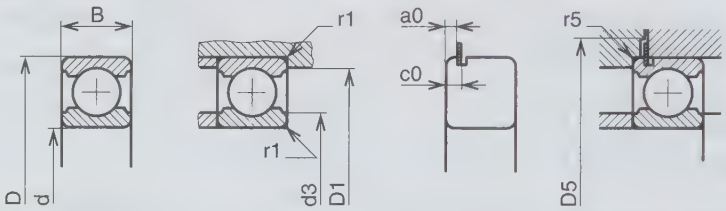
Charge équivalente dynamique

Fa/Fr ≤ e : P = Fr

Fa/Fr > e : P = 0,56 Fr + Y Fa

Fa/Co	X	Y	e
0,014	0,56	2,3	0,19
0,028		1,99	0,22
0,056		1,71	0,26
0,084		1,55	0,28
0,11		1,45	0,30
0,17		1,31	0,34
0,28		1,15	0,38
0,42		1,04	0,42
0,56		1,00	0,44

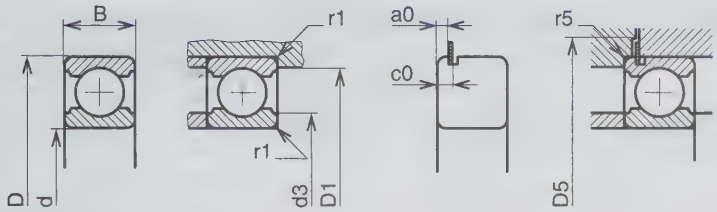
Charge équivalente statique
La plus grande des deux valeurs
Po = Fr et Po = 0,6 Fr + 0,5 Fa



Tolérance sur B du roulement (classe de précision courante 0)

d	Tolérance
10 à 50	0 – 0,120
50 à 65	0 – 0,150

Dimensions (mm)			Charge de base (10^3 N)		Vitesse (tr/min) graisse		huile	Épaulements et congés (mm)					Cotes de montage complémentaires pour roulements type NR (mm)					
					roult Z et ZZ	roult E et EE		d3		D1		r1	a_0		c_0		D5	r5
d	D	B	dyn C	stat Co				mini	maxi	mini	maxi	maxi	maxi	mini	maxi	mini	mini	maxi
10	26	8	4,60	1,97	31 000	21 000	36 000	12,0	12,8	23,6	24,0	0,30						
	30	9	6,00	2,65	25 000	17 000	31 000	14,0	14,6	25,8	26,0	0,60	2,06	1,90	3,18	2,92	36,0	0,6
	35	11	8,10	3,45	22 000	15 000	27 000	14,0	16,6	29,2	31,0	0,60	2,06	1,90	3,18	2,92	41,0	0,6
12	28	8	5,10	2,37	27 000	18 000	32 000	14,0	14,8	25,6	26,0	0,30						
	32	10	6,90	3,10	23 000	15 000	28 000	16,0	16,5	27,9	28,0	0,60	2,06	1,90	3,18	2,92	38,0	0,6
	37	12	9,70	4,20	20 000	13 000	24 000	17,9	18,1	31,3	31,5	1,00	2,06	1,90	3,18	2,92	42,5	0,6
15	32	8	5,60	2,85	23 000		28 000	17,0	18,3	29,1	30,0	0,30						
	32	9	5,60	2,85	23 000	15 000	28 000	17,0	18,3	29,1	30,0	0,30	2,06	1,90	3,18	2,92	38,0	0,3
	35	11	7,70	3,75	20 000	13 000	25 000	19,0	19,6	31,0	31,2	0,60	2,06	1,90	3,18	2,92	41,0	0,6
	42	13	11,30	5,40	18 000	12 000	21 000	21,0	21,2	36,1	36,3	1,00	2,06	1,90	3,18	2,92	47,5	0,6
17	35	8	6,00	3,25	21 000		25 000	19,0	20,7	31,7	33,0	0,30						
	35	10	6,00	3,25	21 000	14 000	25 000	19,0	20,7	31,7	33,0	0,30	2,06	1,90	3,18	2,92	41,0	0,3
	40	12	9,60	4,75	18 000	12 000	22 000	21,0	22,4	35,0	36,0	0,60	2,06	1,90	3,18	2,92	46,0	0,6
	47	14	13,50	6,60	16 000	11 000	19 000	23,0	24,5	40,3	41,0	1,00	2,46	2,31	3,58	3,33	54,0	0,6
	62	17	22,70	10,80	12 000		15 000	25,0	30,3	48,7	54,0	1,10	3,28	3,07	4,98	4,67	69,0	0,6
20	42	8	9,40	5,00	15 000		21 000	22,0	25,1	37,1	40,0	0,30						
	42	12	9,40	5,00	18 000	12 000	21 000	24,0	25,1	37,1	38,0	0,60	2,06	1,90	3,18	2,92	47,5	0,6
	47	14	12,80	6,60	15 000	10 000	19 000	26,0	26,2	41,1	41,3	1,00	2,46	2,31	3,58	3,33	54,0	0,6
	52	15	15,90	7,90	14 000	9 300	17 000	27,0	27,9	44,5	45,0	1,10	2,46	2,31	3,58	3,33	59,0	0,6
	72	19	29,50	15,50	10 000		13 000	28,0	37,4	59,5	64,0	1,10	3,28	3,07	4,98	4,67	80,0	0,6
22	44	12	14,70	6,50	17 000	11 000	20 000	26,0	26,5	39,9	40,0	0,60	2,06	1,90	3,18	2,92	49,5	0,6
	50	14	20,80	8,90	14 000	9 300	17 000	28,0	28,4	43,9	44,1	1,00	2,46	2,31	3,58	3,33	57,0	0,6
	56	16	23,90	10,40	13 000	8 700	15 000	29,0	30,7	48,7	49,0	1,10	2,46	2,31	3,58	3,33	63,0	0,6
25	47	8	10,10	5,90	15 000		18 000	27,0	30,1	42,1	45,0	0,30						
	47	12	10,10	5,90	15 000	10 000	18 000	29,0	30,1	42,1	43,0	0,60	2,06	1,90	3,18	2,92	54,0	0,6
	52	15	14,00	7,90	13 000	8 700	16 000	31,0	31,4	46,3	46,5	1,00	2,46	2,31	3,58	3,33	63,0	0,6
	62	17	23,70	12,20	11 000	7 300	14 000	32,0	34,9	53,1	55,0	1,10	3,28	3,07	4,98	4,67	69,0	0,6
	80	21	36,00	19,30	9 000		11 000	35,0	42,1	66,3	70,0	1,50	3,28	3,07	4,98	4,67	88,0	0,6



Tolérance sur B du roulement (classe de précision courante 0)	
d	Tolérance
10 à 50	0 – 0,120
50 à 65	0 – 0,150

Dimensions (mm)			Charge de base (10^3 N)		Vitesse (tr/min)			Épaulements et congés (mm)					Cotes de montage complémentaires pour roulements type NR (mm)					
					graisse		huile	d3		D1		r1	a_0		c_0		D5	r5
d	D	B	dyn C	stat Co	roul^t Z et ZZ	roul^t E et EE		mini	maxi	mini	maxi	maxi	maxi	mini	maxi	mini	mini	maxi
28	52	12	19,10	9,30	14 000	9 300	16 000	32,0	33,3	47,1	48,0	0,60	2,06	1,90	3,18	2,92	59,0	0,6
	58	16	23,60	11,10	12 000	8 000	15 000	34,0	35,1	51,3	52,0	1,00	2,46	2,31	3,58	3,33	65,0	0,6
	68	18	36,00	16,40	10 000	6 700	13 000	35,0	38,8	59,7	61,0	1,10	3,28	3,07	4,98	4,67	76,0	0,6
30	55	9	12,60	8,20	13 000		15 000	32,0	36,2	48,8	53,0	0,30						
	55	13	12,60	8,20	13 000	8 700	15 000	35,0	36,2	48,8	50,0	1,00	2,08	1,88	3,20	2,90	62,0	0,6
	62	16	19,50	11,30	11 000	7 300	14 000	36,0	38,0	54,6	56,0	1,00	3,28	3,07	4,98	4,67	69,0	0,6
	72	19	28,00	15,80	9 800	6 500	12 000	37,0	41,7	62,3	65,0	1,10	3,28	3,07	4,98	4,67	80,0	0,6
	90	23	43,20	23,80	7 900		9 600	40,0	47,0	73,0	80,0	1,50	3,28	3,07	5,74	5,43	97,5	0,6
32	58	13	22,40	11,20	12 000	8 000	14 000	37,0	37,9	52,5	53,0	1,00	2,08	1,88	3,20	2,90	65,0	0,6
	65	17	30,50	14,60	10 000	6 700	13 000	38,0	39,3	57,5	59,0	1,00	3,28	3,07	4,98	4,67	72,0	0,6
	75	20	41,50	19,40	9 300	6 200	11 000	39,0	43,2	65,6	68,0	1,10	3,28	3,07	4,98	4,67	83,0	0,6
35	62	9	13,90	9,30	11 000		13 000	37,0	41,2	56,2	60,0	0,30						
	62	14	16,00	10,30	11 000	7 300	13 000	40,0	41,2	56,2	57,0	1,00	2,08	1,88	3,78	3,48	69,0	0,6
	72	17	25,50	15,30	9 300	6 200	12 000	42,0	43,8	63,7	65,0	1,10	3,28	3,07	4,98	4,67	80,0	0,6
	80	21	33,50	19,10	8 700	5 800	10 000	44,0	46,4	68,4	71,0	1,50	3,28	3,07	4,98	4,67	88,0	0,6
	100	25	55,00	31,00	7 000		8 500	45,0	53,1	81,9	90,0	1,50	3,28	3,07	5,74	5,43	107,5	0,6
40	68	9	15,20	11,10	10 000		12 000	42,0	46,5	61,9	66,0	0,30						
	68	15	17,40	11,50	10 000	6 700	12 000	45,0	46,5	61,9	63,0	1,00	2,49	2,29	4,19	3,89	76,0	0,6
	80	18	29,00	17,90	8 300	5 500	10 000	47,0	49,8	70,7	73,0	1,10	3,28	3,07	4,98	4,67	88,0	0,6
	90	23	40,50	23,90	7 700	5 100	9 200	49,0	52,9	77,6	81,0	1,50	3,28	3,07	5,74	5,43	97,5	0,6
	110	27	64,00	36,50	6 300		7 700	52,0	59,6	90,4	98,0	2,00	3,28	3,07	5,74	5,43	118,0	0,6
45	75	10	17,50	12,70	9 200		11 000	49,0	52,3	68,7	71,0	0,60						
	75	16	21,00	15,20	9 200	6 100	11 000	50,0	52,3	68,1	70,0	1,00	2,49	2,29	4,19	3,89	83,0	0,6
	85	19	32,50	20,50	7 700	5 100	9 600	52,0	54,4	76,1	78,0	1,10	3,28	3,07	4,98	4,67	93,0	0,6
	100	25	53,00	31,50	6 900	4 600	8 300	54,0	59,2	86,7	91,0	1,50	3,28	3,07	5,74	5,43	107,5	0,6
	120	29	77,00	45,00	5 800		7 000	57,0	66,2	99,8	108,0	2,00	4,06	3,86	6,88	6,58	131,0	0,6
50	80	10	16,10	13,10	8 500		10 000	54,0	57,3	73,1	76,0	0,60						
	80	16	21,80	16,60	8 500	5 700	10 000	55,0	57,3	73,1	75,0	1,00	2,49	2,29	4,19	3,89	88,0	0,6
	90	20	35,00	23,20	7 100	4 700	8 900	57,0	59,4	81,1	83,0	1,10	3,28	3,07	5,74	5,43	97,5	0,6
	110	27	62,00	38,00	6 200	4 100	7 500	61,0	65,8	95,1	99,0	2,00	3,28	3,07	5,74	5,43	118,0	0,6
	130	31	92,00	54,00	5 300		6 400	64,0	72,2	107,8	116,0	2,10	4,06	3,86	6,88	6,58	141,0	0,6
55	90	11	19,50	16,20	7 600		9 000	59,0	63,3	82,5	86,0	0,60						
	90	18	28,50	21,30	7 600	5 100	9 000	61,0	63,3	82,5	84,0	1,10	2,87	2,67	5,33	5,03	97,5	0,6
	100	21	43,50	29,00	6 500	4 300	8 100	64,0	65,9	89,6	91,0	1,50	3,28	3,07	5,74	5,43	107,5	0,6
	120	29	72,00	44,50	5 700	3 800	6 900	66,0	72,1	103,4	109,0	2,00	4,06	3,86	6,88	6,58	131,0	0,6
	140	33	100,00	62,00	4 900		5 900	69,0	76,9	118,1	126,0	2,10	4,90	4,65	7,72	7,37	151,0	0,6
60	95	11	20,0	17,50	7 100		8 400	64,0	68,3	87,5	91,0	0,60						
	95	18	29,50	23,20	7 100	4 700	8 400	66,0	68,3	87,5	89,0	1,10	2,87	2,67	5,33	5,03	103,0	0,6
	110	22	52,00	36,00	5 900	3 900	7 400	69,0	70,9	98,7	101,0	1,50	3,28	3,07	5,74	5,43	118,0	0,6
	130	31	82,00	52,00	5 300	3 500	6 300	73,0	78,7	111,8	117,0	2,10	4,06	3,86	6,88	6,58	141,0	0,6
	150	35	109,00	70,00	4 500		5 500	74,0	84,0	125,5	136,0	2,10	4,90	4,65	7,72	7,37	161,0	0,6
65	100	11	21,20	19,60	6 700		7 900	69,0	73,3	92,5	96,0	0,60						
	100	18	30,50	25,00	6 700	4 500	7 900	71,0	73,3	92,5	94,0	1,10	2,87	2,67	5,33	5,03	107,5	0,6
	120	23	57,00	40,00	5 400	3 600	6 800	74,0	78,1	106,7	111,0	1,50	4,06	3,86	6,88	6,58	131,0	0,6
	140	33	93,00	60,00	4 900	3 300	5 900	78,0	85,2	120,3	127,0	2,10	4,90	4,65	7,72	7,37	151,0	0,6
	160	37	118,00	79,00	4 200		5 100	79,0	90,0	134,0	146,0	2,10	4,90	4,65	7,72	7,37	171,0	0,6

Désignation

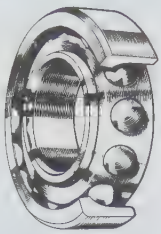
Code de la série du diamètre extérieur (4) ∅ D = 90 mm

Code de l'alésage (06) ∅ d = 30 mm

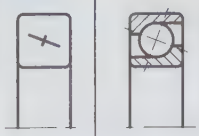
Code du type de roulement (6) → 6 4 0 6 ZZ ← Roulement protégé (ZZ)

11.27. Roulements à une rangée de billes à contact oblique

NF E 22-315
SNR

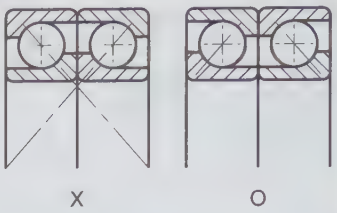


Symboles



Représentation
simplifiée | complète

Types BG pour montages par paires



Ils possèdent un angle α de 40° (suffixe B). Les séries BG peuvent être appariées indifféremment : en X, en O ou en tandem.

Remarques : Ces roulements possèdent un angle α de 40° (suffixe B). Les séries BG* correspondent à des exécutions de roulements pouvant être appariés indifféremment :
– **dos à dos** et **face à face** avec jeu axial,
– **en tandem** avec un léger jeu ou précharge.

Coefficients de calculs

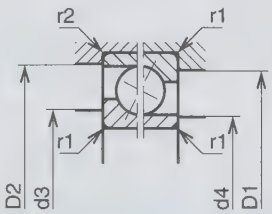
Charge équivalente dynamique

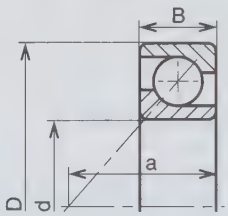
Fa/Fr ≤ 1,14 :
P = Fr
Fa/ Fr > 1,14 :
P = 0,35 Fr + 0,57 Fa*

Charge équivalente statique

La plus grande des deux valeurs :
Po = Fr
Po = 0,5 Fr + 0,26 Fa*

* Calcul de Fa, voir constructeur.





Angle de contact 40°

Tolérance sur B du roulement (classe de précision courante 0)

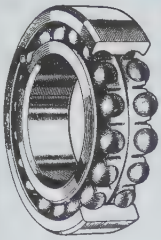
d	Tolérance
10 à 50	0 / – 0,120
50 à 65	0 / – 0,150

Dimensions (mm)				Charges de base (10^3 N)		Vitesse limite (tr/min)		Épaulements et congés (mm)									
								d3		d4		D1		D2		r1	r2
d	D	B	a	dyn C	stat Co	graisse	huile	mini	maxi	mini	maxi	mini	maxi	mini	maxi	mini	maxi
15B	35	11	16,0	8,10	4,35	18 000	23 000	19,0	22,0	19,0	19,0	28,5	30,0	32,0	32,6	0,6	0,3
17B	47	14	20,5	14,80	8,00	12 500	17 500	23,0	26,0	22,0	23,0	38,0	41,0	41,0	43,0	1,0	0,6
20B	52	15	22,5	17,30	9,70	11 000	15 000	26,0	30,5	25,5	26,5	42,0	46,0	47,0	48,5	1,0	0,6
20BG	52	15	22,5	28,10*	18,80*	11 000	15 000	26,0	30,5	25,5	26,5	42,0	46,0	47,0	48,5	1,0	0,6
25B	62	17	26,5	24,40	14,70	9 200	12 000	31,0	37,5	31,0	32,0	50,0	56,0	56,0	58,5	1,0	0,6
25BG	62	17	26,5	39,70*	29,40*	9 200	12 000	31,0	37,5	31,0	32,0	50,0	56,0	56,0	58,5	1,0	0,6
30B	72	19	31,0	31,00	19,90	7 700	10 000	36,0	45,5	36,0	38,0	59,5	66,0	65,5	68,5	1,0	0,6
30BG	72	19	31,0	50,50*	39,80*	7 700	10 000	36,0	45,5	36,0	38,0	59,5	66,0	65,5	68,5	1,0	0,6
35B	80	21	34,5	36,50	24,10	7 000	9 500	42,0	50,5	42,0	43,0	66,0	73,0	72,5	75,5	1,5	1,0
35BG	80	21	34,5	60,00*	48,00*	7 000	9 500	42,0	50,5	42,0	43,0	66,0	73,0	72,5	75,5	1,5	1,0
40B	90	23	39,0	45,00	30,00	6 300	8 500	47,0	57,0	47,0	48,5	74,0	83,0	82,0	85,5	1,5	1,0
40BG	90	23	39,0	73,00*	60,00*	6 300	8 500	47,0	57,0	47,0	48,5	74,0	83,0	82,0	85,5	1,5	1,0
45B	100	25	43,0	58,00	40,00	5 600	7 500	52,0	63,5	52,0	53,5	82,5	93,0	92,0	95,5	1,5	1,0
45BG	100	25	43,0	95,00*	80,00*	5 600	7 500	52,0	63,5	52,0	53,5	82,5	93,0	92,0	95,5	1,5	1,0
50B	110	27	47,0	68,00	48,00	5 000	6 700	60,0	69,0	59,0	60,0	92,0	100,0	102,0	106,5	2,0	1,0
50BG	110	27	47,0	111,00*	96,00*	5 000	6 700	60,0	69,0	59,0	60,0	92,0	100,0	102,0	106,5	2,0	1,0
55B	120	29	51,0	79,00	56,00	4 500	6 000	65,0	75,0	64,0	65,0	101,0	110,0	111,5	116,5	2,0	1,0
55BG	120	29	51,0	128,00*	113,0*	4 500	6 000	65,0	75,0	64,0	65,0	101,0	110,0	111,5	116,5	2,0	1,0
60B	130	31	55,5	90,00	65,0	4 200	5 600	71,0	81,0	70,0	71,0	109,0	119,0	121,0	124,0	2,0	1,0
60BG	130	31	55,5	146,00*	131,0*	4 200	5 600	71,0	81,0	70,0	71,0	109,0	119,0	121,0	124,0	2,0	1,0
65B	120	23	50,5	64,00	53,0	4 500	5 600	72,0	82,0	72,0	73,5	104,0	113,0	111,0	115,5	1,5	1,0
65BG	140	23	59,6	166,00*	151,0*	4 000	5 200	75,0	90,5	75,0	77,5	118,5	130,0	130,0	135,0	2,1	1,1

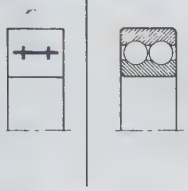
* Les roulements du type BG sont vendus à l'unité. Leur montage se fait généralement par paire et les charges de base indiquées sont celles de la paire de roulements.

11.28. Roulements à deux rangées de billes à contact radial

NF E 22-315 — SNR — Données

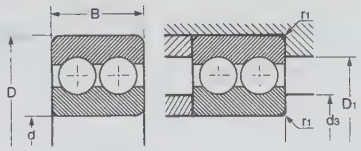


Symboles



Représentation simplifiée | complète

Dimensions



Remarques : Les roulements sont livrés graissés. Ils supportent des charges radiales importantes. Ils possèdent une bonne rigidité qui exige un alignement rigoureux des portées.

Coefficients de calcul

Charge équivalente dynamique

Fa/Fr ≤ e : P = Fr

Fa/Fr > e : P = 0,56 Fr + Y Fa

Fa/Co	X	Y	e
0,014	0,56	2,3	0,19
0,028		1,99	0,22
0,056		1,71	0,26
0,084		1,55	0,28
0,11		1,45	0,30
0,17		1,31	0,34
0,28		1,15	0,38
0,42		1,04	0,42
0,56		1,00	0,44

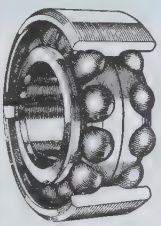
Charge équivalente statique

La plus grande des deux valeurs

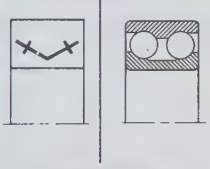
Po = Fr Po = 0,6 Fr + 0,5 Fa

11.29. Roulements à deux rangées de billes à contact oblique

NF E 22-315 — SNR — Données

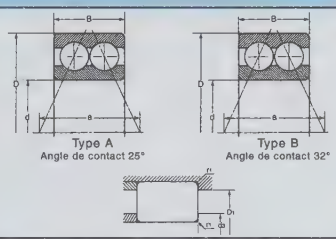


Symboles



Représentation simplifiée | complète

Dimensions



Remarques : Ils supportent des charges radiales et axiales importantes. Ils s'opposent bien aux efforts de déversement. Leur rigidité exige un alignement rigoureux des portées. Deux versions : type **A**, angle de contact 25°; type **B**, 32°.

Utilisation : Voir les aptitudes § 11.2. Il est possible de les utiliser seuls somme palier, remplissant le rôle de deux roulements. Ils existent en version étanche dans le type A (suffixe EE) ou version protégée (suffixe ZZ).

Coefficients de calcul

Charge équivalente dynamique coefficients X et Y

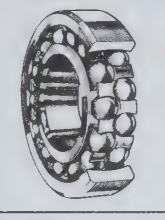
Fa/Fr ≤ e		Fa/Fr > e		e	Type
X	Y	X	Y		
1	0,92	0,67	1,41	0,68	A
1	0,73	0,62	1,17	0,86	B

Charge équivalente statique

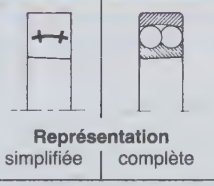
Xo	Yo	type
1	0,76	A
1	0,63	B

11.30. Roulements à rotule sur deux rangées de billes

NF E 22-315 — SNR — Données

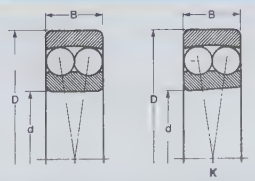


Symboles



Représentation simplifiée | complète

Dimensions



Coefficients de calcul

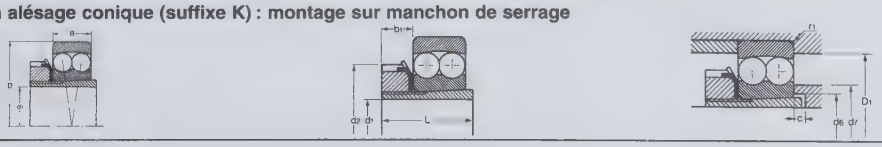
Fa/Fr ≤ e : P = Fr + YFa

Fa/Fr > e : P = 0,65 Fr + YFa

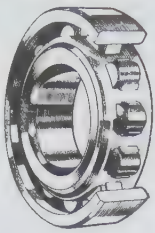
Po = Fr + YoFa

Remarques : Ils sont limités en diamètre. Pour les gros diamètres, utiliser des roulements à rotule sur rouleaux. Ils permettent de compenser des défauts d'alignement importants (défaut angulaire de 3° maxi). Ils sont fabriqués en alésage cylindrique ou conique (suffixe K - conicité 1/12), ce qui permet leur montage sur un manchon. Le manchon permet leur montage sur un arbre brut de laminage. Ils sont souvent utilisés sur du matériel agricole ou forestier pour des arbres de transmission de grande longueur, là où l'alignement des paliers est difficile à maîtriser.

Roulements à alésage conique (suffixe K) : montage sur manchon de serrage

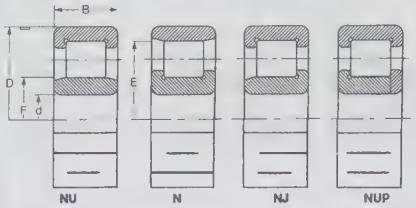


11.31. Roulements à rouleaux cylindriques

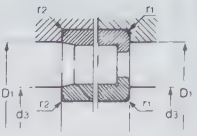


Symboles et dimensions

Représentation complète



Représentation simplifiée



Épaulements et congés

Roulements conçus pour supporter uniquement des charges radiales.

Charge équivalente statique

Po = Fr

Charge équivalente dynamique

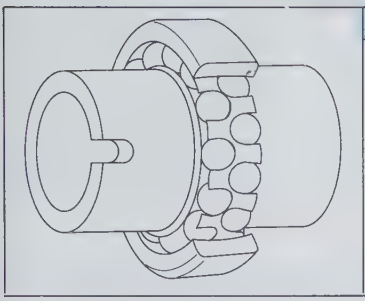
P = Fr

Remarques : Les roulements peuvent être livrés sans bague extérieure (RN) ou sans bague intérieure (RNU). Ils peuvent supporter uniquement des charges radiales, sauf pour les roulements munis d'épaulements sur les bagues extérieures et intérieures pour s'opposer aux efforts.

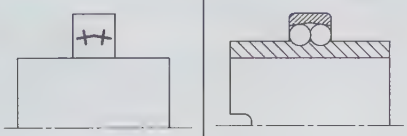
Dimensions (mm)					Charge de base (10^3 N)		Vitesse limite (tr/min)		Épaulements et congés (mm)			
d	D	B	F	E	dyn C	stat Co	graisse	huile	d_3 maxi*	D_1 mini	r1 maxi	r2 maxi
20	47	14	26,5	41,5	28,00	24,70	13 500	16 500	24,2	41,4	1,0	0,6
	47	18	26,5	41,5	33,50	31,00	13 500	16 500	24,2	41,4	1,0	0,6
	52	15	27,5	45,5	35,00	29,50	11 500	14 500	24,2	45,0	1,0	0,6
	52	21	27,5	45,5	46,50	42,50	11 500	14 500	24,2	45,0	1,0	0,6
25	47	12	30,5	41,5	13,70	12,00	14 500	18 000	26,8	43,8	0,6	0,3
	52	15	31,5	46,5	32,00	30,00	11 500	14 000	29,2	46,4	1,0	0,6
	52	18	31,5	46,5	38,00	37,50	11 500	14 000	29,2	46,4	1,0	0,6
	62	17	34,0	54,0	45,50	41,00	9 500	11 500	32,0	55,0	1,0	1,0
	62	24	34,0	54,0	62,00	61,00	9 500	11 500	32,0	55,0	1,0	1,0
	80	21	38,8	62,8	46,00	37,50	8 500	10 000	36,0	69,0	1,5	1,5
30	55	13	36,5	48,5	17,20	15,90	12 000	15 000	32,6	50,4	1,0	0,5
	62	16	37,5	55,5	42,50	40,00	9 500	12 000	34,2	56,4	1,0	0,6
	62	20	37,5	55,5	53,00	54,00	9 500	12 000	34,2	56,4	1,0	0,6
	72	19	40,5	62,5	56,00	51,00	8 000	9 500	37,0	65,0	1,0	1,0
	72	27	40,5	62,5	79,00	81,00	8 000	9 500	37,0	65,0	1,0	1,0
	90	23	45,0	73,0	62,00	52,00	7 500	9 000	41,0	79,0	1,5	1,5
35	62	14	42,0	55,0	21,20	20,40	10 500	13 000	37,6	57,4	1,0	0,5
	72	17	44,0	64,0	54,00	54,00	8 500	10 500	39,2	65,0	1,0	0,6
	72	23	44,0	64,0	67,00	70,00	8 500	10 500	39,2	65,0	1,0	0,6
	80	21	46,2	70,2	70,00	68,00	7 000	8 500	42,0	71,0	1,5	1,0
	80	31	46,2	70,2	99,00	106,00	7 000	8 500	42,0	71,0	1,5	1,0
	100	25	53,0	83,0	77,00	69,00	6 700	8 000	46,0	89,0	1,5	1,5
40	68	15	47,0	61,0	24,40	24,10	9 500	12 000	43,2	63,4	1,0	0,6
	80	18	49,5	71,5	57,00	56,00	7 500	9 000	47,0	73,0	1,0	1,0
	80	23	49,5	71,5	76,00	80,00	7 500	9 000	47,0	73,0	1,0	1,0
	90	23	52,0	80,0	88,00	85,00	6 300	7 500	49,0	81,0	1,5	1,5
	90	33	52,0	80,0	122,00	129,00	6 300	7 500	49,0	81,0	1,5	1,5
	110	27	58,0	92,0	96,00	87,00	6 000	7 100	53,0	97,0	2,0	2,0
45	75	16	52,5	67,5	29,50	30,00	8 500	10 500	48,2	70,4	1,0	0,6
	85	19	54,5	76,5	65,00	67,00	7 000	8 500	52,0	78,0	1,0	1,0
	85	23	54,5	76,5	79,00	86,00	7 000	8 500	52,0	78,0	1,0	1,0
	100	25	58,5	88,5	100,00	98,00	5 600	6 700	54,0	91,0	1,5	1,5
	100	36	58,5	88,5	141,00	153,00	5 600	6 700	54,0	91,0	1,5	1,5
	120	29	64,5	100,5	108,00	99,00	5 600	6 700	58,0	107,0	2,0	2,0
50	80	16	57,5	72,5	31,50	34,00	8 000	10 000	53,2	75,4	1,0	0,6
	90	20	59,5	81,5	68,00	72,00	6 300	8 000	57,0	83,0	1,0	1,0
	90	23	59,5	81,5	83,00	93,00	6 300	8 000	57,0	83,0	1,0	1,0
	110	27	65,0	97,0	120,00	122,00	5 000	6 100	61,0	99,0	2,0	2,0
	110	40	65,0	97,0	176,00	201,00	5 000	6 100	61,0	99,0	2,0	2,0
	130	31	70,8	110,8	132,00	124,00	5 000	6 000	64,0	116,0	2,0	2,0
55	90	18	64,5	80,5	37,00	41,50	7 200	9 000	59,6	84,0	1,0	1,0
	100	21	66,0	90,0	85,00	94,00	5 800	7 200	62,0	91,0	1,5	1,0
	100	25	66,0	90,0	101,00	117,00	5 800	7 200	62,0	91,0	1,5	1,0

11.32. Roulements à rotule sur deux rangées de billes avec bague intérieure large

SNR | NF E 22-315 | SNR – SKF | Données

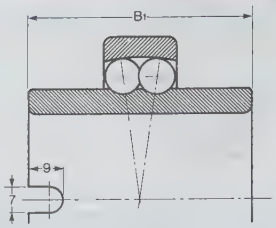


Symboles



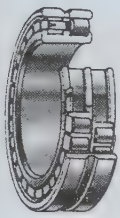
Représentation
simplifiée | complète

Dimensions

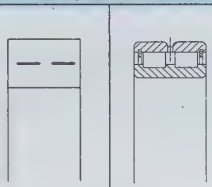


11.33. Roulements à deux rangées de rouleaux cylindriques jointifs

NF E 22-315 | SKF | Données

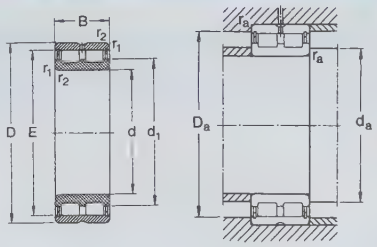


Symboles



Représentation
simplifiée | complète

Dimensions

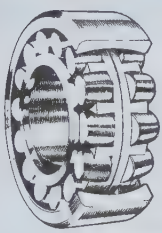


Coefficients de calcul

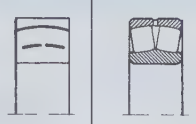
Charge équivalente dynamique
P = Fr si Fa/Fr ≤ e P = 0,90 Fr + YFa si Fa/Fr > e
Charge équivalente statique
P_o = Fr

11.34. Roulements à rotule deux rangées de rouleaux

NF E 22-315 | SNR | Données

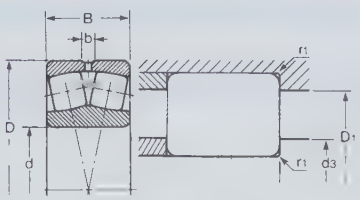


Symboles



Représentation
simplifiée | complète

Dimensions

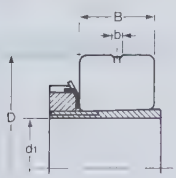


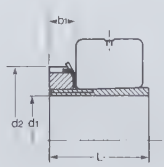
Coefficients de calcul
Fa/Fr ≤ e : P = Fr + YFa Fa/Fr > e : P = 0,67Fr + YFa Po = Fr + YoFa

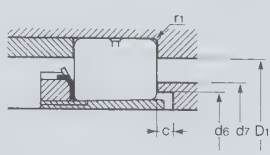
Remarques :
– Roulement à alésage cylindrique ou alésage conique (conicité 1/12 - suf. K).
– Roulement acceptant un déversement de la bague intérieure par rapport à la bague extérieure (1/2° maxi).

Utilisation : Roulement supportant des charges radiales très élevées. Avec un manchon (suffixe K), il peut se monter sur un arbre brut de laminage.

Roulements à alésage conique (suffixe K) : montage sur manchon de serrage

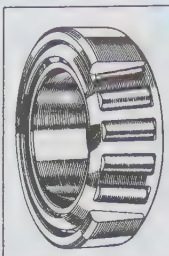




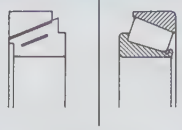


11.35. Roulements à rouleaux coniques

NF E 22-330 — SNR — Données

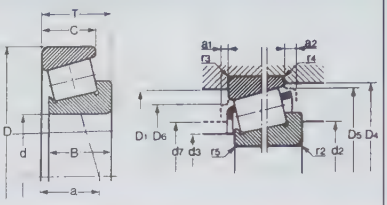


Symboles



Représentation
simplifiée | complète

Dimensions



Coefficients de calcul

Charge équivalente dynamique

$Fa/Fr \leq e$: $P = Fr$
$Fa/Fr > e$: $P = 0{,}4\ Fr + YFa^*$

Calcul de **Fa**, voir **11.15** et **11.9**

Charge équivalente statique

La plus grande des 2 valeurs :
$Po = Fr$
$Po = 0{,}5Fr + YoFa^*$

Symbole ISO

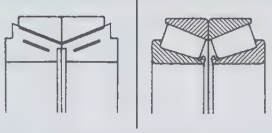
Le code de la norme ISO 355 comporte un chiffre et deux lettres :
– le chiffre indique la classe d'angle à laquelle appartient le roulement (2, 3, 4, 5, 6, 7) ;
– la première lettre se réfère à la série de diamètres exprimant le rapport D/d du roulement ;
– la seconde se rapporte à la série de largeurs exprimant le rapport largeur/section du roulement.

Classe d'angle	faible 2	moyen 3 4	grand 5	très grand 7
angle α	$10° < \alpha \leq 14°$	$14° < \alpha \leq 19°$	$19° < \alpha \leq 25°$	$25° < \alpha \leq 30°$
Facteur axial Y	$Y > 1{,}58$	$1{,}33 < Y < 1{,}58$	$1{,}05 < Y < 1{,}15$	$0{,}69 < Y < 0{,}75$
Figure				

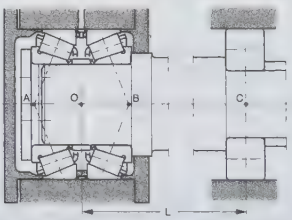
11.36. Roulements à une rangée de rouleaux coniques appariés

NF E 2-315 — SNR — Données

Symboles



Représentation
simplifiée | complète



Remarque : En montage en « O », les deux roulements sont montés avec deux bagues entretoises.

Coefficients de calcul

Charge dynamique équivalente

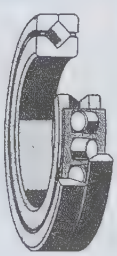
$P = Fr + Y1\ Fa$
si $Fa/Fr \leq e$
$P = 0{,}67\ Fr + Y2\ Fa$
si $Fa/Fr > e$

Charge équivalente statique

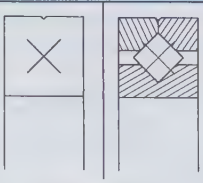
$P_o = Fr + YoFa$

11.37. Roulements à une rangée de rouleaux cylindriques croisés

NF E 22-315 — SKF — Données

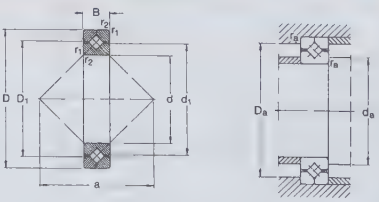


Symboles



Représentation
simplifiée | complète

Dimensions



Coefficients de calcul

Charge dynamique équivalente

$$P = Fr + 0{,}45\ Fa + \frac{4\ M}{d + D}$$

si $\dfrac{Fa}{Fr + 4\ M/(d + D)} \leq 1{,}5$

$$P = 0{,}67\ (Fr + Fa) + \frac{4\ M}{d + D}$$

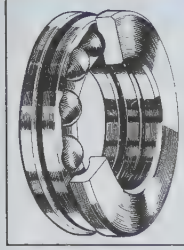
si $\dfrac{Fa}{Fr + 4\ M/(d + D)} > 1{,}5$

Charge équivalente statique

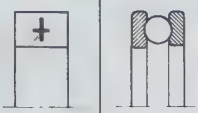
$$Po = Fr + 0{,}44\ Fa + \frac{4\ M}{d + D}$$

Remarques :
– Ces roulements peuvent supporter des charges radiales et des charges axiales agissant dans les deux sens.
– Ils permettent de réaliser des montages rigides admettant de fortes charges ; ils sont peu encombrants.
– Ils se déclinent sous des formes diverses suivant leurs utilisations.

11.38. Butées à billes à simple effet

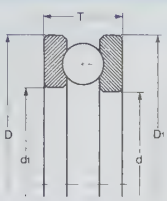


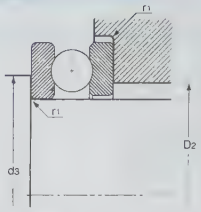
Symboles



Représentation
simplifiée | complète

Dimensions





Remarques - Utilisation

Ces butées sont conçues pour absorber uniquement des charges axiales pures. Dans le cas de guidage en rotation, il est nécessaire de prévoir l'adjonction d'un roulement radial (par exemple). Ces butées à simple effet ne supportent des charges axiales que dans un seul sens.

Pour compenser les effets de la force centrifuge, il est nécessaire d'exercer en permanence sur les billes une charge axiale minimale F_{am}. Si cette charge n'est pas atteinte, il est nécessaire d'exercer une précharge au moyen de ressorts.

La rondelle-logement possède un diamètre « d1 » supérieur au diamètre « d » de la rondelle-arbre pour permettre son autocentrage (figure ci-dessus).

Tolérances

Cas du centrage sur l'arbre : j6, ou centrage sur le logement : H7.

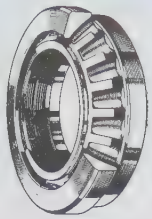
Coefficients de calcul

Charges équivalentes dynamique et statique :
P = Fa, Po = Fa
Charge axiale minimale :
$Fam = 10^{-14}\ (N.Co)^2$
avec F_{am} et Co en newtons, N en tr/min

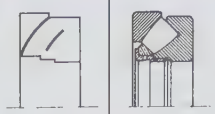
Dimensions (mm)					Charge de base (10^3 N) ISO		Vitesse limite (tr/min)		Épaulements et congés (mm)			Masse
d	d_1	D	D_1	T	dyn C	stat Co	graisse	huile	d_3 mini	D_2 maxi	r_1 maxi	(kg)
15	16	28	28	9	10,20	12,00	7 100	9 400	23	20	0,3	0,020
	17	32	32	12	15,20	16,40	6 000	7 900	25	22	0,6	0,050
17	18	30	30	9	11,00	14,40	7 100	9 400	25	22	0,3	0,030
	19	35	35	12	15,60	18,80	5 600	7 500	28	24	0,6	0,050
20	21	35	35	10	14,50	19,70	6 300	8 400	29	26	0,3	0,040
	22	40	40	14	21,60	26,00	5 000	6 700	32	28	0,6	0,080
25	26	42	42	11	17,60	27,50	5 300	7 100	35	32	0,6	0,060
	27	47	47	15	27,00	36,00	4 500	6 000	38	34	0,6	0,120
	27	52	52	18	34,50	42,00	3 800	5 000	41	36	1,0	0,180
	27	60	60	24	54,00	56,00	2 600	3 400	46	39	1,0	0,340
30	32	47	47	11	18,20	31,50	5 000	6 700	40	37	0,6	0,070
	32	52	52	16	28,50	43,50	4 000	5 300	43	39	0,6	0,140
	32	60	60	21	41,50	56,00	3 300	4 500	48	42	1,0	0,270
	32	70	70	28	70,00	80,00	2 200	3 000	54	46	1,0	0,530
35	37	52	52	12	19,50	38,00	4 700	6 300	45	42	0,6	0,080
	37	62	62	18	38,00	58,00	3 500	4 700	51	46	1,0	0,220
	37	68	68	24	54,00	74,00	2 800	3 800	55	48	1,0	0,390
	37	80	80	32	84,00	101,00	2 000	2 800	62	53	1,0	0,790
40	42	60	60	13	26,00	51,00	4 200	5 600	52	48	0,6	0,120
	42	68	68	19	42,50	70,00	3 200	4 200	57	51	1,0	0,270
	42	78	78	26	67,00	95,00	2 700	3 500	63	55	1,0	0,550
	42	90	90	36	109,00	132,00	1 700	2 200	70	60	1,0	1,140
45	47	65	65	14	27,00	57,00	4 000	5 300	57	53	0,6	0,150
	47	73	73	20	45,00	82,00	3 000	4 000	62	56	1,0	0,320
	47	85	85	28	78,00	117,00	2 400	3 200	69	61	1,0	0,690
	47	100	100	39	126,00	158,00	1 600	2 000	78	67	1,0	1,470
50	52	70	70	14	28,00	64,00	3 800	5 000	62	58	0,6	0,160
	52	78	78	22	46,00	88,00	2 800	3 800	67	61	1,0	0,390
	52	95	95	31	94,00	145,00	2 200	2 800	77	68	1,0	1,000
	52	110	110	43	153,00	205,00	1 400	1 800	86	74	1,5	1,990
55	57	78	78	16	33,50	79,00	3 300	4 500	69	64	0,6	0,240
	57	90	90	25	67,00	123,00	2 500	3 300	76	69	1,0	0,610
	57	105	105	35	116,00	174,00	2 000	2 500	85	75	1,0	1,340
	57	120	120	48	199,00	250,00	1 300	1 700	94	81	1,5	2,640
60	62	85	85	17	40,00	95,00	3 200	4 200	75	70	1,0	0,290
	62	95	95	26	71,00	141,00	2 400	3 200	81	74	1,0	0,690
	62	110	110	35	120,00	193,00	2 000	2 500	90	80	1,0	1,430
	62	130	130	51	216,00	285,00	1 200	1 600	102	88	1,5	3,300
65	67	90	90	18	40,50	100,00	3 000	3 800	80	75	1,0	0,340
	67	100	100	27	73,00	150,00	2 400	3 200	86	79	1,0	0,770
	67	115	115	36	124,00	212,00	1 900	2 400	95	85	1,0	1,570
	68	140	140	56	225,00	330,00	1 100	1 500	110	95	2,0	4,180

11.39. Butées à rotule sur rouleaux

SNR

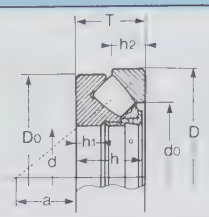


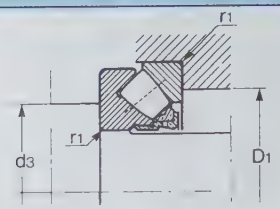
Symboles



Représentation
simplifiée | complète

Dimensions





Remarques - Utilisation

Ces butées possèdent :
– une capacité de charge axiale très grande,
– une capacité de charge radiale relativement importante (environ la moitié de la capacité axiale),
– une possibilité d'auto-alignement permanent.

Ces butées à simple effet ne supportent des charges axiales que dans un seul sens.

Pour assurer une rotation sans glissement des rouleaux, il est nécessaire d'exercer en permanence sur les butées une charge axiale minimale F_{am}. Si cette charge n'est pas atteinte, il est nécessaire d'exercer une précharge au moyen de ressorts.

La rondelle-arbre est **montée serrée sur l'arbre (m6, p6)** (figure ci-dessus). La rondelle-logement est **centrée dans le logement (H7)**, si la butée n'est pas associée à un roulement radial. Si, au contraire, elle est associée à un roulement radial (roulement à rouleaux sphériques en général), elle n'est pas centrée dans le logement.

Les points d'application des charges du roulement et de sa butée doivent coïncider.

Coefficients de calcul

Charge équivalente dynamique :
$P = Fa + 1,2\ Fr$
avec $Fr/Fa < 0,55$

Charge équivalente statique :
$Po = Fa + 2,7\ Fr$
avec $Fr/Fa < 0,55$

Charge axiale dynamique minimale :
$F_{am} = 2 \times 10^{-16}\ (N.Co)^2$
F_{am} et Co en newtons, N en tr/min

(1) Dimensions (mm)									Charge de base (10^3 N) ISO		Vitesse limite	Épaulements et congés (mm)			Masse
d	D	T	d_o	D_o	h	h_1	h_2	a	dyn. C	stat. Co	(tr/min)	d_3 mini	D_1 maxi	r_1 maxi	(kg)
60	130	42	88,0	123	39,5	15	20	38	295,00	830,00	2 400	90	109	1,5	2,650
65	140	45	96,5	133	42,5	16	21	42	350,00	990,00	2 200	100	118	2,0	3,300
70	150	48	102,0	142	45,5	17	23	44	380,00	1 090,00	2 000	105	126	2,0	4,000
75	160	51	109,0	152	48,0	18	24	47	440,00	1 280,00	2 000	115	134	2,0	4,870
80	170	54	116,0	162	51,0	19	26	50	475,00	1 390,00	1 900	120	143	2,0	5,840
85	180	58	125,0	170	55,0	21	28	54	540,00	1 600,00	1 800	130	153	2,0	6,950
90	190	60	130,0	180	57,0	22	29 32	56	600,00	1 820,00	1 700	135	161	2,0	8,080
100	210	67	144,5	200	64,0	24		62	720,00	2 210,00	1 500	150	178	2,5	11,800
110	190	48	143,0	182	45,0	16	23	64	445,00	1 460,00	1 600	145	166	2,0	5,480
	230	73	160,0	220	69,0	26	35	69	840,00	2 650,00	1 400	165	196	2,5	14,500
120	210	54	157,5	200	51,0	18	26	70	560,00	1 880,00	1 400	160	184	2,0	7,580
	250	78	172,0	236	74,0	29	37	74	960,00	3 050,00	1 300	180	212	3,0	18,100
130	225	58	170,0	215	55,0	20	28	76	630,00	2 130,00	1 300	170	198	2,0	9,300
	270	85	188,0	255	81,0	31	41	81	1 120,00	3 600,00	1 200	195	229	3,0	22,500
140	240	60	183,0	230	57,0	20	29	82	690,00	2 400,00	1 300	185	211	2,0	11,000
	280	85	197,5	268	81,0	31	41	86	1 160,00	3 800,00	1 200	205	239	3,0	24,200
150	250	60	193,0	240	57,0	20	29	87	710,00	2 500,00	1 200	195	222	2,5	11,500
	300	90	211,5	285	86,0	32	44	92	1 320,00	4 350,00	1 100	220	257	3,0	29,400
160	270	67	207,0	260	64,0	23	32	92	820,00	2 900,00	1 100	210	239	2,5	15,200
	320	95	226,0	306	91,0	34	45	99	1 510,00		1 000	230	274	5,0	37,300
170	280	67	215,0	217	64,0	23	32	96	820,00	2 900,00	1 100	220	248	2,5	16,000
	340	103	240,0	324	99,0	37	50	104	1 640,00	5 500,00	950	245	291	4,0	43,700
180	300	73	231,0	277	69,0	25	35	103	990,00		1 200	235	266	3,0	20,300
	360	109	255,0	342	105,0	39	52	110	1 870,00		900	260	307	5,0	52,000
190	320	78	246,0	308,0	74,0	27	28	110	1 080,00		940	250	281	3,0	24,800
	380	115	270,0	360,0	110,0	41	55	117	2 030,00		850	275	325	5,0	63,100
200	340	85	261,0	325,0	81,0	29	41	116	1 250,00		890	265	298	3,0	32,000
	400	122	284,0	380,0	117,0	43	59	122	2 280,00		800	290	343	5,0	69,000
220	360	85	280,0	345,0	81,0	29	41	125	1 290,00		840	285	316	3,0	32,800
	420	122	305,0	400,0	117,0	43	58	132	2 350,00		750	310	364	6,0	74,000

(1) Pour la liste complète des butées consulter le CD-Rom associé à l'ouvrage.

Butées à aiguilles ou à rouleaux avec contreplaque incorporée

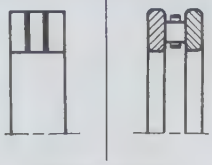


AXZ



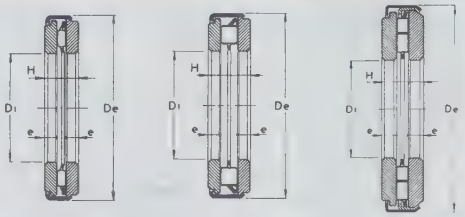
ARZ

Symboles



Représentation
simplifiée | complète

Dimensions



Remarques - Utilisation

Ces butées possèdent :
– une capacité de charge axiale très grande sous un encombrement réduit,
– la possibilité de vitesse de rotation élevée,
– une grande rigidité.
Ces butées à simple effet ne supportent des charges axiales que dans un seul sens.
L'incorporation de la contreplaque à la butée assure une protection du type « déflecteur » contre l'introduction de corps étrangers, tout en favorisant la retenue du lubrifiant.
– Dans le cas de fonctionnement courant, la butée n'a pas à être centrée par la plaque incorporée, le centrage est effectué par la butée, sur l'arbre ou sur le logement.
– Dans le cas de rotation à vitesse élevée, et dans le cas d'un fonctionnement avec une bonne coaxialité arbre/logement, il est nécessaire de centrer la butée sur l'arbre et sur le logement (ajustements ci-contre).

Coefficients de calcul

Charge équivalente dynamique :
P = Fa
Charge équivalente statique :
Po = Fa

Tolérances

– Centrage sur l'arbre : **h10**
– Centrage sur le logement : **H10**

Arbre (1) Ø mm	Désignations AXZ	ARZ série légère	ARZ série lourde	Di nom. mm	De maxi mm	H mm	e mm	Charges de base Dyn. Ca N	Charges de base Stat. Coa N	Vitesse limite min^{-1}	Masse approx. g
5	AXZ 5,5 5 13			5	13	5,5	2	3 000	5 700	25 000	3,64
6	AXZ 5,5 6 14			6	14	5,5	2	3 150	6 350	22 000	4,20
7	AXZ 5,5 7 15			7	15	5,5	2	3 550	7 600	22 000	4,69
8	AXZ 5,5 8 16			8	16	5,5	2	3 700	8 300	22 000	5,09
9	AXZ 5,5 5 13			9	17	5,5	2	4 050	9 500	19 000	5,34
10	AXZ 6 10 22,4			10	22,4	6	2	5 000	10 900	15 500	11,4
		ARZ 6,5 10 22,4		10	22,4	6,5	2	8 200	17 900	15 500	12
12	AXZ 6 12 26,4			12	26,4	6	2	6 900	17 700	13 000	16,7
		ARZ 7 12 26,4		12	26,4	7	2	12 700	29 500	13 000	17
15	AXZ 6 15 28,4			15	28,4	6	2	7 400	20 000	11 500	15,5
		ARZ 7 15 28,4		15	28,4	7	2	14 000	34 000	11 500	19
17	AXZ 6 17 30,4			17	30,4	6	2	7 800	22 000	10 500	17,5
		ARZ 7 17 30,4		17	30,4	7	2	15 000	39 000	10 500	22
20	AXZ 8 20 35,4			20	35,4	8	3	11 800	39 000	9 000	32,5
		ARZ 10 20 35,4		20	35,4	10	3	22 000	54 000	9 000	38
25	AXZ 8 25 43			25	43	8	3	13 300	49 000	7 500	47
		ARZ 10 25 43		25	43	10	3	25 500	70 000	7 500	57
			ARZ 11 25 53	25	53	11	4	32 500	122 000	6 500	122
30	AXZ 8 30 48			30	48	8	3	14 500	57 000	6 500	54
		ARZ 10 30 48		30	48	10	3	26 500	77 000	6 500	65
			ARZ 14 30 61	30	61	14	5	46 000	162 000	5 600	196
35	AXZ 8 35 54			35	54	8	3	18 900	84 000	5 500	66
		ARZ 11 35 54		35	54	11	3	33 800	94 000	5 500	87
			ARZ 14 35 69	35	69	14	5	51 000	194 000	4 900	246
40	AXZ 8 40 61			40	61	8	3	20 400	96 000	5 000	84
		ARZ 12 40 61		40	61	12	3	46 000	129 000	5 000	114
			ARZ 17 40 79	40	79	17	6	71 000	265 000	4 200	387
45	AXZ 8 45 66			45	66	8	3	21 800	109 000	4 500	92
		ARZ 12 45 66		45	66	12	3	49 000	143 000	4 500	126
			ARZ 22 45 86	45	86	22	8	92 000	340 000	3 800	595
50	AXZ 8 50 71			50	71	8	3	22 500	118 000	4 000	100
		ARZ 12 50 71		50	71	12	3	51 000	157 000	4 000	137
			ARZ 22 50 96	50	96	22	8	108 000	430 000	3 400	756
55			ARZ 22 55 106	55	106	22	8	125 000	530 000	3 100	917

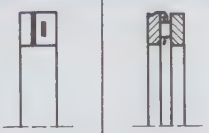
(1) Pour la liste complète des butées consulter le CD-Rom associé à l'ouvrage.

Butées à aiguilles. Séries mince et épaisse



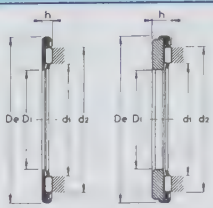
AX + CP

Symboles

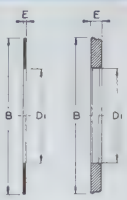


Représentation
simplifiée | complète

Dimensions



Butées



Contreplaques

Remarques - Utilisation
Ces butées possèdent :
– une capacité de charge axiale très grande sous un encombrement réduit,
– la possibilité de vitesse de rotation élevée,
– une grande rigidité.
Ces butées à simple effet ne supportent des charges axiales que dans un seul sens.
Il est possible de combiner les butées séries minces et séries épaisses avec des contreplaques séries minces et séries épaisses.
Quand la butée est centrée par la partie tournante, la contreplaque doit l'être par la partie fixe et inversement.
Voir 11.41 : **Montages types**
Sans contreplaque, le chemin de roulement doit présenter des qualités géométriques précises (en particulier **Ra ≤ 0,5 µm**) et une dureté appropriée **58 ≤ HRC ≤ 64**.

Coefficients de calcul

Charge équivalente dynamique :
P = Fa
Charge équivalente statique :
Po = Fa

Tolérances

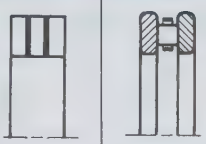
– Centrage sur l'arbre : **h10**
– Centrage sur le logement : **H10**

Butées à rouleaux. Série légère et série lourde



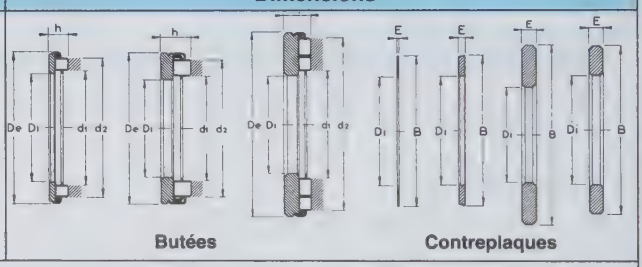
AR + CPR

Symboles



Représentation
simplifiée | complète

Dimensions



Butées | Contreplaques

Remarques - Utilisation
Ces butées possèdent :
– une capacité de charge axiale très importante,
– la possibilité de vitesse de rotation élevée,
– une grande rigidité.
Ces butées à simple effet ne supportent des charges axiales que dans un seul sens.
Il existe des séries moyennes et fortes. Il est possible d'utiliser des contreplaques séries minces et séries épaisses.
Quand la butée est centrée par la partie tournante, la contreplaque doit l'être par la partie fixe et inversement.
Voir 11.41 : **Montages types**
Sans contreplaque, le chemin de roulement doit présenter des qualités géométriques précises (en particulier **Ra ≤ 0,5 µm**) et une dureté appropriée **58 ≤ HRC ≤ 64**.

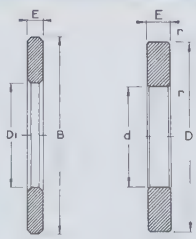
Coefficients de calculs

Charge équivalente dynamique :
P = Fa
Charge équivalente statique :
Po = Fa

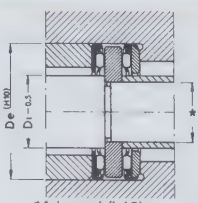
Tolérances

– Centrage sur l'arbre : **h10**
– Centrage sur le logement : **H10**

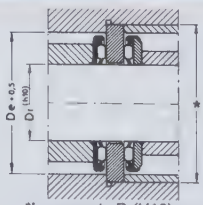
Plaques médianes



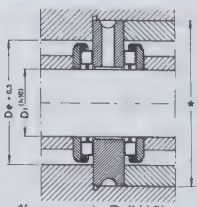
PM | **PMH**
Plaques médianes



**Arbre : d (h10)*
PM centrage intérieur



**Logement : D (H10)*
PM centrage extérieur

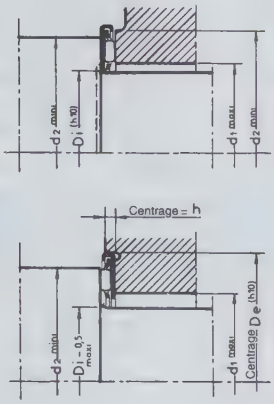


**Logement : D (H10)*
PMH centrage extérieur

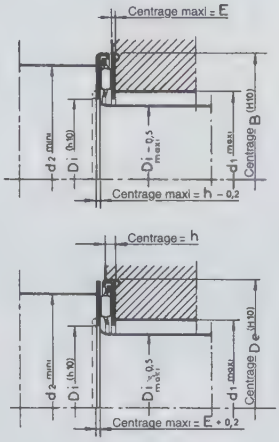
Combinaisons des plaques médianes PM et PMH avec les butées AY séries mince ou épaisse et les butées AR série légère

Butées à aiguilles à plaques minces

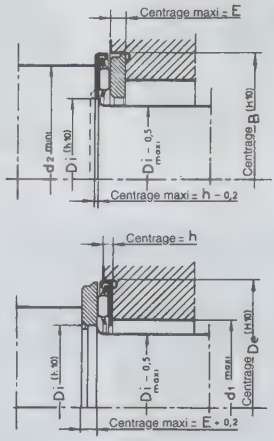
Sans contreplaque



Avec contreplaque mince

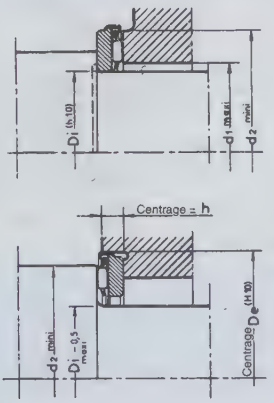


Avec contreplaque épaisse

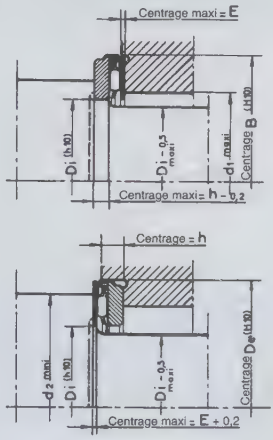


Butées à aiguilles à plaques épaisses ou butées à rouleaux série légère

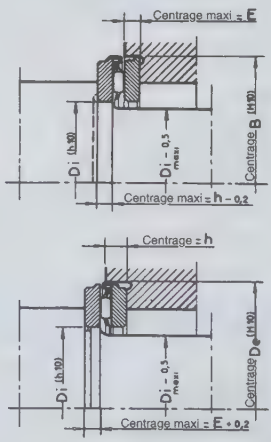
Sans contreplaque



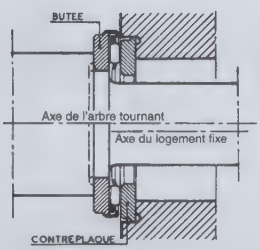
Avec contreplaque mince

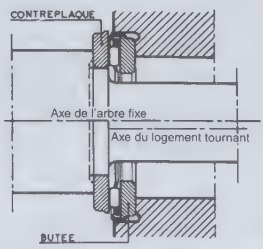


Avec contreplaque épaisse



Montages pour fonctionnement avec excentration





11.42. Douilles à aiguilles

Douilles à aiguilles jointives retenues



DL
sans fond

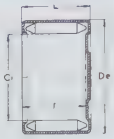


DLF
avec fond

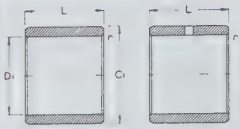
Dimensions



DL, DL...P
sans fond



DLF, DLF...P
avec fond

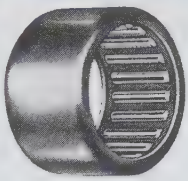


IM
sans trou

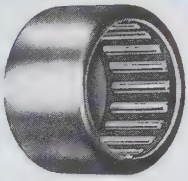
IMC*
avec trou
de graissage

IM...R6
convexe

Douilles à aiguilles à cage

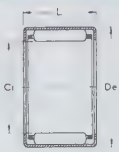


DB
sans fond

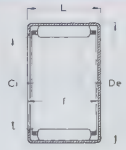


DBF
avec fond

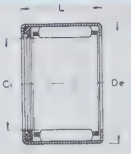
Dimensions



DB, HK
sans fond



DBF, BK
avec fond



DB...E, HK...E
avec joint

– Bagues intérieures identiques aux bagues ci-dessus

Tolérances	Arbre		Logement			
			Aiguilles jointives		Aiguilles à cage	
	Rotation	Oscillation	Acier	Non ferreux	Acier	Non ferreux
Sans bague intérieure	h5 (h6)	j5 (j6)	H6 (H7)	M6 (M7)	N6 (N7)	R6 (R7)
Avec bague intérieure	h5 (h6)	j5 (j6)	H6 (H7)	M6 (M7)	N6 (H7)	R6 (R7)

Coefficients de calcul

Charge équivalente
P = Fr
Charge limite dynamique
PL = 0,2 Co

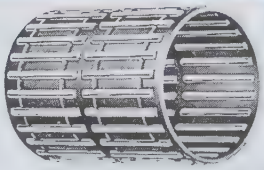
Remarques
– Roulements de très faible encombrement radial et d'un emploi particulièrement économique.
– Capacité de charge élevée.
– Peuvent fonctionner sans bague intérieure. Dans ce cas, la dureté de l'arbre doit être de 650 HV mini, si l'on veut conserver la capacité de charge maximale admissible.
– La bague intérieure évite un traitement de l'arbre.
– Exigent une grande coaxialité logement-arbre.
– Permettent l'emploi d'arbre de diamètre optimal.

Types et utilisation. – Les roulements peuvent être :
– **à aiguilles jointives retenues dans la bague extérieure**. Leur prix est faible, la capacité de charge est élevée, et ils permettent une mise en place facile ;
– **à aiguilles à cage**. Ils sont moins sensibles aux défauts d'alignement et sont préférables pour les montages à axe vertical sous charges faibles ou moyennes. Le volume de graisse important qu'ils acceptent permet un graissage à vie ;
– **à aiguilles à cage, à joint d'étanchéité incorporé**. Ils facilitent la mise en place de l'étanchéité.

Cages à aiguilles

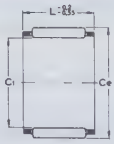


B
à une rangée d'aiguilles

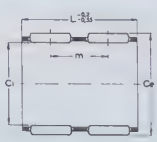


BB
à deux rangées d'aiguilles

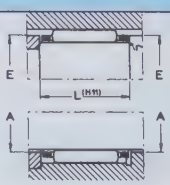
Dimensions



B



BB



Utilisations :
– Une rangée d'aiguilles, **type B**. 2 rangées d'aiguilles, **type BB**.
– Ces roulements **types B et BB** peuvent être fabriqués en deux parties (**MB et MBB**).
– Grande rigidité évitant les déformations lors des manipulations.
– Résistance mécanique élevée, insensible au vieillissement.
– Bonne résistance aux composants synthétiques contenus dans les lubrifiants.
– Faible masse minimisant les effets des accélérations et des forces centrifuges.

Qualité de l'arbre et du logement
Rugosité :
– arbre : **Ra** = 0,35 µm mini
– logement : **Ra** = 0,40 µm mini
Dureté des chemins de roulement : 58 < **HRc** < 64

Coefficient de calcul P = Fr

Tolérances des arbres et logements

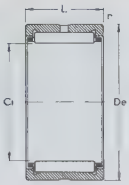
Jeu de fonctionnement	Arbre cote Ci	Logement cote Ce
Plus petit que normal	j5 h5	G6 H6
Normal	h5 g5	G6 H6
Plus grand que normal	g6 h6	G6 H6

Maintien latéral des cages
Elles doivent être maintenues soit sur l'arbre, soit sur l'alésage avec un segment d'arrêt. Il est nécessaire d'interposer une rondelle entre la cage et le segment d'arrêt.

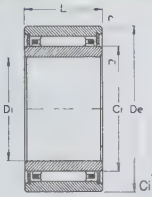
Roulements à aiguilles à cage (série normale)



Avec ou sans bague intérieure

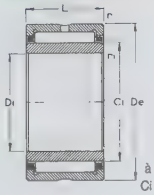


Sans bague intérieure avec trou de lubrification



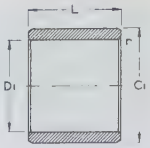
jusqu'à Ci = 12 mm inclus

Avec bague intérieure



à partir de Ci = 14 mm

Avec trou de lubrification



Bague intérieure

Coefficient de calcul

P = Fr

Remarques - Utilisations

– Ils supportent une grande charge radiale pour un faible encombrement.
– Ils peuvent être utilisés sans bague intérieure si la portée de l'arbre présente une dureté suffisante (**58 à 64 HRC**) et un état de surface convenable (**Ra** 0,35 maxi).
– Les bagues extérieures doivent être arrêtées latéralement.
– Les bagues intérieures doivent être arrêtées quand l'arbre est à la tolérance **h5**.
– Pour une tolérance de l'arbre **k5**, le serrage est suffisant.

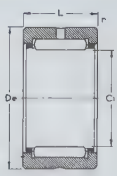
Tolérances des arbres et logements

Cas de fonctionnement	Direction de la charge	Tolérances de l'arbre			Tolérances du logement
		sans BI	avec BI cote Di		
		cote Ci	≤ 85	85 à 130	cote De
Arbre tournant et logement fixe	– Fixe	h5	k5	m5	J6
	– Tournante à même vitesse que l'arbre	g5	h5	h5	M6
	– Indéterminée	g5	k5	m5	M6
Arbre fixe et logement tournant	– Fixe	g5	h5	h5	M6
	– Tournante à même vitesse que le logement	h5	k5	m5	J6
	– Indéterminée	g5	k5	m5	M6
Arbre et logement tournants	– Quelconque	g5	k5	m5	M6
Mouvements oscillants	– Quelconque	h5	k5	k5	M6

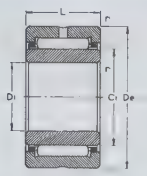
Roulements à aiguilles à cage (haute précision)



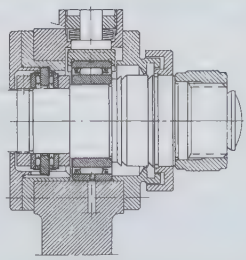
Série Delta



RNA
sans bague intérieure, avec trou de lubrification sur la bague extérieure

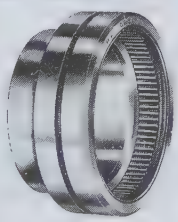


NA
avec bague intérieure, avec trou de lubrification sur la bague extérieure



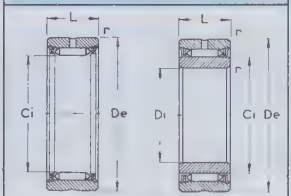
Exemple de montage avec système élastique à précontrainte tarée pour les broches de machines-outils (sabot avec vis de réglage qui agit par l'intermédiaire de rondelles coniques élastiques).

11.44. Roulements à aiguilles jointives



Série RNA

Dimensions



sans bague avec bague

Remarques : Ces roulements offrent des capacités de charges dynamiques et statiques élevées et peuvent supporter des charges dynamiques et statiques élevées.
– Ils peuvent supporter de fortes surcharges, des chocs et des vibrations.
– Ils sont adaptés aux fonctionnements sous mouvements oscillants mais sont limités en vitesse.

Tolérances des arbres et des logements

Cas de fonctionnement	Direction de la charge	Pour roulements sans bague intérieure Cote Ci	Arbre Pour roulements avec bague intérieure Cote Di				Logement Cote De
			≤ 80	de 85 à 130	de 140 à 220	≥ 230	
Arbre tournant et logement fixe	Fixe	h5	k5	m5	n6	p6	J6 (J7)
	Tournant avec l'arbre	g5	h5	h5	h6	h6	M6 (M7)
	Indéterminée	g5	k5	m5	n6	p6	M6 (M7)
Arbre fixe et logement tournant	Fixe	g5	h5	h5	h6	h6	M6 (M7)
	Tournant avec l'arbre	h5	k5	m5	n6	p6	J6 (J7)
	Indéterminée	g5	k5	m5	n6	p6	M6 (M7)
Arbre et logement tournants	Quelconque	g5	k5	m5	n6	p6	M6 (M7)
Mouvement oscillant	Quelconque	h5	k5	k5	m6	m6	M6 (M7)

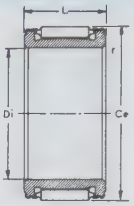
11.45. Roulements inversés à aiguilles jointives

NADELLA



NAW

Dimensions



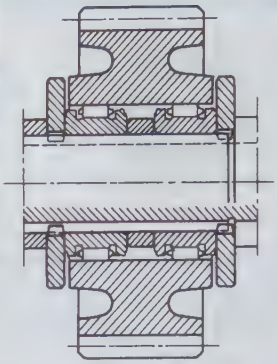
Caractéristiques

Coefficient de calcul

$P = Fr$

Tolérances	
Tolérances de l'arbre	k5
Tolérances du logement	F6

Exemple de montage



Remarques :
– Utilisés lorsque l'alésage peut être utilisé comme bague extérieure.
– Permet d'augmenter le diamètre de l'arbre et sa longueur.
– Ils se montent par paires. Le chemin de roulement est réalisé convexe sur sa bague intérieure afin d'assurer une meilleure répartition de la charge.

Utilisation :
Par exemple, montage des pignons de boîtes de vitesses.

11.46. Bagues d'étanchéité

NADELLA

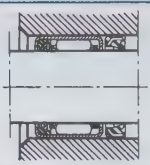


Bague
ET

Dimensions



Orientation de la lèvre de la bague



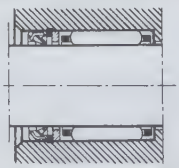
Lubrification à la graisse



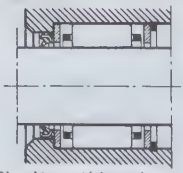
Lubrifications à l'huile

Remarques :
– Permettent de réaliser, dans un encombrement réduit, des paliers à roulements étanches à faible prix.
– La portée d'arbre sous les aiguilles permet d'atteindre des vitesses de 10 à 12 m/s.
– Température d'utilisation des bagues standard comprise entre – 20 °C et + 120 °C.
– Montage à la graisse avec chanfrein pour emmanchement.

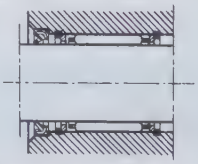
Cas type de montage



Diamètre extérieur identique à celui de la bague



Diamètre extérieur plus grand que celui de la bague



Diamètre extérieur plus petit que celui de la bague

11.47. Bagues intérieures longues percées ou non

NADELLA



Dimensions



Bagues pour roulements RNA

Roulements combinés à douille (emboutis)

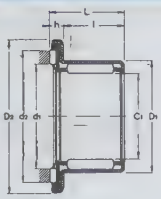


RAX 700
sans fond

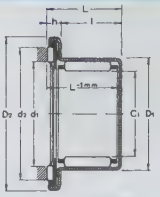


RAXF 700
avec fond

Dimensions



sans fond



avec fond

Charge limite dynamique
– axiale : **PLa** = 0,25 Coa – radiale : **PL** = 0,2 Cor

Remarques - Utilisations

– Destinés à supporter simultanément une charge radiale et une charge axiale dans un sens.
– Montages économiques et peu encombrants.
– Les calculs des roulements se font séparément suivant la charge radiale et la charge axiale.
– Peuvent être utilisés sans bague intérieure et sans contreplaque si les qualités de l'arbre récepteur sont appropriées (dureté de **58 à 64 HRC**).

Tolérances des arbres et logements

Roulements	Arbre				Logement	
	sans bague intérieure		avec bague intérieure		acier ou fontes	métaux non ferreux
	rotation	oscillation	rotation	oscillation		
À douilles	h5 (h6)	j5 (j6)	k5 (k6)	m5 (m6)	H6 (H7)	M6 (M7)
À cage	h5	j5	k5	m5	K6	M6
À cage avec contreplaque	k5	k5	k5	m5	K6	M6

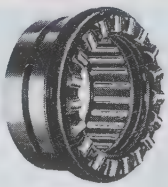
Coefficients de calcul

Indépendamment : dans le sens radial **P = Fr** et dans le sens axial **P = Fa**.

Roulements combinés à cage (massif)

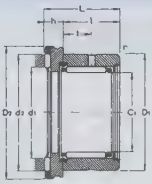


RAX 400
à aiguilles

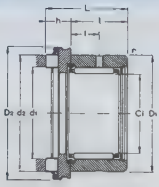


RAX 500
à rouleaux

Dimensions

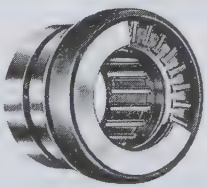


à aiguilles

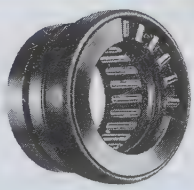


à rouleaux

Roulements combinés à cage (massif) avec contreplaque de retenue

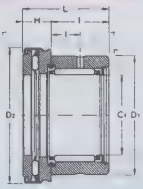


RAX PZ 400
à aiguilles

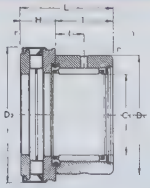


RAX PZ 500
à rouleaux

Dimensions



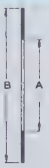
à aiguilles



à rouleaux

Contreplaques de retenue et bagues intérieures

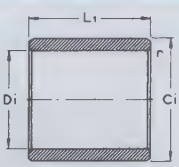
Dimensions



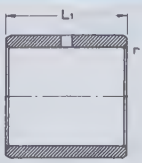
CP
mince



CP
épaisse

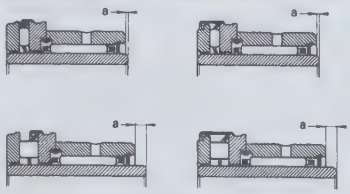


IM, IM...P
sans trou



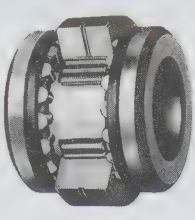
IMC, IMC... P 1)
avec trou de graissage

Combinaisons

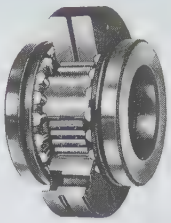


11.49. Roulements combinés de précision à précontrainte axiale réglable

NADELLA

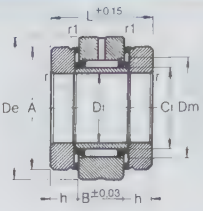


Série AXNA

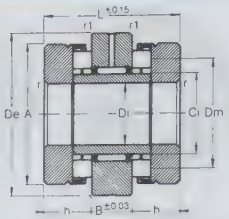


Série AXNAT

Dimensions



AXNA



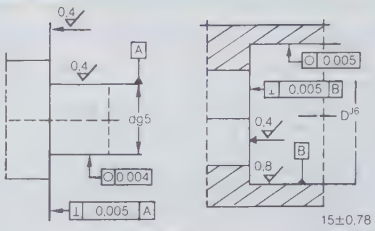
AXNAT

Remarques :
– Ces roulements combinés comportent un roulement à aiguilles à cage et deux butées à aiguilles ou à rouleaux.
– D'un encombrement réduit, ils sont particulièrement recommandés pour l'équipement d'arbres exigeant un positionnement axial très précis en fonctionnement sous charge.

Utilisations :
Vis-mères, vis à billes de machines-outils à commande numérique, arbres d'entraînement sur appareils de contrôle.

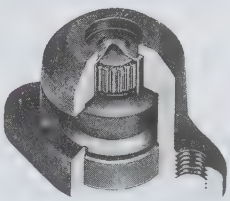
Nota :
D'autres séries existent dans ce type de roulements (avec trous de graissage, étanches...).

Spécifications géométriques de montage



11.50. Autres dispositifs Nadella

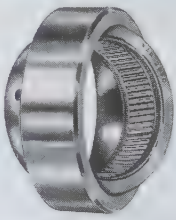
NADELLA



Paliers de translation pour équipement de dispositif linéaire. Ils sont graissés à vie, ils peuvent supporter des charges élevées. Utilisés pour le déplacement de portes, panneaux, châssis ou autres éléments devant coulisser sur rails.



Roulements utilisés, notamment, dans l'aéronautique. Ils sont en matériaux spéciaux tels que aciers spéciaux, revêtements de cuivre, de chrome, d'argent, voire d'or.

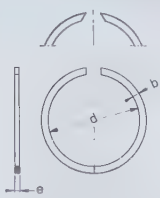


Roulements à rotule à aiguilles jointives destinés à l'équipement de paliers désalignés. Ces roulements peuvent être soumis à des oscillations permanentes.

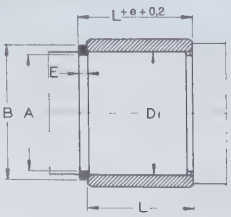
11.51. Segments d'arrêt

NADELLA

Segments d'arrêt sur l'arbre

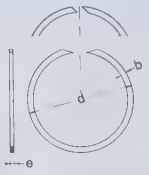


Forme des becs suivant dimensions

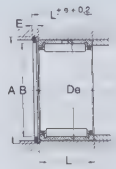


A : diamètre de gorge

Segments d'arrêt dans le logement

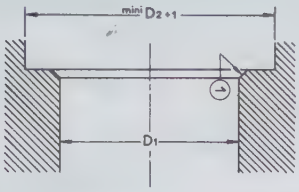


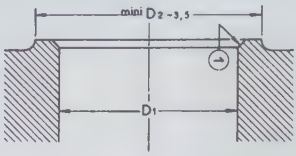
Forme des becs suivant dimensions



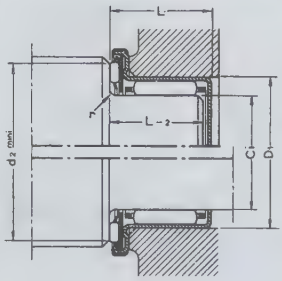
A : diamètre de gorge

Faces d'appui des logements

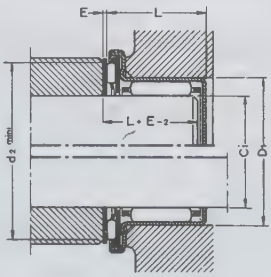




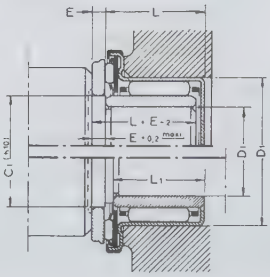
Exemples de montage de roulements combinés à douilles



Sans contreplaque, sans bague intérieure

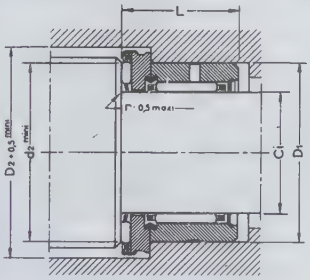


Avec contreplaque, sans bague intérieure

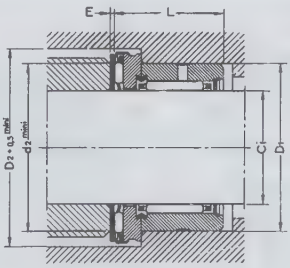


Avec contreplaque, avec bague intérieure

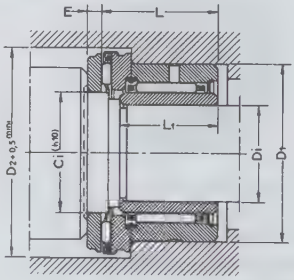
Exemples de montage de roulements combinés à cages



Sans contreplaque, sans bague intérieure

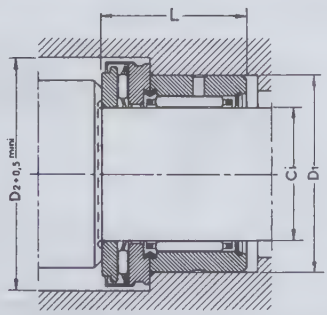


Avec contreplaque, sans bague intérieure

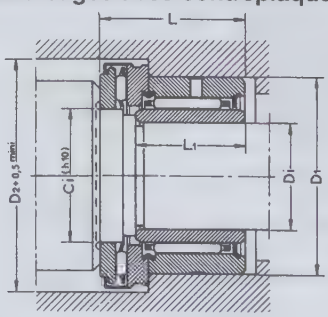


Avec contreplaque, avec bague intérieure

Exemples de montages de roulements combinés à cages avec contreplaque



Avec contreplaque incorporée, sans bague intérieure

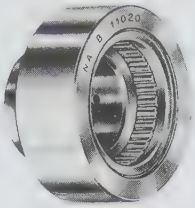


Avec contreplaque incorporée, avec bague intérieure

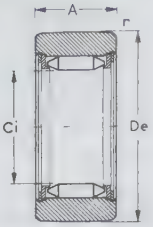
11.53. Galets de cames

Galets de cames à aiguilles sans bague intérieure

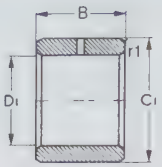
Dimensions



RNA...BA
sans bague intérieure



RNA...BG
sans étanchéité

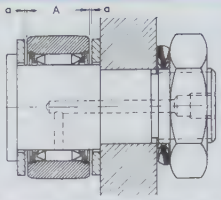


BIC
Bague intérieure
avec trou de graissage

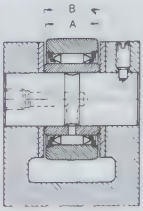
Remarques
– Galets prévus pour rouler directement sur des pistes diverses (cames, rampes, glissières).
– Supportent de fortes charges et des chocs importants.

Caractéristiques communes
– Bague extérieure en acier haute résistance (58 à 61,5 HRC).
– Bague extérieure sans trou ni gorge de graissage afin d'éviter l'introduction d'impuretés.
– Bague extérieure légèrement convexe tolérant un défaut de parallélisme entre galet et piste.
– Trous de graissage dans l'axe débouchant sous les aiguilles.
– La bague extérieure peut être cylindrique pour des utilisations particulières.

Exemples de montage



Jeu latéral total : 2a = 0,2 mm env.



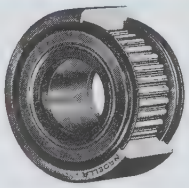
Tolérances de l'arbre	
Galets avec bague intérieure	k5
Galets sans bague intérieure	h5

Coefficient de calcul

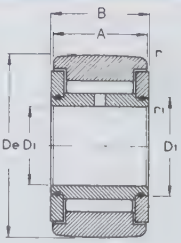
$P = Fr$

Galets de cames à aiguilles avec bagues intérieure et extérieure inséparables

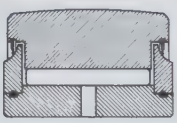
Dimensions



FG sans étanchéité
FG...E avec étanchéité plastique
FG...EEM avec étanchéité métallique

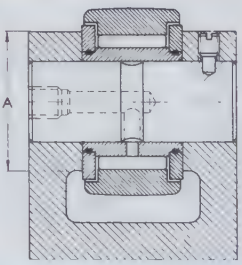


FG



FG...EE, FG...EEM

Exemple de montage

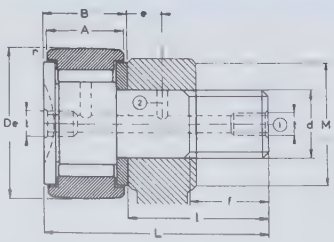


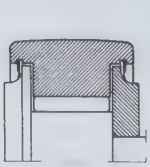
Galets de cames à aiguilles sur axe

Dimensions



GC : bague extérieure et sans étanchéité
GCL : à bague extérieure cylindrique
GC...EE avec étanchéité plastique
GC...EEM avec étanchéité métallique





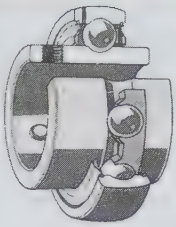
GC GC...EE, GC...EEM



a b

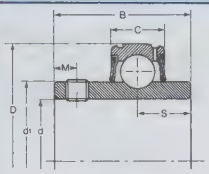
a : Vis de montage pour diamètres extérieurs jusqu'à 28 mm.
b : Vis de montage pour diamètres extérieurs de 30 à 52 mm.

Roulements auto-aligneurs

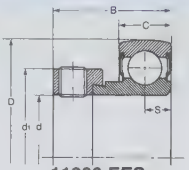


Série 1000..G

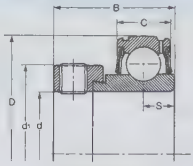
Dimensions



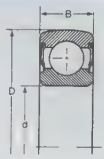
1000..G
1. Prégraissé avec trou de lubrification
- fixation avec 2 vis



11200 EES
2. Prégraissé, joint type E
- fixation avec excentrique



1200..ECG
3. Prégraissé avec trou de lubrification
- fixation avec excentrique

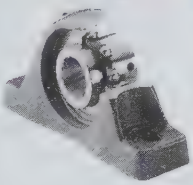


6200 SEE
4. Prégraissé, joint type E
- fixation par ajustement

Utilisations et calcul : voir paliers auto-aligneurs à semelle ci-dessous. Un palier se compose de deux flasques et d'un roulement.

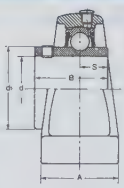
Remarques :
– Ces roulements se différencient essentiellement par la méthode de fixation sur l'arbre
– Les roulements avec bague de blocage excentrique doivent être utilisés pour les applications où le sens de rotation reste constant.
– La bague extérieure, en version standard, possède toujours deux trous de lubrification.
– Les roulements ayant deux vis de blocage dans la bague intérieure sont adaptés au montage où le sens de rotation de l'arbre peut varier.
– Les roulements avec manchon de serrage peuvent être utilisés dans les applications où le sens de rotation de l'arbre est variable, où les vitesses sont relativement élevées et où les exigences de régularité de fonctionnement ne pourraient être satisfaites avec les autres séries.

Paliers auto-aligneurs à semelle

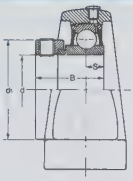


Séries SL.. NP..

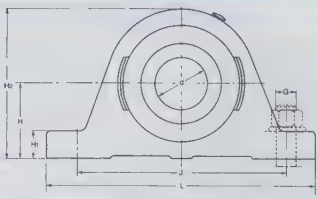
Dimensions



SL.. NP..



SL..EC NP..EC



Remarques :
– Ces paliers sont constitués d'un support en fonte ou en tôle d'acier équipé ou non d'un graisseur.
– Ils possèdent un roulement à une rangée de billes à contact radial, étanche et prélubrifié.
– Ils permettent l'utilisation d'arbre en acier étiré et permettent de compenser un défaut d'alignement au montage d'environ 5°.
– Ils sont utilisés en mécanique agricole, machines textiles, industrie du bâtiment...
– Pour les charges dynamiques, les coefficients **X** et **Y** sont identiques à ceux des roulements rigides à une rangée de billes.

Calcul :
Pour le calcul des charges axiales admissibles, deux cas peuvent se présenter :
– sans épaulement sur l'arbre, l'arrêt est assuré par les vis ou l'excentrique ; dans ce cas, la charge axiale maxi (admissible sans épaulement) ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau ci-après.
– avec épaulement : la valeur maxi de la charge admissible est fonction de la direction de la charge et de la charge de base statique Co du roulement (figure ci-dessus).
Pour les charges dynamiques, les coefficients **X** et **Y** sont identiques à ceux des roulements rigides à une rangée de billes de mêmes dimensions.

Paliers auto-aligneurs à applique à deux trous ou à quatre trous



Série SFT..
applique à 2 trous

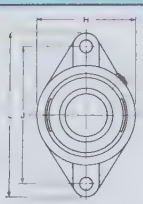
Dimensions



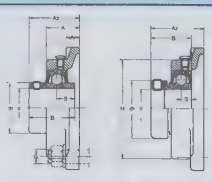
SFT..



SFT..EC

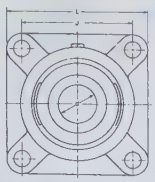


appliques à deux trous



SF..

SF.. EC

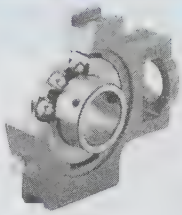


appliques à quatre trous

Remarque : Ces paliers possèdent les caractéristiques des paliers à semelle ci-dessus ; ils se distinguent par leur mode de fixation : appliques à deux trous et appliques à quatre trous.

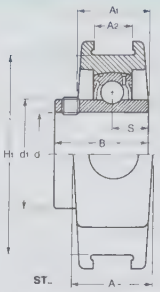
Utilisations et calcul : voir paliers auto-aligneurs à semelle.

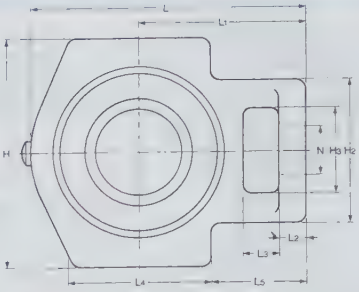
Paliers auto-aligneurs tendeurs



Palier tendeur avec roulement auto-aligneur à vis Série ST..

Dimensions

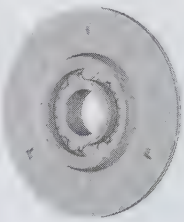




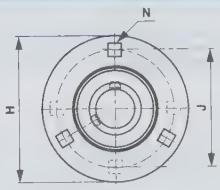
Remarque : Ces paliers possèdent les caractéristiques des paliers à semelle.

Utilisations et calculs : voir paliers auto-aligneurs à semelle.

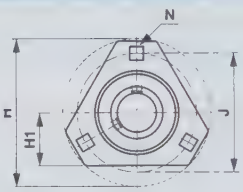
Paliers auto-aligneurs à flasques



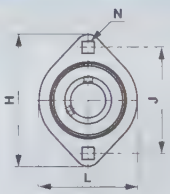
Dimensions



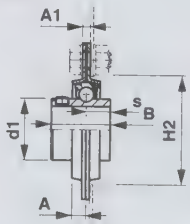
MSA



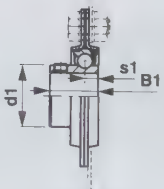
MDA



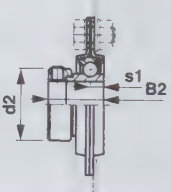
MLA



1000 G



1200 G



1200 ECG

Remarque : Ces paliers possèdent les caractéristiques des paliers à semelle.

Utilisations et calculs : voir paliers auto-aligneurs à semelle.

Paliers en deux parties



Série SNS

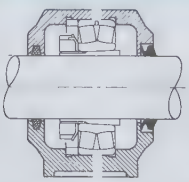
Utilisations

Le palier est constitué d'un corps et d'un chapeau en fonte, ce qui permet de dégager la ligne d'arbre sans la démonter. Il évite au constructeur l'usinage d'un logement et d'un arbre. Le joint d'étanchéité en feutre tolère un défaut d'alignement de 1/2 degré, le joint à lèvre frontale tolère un défaut jusqu'à un degré.

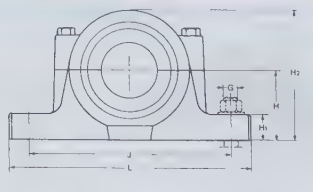
Charges admissibles

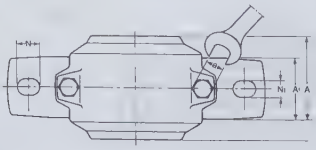
Pour le calcul des charges admissibles, il faut tenir compte, soit de la résistance du corps en fonte, soit de celle des vis du chapeau selon la direction de la charge appliquée.

Dimensions



SNS.. SNS..TA

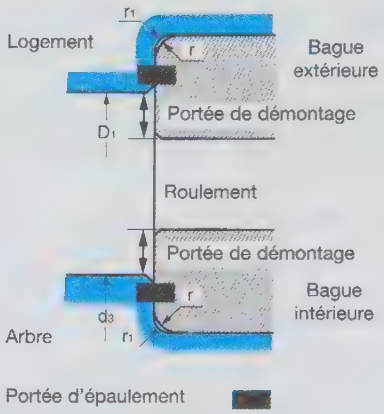




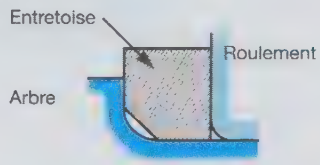
Diamètres d'épaulement et congés de raccordement

Une surface de contact entre bague et épaulement est nécessaire pour assurer une bonne fixation du roulement.

La liste des roulements standard fixe :
– les diamètres d'épaulement d'arbre et de logement (D_1 et d_3),
– les congés de raccordement des épaulements (r_1).

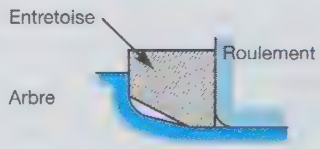


Si, pour des raisons de construction, les dimensions de portée sur l'épaulement ne peuvent pas être respectées, prévoir une entretoise intermédiaire entre la bague du roulement et cet épaulement.

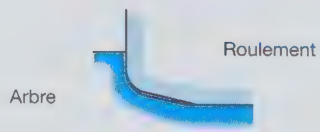


Les congés de raccordement des épaulements avec la portée des bagues doivent être inférieurs à l'arrondi de la bague correspondante. Leurs valeurs sont indiquées dans la liste des roulements standard.

– Congé supérieur à l'arrondi du roulement
Lorsqu'un arbre est soumis à des fortes contraintes de flexion, il est nécessaire de donner à l'épaulement un congé supérieur à celui du roulement. Dans ce cas, on place une entretoise chanfreinée entre l'épaulement de l'arbre et la bague du roulement pour donner à celle-ci une surface d'appui suffisante.



– Arrondi spécial
Si le roulement doit rester proche de l'épaulement, il est possible de réaliser un arrondi spécial sur sa bague intérieure.

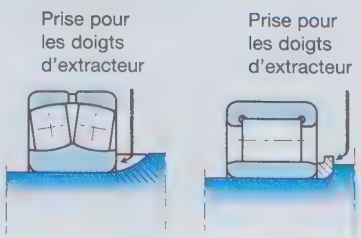


– Suppression du congé
Si le profil et la résistance de l'arbre n'ont pas d'exigences particulières, il est possible de réaliser une gorge de dégagement de meule qui facilite la rectification des portées et assure dans tous les cas le meilleur contact entre la bague et l'épaulement.



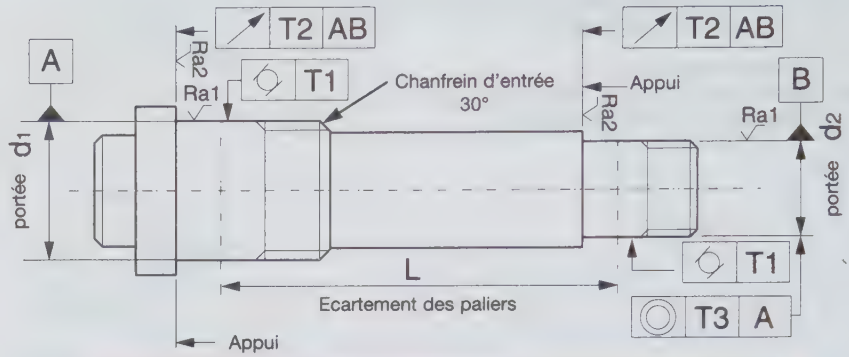
■ Portée de démontage

Le démontage du roulement s'effectue en général à l'aide d'un extracteur dont les griffes prennent appui sur la partie de la bague dépassant de l'épaulement.
Si le montage ne permet pas une portée de démontage suffisante, on peut réaliser des encoches dans l'épaulement ou placer une rondelle entre cet épaulement et la bague intérieure du roulement.



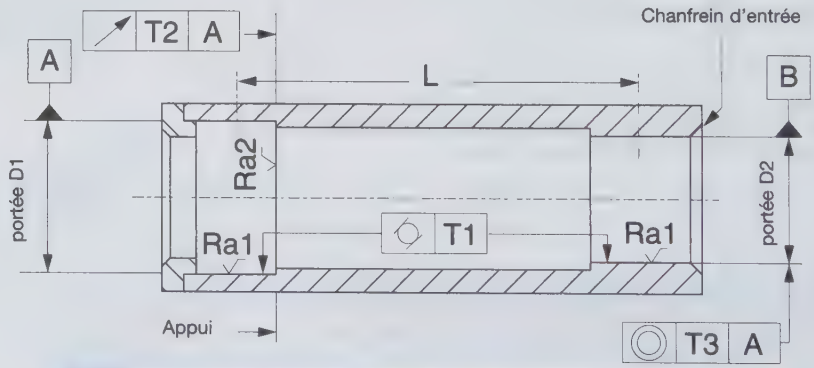
Tolérances et états de surface des portées arbres et roulements

Arbre



Diamètre intérieur nominal roulement d (mm)	Tolérances en µm				
	T1	T2	T3	Ra1	Ra2
10 < d ≤ 18	3	11	1,5 L L en mm	≤ 1	≤ 2
18 < d ≤ 30	4	13			
30 < d ≤ 50	4	16			
50 < d ≤ 80	5	19			
80 < d ≤ 120	6	22			
120 < d	8	25			

Logement



Diamètre extérieur nominal roulement D (mm)	Tolérances en µm				
	T1	T2	T3	Ra1	Ra2
			2 L L en mm	≤ 2	≤ 4
18 < D ≤ 30	6	21			
30 < D ≤ 50	7	25			
50 < D ≤ 80	8	30			
80 < D ≤ 120	10	35			
120 < D	12	40			

11.56. Désignation normalisée des roulements

Les roulements étant interchangeables, il est normal, bien qu'aucune norme internationale ne l'impose, qu'ils présentent la même désignation pour le même type dans les mêmes dimensions. La **désignation**, ou **symbole**, des roulements la plus universellement employée comprend plusieurs caractères, de 3 à 7 caractères.
Le premier caractère est le **code du type**, les deux derniers caractères représentent le **code de l'alésage**, c'est-à-dire la dimension de base du roulement à partir de laquelle se fait généralement le choix de ses autres dimensions.

1. Code du type

• Roulements à billes (symboles à 4 caractères)

Code du type	Désignation
1...	Roulements à rotule sur billes, largeur normale
2...	Roulements à rotule sur billes, grande largeur
3...	Roulements à billes à contact oblique à 2 rangées de billes
4...	Roulements à billes à contact radial à 2 rangées de billes
6...	Roulements à billes à contact radial à 1 rangée de billes
7...	Roulements à billes à contact oblique à 1 rangée de billes

• Roulements à rouleaux butées (symboles à 5 caractères)

Code du type	Désignation
2....	Roulements et butées à rouleaux sphériques
3....	Roulements à rouleaux coniques
5....	Butées à billes
N....	Roulements à rouleaux cylindriques

Cas particulier des roulements à rouleaux cylindriques
Le code du type est constitué par 1, 2 ou 3 lettres selon le dessin interne du roulement, la première étant toujours **N**. Les codes les plus courants sont **N**, **NU**, **NJ** et **NUP**.

2. Codes de l'alésage
L'échelle des alésages normalisés se développe de 5 en 5 mm, pour des mesures d'alésage comprises entre 20 et 100 mm. Au-delà de 110 mm, l'échelle se développe de 10 en 10 mm. Le symbole formé des deux derniers chiffres constituant son code représente le cinquième de l'alésage ; cela reste valable jusqu'à l'alésage de 480 mm ; au-delà de cette valeur, l'alésage est exprimé en clair (en millimètres).
Pour les alésages compris entre 10 mm et 17 mm, la codification est la suivante :

10 mm : **code 00**	15 mm : **code 02**
12 mm : **code 01**	17 mm : **code 03**

Il existe trois alésages dits « intermédiaires » : 22, 28 et 32 mm. Le symbole du roulement inclut alors l'alésage en clair précédé des autres caractères du symbole usuel.
Exemple :
620/28** roulement à billes situé entre le **6205** et le **6206
***320/32** roulement à rouleaux coniques situé entre le **32006** et le **32007**.*
Pour des alésages au-dessous de 10 mm, les roulements étant généralement du type classique à une rangée de billes, il est convenu de donner l'alésage en clair. Dans ce cas, le symbole du roulement va se réduire à trois chiffres.

3. Codes d'encombrement
Pour un même alésage, on peut être amené à utiliser des roulements d'encombrements différents, qu'ils soient de types différents selon l'application ou de tailles différentes selon l'importance de la charge.

Cet encombrement ou section (largeur et diamètre extérieur) est défini par un code : ce sont le ou les **caractères intermédiaires** entre le code type et le code de l'alésage.

Exemples :
symbole **608** : **6..** Roulement à billes à contact radial à une rangée de billes
.0. code d'encombrement
..8 alésage 8 mm

symbole **6205** : **6...** roulement à billes à contact radial à une rangée de billes
.2.. code d'encombrement
..05 code de l'alésage 5 × 5 = 25 mm

symbole **21306** : **2....** roulement à rouleaux sphériques
.13.. code d'encombrement
...06 code de l'alésage 5 × 6 = 30 mm

symbole **NU205** : **NU...** roulement à rouleaux cylindriques de type NU
..2.. code d'encombrement
...05 code de l'alésage 5 × 5 = 25 mm

symbole **30205** : **3....** roulement à rouleaux coniques
.02.. code d'encombrement
...05 code de l'alésage 5 × 5 = 25 mm

Remarques

1) Dans le cas des roulements à rouleaux coniques, une nouvelle symbolisation a été fixée (norme ISO 355) ; elle n'est actuellement utilisée que pour les nouvelles séries. Dans le symbole, le code du type est **T**, puis vient le code de la série d'angle de contact (un chiffre) et le code d'encombrement (deux lettres). L'alésage est donné en clair.
Par exemple, symbole **T7FC060** :
T..... roulement à rouleaux coniques
.7..... code de série d'angle
..FC... code d'encombrement
....060 alésage 60 mm

2) Dans le **type 6...** des roulements à billes, d'autres sous-types sont désignés différemment :
– roulements étroits : symboles à 5 caractères, **160..**, **618..**, **619..**
– roulements larges : symboles à 5 caractères, **622..**
– petits roulements (alésage < 10 mm) : symbole à 3 caractères, **6..**

3) Dans le **type 7** des roulements à billes à contact oblique, le code d'encombrement peut être constitué d'un ou parfois de deux chiffres (symbole à 4, parfois 5 caractères).
Toute la symbolisation décrite ci-avant concerne uniquement les roulements normalisés de base. De très nombreuses variantes sont venues s'y greffer ; la méthode pour les identifier consiste à ajouter au symbole de base des préfixes et des suffixes. Ces symboles additionnels ne sont pas tous normalisés ; ils sont laissés à l'initiative de chaque fabricant, ce qui les conduit à mentionner leur signification dans leurs catalogues ainsi qu'à donner des listes d'équivalences avec les définitions concurrentes.
Les roulements spécifiques ont, par contre, une référence qui est particulière au fabricant. Ils n'ont donc pas de symbole de base.

Symbolisation générale

L'ISO a établi des standards sous la forme d'un plan général de dimensions correspondant aux normes ISO 15, ISO 355 et ISO 104. Ces standards permettent d'utiliser de façon universelle les différents types de roulements.
– La symbolisation générale, issue des normes ISO 15 et ISO 104, s'applique à tous les types de roulements normalisés.
– Les roulements à rouleaux coniques font l'objet d'une symbolisation spécifique issue de la norme ISO 355.
Les roulements spécifiques utilisent une symbolisation particulière.

Symbole complet

Le symbole de chaque roulement est formé des éléments suivants :

	60	10	ZZ
Préfixe (optionnel)	**Code de série**	**Code d'alésage**	**Suffixe** (optionnel)

Exemples :

62 04 ZZ
pas de préfixe — suffixe **ZZ** pour une protection bilatérale
Code série **62** — Code d'alésage **04** × 5 = 20 mm d'alésage



NU 314
série **NU3** : roulements à rouleaux cylindriques — **14** × 5 = 70 mm d'alésage

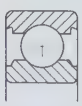


302 08
série **302** roulements à rouleaux coniques — **08** × 5 = 40 mm d'alésage

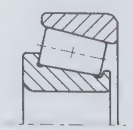


Exemples de désignations de base

60

Code de série	Type de roulement
Roulement à billes à contact radial	
60 62 63 64 160 618 619 622 623	 À 1 rangée de billes
2 3	 Avec encoche
42 43	 À 2 rangées de billes
Roulement à billes à contact oblique	
72 73 718	 À 1 rangée de billes

60

Code de série	Type de roulement
Roulement à billes à contact radial	
QJ2 QJ3	 À 4 points de contact
32 33	 À 2 rangées de billes
52 53	 À 2 rangées de billes ZZ ou EE
Roulement à rouleaux coniques	
302 303 313 320 322 323 330 331 332	Roulement à rouleaux coniques 

60

Code de série	Type de roulement
Roulement à rotule sur rouleaux	
213 222 223 230 231 232 240 241	
Roulement à rouleaux cylindriques	
N..2 N..3 N..4 N..10 N..22 N..23	 NU N NJ NUP
Roulement à rotule sur billes	
12 13 22 23	
112 113	 Bague intérieure large

10

Code alésage	Diamètre alésage mm
3	3
/4	4
4	4
5	5
6	6
/6	6
7	7
/7	7
8	8
/8	8
9	9
00	10
01	12
02	15
03	17
/22	22
...	...

12. Bagues. Coussinets



Banque de
DONNÉES

12.1. Bagues. Rondelles de butée PTFE 370

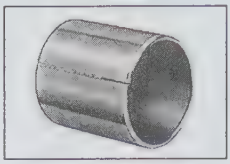
12.1.1. Caractéristiques et avantages 370
12.1.2. Caractéristiques physiques mécaniques et électriques (DU et DU-B) 371
12.1.3. Caractéristiques chimiques (DU et DU-B) 371
12.1.4. Caractéristiques de frottement 372
12.1.5. Effet de la température 372
12.1.6. Conception 372
12.1.7. Calcul des dimensions de la bague 375
12.1.8. Calcul de la durée de vie du palier 376
12.1.9. Lubrification 377
12.1.10. Montage des bagues 379
12.1.11. Bague standard métrique 380

12.2. Coussinets autolubrifiants 381

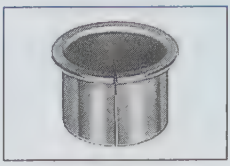
12.2.1. Caractéristiques et avantages 381
12.2.2. Coussinets cylindriques standard ISO 383
12.2.3. Coussinets à collerette standard ISO 383
12.2.4. Autres fabrications 383
12.2.5. Différentes nuances de coussinets autolubrifiants 384
12.2.6. Conditions de montage et de lubrification complémentaire 386
12.2.7. Tolérances de montage normalisées ISO 386
12.2.8. Coussinets autolubrifiants cylindriques standard ISO 387
12.2.9. Coussinets autolubrifiants à collerette standard ISO 388

12.1.1. Caractéristiques et avantages

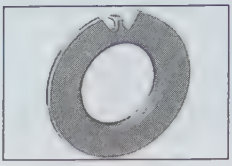
Produits standard



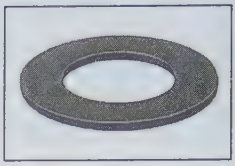
Bague cylindrique
acier (DU)



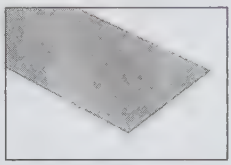
Bague à collerette
acier (DU)



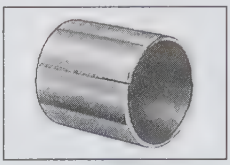
Rondelle à ergot
acier (DU)



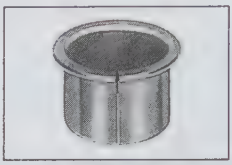
Rondelle de butée
acier (DU)



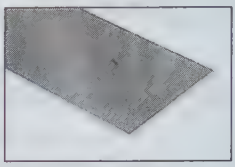
Plaque de glissement
acier (DU)



Bague cylindrique
bronze (DU-B)



Bague à collerette
bronze (DU-B)



Plaque de glissement
bronze (DU-B)

Description
- couche de surface PTFE (polytétrafluoréthylène) associé au plomb
- couche intermédiaire bronze (imprégné de PTFE/plomb)
- couche support en acier (DU) ou bronze (DU-B)

Fonctionne sans lubrification (fonctionne à sec).
Température de fonctionnement – 200 °C à + 280 °C.
Supporte des charges dynamiques et statiques élevées.
Grande résistance aux solvants, aux liquides, aux gaz industriels.
Efforts de glissement par saccades négligeables.
Glisse en douceur et en silence.
Faible encombrement, léger.
Tolère les ambiances poussiéreuses.
Convient pour les mouvements rotatifs, oscillants et rectilignes alternatifs.

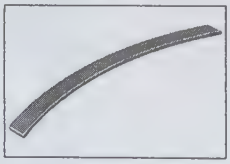
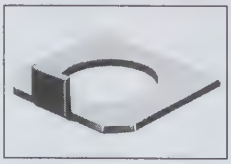
Structure
Glacier DU et Glacier DU-B utilisent les caractéristiques excellentes du matériau de glissement polytétrafluoréthylène (PTFE) et les combinent avec robustesse, stabilité et bonne résistance à l'usure, excellente conductibilité et faible dilatation thermique.
Glacier DU est constitué de trois couches liées : un support acier et une matrice en bronze poreux, imprégnée et revêtue d'un mélange PTFE/plomb de frottement.
Glacier DU-B est aussi constitué de trois couches liées, mais un support en bronze remplace le support en acier. La structure reste la même que pour le Glacier DU.
Le support en bronze augmente la résistance à la corrosion, est anti-magnétique et a une bonne conductivité thermique.

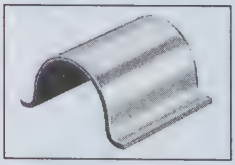
Matériaux (caractéristiques)

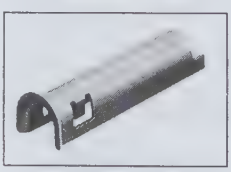
Matériau	Support	Couche de frottement	Température d'utilisation (°C)		Charge spécifique maximale P_{lim} (N/mm²)
			Minimum	Maximum	
DU	Acier	PTFE + plomb	– 200	+ 280	250
DU-B	Bronze	PTFE + plomb	– 200	+ 280	140

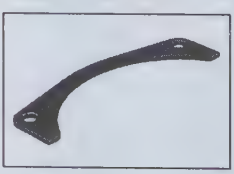
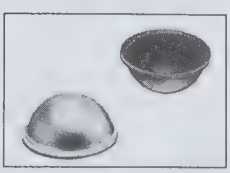
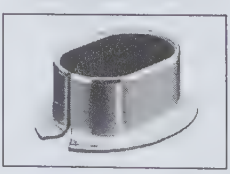
Produits non standard

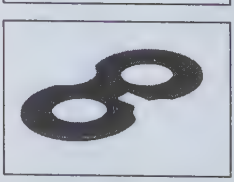
Pièces standard modifiées, demi-paliers, plaques, pièces pressées, pièces estampées.







12.1.2. Caractéristiques physiques, mécaniques et électriques (DU et DU-B)

Caractéristiques		Abréviations	Valeur		Unité	Commentaires
			DU	DU-B		
Caractéristiques physiques	Conductivité thermique	λ	40	60	W/mK	après rodage
	Coefficient de dilatation thermique linéaire					mesuré sur plaques de glissement épaisseur 1,9 mm
	– parallèle à la surface	α_1	11	18	$1/10^6$ K	
	– perpendiculaire à la surface	α_2	30	36	$1/10^6$ K	
	Température maximale	T_{max}	+ 280	+ 280	°C	
	Température minimale	T_{min}	– 200	– 200	°C	
Caractéristiques mécaniques	Résistance à la compression	σ_c	350	300	N/mm²	mesuré sur un disque : diamètre 25 mm ; 2,44 mm épaisseur
	Charge maximale					
	Statique	$\overline{p}_{sta,max}$	250	140	N/mm²	
	Dynamique	$\overline{p}_{dyn,max}$	140	140	N/mm²	
Caractéristiques électriques	Résistance à la surface	R_{OB}	1 - 10	1 - 12	Ω	dépend de la charge appliquée et la surface de contact
Résistance aux radiations nucléaires	Dose de neutrons thermiques maximale	D_{Nth}	2×10^{15}	2×10^{15}	nvt	nvt = flux neutrons thermiques
	Dose de radiation gamma maximale	$D\gamma$	10^6	10^6	Gy = J/kg	1 Gray = 1 J/kg

12.1.3. Caractéristiques chimiques (DU et DU-B)

	Produits chimiques	%	°C	DU	DU-B
Acides forts	Acide chlorhydrique	5	20	-	-
	Acide nitrique	5	20	-	-
	Acide sulfurique	5	20	-	-
Acides faibles	Acide acétique	5	20	-	o
	Acide formique	5	20	-	l
Bases	Ammoniac	10	20	o	-
	Hydroxyde de sodium	5	20	o	o
Solvants	Acétone		20	+	+
	Tétrachlorure de carbone		20	+	+
Lubrifiants et carburants	Paraffine		20	+	+
	Essence		20	+	+
	Kérosène		20	+	+
	Gasoil		20	+	+
	Huile minérale		70	o	o
	HFA-ISO46 eau		70	o	o
	HFC-eau glycol		70	-	-
	HFD-ester-phosphate		70	o	o
	Eau		20	o	+
	Eau de mer		20	-	o

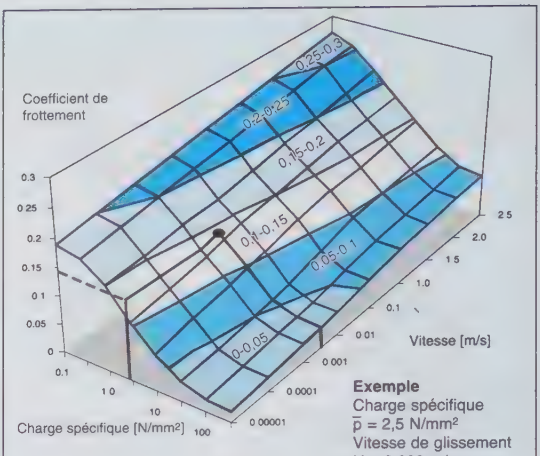
+	**Satisfaisant** Pas de détérioration par la corrosion.
o	**Acceptable** De la corrosion peut être observée, mais cela ne détériorera pas la structure ou le fonctionnement du matériau.
-	**Insuffisant** De la corrosion sera observée et cela détériorera la structure ou le fonctionnement du matériau.

Corrosion électrochimique
Glacier DU-B ne peut pas être monté dans un alésage en aluminium à cause d'un risque de corrosion électrochimique en présence d'eau ou d'humidité.

12.1.4. Caractéristiques de frottement

Le coussinet présente un effet stick-slip* négligeable et offre un glissement idéal.
Le coefficient de frottement du DU dépend de :
– la charge spécifique $\bar{p}$ [N/mm²],
– la vitesse de glissement U [m/s],
– la rugosité du matériau antagoniste R_a [µm],
– la température ambiante T [°C].
Une relation typique est montrée à la figure ci-contre. Cette figure peut être utilisée pour déterminer le coefficient de frottement en fonctionnement à sec sans saleté après rodage.
Les valeurs exactes peuvent varier de 20 %, suivant les conditions de fonctionnement. Avant le rodage, la friction peut être plus haute de 50 %.
Des départs et arrêts fréquents causent un coefficient de frottement statique égal ou même moins élevé que le coefficient de frottement dynamique.
Après une période d'inactivité longue sous pression (par exemple des heures ou des jours), le coefficient de frottement statique au premier mouvement peut être entre 1,5 et 3 fois plus élevé, surtout avant le rodage.

* Rotation saccadée.

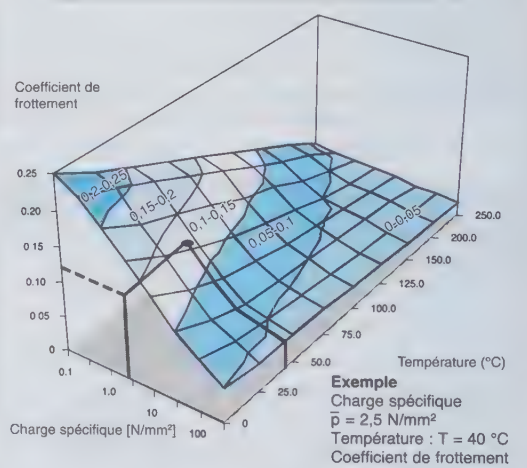


Exemple
Charge spécifique
$\bar{p}$ = 2,5 N/mm²
Vitesse de glissement
U = 0,003 m/s
Coefficient de frottement
f = 0,14

Variation du coefficient de frottement f en fonction de la charge spécifique $\bar{p}$ et de la vitesse U à la température T = 25 °C

12.1.5. Effet de la température

Le coefficient de frottement du DU varie avec la température et des valeurs typiques sont montrées à la figure ci-contre pour des températures jusqu'à 250 °C.
La friction augmente quand la température diminue au-dessous de 0 °C.
Quand les caractéristiques de friction sont critiques pour un projet, ces caractéristiques doivent être déterminées par des essais.



Exemple
Charge spécifique
$\bar{p}$ = 2,5 N/mm²
Température : T = 40 °C
Coefficient de frottement
f = 0,125

Variation du coefficient de frottement f en fonction de la charge spécifique $\bar{p}$ et de la température T à la vitesse U = 0,01 m/s.

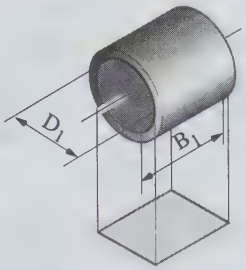
12.1.6. Conception

Les principaux paramètres pour déterminer les dimensions ou la durée de vie d'une bague DU sont :
– charge spécifique limite $\bar{p}_{lim}$;
– coefficient $\bar{p}$ U ;
– rugosité de la surface antagoniste R_a ;
– matériau antagoniste ;
– température T ;
– autres influences comme la nature du logement, la pollution, la lubrification.

Calcul
Deux procédures de conception peuvent être suivies :
– un calcul de durée de vie basé sur les dimensions permises de la bague ;
– un calcul des dimensions de la bague sur la base de la durée de vie demandée.

Charge spécifique $\bar{p}$

Dans le but d'améliorer les performances du palier, la charge spécifique $\bar{p}$ est obtenue en divisant la charge totale appliquée par la surface projetée du palier, exprimée en N/mm².



Surface projetée : A
A : $D_1 \times B_1$

Bague cylindrique

$$\bar{p} = \frac{F}{D_1 \cdot B_1} \quad \text{N/mm}^2$$

Rondelle de butée
D_5 : ∅ intérieur de la rondelle de butée
D_6 : ∅ extérieur de la rondelle de butée.

$$\bar{p} = \frac{4F}{\pi \cdot (D_6^2 - D_5^2)} \quad \text{N/mm}^2$$

Bague à collerette (charge axiale)
D_3 : ∅ de la collerette

$$\bar{p} = \frac{F}{0{,}04.(D_3^2 - D_1^2)} \quad \text{N/mm}^2$$

Plaque de glissement

$$\bar{p} = \frac{F}{L \cdot W} \quad \text{N/mm}^2$$

L : longueur
W : largeur

Charge spécifique limite $\bar{p}_{lim}$ (N/mm²)

La charge maximale pouvant être supportée par un palier DU peut être exprimée par les termes de charge spécifique limite $\bar{p}_{lim}$, laquelle dépendra du type de chargement. Elle est plus élevée dans le cas de charges statiques que pour des charges dynamiques ou mouvements oscillants, lesquels produisent des contraintes de fatigue dans le palier conduisant à une réduction de la charge spécifique limite autorisée.
La charge spécifique ne doit pas dépasser les limites de charge spécifique données dans le tableau ci-dessous.
Les valeurs $\bar{p}_{lim}$ spécifiées dans ce tableau supposent un bon alignement entre le palier et sa surface associée.

Type d'application de charge	$\bar{p}_{lim}$ (N/mm²)									
Charge statique, mouvement rotatif	140									
Charge statique, mouvement oscillant	140	140	115	95	85	80	60	44	30	20
Nombre de mouvements (Q)	1 000	2 000	4 000	6 000	8 000	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8
Charge dynamique mouvement rotatif ou oscillant	60	60	50	46	42	40	30	22	15	10
Nombre de mouvements (Q)	1 000	2 000	4 000	6 000	8 000	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8

La charge maximale permissible sur une rondelle de butée est plus haute que celle sur la collerette d'une bague à collerette. Sous condition de charge axiale élevée, une rondelle de butée doit être utilisée.

Les charges au-dessus de 140 N/mm² peuvent déformer la couche de frottement du DU. Dans ce cas le DU peut seulement être utilisé sous des conditions de mouvements oscillants lents.

Calcul de la vitesse de glissement U (m/s)

Des vitesses jusqu'à 2,5 m/s conduisent quelquefois à des surchauffes. Un processus de rodage est alors nécessaire. Il consiste en une série de rotations courtes progressivement augmentées en durée à partir d'une rotation initiale de quelques secondes.

– Rotation continue

Bague cylindrique
N : vitesse de rotation tr.min⁻¹

$$U = \frac{D_1 \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} \quad \text{m/s}$$

Rondelle de butée

$$U = \frac{\frac{D_6 + D_5}{2} \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} \quad \text{m/s}$$

– Mouvement oscillant

Bague cylindrique
N_{osz} : fréquence du mouvement oscillant tr.min⁻¹

$$U = \frac{D_1 \cdot \pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{4\varphi \cdot N_{osz}}{360} \quad \text{m/s}$$

Rondelle de butée

$$U = \frac{\frac{D_6 + D_5}{2} \cdot \pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{4\varphi \cdot N_{osz}}{360} \quad \text{m/s}$$

Φ : voir page 354

Coefficient $\bar{p}U$ (N/mm² × m/s)

La durée de vie normale d'un palier est fonction du coefficient $\bar{p}U$, produit de la charge spécifique $\bar{p}$ [N/mm²] par la vitesse de frottement U [m/s].
Pour les rondelles de butée et les bagues à collerette, la vitesse de frottement est définie sur le diamètre moyen.
Les coefficients $\bar{p}U$ jusqu'à 3,6 N/mm² × m/s peuvent convenir pour des périodes courtes, tandis que pour des fonctionnements continus des $\bar{p}U$ jusqu'à 1,8 N/mm² × m/s peuvent être acceptés en fonction de la durée de vie demandée.

	DU	Unité
$\bar{P}$	140	N/mm²
U	2,5	m/s
$\bar{p}U$ continu	1,8	N/mm² × m/s
$\bar{p}U$ intermittent	3,6	N/mm² × m/s

$$\bar{p}U = \bar{p} \cdot U \quad \text{N/mm}^2 \times \text{m/s}$$

Coefficients d'application

– Température

La durée de vie d'un palier DU dépend de la température.
En fonctionnement à sec, suite à la friction, une chaleur est générée à la surface de frottement dépendant du coefficient $\bar{p}U$. Pour un coefficient $\bar{p}U$ spécifique, la température opérationnelle dépendra de la température ambiante et des capacités du logement de dissiper la chaleur. Un fonctionnement intermittent influencera la dissipation calorifique du logement et, de là, la température de la bague.
L'effet de la température sur la durée de vie des paliers DU est indiqué par le **coefficient a_T** et est montré dans le tableau ci-dessous.

Conditions de fonctionnement	Nature du logement	Température d'environnement du palier T_{amb} (°C) et coefficient de température d'application a_T					
		25	60	100	150	200	280
Fonctionnement continu à sec	Qualités moyennes de dissipation calorifique	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Fonctionnement continu à sec	Logement embouti, ajouré ou isolé avec faibles qualités de dissipation calorifique	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	-
Fonctionnement continu à sec	Logement non métallique avec mauvaises qualités de dissipation calorifique	0,3	0,3	0,2	0,1	-	-
Fonctionnement intermittent à sec (durée moins de 2 min, suivie par une longue période de repos)	Qualités moyennes de dissipation calorifique	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,2
Continuellement immergé dans l'eau		2,0	1,5	0,6	-	-	-
Alternativement immergé dans l'eau et à sec		0,2	0,1	-	-	-	-
Continuellement immergé dans les liquides non lubrifiants autres que l'eau		1,5	1,2	0,9	0,6	0,3	0,1
Continuellement immergé dans les lubrifiants		3,0	2,5	2,0	1,5	-	-

– Matériau antagoniste

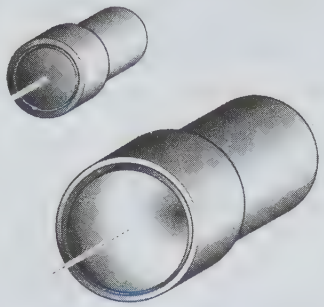
L'effet du type de surface associée sur la durée de vie des paliers DU est indiqué par le **coefficient de matériau antagoniste a_M** et le **coefficient correcteur de durée de vie a_L** en tableau ci-dessous.

Matériau	Coefficient de matériau antagoniste (a_M)	Coefficient correcteur de durée de vie (a_L)
Acier au carbone	1	200
Acier au manganèse	1	200
Acier allié	1	200
Acier de cémentation	1	200
Acier nitruré	1	200
Acier carbo-nitruré	1	200
Acier inoxydable (Ni 7-10 % Cr 17-20 %)	2	200
Acier inoxydable pulvérisé	1	200
Fonte (0,3 µm Ra)	1	200

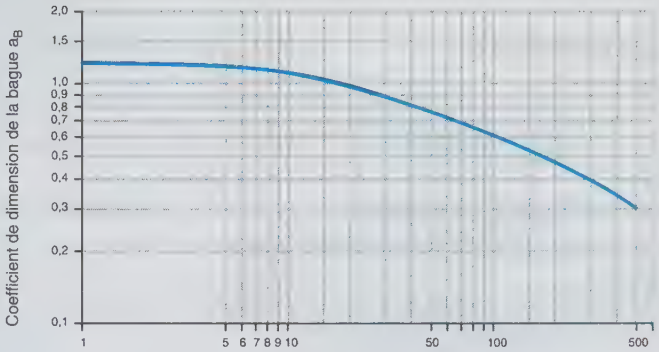
Matériau	Coefficient de matériau antagoniste (a_M)	Coefficient correcteur de durée de vie (a_L)
Acier revêtu d'une épaisseur minimale de revêtement de 0,013 mm		
Cadmium	0,2	600
Chrome dur	2,0	600
Plomb	1,5	600
Nickel	0,2	600
Phosphatation	0,2	300
Étain nickel	1,2	600
Nitrure de titane	1,0	600
Carbure de tungstène	3,0	600
Zinc	0,2	600
Métaux non ferreux		
Alliages aluminium	0,4	200
Bronze et alliage cuivreux	0,1-0,4	200
Aluminium anodisé dur (épaisseur 0,025 mm)	3,0	600

– Dimension des bagues

Suite à un jeu plus important lorsque les dimensions des bagues augmentent, la surface de contact diminue proportionnellement. Cette réduction de surface de contact augmente la charge spécifique et, de là, le coefficient $\bar{p}U$. Le **coefficient de dimension de la bague** (figure ci-dessous) est utilisé pour tenir compte de cet effet.



Surface de contact entre bague et arbre

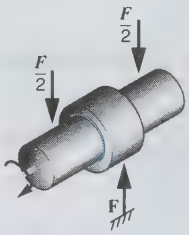


– Calibrage

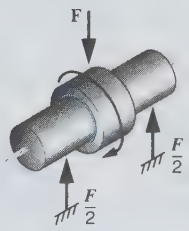
Le calibrage ou l'usinage du diamètre intérieur de la bague Glacier DU donne lieu à une réduction de performance. Le **coefficient d'application pour le calibrage a_C** donné dans le tableau ci-dessous est utilisé dans les calculs.

Valeurs de calibrage		Coefficient d'application a_C
Calibrage : écart entre le diamètre d'outil de calibrage et le diamètre moyen de l'alésage	0,025 mm	0,8
	0,038 mm	0,6
	0,050 mm	0,3
Alésage : profondeur de coupe	0,025 mm	0,6
	0,038 mm	0,3
	0,050 mm	0,1

– Type de charge



Charge fixe, bague stationnaire, arbre rotatif



Charge rotative, arbre stationnaire, bague rotative

12.1.7. Calcul des dimensions de la bague

Les formules données ci-dessous permettent aux projeteurs de calculer la longueur ou la largeur nécessaire pour satisfaire à la fois la limite de charge spécifique et le rapport $\bar{p}U$/durée de vie.
S'il est établi que la longueur excède deux fois le diamètre de l'arbre, ceci indique que les conditions de fonctionnement envisagées sont trop sévères pour le matériau DU et il faudrait songer à repositionner le palier afin de réduire la charge.

– Calcul des bagues

Bague fixe, arbre rotatif

$$B_1 = \frac{F \cdot N \cdot (L_H + a_L)}{1{,}25 \cdot 10^7 \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} + \frac{F}{\bar{p}_{lim} \cdot D_1} \quad [mm]$$

Bague rotative, arbre fixe

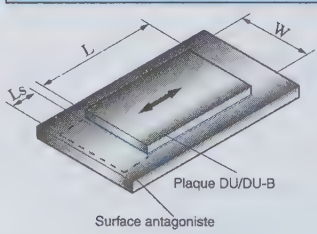
$$B_1 = \frac{F \cdot N \cdot (L_H + a_L)}{2{,}5 \cdot 10^7 \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} + \frac{F}{\bar{p}_{lim} \cdot D_1} \quad [mm]$$

– Calcul des rondelles de butée

$$D_6 - D_5 = \frac{F \cdot N \cdot (L_H + a_L)}{1{,}25 \cdot 10^7 \cdot a_T \cdot a_M} + \sqrt{D_5^2 + \frac{1{,}3F}{\bar{p}_{lim}}} - D_5 \quad [mm]$$

– Calcul des plaques de glissement

$$A = \frac{2{,}34 \cdot F \cdot U \cdot (L_H + a_L)}{1 - \frac{10^3 \cdot a_T \cdot a_M}{W \cdot L_S}} \quad [mm^2]$$



Plaque de glissement

L_H : durée de vie (h)
a_L : coefficient correcteur de durée de vie
a_T : coefficient de θ d'application
a_M : coefficient de matériau antagoniste
a_B : coefficient de dimension du palier
F : charge en N
L_s : longueur du déplacement

12.1.8. Calcul de la durée de vie du palier

Quand les dimensions d'un palier sont déterminées par l'espace disponible, les calculs suivants peuvent être utilisés pour déterminer si la durée de vie sera satisfaisante. Si la durée de vie n'était pas suffisante, il faudrait utiliser un palier plus grand.

Charge spécifique $\bar{p}$

Bague

$$\bar{p} = \frac{F}{D_1 \cdot B_1} \quad \text{N/mm}^2$$

Bague à collerette

$$\bar{p} = \frac{F}{0{,}04 \cdot (D_3^2 - D_1^2)} \quad \text{N/mm}^2$$

Rondelle de butée

$$\bar{p} = \frac{4F}{\pi \cdot (D_6^2 - D_5^2)} \quad \text{N/mm}^2$$

Coefficient de charge élevée a_E

$\bar{p}_{lim}$: voir tableau page 373

$$a_E = \frac{\bar{p}_{lim} - \bar{p}}{\bar{p}_{lim}} \quad (-)$$

Si a_E est négatif, la bague sera surchargée. Augmenter le diamètre intérieur et/ou la longueur.

Estimation de la durée de vie de la bague L_H

Bague (charge fixe)

$$L_H = \frac{615}{\bar{p}U} - a_L \quad (h)$$

Bague (charge rotative)

$$L_H = \frac{1\,230}{\bar{p}U} - a_L \quad (h)$$

Calibrage

Si la bague DU est calibrée, cela doit être repris dans le calcul de la durée de vie par le coefficient d'application a_C (tableau page 353).

Durée de vie estimée

$$L_H = L_H \cdot a_C \quad (h)$$

Pour mouvements oscillants ou charge dynamique, calculez le nombre de cycles estimés.

$$Z_T = L_H \cdot N_{OSZ} \cdot 60 \quad (\text{cycles})$$

Plaques de glissement

– Coefficient de charge spécifique

$$a_{E1} = A - \frac{F}{\bar{p}_{lim}} \quad (-)$$

Si négatif, la bague sera surchargée et la surface projetée devra être augmentée.

– Coefficients de vitesse, température et matériau

$$a_{E2} = \frac{420 \cdot a_T \cdot a_M}{F \cdot U} \quad (-)$$

Facteur $\bar{p}U$ corrigé

Bague

$$\bar{p}U = \frac{5{,}25 \cdot 10^{-5} F \cdot N}{a_E \cdot B_1 \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} \quad \text{N/mm}^2 \times \text{m/s}$$

Bague à collerette

$$\bar{p}U = \frac{6{,}5 \cdot 10^{-4} F \cdot N}{a_E \cdot (D_3 - D_1) \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} \quad \text{N/mm}^2 \times \text{m/s}$$

Rondelle de butée

$$\bar{p}U = \frac{3{,}34 \cdot 10^{-5} F \cdot N}{a_E \cdot (D_6 - D_5) \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} \quad \text{N/mm}^2 \times \text{m/s}$$

Pour des mouvements oscillants, calculez la vitesse de rotation moyenne.

Cycle d'oscillation

$$N = \frac{4\varphi \cdot N_{OSZ}}{360} \quad \text{tr.min}^{-1}$$

φ : cycle d'oscillation



Bague à collerette (charge axiale)

$$L_H = \frac{410}{\bar{p}U} - a_L \quad (h)$$

Rondelle de butée

$$L_H = \frac{410}{\bar{p}U} - a_L \quad (h)$$

a_E : coefficient de charge élevée
a_C : coefficient d'application pour l'usinage ou le calibrage
Z_T : nombre de cycles total
a_{E1} : coefficient de charge spécifique (plaque de glissement)
a_{E2} : coefficient de vitesse, θ du matériau (plaque de glissement)
a_{E3} : coefficient de surface de contact relatif (plaque de glissement)

$$Z_T = L_H \cdot C \cdot 60 \quad (\text{cycles})$$

Contrôlez que Z_T est moins élevé que le nombre de cycles total Q pour la charge spécifique de fonctionnement p (tableau, page 373).
Si $Z_T < Q$, la durée de vie sera limitée par l'usure après un nombre de cycles Z_T.
Si $Z_T > Q$, la durée de vie sera limitée par la fatigue après un nombre de cycles Z_T.

– Coefficient de surface de contact relative

$$a_{E3} = \frac{A}{A_M} \quad (-)$$

– Durée de vie estimée

$$L_H = a_{E1} \cdot a_{E2} \cdot a_{E3} - a_L \quad (h)$$

Des durées de vie de bagues supérieures à 4 000 heures peuvent être inexactes à cause d'imprécisions dans les extrapolations des résultats d'essais.

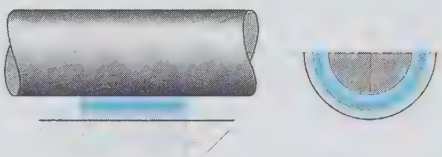
12.1.9. Lubrification

Le coussinet est développé en tant que matériau autolubrifiant fonctionnant à sec. Néanmoins le DU travaille bien dans des applications lubrifiées.
Le coussinet DU peut être utilisé en combinaison de presque tous les liquides (eau, huiles de graissage, huiles moteur, huiles hydrauliques, fluides, liquides de réfrigération).

Il existe **trois modes d'utilisation de paliers lubrifiés** qui sont en relation avec l'épaisseur du film lubrifiant entre le palier et le matériau antagoniste.
Ces trois modes d'opérations dépendent :
– des dimensions de la bague,
– du jeu,
– de la charge,
– de la vitesse,
– de la viscosité du lubrifiant,
– du flux de lubrifiant.

Lubrification hydrodynamique

– Séparation complète de la bague et de l'arbre à cause du film de lubrifiant.
– Frottement très faible et pas d'usure de la bague ou de l'arbre parce qu'il n'y a pas de contact.
– Coefficient de frottement de 0,001 à 0,01.



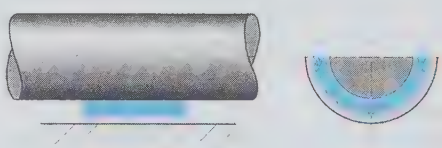
Les conditions hydrodynamiques sont réalisées quand :

$$\bar{p} \leq \frac{U \cdot \mu}{7{,}5} \cdot \frac{B_1}{D_1} \quad \text{N/mm}^2$$

μ : viscosité dynamique (cP : unité de viscosité en centipoise)

Lubrification limite

– L'arbre frotte contre le palier avec très peu de lubrifiant entre les deux surfaces.
– La sélection du matériau du palier est critique pour la performance.
– L'usure de l'arbre est souvent causée par le contact entre le palier et l'arbre.
– Les caractéristiques autolubrifiantes excellentes du matériau DU minimalisent l'usure sous ces conditions.
– Le coefficient de frottement du DU sous condition de lubrification à la limite est typiquement entre 0,02 et 0,06.



Lubrification mixte

– Combinaison de lubrification hydrodynamique et de lubrification limite.
– Une partie des charges est supportée par des zones où le lubrifiant est sous pression et par des zones de lubrification limite.
– Le frottement et l'usure dépendent du degré de support hydrodynamique développé.
– Le DU donne un frottement faible et une résistance élevée à l'usure pour supporter la partie de la charge en lubrification limite.



Caractéristiques des bagues DU lubrifiées

Le coussinet est particulièrement efficace dans les applications lubrifiées les plus sévères où un fonctionnement hydrodynamique ne peut pas être réalisé, par exemple :
– conditions de charge élevées ;
– mise en marche et arrêt sous charge ;
– lubrification insuffisante ;
– liquides non lubrifiés.
Nota : Quand un palier DU fonctionne à sec après avoir fonctionné dans l'eau sous conditions non hydrodynamiques, la résistance à l'usure sera réduite substantiellement à cause d'une usure initiale plus élevée.

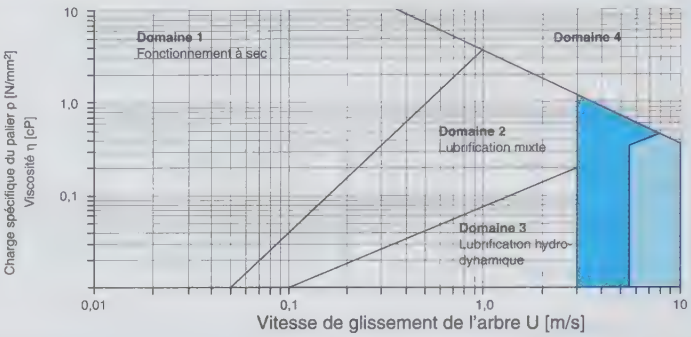
La figure page suivante montre les trois régimes de lubrification cités ci-dessus. Ces régimes sont dessinés sur un graphique où la vitesse de glissement est fonction du rapport charge spécifique/viscosité du lubrifiant.
Le graphique est basé sur les conditions suivantes :
– charge statique unidirectionnelle ;
– rotation de l'arbre continue (sans tourner en sens contraire) ;
– jeu suffisant entre le palier et l'arbre ;
– flux de lubrifiant suffisant.

Utilisation de la figure ci-dessous

Utilisez les formules des pages 373 et 374.
– Calculez les charges spécifiques $\overline{p}$.
– Calculez la vitesse de glissement de l'arbre U.
En utilisant la relation viscosité/température présentée dans le tableau ci-dessous :
– Déterminez la viscosité du lubrifiant en centipoise.

Nota : La viscosité dépend de la température de fonctionnement. Si cette température est inconnue, une température prévisionnelle de 25 °C au-dessus de la température ambiante peut être utilisée.

Guide de conception pour des applications lubrifiées



Un jeu augmenté peut être nécessaire

Une conception de palier détaillé peut être nécessaire

Domaine 1
Le palier fonctionnera avec une lubrification limite et le facteur $\overline{p}U$ déterminera la durée de vie du palier. La performance du palier peut être calculée en utilisant la méthode donnée au chapitre 10.1.6, bien que le résultat sous-estime probablement la durée de vie.

Domaine 2
Le palier fonctionnera avec une lubrification mixte et le facteur $\overline{p}U$ n'est plus déterminant pour la durée de vie. La performance du palier DU dépendra de la nature du liquide et des conditions d'utilisation.

Domaine 3
Le palier fonctionnera avec une lubrification hydrodynamique. L'usure du palier sera déterminée uniquement par la propreté du lubrifiant et la fréquence des mises en marche et arrêts.

Domaine 4
Ce sont les conditions de fonctionnement les plus exigeantes. Le palier fonctionnera soit à une vitesse élevée, soit avec une charge élevée vis-à-vis de la viscosité, ou avec une combinaison des deux.

Ces conditions peuvent causer :
– une température de fonctionnement excessive,
– et/ou une usure importante.

La performance du palier peut être améliorée par l'addition d'une ou plusieurs rainures dans le palier et une rugosité de l'arbre de moins de 0,05 µm R_a.

Données de viscosité

Température	Viscosité cP														
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Lubrifiant															
ISO VG 32	310	146	77	44	27	18	13	9,3	7,0	5,5	4,4	3,6	3,0	2,5	2,2
ISO VG 46	570	247	121	67	40	25	17	12	9,0	6,9	5,4	4,4	3,6	3,0	2,6
ISO VG 68	940	395	190	102	59	37	24	17	12	9,3	7,2	5,8	4,7	3,9	3,3
ISO VG 100	2 110	780	335	164	89	52	33	22	15	11,3	8,6	6,7	5,3	4,3	3,6
ISO VG 150	3 600	1 290	540	255	134	77	48	31	21	15	11	8,8	7,0	5,6	4,6
Gasoil	4,6	4,0	3,4	3,0	2,6	2,3	2,0	1,7	1,4	1,1	0,95				
Essence	0,6	0,56	0,52	0,48	0,44	0,40	0,36	0,33	0,31						
Kérosène	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	0,95	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55				
Eau	1,79	1,30	1,0	0,84	0,69	0,55	0,48	0,41	0,34	0,32	0,28				

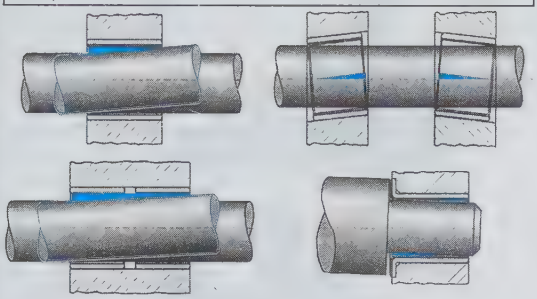
Rugosité de la surface antagoniste pour les applications lubrifiées

- $R_a \leq 0,4$ µm lubrification limite.
- R_a = 0,1-0,2 µm lubrification mixte ou hydro-dynamique.
- $R_a \leq 0,05$ µm pour les conditions de fonctionnement les plus sévères.

12.1.10. Montage des bagues

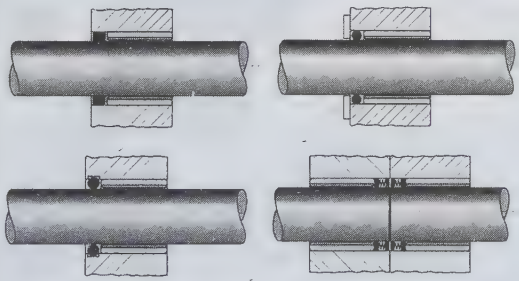
Alignement

Dans tous les montages de paliers, un alignement correct doit être la première considération de l'étude, lequel devient particulièrement important pour des paliers fonctionnant à sec car il n'y a pas de lubrifiant pour supporter la charge. Le désalignement sur la longueur de la bague DU (ou sur une paire de bagues en tandem) ou sur le diamètre extérieur d'une rondelle de butée ne doit pas excéder 0,020 mm comme indiqué ci-dessous.



Étanchéité

Les bagues Glacier DU tolèrent une certaine contamination sans perte de performance. Quand il existe une possibilité de pénétration de poussières abrasives, des étanchéités doivent être prévues, comme montré dans la figure ci-dessous.

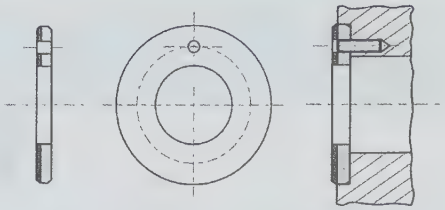


Positionnement axial

Lorsqu'un positionnement axial est nécessaire, il est généralement recommandé de monter une rondelle de butée DU en association avec des bagues DU même quand les charges axiales sont faibles.

Montage des rondelles de butée

Les rondelles de butée DU doivent être positionnées par le diamètre dans un lamage comme montré dans la figure en haut à droite. Le diamètre du lamage doit être supérieur au diamètre extérieur de la rondelle de 0,125 mm et la profondeur de lamage comme dans les tableaux page suivante.
Lorsqu'un lamage de positionnement ne peut être réalisé, une des méthodes suivantes peut être utilisée :
– deux pions,
– deux vis,
– adhésif,
– soudure.

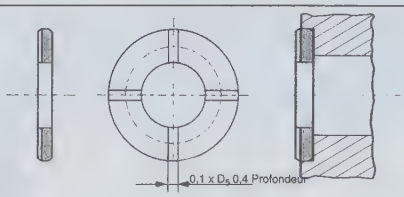


Nota important :

– S'assurer que le diamètre intérieur de la rondelle de butée n'est pas en contact avec l'arbre après montage.
– S'assurer que la rondelle est montée avec le dos en acier sur le logement.
– La tête du pion devra être en retrait d'au moins 0,25 mm de la surface de frottement.
– Les vis devront être en retrait d'au moins 0,25 mm de la surface de frottement.
– Glacier DU ne peut pas être chauffé au-dessus de 320 °C.
– Des conseils peuvent être obtenus auprès des fabricants spécialisés pour l'installation d'adhésifs appropriés.
– Protégez la surface de la rondelle pour éviter un contact avec l'adhésif.

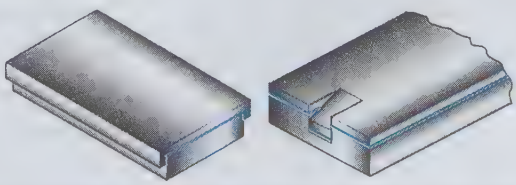
Gorges pour évacuation des débris d'usure

Des essais avec rondelles de butée ont démontré que, pour obtenir des performances d'usure à sec optimales, avec charges spécifiques n'excédant pas 35 N/mm², quatre gorges d'évacuation de débris d'usure doivent être usinées dans la surface de frottement comme montré dans la figure ci-dessous.
Par contre, des gorges dans les bagues n'ont pas apporté de meilleurs résultats.



Plaques de glissement

Les plaques DU utilisées comme plaques de glissement doivent être installées en utilisant une des méthodes suivantes :
– vis,
– adhésif,
– positionnement mécanique comme montré dans la figure ci-dessous.



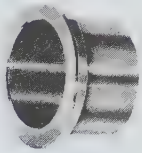
12.1.11. Bague standard métrique

Nominal		Dimensions donnant le jeu recommandé		Épaisseur effective paroi	Longueur bague (tolérance ± 0,25)												
Diamètre alésage bague	Diamètre alésage logement	Diamètre arbre	Alésage logement		3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50
3	4,5	3 000 2 994	4 500 4 508	0,750 0,730	■		■	■									
4	5,5	4 000 3 992	5 500 5 508		■	■		■		■							
5	7	4 990 4 978	7 000 7 015				■		■	■							
6	8	5 990 5 978	8 000 8 015					■		■							
7	9	6 987 6 972	9 000 9 015							■							
8	10	7 987 7 972	10 000 10 015						■	■	■						
10	12	9 987 9 972	12 000 12 018						■	■	■	■	■				
12	14	11 984 11 966	14 000 14 018						■	■	■	■	■	■			
13	15	12 984 12 966	15 000 15 018	1,005 0,980						■							
14	16	13 984 13 966	16 000 16 018									■	■				
15	17	14 984 14 966	17 000 17 018								■	■		■			
16	18	15 984 15 966	18 000 18 018								■	■	■	■			
18	20	17 984 17 966	20 000 20 021									■	■	■	■		
20	23	19 980 19 959	23 000 23 021									■	■	■	■		
22	25	21 980 21 959	25 000 25 021	1,505 1,475								■	■	■	■		
24	27	23 980 23 959	27 000 27 021									■	■	■	■		
25	28	24 980 24 959	28 000 28 021									■	■	■	■		■
28	32	27 980 27 959	32 000 32 025										■		■		
30	34	29 980 29 959	34 000 34 025	2,005 1,970									■	■	■	■	
32	36	31 975 31 950	36 000 36 025													■	

					Longueur bague (tolérance ± 0,25)												
					20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	100	115
35	39	34 950 34 950	39 000 39 025	2,005 1,970	■		■	■			■						
40	44	39 975 39 950	44 000 44 025		■		■		■		■						
45	50	44 975 44 950	50 000 50 025				■			■	■						
50	55	49 975 49 950	55 000 55 030						■		■		■				
55	60	54 970 54 940	60 000 60 030						■			■	■				
60	65	59 970 59 940	65 000 65 030	2,505 2,460					■				■	■			
65	70	64 970 64 940	70 000 70 030								■			■			
70	75	69 970 69 940	75 000 75 030								■			■			
75	80	74 970 74 940	80 000 80 030										■		■		
80	85	80 000 79 954	85 000 85 035										■			■	
85	90	85 000 84 946	90 000 90 035	2,495 2,445									■			■	
90	95	90 000 89 946	95 000 95 035										■			■	

12.2. Coussinets autolubrifiants

12.2.1. Caractéristiques et avantages



– Suppression des graisseurs et des frais d'entretien - Prix intéressant.
– Limite de charge de 0 à 1 500 daN/cm²*.
– Limites de température de – 180 °C à + 450 °C*.
– Limites d'ambiance, abrasion - radioactivité avec imprégnation spéciale.
– Plus de grippage, présence permanente d'un véritable **coussin d'huile**.
– Bon coefficient de frottement - Fonctionnement silencieux.

* Dans certaines conditions.

Nuances standard

Caractéristiques	Bronze BP 25	Alliage ferreux FP 20	Alliage ferreux SO 16 uniquement en ébauché
Équivalence approchante AFNOR	FU-E10-62	FC10-U3-56	F50-U20-60
SINT	A50	A10	-
ASTM	B438-1	B439-3	-
Masse volumique mini (g/cm³)	6,2	5,6	6
Pression maxi (daN/cm²)	100	225	600
Vitesse linéaire maxi (m/s)	6	4	0,3
PV maxi régime hydrodynamique (Vmini = 0,5 m/s) daN/cm² × m/s	18	18	9
Plage de température (°C)	– 5/+ 90	– 5/+ 90	– 5/+ 105
Huile d'imprégnation	T 100	T 100	METADOP
Porosité ouverte minimale (%)	23	20	16

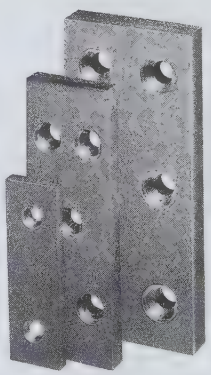
Choix de la nuance standard

Caractéristiques	Alliage ferreux FP 20	Alliage ferreux SO 16
Bon coefficient de frottement	Conseillé pour des vitesses moyennes ou faibles	Conseillé pour vitesse faible et forte charge
Bonne résistance à la corrosion	Bonne résistance au matage	Excellente résistance au matage (chocs)
Conseillé pour des vitesses élevées, faible charge, démarrages fréquents		
Arbre de rugosité Ra ≤ 0,6	Arbre de rugosité Ra ≤ 0,3	Arbre de rugosité Ra ≤ 0,2
Dureté arbre ≥ 80 kg/mm²	Dureté arbre ≥ 120 kg/mm²	Dureté arbre ≥ 120 kg/mm²

Nuances avec lubrifiant antifriction

Désignation	Vitesse max. (m/s)	Charge max. (daN/cm²)	Charge × vitesse (daN/cm² × m/s)	Température d'utilisaton (°C)	Charge à V = 0 (daN/cm²)	Arbre Ra max. (µ)	Arbre HB mini.
BP 25 + PTFE	1	100	3	– 180/+ 180	200	0,3	240
FP 20 + PTFE	1	225	3	– 180/+ 180	450	0,3	300
BP 25 + MoS_2	0,1	100	1	– 180/+ 300	200	0,3	355
FP 20 + MoS_2	0,1	225	1	– 180/+ 300	450	0,3	355
BG 10 à 5 % de graphite	0,1	60	1	– 180/+ 250	120	0,3	355

Glissières et plaques de frottement en bronze autolubrifiant



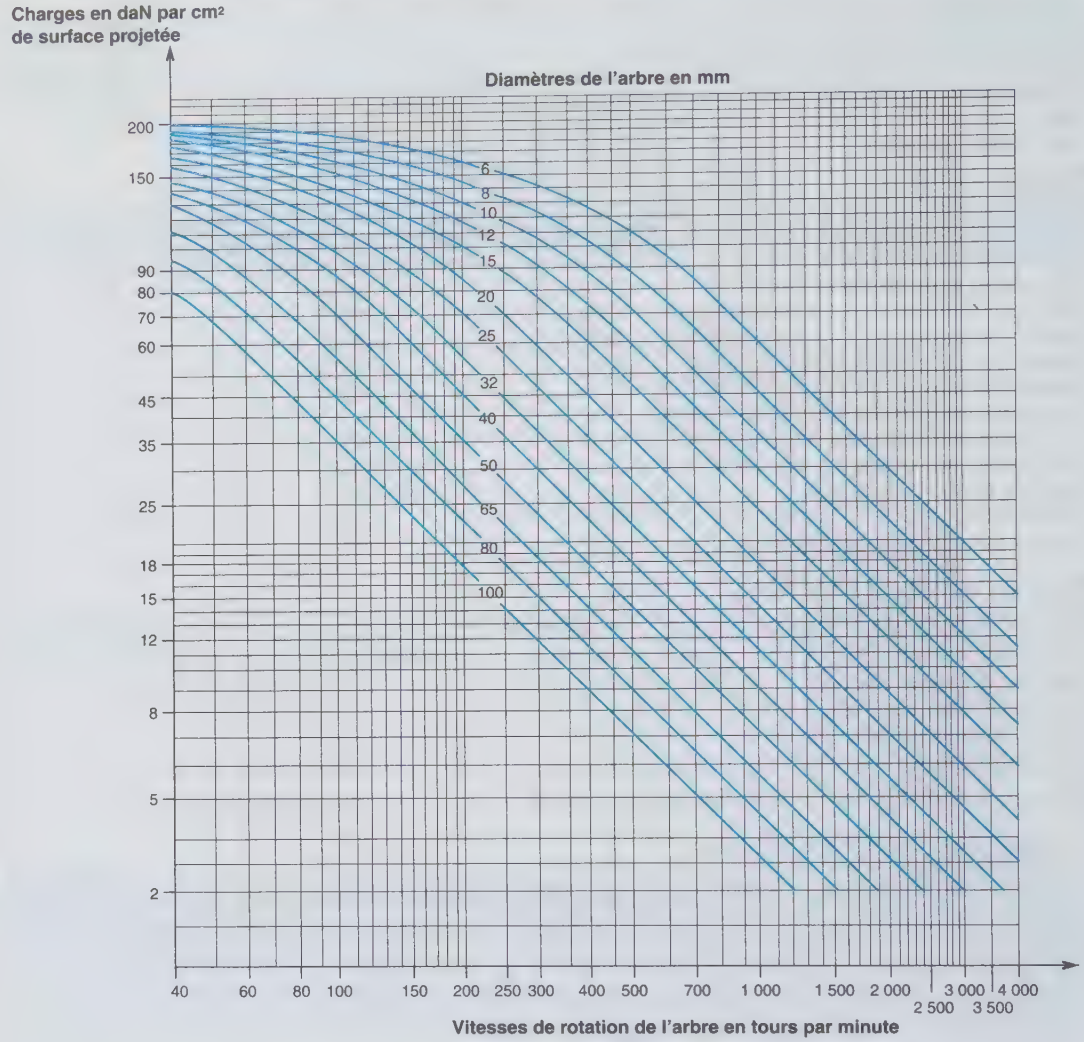
Glissières, réglettes de guidage, plaques de frottement, patins de dilatation, etc., pour tous mouvements relatifs linéaires ou circulaires.

Avantages :
– autolubrification permanente permettant la suppression des dispositifs de graissage traditionnels ;
– très bon coefficient de frottement ;
– suppression des risques de grippage ;
– utilisation possible à des températures élevées ou cryogéniques.

Ces produits existent en plusieurs nuances, avec des caractéristiques différentes qui permettent des applications variées.

Lubrification complémentaire
Pour le cas limite d'utilisation, une lubrification complémentaire peut être souhaitable, soit par barbotage, brouillard, goutte-à-goutte...

Abaque des charges/vitesses pour les nuances BP 25 et FP 20



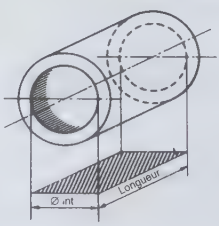
Charges en daN/cm² de surface projetée

Charges admissibles

– Paramètres principaux
  - la vitesse de l'arbre,
  - la charge spécifique
– Notion de PV

$$P \times V = 18$$

P : charge en daN/cm² de surface projetée (∅ int. × long.)
V : vitesse linéaire de l'arbre en m par seconde.
18 : valeur maximale admise pour nuances BP 15 et FP 15.



– Calcul pratique des charges

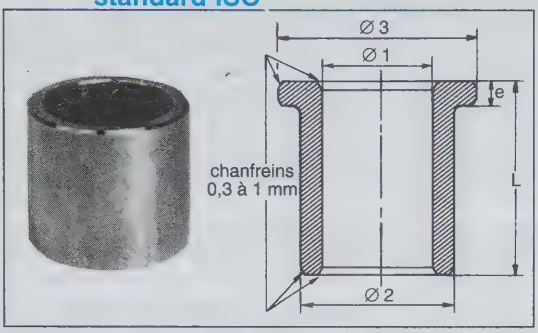
1er exemple :

– Quelle est la charge totale admise pour un coussinet de ∅ int. 20, long. 25, vitesse 1 000 tr/min ?
– La lecture de l'abaque donne, pour 1 000 tr/min et ∅ 20, une charge de 18 daN/cm².
– Surface projetée : 2 cm × 2,5 cm = 5 cm²
Charge totale admise : 18 × 5 = **90 daN**

2e exemple :

– Déterminer la longueur d'un coussinet en fonction d'une charge totale de 175 daN et d'un ∅ d'arbre de 20 mm à 500 tr/min.
– La lecture de l'abaque, pour 500 tr/min et un arbre de 20 mm, donne une charge de 35 daN/cm² de surface projetée.
– Surface projetée : 175 : 35 = 5 cm² = 500 mm²
Longueur du coussinet : 500 : 20 = **25 mm**

12.2.2. Coussinets cylindriques standard ISO



Tolérances

Coussinets à l'état libre

Ø intérieur	- Ø 1 ≤ 50 mm	tolérance F7
Ø intérieur	- Ø 1 > 50 mm	tolérance F8
Ø extérieur	- Ø 2 ≤ 50 mm	tolérance s7
	- Ø 2 > 50 mm	tolérance s8
Longueur	- L > 10 mm	tolérance ..... ± 1 %
Longueur	- L ≤ 10 mm	tolérance ..... ± 0,1 mm

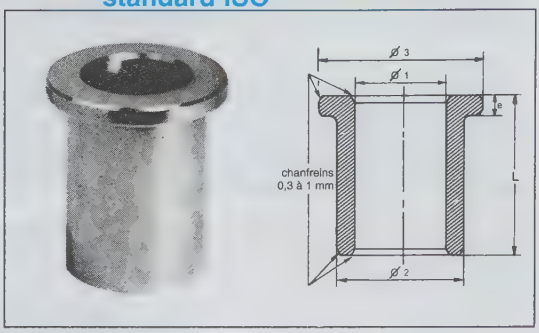
Défaut de coaxialité Ø2 Ø1
écart des lectures extrêmes au comparateur pour un tour complet du coussinet monté sur un mandrin

Ø int. ≤ 25	tolérance ..... 50 µm
Ø int. > 25	tolérance ..... 70 µm

Coussinets après emmanchement
Toutefois, pour des coussinets de Ø int. ≥ 60, la tolérance d'alésage après emmanchement sera de H8.

Désignation
Un coussinet cylindrique de dimensions suivantes :
Ø int. 22 mm - Ø ext. 29 mm - L 36 mm
sera désigné par :
– sa nuance : COUSSINET METAFRAM BP 25 ou FP 15
– son symbole dimensionnel 22/29 × 36

12.2.3. Coussinets à collerette standard ISO



Tolérances

Coussinets à l'état libre

Ø intérieur	- Ø 1	tolérance..... F8
Ø extérieur	- Ø 2	tolérance..... s8
Longueur	- L > 10 mm	tolérance..... ± 1 %
Longueur	- L ≤ 10 mm	tolérance..... ± 0,1 mm
Collerette		
Ø ext.	- Ø 3	tolérance..... js 13
Épaisseur	- e	tolérance..... js 14

Défaut de coaxialité Ø2 Ø1
écart des lectures extrêmes au comparateur pour un tour complet du coussinet monté sur un mandrin

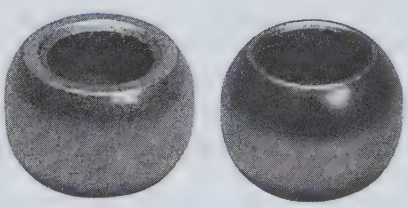
Ø int. ≤ 25	tolérance..... 60 µm
Ø int. > 25	tolérance..... 80 µm

Coussinets après emmanchement

Désignation
Un coussinet à collerette de :
Ø int. 22 mm - Ø ext. 29 mm - L 36 mm
sera désigné par :
– sa nuance : COUSSINET METAFRAM BP 25 ou FP 15
– son symbole dimensionnel C 22/29 × 36 (C désignant les coussinets à collerette).

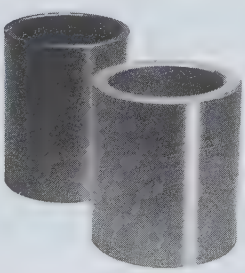
12.2.4. Autres fabrications

Rotules autolubrifiantes



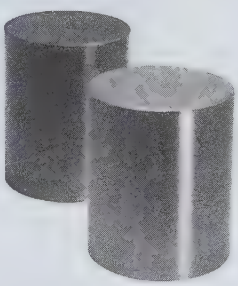
Bronze BP 25 — Alliage ferreux FP

Ébauches creuses



Alliage ferreux FP — Bronze BP 25

Ébauches pleines



Alliage ferreux FP — Bronze BP 25

12.2.5. Différentes nuances de coussinets autolubrifiants

Nuances base bronze

La création d'un outillage est nécessaire pour toute nuance à l'exception de BP 25 et FP 20 disponibles dans les dimensions mentionnées au catalogue « Coussinets standard » CS 2000

Nuance	Désignation AFNOR ou ISO	Norme AFNOR	Cu %	Fe %	Sn %	Cg %	Total autres éléments %	K N/mm²	Dureté HB	A %	Dilatation 10⁻⁶/°C	Densité mini	Porosité ouverte mini %	Charge V = 0 daN/cm²
BP 25*	**FU-E10-62**	NFA 95731	balance		8-10,5		< 2	140	25	> 2	18	6,2	23	200
BP 22	**FU-E10-64** *ISO P4012Z*	NF ISO 5755/1	balance		9-11		< 2	140	30	> 3	18	6,4	22	200
BP 15	**FU-E10-68** *ISO P4013Z*	NF ISO 5755/1	balance		9-11		< 2	180	35	> 4	18	6,8	17	350
BP 10	**FU-E10-70**	hors norme	balance		9-11		< 2	220	40	> 5	18	7	10	450
BG 22	**FU-E10Cg1-62** *ISO P4022Z*	NF ISO 5755/1	balance		9-11	0,5-2	< 2	120	20	> 1	18	6,2	22	150
BG 20	**FU-E10Cg1-66** *ISO P4023Z*	NF ISO 5755/1	balance		9-11	0,5-2	< 2	160	30	> 3	18	6,6	17	250
BG 10	**FU-E10Cg5-66**	hors norme	balance		9-11	5	< 2	100	– 20	> 1	18	6,6	5	120
BPV 30	**FU-E10-62**	NFA 95731	balance		8-10,5		< 2	160	28	> 2	18	6,2	23	200
BPV 50	**FU-E10-62** *ISO P4012Z*	NF ISO 5755/1	balance		9-11		< 2	160	28	> 2	18	6,2	22	200
BPV 60	**FU-E10-68** *ISO P4013Z*	NF ISO 95755/1	balance		9-11		< 2	200	35	> 4	18	6,8	17	350

Nuances avec lubrifiants solides

HCP/A	**FU-E10-66**	hors norme	balance		8-10	0,2-1	< 3,5	160	30	> 4	18	6,6	18	280
HCP/F	**FC15-U4Cg-56**	hors norme	1-4	balance		0,2-1	< 2	180	28	> 2	11	5,6	18	400

Nuances base fer

* Équivalences approchantes des nuances standard
BP 25 : sint A50 - MPIF CT0010R
FP 20 : sint A10 - MPIF FC0200K20

** Équivalence : ASTM B612.

						C %							
FP 20	**FC10-U3-56**	hors norme	1-4	balance		< 0,25	< 2	200	28	> 2	11	5,6	20	450
FP 18	**F80-U3-60** *ISO P2053Z*	NF ISO 5755/2	1-4	balance		0,2-0,9	< 2	350	HRB > 56	-	11	6	18	1 000
SO 40**	**F80-U35-60**	hors norme	34-40	balance	3-5	0,5-1,3	< 1,25	170	25	-	11	6	18	450
SO 16	**F50-U20-60**	hors norme	20	balance		0,3-0,6	< 2	400	HRB > 40	> 1	11	6	16	1 200
TR 16	**F50-U20-60 Traité**	hors norme	20	balance		< 1	< 2	400	HRB > 75	-	11	6	16	1 500

Nuances avec revêtement antifriction

La nuance BG 10 est envisageable pour des régimes onctueux (vitesse maxi < 0,1 m/s et charges max < 60 daN/cm²) pour répondre à des températures d'utilisation de – 180 °C à + 250 °C.

Désignation	Vitesse max. m/s	Charge max. daN/cm²	Charge × vit. daN/cm².m/s	Température d'utilisation °C	Charge V = 0 daN/cm²	Arbre Ra max	Arbre HB mini
BP 25 + PTFE	1	100	3	– 180/+ 180	200	0,3	240
FP 20 + PTFE	1	225	3	– 180/+ 180	450	0,3	300
BP 25 + MoS_2	0,1	100	1	– 180/+ 300	200	0,3	355
FP 20 + MoS_2	0,1	225	1	– 180/+ 300	450	0,3	355

Lubrifiants d'imprégnation

D'autres références d'huiles sont disponibles pour des utilisations spécifiques.

Désignation	Point d'écoulement °C	Point d'éclair °C	Viscosité cSt à 40 °C	Viscosité cSt à 100 °C	Température d'utilisation °C	Température d'utilisation °C
T 100	– 9	255	100	11,5	– 5	+ 90
OM 460	– 12	238	460	29	0	+ 105
PE 1116	– 50	255	65	9,5	– 40	+ 150
PE 1152* (Alimentaire)	– 18	252	68	9	– 18	+ 120

Choix de la nuance en fonction de l'application

Les caractéristiques maximales sont indiquées pour des coussinets imprégnés de lubrifiant ci-dessous :
- huile T 100 pour les nuances BP, BG, FP et BPV ;
- huile METADOP = OM460 + MoS_2 pour les nuances SO16 et TR16 ;
- huile PE1116 pour les nuances HCP/A et HCP/F.

Utilisation des coussinets avec fréquence alternée 10 Hz maxi.

La valeur du produit P.V. est donnée pour un régime hydrodynamique (V > 0,5 m/s) hormis les nuances marquées d'une astérisque (*) qui ne peuvent être utilisées que dans un régime onctueux suivant la vitesse maximum précisée.

Pour une vitesse < 0,3 m/s qui correspond au régime onctueux, le P.V. maxi est de 10.
Dans le cas d'utilisation en régime mixte de 0,3 à 0,5 m/s, se reporter à notre catalogue « Conception d'un palier » afin de déterminer le P.V. maxi.

Les valeurs indiquées des caractéristiques physiques sont le résultat de relevés sur éprouvettes d'essais.

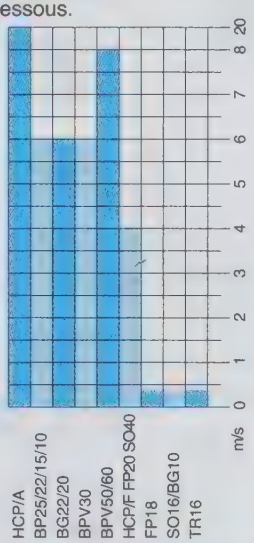
Elles ne sauraient engager FEDERAL-MOGUL Sintered Products qui devra être consulté avant utilisation.

1 Vitesse linéaire de l'arbre

FORMULE :

$$V\ (m/s) = \frac{N(tr/min) \times \varnothing\ (m) \times \pi}{60}$$

La vitesse maximale admissible peut être repérée sur le graphique ci-dessous.



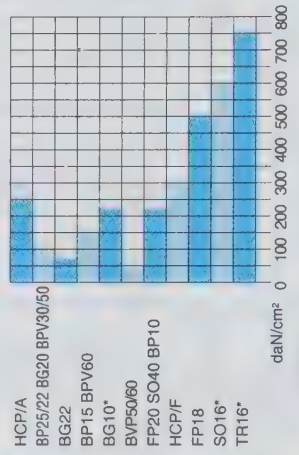
2 La charge sur l'arbre

FORMULE :

$$P(daN/cm^2) = \frac{\text{charge (daN)}}{\text{surface projetée (cm}^2\text{)}}$$

$$P(daN/cm^2) = \frac{F\ (daN)}{\varnothing\ \text{int (cm)} \times \text{long (cm)}}$$

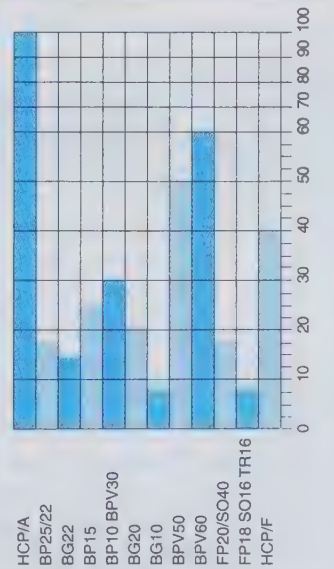
La charge maxi admissible en dynamique peut être repérée sur le graphique ci-dessous.



3 Produit charge × vitesse

FORMULE :

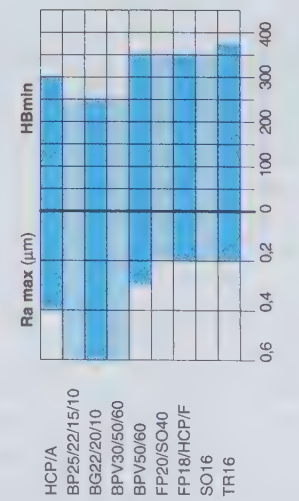
$$PV = P(daN/cm^2) \times V\ (m/s)$$



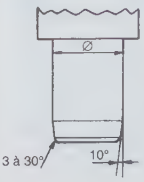
4 Caractéristiques de l'arbre

Dureté : HB

Rugosité : Ra (µm)



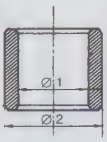
12.2.6. Conditions de montage et de lubrification complémentaire



Mandrin d'emmanchement

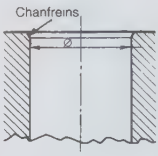
Ø tolérances m6*

Emmancher les coussinets à la presse en respectant les tolérances du mandrin pour obtenir :
– une parfaite mise en place,
– le respect des tolérances finales.
* m5 pour les coussinets soulignés d'un trait.



Coussinets à l'état libre

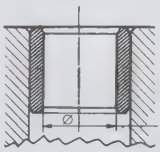
Ø 1 coussinet cylindrique	F7
Ø 1 coussinet à collerette	F8
Ø 2 coussinet cylindrique	s7
Ø 2 coussinet à collerette	s8



Logement en acier

Ø tolérances H7

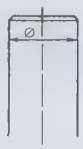
Le serrage entre coussinet et logement et les tolérances finales de l'alésage du coussinet ont été déterminés pour un logement rigide en acier strictement de qualité H7.



Coussinet après emmanchement

Ø tolérances

Ø coussinet cylindrique	H7*
Ø coussinet à collerette	H8



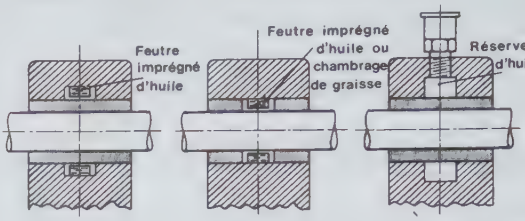
Arbre

Ø tolérances f7

Nature : acier Hbar 80 mini pour BP25, Hbar 120 mini pour FP15.
État de surface : de préférence rectifié.

Nota : État de surface au niveau des surfaces des pièces tournantes en contact $\sqrt{Ra\ 0,8}$

Dans certaines conditions particulières : poussière, température > à 90 °C, axe vertical, service intensif, surcharge, prévoir un feutre imprégné de la même huile que celle utilisée pour l'imprégnation initiale.



Imprégnation

Standard avec des huiles minérales 8° Engler à 50 °C - Shell Turbo 100 ou similaire - Conseillée pour des rotations au-dessus de 50 tr/min.
De 0 à 50 tr/min, imprégnations spéciales (huile dopée, extrême pression, index de viscosité plus élevé).

Réimprégnation

Après usinage, manipulation, long stockage, immerger les pièces dans un bain d'huile de même spécification que celle utilisée pour l'imprégnation initiale. Bain à 80 °C pendant 1 heure. Laisser refroidir l'huile.

Rodage

Intermittent - cycle marche-arrêt 15 + 15 min.
Charges et vitesses maximales en fin de rodage seulement.

Surmoulage

Matières plastiques - métaux légers - caoutchouc.
Les coussinets sont livrés non imprégnés.

**Nota :* Pour des coussinets cylindriques de Ø intérieur ≥ 60 mm, tolérance de l'alésage H8.

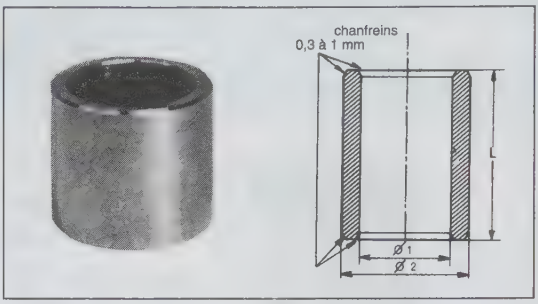
12.2.7. Tolérances de montage normalisées ISO (écarts en microns)

Cotes nominales en mm	Alésages H7	Alésages H8	Cotes nominales en mm	Alésages H7	Alésages H8	Cotes nominales en mm	Mandrin m6	Arbre f7	Cotes nominales en mm	Mandrin m6	Arbre f7
3 exclus	+ 12	+ 18	30 exclus	+ 25	+ 39	3 exclus	+ 12	+ 10	30 exclus	+ 25	+ 25
à 6 inclus	+ 0	+ 0	à 40 inclus	+ 0	+ 0	à 6 inclus	+ 4	+ 2	à 40 inclus	+ 92	+ 50
6 ex.	+ 15	+ 22	40 ex.	+ 25	+ 39	6 ex.	+ 15	+ 13	40 ex.	+ 5	+ 25
10 in.	+ 0	+ 0	50 in.	+ 0	+ 0	10 in.	+ 6	+ 28	50 in.	+ 9	+ 50
10 ex.	+ 18	+ 27	50 ex.	+ 30	+ 46	10 ex.	+ 18	+ 16	50 ex.	+ 30	+ 30
14 in.	+ 0	+ 0	65 in.	+ 0	+ 0	14 in.	+ 7	+ 34	65 in.	+ 11	+ 60
14 ex.	+ 18	+ 27	65 ex.	+ 30	+ 46	14 ex.	+ 18	+ 16	65 ex.	+ 30	+ 30
18 in.	+ 0	+ 0	80 in.	+ 0	+ 0	18 in.	+ 7	+ 34	80 in.	+ 11	+ 60
18 ex.	+ 21	+ 33	80 ex.	+ 35	+ 54	18 ex.	+ 21	+ 20	80 ex.	+ 35	+ 36
24 in.	+ 0	+ 0	100 in.	+ 0	+ 0	24 in.	+ 8	+ 41	100 in.	+ 13	+ 71
24 ex.	+ 21	+ 33	100 ex.	+ 35	+ 54	24 ex.	+ 21	+ 20	100 ex.	+ 35	+ 36
30 in.	+ 0	+ 0	120 in.	+ 0	+ 0	30 in.	+ 8	+ 41	120 in.	+ 13	+ 71

12.2.8. Coussinets autolubrifiants cylindriques standard ISO

Toutes les dimensions ci-dessous existent en deux nuances autolubrifiantes standard : soit en bronze (référence BP25), soit en alliage ferreux cupro-plomb (référence FP15).

Ø intérieur mm (Ø1)	Ø extérieur mm (Ø2)	Longueur mm (L)
2^{+16}_{+7}	5^{+31}_{+19}	2 - 3
3^{+16}_{+7}	6^{+31}_{+19}	4 - 6 - 10
4^{+22}_{+10}	7^{+38}_{+23}	4 - 8 - 12
4^{+22}_{+10}	8^{+38}_{+23}	5 - 8 - 10 - 12 - 16
5^{+22}_{+10}	8^{+38}_{+23}	4 - 5 - 8
5^{+22}_{+10}	9^{+38}_{+23}	6 - 10 - 12 - 16
6^{+22}_{+10}	9^{+38}_{+23}	6 - 10 - 12 - 16
6^{+22}_{+10}	10^{+38}_{+23}	6 - 10 - 12 - 16
6^{+22}_{+10}	12^{+46}_{+28}	6 - 10 - 12 - 16
7^{+28}_{+13}	10^{+38}_{+23}	5 - 8 - 10
8^{+28}_{+13}	11^{+46}_{+28}	8 - 12 - 16 - 20
8^{+28}_{+13}	12^{+46}_{+28}	8 - 12 - 16 - 20
8^{+28}_{+13}	14^{+46}_{+28}	8 - 12 - 16 - 20
9^{+28}_{+13}	12^{+46}_{+28}	6 - 10 - 14
10^{+28}_{+13}	13^{+46}_{+28}	10 - 16 - 20 - 25
10^{+28}_{+13}	14^{+46}_{+28}	10 - 16 - 20 - 25
10^{+28}_{+13}	15^{+46}_{+28}	10 - 16 - 20 - 25
10^{+28}_{+13}	16^{+46}_{+28}	10 - 16 - 20 - 25
12^{+34}_{+16}	15^{+46}_{+28}	12 - 16 - 20 - 25
12^{+34}_{+16}	16^{+46}_{+28}	12 - 16 - 20 - 25
12^{+34}_{+16}	17^{+46}_{+28}	12 - 16 - 20 - 25
12^{+34}_{+16}	18^{+46}_{+28}	12 - 16 - 20 - 25
14^{+34}_{+16}	18^{+46}_{+28}	14 - 18 - 22 - 28
14^{+34}_{+16}	20^{+56}_{+35}	14 - 18 - 22 - 28
15^{+34}_{+16}	19^{+56}_{+35}	16 - 20 - 25 - 32
15^{+34}_{+16}	21^{+56}_{+35}	16 - 20 - 25 - 32
16^{+34}_{+16}	20^{+56}_{+35}	16 - 20 - 25 - 32
16^{+34}_{+16}	22^{+56}_{+35}	16 - 20 - 25 - 32
18^{+34}_{+16}	22^{+56}_{+35}	18 - 22 - 28 - 36
18^{+34}_{+16}	24^{+56}_{+35}	18 - 22 - 28 - 36
18^{+34}_{+16}	25^{+56}_{+35}	18 - 22 - 28 - 36
20^{+41}_{+20}	24^{+56}_{+35}	16 - 20 - 25 - 32
20^{+41}_{+20}	25^{+56}_{+35}	16 - 20 - 25 - 32
20^{+41}_{+20}	26^{+56}_{+35}	16 - 20 - 25 - 32
20^{+41}_{+20}	27^{+56}_{+35}	16 - 20 - 25 - 32
20^{+41}_{+20}	28^{+56}_{+35}	16 - 20 - 25 - 32
22^{+41}_{+20}	27^{+56}_{+35}	18 - 22 - 28 - 36
22^{+41}_{+20}	28^{+56}_{+35}	18 - 22 - 28 - 36
22^{+41}_{+20}	29^{+56}_{+35}	18 - 22 - 28 - 36
25^{+41}_{+20}	30^{+56}_{+35}	20 - 25 - 32 - 40
25^{+41}_{+20}	32^{+68}_{+43}	20 - 25 - 32 - 40



Tolérances

Coussinets à l'état libre

Ø intérieur - Ø 1 ≤ 50 mm	tolérance..... F7
Ø intérieur - Ø 1 > 50 mm	tolérance..... F8
Ø extérieur - Ø 2 ≤ 50 mm	tolérance..... s7
- Ø 2 > 50 mm	tolérance..... s8
Longueur - L > 10 mm	tolérance..... ± 1 %
Longueur - L ≤ 10 mm	tolérance..... ± 0,1 mm

Défaut de coaxialité Ø2 Ø1

écart des lectures extrêmes au comparateur pour un tour complet du coussinet monté sur un mandrin

Ø int. ≤ 25	tolérance..... 50 µm
Ø int. > 25	tolérance..... 70 µm

Coussinets après emmanchement

Toutefois, pour des coussinets de Ø int. ≥ 60, la tolérance d'alésage après emmanchement sera de H8.

Désignation

Un coussinet cylindrique de dimensions suivantes :
Ø int. 22 mm - Ø ext. 29 mm - L 36 mm
sera désigné par :
– sa nuance : COUSSINET METAFRAM BP 25 ou FP 15
– son symbole dimensionnel 22/29 × 36

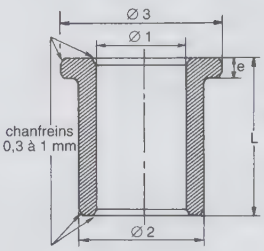
Ø intérieur mm (Ø1)	Ø extérieur mm (Ø2)	Longueur mm (L)
28^{+41}_{+20}	32^{+68}_{+43}	22 - 28 - 36 - 45
28^{+41}_{+20}	33^{+68}_{+43}	22 - 28 - 36 - 45
28^{+41}_{+20}	36^{+68}_{+43}	22 - 28 - 36 - 45
30^{+41}_{+20}	38^{+68}_{+43}	24 - 30 - 38
32^{+50}_{+25}	38^{+68}_{+43}	20 - 25 - 32 - 40 - 50
32^{+50}_{+25}	40^{+68}_{+43}	20 - 25 - 32 - 40 - 50
35^{+50}_{+25}	44^{+68}_{+43}	22 - 28 - 35
35^{+50}_{+25}	45^{+68}_{+43}	25 - 35 - 40 - 50
36^{+50}_{+25}	42^{+68}_{+43}	22 - 28 - 36 - 45
36^{+50}_{+25}	45^{+68}_{+43}	22 - 28 - 36 - 45
38^{+50}_{+25}	44^{+68}_{+43}	25 - 35 - 45

12.2.9. Coussinets autolubrifiants à collerette standard ISO

Toutes les dimensions ci-dessous existent en deux nuances autolubrifiantes standard : soit en bronze (référence BP25), soit en alliage ferreux cupro-plomb (référence FP15).

Sur demande
Avec création d'outillage : toutes cotes, tolérance, spécifications hors standard





Tolérances

Coussinets à l'état libre
Ø intérieur - Ø 1 tolérance.. F8
Ø extérieur - Ø 2 tolérance.. s8
Longueur - L > 10 tolérance.. ± 1 %
Longueur - L ≤ 10 tolérance.. ± 0,1 mm
Collerette
Ø ext. - Ø 3 tolérance.. js 13
Épaisseur - e tolérance.. js 14

Défaut de coaxialité Ø2 Ø1
écart des lectures extrêmes au comparateur pour un tour complet du coussinet monté sur un mandrin
Ø int. ≤ 25 tolérance.. 60 µm
Ø int. > 25 tolérance.. 80 µm

Coussinets après emmanchement

Désignation
Un coussinet à collerette de :
Ø int. 22 mm - Ø ext. 29 mm - L 36 mm
sera désigné par :
– sa nuance : COUSSINET METAFRAM BP 25 ou FP 15
– son symbole dimensionnel C 22/29 × 36 (C désignant les coussinets à collerette).

Corps		Collerette		Longueur du coussinet (L)
Ø intérieur mm (Ø1)	Ø extérieur mm (Ø2)	Ø extérieur mm (Ø3)	épaisseur mm (e)	
3^{+21}_{+7}	6^{+37}_{+19}	9	1,5	4 - 6 - 10
4^{+28}_{+10}	8^{+45}_{+23}	12	2	4 - 8 - 12
6^{+28}_{+10}	10^{+45}_{+23}	14	2	6 - 10 - 16
8^{+35}_{+13}	12^{+55}_{+28}	16	2	8 - 12 - 16
9^{+35}_{+13}	14^{+55}_{+28}	19	2,5	6 - 10 - 14
10^{+35}_{+13}	13^{+55}_{+28}	16	1,5	10 - 16 - 20
10^{+35}_{+13}	15^{+55}_{+28}	20	2,5	10 - 16 - 20
10^{+35}_{+13}	16^{+55}_{+28}	22	3	8 - 10 - 16
12^{+43}_{+16}	15^{+55}_{+28}	18	1,5	12 - 16 - 20
12^{+43}_{+16}	17^{+55}_{+28}	22	2,5	12 - 16 - 20 - 25
12^{+43}_{+16}	18^{+55}_{+28}	24	3	8 - 12 - 20
14^{+43}_{+16}	18^{+55}_{+28}	22	2	14 - 18 - 22
14^{+43}_{+16}	20^{+68}_{+35}	26	3	14 - 18 - 22 - 28
15^{+43}_{+16}	19^{+68}_{+35}	23	2	16 - 20 - 25
15^{+43}_{+16}	21^{+68}_{+35}	27	3	16 - 20 - 25 - 32
16^{+43}_{+16}	20^{+68}_{+35}	24	2	16 - 20 - 25
16^{+43}_{+16}	22^{+68}_{+35}	28	3	16 - 20 - 25 - 32
18^{+43}_{+16}	22^{+68}_{+35}	26	2	18 - 22 - 28
18^{+43}_{+16}	24^{+68}_{+35}	30	3	18 - 22 - 28
20^{+53}_{+20}	24^{+68}_{+35}	28	2	16 - 20 - 25
20^{+53}_{+20}	26^{+68}_{+35}	32	3	16 - 20 - 25 - 32
22^{+53}_{+20}	27^{+68}_{+35}	32	2,5	18 - 22 - 28
22^{+53}_{+20}	28^{+68}_{+35}	34	3	15 - 20 - 25 - 30
22^{+53}_{+20}	29^{+68}_{+35}	36	3,5	18 - 22 - 28 - 36
25^{+53}_{+20}	30^{+68}_{+35}	35	2,5	20 - 25 - 32
25^{+53}_{+20}	32^{+82}_{+43}	39	3,5	20 - 25 - 32
28^{+53}_{+20}	33^{+82}_{+43}	38	2,5	22 - 28 - 36
28^{+53}_{+20}	36^{+82}_{+43}	44	4	22 - 28 - 36
30^{+53}_{+20}	38^{+82}_{+43}	46	4	20 - 25 - 30
32^{+64}_{+25}	38^{+82}_{+43}	44	3	20 - 25 - 32
32^{+64}_{+25}	40^{+82}_{+43}	48	4	20 - 25 - 30 - 32
36^{+64}_{+25}	42^{+82}_{+43}	48	3	22 - 28 - 36
36^{+64}_{+25}	45^{+82}_{+43}	54	4,5	22 - 28 - 36
40^{+64}_{+25}	46^{+82}_{+43}	52	3	25 - 32 - 40
40^{+64}_{+25}	50^{+82}_{+43}	60	5	25 - 32 - 40
45^{+64}_{+25}	51^{+99}_{+53}	57	3	28 - 36 - 45
45^{+64}_{+25}	56^{+99}_{+53}	67	5,5	28 - 36 - 45
50^{+64}_{+25}	56^{+99}_{+53}	62	3	32 - 40 - 50
50^{+64}_{+25}	60^{+99}_{+53}	70	5	32 - 40 - 50
60^{+76}_{+30}	70^{+105}_{+59}	80	5	50 - 60

13. Composants de guidage en translation



Banque de **DONNÉES** | Guide de **CHOIX** | Fiche de **CALCULS** | Données dans **CD Rom**

13.1. Détermination d'un système de guidage — 390

13.2. Exemples de montage — 391

13.3. Guide de choix d'un type de guidage linéaire — 392

13.3.1. Systèmes de guidage linéaire — 392
13.3.2. Système de guidage à galets — 396
13.3.3. Guidages linéaires avec arbres et paliers. Douilles à billes — 398
13.3.4. Bagues Permaglide. Patins à rouleaux — 400
13.3.5. Glissières à aiguilles ou à revêtement de glissement — 402
13.3.6. Systèmes vis-écrous à billes — 404
13.3.7. Systèmes vis-écrous à billes trapézoïdaux — 404
13.3.8. Systèmes vis-écrous à billes. Exemples de montages — 407

13.4. Bases de calcul - Définitions — 408

13.4.1. Durée de vie — 408
13.4.2. Charges, généralités — 408
13.4.3. Charges de base — 408
13.4.4. Charges de base et durée de vie corrigées — 409
13.4.5. Frottement et lubrification — 409

13.5. Formulaire de calcul des charges équivalentes — 410

13.5.1. Cas simples — 410
13.5.2. Cas complexes — 410

13.6. Calculs : systèmes de guidage — 411

13.7. Systèmes de guidage à rouleaux — 412

13.7.1. Caractéristiques générales — 412
13.7.2. Caractéristiques de montage — 412
13.7.3. Exemple de montage — 413

13.8. Systèmes de guidage à billes — 414

13.8.1. Caractéristiques générales — 414
13.8.2. Caractéristiques de montage — 415
13.8.3. Désignation (selon INA) — 415

13.9. Éléments de guidage à billes — 416

13.9.1. Caractéristiques générales — 416
13.9.2. Caractéristiques de montage — 417
13.9.3. Tableau de dimensions des douilles à billes économiques (série KH) — 417

13.10. Éléments de guidage à rouleaux — 418

13.10.1. Caractéristiques générales — 418
13.10.2. Caractéristiques de montage — 418
13.10.3. Exemple de calcul — 419

13.11. Vis et écrous de précision à billes — 420

13.11.1. Conditions de choix de montage — 420
13.11.2. Critères de sélection pour vis à billes — 420
13.11.3. Écrous combinables avec vis à billes de précision roulées ou rectifiées — 422
13.11.4. Vis — 422
13.11.5. Extrémités de vis, formes pour extrémité gauche ou droite — 423
13.11.6. Ensembles paliers. Ensembles boîtiers d'extrémité. Boîtiers pour écrous — 424

13.12. Vis et écrous de précision à rouleaux — 425

13.12.1. Différents types de vis à rouleaux — 425
13.12.2. Etude comparative des vis à billes et des vis à rouleaux — 425
13.12.3. Présentation générale des vis à rouleaux satellites — 426
13.12.4. Présentation générale des vis à recirculation de rouleaux — 428

13.13. Modules linéaires — 433

13.13.1. Différents types de modules linéaires — 433
13.13.2. Exemples de fixation des modules linéaires — 434
13.13.3. Exemples d'association des modules — 435
13.13.4. Éléments de liaison — 435

13.14. Chariots linéaires — 436

13.14.1. Calculs de détermination — 436
13.14.2. Chariots linéaires fermés — 438
13.14.3. Chariots linéaires ouverts — 438
13.14.4. Modules linéaires compacts — 439

13.15. Tables sur rails de guidage — 440

13.15.1. Description et fonctionnement — 440
13.15.2. Appariement des tables et constitution de systèmes à mouvements croisés — 441
13.15.3. Sélection du moteur en fonction du variateur d'entraînement et de la commande — 441
13.15.4. Principes de calcul — 442

13.1. Détermination d'un système de guidage

Cas général :
– choix du type de guidage ou de plusieurs types « possibles » (**13.3.**) ;
– choix du type de montage ou de plusieurs types « possibles » (**13.3.**) ;
– calcul mécanique des forces et couples qui s'exercent sur le guidage dans le(s) cas choisi(s) (**13.5.**) ;
– calcul en vue de son dimensionnement **ou** vérification d'un guidage imposé par ses dimensions (**13.6.**).

DONNÉES

Le cahier des charges du mécanisme étudié
– le nombre de mécanismes prévu (série),
– le torseur des forces extérieures exercées sur le mécanisme (direction et intensité),
– la fréquence de translation $\mathbf{n_{osc}}$ en cycles par minute (c/min),
– les caractéristiques de la translation : précision, rigidité, accélération, vibrations...,
– les caractéristiques du montage : parallélisme des portées, montage-démontage, dans certains cas, le matériau des supports...,
– l'environnement extérieur : fluides, poussières, pollution...,
– les dimensions du guidage (encombrements limites) **OU** sa durée de vie **L***.

BESOIN

Le guidage
– le type de guidage, son étanchéité...,
– les caractéristiques du guidage (**C**, **Co**, $\mathbf{M_{ox}}$...) (**13.3.**),
– la durée de vie **L*** du guidage (**13.4.1.**),
– les dimensions du guidage (série, n°),
– les conditions de montage (parallélisme, différence de hauteur, fixation, réglage...).

* Voir cas types ci-dessous.

ÉLÉMENTS DU CHOIX (à prendre en compte)

Pour le choix du type de guidage et du type de montage (13.3.) :
– direction et sens des forces, des couples,
– ordre de grandeur de l'intensité des forces et des couples,
– précision et rigidité demandées pour la liaison,
– caractéristiques du montage (fixations, parallélisme, encombrement, facilités de montage),
– environnement intérieur (lubrification) et extérieur (pollution).

Pour le calcul du guidage (formulaire 13.5. et exemples 13.6.) :
– intensité des forces et/ou des couples,
– mode d'application des forces et des couples (**facteurs 13.4.4.**),
– caractéristiques de la translation (vitesse maxi, accélération...) (**formulaire 13.5.**),
– le type de guidage,
– les caractéristiques du guidage ou une évaluation (**C**, **Co**, $\mathbf{M_{ox}}$, **v**, **γ**) (**13.7. à 13.10.**).

CAS TYPES (principaux)

Cas type 1 : Dimensions limites du guidage ou guidage imposés (exemple 13.6.)
C'est en général un problème d'encombrement qui a déterminé les dimensions limites.
1) choix du type de guidage et du type de montage (ou de plusieurs types « possibles ») ;
2) calcul des forces et/ou des couples qui s'exercent sur le guidage ;
3) sélection d'un ou de plusieurs guidages ;
4) calcul de leur durée de vie **L** (kilomètres ou heures), vérification des couples limites en statique ;
5) choix définitif.

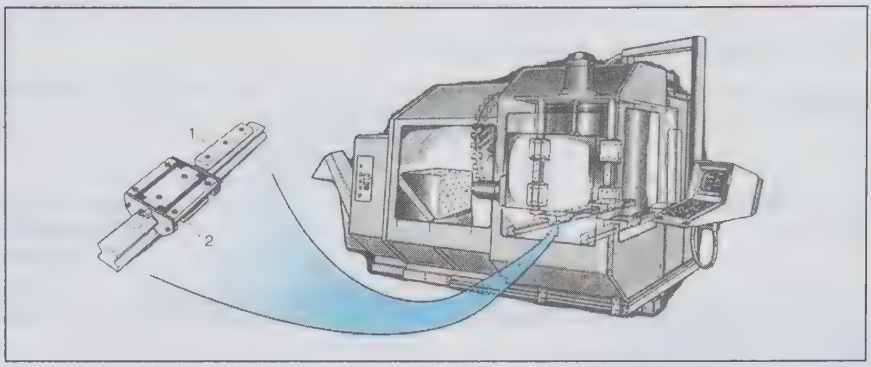
Cas type 2 : Durée de vie L du guidage imposée (exemple 13.6.)
1) choix du type de guidage et du type de montage (ou de plusieurs types « possibles ») ;
2) calcul des forces et/ou des couples qui s'exercent sur le guidage ;
3) calcul de **C/P mini**, calcul de **C** mini ;
4) sélection de guidages « possibles » ;
5) vérification de **L** pour les guidages sélectionnés ;
6) optimisation, choix définitif.

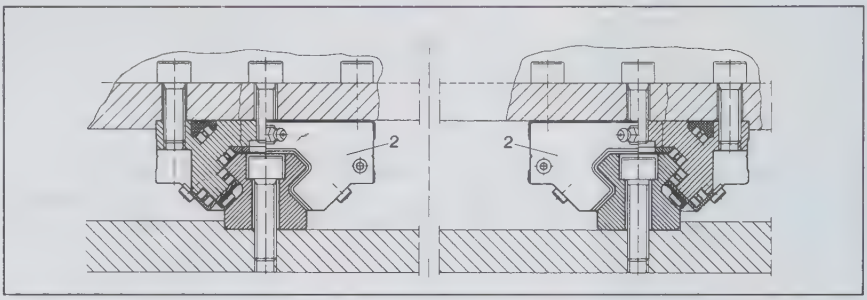
13.2. Exemples de montage

Centre d'usinage
Ameneur d'outils

Pour le guidage de cet ameneur d'outils, les systèmes de guidage à recirculation de rouleaux (13.3.) ont été adoptés en raison de leur rigidité, leur absence de jeu et leur simplicité d'utilisation.

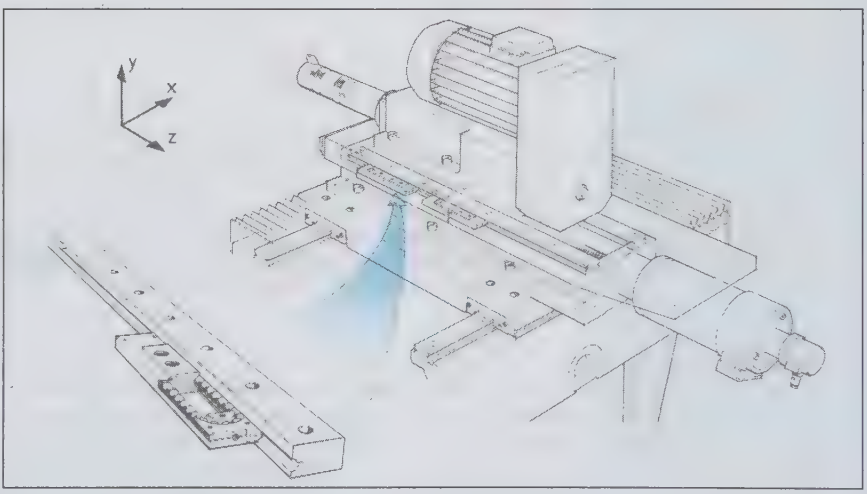
Afin d'obtenir un amortissement de vibrations correct, on y a associé un élément amortisseur (repère 1) basé sur le principe du film d'huile.

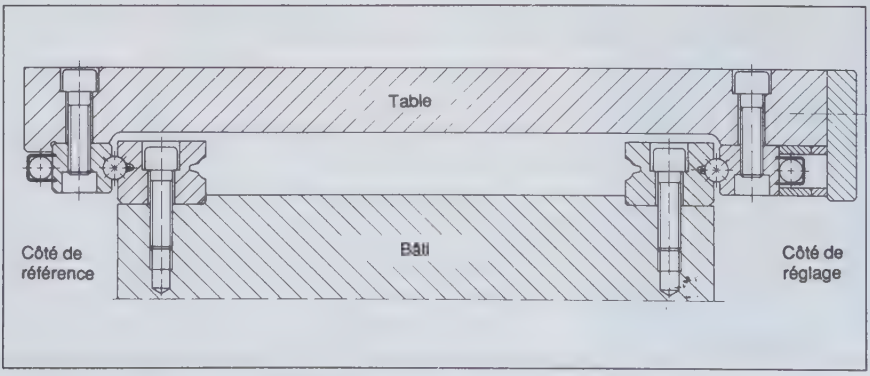




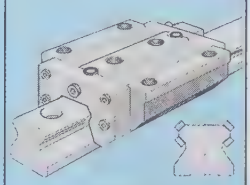
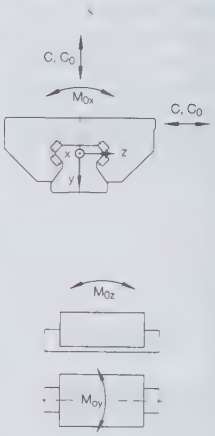
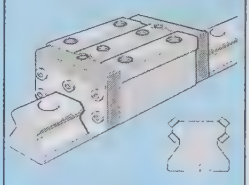
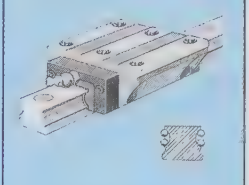
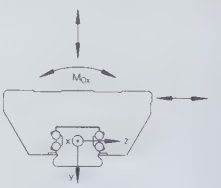
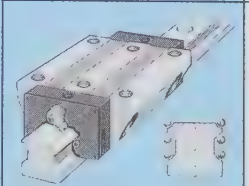
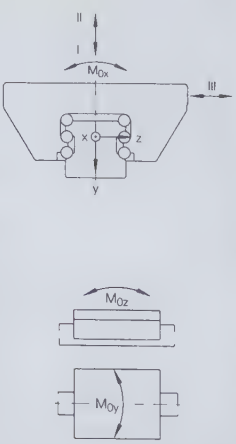
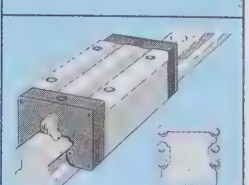
Unité d'usinage
Axe Z

Cette unité d'usinage est adaptée sur un module trois axes à commande numérique. Les guidages selon les axes x et y sont réalisés avec des systèmes de guidage à billes alors que le guidage de l'axe z est réalisé, pour un problème d'encombrement, en système « ouvert » avec des patins à recirculation de billes et des rails (13.3.). Cette disposition requiert un réglage du jeu lors du montage.



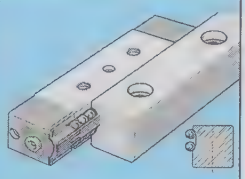
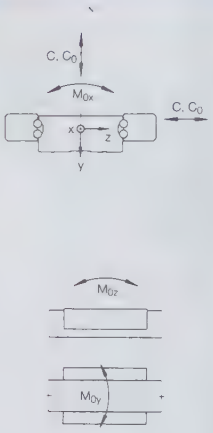
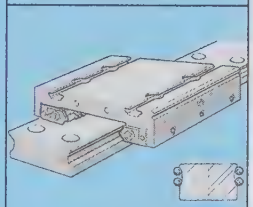
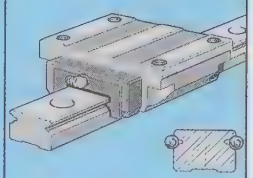
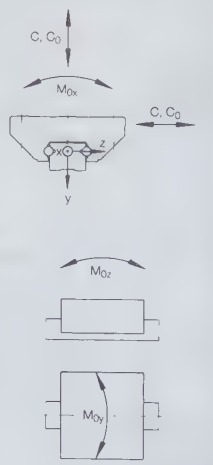
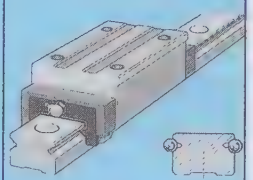
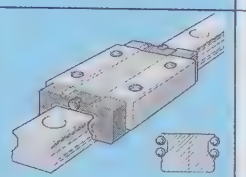
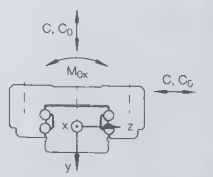


13.3.1. Systèmes de guidage linéaire

Aptitudes → / Type d'élément (réf. INA)		C Charge dynamique de base kN	C_o Charge statique de base kN	M_{ox} Couple statique de base Nm	v Vitesse maxi admissible m/min	γ Accélération maxi admissible m/s^2	Encombrement transversal mm	Course totale possible mm	Direction des charges
À rouleaux	 RUE..D/DL	28 à 270	65 à 640	350 à 7 600	120 à 180	50	25 à 65	illimitée	
	 RUE..DH/DHL								
À billes	 KUVE../L/H/S...	4,9 à 82	8,3 à 181	86 à 5 550	300	50	15 à 45	illimitée	
	 KUSE../L	22 à 125,4	52 à 312	358 à 5 584	300	500	20 à 55	illimitée	
	 KUSE..H/HL								

Précision ↓	Rigidité ↓	Montage ↓	Observations - Applications
Quatre classes possibles +++	++	Montage facilité par les faces de référence rectifiées. Les chariots sont livrés appairés avec les rails.	Forte capacité de charge dans deux directions (y et z). Reprise de couple autour des trois axes (Mox, Moy, Moz). Très bonne rigidité. Protection efficace par racleurs frontaux et joints longitudinaux. Recommandé pour machines-outils, centre d'usinage, robots industriels et pour toute machine de production nécessitant un fonctionnement précis et une grande rigidité.
Quatre classes possibles +++	++	Montage facilité par les faces de référence rectifiées. Les chariots peuvent être livrés avec les rails, ou séparément.	Bonne capacité de charge dans deux directions (y et z). Reprise de couple autour des trois axes (Mox, Moy, Moz). Très bonne rigidité. Protection efficace par racleurs frontaux et joints longitudinaux. Recommandé pour robots industriels et pour toute machine de production nécessitant un fonctionnement doux et précis.
Quatre classes possibles +++	++	Montage facilité par les faces de référence rectifiées. Les chariots peuvent être livrés avec les rails, ou séparément.	Forte capacité de charge dans deux directions (y et z). Reprise de couple autour des trois axes (Mox, Moy, Moz). Très bonne rigidité. Protection efficace par racleurs frontaux et joints longitudinaux. Recommandé pour petites machines-outils et robots industriels et pour toute machine de production nécessitant un fonctionnement précis et une grande robustesse.

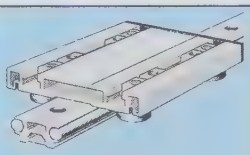
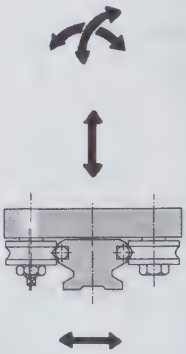
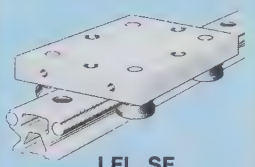
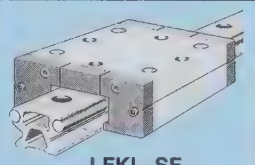
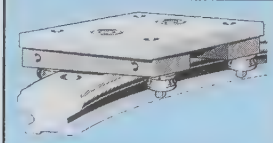
Systèmes de guidage linéaire (suite)

Type d'élément (réf. INA)		Charge dynamique de base C (kN)	Charge statique de base C_o (kN)	Couple statique de base M_{ox} (Nm)	Vitesse maxi admissible v (m/min)	Accélération maxi admissible γ (m/s^2)	Encombrement transversal (mm)	Course totale possible (mm)	Direction des charges
À billes	 Patin à billes KUVS	5,7 à 26	10,60 à 46,50	203 à 1 872	180	50	32 à 69	illimitée	
	 Chariot KWVK..AL								
	 KUE	6,5 à 28	9,20 à 37	73 à 658	180	50	10 à 35	illimitée	
	 KUE..H								
Miniature	 KUME..VA/BVA	0,64 à 4,80	2,06 à 9,60	6 à 93	180	50	7 à 15	illimitée	

Précision ↓	Rigidité ↓	Montage ↓	Observations - Applications
Une classe ++	+	Un réglage de la précharge est nécessaire au montage.	Bonne capacité de charge dans deux directions (y et z). Reprise de couple autour des trois axes (Mox, Moy, Moz). Bonne rigidité. Protection efficace par racleurs frontaux et joints longitudinaux. Recommandé pour robots industriels et pour toute machine de production nécessitant un fonctionnement doux et précis.
Deux classes ++	+	Montage facilité par les faces de référence rectifiées. Les chariots peuvent être livrés avec les rails, ou séparément.	Bonne capacité de charge dans deux directions (y et z). Reprise de couple autour des trois axes (Mox, Moy, Moz). Bonne rigidité. Protection efficace par racleurs frontaux et joints longitudinaux. Recommandé pour robots industriels et pour toute machine de production nécessitant un fonctionnement doux et précis.
Une classe +++	+	Montage facilité par les faces de référence rectifiées. Les chariots sont livrés appairés avec les rails.	Système de guidage miniature reprenant des charges dans deux directions (y et z) et des couples autour des trois axes (Mox, Moy, Moz). Bonne rigidité. Protection par racleurs frontaux et joints longitudinaux. Recommandé pour applications dans la micro-mécanique, l'électronique et les laboratoires.

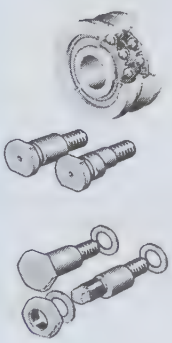
+++ : excellente, ++ : très bonne, + : bonne, = : moyenne.

13.3.2. Systèmes de guidage à galets

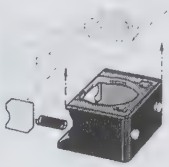
Type d'élément (réf. INA)	C kN	C_o kN	M_{ox} Nm	v m/min	γ m/s²	Encombrement transversal mm	Course totale possible mm	Direction des charges
 LFCL..	850 à 2 400	1 400 à 4 000	15 à 124	600	50	25 à 86	illimitée	
 LFL..SF	400 à 2 400	660 à 4 000	6 à 84	600	50	20 à 52	illimitée	
 LFKL..SF	400 à 4 800	660 à 8 000	6 à 166	600	50	20 à 52	illimitée	
 LFDL avec LFS..R	850 à 1 500	1 400 à 2 500	18 à 31	600	50	32 à 52	illimitée	

Accessoires

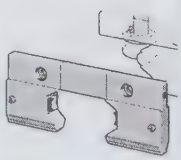
LFR, LFZ, LFE



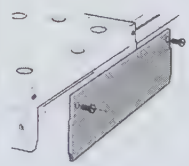
AB LFR, AB LFL



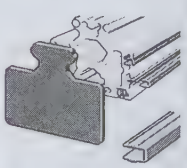
AB, ABW



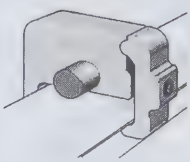
ABAL



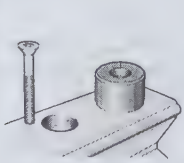
KA LFS, KA LFCL, NAD



PAH



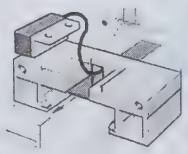
PASTP



LMS

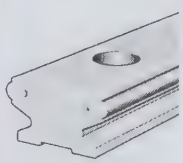
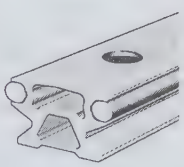
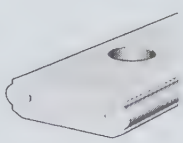
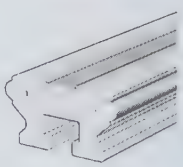
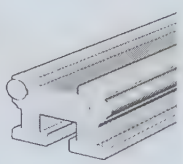
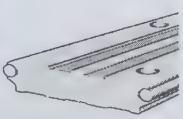
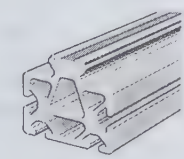
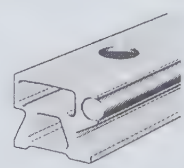
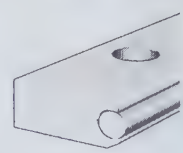
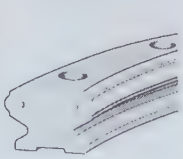


ABTKO LFKL



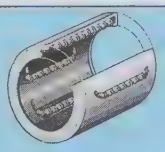
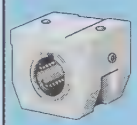
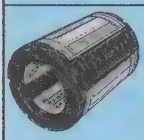
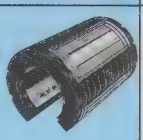
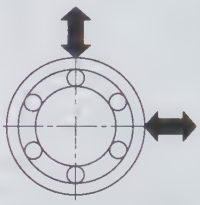
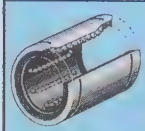
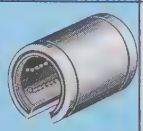
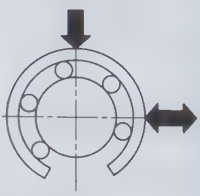
Précision	Rigidité	Montage	Observations - Applications
Une classe =	=	Simple à installer, ne nécessite pas de réglage du jeu de fonctionnement.	Chariot allégé, préréglé et économique pour applications légères. Grande douceur de fonctionnement. Possibilité version résistant à la corrosion. Grande vitesse sous faible charge. Recommandé pour manipulations légères, portes coulissantes, machines à bois, machines d'emballage, etc.
Une classe =	=	Simple à installer, ne nécessite pas de réglage du jeu de fonctionnement.	Chariot standard pour applications nécessitant des guidages linéaires performants et faciles à mettre en œuvre. Grande douceur de fonctionnement. Possibilité version résistant à la corrosion. Grande vitesse sous charge faible à moyenne. Recommandé pour manipulations légères à moyennes, machines à bois, machines d'emballage, etc.
Une classe =	=	Simple à installer, ne nécessite pas de réglage du jeu de fonctionnement.	Chariot compact permettant de réaliser facilement des systèmes de guidage à galets destinés à être utilisés dans un environnement pollué. Grande douceur de fonctionnement. Possibilité version résistant à la corrosion. Grande vitesse sous charge faible à moyenne. Recommandé pour manipulations légères à moyenne, machine à bois, machine d'emballage, etc.
Une classe =	=	Réglage du jeu de fonctionnement par axes excentriques.	Ce chariot se déplace sur des rails droits ou courbes. La combinaison de ces deux types de rails permet de réaliser des guidages comportant des secteurs courbes. Grande douceur de fonctionnement. Possibilité version résistant à la corrosion. Grande vitesse sous charge faible à moyenne. Recommandé pour manipulations légères à moyennes, machines à bois, machines d'emballage, etc.

Rails

LFS	LFS..C	LFS..F	LFS..N	LFS..NZZ
				
LFS..ZZ	LFS..M	LFS..CH	LFS..FH	LFS..R
				

+++ : excellente, ++ : très bonne, + : bonne, = : moyenne.

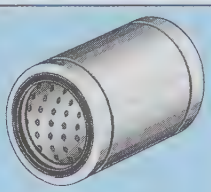
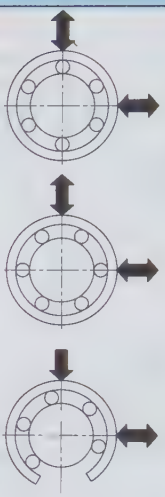
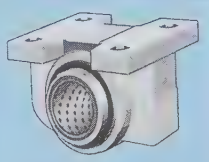
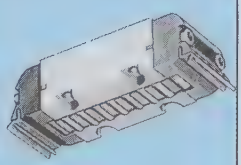
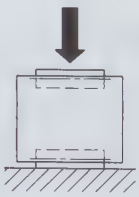
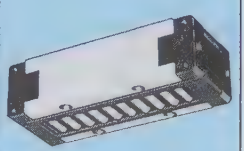
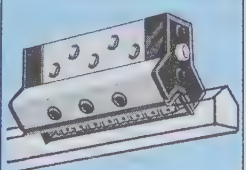
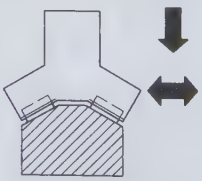
13.3.3. Guidages linéaires sur arbres et paliers - Douilles à billes

Aptitudes → / Type d'élément (réf. INA) ↓	Charge dynamique de base C (kN)	Charge statique de base C_o (kN)	Couple statique de base M_{ox} (Nm)	Vitesse maxi admissible v (m/min)	Accélération maxi admissible γ (m/s^2)	Diamètre de l'arbre (mm)	Longueur totale possible (mm)	Sollicitations
 **KH..**	340 à 6 800	239 à 7 000	–	2	50	6 à 50	limitée par la flèche de l'arbre	Les charges de base effectives des douilles à billes dépendent de l'orientation de la charge par rapport aux rangées de billes.
 **KGHK..B KTHK..B**  **KGHW..PP KGHWT..PP**								
 **KS..**  **KSO..**	900 à 15 100	810 à 10 400	–	2 à 5	50	12 à 50	limitée par la flèche de l'arbre pour KS, illimitée pour KSO sur arbre supporté	
  **KGS, KTSG, KGSO, KTSO...**								
 **KB.. KBS..**  **KBO..**	540 à 9 200	385 à 8 000	–	2 à 5	50	12 à 50	limitée par la flèche de l'arbre pour KB et KBS, illimitée pour KBO sur arbre supporté	
 **KGB.. KGBA.. KTB..**  **KGBO.. KFBAO.. KTBO..**								Exemples de sollicitations

Précision ↓	Rigidité ↓	Montage ↓	Observations - Applications
Une classe =	=	Emmanchées serrées dans leur logement, elles sont immobilisées sans qu'il soit utile de prévoir un arrêt en translation.	Les douilles à billes de la série compacte sont des éléments de guidage linéaire de faible dimension et d'encombrement radial réduit. Proposées avec ou sans étanchéités, elles sont également disponibles en version traitée anticorrosion Corrotect®. Elles permettent la réalisation de guidages économiques dans les domaines de l'automation. KGHK..B PP AS palier série compacte en aluminium à simple douille KTHK..B PP AS palier série compacte en aluminium à deux douilles KGHW..PP palier auto-aligneur à semelle en tôle emboutie zinguée KGHWT..PP palier applique auto-aligneur en tôle emboutie zinguée
Une classe =	=	Immobilisation en translation par circlips ou vis latérale.	Les douilles à billes de la série KS sont auto-alignantes. L'inclinaison de l'arbre peut atteindre des valeurs allant jusqu'à ± 40 minutes d'angle. Ces douilles se caractérisent par un fonctionnement très doux, des capacités de charge élevées et un entretien réduit, voire nul. Elles permettent la réalisation de guidages fiables, performants et économiques dans les domaines de l'automation. KGS... palier en zamak en version fermée à une douille KTSG... palier en aluminium extrudé en version fermée à deux douilles KGSO... palier en zamak en version ouverte à une douille KTSO... palier en aluminium extrudé en version ouverte à deux douilles Nombreuses autres combinaisons possibles.
Une classe =	=	Immobilisation en translation par circlips ou vis latérale.	Les douilles à billes de la série massive KB ont un fonctionnement silencieux, une grande rigidité, un faible frottement. Proposées avec ou sans étanchéité, elles sont également disponibles en version traitée anticorrosion Corrotect®. Elles permettent la réalisation de guidages précis et performants dans les domaines de l'automation. KGB... KGBA... palier en zamak en version fermée à une douille KGBO... KGBAO... palier en zamak en version ouverte à une douille KTB... palier en aluminium extrudé en version fermée à deux douilles KTBO... palier en aluminium extrudé en version ouverte à deux douilles

+++ : excellente, ++ : très bonne, + : bonne, = : moyenne.

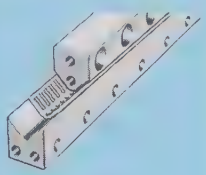
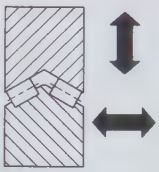
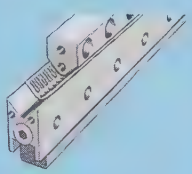
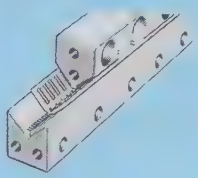
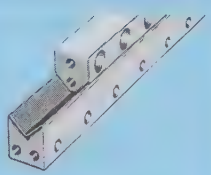
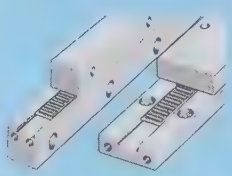
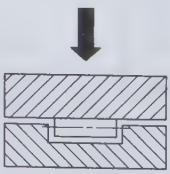
13.3.4. Bagues Permaglide. Patins à rouleaux

Type d'élément (réf. INA)		C (kN)	C_o (kN)	M_{ox} (Nm)	v (m/min)	γ (m/s²)	Diamètre de l'arbre et taille (mm)	Longueur (mm)	Sollicitations
Bagues Permaglide	 PAB - PABO Bague Permaglide	–	60 à 1 000	–	3 maxi	50	12 à 50	Limitée par la flèche de l'arbre pour PAB, illimitée pour PABO sur arbre supporté	
	 PAGBA, PAGBAO Palier à bague Permaglide								
Patins à rouleaux	 RUS..	42 à 465	33 à 345	–	50 à 100	50	Taille 19 069 à 85 280	illimitée	
	 PR..	21,7 à 790	17,6 à 620	–	120	70	Taille 14 032 à 14 182	illimitée	
	 RUSW..	50	125		100	50	Taille 4 020	illimitée	

Précision ↓	Rigidité ↓	Montage ↓	Observations - Applications
Une classe	=	Immobilisation en translation par circlips ou construction adjacente.	Les douilles à bague Permaglide de la série PAB ont des capacités de charge statique très élevées. Elles sont insensibles aux chocs et aux impuretés et peuvent fonctionner avec un graissage réduit. PAGBA... palier en zamak en version fermée à une douille PAGBAO... palier en zamak en version ouverte à une douille Les capacités de charge des douilles à bague Permaglide sont limitées par la résistance des corps de palier.
+++	+++	Montage de haute précision et possibilité de réglage à l'aide de cales séparées ou intégrées.	Très grande capacité de charge et forte rigidité. Haute précision de fonctionnement. Possibilité de regraissage par le corps ou les pièces de tête. Étanchéité par joints racleurs intégrés. Recommandé pour machines-outils lourdes, centre d'usinage, machines d'électroérosion, machines d'essai.
+++	+++	Montage de haute précision et possibilité de réglage à l'aide de cales séparées.	Très grande capacité de charge et forte rigidité. Vitesse et accélération élevées. Haute précision de fonctionnement. Dimensions en cotes pouce. Possibilité de regraissage par le corps ou les pièces de tête. Étanchéité par joints racleurs additionnels (suffixe PP). Recommandé pour machines-outils lourdes, centre d'usinage, machines d'électroérosion, machines d'essai.
+++	+++	Particulièrement bien adaptés aux montages fermés par la disposition à 90° de deux recirculations de rouleaux.	Très grande capacité de charge et forte rigidité. Haute précision de fonctionnement. Regraissage par graisseur à cuvette. Étanchéité par joints racleurs et joints longitudinaux. Recommandé pour machines-outils lourdes, centre d'usinage, machines d'électroérosion, machines d'essai.

+++ : excellente, ++ : très bonne, + : bonne, = : moyenne.

13.3.5. Glissières à aiguilles ou à revêtement de glissement

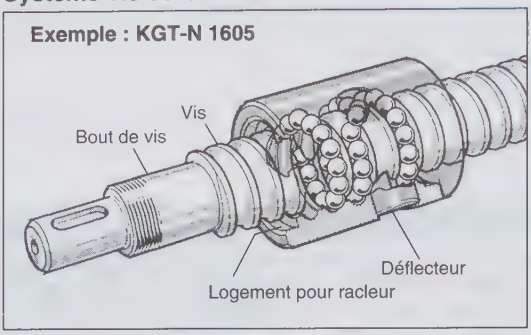
Type d'élément (réf. INA)	Charge dynamique de base C (kN)	Charge statique de base C_o (kN)	Couple statique de base M_{ox} (Nm)	Vitesse maxi admissible v (m/min)	Accélération maxi admissible γ (m/s^2)	Taille (mm)	Longueur totale possible (mm)	Sollicitations
 M/V				inférieure à 5	250 maxi	3 015 à 8 550	500 maxi	
 ML/V				inférieure à 5	250 maxi		500 maxi	
 MVZ				inférieure à 5	100 maxi		500 maxi	
 M avec revêtement de glissement /V				3 maxi	250 maxi		500 maxi	
 J/S				inférieure à 5	250 maxi		500 maxi	

Précision	Rigidité	Montage	Observations - Applications
+++	La rigidité est fonction de la précharge et du type de montage	Précharge à régler par la construction adjacente ou des cales extérieures.	Se composent de rails de guidage de type M et V et de cage linéaire en équerre. Utilisés en montage fermé ou comme paliers fixes dans les montages ouverts. Très grande capacité de charge et rigidité. Précision élevée pour des courses limitées.
+++		Précharge effectuée par le lardon de réglage.	Se composent de rails de guidage de type ML avec lardon de réglage et V et de cage linéaire en équerre. Utilisés en montage fermé ou comme paliers fixes dans les montages ouverts. Très grande capacité de charge et rigidité. Précision élevée pour des courses limitées.
+++		Précharge à régler par la construction adjacente ou des cales extérieures.	Se composent de rails de guidage de type M et V avec crémaillère intégrée et de cage linéaire en équerre avec pignon intégré. Utilisés en montage fermé ou comme paliers fixes dans les montages ouverts, s'il existe un risque de cheminement de la cage. Très grande capacité de charge et rigidité. Précision élevée pour des courses limitées.
–	–	Précharge à régler par la construction adjacente ou des cales extérieures.	Rails de guidage de type M avec revêtement de glissement combinés avec rails de guidage de type V. Sont utilisés pour des charges statiques ou oscillantes et également dans le cas où seul le graissage initial peut être réalisé (pas de regraissage possible).
+++	La rigidité est fonction de la précharge et du type de montage	Les pièces livrées par jeu sont appairées entre elles et doivent être montées ensemble.	Se composent de rails de guidage de type J et S et de cage linéaire. Utilisés comme paliers libres dans les montages ouverts. Très grande capacité de charge et rigidité dans un encombrement réduit. Précision élevée pour des courses limitées.

+++ : excellente, ++ : très bonne, + : bonne, = : moyenne.

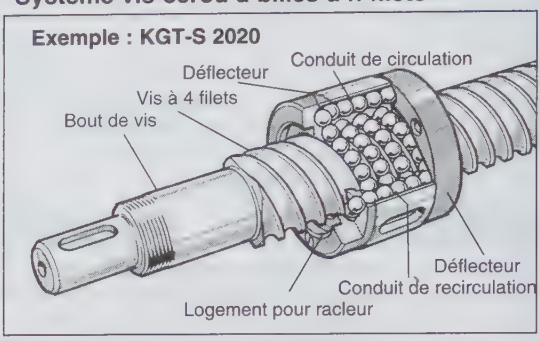
13.3.6. Systèmes vis-écrous à billes

Système vis-écrou à billes à 1 filet



Les pas les plus courants sont de 5 et 10 mm.

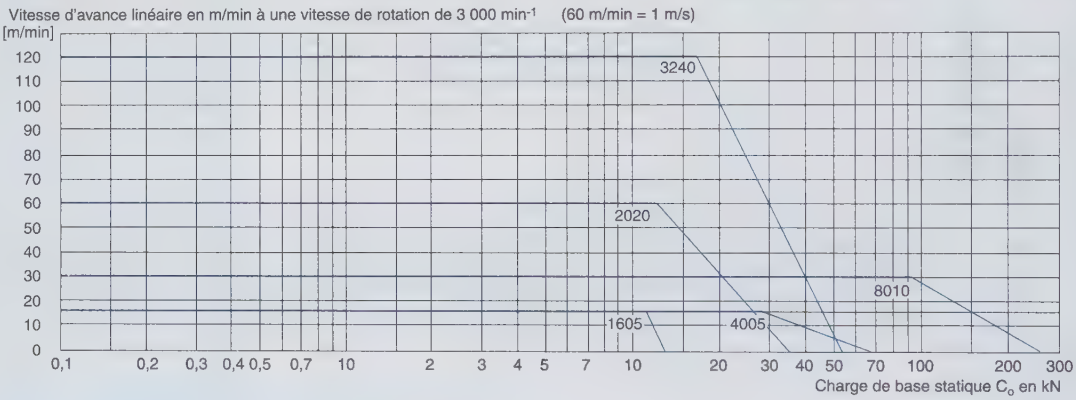
Système vis-écrou à billes à n filets



Les pas les plus courants pour un système à 4 filets sont de 20 et 40 mm.

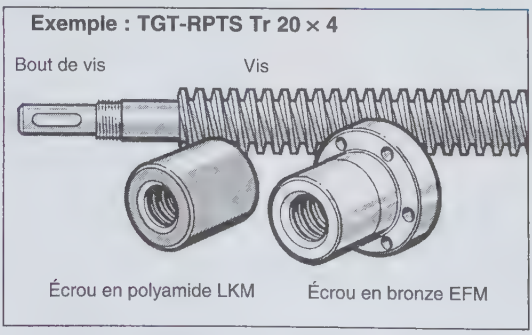
Domaine d'application

Le diagramme ci-dessous présente les possibilités d'application des vis-écrou à billes en fonction de la vitesse linéaire (vitesse de rotation maximale 3 000 tr/min) et la capacité de charge statique Co.



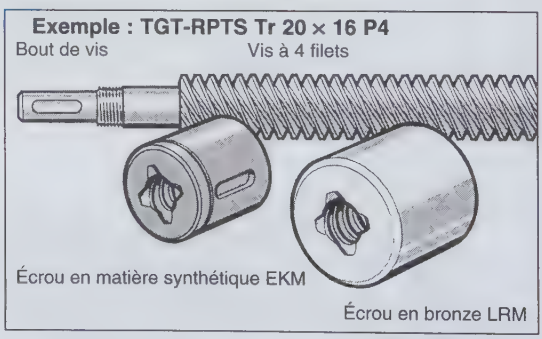
13.3.7. Systèmes vis-écrous trapézoïdaux

Système vis-écrou à 1 filet



Les vis trapézoïdales d'un angle d'hélice inférieur à 2,5° peuvent être considérées comme irréversibles.

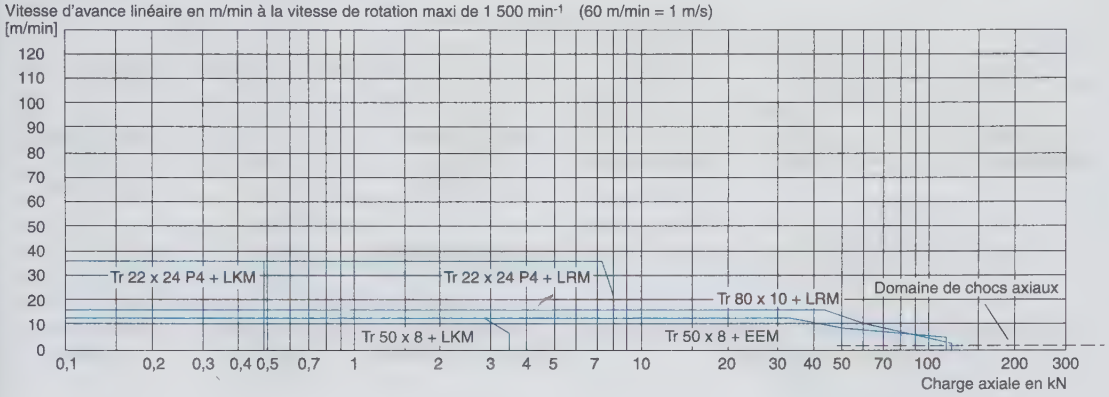
Système vis-écrou à n filets



Des vis à 2, 4 et 6 filets avec pas allant jusqu'à 24 mm sont réalisées.

Domaine d'application des vis à filets trapézoïdaux

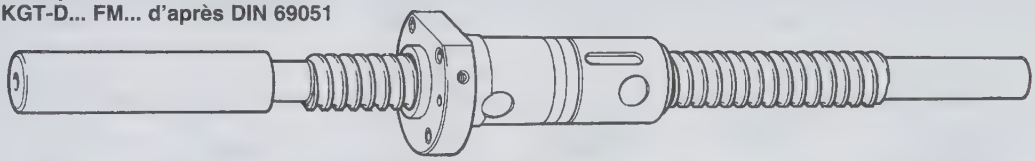
Le diagramme ci-dessous situe le domaine d'application de quelques vis trapézoïdales en fonction de la charge axiale et de la vitesse linéaire (n. maximale de la vis : 1 500 tr/min).
Comparativement aux vis à billes, il en ressort cependant une diminution sensible des vitesses d'avance et des charges axiales.
L'avantage principal des vis trapézoïdales, c'est leur capacité d'absorption de fortes charges, voire de chocs à faible vitesse ou à l'arrêt.



Description

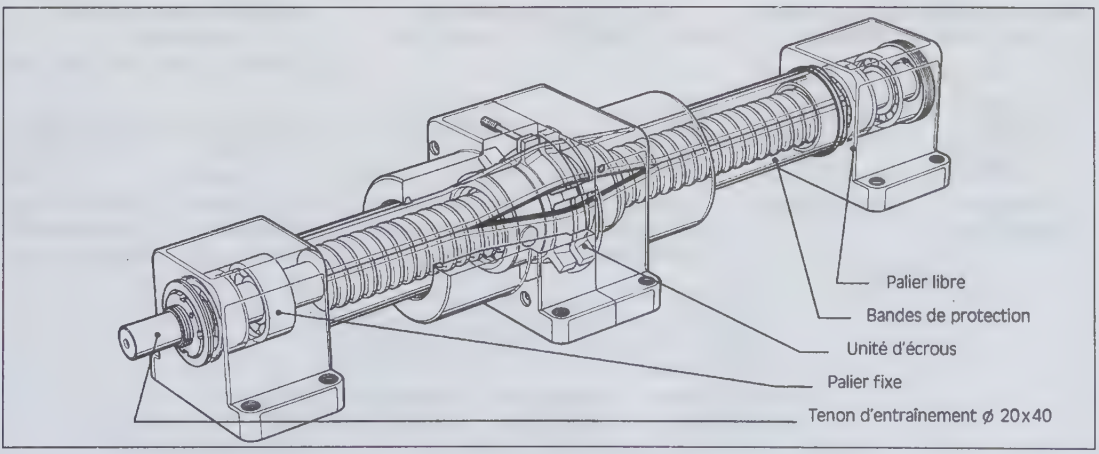
Unité complète avec ébauche des bouts de vis, avec écrou à billes à flasque

Exemple : Unité de vis à billes
KGT-D... FM... d'après DIN 69051



Système vis-écrou à billes entièrement protégé

Unité de translation entièrement carénée et se composant d'une vis, d'un palier fixe, d'un palier libre montés dans des boîtiers et d'un carter recevant un ensemble d'écrous préchargés.
Ce carter reçoit également le système d'effacement des bandes de protection de la vis et le système de précharge des écrous.



Systèmes vis-écrous à billes. Accessoires


KGS-050/200
Vis à billes à 1 filet


KGF-N
Écrou à billes à flasque

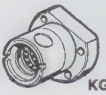

KGM-N
Écrou à billes cylindrique


KGS-050/200
Vis à billes à 4 filets


KGF-S
Écrou à billes à flasque à 4 filets


KGM-S
Écrou à billes à flasque à 4 filets


KGS-025
Vis à billes à filets rectifiés


KGF-D
Écrou à billes de précision


KGM-D
Écrou à billes de précision


FF
Unité d'écrou à billes préchargé


FM
Unité d'écrou à billes préchargé


MM
Unité d'écrou à billes préchargé


KGT
Unité complète composée des différents éléments répertoriés ci-dessus


RPTS/RTS
Vis trapézoïdale de précision

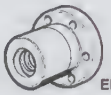

KSM
Écrou acier cylindrique


SKM
Écrou acier 6 pans


LRM
Écrou en bronze cylindrique

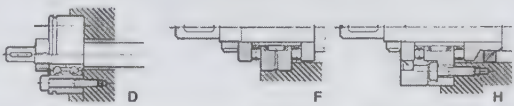

FMR
Écrou en bronze à flasque

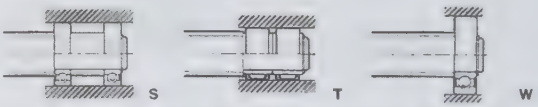

FMG
Écrou en fonte grise à flasque

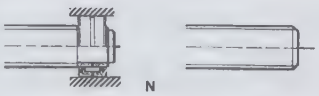

EFM
Écrou en bronze à flasque


LKM
Écrou polyamide cylindrique

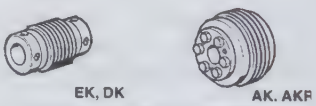

EKM
Écrou en turcite cylindrique


D F H
Bouts de vis standard pour vis à billes et vis trapézoïdales


S T W
Bouts de vis standard pour vis à billes et vis trapézoïdales


N Z
Bouts de vis standard pour vis à billes et vis trapézoïdales


GS RA RG
Accouplements élastiques Fonte d'aluminium Fonte grise


EK, DK AK. AKR
Accouplements à soufflet métallique (montage par manchon conique)


KON
Flasque d'adaptation


KAR
Flasque cardan


SF
Protecteur à ressort hélicoïdal

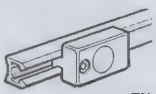

BP
Socle à visser en bout fileté de la vis


GKB
Chape à visser sur un bout fileté de la vis


GK
Chape à visser sur un bout fileté de la vis


HR
Volant en fonte d'aluminium

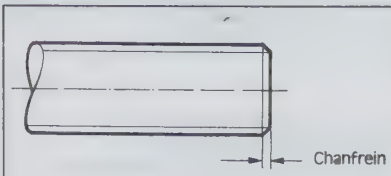

FB
Protecteur à soufflet


EN
Interrupteur de fin de course, inductif

13.3.8. Systèmes vis-écrous à billes. Exemples de montages

Bouts de vis standard pour vis à billes KGT et vis trapézoïdales TGT

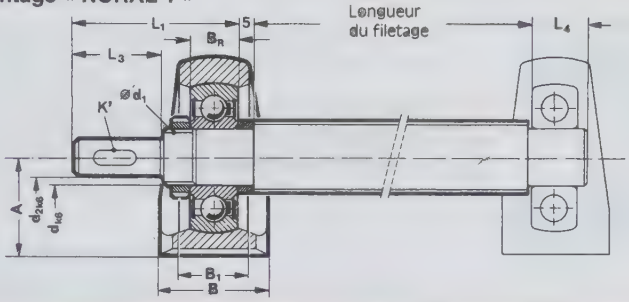
Forme Z



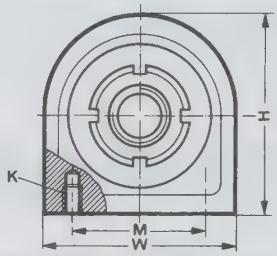
Chanfrein 2 × 45° : KGS à pas de 5,20 40 mm et TGS jusqu'à TR 36 × 6
Chanfrein 3 × 45° : TGS à partir de TR 40 × 7
Chanfrein 4 × 45° : KGS à pas de 10 mm

Forme G : Bout de vis recuit, suivant indications du client.
Forme K : Exécution spéciale, suivant plan du client.

Montage « NORAL 1 »



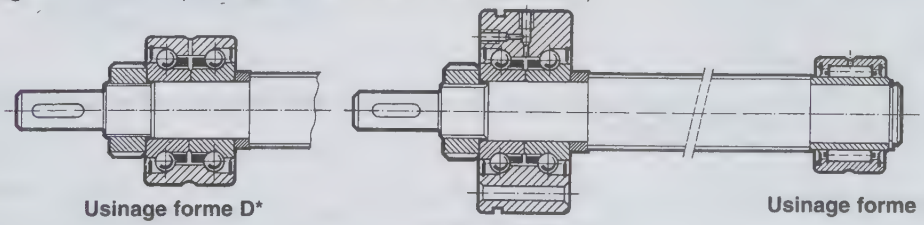
Palier complet BSHE avec roulement série 62..2 RS



KGT	TGT	Dimensions en mm														Palier BSHE ..2RS	Écrou GUK	Clavette K'	F_{ax} max (kN)
		A	B	B_1	B_R	d	d_1	d_2	L_1	L_3	L_4	H	K	M	W				
1605	Tr 18/20/22 x...	30,2	30	18	12	12	M 12 x 1	10	44	25	15	57	M 8	47	63	17	12 x 1	3 x 1,8 x 18	2,0
2005/20	Tr 24/26 x...	30,2	30	18	12	12	M 12 x 1	10	44	25	15	57	M 8	47	63	17	12 x 1	3 x 1,8 x 18	2,0
2505	Tr 28/30/32 x...	33,3	32	19	14	20	M 20 x 1	16	64	35	19	64	M 80	50,8	65	20	20 x 1	5 x 3 x 25	2,8
32... (1)	Tr 36 x...	36,5	36	21	15	25	M 25 x 1,5	20	70	40	20	70	M 10	50,8	70	25	25 x 1,5	6 x 3,5 x 28	3,4

(1) 3205, 3210, 3240

Montage « NORAL 3 » (combinaison de forme D/D* et de forme N)

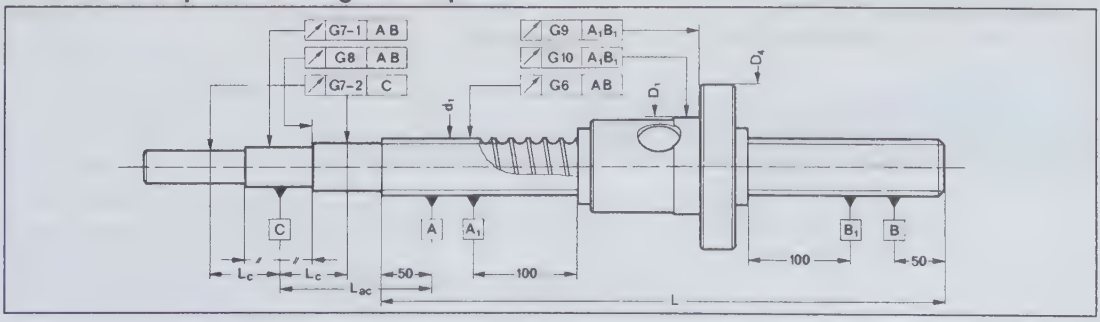


Usinage forme D*

Usinage forme D

Usinage forme N

Tolérances et spécifications géométriques



13.4. Bases de calcul - Définitions

13.4.1. Durée de vie

Durée de vie L_{10} (ou L)

Durée nominale en 10^5 m, atteinte ou dépassée par 90 % d'un nombre important de guidages à éléments roulants, avant l'apparition des premiers signes de fatigue des matériaux.

Dans tous les cas, la durée de vie en 10^5 m de chemin parcouru :

$$L_{10} = [C / P]^{p}$$

L_{10} = durée de vie nominale (10^5 m)
C = charge dynamique de base (N)
P = charge dynamique équivalente normale (N)
p = 3 si guidage à billes
= 10/3 si guidage à rouleaux

Dans tous les cas, la durée de vie en heures de fonctionnement :

$$L_{10h} = 833 / (n_{osc} . H) . [C / P]^{p}$$

ou :

$$L_{10h} = (1\,666 / v) . [C / P]^{p}$$

L_{10h} = durée de vie nominale en heures (h)
H = longueur de la course (m)
n_{osc} = nombre d'allers-retours/min (c/min)
v = vitesse moyenne sur un cycle (m/min)

13.4.2. Charges, généralités

Charge exercée sur l'élément de guidage (chariot ou patin)

Une étude mécanique de statique ou de dynamique permet de déterminer la résultante et le moment des forces qui s'exercent sur le(s) élément(s) de guidage.
Dans certains cas, il est nécessaire de distinguer plusieurs phases dans le cycle vitesse/temps, notamment les montées et descentes en vitesse (accélérations et décélérations) et de calculer une charge équivalente pondérée comme dans le cas des roulements page 304.

13.4.3. Charges de base

Charge dynamique de base C

C'est la charge fixe (direction et intensité), normale à l'élément qui permet à un groupe déterminé de roulements d'atteindre la durée de vie de **100 kilomètres**.

Charge statique de base Co

Co est défini comme la charge constante qui crée, au niveau du contact (élément roulant et chemin de roulement) le plus chargé, une pression de Hertz de 4 000 MPa à 4 600 MPa selon le type de produit.
La charge statique de base Co est à considérer comme un ordre de grandeur. Il est nécessaire de tenir compte des conditions d'application de la charge et, en particulier, du coefficient de sécurité statique mini (s_o) qui est spécifié dans le chapitre « caractéristiques générales » du produit concerné :

$$Po \leq Co / s_o$$

Si nécessaire, il faut utiliser la charge statique de base corrigée ou effective Cow (voir 13.4.4.).

13.4.4. Charges de base et durée de vie corrigées

Charge dynamique de base corrigée ou effective = Cw

$$Cw = f_H \cdot f_T \cdot f_s \cdot C$$

Alors :

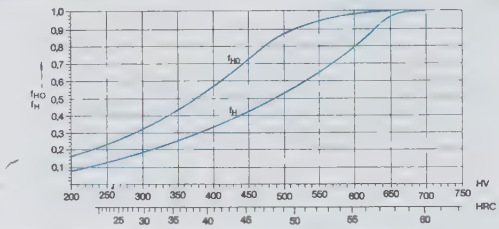
$$L_{10} = \left[f_H \cdot f_T \cdot f_s \cdot \frac{C}{P} \right]^p$$

Cw = charge dynamique de base corrigée (N)
f_H = facteur de dureté
f_T = facteur de température
f_S = facteur d'orientation de charge
C = charge dynamique de base catalogue (N)
ou
L_{10} = durée de vie nominale corrigée (10^5 m)
P = charge équivalente calculée (N)

f_H : facteur de dureté

Pour un bon fonctionnement, le chemin de roulement doit présenter une dureté > 58 HRC ou > 660 HV.
Si cette dureté est plus faible, la durée de vie et la capacité de charge s'en trouvent réduites. Il faut alors multiplier les charges de base par le facteur f_H ou f_{Ho} correspondant.

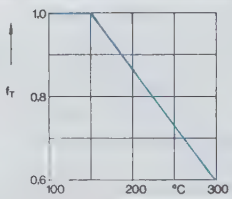
Facteur de dureté f_H et f_{Ho}



f_T : facteur de température

Les roulements peuvent, en général, être utilisés pour des températures de fonctionnement jusqu'à 120 °C.
Pour un fonctionnement à une température plus élevée, il est nécessaire de multiplier la charge dynamique de base par un coefficient f_T.

Facteur de température f_T



f_S : facteur d'orientation de charge : voir chapitre « caractéristiques générales » du produit concerné.

Charge statique de base corrigée ou effective = Cow

$$Cow = f_{Ho} \cdot f_{So} \cdot Co$$

Cow = charge statique de base corrigée (N)
f_{Ho} = facteur de dureté
f_{So} = facteur d'orientation de charge
Co = charge statique de base catalogue (N)

13.4.5. Frottement et lubrification

Résistance au frottement et au roulement

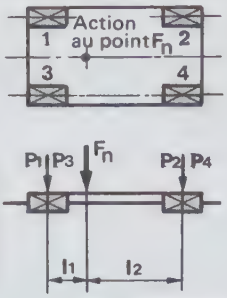
Les guidages à éléments roulants ont un frottement faible et constant au démarrage et en mouvement, ce qui garantit un fonctionnement régulier sans « stick-slip ».
Le coefficient de frottement est donné par :
– le type de guidage linéaire,
– la vitesse de fonctionnement,
– la viscosité du lubrifiant,
– la précision du montage.
– la charge appliquée,

La formule : F = f . P + F1 n'est applicable que si P est ≥ 10 % de Co.
F = force due au frottement de roulement (N)
P = charge équivalente sur le roulement (N)
f = coefficient de frottement (donnée constructeur, indiquée en début de chaque descriptif)
F_1 = force due au joint (se reporter aux catalogues des constructeurs ; varie d'un produit à l'autre et d'une dimension à l'autre).

La lubrification réduit les frottements trop importants et protège contre la corrosion :
– à la graisse (recommandée). En général : graisse au savon de lithium de type KP2K ou KP2 selon DIN 51825 ou DIN 51502 ;
– à l'huile filtrée : CLP ou HLP selon DIN 51524 avec ISO VG 10 à 62.

13.5.1. Cas simples

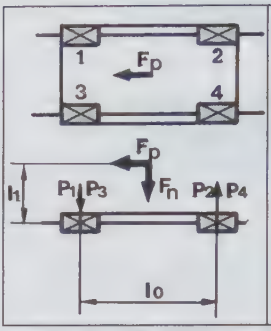
Deux systèmes de guidage par axe



$$P_1 = P_3 = \frac{l_2 \cdot F_n}{2 \cdot (l_1 + l_2)}$$

$$P_2 = P_4 = \frac{l_1 \cdot F_n}{2 \cdot (l_1 + l_2)}$$

Cas d'une force F_n seule



$$P_1 = P_3 = \frac{F_n}{4} + \frac{l_1}{2 \cdot l_0} \cdot F_p$$

$$P_2 = P_4 = \frac{l_1}{2 \cdot l_0} \cdot F_p \cdot \frac{F_n}{4}$$

Prédominance d'une force extérieure F_p
(force F_p qui n'est pas forcément centrée entre les deux guidages montés sur un seul arbre).

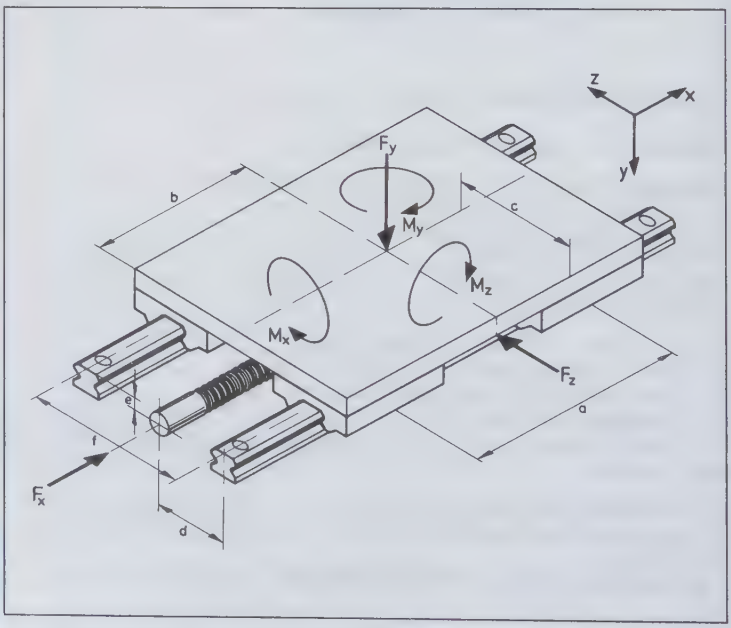
13.5.2. Cas complexes

Programmes de calcul

Les formulaires ne peuvent pas tenir compte de toutes les données. Pour des charges combinées, les valeurs fournies sont insuffisantes et erronées. Seuls des programmes de calcul permettent de respecter tous les paramètres.
De tels programmes de calcul définissent entre autres :
– les charges équivalentes dynamique (normale) P et statique P_o,
– les valeurs de déplacement et de rigidité.
La précharge effective peut être prise en considération.
Pour le calcul des cas d'application, les caractéristiques réelles doivent être connues.
Par exemple, les charges peuvent être indiquées comme représenté ci-dessous.

Exemple de représentation du paramètre « charge »

F_x	(N)
F_y	(N)
F_z	(N)
M_x	(N.m)
M_y	(N.m)
M_z	(N.m)
a	(mm)
b	(mm)
c	(mm)
d	(mm)
e	(mm)
f	(mm)



13.6. Calculs : systèmes de guidage

Exemple de cas type 1 : calcul d'une durée de vie

	DÉMARCHE	EXEMPLE
DONNÉES	**Cahier des charges** – Le mécanisme (exemple ci-contre) – La fréquence de translation – Le type de guidage (p = ?) – Les charges appliquées sur le guidage et leur mode d'application – Les encombrements limites (A × H × a) – Les charges de base, **C**, **Co**	**Axe de manipulateur** – Axe guidé sur deux patins – Cycles : n_{osc} = 6 c/min ; Course H = 1 m – Guidage à billes (p = 3) – Charge type I (§ 13.8) P = 4 000 N – Guidage (70 × 36 × 23) – C = 16 200 N, Co = 20 900 N
BESOIN	– La durée de vie $\mathbf{L_{10h}}$	$\mathbf{L_{10h}}$ **= ?**
CALCUL	1. Calcul de L_{10} (en 10^5 m) $L_{10} = \left[f_H \cdot f_T \cdot f_S \cdot \frac{C}{P} \right]^3$ 2. Calcul de L_{10h} (en heures)	1. Calcul de L_{10} $f_H = f_T = f_S = 1$ $L_{10} = \left[\frac{1 \times 1 \times 1 \times 16\,200}{4\,000} \right]^3 = 65\ (10^5\ m)$ 2. Calcul de L_{10h} (en heures)
RÉSULTATS	$L_{10h} = \frac{833}{H \cdot n_{osc}} \left[f_H \cdot f_T \cdot f_S \cdot \frac{C}{P} \right]^3$	$L_{10h} = \frac{833}{1 \times 6} \left(\frac{16\,200}{4\,000} \right)^3 \geq 9\,000$ h

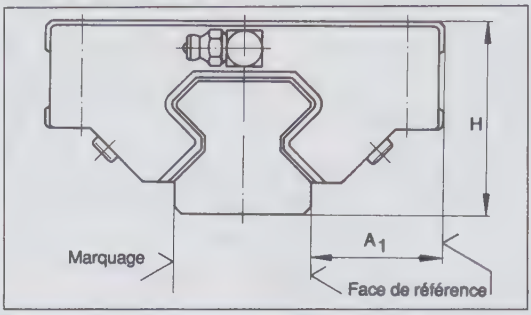
Exemple de cas type 2 : recherche d'un guidage

	DÉMARCHE	EXEMPLE
DONNÉES	**Cahier des charges** – Le mécanisme (exemple ci-contre) – La fréquence de translation – Le type de guidage (p = ?) – Les charges appliquées sur le guidage et leur mode d'application – La durée de vie souhaitée $\mathbf{L_{10h}}$ ou $\mathbf{L_{10}}$	**Table de machine spéciale** – Table sur quatre patins – Cycles : n_{osc} = 5 c/min ; Course H = 1 m – Guidage à billes (p = 3) – Charge constante P = 8 000 N également répartie sur les quatre patins - L_{10h} = 7 000 h mini
BESOIN	– Le guidage **(C, Co) ?**	– Le guidage **(C, Co) ?**
CALCUL	1. Calcul de L_{10} souhaité (en 10^5 m) $L_{10} = \frac{L_{10h} \cdot H \cdot n_{osc}}{833}$ 2. Calcul de la charge P sur chaque guidage 3. Calcul de C/P $L_{10} = \left[\frac{C}{P} \right]^3$ $\qquad \frac{C}{P} = L_{10}^{1/3}$ 4. Calcul de C $L_{10} = \left[f_H \cdot f_T \cdot f_S \cdot \frac{C}{P} \right]^3$	1. Calcul de L_{10} $L_{10} = \frac{7\,000 \times 1 \times 5}{833} = 42\ (10^5\ m)$ 2. Calcul de P $P = 8\,000/4 = \mathbf{2\,000\ N}$ 3. Calcul de C/P $\frac{C}{P} = 42^{1/3} = 3{,}48$ 4. Calcul de C $f_H = f_T = f_S = 1$
RÉSULTATS	$C \geq \left[\frac{C}{P} \right] \cdot \frac{P}{f_H \cdot f_T \cdot f_S}$ 5. Sélection d'un guidage dans les données	$C \geq 3{,}48 \cdot \frac{2\,000}{1 \times 1 \times 1} = 6\,955$ N 5. Sélection d'un guidage : KUE 25 (70 × 36 × 23) avec C = 16 200 N

13.7.1. Caractéristiques générales

Les systèmes de guidage de la série RUE sont des ensembles de guidage linéaire à rouleaux jointifs, à capacité de charge élevée et prêts au montage. Ils peuvent supporter des charges et couples dans tous les sens.
Ce système de guidage se compose, au minimum, d'un chariot et d'un rail trempé et rectifié comportant quatre chemins de roulement orthogonaux. Le corps du chariot est également traité. Il peut être fixé par le haut ou par le bas. En vue d'une étanchéité efficace, le chariot est équipé de racleurs frontaux ainsi que de racleurs latéraux complétés par un passage étroit en tôle.

Précision et précharge

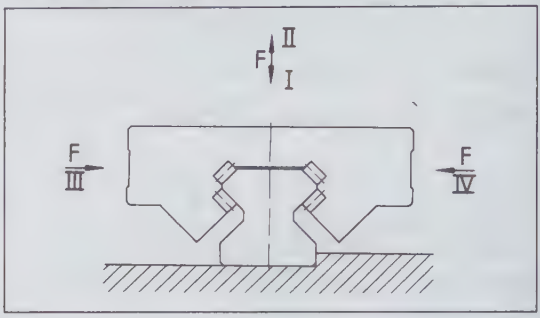


Tolérance de hauteur pour cote H	± 10 µm
Différence de hauteur Δ H (1)	5 µm
Tolérance de positionnement sur la cote A1	± 15 µm
Différence de positionnement Δ A1 (1)	10 µm

(1) différence de mesure entre plusieurs chariots de guidage sur un rail, mesure prise au même point du rail de guidage.

Classe de précharge unique correspondant à 4 % de Co.

Charges admissibles



Valables uniquement si on utilise des vis en qualité 12.9 pour la fixation :

F_I adm. = Co
F_{II} adm. = 0,9 × Co
F_{III} adm. = 0,25 × Co
F_{IV} adm. = 0,1 Co

Coefficient de sécurité statique :

$$s_o = Co/Po$$

Avec Co : charge statique de base
Po : charge statique équivalente

s_o ne devrait pas être inférieur à 4 pour obtenir un guidage de qualité.

Limites d'application

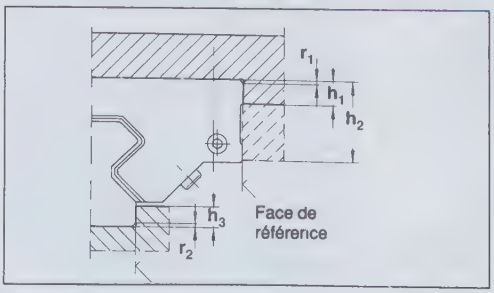
Désignation	Vitesse limite : v_{maxi} en m/min
RUE 35	180
RUE 45	150
RUE 55	120

Accélération maximale : γ maxi = 100 m/s²
Températures limites : θ mini = – 20 °C
θ maxi = + 100 °C

Coefficient de frottement (sans joint et sans racleur) : f = 0,003 à 0,006 pour des conditions normales d'utilisation.

13.7.2. Caractéristiques de montage

Dimensionnement des appuis



Désignation	r_1 maxi	h_1	h_2	r_2 maxi	h_3 maxi
RUE 35	1	8	26	0,8	6,5
RUE 45	1	10	33	0,8	8,5
RUE 55	1	12	30	0,8	9,5

Précision et géométrie des surfaces d'appui

La conception des guidages avec systèmes à rouleaux RUE dépend des exigences suivantes :
– précision,
– rigidité,
– capacité de charge.

Ces exigences ont une influence directe sur la construction adjacente et concernent en premier lieu :
– la précision des dimensions, de forme et de position des surfaces d'appui,
– la fixation des éléments de guidage,
– l'étanchéité des guidages.

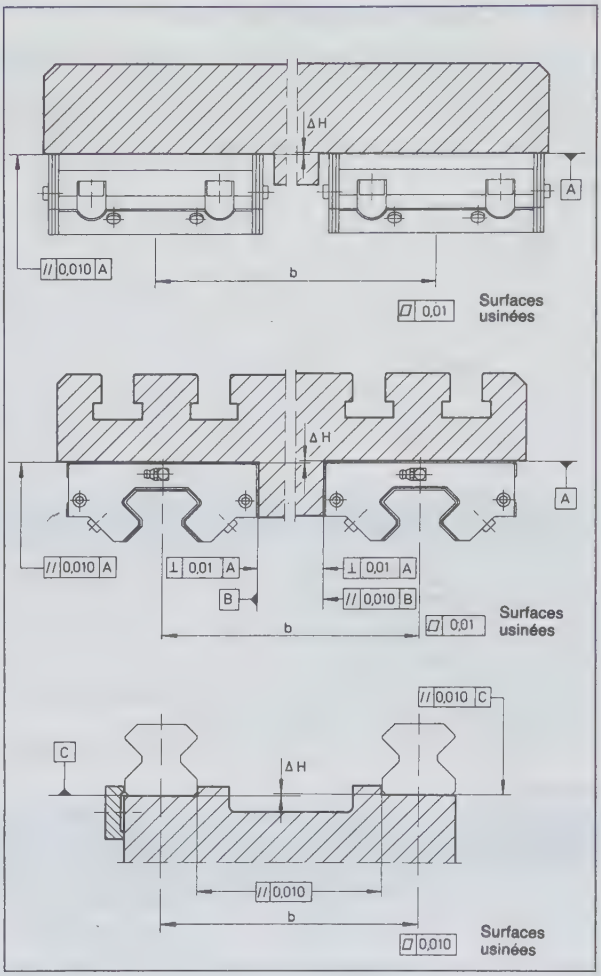
Plus les exigences en précision et en douceur de fonctionnement sont élevées, plus il faut veiller aux précisions des dimensions, de forme et de position.
Les surfaces d'appui doivent être planes et parallèles grâce, par exemple, à une rectification.
L'état de surface recommandé est de Ra 1,6 µm.
Au cas où la précision mentionnée ne peut être obtenue, la durée de vie s'en trouve réduite.

La différence de hauteur possible de la surface d'appui est donnée par la cote ΔH.
Avec l'utilisation des systèmes de guidage à rouleaux RUE, on peut admettre :

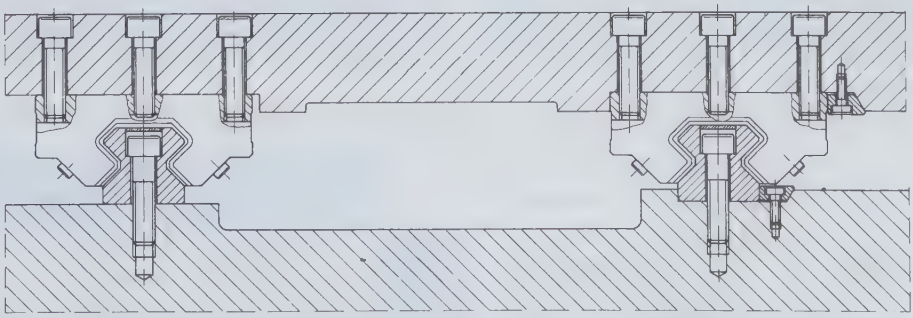
$$\Delta H \leq 0{,}075 \cdot b$$

ΔH (µm)
Différence de hauteur

b (mm)
Écart des rails de guidage parallèles



13.7.3. Exemple de montage



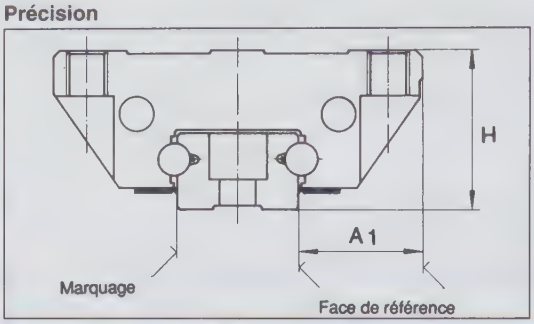
Côté positionnement Côté référence

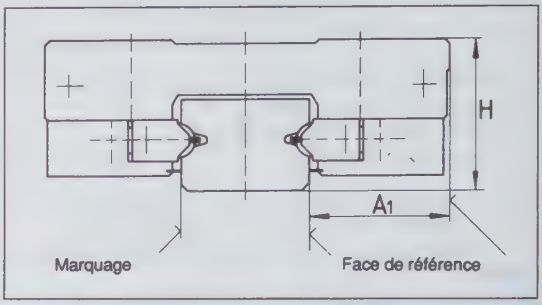
13.8. Systèmes de guidage à billes

13.8.1. Caractéristiques générales

Les systèmes de guidage des séries **KUE** et **KUME** sont des ensembles de guidage prêts au montage. Ils peuvent supporter des charges et couples dans tous les sens.
Ce système de guidage se compose au minimum d'un chariot et d'un rail trempé et rectifié comportant quatre chemins de roulement. Le corps du chariot est également traité. Il peut être fixé par le haut ou par le bas.
En vue d'une étanchéité efficace, le chariot est équipé de racleurs frontaux ainsi que de racleurs latéraux.

Précision





Classes de précision	G1	G2	G3
Tolérance de hauteur pour cote H (1)	± 10 µm	± 20 µm	± 50 µm
Différence de hauteur ΔH (2)	5 µm	10 µm	50 µm
Tolérance de positionnement sur cote A_1 (1)	± 15 µm	± 25 µm	± 50 µm
Différence de positionnement ΔA_1 (2)	10 µm	20 µm	50 µm

(1) Les tolérances indiquées sont les valeurs arithmétiques moyennes résultant de plusieurs points de mesure et se rapportant au centre du plan concerné.
(2) Différence de mesure entre plusieurs chariots de guidage dans un système de guidage à billes.

Précharge

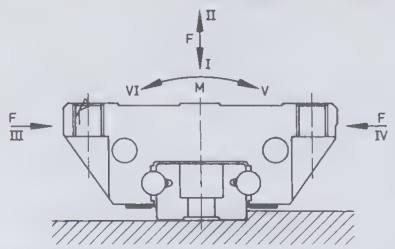
Classes de précharge	Valeur de la précharge (3)	Directives d'utilisation
V1	jeu nul	Guidage particulièrement doux et sans couple de renversement
V2	0,03 . Co	Guidage pour charges moyennes, grande rigidité, avec des couples de renversement
V3	0,06 . Co	Charges élevées, lorsqu'une rigidité particulièrement élevée est exigée, avec des couples de renversement.

(3) Co = charge statique de base.

Vitesse limite : **v maxi = 200 m/min**
Accélération maximale : **γ maxi = 50 m/s²**

Températures limites : **θ mini = – 20 °C**
θ maxi = + 120 °C

Limites d'application
Coefficient de frottement (sans joint et sans racleur) : f = 0,002 à 0,005 pour des conditions normales d'utilisation.



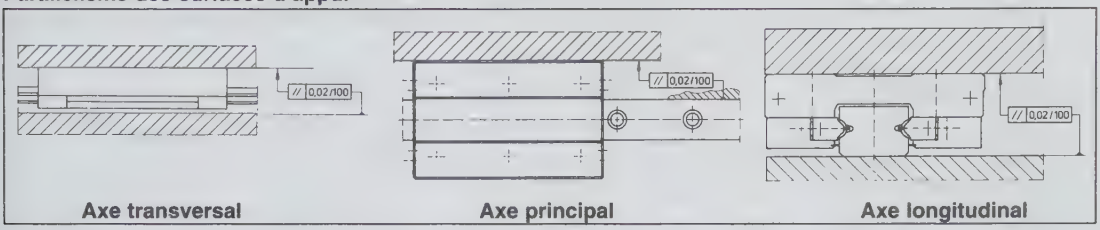
	I	II	III	IV	V	VI
$\frac{F}{Co}$	1	0,7	0,5	0,15	-	-
$\frac{M}{Mo}$	-	-	-	-	0,3	0,3

Charges admissibles

13.8.2. Caractéristiques de montage

La précision du guidage dépend, en grande partie, de celle des surfaces d'appui. Plus les exigences en précision et en douceur de fonctionnement sont élevées, plus il faut veiller aux surfaces d'appui.
Parallélisme : les indications ci-après sont basées sur des guidages qui devront satisfaire à des exigences sévères. Les systèmes de guidage fonctionnent également quand le parallélisme exigé n'est pas obtenu mais, dans ce cas, le rendement diminue.

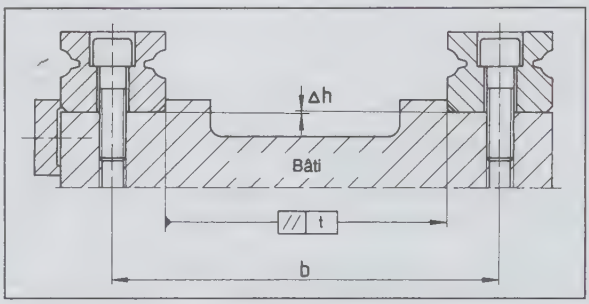
Parallélisme des surfaces d'appui



Axe transversal | Axe principal | Axe longitudinal

Parallélisme de rails de guidage montés
En vue d'une répartition uniforme de la charge, le déport en hauteur de la surface d'appui ne doit pas dépasser la valeur Δh. Côté libre, le déport en hauteur peut être déterminé par une position intermédiaire. Avec les systèmes de guidage à billes, on peut admettre au maximum :

$$\Delta h = 0{,}2 \cdot b$$

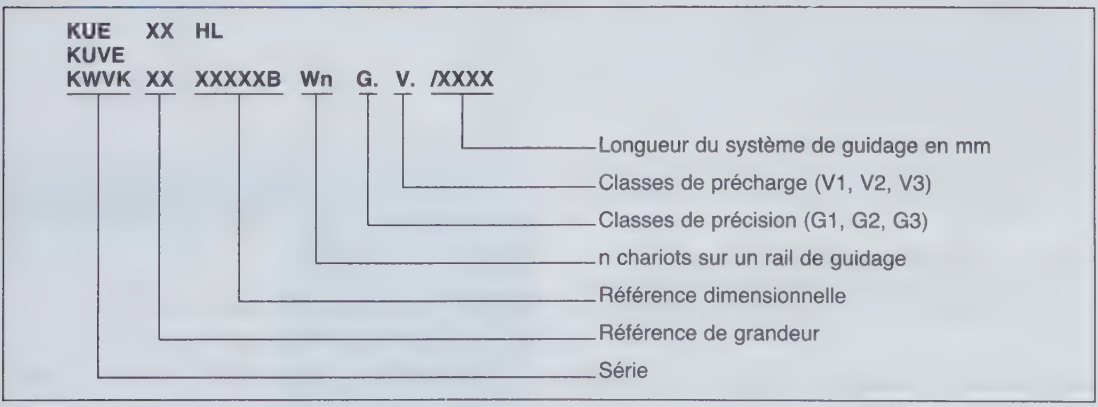


Δh (µm) : différence de hauteur
b (µm) : écart des rails de guidage parallèles

Parallélisme pour t dans le rail de guidage monté (valeurs en µm)

Classe de précharge	Référence de grandeur				
	05/15	06/25	08/35	10/45	13
V1	22	28	35	44	50
V2	13	17	19	26	27
V3	8	10	13	16	32

13.8.3. Désignation (selon INA)



13.9. Éléments de guidage à billes

13.9.1. Caractéristiques générales

Les guidages par recirculation de billes se composent d'un large programme de douilles, de paliers prêts à l'emploi, ainsi que de divers types d'arbres avec supports. Les éléments principaux de ces types de guidage sont les douilles à recirculation de billes, des roulements de précision avec une douceur exceptionnelle de fonctionnement.
En service avec des arbres de précision, les douilles à billes trouvent leurs applications, en particulier, dans les guidages linéaires où sont recherchés de grandes courses, de faibles efforts de déplacement, une grande précision de positionnement, l'absence d'usure et de longues durées d'utilisation.
Afin de profiter au maximum de la précision et de la durée des douilles à billes en présence d'un couple, il faut prévoir, soit un montage sur deux douilles si l'on est en présence d'un guidage avec un seul arbre, soit un montage sur trois douilles au minimum s'il y a deux arbres parallèles.

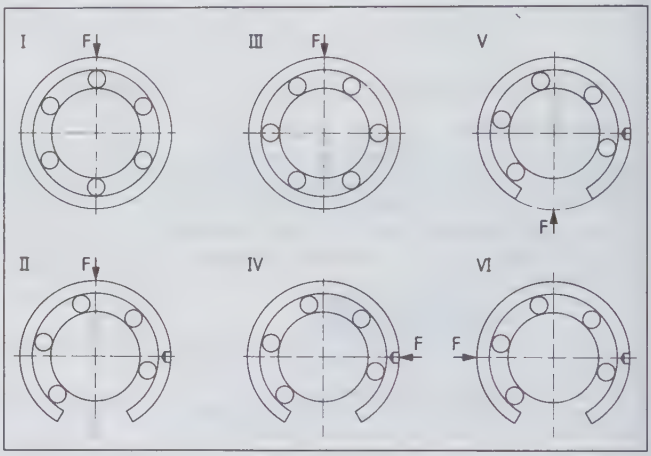
Charges admissibles

Si les roulements sont sollicités suivant les cas de charge III à VI, les charges de base effectives peuvent être calculées suivant les formules ci-dessous :

$$Cw = f_S \cdot C$$
$$Cow = f_{SO} \cdot Co$$

Cw = charge dynamique de base effective en N
f_S = facteur dynamique d'orientation de charge
C = charge dynamique de base en N
Cow = charge statique de base effective en N
f_{SO} = facteur statique d'orientation de charge
Co = charge statique de base en N

Cas de charge



Facteurs d'orientation de charge pour douilles fermées et fendues

Diamètre d'arbre	KH		KB, KBS, KN	
	$f_{S\,III}$	$f_{SO\,III}$	$f_{S\,III}$	$f_{SO\,III}$
6, 8, 10	1,15	1,4	-	-
12	1,2	1,45	1,2	1,45
14	1,2	1,45	-	-
16	1,2	1,45	1,2	1,45
20, 25	1,05	1,3	1,05	1,3
30	1	1,15	1,05	1,3
40, 50	1	1,1	1,05	1,3
$f_{S\,I} = f_{SO\,I} = 1$				

Facteurs d'orientation de charge pour douilles à billes ouvertes

Diamètre d'arbre	KBO					
	$f_{S\,IV}$	$f_{SO\,IV}$	$f_{S\,V}$	$f_{SO\,V}$	$f_{S\,VI}$	$f_{SO\,VI}$
12, 16	0,85	0,85	0,45	0,4	1,05	1,15
20, 25, 30, 40, 50	1	1	0,55	0,55	1	1
Diamètre d'arbre	**KBO**					
	$f_{S\,IV}$	$f_{SO\,IV}$	$f_{S\,V}$	$f_{SO\,V}$	$f_{S\,VI}$	$f_{SO\,VI}$
12, 16	1	1,05	0,4	0,35	0,85	0,8
20, 25, 30, 40, 50	1,05	1,15	0,6	0,6	1,05	1,15
$f_{S\,II} = f_{SO\,II} = 1$						

Coefficient de sécurité statique

s_O = Co/Po ne devrait pas être inférieur à 2 pour un guidage de qualité avec les douilles KB ou KN et à 3 avec les douilles KH.

Dureté de l'arbre et profondeur nécessaires

670 HV mini pour une profondeur de 0,4 à 2,2 mm suivant son diamètre. Une rugosité Ra 0,3 est recommandée.

Coefficient de frottement (sans joint et sans racleur)

f = 0,001 à 0,003 pour KB, KN
0,003 à 0,005 pour KH.

Limites de fonctionnement

		Type		
		KH	KB	KN
Vitesse	(m/s)	2	5	5
Accélération	(m/s^2)	50	50	50
Température mini	(°C)	– 30	– 30	– 30
Température maxi	(°C)	+ 120	+ 100	+ 100

13.9.2. Caractéristiques de montage

Tolérances arbres et logements

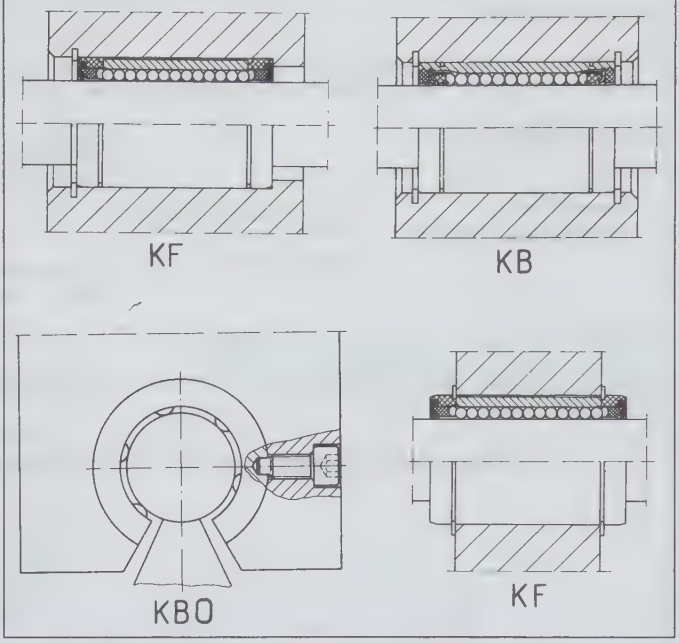
Douilles à bague tôle KH : arbre h6 et logement H7 (acier)/K7 (alliage léger)
Douilles à bague massive KB et KF : arbre h6 et logement H7

Montage et fixation

Montage des douilles à billes, séries KH, KH...P, KH...PP
Les douilles à billes de ces séries sont emmanchées serrées dans leur logement et ne nécessitent aucun arrêt axial supplémentaire. Pour le montage, il est recommandé d'utiliser un mandrin dont l'épaulement prendra appui sur la face marquée du roulement.
Le diamètre de l'épaulement du mandrin devra être inférieur de 0,2 à 0,3 mm à celui de l'alésage.
Le diamètre de centrage aura une cote inférieure de 0,025 au diamètre nominal de l'arbre.
Il faut éviter, lors du montage, la mise en travers du roulement.

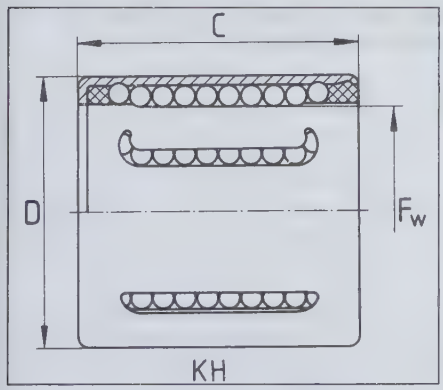
Montage et fixation des douilles à billes, séries KB, KBS, KBO, KF
Les douilles de ces séries se montent facilement. Pour les petites dimensions, elles peuvent être engagées à la main dans leur logement. Pour les douilles de grandes dimensions, il est recommandé d'utiliser un mandrin. Le logement doit être chanfreiné.

Exemples de montage et de fixation



13.9.3. Tableau de dimensions des douilles à billes économiques (série KH)

Les douilles à billes de la série KH sont constituées d'une bague extérieure en tôle emboutie et d'une cage en polyamide qui guide les billes dont elle est garnie. Tous ces éléments forment un ensemble prêt au montage dont l'encombrement ne dépasse pas celui d'une bague lisse.
Les ouvertures apparentes sur le diamètre extérieur laissent libre passage aux billes dans la zone non chargée.
Les roulements linéaires à billes sont conçus pour des mouvements rectilignes sans limitation de course, mais n'admettent aucune rotation. La course illimitée, l'encombrement et l'entretien réduits ainsi que l'implantation économique permettent un grand éventail d'utilisations.



Arbre diamètre	Désignations	Dimensions en mm			Charges de base	
		F_w	D	C	dyn. C (N)	stat. Co (N)
6	KH 0622	6	12	22	400	239
8	KH 0824	8	15	24	435	280
10	KH 1026	10	17	26	500	370
12	KH 1228	12	19	28	620	510
14	KH 1428	14	21	28	620	520
16	KH 1630	16	24	30	800	620
20	KH 2030	20	28	30	950	790
25	KH 2540	25	35	40	1 990	1 670
30	KH 3050	30	40	50	2 800	2 700
40	KH 4060	40	52	60	4 400	4 450
50	KH 5070	50	62	70	5 500	6 300

Il existe, dans les mêmes encombrements, des douilles KH..P et KH..PP qui comportent respectivement un ou deux joints frottants à double lèvre.

13.10.1. Caractéristiques générales

Les guidages à recirculation de rouleaux permettent de réaliser des déplacements linéaires à des courses illimitées. Ils se distinguent par leurs performances en précision, capacité de charge, rigidité, ainsi que par l'absence de *stick-slip* grâce à un frottement de roulement faible et constant.
Les guidages à recirculation de rouleaux trouvent de nombreuses applications dans la mécanique de précision dont, en particulier, la machine-outil où ils garantissent des déplacements doux et des positionnements précis.
Les divers types de rails de guidage permettent de réaliser des chemins de roulement rendant possible l'exploitation totale des capacités des patins. Les patins à cale de réglage intégrée permettent un ajustement précis de la précharge souhaitée.

Protection par racleurs intégrés au patin et par soufflets télescopiques suivant l'environnement.
Coefficient de frottement (sans joint et sans racleur) : f = 0,003 à 0,006 pour des conditions normales d'utilisation.

Limites d'application :

Vitesse limite :	v maxi = 50 m/min
Températures limites :	θ mini = – 20 °C
	θ maxi = + 90 °C

Charges admissibles :
Le coefficient de sécurité statique :

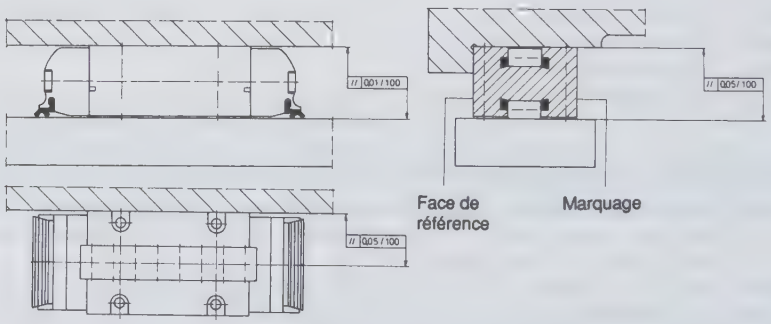
$$s_O = Co/Po$$

s_O ne devrait pas être inférieur à 2 pour obtenir un guidage de qualité.

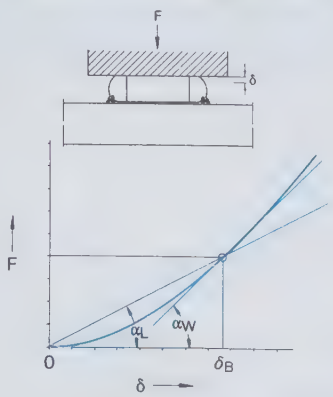
13.10.2. Caractéristiques de montage

Dureté et profondeur des rails nécessaires : 670 HV mini sur une profondeur mini de 0,6 à 2 mm suivant la dimension du patin choisi.

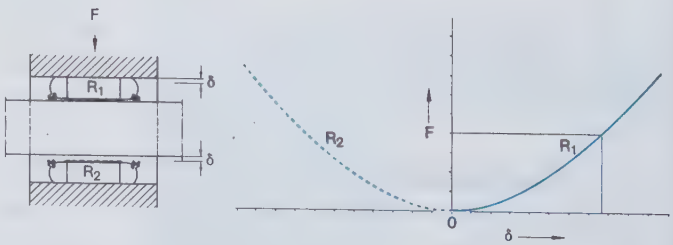
Précision de positionnement pour une utilisation optimale de la capacité de charge



Courbe de rigidité d'un patin



Courbe de déformation de deux patins montés sans jeu et sans précharge



Dans le cas de deux patins montés en opposition sans jeu et sans précharge, l'effet d'une charge extérieure F se traduira par une déformation élastique δ d'un patin et par un jeu de même valeur au niveau du patin opposé. Pour deux patins montés en opposition et préchargés d'une valeur F_V, on obtient le diagramme ci-contre.

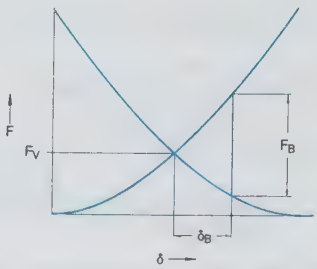
Si une charge extérieure F_B est appliquée à ce montage préchargé, il se produit une déformation élastique δ_B, mais le guidage reste sans jeu si le choix de la précharge F_V a été correct.

Pour obtenir un guidage rigide et précis, le patin à rouleaux R_1, qui devra supporter la charge F_B, est préchargé à l'aide d'un patin R_2 monté à l'opposé et réglable au moyen d'une cale de réglage V.

L'élasticité du support et des vis de fixation entrant dans la rigidité globale du système, le patin inférieur et le support présenteront une rigidité plus faible que le patin seul. La courbe de rigidité de l'ensemble peut être obtenue par la mesure de la déformation sous charge au moyen d'un appareil appelé déflectomètre.

La courbe de rigidité de l'ensemble patin-support étant connue, on obtient les diagrammes ci-dessous pour un ensemble préchargé d'une valeur F_V.

Diagramme de précharge de deux patins montés en opposition



13.10.3. Exemple de calcul

Dans un chariot de machine-outil sont montés des patins à rouleaux RUS 26 102.

Les conditions de fonctionnement et les données techniques nécessaires sont les suivantes :

C = 95 kN ; charge dynamique de base du patin RUS 26 102

Co = 75 kN ; charge statique de base du patin RUS 26 102

F_B = 15 kN ; charge de travail maxi sur le patin le plus chargé

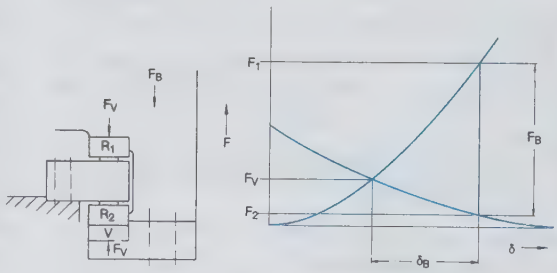
H = 0,5 m ; course

n_{osc} = 8 min^{-1} ; fréquence du mouvement de va-et-vient

F_V = 8 kN ; précharge choisie

On vérifie si le dimensionnement du patin est correct. La courbe de rigidité du support est connue, ce qui permet de tracer le diagramme de précharge du montage.

Diagramme de précharge de patins montés en opposition (tenant compte de la déformation du support)



D'après le diagramme, on obtient, pour chacun des patins montés en opposition, une charge de :

F_1 = 20 kN

F_2 = 5 kN

δ_B = 10 µm

On obtient ainsi une durée de :

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} = \left(\frac{95}{20}\right)^{10/3}$$

$$= 180.10^6 \text{ m ou}$$

$$L_h = \frac{833}{H \cdot n_{osc}} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3}$$

$$= \frac{833 \cdot 180}{0{,}5 \cdot 8} = 37\,500 \text{ h}$$

pour le patin le plus chargé, ce qui est correct.

Le facteur de charge de sécurité est de :

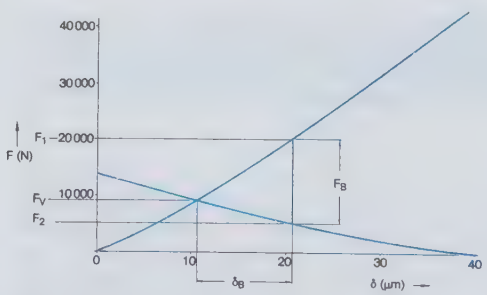
$$s_o = \frac{Co}{F_1} = \frac{75}{20} = 3{,}75$$

Même en tenant compte d'un facteur choc, cette valeur est suffisante.

La rigidité du système dans le sens de la charge est de :

$$Cs = \frac{F_B}{\delta_B} = \frac{15}{10} = 1{,}5 \text{ kN/µm}$$

Diagramme de précharge d'un guidage avec deux RUS 26 102 (compte tenu de la déformation du support)



13.11.1. Conditions de choix de montage

La vis à bille constitue un ensemble économique de haute précision. Par rapport à la vis trapézoïdale, on peut noter les avantages suivants :
– le rendement mécanique, qui est de 50 % au maximum avec la vis à filet trapézoïdal, atteint 98 % avec la vis à billes sans racleurs ;
– la durée de vie est plus élevée ;
– la puissance d'entraînement est réduite ;
– il n'y a aucun effet de *stick-slip* ;
– la vitesse de déplacement est élevée ;
– l'échauffement est réduit.

13.11.2. Critères de sélection pour vis à billes

Les paramètres essentiels au dimensionnement d'une vis à billes sont les suivants :
– précision requise (tolérance sur le pas),
– charge,
– durée de vie,
– vitesse critique de rotation,
– flambage,
– rigidité/jeu axial,
– vitesse de rotation nominale.

Pour réaliser une solution techniquement et économiquement optimale, il est nécessaire de respecter les points suivants :
– le pas est un facteur déterminant pour la charge admissible (à cause du diamètre admissible des billes) et pour le couple d'entraînement ;
– le calcul de la durée de vie doit être effectué à l'aide des charges et vitesses de rotation moyennes et non à l'aide des valeurs maximales.

Attention :
Les charges radiales et excentriques sont à éviter, car elles ont une influence négative sur la durée de vie et sur le bon fonctionnement de la vis à billes.

Domaines d'application

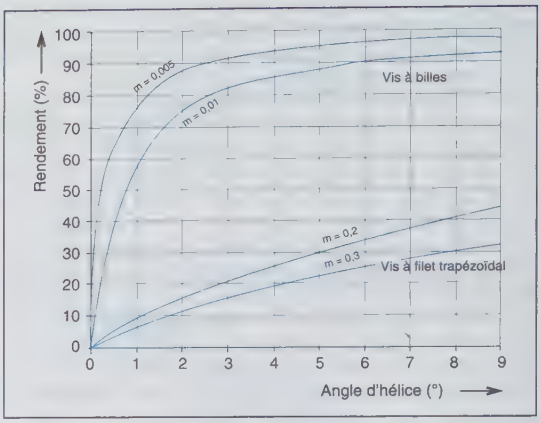
– Industrie de la machine-outil,
– industrie de l'acier,
– industrie de l'automobile,
– technologie des réacteurs nucléaires,
– industrie aéronautique,
– équipements militaires,
– applications médicales.

Gamme de fabrication

Longueur de vis, diamètre et pas.
Les diamètres nominaux et les pas correspondent aux normes DIN 69051, NF E 22-201 et ISO 3408.

Diamètre nominal d_o (mm)	Pas									Longueur maxi (mm)
	2,5	5	10	12	16	20	25	32	40	
8	•									1 500-2 500
12		•	•							1 500-2 500
16		•	•		X					1 500-2 500
20		•				X				1 500-2 500
25		•	•				X			2 500-5 000
32		•	•			X		X		2 500-5 000
40		•	•	•	•	X			X	4 500-7 500
50		•	•	•	•	X			X	4 500-7 500
63			•			X			X	4 500-7 500
80			•			X				4 500-7 500

• : vis pas standard ; x : vis pas rapide



Calculs

– Capacité de charge statique Co
C'est la charge statique axiale centrée correspondant à une déformation permanente entre bille et piste de roulement de 0,000 1 fois le diamètre des billes.

– Capacité de charge dynamique C
C'est la charge statique axiale centrée et constante qu'un groupe de billes, apparemment identique, peut supporter pour une durée de vie de **un million de révolutions**.

– Durée de vie
La durée de vie nominale d'une vis à billes est exprimée par le nombre de rotations (ou par le nombre d'heures si la vitesse est constante) qui est atteint ou dépassé par au moins 90 % d'entre elles avant que les premiers signes d'une fatigue de la matière deviennent visibles. On exprime la durée de vie nominale par L ou L_h selon l'indication en nombre de rotations ou en heures d'utilisation.

Durée de vie nominale

– en nombre de rotations (L)

$$L = \left(\frac{C}{F_m}\right)^3 \times 10^6$$

– en heures (L_h)

$$L_h = \frac{L}{n_m \times 60}$$

Couple d'entraînement

$$M_{ta} = \frac{F \times P}{2\,000 \times \pi \times \eta}$$

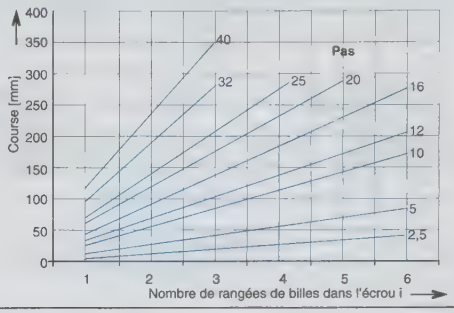
avec :
L : durée de vie (nombre de rotations)
L_h : durée de vie (heures)
C : capacité de charge dynamique (N)
F_m : charge moyenne (N)
n_m : vitesse de rotation moyenne (min^{-1})
M_{ta} : couple d'entraînement (N.m)
F : charge (N)
P : pas (mm)
η : rendement (approx. 0,9)

Course courte

En cas de course courte, les billes ne parviennent pas à effectuer un véritable cycle. Un film de lubrification suffisant ne peut donc pas se former ce qui peut être à l'origine d'une usure précoce.

Le diagramme ci-contre montre, en fonction du nombre de rangées de billes et du pas de l'écrou, quelle est la course minimale requise pour une baisse de la capacité de charge de 10 %. La zone positive se trouve au-dessus des droites respectives. Pour remédier à ce problème, il suffit de temps à autre d'effectuer quelques courses plus longues désignées par « courses de graissage » avec regraissage simultané.

Limite de course courte
(diminution de la capacité de charge < 10 %)



Vitesse critique et de flambage

Les valeurs de vitesse critique et de flambage peuvent être contrôlées à l'aide des diagrammes correspondants.

Vitesse de rotation nominale $d_o.n$

Le recyclage des billes permet à nos vis à billes des vitesses de rotation très élevées. Des vitesses jusqu'à 150 000 peuvent ainsi être atteintes.

$d_o.n$ = 100 000
d_o = diamètre nominal (mm)
n = vitesse de rotation (min^{-1})

Températures de fonctionnement admissibles

Les vis à billes sont en mesure de supporter une température constante de 80 °C avec des pointes momentanées jusqu'à 100 °C. Cette indication est basée sur des mesures effectuées respectivement sur la chemise extérieure de l'écrcu.

Rigidité

La rigidité d'une vis à billes est aussi influencée par les autres pièces de raccordement telles que : paliers, supports, boîtiers d'écrou, etc.

Classe de précision

Classe		Écart de pas total (µm) Longueur filetée l (mm)						
	v300p	300	600	900	1 200	1 500	2 000	3 000
T5	23	23	46	69	92	115	153,3	230
T7	52	52	104	156	208	260	346,7	520
T9	130	130	260	390	520	650	866,7	1300

Remarque : Les vis à billes existent aussi en exécution rectifiée (plus précise).
v300p : écart toléré du déplacement sur une course de 300 mm

Matière, dureté

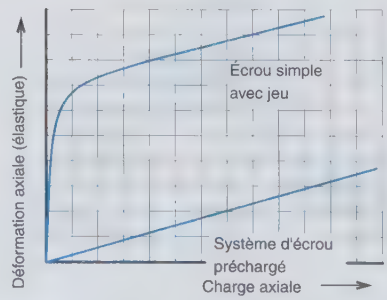
Les vis à billes sont fabriquées à partir d'aciers de traitement de haute qualité, d'aciers de roulement ou d'aciers de cémentation. La dureté des vis et écrous est au minimum de 60 HRC.
Vis à billes en acier inoxydable (DIN 17230, EN 10088) sur demande. D'une manière générale, les extrémités de vis ne sont pas traitées.

Protection

Les vis à billes nécessitent une protection contre les impuretés. Les types de protection adaptés sont à capots plats ou à soufflet.
Comme ces protections sont, dans bien des cas, insuffisantes, on monte un racleur à lèvres offrant toutes les garanties d'étanchéité ; sa surface de frottement réduite affecte le rendement élevé de façon insignifiante.

Précharge des écrous montés

En plus des écrous simples sans précharge, le programme de Rexroth Star englobe également des systèmes d'écrous simples préchargés et simples à précharge réglable ou double.



La rigidité de ces trois systèmes d'écrous est pratiquement identique pour une précharge sensiblement égale.

La longueur des écrous simples à précharge réglable et simples préchargés n'est que la moitié de celle des écrous doubles, et de ce fait de construction plus compacte. La rigidité des vis est généralement inférieure à celle de l'ensemble écrou.

13.11.3. Écrous combinables avec vis à billes de précision roulées ou rectifiées

Écrou simple à bride 1502- DIN 69051, partie 5, FEM-E-C



Capacités de charge	
Dyn. C	Stat. Co
de 930 à 32 650 daN	de 1 200 à 87 040 daN

Écrou simple à précharge réglable 1512- DIN 69051, partie 5, SEM-E-C



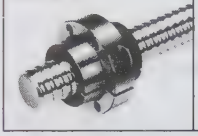
Capacités de charge	
Dyn. C	Stat. Co
de 930 à 26 270 daN	de 1 200 à 53 420 daN

Écrou simple à bride 1502-/1512-/1532- FEM-E-S



Capacités de charge	
Dyn. C	Stat. Co
de 220 à 32 650 daN	de 280 à 87 040 daN

Écrou simple à précharge réglable 1512-/1532-/1552- SEM-E-S



Capacités de charge	
Dyn. C	Stat. Co
de 220 à 26 270 daN	de 280 à 53 420 daN

Écrou double à bride 1502- FDM-E-S



Capacités de charge	
Dyn. C	Stat. Co
de 1 230 à 32 650 daN	de 1 610 à 87 040 daN

Écrou simple cylindrique 1512-/1532- ZEM-E-S/ZEM-E-A

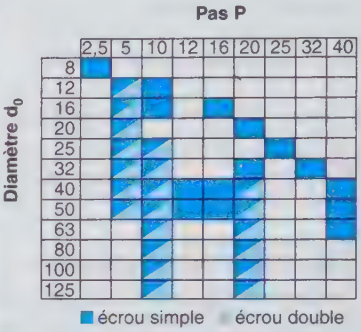


Capacités de charge	
Dyn. C	Stat. Co
de 220 à 8 880 daN	de 280 à 21 430 daN

Écrou double à bride 1502-, DIN 69051, partie 5, FDM-E-C



Capacités de charge	
Dyn. C	Stat. Co
de 1 230 à 32 650 daN	de 1 610 à 87 040 daN

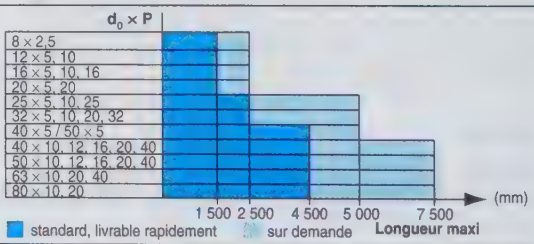


13.11.4. Vis

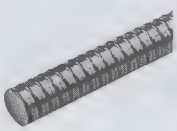
Vis de précision roulée 1511-



Moment d'inertie Js
de 0,02 à 211,27 kg.cm²/m



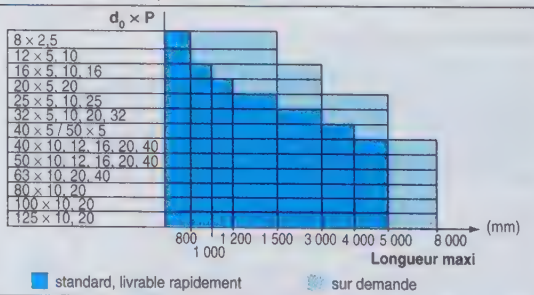
Vis de précision rectifiée 1501-



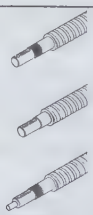
Moment d'inertie Js
de 0,02 à 1 574,25 kg.cm²/m

Vis de précision miniature 1531-
∅ 8 mm, 12 mm

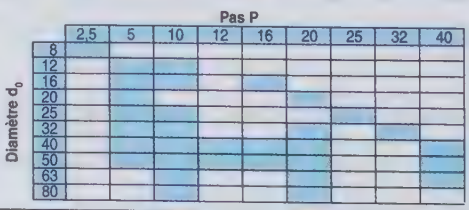




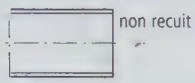
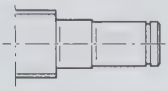
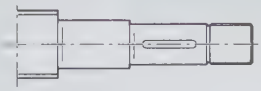
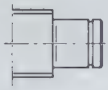
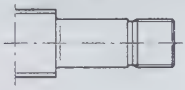
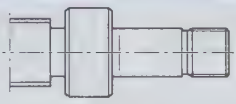
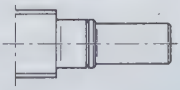
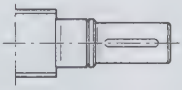
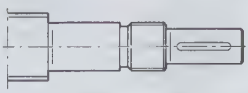
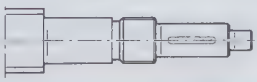
Extrémités de vis



(voir page suivante)

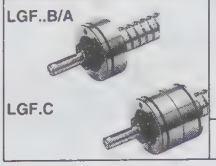


13.11.5. Extrémités de vis, formes pour extrémité gauche ou droite

Exécution standard	Avec rainure pour clavette	Recuit
00 		99 
01 	02 	
11 	12 	
21 		
31 		
41 		
		Extrémité soudée par friction seulement 8 × 2,5 R
51 		53 
61 	62 	
71 	72 	
81 	82 	83 
91 	92 	93 
Exécution des extrémités	**Z Alésage de centrage DIN 332-D**	**S à six pans creux**
		

13.11.6. Ensembles paliers. Ensembles boîtiers d'extrémité. Boîtiers pour écrous

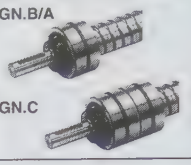
Ensemble LAF
Roulements fixes 1590-
Roulements d'extrémité
LGF..B/A
LGF.C



Capacités de charge		Vitesse limite (graisse)
Dyn. C	Stat. Co	
de 1 700 à 11 300 daN	de 2 470 à 25 000 daN	de 1 200 à 3 800 min^{-1}

Roulement à billes à contact oblique

Ensemble LAN
Roulements fixes 1590-
Roulements d'extrémité
LGN.B/A
LGN.C



Capacités de charge		Vitesse limite (graisse)
Dyn. C	Stat. Co	
de 690 à 11 300 daN	de 850 à 25 000 daN	de 1 200 à 6 800 min^{-1}

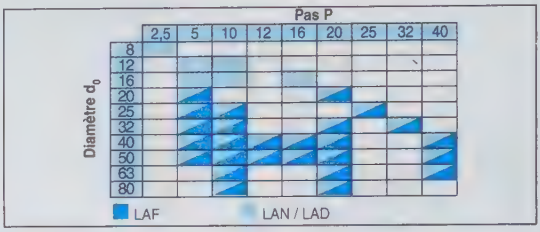
Roulement à billes à contact oblique

Ensemble LAD
Roulement libre 1590-
DIN 625

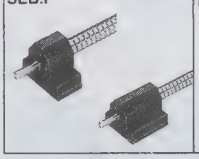


Capacités de charge		Vitesse limite (graisse)
Dyn. C	Stat. Co	
de 190 à 5 200 daN	de 59 à 3 100 daN	

Roulement à billes à gorge profonde



Ensemble boîtier LAN
à paliers fixes 1591-
Roulements d'extrémité
SEB.F

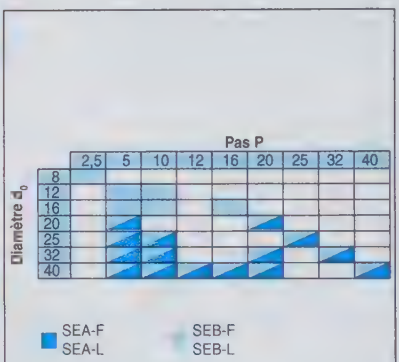


Capacités de charge axiale	
Dyn. C	Stat. Co
de 690 à 4 450 daN	de 850 à 11 100 daN

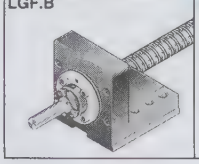
Ensemble boîtier SEB-L
à paliers libres 1591-
Roulements d'extrémité
DIN 625



Capacités de charge axiale	
Dyn. C	Stat. Co
de 190 à 1 930 daN	de 59 à 980 daN

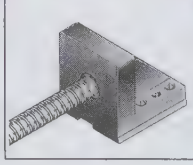


Ensemble boîtier à
palier fixe SEA.F
Roulements à billes
LGF.B



Capacités de charge axiale	
Dyn. C	Stat. Co
de 1 700 à 2 900 daN	de 2 470 à 6 400 daN

Ensemble boîtier à
roulement libre SEA.L



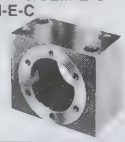
Capacités de charge axiale	
Dyn. C	Stat. Co
de 695 à 1 930 daN	de 265 à 980 daN

Boîtier 1506-
pour écrous à bride
MGS
FEM-E-S/SEM-E-S
FDM-E-S

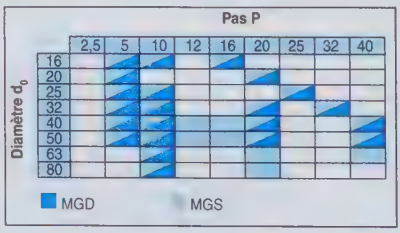


En plus des fixations par vis, les boîtiers doivent être immobilisés par obstacle (exemple par 2 goupilles de même diamètre que les vis). Vis de classe 8.8.

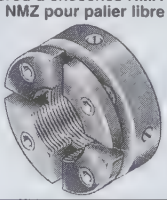
Boîtier 1506-
pour écrous à bride
MGD
FEM-E-C/SEM-E-C
FDM-E-C



En plus des fixations par vis, les boîtiers doivent être immobilisés par obstacle (exemple par 2 goupilles de même diamètre que les vis). Vis de classe 8.8.

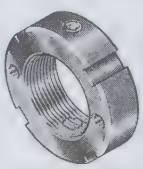


Écrou à encoches NMA
et NMZ pour palier libre



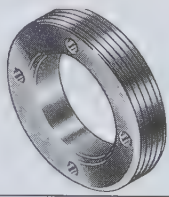
– Pour sollicitations extrêmes.
– Pour nouvelles constructions.
– Pour renvois par poulie et courroie.

Écrou à encoches NMZ



– Pour constructions existantes.

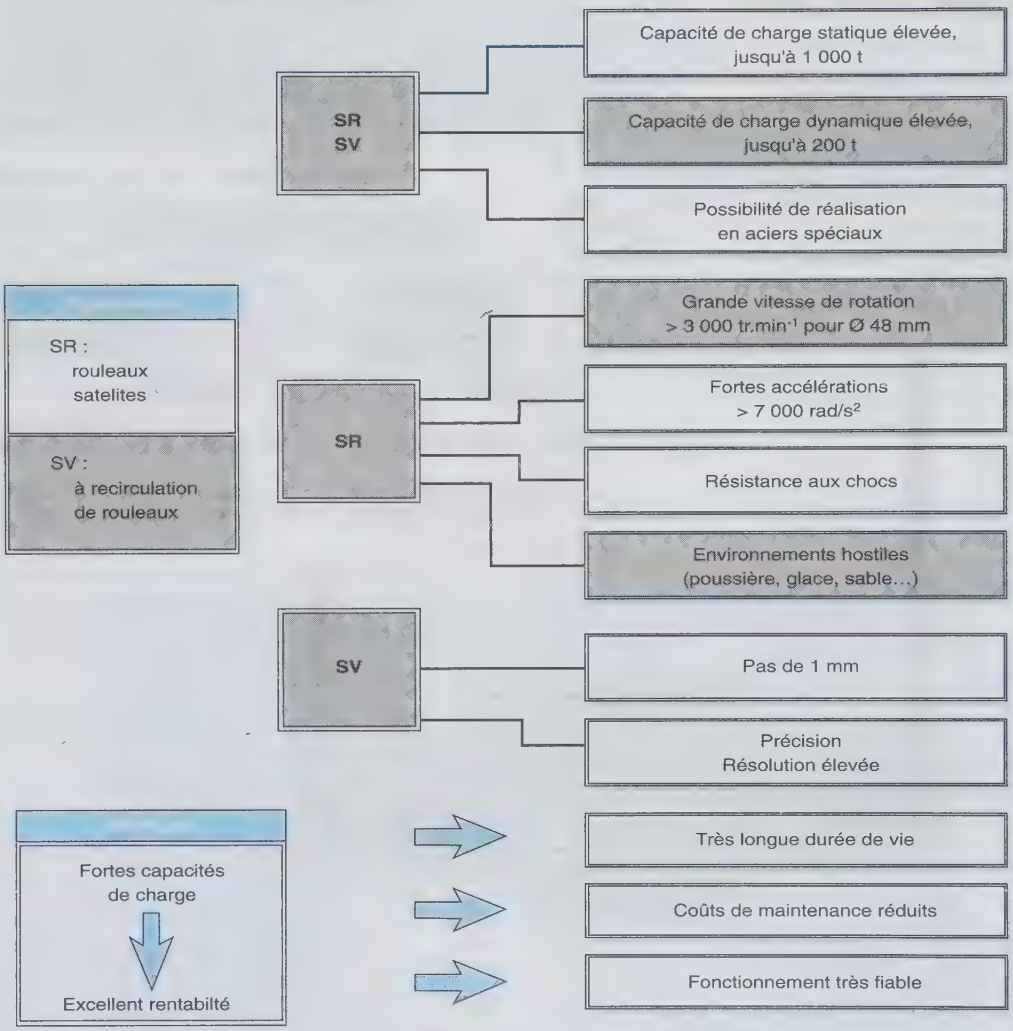
Bague filetée GR



– Pour roulements à contact oblique LGN.
– Pour écrou simple cylindrique ZEM-E-S.
Attention : verrouiller avec un agent de blocage (par exemple colle spéciale).

Au-délà des limites des vis à billes, utiliser les vis à rouleaux

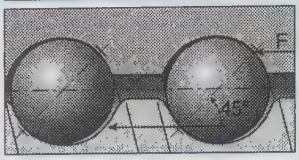
13.12.1. Différents types de vis à rouleaux



13.12.2. Étude comparative des vis à billes et des vis à rouleaux.

– La capacité de charge d'une vis à roulement dépend, en pratique, des surfaces aux points de contact et plus précisément de :
- leurs rayons de courbure,
- le nombre de contacts,
- leur dureté,
- leur état de surfaces,
- la précision d'exécution assurant la répartition de la charge entre les points de contact.

Vis à billes

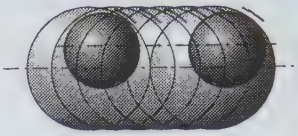


Dans une vis à billes, la charge est transmise de l'écrou à la vis par l'intermédiaire de chaque bille.

Dans une vis à un seul filet, le diamètre des billes est limité à environ 70 % du pas.

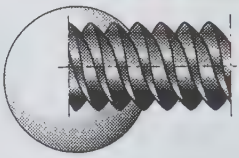
Un écrou d'une longueur donnée contient une seule hélice de billes, donc un nombre réduit de points de contact.

Vis à rouleaux



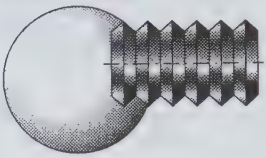
Dans les vis à rouleaux, la charge est transmise de l'écrou à la vis par l'intermédiaire des surfaces bombées des rouleaux.
Le rayon de courbure de la surface de contact est considérablement augmenté, de même que le nombre de points de contact.

2 types de vis à rouleaux



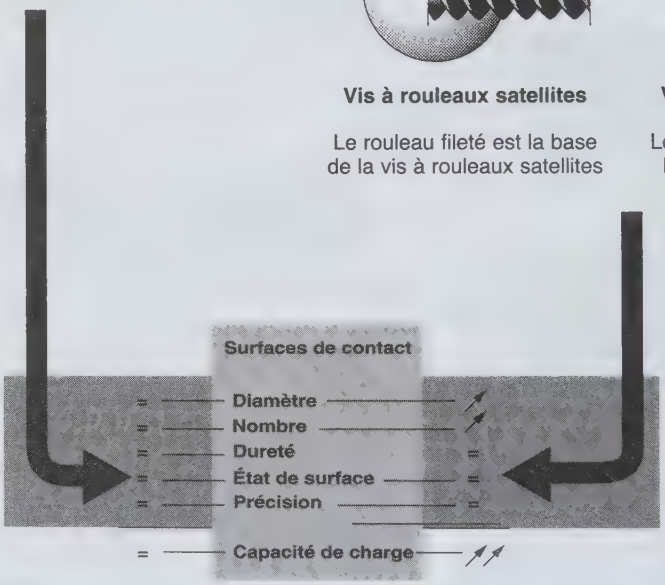
Vis à rouleaux satellites

Le rouleau fileté est la base de la vis à rouleaux satellites



Vis à recirculation de rouleaux

Le rouleau à gorges est la base de la vis à recirculation de rouleaux



13.12.3. Présentation générale des vis à rouleaux satellites

C'est une vis robuste pour une durée de vie élevée en conditions difficiles et qui présente les avantages suivants :
– très grande capacité de charge,
– durée de vie très élevée,
– vitesses de rotation élevées et grands pas permettant d'atteindre des vitesses linéaires de 80 m/min,
– possibilité d'accélérations importantes, grâce au mécanisme de synchronisation des rouleaux (plus de 7 000 rad/s²),
– conception robuste, résistante aux chocs,
– choix de trois classes de précision de pas,
– fonctionnement correct même en environnement hostile avec givre, poussière ou lubrification médiocre, grâce au mécanisme de synchronisation des rouleaux,
– pas spéciaux et pas à gauche,
– aciers spéciaux,
– lubrifications et traitements de surface spéciaux,
– dépose de l'écrou sans perte des éléments roulants,
– écrous cylindriques ou à collerette, avec jeu ou précharge,
– racleurs incorporés disponibles sur tous les modèles.

– Qualité spécifiques des vis à rouleaux satellites

Nombreuses surfaces de contact	Très grande capacité de charge	Longue durée de vie
Pas de recirculation et pas de contact entre les éléments roulants	Pas de point faible dans l'écrou Vitesse de rotation élevée	Robustesse et résistance aux chocs Moins de fatigue
Mécanisme de sychronisation des rouleaux	Fiabilité exceptionelle	Recommandées en environnement hostile
Rouleaux guidés	Pas de variation de couple à l'inversion de sens	Fonctionnement doux et régulier
Outillages adaptables	Pas spéciaux à droite ou à gauche	Du sur-mesure possible

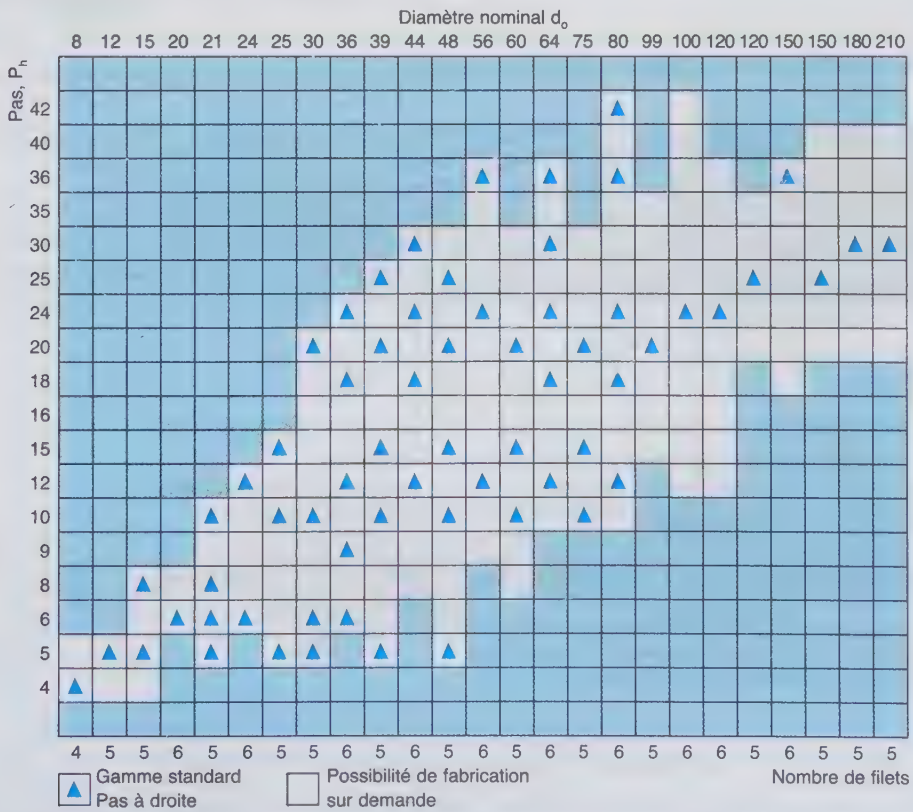
– Utilisations des vis à rouleaux satellites

Du fait de leur aptitude à déplacer des fortes charges pendant des milliers d'heures dans des conditions très difficiles, les vis à rouleaux satellites sont particulièrement bien adaptée aux applications les plus exigeantes. La robustesse de l'écrou leur permet de résister aux chocs et le système de sychronisation des rouleaux assure un fonctionnement fiable même dans les environnements difficiles. Enfin, leurs grandes avances par tour et la symétrie de l'écrou permettent d'obtenir des vitesses linéaires élevées.

– Exemples d'applications

– injection plastique,
– brocheuses,
– vannes,
– presses,
– machines-outils,
– sidérurgie,
– fabrication de pneumatiques,
– équipement de manutention automatique,
– aviation, chars, lance-fusées, radars, vaisseaux et sous-marins,
– centrales nucléaires,
– etc.

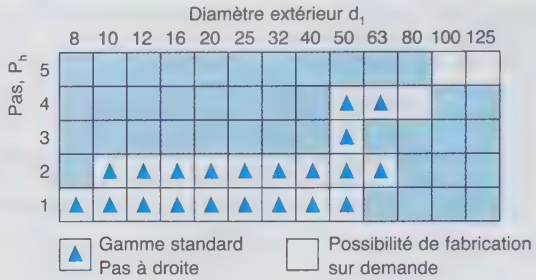
– Gamme complète des vis à rouleaux satellites



13.12.4. Présentation générale des vis à recirculation de rouleaux.

C'est une vis à pas fin pour une précision de positionnement extrême, qui présente les avantages suivants :
– pas de 2 mm pour les diamètres de vis de 8-63 mm,
– grande résolution,
– choix de trois classes de précision de pas,
– couple d'entraînement minimum,
– chaîne cinématique simplifiée pour de meilleures perfomances,
– grande capacité de charge,
– longue durée de vie,
– grande rigidité et fiabilité (pas de pièces miniaturisées),
– écrous cylindriques ou à collerette,
– écrous préchargés ou avec jeu,
– possibilités de lubrification et traiements de surface spéciaux.

– Gamme complète des vis à recirculation de rouleaux.



– Qualités spécifiques des vis à recirculation de rouleaux.

Pas très fin (1 mm)	Haute résolution	Couple d'entraînement minimum	Chaîne cinématique simplifiée
Pas de pièces miniatures	Simple	Robuste	Fiable
Nombre de points de contact	Grande capacité de charge	Rigidité élevée	Longue durée de vie

– Utilisation des vis à recirculation de rouleaux

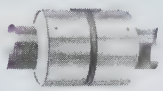
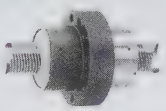
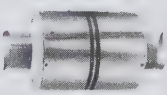
Le pas très réduit des vis à recirculation de rouleaux SV/BV/PV permet d'atteindre une précision de positionnement extrême. Il rend possible une haute résolution avec une chaîne cinématique simplifiée. Cet avantage mécanique permet de réduire le couple d'entraînement tout en augmentant le rigidité de la chaîne cinématique.

Ces vis s'utilisent souvent dans des applications de technologies de pointe pour lesquelles l'obtention de performances optimales fiables est importance capitale.

– Exemples d'applications.

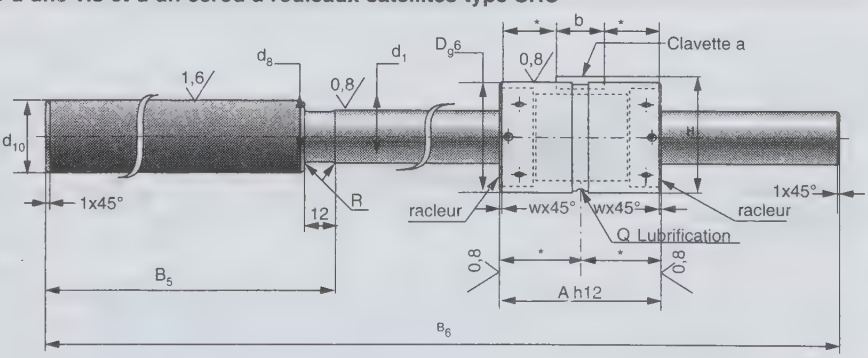
– rectifieuses,
– équipement de laboratoires,
– équipement hospitalier
– industrie du papier,
– technologies d'impression,
– télescopes,
– satellites.

– Guide de choix des vis-écrous à rouleaux satellites

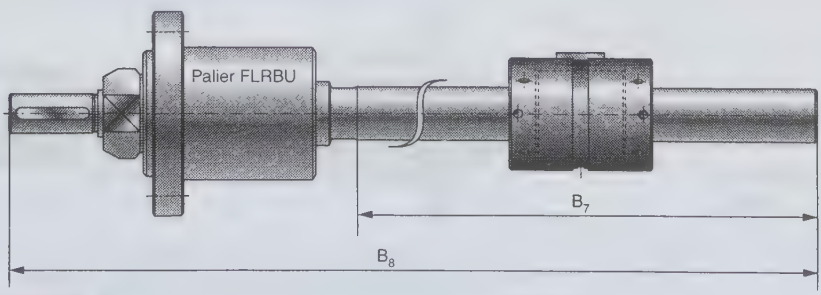
Types de systèmes à vis à rouleaux satellites		Capacité de charge Dynam. C_a kN	Capacité de charge Stat. C_{oa} kN	Rigidité Écrou N/µm Faible	Rigidité Écrou N/µm Moyenne	Rigidité Écrou N/µm Bonne	Rigidité Vis N/µm	Diamètre des vis mm	Pas mm	Applications caractéristiques
Écrou cylindrique avec jeu axial		9,19 à 1 946	16,3 à 9 479		X		Dépend du diamètre et de la longueur de la vis et du type d'attachement	8 à 210	4 à 42	– Vis robuste pour une durée de vie élevée en conditions difficiles. – Élimination du jeu par précharge des rouleaux, en option. (consulter le fabricant) – Jeu axial : 0,02 à 0,07 mm.
Écrou à collerette avec jeu axial		9,19 à 1 946	16,3 à 9 479		X			8 à 210	4 à 42	– Vis robuste pour une durée de vie élevée en conditions difficiles. – Élimination du jeu par précharge des rouleaux, en option. (consulter le fabricant) – Jeu axial : 0,02 à 0,07 mm.
Écrou cylindrique préchargé		5,06 à 179,8	8,16 à 327,4			X		8 à 64	4 à 36	– Vis robuste pour une durée de vie élevée en conditions difficiles. – Précharge pour rigidité optimale. – Précharge pour rattrapage de jeu TRU.
Écrou à collerette préchargé		5,06 à 179,8	8,16 à 327,4			X		8 à 64	4 à 36	– Vis robuste pour une durée de vie élevée en conditions difficiles. – Précharge pour rigidité optimale.

– Détails de montage d'une vis et d'un écrou à rouleaux satellites type SRC

Arbre avec extrémité à usiner



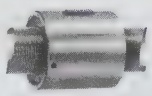
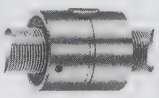
Arbre avec palier



Extrémité pouvant être usinée suivant spécification client.

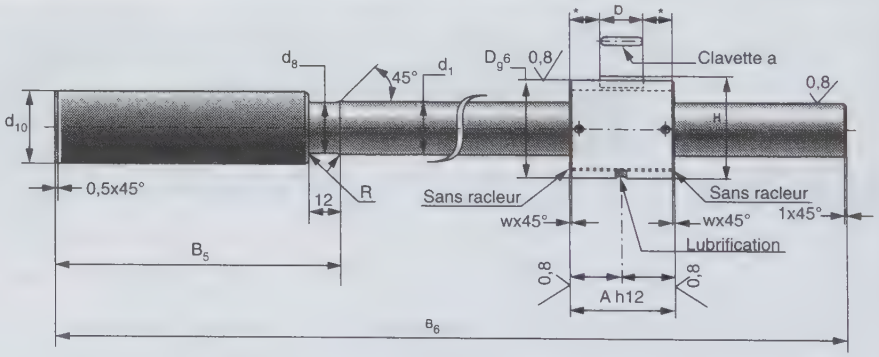
Longueur filetée maximum : peut être coupée et usinée suivant spécification client.

– Guide de choix des vis-écrous à recirculation de rouleaux

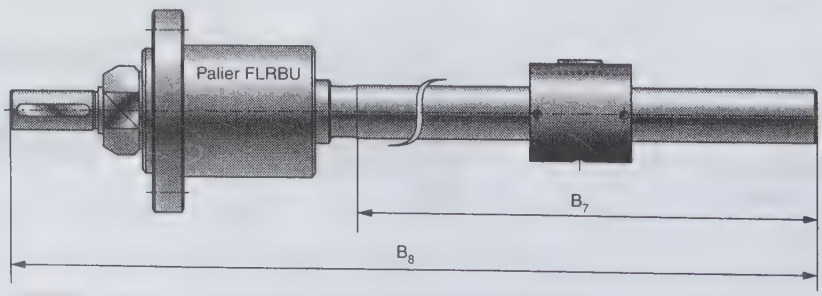
Types de systèmes à vis à recirculation de rouleaux		Capacité de charge Dynam. C_a kN	Capacité de charge Stat. C_{oa} kN	Rigidité Écrou N/µm Faible	Rigidité Écrou N/µm Moyenne	Rigidité Écrou N/µm Bonne	Rigidité Vis N/µm	Diamètre des vis mm	Pas mm	Applications caractéristiques
Écrou cylindrique avec jeu axial SVC		84 à 756	11 à 2 770		X		Dépend du diamètre et de la longueur de la vis et du type d'attachement	8 à 125	1 à 5	– Écrous sans logements pour racleurs. – Jeu axial : 0,02 à 0,07 mm – Racleurs séparés (en option).
Écrou cylindrique préchargé PVU		4,8 à 434	5,5 à 1 385			X		8 à 125	1 à 5	– Écrous sans logements pour racleurs. – Précharge pour rigidité optimale. – Racleurs séparés (en option).
Écrou à collerette préchargé PVK		4,8 à 434	5,5 à 1 385			X		8 à 125	1 à 5	– Écrous sans logements pour racleurs. – Précharge pour rigidité optimale. – Logement pour racleurs intégrés (en option).
Palier flasqué FLRBU		13,3 à 305,3	14,7 à 615,4			X		8 à 100	–	– Paliers à roulements à contact oblique. – Conviennent pour les vis à rouleaux satellites de ∅ 8 à 80 mm. – Conviennent pour les vis à recirculation de rouleaux de ∅ 8 à 100 mm.

– Détails de montage d'une vis et d'un écrou à recirculation de rouleaux type SVC

Arbre avec extrémité à usiner



Arbre avec palier



Extrémité pouvant être usinée suivant spécification client.

Longueur filetée maximum : peut être coupée et usinée suivant spécification client.

– Formules de calcul permettant la détermination d'une vis à rouleaux

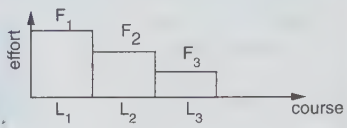
1. Charge dynamique **(N)** et Durée nominale

$$L_{10} = \left(\frac{C_a}{F_m}\right)^3 \text{ ou } C_{req} = F_m \, (L_{10})^{1/3}_{req}$$

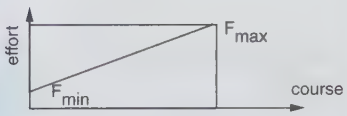
L_{10} = durée nominale en millions de tours
C_a = charge dynamique de base
C_{req} = charge dynamique requise
F_m = force moyenne

2. Force moyenne **(N)**

$$F_m = \frac{(F_1{}^3L_1 + F_2{}^3L_2 + F_3{}^3L_3 + \ldots)^{1/3}}{(L_1 + L_2 + L_3 + \ldots)^{1/3}}$$



$$F_m = \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3}$$



3. Vitesse critique de la vis sans facteur de sécurité **(rpm)**
(Un facteur de 0,8 est généralement recommandé)

$$n_{cr} = 490 \cdot 10^5 \cdot \frac{f_1 d_1}{l^2}$$

d_1 = diamètre extérieur de la vis (mm)
l = longueur libre, ou distance entre les deux paliers
f_1 = 0,9 •—— encastré, libre
3,8 •—• encastré, appui simple
5,6 •—•• encastré, encastré

4. Vitesse maximale de l'écrou *(vitesse admissible en pointe)*

$n \times d_0 < 20\,000$ pour SV/PV
$< 140\,000$ pour SR/TR/PR

n = nombre de tours par minute
d_o = diamètre nominal de la vis

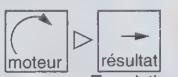
5. Force de flambage (avec cœfficient de sécurité de 3 inclus) **(N)**

$$F_c = \frac{34\,000 \cdot f_3 \cdot d_2{}^4}{l^2}$$

d_2 = diamètre à fond de filet (mm)
l = longueur libre, ou distance entre les deux paliers
f_3 = facteur du type de montage
0,25 •—— encastré, libre
1 •—• appui simple, appui simple
2 •—•• encastré, appui simple
4 •—•• encastré, encastré

6. Rendement théorique

• direct (η)



$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi \, d^0 \, \mu}{P_h}}$$

μ = 0,010 pour $\varnothing \leq 7°$
μ = 0,007.$\varnothing$ – 0,04 pour $\varnothing > 7°$
$\varnothing$ = angle d'hélice sur la vis
d_o = diamètre nominal de la vis
P_h = pas de vis (mm) (avance par tour)

• indirect (η')



$$\eta' = 2 - \frac{1}{\eta}$$

7. Rendement pratique (η_p)

$$\eta_p = \eta \cdot 0{,}9$$

Le cœfficient 0,9 est une moyenne entre une vis neuve et une vie rodée. Il est à prendre pour toute application industrielle en condition normale d'utilisation ; pour des conditions extrêmes, consulter le fabricant.

8. Couple d'entraînement en régime établi **(Nm)**

$$T = \frac{F \cdot P_h}{2\,000 \cdot \pi \cdot \eta_p}$$

F = charge appliquée N

9. Puissance requise en régime établi **(W)**

$$P = \frac{F \cdot n \cdot P_h}{60\,000 \cdot \eta_p}$$

n = nombre de tours par minute

10. Couple de précharge **(Nm)**

$$T_{pr} = \frac{F_{pr} \cdot P_h}{1\,000 \cdot \pi} \left(\frac{1}{\eta_p} - 1 \right)$$

F_{pr} = force de précharge entre un demi-écrou (ou écrou) et la vis

11. Couple de retenue **(Nm)**

$$T_B = \frac{F \cdot P_h \cdot \eta'}{2\,000 \cdot \pi}$$

F = charge
Par sécurité, nous pouvons utiliser le rendement indirect théorique

12. Couple moteur nominal en accélération **(Nm)**

Vis horizontale

$$T_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h [F + m_L \cdot \mu_f \cdot g]}{2\,000 \cdot \pi \cdot \eta_p} + \dot{\omega} \Sigma I$$

Vis verticale

$$T_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h [F + m_L \cdot g]}{2\,000 \cdot \pi \cdot \eta_p} + \dot{\omega} \Sigma I$$

T_f = couple de frottement dans les paliers
T_{pr} = couple de précharge
μ_f = cœfficient de frottement du guidage
η_p = rendement direct pratique
$\dot{\omega}$ = accélération angulaire

13. Couple de freinage nominal en décélération **(Nm)**

Vis horizontale

$$T'_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h \cdot \eta' \cdot [F + m_L \cdot \mu_f \cdot g]}{2\,000 \cdot \pi} + \dot{\omega} \Sigma I$$

Vis verticale

$$T_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h \cdot \eta' \cdot [F + m_L \cdot g]}{200 \cdot \pi} + \dot{\omega} \Sigma I$$

$\Sigma I = I_M + I_S \cdot I \cdot 10^{-9}$

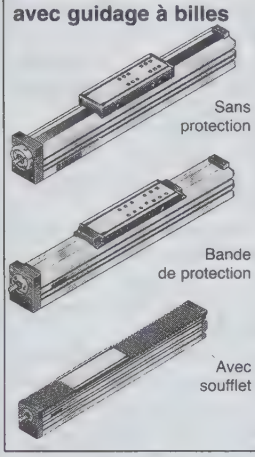
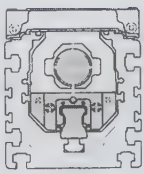
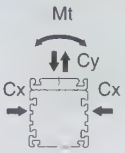
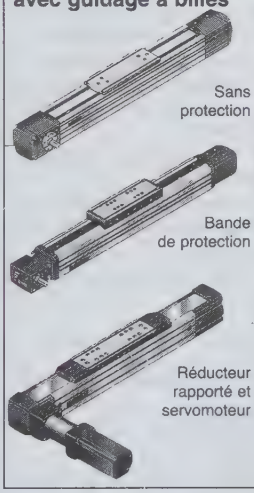
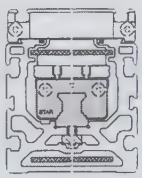
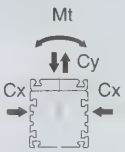
$I_L = m_L \left(\frac{P_h}{2\pi} \right)^2 10^{-6}$

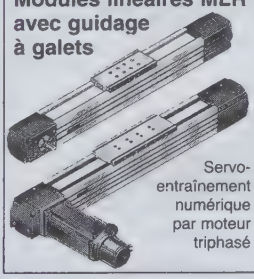
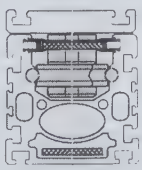
η' = rendement indirect théorique

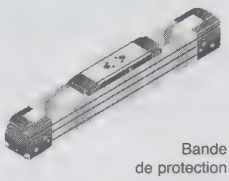
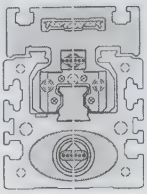
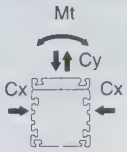
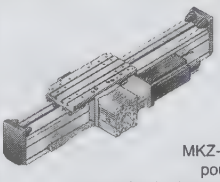
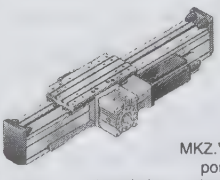
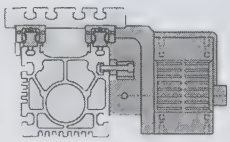
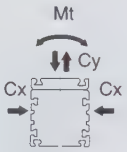
13.13. Modules linéaires

Les **modules linéaires** sont des systèmes de guidage précis et prêts au montage, présentant des caractéristiques de performances élevées pour des dimensions compactes.

13.13.1. Différents types de modules linéaires

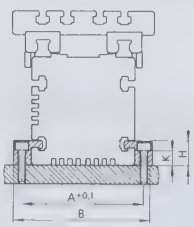
Désignation	Principe	Entraînement	Capacité de charge dynamique maxi Cx (N) Cy (N)	Observations
Modules linéaires MKK avec guidage à billes  Sans protection Bande de protection Avec soufflet	 **MKK**	 **Vis à billes**	 Mt Cy Cx Cx 12 670 à 68 060	– Assure une grande précision de positionnement et de répétabilité. – Transmet une force d'avance élevée. – Profilé en aluminium compact. – Guidage sur rails intégré. – Plateau à lubrification centrale. – Interrupteurs intégrés sur demande. – Servomoteur autosynchrone ou moteur pas à pas (autres types de moteurs sur demande). – Livrable avec moteur, régulateur et commande.
Modules linéaires MKR avec guidage à billes  Sans protection Bande de protection Réducteur rapporté et servomoteur	 **MKR**	 **Courroie crantée**	 Mt Cy Cx Cx 12 670 à 68 060	– Permet d'assurer des vitesses élevées avec de fortes charges sur le guidage. – Profilé en aluminium compact, anodisé. – Guidage sur rails intégré. – Plateau à lubrification centrale. – Protection par la courroie ou bande de protection. – Interrupteurs intégrés sur demande. – Servomoteur autosynchrone. – Livrable avec moteur, régulateur et commande.

Désignation	Principe	Entraînement	Cx (N)	Cy (N)	Observations
Modules linéaires MLR avec guidage à galets  Servo-entraînement numérique par moteur triphasé	 **MLR**	 **Courroie crantée**	17 150 à 31 000	10 050 à 18 200	– Vitesses de translation très élevées (jusqu'à 10 m/s). – Profilé en aluminium compact anodisé. – Plateau à lubrification centralisée à l'huile de tous les galets. – Interrupteurs intégrés sur demande. – Servomoteur autosynchrone ou moteur pas à pas (autres types de moteurs sur demande). – Protection par la courroie crantée.

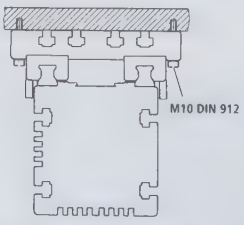
Désignation	Principe	Entraînement	Capacité de charge dynamique maxi Cx (N) Cy (N)	Observations
Modules linéaires MKP avec guidage à billes  Bande de protection	 **MKP**	 **Entraînement pneumatique**	 16 250 à 30 540	– Fonctionnement à air comprimé sans moteur. – Performances élevées. – Corps principal en aluminium. – Boîtiers d'extrémité avec renvoi sur roulements à billes. – Plateau en aluminium avec deux guides intégrés. – Éléments à monter : - amortisseurs, - interrupteurs, - prise avec fiche pour les interrupteurs, - tube de protection pour les rainures en T.
Modules linéaires MKZ avec guidage à billes  MKZ-H pour translation horizontale  MKZ.V. pour translation verticale	 **MKZ 25-145 H**	 **Crémaillère**	 98 700	– Supporte des moments élevés. – Assure des déplacements de charges importantes à vitesse élevée sur de longues distances. – Corps principal en aluminium anodisé. – Deux rails de guidage avec bande de protection. – Plateau en aluminium. – Déplacement silencieux. – Réducteur à vis sans fin et accouplement pour fixation moteur. – Servomoteur autosynchrone. – Interrupteurs (inductifs et mécaniques) à monter sur demande. – Unité de commande.

13.13.2. Exemples de fixation des modules linéaires

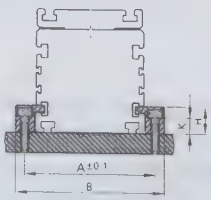
Fixation par le corps principal pour utilisation horizontale



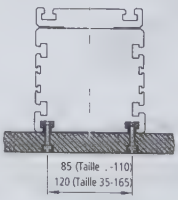
Fixation par le plateau pour utilisation verticale



Fixation par pièces de bridage



Fixation par réglettes de rainures

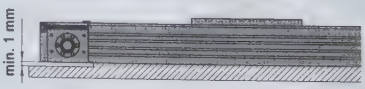


MKR/MKZ 25.145

MKK



MKR
MLR
MKP

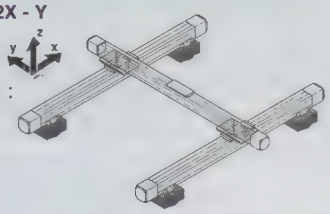


Nota : Ces modules existent avec entraînement par moteurs linéaires (LKL).

13.13.3. Exemples d'association des modules – Éléments de liaison

2 axes 2X - Y

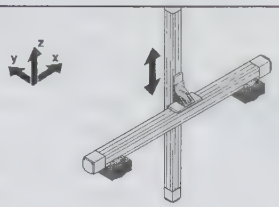
Éléments de liaison :
2 entretoises.



2 axes X - Z

Éléments de liaison :
1 équerre simple.

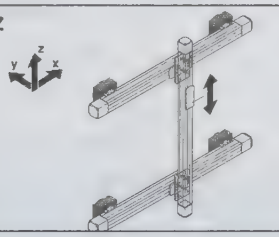
Le module se déplace sur l'axe Z.



2 axes 2X - Z

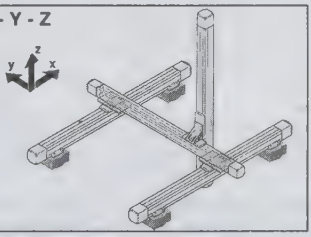
Éléments de liaison :
2 entretoises.

Le plateau se déplace sur l'axe Z.



3 axes 2X - Y - Z

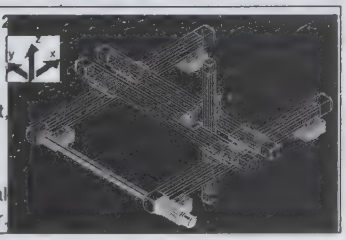
Éléments de liaison :
– 2 entretoises,
– 1 équerre simple.



3 axes

Éléments de liaison :
– 4 entretoises,
– 1 entretoise support,
– 1 équerre simple,
– 1 arbre de liaison.

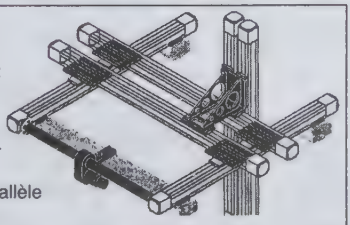
Entraînement en paral
avec moteur extérieur.



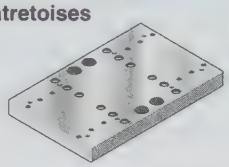
3 axes

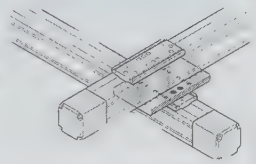
Éléments de liaison :
– 4 entretoises,
– 1 équerre double.
– 2 arbres de liaison.

Entraînement en parallèle
avec moteur central.



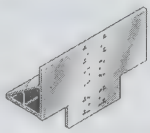
Entretoises

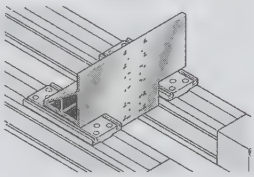




– Liaisons perpendiculaires entre deux modules.
– Fixation du corps du module sur le plateau.
– Alliage d'aluminium.

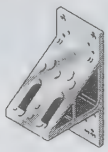
Équerres de liaison pour trois modules

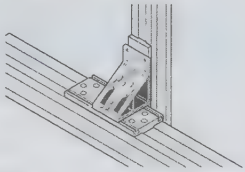




– Liaisons parallèles entre modules.
– Fixation sur les plateaux.
– Possibilité de fixation d'axes Z.
– Nervures de rigidité complémentaires.

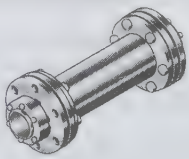
Équerres de liaison pour deux modules

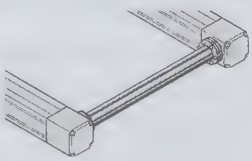




– Liaisons perpendiculaires entre modules.
– Fixation entre plateaux.
– Fixation entre plateau et corps.
– Montage direct sur le plateau.

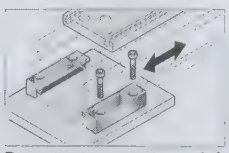
Arbre de liaison



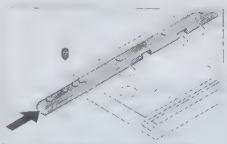


– Entraînement en parallèle de deux modules.
– Arbre de liaison en acier (grande rigidité et précision).

Pièces de bridage et réglettes de fixation taraudées



– Permettent un montage aisé sur les éléments de liaison.



– Pose rapide et simple sur les rainures en T.

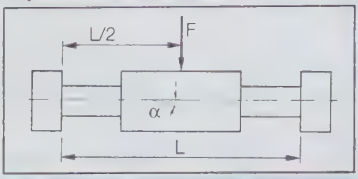
13.14. Chariots linéaires

13.14.1. Calculs de détermination

Les chariots permettent de simplifier les plans, évitent l'achat de diverses pièces détachées et font économiser du temps et des coûts pour le montage. Ils sont usinés prêts à monter.
– Corps de chariot et entretoise en alliage d'aluminium, permettant d'atteindre des valeurs d'accélération élevées.
– Les chariots sont flexibles et ont un encombrement réduit. Circulation de billes silencieuse et usure réduite.
– Les chariots peuvent être livrés « sans commande de déplacement » ou « avec vis à billes ».

Calculs de la flexion de l'arbre (exécution fermée)

Équipés de douilles à billes Super, les chariots linéaires et à mouvements croisés peuvent admettre une flexion de l'arbre beaucoup plus importante que les chariots équipés de douilles à billes ordinaires.
Pour le choix de la longueur de l'arbre et de la taille du chariot en fonction de la flexion admissible de l'arbre, il faut se conformer aux formules suivantes.

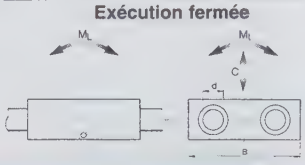


$\tan \alpha \leq \tan \alpha_{maxi}$

tan α	Flexion de l'arbre	
F	Charge extérieure	(N)
L	Cote « L »	(mm)

Chariot linéaire	tan α	tan α_{maxi}
8-65	= F.(L–9) 4,970.10^{-8}	10.10^{-4}
12-85	= F.(L–18) 1,376.10^{-8}	8,72.10^{-3}
16-100	= F.(L–21) 5,381.10^{-9}	8,72.10^{-3}
20-130	= F.(L–36) 2,932.10^{-9}	8,72.10^{-3}
25-160	= F.(L–43) 1,468.10^{-9}	8,72.10^{-3}
30-180	= F.(L–51) 7,698.10^{-10}	8,72.10^{-3}
40-230	= F.(L–79) 3,407.10^{-10}	8,72.10^{-3}
50-280	= F.(L–107) 1,649.10^{-10}	8,72.10^{-3}

Capacités de charge et moments

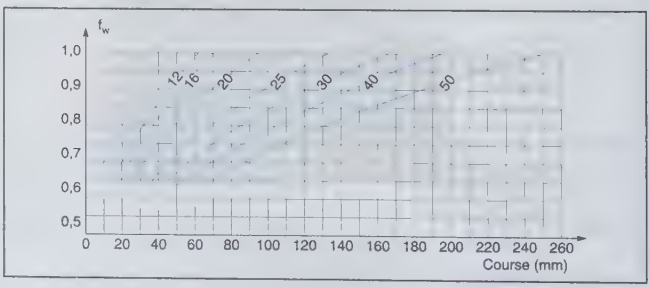


Taille d-B	Capacité de charge dyn. C (N)	Moments dynamiques M_t (N.m)	Moments dynamiques M_L (N.m)	Capacité de charge dyn. C (N)	Moments dynamiques M_t (N.m)	Moments dynamiques M_L (N.m)
8 - 65	1 040	16	15			
12 - 85	2 500	52	57	2 850	25	27
16 - 100	3 050	82	87	3 440	39	41
20 - 130	6 040	217	229	6 100	134	141
25 - 160	11 820	520	549	11 950	320	339
30 - 180	14 360	689	725	14 520	425	447
40 - 230	24 660	1 504	1 713	24 950	928	1 057
50 - 280	36 060	2 740	3 011	36 380	1 687	1 853

Remarque relative aux capacités de charge et aux moments dynamiques : Le calcul des capacités de charge et des moments dynamiques est basé sur 100 000 m de course. Cependant, le calcul est souvent basé seulement sur 50 000 m de course. Pour établir une comparaison, il faut donc multiplier par 1,26 les valeurs C, M_t et M_L du tableau.

Réduction des capacités de charge lors d'une course courte

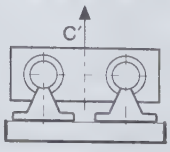
Dans le cas d'une course courte, la durée de vie des arbres est inférieure à celle des douilles à billes Super.
En conséquence, il est nécessaire de multiplier les capacités de charge et les moments dynamiques indiqués dans les tableaux par le facteur f_W.
Les capacités de charge de la version ouverte sont réduites dans les proportions suivantes lors d'un montage renversé :
Tailles 12 et 16 à 42 %
Tailles 20 à 50 à 60 %

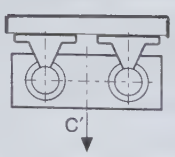


Durée de vie nominale

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 10^5 \qquad L_h = \frac{L}{60 \cdot v_m}$$

L : durée de vie nom. (m)
L_h : durée de vie nom. (h)
C : capacité de charge dynamique (N)
P : charge dynamique équivalente (N)
V_m : vitesse moyenne (min^{-1})





Tailles 12 et 16
C' = 0,42.C

Tailles 20 à 50
C' = 0,6.C

Vitesse linéaire maximale

Chariot linéaire	12-85	16-100		20-130			25-160 et 30-180			40-230 et 50-280			
Vis à billes Dia $d_o \times p$	8 × 2,5	12 × 5	12 × 10	16 × 5	16 × 10	16 × 16	20 × 5	25 × 10	20 × 20	32 × 5	32 × 10	32 × 20	32 × 32
L (mm)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)	V (m/min)
300	25	41	82	22,8	45,6	73	18,9	31,8	75,5	12,5	25,0	50	80,0
400	15	41	82	22,8	45,6	73	18,9	31,8	75,5	12,5	25,0	50	80,0
600	6	21,5	43	22,8	45,6	73	18,9	31,8	75,5	12,5	25,0	50	80,0
800	3	11,5	23	15,0	30,0	48	18,9	31,8	75,5	12,5	25,0	50	80,0
1 000	2	7	14	9,8	19,7	31,5	11,8	31,8	47,3	12,5	25,0	50	80,0
1 200		5	10	7,0	14,1	22,5	7,9	23,6	31,5	12,5	25,0	50	80,0
1 500		3	6	4,2	8,4	13,5	5,4	14,5	21,4	9,4	18,8	37,5	60
2 000				2,0	4,1	6,5	2,8	9,0	11,3	5,4	10,7	21,4	34,3
2 500				1,5	2,9	4,7	1,8	4,7	7,0	3,4	6,9	13,8	22
3 000							1,1	3,3	4,5	2,3	4,5	9,0	14,4
3 500										1,6	3,1	6,3	10
4 000										1,3	2,7	5,4	8,6

Vis à billes Cdyn (N)	2 900	4 990	3 270	12 300	9 600	6 200	14 300	15 800	9 100	21 500	26 200	17 900	17 800
Roulement fixe Cdyn (N)	5 280	5 280	5 280	13 400	13 400	13 400	17 000	17 000	17 000	26 000	26 000	26 000	26 000

– La capacité de charge pour le roulement fixe est fonction de la combinaison de roulements différents (roulement rainuré à billes ou roulement à billes à contact oblique. Voir type de roulement).
– Les roulements fixes sont ajustés sans jeu.
– La charge axiale maximale admissible en compression de la vis (flambage) doit être calculée indépendamment de ce tableau.

Instructions d'utilisation et de maintenance

Pour la lubrification, se conformer aux instructions usuelles relatives aux roulements. Elle peut être faite aussi bien à l'huile qu'à la graisse.
Les chariots linéaires sans entraînements subissent un traitement de conservation. Ce traitement est compatible avec tous les autres lubrifiants à base d'huile minérale. Les chariots linéaires avec entraînement sont prélubrifiés.

La relubrification n'est nécessaire que si les conditions d'environnement l'imposent.
Lorsque les conditions d'environnement ou de service sont défavorables (impuretés importantes, charge élevée, grande vitesse, haute température par exemple), il faut prévoir une lubrification à intervalles appropriés.
Dans ce cas-là, il est conseillé en général de relubrifier à plusieurs semaines d'intervalle. Toutefois, l'intervalle de relubrification exact et le plus rentable ne peut être déterminé que cas par cas en fonction de l'utilisation.
Nous recommandons, dans la mesure où il n'est pas possible de couvrir les guides à billes avec un soufflet ou un couvercle similaire, de nettoyer les arbres à intervalles déterminés avec un chiffon imbibé de white spirit. Les arbres doivent être ensuite lubrifiés avec de la graisse ou de l'huile afin d'être protégés contre la corrosion.

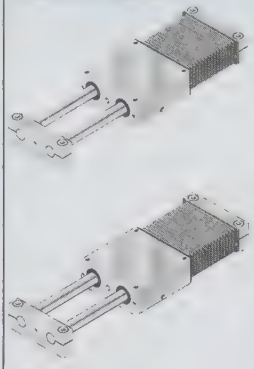
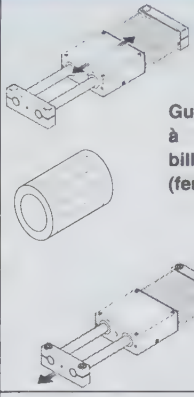
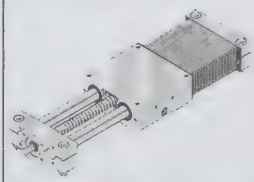
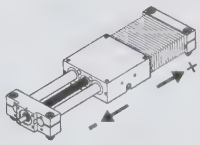
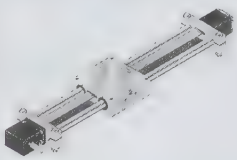
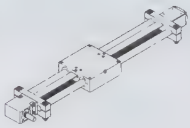
Lubrification à la graisse

Dans des conditions normales, utiliser une graisse de consistance DIN 51818-2.

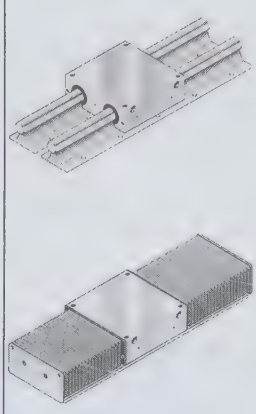
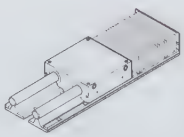
Usinage supplémentaire

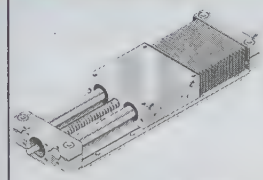
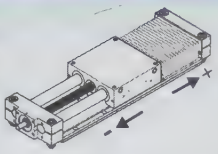
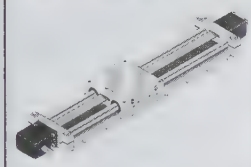
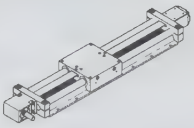
Dans les cas où un usinage supplémentaire des corps de chariot est nécessaire, les douilles à billes doivent être protégées contre les copeaux.
Un alésage de passage effectué ultérieurement peut provoquer une déformation.

13.14.2. Chariots linéaires fermés

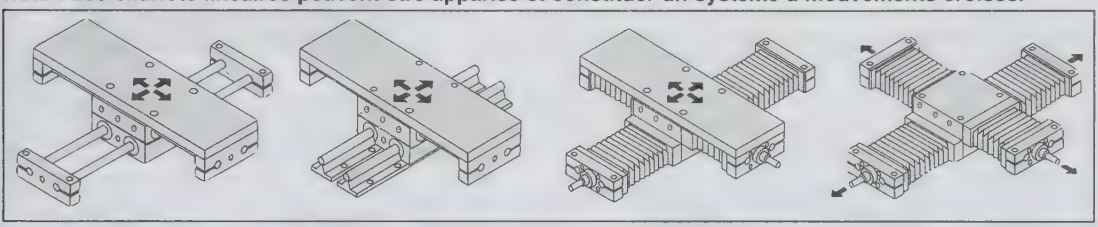
Désignation	Sens du mouvement	Entraînement	Capacité de charge dynamique C (N)	Observations
Chariots linéaires SGO 	 **Guidage à billes (fermé)**	**Sans entraînement**	1 040 à 36 060	– Corps de chariot en alliage d'aluminium. – 4 douilles à billes. – 4 racleurs. – 2 entretoises en alliage d'aluminium. – 2 arbres de précision.
Chariot linéaire SGK 	 **Guidage à billes (fermé)**	**Vis à billes**	2 500 à 36 060	– Corps de chariot en alliage d'aluminium. – 4 douilles à billes. – 4 racleurs. – 2 brides entretoises en alliage d'aluminium. – 2 arbres de précision. – 1 vis à billes de précision. – 1 soufflet de protection.
Chariot linéaire SGR 	 **Guidage à billes (fermé)**	**Courroie crantée**	11 820	– Corps de chariot en alliage d'aluminium. – 4 douilles à billes. – 4 racleurs. – 2 brides entretoises en alliage d'aluminium. – 2 arbres de précision. – 1 courroie crantée. – 1 système de tension de courroie.

13.14.3. Chariots linéaires ouverts

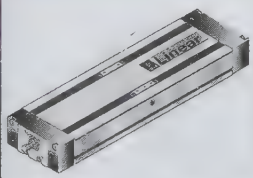
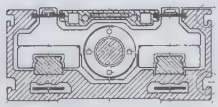
Chariots linéaires SOO 	  **Guidage à billes (ouvert)**	**Sans entraînement**	2 850 à 36 380	– Corps de chariot en alliage d'aluminium. – 4 douilles à billes. – 4 racleurs. – 2 arbres de précision en acier supportés par des rails en alliage d'aluminium.

Désignation	Sens du mouvement	Entraînement	Capacité de charge dynamique C (N)	Observations
Chariot linéaire SOK 	 Guidage à billes (ouvert)	Vis à billes	2 850 à 36 380	– Corps de chariot en alliage d'aluminium. – 4 douilles à billes. – 2 arbres de précision en acier supportés par des rails en alliage d'aluminium. – 1 vis à billes de précision. – 1 soufflet de protection.
Chariot linéaire SOR 	 Guidage à billes (ouvert)	 Courroie crantée	11 950	– Corps de chariot en alliage d'aluminium. – 4 douilles à billes. – 2 arbres de précision en acier supportés par des rails en alliage d'aluminium. – 1 courroie crantée. – Système de tension de courroie.

Nota : **Les chariots linéaires peuvent être appariés et constituer un système à mouvements croisés.**

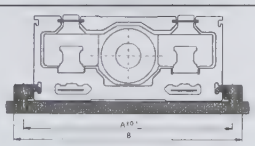


13.14.4. Modules linéaires compacts

Désignation	Principe	Entraînement	Capacité de charge dynamique C (N)		Observations
			1 plateau	2 plateaux	
Module compact CKK 	 Guidage à billes	 Vis à billes	4 620 à 37 600	7 500 à 61 080	– Systèmes de guidage précis et prêts au montage. – Performances élevées pour dimensions compactes. – Éléments à monter : - Servomoteur à commande numérique avec frein intégré ou moteur pas à pas. - Montage d'interrupteurs. - Variateur d'entraînement et commande.

Fixation

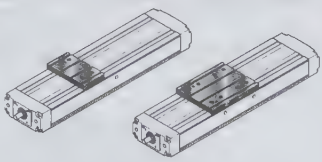
Lors de la fixation des modules compacts, tenir compte des couples de serrage.



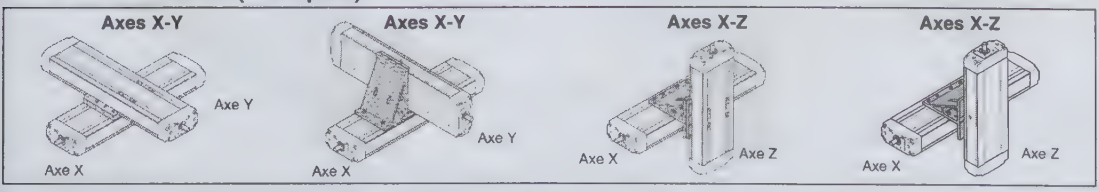
Fixation des modules par plaque de bridage

Plaques de liaison

Plaques de liaison pour 1 ou 2 plateaux avec réglettes de rainures.



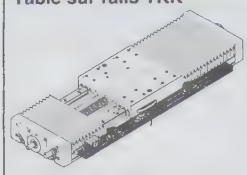
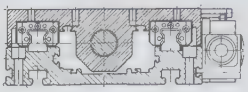
Éléments de liaison (exemples)



13.15. Tables sur rails de guidage

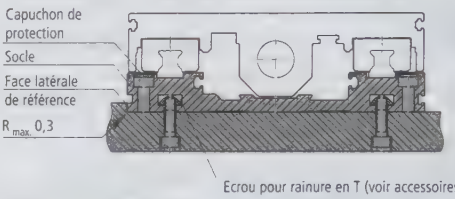
REXROTH
STAR-ALMÉ

13.15.1. Description et fonctionnement

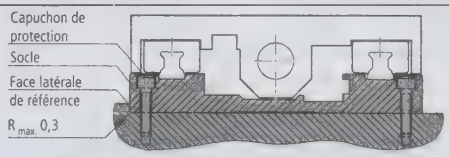
Désignation	Principe	Entraînement	Capacité de charge dynamique C_z.C_y (N)	Observations
Table sur rails TKK 	 **Guidage à billes sur rails** (Existe en TKL, entraînement par moteur linéaire)	 **Sans entraînement**  **Vis à billes**	19 500 à 132 500	– Socle en profilé d'aluminium ou acier. – 2 rails de guidage. – 4 guides à billes sur rail. – 1 plateau en profilé d'aluminium ou acier. – Option : règle en verre, interrupteur, chemin de câble. – Moteur et variateur.

Exemples de fixation

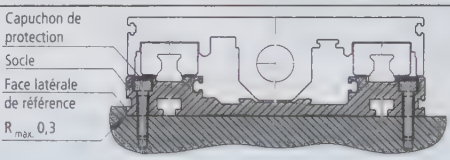
– Les fixations des tables sur rails de guidage en profilés d'aluminium peuvent s'effectuer au choix par le haut ou par le bas.
– Les tables sur rails de guidage en acier ne peuvent être vissées que par le haut. Pour chaque exécution, le socle comporte une face latérale de référence qui facilite l'alignement.
– Les têtes de vis sont obturées par un capuchon.



Rails en profilé d'aluminium : fixation par le bas



Rails de guidage en acier : fixation par le haut



Rails en profilé d'aluminium : fixation par le haut

Exemples de tables sur rails de guidage équipés d'accessoires

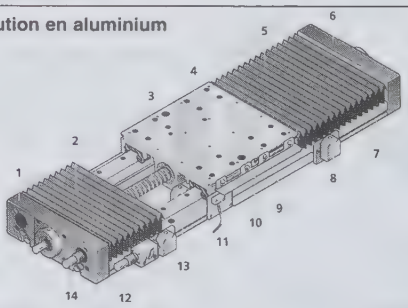
Conception

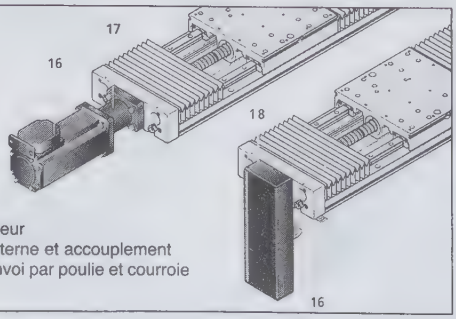
1 Traverse de palier fixe
2 et 5 : Soufflet en deux parties
3 Vis à billes équipées d'un système d'écrou sans jeu
4 Plateau muni de 4 guides de billes
6 Traverse de palier libre
7 Socle

Éléments rapportés :

8 Interrupteurs mécaniques extérieurs
9 Chemin de câbles
10 Équerre de contact
11 Interrupteurs inductifs extérieurs
12 Prise/fiche pour interrupteurs extérieurs
13 Interrupteurs mécaniques et inductifs intérieurs
14 Prise/fiche pour interrupteurs intérieurs
15 Profilé support

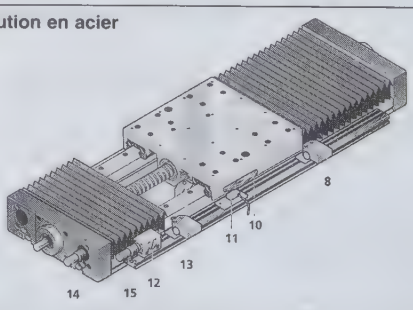
Exécution en aluminium





16 Moteur
17 Lanterne et accouplement
18 Renvoi par poulie et courroie

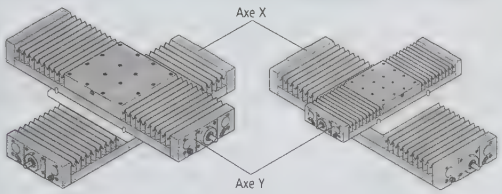
Exécution en acier



13.15.2. Appariement des tables et constitution de systèmes à mouvements croisés

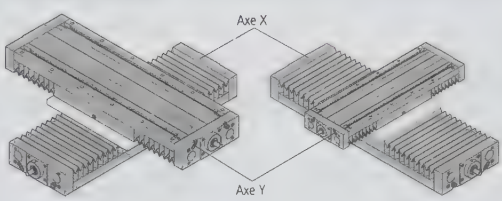
– Dans le cas d'une unité à deux axes, la précision de chacun des axes et de l'entretoise ainsi que la déformation élastique de l'axe Y (qui n'est pas totalement soutenu) viennent s'additionner.
– La précision peut être améliorée en utilisant un socle haut.
– Les variations des angles droits sont obtenues par un assemblage et une fixation simples à l'aide des trous de goupille existants ou préparés sans qu'un alignement soit nécessaire.

Éléments pour combinaison : socle/plateau



Tables de même taille — Tables de tailles différentes

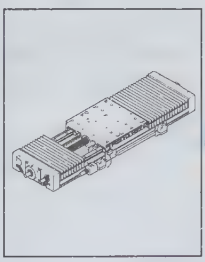
Éléments pour combinaison : plateau/plateau



Tables de même taille — Tables de tailles différentes

13.15.3. Sélection du moteur en fonction du variateur d'entraînement et de la commande

Il existe plusieurs combinaisons moteurs-variateurs, afin de pouvoir réaliser la solution la plus économique pour chaque application.
Il faut toujours tenir compte de la combinaison moteur-variateur lors du dimensionnement de l'entraînement.



Servomoteurs AC numériques



MKD
MHD



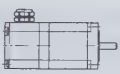
MKD

MiniDrive



MMD 082A

Moteurs pas à pas à 3 phases



VRDM 397
VRDM 3910
VRDM 3913



DKC — **Régulateur numérique** La solution la plus économique pour les systèmes à un et à plusieurs axes



DKS — **Module numérique de positionnement avec interface de positionnement intégrée DLC** La solution universelle pour un axe



DDS — **Module numérique DDS et module de positionnement CLM** La solution conviviale pour les systèmes à plusieurs axes



DMD — **Variateur numérique**



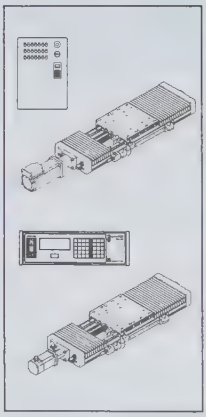
WD3 — **Module de puissance** pour montage en armoire électrique



PC — **Carte de commande** de moteur pas à pas pour PC



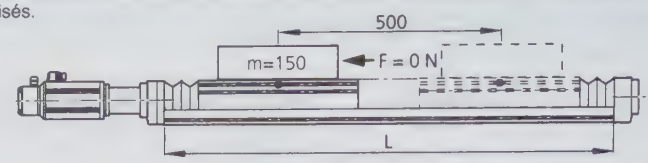
STAR step — **Commande de positionnement pour un et plusieurs axes avec module de puissance** La solution complète



Les tables sur rails de guidage sont livrables complètes, avec moteur, variateur et commande.

13.15.4. Principes de calcul

Lors du dimensionnement de l'entraînement, il faut toujours prendre en considération la combinaison moteur-variateur, car les caractéristiques du type de moteur (par exemple vitesse de rotation utile et couple de rotation maximum) dépendent du variateur et de la commande utilisés.



Durée de vie nominale

Durée de vie nominale en mètres :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_m}\right)^3 \cdot 10^5$$

Durée de vie nominale en heures :

$$L_{10h} = \frac{L_{10}}{60.v}$$

L_{10} = durée de vie nominale en mètres (m)
L_{10h} = durée de vie nominale en heures (h)
C = capacité de charge dyn. (N)
F_m = charge dynamique moyenne équivalente (N)
v = vitesse (m/min) (extraite du diagramme « Vitesse admissible »)

Couple de friction

– Avec montage du moteur par lanterne et accouplement

$$M_R = M_{RS}$$

– Avec montage du moteur par renvoi par poulie et courroie

$$M_R = \frac{M_{RS}}{i} + M_{RRv}$$

M_R = couple de friction au niveau de la sortie d'arbre du moteur (Nm)
M_{RS} = couple de friction du système (Nm)
M_{RRv} = couple de friction du renvoi par poulie et courroie au niveau de la sortie d'arbre du moteur (Nm)
i = réduction

Inertie des masses

pour la manutention : $6 \cdot J_M \geq J_{fr}$
pour l'usinage : $1{,}5 \cdot J_M \geq J_{fr}$

J_{fr} = inertie des masses étrangères (kgm²)
J_M = inertie du moteur (kgm²)

– Avec montage du moteur par lanterne et accouplement

$J_{fr} = J_S + J_K + J_{Br}$

$J_S = (k_1 + k_2 \cdot L + k_3 . m_{fr}) . 10^{-6}$

$J_{tot} = J_{fr} + J_M = J_S + J_K + J_{Br} + J_M$

– Avec montage du moteur par renvoi par poulie et courroie

$J_{fr} = \frac{K_S}{i^2} + J_{Rv} + J_{Br}$

$J_S = (k_1 + k_2 \cdot L + k_3 \cdot m_{fr}) \cdot 10^{-6}$

$J_{tot} = J_{fr} + J_M = \frac{J_S}{i^2} + J_{Rv} + J_M + J_{Br}$

J_{tot} = inertie totale des masses (kgm²)
J_{fr} = inertie des masses étrangères (kgm²)
J_S = inertie des masses sur le système supportant une masse étrangère (kgm²)
J_K = inertie de l'accouplement (kgm²)
J_{Br} = inertie du frein moteur (kgm²)
J_M = inertie du moteur (kgm²)
J_{Rv} = inertie réduite du renvoi par poulie et courroie au niveau de la sortie d'arbre du moteur (kgm²)
m_{fr} = masse étrangère (kg)
L = longueur de la table sur rails de guidage (mm)
i = réduction
k_1, k_2, k_3 = constantes, voir le tableau « Constantes »

Constantes k_1, k_2, k_3. Moment de friction du système sur la sortie de l'arbre M_R

d_o = diamètre nominal de la vis à billes (mm)
P = pas de la vis (mm)

Table sur rails de guidage	Vis à billes $d_o \times P$ (mm)	Constantes k1 plateau court	Constantes k1 plateau long	Constantes k2	Constantes k3	Couple de friction M_{RS} (Nm) avec 2 % de précharge du guidage	Couple de friction M_{RS} (Nm) avec 8 % de précharge du guidage
TKK 15-155	16 × 10	10,5	12,3	0,039	2,53	0,56	0,58
	16 × 16	19,6	24,2	0,039	6,48	0,58	0,61
	20 × 5	13,6	14,1	0,100	0,63	0,64	0,65
	20 × 20	35,5	42,5	0,100	10,13	0,72	0,75
TKK 20-225 Al	20 × 5	16,6	17,9	0,100	0,63	0,66	0,68
	20 × 20	83,1	103,3	0,100	10,13	0,82	0,90
	25 × 5	35,4	36,6	0,256	0,63	0,82	0,84
	25 × 10	48,7	53,7	0,256	2,53	0,88	0,92
	25 × 25	139,3	170,9	0,235	15,83	1,08	1,17
TKK 20-225 St	20 × 5	20,4	23,5	0,100	0,63	0,66	0,68
	20 × 20	143,9	194,5	0,100	10,13	0,82	0,90
	25 × 5	39,2	42,3	0,256	0,63	0,82	0,84
	25 × 10	63,9	76,5	0,256	2,53	0,88	0,92
TKK 30-325 Al	32 × 5	110,0	113,8	0,712	0,63	1,10	1,12
	32 × 10	142,3	157,5	0,712	2,53	1,29	1,32
	32 × 20	265,3	326,1	0,667	10,13	1,21	1,27
	32 × 32	534,0	689,6	0,667	25,94	1,36	1,46
TKK 30-325 St	32 × 5	120,5	128,0	0,712	0,63	1,10	1,12
	32 × 10	184,1	214,3	0,712	2,53	1,29	1,32
	32 × 20	432,5	553,0	0,667	10,13	1,21	1,27
	32 × 32	962,0	1270,6	0,667	25,94	1,36	1,46
TKK 35-455	40 × 5	319,2		1,783	0,63	1,66	1,68
	40 × 10	368,2		1,607	2,53	2,32	2,35
	40 × 20	679,7		1,607	10,13	2,24	2,29
	40 × 40	1926,0		1,6027	40,53	2,59	2,69

Vitesse de rotation

Dans le cas du montage d'un motoréducteur, il faut également tenir compte du moment d'inertie du réducteur et de la réduction dans le calcul.

$$n_1 = \frac{i \cdot v \cdot 1\,000}{P}$$

$n_1 < n_{Mmax}$

$v \leq v_{adm}$

v = vitesse (m/min)
n_1 = vitesse de rotation (1/min)
n_{Mmax} = vitesse de rotation effective max. du moteur (1/min)
P = pas de la vis (mm)
i = réduction
V_{adm} = vitesse admissible, voir « Caractéristiques techniques » (m/min)

Caractéristiques de l'accouplement

Les accouplements présentant les caractéristiques selon le tableau sont utilisés pour les tables TKK avec des servomoteurs standard.

Table sur rails de guidage	Couple nominal de l'accouplement M_K (Nm)	Inertie des masses J_k (km²)	Poids de l'accouplement (kg)
TKK 15-155	19	57.10^{-6}	0,26
TKK 20-225	19	57.10^{-6}	0,26
	50	200.10^{-6}	0,7
TKK 30-325	50	200.10^{-6}	0,7
TKK 35-455	98	390.10^{-6}	0,9

14. Les actionneurs



Banque de **DONNÉES**

Guide de **CHOIX**

Données dans **CD Rom**

14.1. Vérins pneumatiques 444

14.1.1. Démarche de détermination d'un vérin 444
14.1.2. Degré de protection des enveloppes du matériel électrique 445
14.1.3. Détermination du débit d'air et de gaz 445
14.1.4. Définition d'un diamètre de vérin 447
14.1.5. Amortissement des vérins 448
14.1.6. Courses normalisées recommandées 448
14.1.7. Exemple, objet et mode d'emploi d'un diagramme « charge radiale - course - durée de vie » 449
14.1.8. Guide de choix d'un type de vérin pneumatique 450
- Micro et mini-vérins 450
- Vérins à faible course 450
- Vérins antirotation de tige 450
- Vérins cylindriques sans tirants d'assemblage 452
- Vérins compacts 452
- Vérins hautes performances 454
- Vérins à guidage en H ou en U 454
- Vérins spéciaux double effet 456
- Vérins sans tige 460
- Vérins anti-corrosion 462
- Vérins rotatifs 462
- Vérins à guidage linéaire 464
14.1.9. Guide de choix d'un type de détecteur 466
14.1.10. Les vérins dans leur environnement 467
14.1.11. Dimensionnement de quelques vérins usuels 468
- Vérins à tirants double effet 468
- Vérins cylindriques sans tirants d'assemblage 472

14.2. Vérins hydrauliques 477

14.2.1. Démarche de détermination d'un type de vérin 477
14.2.2. Guide de choix d'un vérin hydraulique ou d'un actionneur hydraulique 478
14.2.3. Formes de montage des vérins 482

14.3. Vérins éléctriques 483

14.3.1. Démarche de détermination d'un vérin électrique 483
14.3.2. Présentation et choix d'un vérin électrique 484
14.3.3. Connaissances de base - Appellations - Définitions 485
14.3.4. Guide de choix d'un vérin électrique 487
14.3.5. Principales fonctions réalisées par les vérins électrique, linéaires 490
14.3.6. Exemples d'applications 490
14.3.7. Les servovérins 491
14.3.8. Automatisation et productivité 492

14.4. Moteurs électriques 493

14.4.1. Démarche de détermination d'un moteur électrique et de son mode de démarrage 493
14.4.2. Guide de choix d'un type de moteur électrique 494
14.4.3. Exemples de puissances d'entraînement courantes - types de service(s) 496
14.4.4. Machine entraînée 497
14.4.5. Schémas de paliers pour moteurs 498
14.4.6. Formes de construction courantes 500
14.4.7. Concept modulaire (moteurs à cage) 502

14.1. Vérins pneumatiques

14.1.1. Démarche de détermination d'un vérin (1)

Deux cotes déterminent le vérin : la course (L) et le diamètre (D).

Détermination de la course

– **(L)** est fonction de la longueur du déplacement.
On peut :
– aller en butée sur les deux fonds du vérin ;
– limiter extérieurement la course, à une extrémité ou aux deux extrémités :
- soit par le travail à réaliser (serrage, marquage...) ;
- soit par une butée fixe ;
- soit par une butée réglable.

Détermination du diamètre

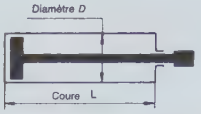
– **Le diamètre (D)** du vérin dépend de l'effort théorique axial (FA) développé et de la pression (P) d'alimentation.
– **Pendant le déplacement**, le vérin ne peut développer qu'une partie de cet effort (un taux de charge permet de calculer l'effort dynamique réellement développé).
– **Le diamètre nominal** a une influence sur :
- l'aptitude des guidages à supporter une charge radiale (C_R) ;
- l'aptitude de la tige à résister au flambage et à la flexion ;
- les capacités d'amortissement du vérin.
– **Charges pratiques - Taux de charge** :
En cours de déplacement, l'effort de poussée est toujours inférieur à la poussée théorique, on utilise un taux de charge (t) défini par :

$$t = \frac{\text{charge réelle}}{\text{poussée théorique}} = \frac{C}{P \cdot S} \leq 1$$

– **(t)**, choisi, dépend :
- des frottements internes au vérin (de 0,05 à 0,1) ;
- des poussées développées, selon les diamètres et selon la lubrification ;
- de la contre-pression d'échappement nécessaire à l'obtention d'un mouvement régulier à vitesse contrôlée.
– **Charge dynamique - Charge statique**
– Charge dynamique au long de la course : c'est le cas le plus général (vérins de transfert, soulevant une charge, actionnant un mécanisme, etc.) $t \approx 0{,}6$.
– Charge statique en fin de course seulement : vérins destinés à appliquer une force statique en fin de course (vérins de serrage, de marquage, de bridage, etc.) $t \approx 1$.

Détermination des vérins en fonction de la charge radiale et de la durée de vie

– **Action de la charge radiale** sur les guidages d'un vérin : elle est souvent inévitable et elle est due :
- au poids d'un outillage déplacé par la tige ;
- au poids du vérin monté en oscillant arrière.
– **Durée de vie des joints :**
Seule la distance parcourue par les joints provoque leur usure.



Course L et diamètre D déterminent un vérin



Exemple d'effort (F_A) et de sollicitations (C_A et C_R) pour un vérin fixe

$$F_A = P \times S = P \frac{\pi D^2}{4}$$

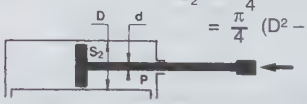
F_A : daN, P : bar, S : cm²

$$F_1 = P \cdot S_1$$
$$S_1 = \frac{\pi D^2}{4}$$



Poussée théorique d'un vérin, pression côté chambre arrière

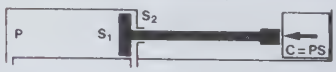
$$F_2 = P \cdot S_2$$
$$S_2 = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

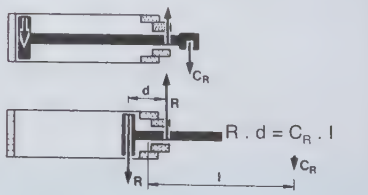


Poussée théorique d'un vérin, pression côté chambre avant



Vérin utilisé en statique : t ≈ 0,6





Vérin utilisé en statique : $t \simeq 1$
Actions sur les guidages d'un vérin : face à une charge radiale C_R appliquée à la tige, les actions R sur les guidages deviennent importantes en position « tige sortie ».

(1) à partir de l'ouvrage *Les automatismes électro-pneumatiques et pneumatiques*, Éditions du Moniteur.

14.1.2. Degré de protection des enveloppes du matériel électrique

(suivant normes NF EN 60529 et CEI 529)

Symbole IP suivi de 2 chiffres : ex. IP 65
Le premier chiffre indique le degré de protection contre les contacts avec les parties sous tension, pièces internes en mouvement, pénétration des corps étrangers.
Le second chiffre indique le degré de protection contre la pénétration des liquides.

1er chiffre	Définition	Test	2e chiffre	Définition	Test
0	Non protégé		0	Non protégé	
1	Protégé contre les corps solides supérieurs à Ø 50 mm		1	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)	
2	Protégé contre les corps solides supérieurs à Ø 12 mm		2	Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale	
3	Protégé contre les corps solides supérieurs à Ø 2,5 mm		3	Protégé contre l'eau de pluie jusqu'à 60° de la verticale	
4	Protégé contre les corps solides supérieurs à Ø 1 mm		4	Protégé contre les projections d'eau de toutes directions	
5	Protégé contre les poussières (pas de dépôt nuisible)		5	Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance	
6	Totalement protégé contre les poussières		6	Protégé contre les paquets de mer ou projections assimilables	
			7	Protégé contre les effets de l'immersion	

Le degré de protection des appareils est indiqué dans chaque documentation, généralement IP 65.

14.1.3. Détermination du débit d'air et de gaz

Détermination du débit à 6 bar

La documentation présente, pour chaque produit, le débit moyen à **6 bars** exprimé en l/min d'air détendu à l'Atmosphère Normale de Référence (ANR) suivant norme ISO 8778 **(débit entraînant un ΔP de 1 bar)**.

Détermination du débit par le calcul

$\Delta P < P$ amont/2

$$Q = 28{,}16 \times KV \times \sqrt{\Delta P \times P_{av}}$$

avec correction de température et de densité

$$Q = 475 \times KV \times \sqrt{\frac{(\Delta P \times P_{av})}{(T_a \times d)}}$$

$\Delta P > P$ amont/2

(Débit maximum réalisable)

$$Q = 14 \times KV \times P_{am}$$

avec correction de température et de densité

$$Q = 238{,}33 \times KV \times P_{am} \times \frac{1}{\sqrt{(T_a \times d)}}$$

Q = débit en l/min
ΔP = Pression différentielle, en bar
P_{av} = Pression aval absolue, en bar
P_{am} = Pression amont absolue, en bar
T_a = Température absolue, en degrés °C
d = densité par rapport à l'air

KV (suivant norme NF E 29312) :
Le KV français est un coefficient expérimental qui caractérise la capacité en débit d'un composant. Il correspond à la valeur pratique du débit d'eau en litres/minute, sous un ΔP de 1 bar à passage totalement ouvert.

Détermination du débit par abaques

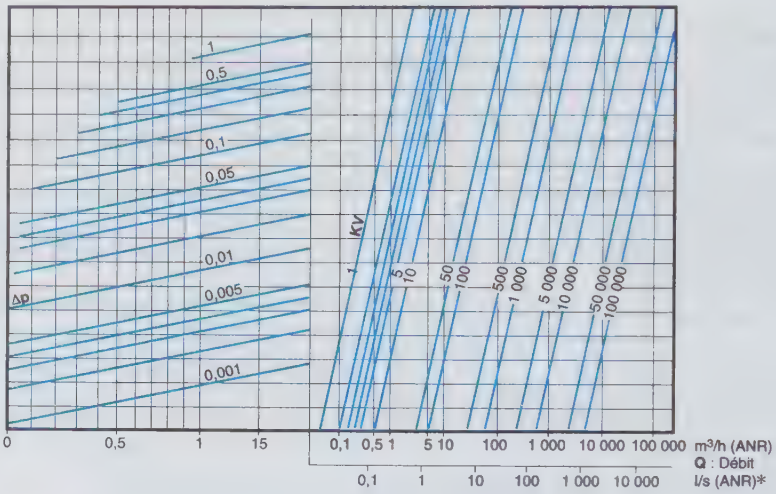
Mode d'utilisation de l'abaque
Suivant la pression d'alimentation, utiliser l'abaque adéquat : plage 0-2 bars ou 0-40 bars.
Celui-ci indique, en lecture directe, la relation entre le débit et la perte de charge (Δp), en fonction de la pression amont et du coefficient de débit (KV – base l/min).



Exemple : soit une vanne ∅ 25 mm, KV = 132 dont on désire connaître le débit lorsque les conditions sont :
– pression amont manométrique : 8 bars,
– perte de charge Δp : 3 bars.
En procédant comme indiqué sur le schéma, on trouve un débit égal à 950 m³/h. Dans le cas où la perte de charge est supérieure aux valeurs délimitées par l'abaque, le débit est identique à celui obtenu avec la « perte de charge critique » telle que :

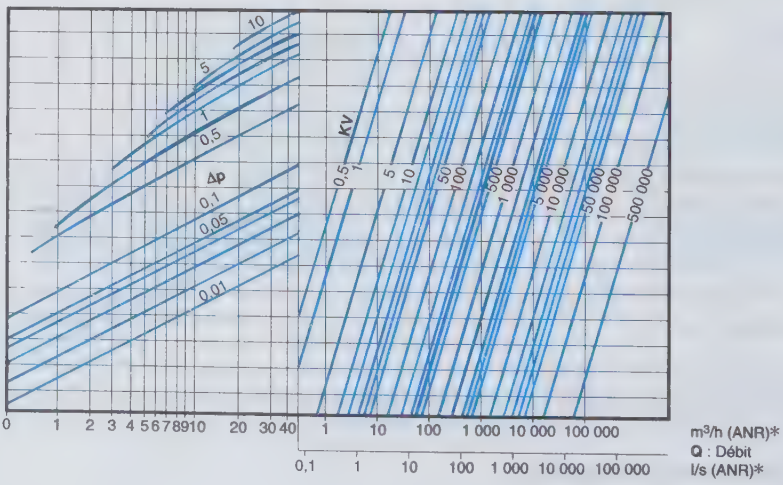
$$\Delta p = P \text{ aval absolue} = \frac{P \text{ amont absolue}}{2}$$

Débits d'air 0 à 2 bar



P : Pression amont manométrique en bar
* ANR : Atmosphère Normale de Référence

Débits d'air 0 à 40 bar



P : Pression amont manométrique en bar
* ANR : Atmosphère Normale de Référence

14.1.4. Définition d'un diamètre de vérin

Effort dynamique développé par un vérin

F = Pression × Surface du piston × Rendement

Le rendement d'un vérin dépend du diamètre du vérin, de la pression et des paramètres d'ordre mécanique. Les abaques et tableaux ci-dessous définissent les efforts dynamiques développés par les vérins en sortie et rentrée de tige en fonction de la pression d'alimentation.

Taux de charge

C'est le rapport, exprimé en pourcentage, entre la charge réelle à déplacer par le vérin et l'effort dynamique disponible en bout de tige.

$$\text{Taux de charge (en \%)} = \frac{\text{charge réelle}}{\text{effort dynamique}} \times 100$$

Pour une utilisation optimale du vérin, il est recommandé de définir un vérin tel que le taux de charge soit inférieur ou égal à 75 %.

Exemple : définition d'un vérin pour soulever une charge de 130 daN à une pression de 7 bars relatifs (manométriques).

$$\text{Effort dynamique théorique} = \frac{\text{charge réelle}}{\text{taux de charge}} = \frac{130}{0{,}75} = 175 \text{ daN}$$

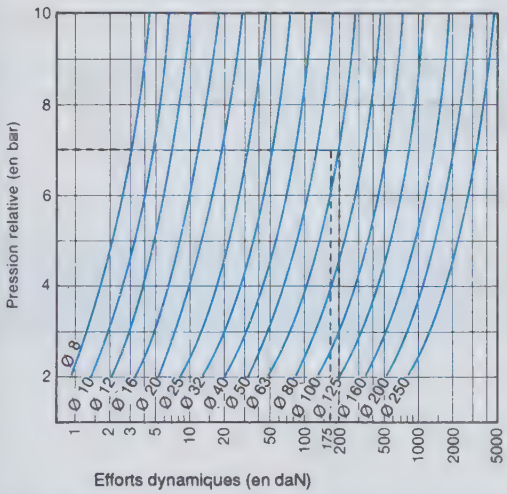
Dans l'abaque « sortie de tige », définir le point de rencontre entre l'effort dynamique ainsi calculé et la pression d'alimentation. Le diamètre du vérin nécessaire sera celui dont la courbe passe par ce point ou celui développant un effort immédiatement supérieur.

Dans l'exemple cité : 175 daN est situé entre le Ø 50 et le Ø 63 mm. Le vérin recommandé est le Ø 63 mm qui développe 200 daN à 7 bars et le taux de charge réel est de :

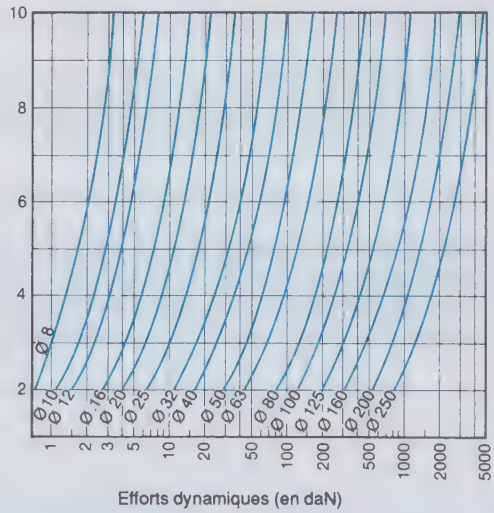
$$\frac{130 \text{ daN}}{200 \text{ daN}} \times 100 = 65\ \%$$

Efforts développés par les vérins (abaques)

EFFORTS DÉVELOPPÉS EN SORTIE DE TIGE



EFFORTS DÉVELOPPÉS EN RENTRÉE DE TIGE



Efforts développés par les vérins (tableau)

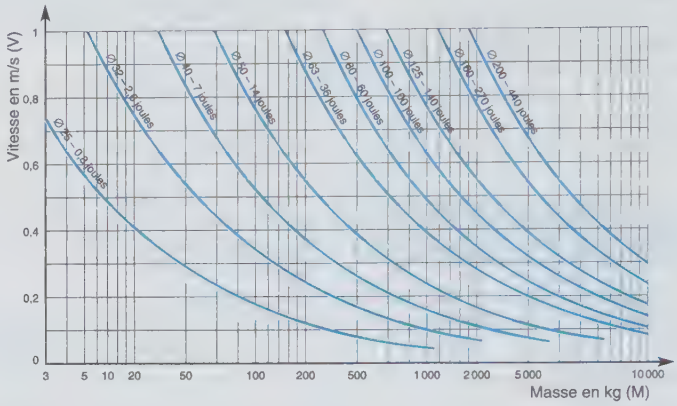
Ø Vérin (mm)	Ø Tige (mm)	Section du piston (cm²)		Efforts dynamiques développés, en daN, en fonction de la pression d'alimentation (bar)									
				2		4		6		8		10	
		●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
8	4	0,5	0,4	0,8	0,3	1,7	1,3	2,7	2	3,6	2,7	4,6	3,4
10	4	0,8	0,6	1,4	1,1	2,6	2,3	4,2	3,4	5,7	4,6	7,5	6
12	6	1,1	0,8	2,2	1,5	4,1	3,1	6	4,4	8,5	6,2	10,5	8
16	6	2	1,7	3,4	2,8	7,5	6	10	9,2	15	12	19	15
20	10	3,1	2,3	5,5	4,2	12	9	16	13,5	23	18	30	22
25	12	4,9	3,8	8,5	6,5	18	14	27	22	38	29	48	36
32	12	8	6,9	13	11,5	30	25	46	40	62	52	77	66
40	18	12,6	10	21	17	46	37	70	57	95	77	122	97
50	18	19,6	17	33	29	70	62	110	97	150	130	190	165
63	22	31,2	27,4	50	44	110	97	170	150	230	200	290	260
80	22	50,3	46,5	88	82	185	170	285	262	385	360	480	450
100	30	78,5	71,5	135	125	290	260	440	400	600	550	750	675
125	30	123	115,7	210	200	460	420	700	650	925	875	1 150	1 100
160	40	201	188	350	320	750	700	11 500	1 100	1 550	1 500	1 900	1 800
200	40	314	301	550	530	1 150	1 100	1 800	1 700	2 400	2 300	3 000	2 900
250	50	491	471	825	800	1 800	1 700	2 800	2 750	3 700	3 600	4 800	4 500

● Efforts développés en sortie de tige (côté fond) ○ Efforts développés en rentrée de tige (côté tige)

Nota : Les vérins à double tige traversante développent des efforts identiques dans les deux sens de fonctionnement, correspondant aux valeurs définies ci-dessus en **rentrée** de tige.

14.1.5. Amortissement des vérins

Détermination de la vitesse maximale de déplacement pour un diamètre et pour une masse donnés



– Les courbes font correspondre à chaque diamètre (∅) l'énergie (E) maximale en joules qu'il est possible d'amortir.
– Les courbes permettent, pour ces conditions d'amortissement, de définir la vitesse maximale de déplacement (V) pour un diamètre (∅) de vérin donné et pour une masse (M) à déplacer sans avoir à calculer l'énergie cinétique.
– Les courbes donnent la vitesse (V) tout au long de la course du vérin.

14.1.6. Courses normalisées recommandées NF E 49-001

Diamètre d'alésage du vérin (mm)	Courses (mm) Tolérances $^{+2}_{0}$													
	25	50	75*	100	125	150*	200	250	300*	400	500	600	800	1 000
25	•	•	•	•	•	•	•	•						
32	•	•	•	•	•	•	•	•						
40	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
50	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
63	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
80		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
100			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
125				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
160					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
200					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

* Ces courses ne sont pas reprises dans la norme NF E 48-059.

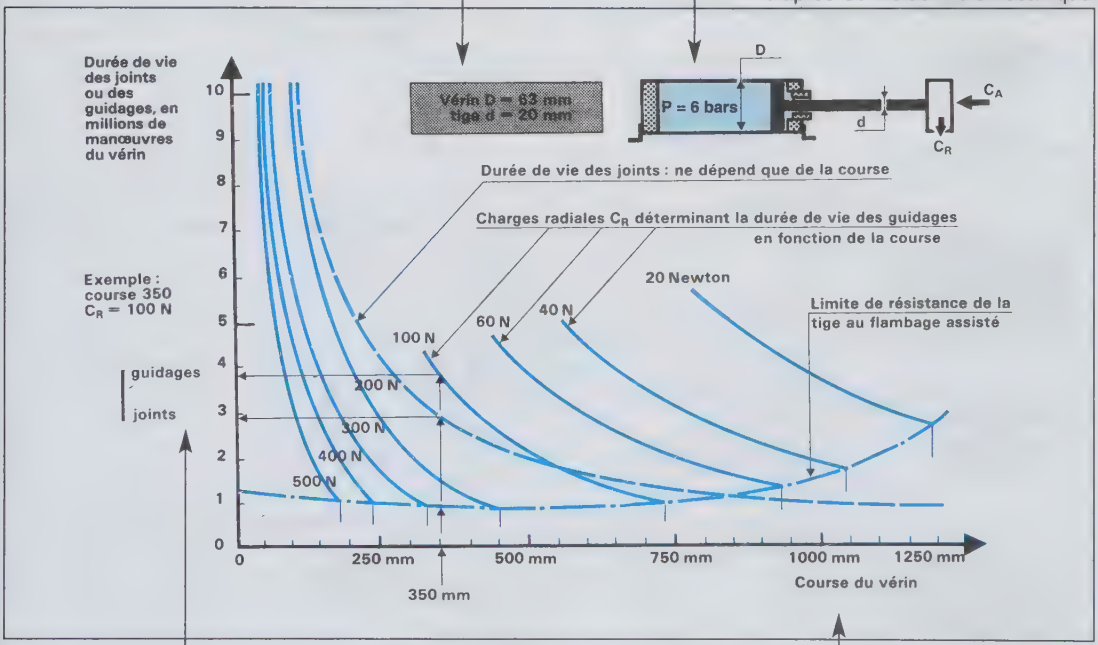
14.1.7. Exemple, objet et mode d'emploi d'un diagramme « charge radiale - course - durée de vie »(1)

Établis pour un vérin de diamètre donné, ces diagrammes permettent de vérifier simultanément :
– la durée de vie des joints, exprimée en nombre de manœuvres du vérin ; elle est fonction de la course ;
– la durée de vie des guidages, exprimée en nombre de manœuvres du vérin ; elle est fonction de la course et de la charge radiale C_R ;
– la résistance de la tige au flambage assisté ; elle est fonction de la course (≃ longueur de tige), de la charge axiale C_A, et de la charge radiale C_R.
Ce diagramme se révèle particulièrement utile pour la détermination des vérins chargés radialement et des vérins de courses longues.
Il met en évidence :
– les limites tolérables pour les charges radiales,
– les limites d'endurance des joints pour les vérins de course longue,
– les limites de résistance de la tige pour les vérins de course longue.
La mise en œuvre de ce type de diagramme conduit éventuellement à augmenter le diamètre d'un vérin déterminé par rapport à sa charge axiale, ou à soulager le vérin de sa charge radiale par un guidage extérieur.

Chaque diagramme est établi pour un diamètre D du vérin, avec une tige de diamètre d.

Les diagrammes sont établis pour une charge axiale C_A correspondant à une pression de 6 bar.

d'après Schneider Telemecanique

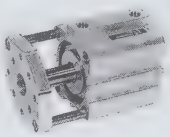


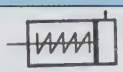
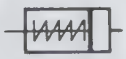
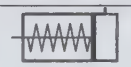
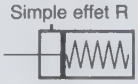
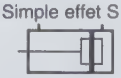
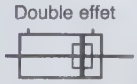
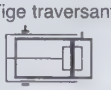
Il est important que la charge radiale C_R ne réduise pas l'endurance des guidages à une valeur trop basse pour l'application ou trop basse par rapport à l'endurance des joints : lors des opérations de maintenance, on remplace les guidages et les joints simultanément.

Plus la course est longue :
– moins l'endurance des joints est grande, exprimée en nombre de manœuvres du vérin ;
– moins les guidages résistent à une charge radiale donnée ;
– plus la tige est sollicitée au flambage.

(1) À partir de l'ouvrage *Les automatismes électro-pneumatiques et pneumatiques*, Éditions du Moniteur.

14.1.8. Guide de choix d'un type de vérin pneumatique

Aptitudes → / Type ↓	Diamètres de l'alésage ↓ mm	Diamètres de la tige ↓ mm	Course ↓ mm	Fluide de commande ↓	Pression d'utilisation admissible ↓ bar	Température de fonctionnement admissible ↓ °C
 **Micro-vérins**	Simple effet 2,5 4 6 Double effet 6	 Ø 1 M 2 × 0,40 M 3 × 0,50 M 3 × 0,50	 5 - 10 5 - 10 - 15 - 20 5 - 10 - 15 - 20 - 25 5 - 10 - 15 - 20 - 25	Air ou gaz neutre, lubrifié ou non, filtré à 5 µm	mini : 3,5 maxi : 8 (3 pour Ø 6)	+ 5 à + 60
 **Simple effet** **Mini-vérins filetés**	6 10 16	M 3 M 4 M 5	5 - 10 - 15	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	3 à 7	+ 5 à + 60
 **Double effet** **Mini-vérins filetés**	6 10 16	M 3 M 4 M 5	5 - 10 - 15		1,5 à 7	
 **Mini-vérins à faible course Type K**	Simple effet 8 10 12 16 Double effet 8 10 12 16 Tige traversante 8 10 12 16	 4 4 4 7,8 4 4 4 7,8 4 4 4 7,8	 4 - 10 4 - 10 4 - 10 4 - 10 - 25 5 - 10 - 15 - 20 - 25 5 - 10 - 15 - 20 - 25 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 maxi 30 30 40 40	Air ou gaz neutre, lubrifié ou non	2 à 10	– 10 à + 60
 **Vérins simple ou double effet ou à tige traversante**  **Vérin avec antirotation de tige - Type KN**	Simple effet 20 25 32 40 50 63 80 100 Double effet 20 25 32 40 50 63 80 100	 10 10 12 12 16 16 20 25 10 10 12 12 16 16 20 25	 5 - 10 - 15 5 - 10 - 20 5 - 10 - 25 10 - 25 10 - 25 10 - 25 25 25 10 - 15 10 - 15 - 20 10 - 15 - 20 - 25 10 - 15 - 20 - 25 - 30 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 10 à 50 10 à 60 10 à 80	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 10	– 20 à + 70

Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés Sortie de tige | Rentrée de tige daN	Norme	Symbole	Remarques - Utilisations
-	Alésages 2,5 et 4 : canule pour tube de Ø 2 mm intérieur Alésage 6 : M 3		-	 Simple effet  Double effet	– Type vérin à piston (avec ressort de rappel en acier pour les vérins simple effet) – Tube laiton nickelé – Joint : nitrile (NBR) – Tige : acier inoxydable – Livré avec 2 écrous de tige
-	Canule 2,7 × 4		-	 Simple effet  Double effet	– Vérins compacts avec orifices d'alimentation sur la face arrière – Grande facilité d'adaptation sur tous supports par trous lisses ou taraudés – Possibilité de réglage axial de la position du corps par rapport au support – Corps en laiton nickelé – Tige en acier inox – Joint en nitrile (NBR)
-	M 5	Poussée | Rappel 2,5 | 0,3 3,9 | 0,5 5,6 | 0,7 10 | 1,2 2,7 | 2 4,2 | 3,4 6 | 5,4 10 | 8,1	Ce type de vérin existe en version normalisée type KN en diamètre d'alésage 20 à 100 mm	 Simple effet  Double effet  Tige traversante	– Vérins prévus pour détecteurs magnétiques – Corps en alliage léger – Tige en acier inoxydable – Extrémité de tige taraudée – Pièces internes en résine acétal (POM), laiton ou alliage léger – Joints en polyuréthanne – Bague de guidage autolubrifiante – Fixation frontale AV ou AR par vis
-	Simple effet M 5 M 5 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 Double effet M 5 M 5 G 1/8	R | S 14 | 1,2 24 | 1,6 40 | 3,2 60 | 4,5 100 | 5 160 | 7 270 | 8,4 430 | 6,7	AFNOR NF E 49-004	 Simple effet R  Simple effet S  Double effet  Tige traversante  Antirotation	– Vérins prévus pour détecteurs magnétiques de position – Corps alliage d'aluminium – Tige acier inox (Ø 20 à 40 mm) – Tige acier chromé (Ø 50 à 100 mm) – Extrémité de tige : taraudée – Piston résine acétal (POM) ou alliage léger équipé d'un aimant permanent annulaire – Joints de piston polyuréthanne – Fonds AV et AR : alliage aluminium – Bague de guidage : autolubrifiante – Fixation frontale ou arrière par vis

R : tige Rentrée état repos **S** : tige Sortie état repos

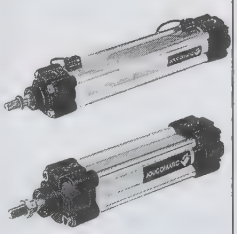
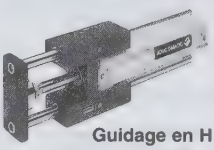
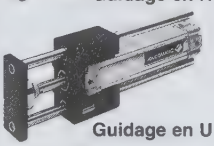
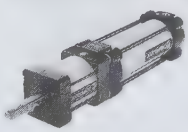
Guide de choix d'un type de vérin pneumatique (suite)

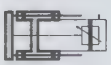
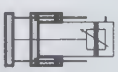
Aptitudes → / Type ↓	Diamètres de l'alésage mm	Diamètres de la tige mm	Course mm	Fluide de commande	Pression d'utilisation admissible bar	Température de fonctionnement admissible °C
Vérins cylindriques sans tirant d'assemblage						
	Simple effet			Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	Simple effet : 2 à 10	– 10 à + 70
	8	4	25 - 50			
	10	4	25 - 50			
	12	6	25 - 50			
	16	6	25 - 50			
	20	10	25 - 50			
	25	10	25 - 50			
	Double effet				Double effet : 10 maxi	
	8	4	25 - 50 - 80 - 100			
	10	4	25 - 50 - 80 - 100			
	12	6	25 - 50 - 80 - 100			
	16	6	25 - 50 - 80 - 100			
	20	10	25 - 50 - 80 - 100			
	25	10	25 - 50 - 80 - 100 160			
 Isoclair	Simple effet				Simple effet : 2 à 10	
	32	12	25 - 50			
	40	18	25 - 50			
	50	18	25 - 50			
	63	22	25 - 50			
	Double effet				Double effet : 10 maxi	
	32	12	25 à 250			
	40	18	25 à 400			
	50	18	25 à 400			
	63	22	25 à 500			
Vérins compacts						
 **Simple effet**	32	12	5	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 10 maxi	– 20 à + 70
	40	12	10			
	50	16	15			
	63	16	20			
	80	20	25			
	100	25				
 **Double effet**	32	12	5 à 250	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	– 20 à + 70
	40	12	5 à 400			
	50	16	5 à 400			
	63	16	5 à 400			
	80	20	5 à 400			
	100	25	5 à 400			

Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés (daN) Sortie de tige	Efforts dynamiques développés (daN) Rentrée de tige	Norme	Symbole	Remarques - Utilisations
Amortissement élastique	M 5 M 5 M 5 G 1/8 G 1/8			ISO 6432 8140 - 8139 CETOP RP 52 P RP 102 P RP 103 P AFNOR NF E 49-030	Simple effet RER	– Possibilité d'adapter des détecteurs magnétiques – Tube acier (sans détecteur) – Tube amagnétique (avec détecteur) – Tige inox – Fonds alliage léger anodisé – Piston résine et alliage léger – Joints polyuréthanne ou nitrile – Vérins indémontables – Fixations diverses
	M 5 M 5 M 5 M 5	0,8 à 4,6 1,4 - 7,6 2,2 - 10,5 3,4 - 19	0,3 à 3,4 1,1 - 6 1,5 - 8 2,8 - 15		Simple effet SER amortisseur élastique	
Amortissement élastique	G 1/8 G 1/8	5,5 - 30 8,5 - 48	4,2 - 22 6,5 - 36		Double effet amortisseur réglable élastique ou pneumatique	
Amortissement élastique	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8			ISO 6432 8139 - 8140 CETOP RP 52 P RP 102 P RP 103 P AFNOR	Simple effet RER	
					Double effet amortisseur élastique	
Amortissement élastique et pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8	13 à 77 21 - 122 33 - 190 50 - 290	11,5 à 66 17 - 97 29 - 165 44 - 260	NF E 49-030 49-035 49-036	Double effet amortisseur réglable élastique ou pneumatique	
Amortissement élastique	G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/4	40 60 100 160 270 430	3,2 4,5 4,9 7 8,9 3,4	AFNOR NF E 49-003 ISO 6431		– Tube amagnétique (aluminium anodisé) – Tige : acier chromé – Extrémité de tige : taraudée – Piston : résine acétal (POM) ou alliage léger équipé d'un aimant annulaire permanent – Joints de piston : polyuréthanne (PUR) – Fonds avant et arrière : alliage d'aluminium – Palier métallique autolubrifiant
Amortissement élastique	G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/4	40 60 100 160 270 430	3,2 4,5 4,9 7 8,9 7,4	VDMA		

R : tige Rentrée état repos **S** : tige Sortie état repos

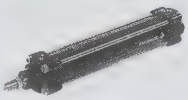
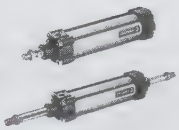
Guide de choix d'un type de vérin pneumatique (suite)

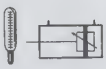
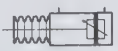
Aptitudes → / Type ↓	Diamètres de l'alésage ↓ mm	Diamètres de la tige ↓ mm	Course ↓ mm	Fluide de commande ↓	Pression d'utilisation ↓ bar	Température de fonctionnement ↓ °C
 Vérins sans tirants	32 40 50 63 80 100 125	12 16 20 20 25 25 32	25 à 250 25 à 400 25 à 630 25 à 630 25 à 630 50 à 1000 50 à 1000	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	– 20 à + 60
 Vérins avec tirants	32 40 50 63 80 100 125 160 200	12 16 20 20 25 25 32 40 40	25 à 250 25 à 400 25 à 630 25 à 630 25 à 630 50 à 1000 50 à 1000 50 à 1000 50 à 1000			
 Vérins hautes performances	32 40 50 63 80	12 16 20 20 25	25 à 250 25 à 400 25 à 630 25 à 630 25 à 630	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	– 20 à + 70
 Guidage en H  Guidage en U Dispositifs extérieurs	32 40 50 63 80 100	12 16 20 20 25 25	50 à 500	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	– 10 à + 60
 Bloqueur de tige	40 50 63 80 100	16 20 20 25 25	50 à 600		Alimentation bloqueur : mini : 4 maxi : 8 Vérin : 10 maxi	– 20 à + 70

Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés Sortie de tige | Rentrée de tige daN	Norme	Symbole	Remarques - Utilisations
Amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8 G 1/2 G 1/2 G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8 G 1/2 G 1/2 G 3/4 G 3/4	Efforts dynamiques développés Voir courbes et tableaux en fonction de la pression d'alimentation	AFNOR NF E 49-003 ISO 6431 VDMA 24562		– Possibilité d'adaptation de détecteurs magnétiques de position – Fixations diverses – Tube : alliage d'aluminium ou acier étiré – Tige : acier chromé dur – Piston : résine acétal ou alliage léger – Joint de piston : polyuréthanne – Joints d'amortissement : polyuréthanne – Fonds : alliage léger – Palier : autolubrifiant – Tirants : acier inox ou acier peint
Amortissement pneumatique réglable des deux côtés par vis imperdables	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8	Voir courbes et tableaux en fonction de la pression d'alimentation	AFNOR NF E 49-003 VDMA 24562 ISO 6431		– Possibilité d'adaptation de détecteurs magnétiques de position – Fixations diverses – Tube : alliage d'aluminium ou acier étiré – Tige : acier chromé dur – Piston : résine acétal ou alliage léger – Joint de piston : polyuréthanne – Joints d'amortissement : polyuréthanne – Fonds : alliage léger – Palier : autolubrifiant – Tirants : acier inox ou acier peint
Possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8 G 1/2		AFNOR NF E 49-003	 « H »  « U »	– Plaque de fixation et porte-charge en alliage léger – Colonnes de guidage en acier inox – Bagues de guidage autolubrifiantes – Ensemble monobloc, corps métallique – Charges admissibles élevées – Grande précision de guidage – Possibilité d'adapter des détecteurs magnétiques
	G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 1/2	Force de blocage : Ø 40 : 100 daN Ø 50 : 160 Ø 63 : 250 Ø 80 : 400 Ø 100 : 630	VDMA 24562 ISO 6431		– Dispositif monté sur vérin PES – Arrêt et maintien de la tige à n'importe quelle position, sans glissement de la charge – Blocage mécanique en l'absence d'air – Action bidirectionnelle – Permet des arrêts d'urgence

Guide de choix d'un type de vérin pneumatique (suite)

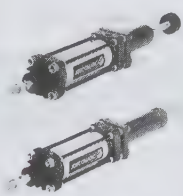
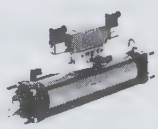
Vérins spéciaux double effet (PES)

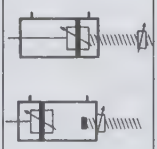
Aptitudes → / Type ↓	Diamètres de l'alésage mm	Diamètres de la tige mm	Course mm	Fluide de commande	Pression d'utilisation admissible bar	Température de fonctionnement admissible °C
 **Vérin à tube époxy prévu pour détecteurs inductifs**	32 40 50 63 80	12 16 20 20 25	maxi 300 400 500 500 700	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	– 20 à + 60
 **Vérin à tige traversante Vérins haute température**	32 40 50 63 80 100 125 160 200	12 16 20 20 25 25 32 40 40	mini maxi 25 250 25 400 25 630 25 630 25 630 25 1 000 25 1 000 25 1 000 25 1 000	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	0 à + 120
 **Vérins à soufflet**	32 40 50 63 80 100 125 160 200	12 16 20 20 25 25 32 40 40	maxi 250 500 750 1 000 1 000 1 000 1 000 1 000 1 000	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	– 20 à + 60
 **Vérins dos à dos Vérins nez à nez** 	32 40 50 63 80 100 125 160 200	12 16 20 20 25 25 32 40 40	3 positions si les vérins ont une course identique 4 positions si les vérins ont une course différente	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	– 20 à + 60

Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés (daN) Sortie de tige	Efforts dynamiques développés (daN) Rentrée de tige	Norme	Symbole	Remarques - Utilisations
Possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8			AFNOR NF E 49-003 VDMA 24562 ISO 6431		– Tube époxy - bonne résistance à la corrosion - propriétés amagnétiques, autorisant les détecteurs inductifs - incompatible avec les hautes températures - blocage de tige et prise de pression impossible - éviter les cadences élevées – Environnement alimentaire – Options : - double tige - tige inox - embout de tige spécial - tige renforcée - tout inox
Amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8 G 1/2 G 1/2 G 3/4 G 3/4			AFNOR NF E 49-003 VDMA 24562 ISO 6431	 	– Tube acier : Ø 32 à 200 mm – Tube alu : Ø 32 à 80 mm – L'utilisation à haute température ne permet pas de recevoir des détecteurs magnétiques – Tirants acier inox – Tige acier chromé dur – Piston aluminium – Joint de piston et joints d'amortissement élastomère fluoré – Fonds AV et AR alliage aluminium – Palier métallique autolubrifiant
Possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8 G 1/2 G 1/2 G 3/4 G 3/4	13 à 77 21 - 122 33 - 190 50 - 290 88 - 480 135 - 750 210 - 1 150 350 - 1 900 550 - 3 000	11,5 à 66 17 - 97 29 - 165 44 - 260 82 - 450 125 - 675 200 - 1 100 320 - 1 800 530 - 2 900	AFNOR NF E 49-003 VDMA 24562 ISO 6431		– Fonctionne en milieu pollué – Soufflet en nitrile (NBR) – Bague de maintien en alliage léger et résine acétal (POM) – La plaque avant ou les équerres hautes sont livrées montées sur le vérin
Possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8 G 1/2 G 1/2 G 3/4 G 3/4			AFNOR NF E 49-003 VDMA 24562 ISO 6431	 dos à dos  nez à nez	– Montage permettant d'obtenir des courses différentes – Caractéristiques identiques aux vérins PES

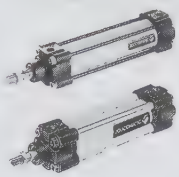
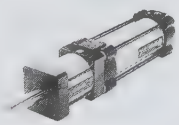
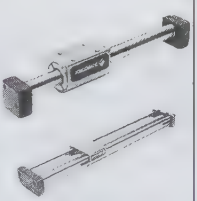
Guide de choix d'un type de vérin pneumatique (suite)

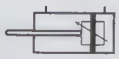
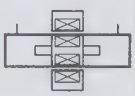
Vérins spéciaux double effet (PES)

Aptitudes → / Type ↓	Diamètres de l'alésage (mm)	Diamètres de la tige (mm)	Course (mm)	Fluide de commande	Pression d'utilisation admissible (bar)	Température de fonctionnement admissible (°C)
 **Vérins TANDEM double effort à tiges attelées**	32 40 50 63 80	12 16 20 20 25	max. 160 250 300 300 400	Air ou gaz neutre filtré lubrifié ou non	10 maxi	– 20 à + 60
 **Vérin à 3 positions (tiges non attelées)**	32 40 50 63 80 100 125 160 200	12 16 20 20 25 25 32 40 40	320 500 600 600 800 800 1 000 1 000 1 000	Air ou gaz neutre filtré lubrifié ou non	10 maxi	– 20 à + 60
 **Vérins à course réglable**	25 32 40 50 63 80 100 125					
 **Montage distributeur sur vérin**						

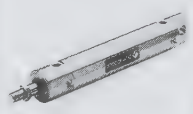
Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés (daN) Sortie de tige	Efforts dynamiques développés (daN) Rentrée de tige	Norme	Symbole	Remarques - Utilisations
Possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8	24 à 142 38 à 222 60 à 345 99 à 554 165 à 907	22 à 130 34 à 200 54 à 310 92 à 528 154 à 854	AFNOR NF E 49-003 VDMA 24562 ISO 6431	 Double effet montage tandem avec amortissement pneumatique réglable	– Vérins développant un effort double par rapport aux vérins standard de même diamètre, dans un encombrement frontal plus faible. – Autres caractéristiques identiques aux vérins PES.
Possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8 G 1/2 G 1/2 G 3/4 G 3/4			AFNOR NF E 49-003 VDMA 24562 ISO 6431	 Double effet montage 3 positions avec amortissement pneumatique réglable	– Vérin à trois positions monobloc constitué de deux corps de vérins PES en ligne, de courses généralement différentes, les tiges étant non attelées. – Les applications principales sont de presser des produits ou de soulever des charges sur deux positions différentes. – Autres caractéristiques identiques aux vérins PES.
						– Vérins équipés d'un dispositif permettant de régler, par butée mécanique intégrée, une des positions extrêmes des vérins. – Deux versions sont proposées : - course réglable sur la position **tige sortie**, - course réglable sur la position **tige rentrée**.
						– Les vérins peuvent être livrés avec l'adaptation et le raccordement de distributeurs. Ils constituent alors des ensembles monoblocs et compacts.

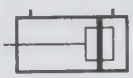
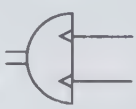
Guide de choix d'un type de vérin pneumatique (suite)

Aptitudes → / Type ↓		Diamètres de l'alésage ↓ mm	Diamètres de la tige ↓ mm	Course ↓ mm	Fluide de commande ↓	Pression d'utilisation admissible ↓ bar	Température de fonctionnement admissible ↓ °C
Vérins spéciaux double effet (PES)	 Vérin avec tige renforcée						
	 Vérins avec joints pour ambiances agressives						
	 Vérin bloqueur de tige						
Vérins sans tige	 Vérins sans tige	Chariot non guidé 6 10 16 20 25 32 40 Chariot guidé 6 10 16 20 25 32 40	-	mini maxi - 300 50 500 50 1 000 50 1 500 50 2 000 50 2 000 50 2 000 50 300 50 500 50 750 50 1 000 50 1 500 50 1 500 50 1 500	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	7 maxi	0 à + 60
	 À chariot non guidé  À chariot guidé Vérins sans tige à bande	Chariot non guidé 16 25 Chariot guidé 25 32 40 50 63	-	3 500 3 500 3 800 3 800 3 750 3 400 3 300	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	8 maxi	– 10 à + 65

Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés Sortie de tige | Rentrée de tige daN	Norme	Symbole	Remarques - Utilisations
					
					
					
Amortissement élastique par butée en nitrile	M 5 M 5 M 5 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/4 M 5 M 5 M 5 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/4	21 60 160 300 460 730 1 170 21 60 160 300 460 730 1 170		 	– Vérins recommandés pour les mouvements à grande course. – Guidage intégré ou non. – Utilisés pour tous les déplacements, manutention, positionnement, ouverture de portes, équipements divers. – Longue durée de vie. – Débrayable (entraînement par aimants). – Possibilité d'adapter des détecteurs magnétiques.
Amortissement pneumatique ou absorbeurs de chocs suivant la vitesse finale et la charge (voir courbe)	M 5 G 1/8	Efforts théoriques de poussée (voir courbe)			– Vérins prévus pour détecteurs magnétiques. – Utilisés pour tous les déplacements linéaires importants. – À chariot non guidé, recommandés pour le déplacement de charges guidées extérieurement. – À chariot guidé, recommandés pour la translation de charges non guidées. – Tubes, fonds et chariot mobile, en alliage d'aluminium anodisé. – Piston polyamide ou alliage léger. – Joints en nitrile (NBR). – Bandes acier inoxydable.

Guide de choix d'un type de vérin pneumatique (suite)

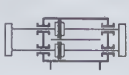
	Aptitudes → / Type ↓	Diamètres de l'alésage ↓ mm	Diamètres de la tige ↓ mm	Course ↓ mm	Fluide de commande ↓	Pression d'utilisation admissible ↓ bar	Température de fonctionnement admissible ↓ °C
Vérins anticorrosion	 **Avec amortissement élastique**	12 16 20 25	6 6 10 10	25 à 100 25 à 100 25 à 100 25 à 100		10	– 10 à + 70
	 **À fixations détachables**	32 40 50 63 80	12 16 20 20 25	25 à 250 25 à 400 25 à 630 25 à 630 25 à 630	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10	– 10 à + 80
	 **À tenon arrière intégré**	32 40 50 63 80	12 16 20 20 25	25 à 250 25 à 400 25 à 630 25 à 630 25 à 630		10	– 10 à + 80
Vérins rotatifs	 **Vérins rotatifs 2 positions (90°-180°)**	12 20	6 – 0,01 8 – 0,03	Rotation 90° ±5° ou 180° ±5°	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	1 à 7	+ 5 à + 60
	 **Vérins rotatifs 2.3.4 positions (90°-180°)**	16 18 22	10 h 7 12 h 7 15 h 7	Rotation 90° ±5° 180° ±5°	Air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	1 à 7	+ 5 à + 60

Amortissement	Raccordement	Force de l'accouplement magnétique	Norme	Symbole	Remarques - Utilisations
Amortissement élastique	M 5 M 5 G 1/8 G 1/8		ISO 6432 CETOP RP 52 P AFNOR NF E 49-030		– Tube : acier inox. – Tige : acier inox. – Fonds avant et arrière : acier inox. – Piston : laiton, résine acétal et alliage léger. – Joint de piston : nitrile. – Joint de nez : élastomère fluoré. – Palier : résine acétal lubrifiée. – Prévus pour recevoir des détecteurs magnétiques. – Vérins utilisés en milieux agressifs : - ambiances chimiques, salines ou humides, - environnement alimentaire, laiteries, fromageries et métiers de la viande.
Amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8		ISO 6431		
Amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8				
Amortissement pneumatique réglable	M 5	Énergie cinétique maximale Ø 12 : 0,004 J Ø 20 : 0,01 J Couple développé : Ø 12 : 0,3 Nm Ø 20 : 1,5 Nm			– Deux modèles : - vérins 2 positions, - vérins 2, 3, 4 positions. – Deux versions : - simple tige, - double tige traversante. – Possibilité d'adaptation de détecteurs magnétiques dans les rainures des vérins. – Corps en aluminium. – Tige en acier. – Butée en acier. – Joints en nitrile (NBR).
Non amorti		Couple développé Ø 16 : 2,5 Nm Ø 18 : 5,5 Nm Ø 22 : 9 Nm Modèle 2 positions Ø 16 : 1 Nm Ø 18 : 1,8 Nm Ø 22 : 2,6 Nm Modèles 3 et 4 positions			

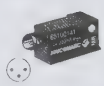
Guide de choix d'un vérin pneumatique (suite)

Actionneurs pneumatiques à guidage linéaire

Aptitudes → / Type ↓	Diamètres de l'alésage (mm)	Diamètres de la tige (mm)	Course (mm)	Fluide de commande	Pression d'utilisation admissible (bar)	Température de fonctionnement admissible (°C)
 **Vérins Isoclair à guidage à billes**	12 16 20 25 32 40	6 8 10 13 13 16	25 à 100 25 à 100 25 à 100 25 à 160 25 à 250 25 à 250	Air ou gaz neutre, filtré, lubrifié ou non	Ø 12-16 : 1 à 7 Ø 20-40 : 1 à 10	+ 5 à + 60
 **Vérins à guidage à paliers lisses ou à billes**	16 20 25 32	8 10 12 16	10 à 100 10 à 100 10 à 100 10 à 160	Air ou gaz neutre, filtré, lubrifié ou non	2 à 7	+ 5 à + 60
 **Micro-tables de translation**	6 10		10 - 20 - 30 10 - 20 - 30	Air ou gaz neutre, filtré, lubrifié ou non	2 à 7	+ 5 à + 60
 **Tables de translation à guidage à billes**	10 16 25	4 6 10	15 à 60 15 à 60 30 à 100	Air ou gaz neutre, filtré, lubrifié ou non	2 à 10	+ 5 à + 60
 **Unités de translation à guidage à billes commandées par vérin**	10 16 20 25	6 8 10 16	25 à 100 25 à 200 25 à 200 25 à 200	Air ou gaz neutre, filtré, lubrifié ou non	2 à 10	+ 5 à + 60

Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés Sortie de tige | Rentrée de tige daN	Norme	Symbole	Remarques - Utilisations
Ø 12-16 : non amorti Ø 20 à 40 : amortissement pneumatique réglable	M 5 M 5 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/4		-		– Caractéristiques identiques aux vérins Isoclair. – Tige cannelée rectifiée et traitée haute dureté. – Guidage précis et compact intégré dans le nez du vérin. – Prévus pour détecteurs magnétiques.
Amortissement élastique	M 5 M 5 M 5 G 1/8	3,4 à 26,4 | 2,5 à 18,6 5,6 à 40,8 | 4,3 à 32,3 8,5 à 66,6 | 6,5 à 50,4 13,1 à109 | 10 à 79,5 en fonction de la pression d'alimentation	-		– Vérins à double piston à paliers lisses ou paliers à billes. – Grande précision. – Corps, plaque avant, palier de tiges, fond arrière, support : alliage d'aluminium. – Tige de vérin : acier chromé dur. – Piston résine acétal (POM). – Joints polyuréthanne et nitrile. – Contrôle de position par détecteurs magnétiques à ampoule (ILS) ou électronique.
Non amorti	M 3 M 3	(N) 5,6 à 19,8 | 4,2 à 14,8 15,7 à 55,9 | 13,2 à 46,2 en fonction de la pression d'alimentation	-		– Guidage linéaire à deux rangées de billes. – Corps, table : alliage d'aluminium. – Guidage : acier inoxydable. – Palier de tige : alu antifriction. – Piston : laiton. – Tige : acier inoxydable. – Joints : nitrile (NBR). – Contrôle de position par détecteurs magnétiques à ampoule (ILS) avec LED de visualisation.
Non amorti ou avec absorbeurs de chocs	M 5 M 5 M 5	Efforts de poussée (N) en fonction de la pression 13 à 66 35 à 172 82 à 412	-		– Corps, table, palier de tige, fond de vérin, piston : alliage d'aluminium. – Guidage linéaire, palier de guidage : acier inoxydable. – Joints : nitrile (NBR). – Segment porteur : résine acétal. – Coussinet : métal fritté. – Possibilité de montage de détecteurs magnétiques de position.
Amortissement par absorbeurs de chocs	Bride Chariot M 5 M 5 G 1/8 G 1/8	Chariot mobile | fixe 15 | 7 40 | 20 70 | 25 100 | 50 charge maxi (N)	-		– Deux versions proposées : - chariot mobile, - chariot fixe. – Montés avec absorbeurs de chocs. – Limiteur de course réglable. – Bride, piston, corps du chariot en alliage d'aluminium. – Joints en nitrile (NBR). – Robustes et performants. – Possibilité de montage de détecteurs magnétiques.

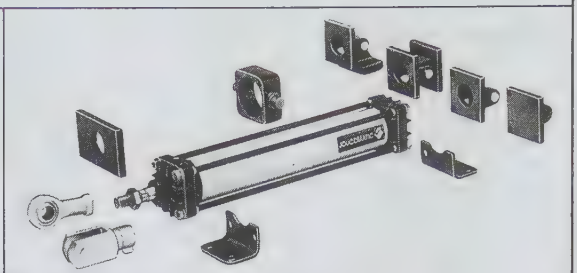
14.1.9. Guide de choix d'un type de détecteur

Détecteurs		Vérins						
Type	**Connectique**	normes ou type :	à faible course	ISO 6432 NF E 49-030	ISO 6431 CETOP 43 P	NF E 49-003 VDMA 24562 ISO 6431	NF E 49-001 CNOMO 06.07.02	actionneur à billes anti-rotation
		Série : Type : ∅ (mm) :	441 **K** 8...100	435 **C.AS/CC.AS** 8...25	438 **CIS** 32...63	450 **PES** 32...200	437 **PCN** 25...200	447 **CIB** 12...40
à ampoule ILS (2 fils)	câble long. 2 ou 5 m 2 fils 0,14 mm² extrémité dénudée		●	●	●	●	●	●
	connecteur mâle intégré à vis ∅ M8 3 broches		●	●	●	●	●	●
	câble long. 0,8 m + connecteur encliquetable ∅ 8 3 broches mâles		●	●	●	●	●	●
	câble long. 0,8 m + connecteur à vis ∅ M12 4 broches mâles		●	●	●	●	●	●
magnéto-résistif MR (3 fils)	câble long. 2 ou 5 m 2 fils 0,14 mm² extrémité dénudée		●	●	●	●	●	●
	connecteur mâle intégré à vis ∅ M8 3 broches		●	●	●	●	●	●
	câble long. 0,8 m + connecteur encliquetable ∅ 8 3 broches mâles		●	●	●	●	●	●
	câble long. 0,8 m + connecteur à vis ∅ M12 4 broches mâles		●	●	●	●	●	●
magnéto-inductif type BIM (2 fils)	à connecteur intégré à vis ∅ M12 à 4 broches mâles					●	●	
	câble CNOMO long. **0,8 m** + connecteur à vis ∅ M12 4 broches mâles					●	●	
	câble CNOMO long. **2 m** 2 fils 0,5 mm² extrémité dénudée					●	●	

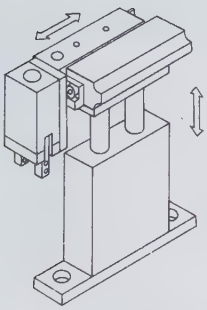
14.1.10. Les vérins dans leur environnement

Fixation des vérins et embouts de tige

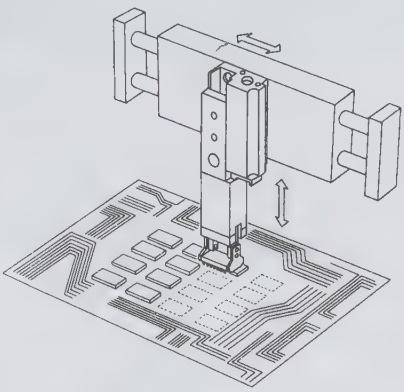




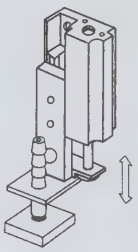
Exemples d'utilisation de micro-tables de translation



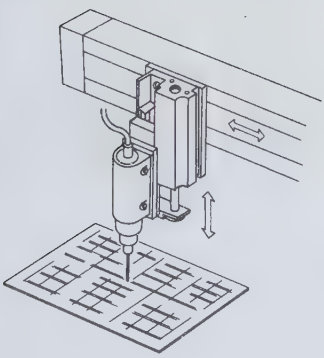
Micro-manutention



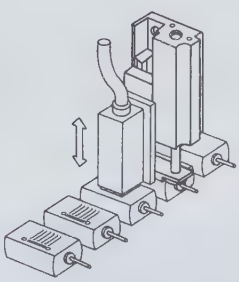
Insertion de composants miniatures (ex. : électronique...)



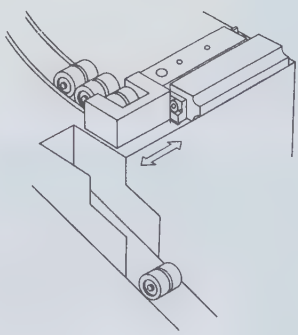
Manœuvre d'un ensemble de préhension par le vide



Micro-perçage (ex. : électronique...)



Marquage

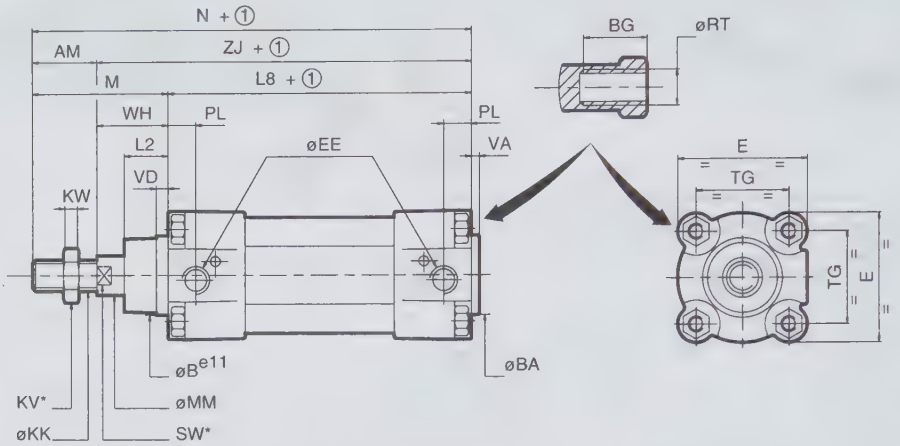


Alimentation de composants dans un faible encombrement

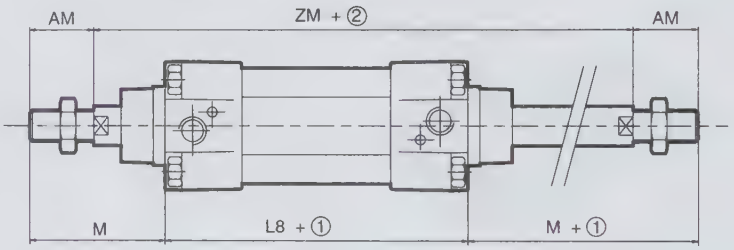
14.1.11. Dimensionnement de quelques vérins usuels

Vérins à tirants, double effet AFNOR-VDMA-ISO (Ø 32 à 125 mm)

Sélection du matériel



Vérin simple tige



Vérin à tige traversante

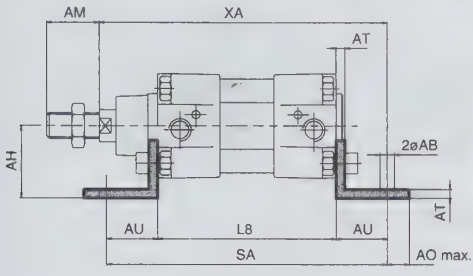
①: + Course
②: + 2 × course
* : cotes sur plats

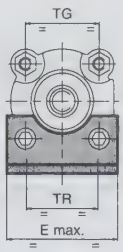
Ø alésages (mm)	Cotes (mm)																		
	AM	ØB	ØBA	BG	E	ØEE	ØKK	KV	KW	L2	L8	M	ØMM	N	PL	ØRT	SW	TG	VA	VD
32	22	30	30	16	50	G 1/8	M10 ×1,25	16	5	17	94	48	12	142	14	M6	10	32,5	4	6
40	24	35	35	16	55	G 1/4	M12 ×1,25	18	6	19	105	54	16	159	16	M6	13	38	4	6
50	32	40	40	16	65	G 1/4	M16 ×1,5	24	8	26	106	69	20	175	14	M8	16	46,5	4	6
63	32	45	45	16	75	G 3/8	M16 ×1,5	24	8	26	121	69	20	190	17	M8	16	56,5	4	6
80	40	45	45	17	100	G 3/8	M20 ×1,5	30	10	33	128	86	25	214	16,5	M10	21	72	4	6
100	40	55	55	17	120	G 1/2	M20 ×1,5	30	10	35,5	138	91	25	229	21	M10	21	89	4	6
125	54	60	60	24	145	G 1/2	M27 ×2	41	13,5	40	160	119	32	279	32	M12	27	110	6	10

Ø alésages (mm)	Cotes (mm)			Masses (kg)	
	WH	ZJ	ZM	(3)	(4)
32	26	120	146	0,550	0,220
40	30	135	165	0,800	0,315
50	37	143	180	1,120	0,450
63	37	158	195	1,410	0,500
80	46	174	220	2,690	0,750
100	51	189	240	3,560	0,875
125	65	225	290	6,740	1,315

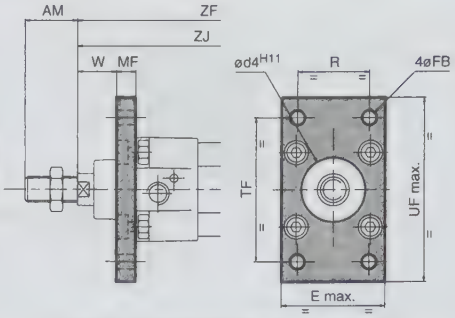
(3) Masse des vérins avec une course de 0 mm.
(4) Masse à rajouter par 100 mm de course supplémentaire.

Vérins à tirants, double effet AFNOR-VDMA-ISO (Ø 32 à 125 mm) (suite)



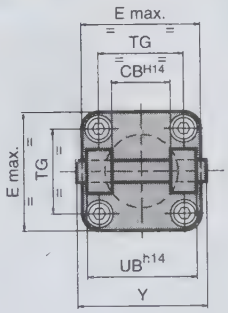


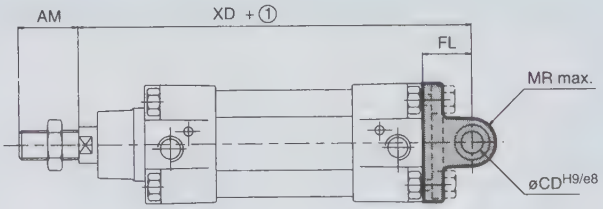
Fixation par pattes d'équerre basses

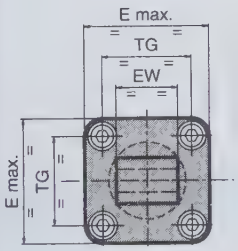


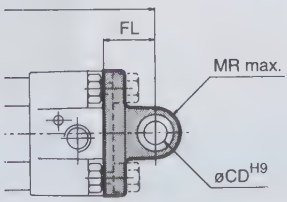
Fixation par bride avant ou arrière

Ø alésages (mm)	Cotes (mm)																		
	ØAB	AM	AO	AH	AT	AU	Ød4	E	ØFB	L8	MF	R TR	SA	TF	TG	UF	W	XA	ZJ	ZF
32	7	22	11	32	4,5	24	30	50	7	94	10	32	142	64	32,5	86	16	144	120	130
40	10	24	15	36	4,5	28	35	58	9	105	10	36	161	72	38	96	20	163	135	145
50	10	32	15	45	5,5	32	40	70	9	106	12	45	170	90	46,5	115	25	175	143	155
63	10	32	15	50	5,5	32	45	85	9	121	12	50	185	100	56,5	130	25	190	158	170
80	12	40	20	63	6,5	41	45	105	12	128	16	63	210	126	72	165	30	215	174	190
100	14,5	40	25	71	6,5	41	55	130	14	138	16	75	220	150	89	187	35	230	189	205
125	16,5	54	25	90	8	45	60	157	16	160	20	90	250	180	110	224	45	270	225	245





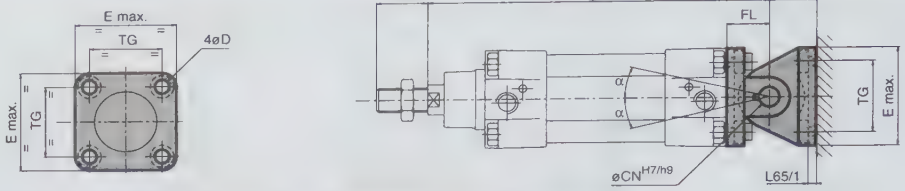




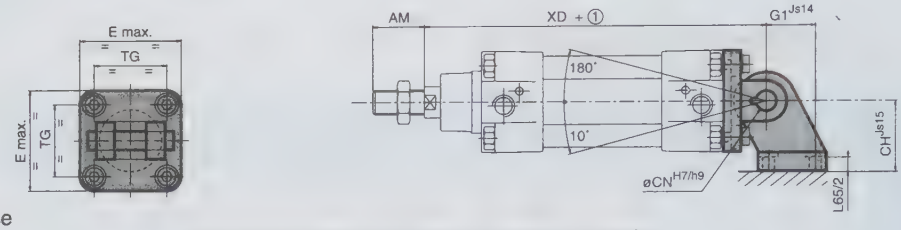
① : + Course

Ø alésages (mm)	Cotes (mm)										
	AM	CB	ØCD	E	W	FL	MR	TG	UB	XD	Y
32	22	26	10	50	26	22	11	32,5	45	142	56
40	24	28	12	58	28	25	13	38	52	160	63
50	32	32	12	70	32	27	13	46,5	60	170	71
63	32	40	16	85	40	32	17	56,5	70	190	81
80	40	50	16	105	50	36	17	72	90	210	101
100	40	60	20	130	60	41	21	89	110	230	128
125	54	70	25	157	70	50	26	110	130	275	149

Vérins à tirants, double effet AFNOR-VDMA-ISO (Ø 32 à 125 mm) (suite)



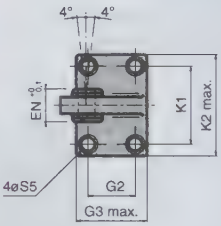
Fixation articulée complète droite, rotulée

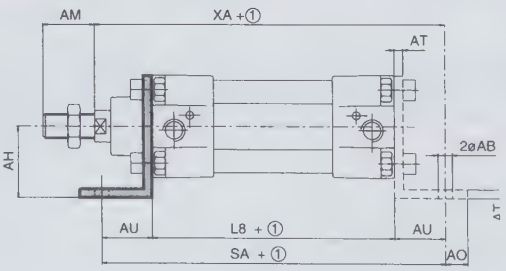


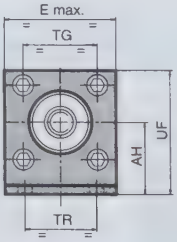
① : + Course

Fixation articulée complète d'équerre, rotulée

Ø alésages (mm)	Cotes (mm)																
	AM	ØCN	ØD	ØS5	E	EN	FL	K1	K2	G1	G2	G3	CH	L65/1	L65/2	TG	XD	α
32	22	10	6,6	6,6	50	14	22	38	51	21	18	31	32	5,5	8,5	32,5	142	40°
40	24	12	6,6	6,6	58	16	25	41	54	24	22	35	36	5,5	8,5	38	160	45°
50	32	16	9	9	70	21	27	50	65	33	30	45	45	6,5	10	46,5	170	35°
63	32	16	9	9	85	21	32	52	67	37	35	50	50	6,5	10	56,5	190	50°
80	40	20	11	11	105	25	36	66	86	47	40	60	63	10	11,5	72	210	40°
100	40	20	11	11	130	25	41	76	96	55	50	70	71	10	12,5	89	230	30°
125	54	30	13,5	14	157	37	50	94	124	70	60	90	90	10	16,5	110	275	25°



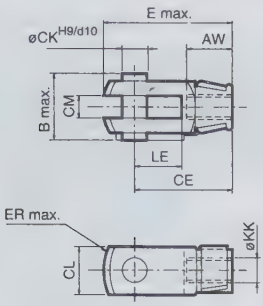




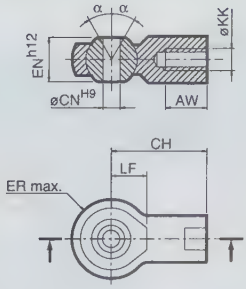
① : + Course

Ø alésages (mm)	CODE patte d'équerre haute	Cotes (mm)													Masses (kg)
		ØAB	AH	AO	AT	AU	AM	E	L8	UF	SA	TG	TR	XA	
32	434 00 307	7	32	11	8	24	22	50	94	54	142	32,5	32	144	0,180
40	434 00 308	10	36	15	8	28	24	58	105	62	161	38	36	163	0,250
50	434 00 309	10	45	15	10	32	32	70	106	77	170	46,5	45	175	0,470
63	434 00 310	10	50	15	10	32	32	85	121	87	185	56,5	50	190	0,595
80	434 00 311	12	63	20	12	41	40	105	128	110	210	72	63	215	1,265
100	434 00 312	14,5	71	25	12	41	40	130	138	130	220	89	75	230	-
125	434 00 313	16,5	90	25	16	45	54	157	160	161	250	110	90	270	-

Vérins à tirants, double effet ISO-RP (suite)

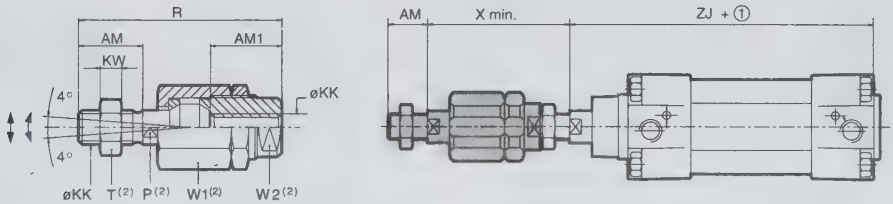


Chape pour extrémité de tige ISO 8140 - RP 102 P



Tenon à rotule pour extrémité de tige ISO 8139 - RP 103 P

Ø alésages (mm)	Cotes (mm)													
	AW	B	CE	CH	ØCK	CL	CM	ØCN	E	EN	ER	ØKK	LE	LF
32	20	26	40	43	10	20	$10^{+0,5}_{+0,15}$	10	56	14	14	M10 × 1,25	20	15
40	22	32	48	50	12	24	$12^{+0,5}_{+0,15}$	12	67	16	16	M12 × 1,25	24	17
50	28	41	64	64	16	32	$16^{+0,5}_{+0,15}$	16	89	21	21	M16 × 1,5	32	22
63	28	41	64	64	16	32	$16^{+0,5}_{+0,15}$	16	89	21	21	M16 × 1,5	32	22
80	33	48	80	77	20	40	$20^{+0,6}_{+0,15}$	20	112	25	25	M20 × 1,5	40	26
100	33	48	80	77	20	40	$20^{+0,6}_{+0,15}$	20	112	25	25	M20 × 1,5	40	26
125	51	65	110	110	30	55	$30^{+0,6}_{+0,15}$	30	155	37	35	M25 × 2	54	36



Compensateur d'alignement

① : + Course
(2) : cotes sur plats

Ø alésages (mm)	Cotes (mm)										
	AM	AM1	P(2)	ØKK	KW	R	T(2)	W1(2)	W2(2)	X	Compensation radiale (mm)
32	22	26	12	M10 × 1,25	6	73	17	30	19	58	0,7
40	24	26	12	M12 × 1,25	7	77	19	30	19	59	0,7
50	32	34	19	M16 × 1,5	8	106	24	42	30	82	1
63	32	34	19	M16 × 1,5	8	106	24	42	30	82	1
80	40	42	19	M20 × 1,5	9	122	30	42	30	92	1
100	40	42	19	M20 × 1,5	9	122	30	42	30	92	1
125	54	40	24	M27 × 2	13,5	147	41	Ø62	54	107	1

- Compensation radiale 0,7 à 1 mm (voir tableau)
- Compensation angulaire sphérique : 4°

Nota : Le compensateur est livré avec un jeu axial de 0,05 à 0,1

– Ne pas dérégler.

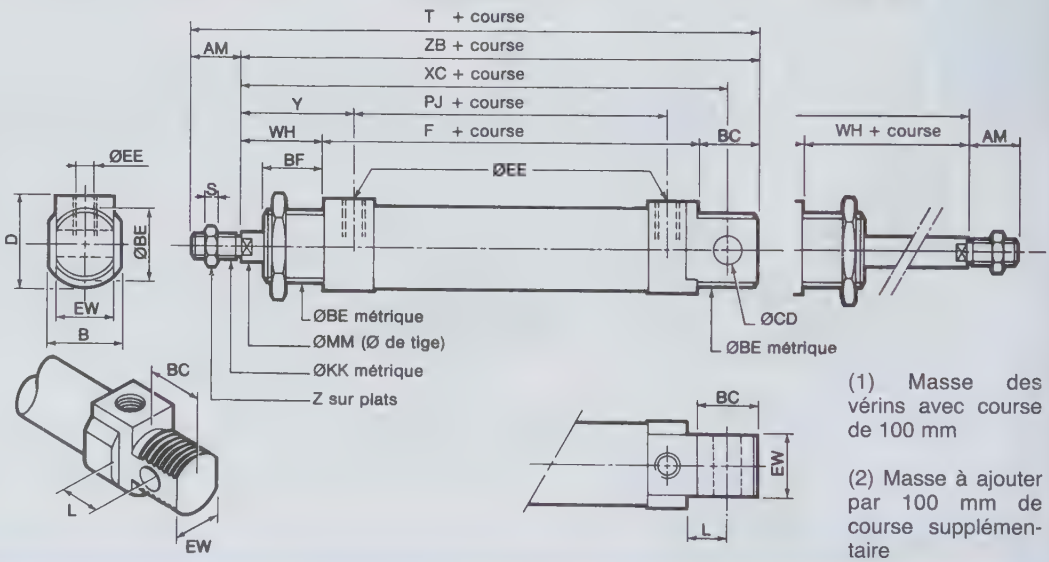
Vérins cylindriques sans tirants d'assemblage (ISOCLAIR)
Diamètres 8 - 10 - 12 - 16 - 18 - 20 - 25

Sélection du matériel

Vérins simple effet						Vérins double effet					
Alésages (mm)	Courses (mm) *	Raccordement	Alésages (mm)	Courses (mm) *	Raccordement	Alésages (mm)	Courses (mm) *	Raccordement	Alésages (mm)	Courses (mm) *	Raccordement
Ø 8	25 50	M 5	Ø 16	25 50	M 5	Ø 8	25 50 80 100	M 5	Ø 16	25 50 80 100	M 5
Ø 10	25 50	M 5	Ø 20	25 50	G 1/8″	Ø 10	25 50 80 100	M 5	Ø 20	25 50 80 100	G 1/8″
Ø 12	25 50	M 5	Ø 25	25 50	G 1/8″	Ø 12	25 50 80 100	M 5	Ø 25	25 50 80 100 160	G 1/8″

Encombrements et masses

Vérin nu (livré avec écrou de fond)



(1) Masse des vérins avec course de 100 mm

(2) Masse à ajouter par 100 mm de course supplémentaire

Ø alésages (mm)	Cotes (mm)																		
	AM	B	BC	ØBE	BF	CD	D	EE	EW	F	F1	ØKK	L	MM	PJ	PK	S	T	WH
8	12	12	12	12 × 1,25	12	4 H 9	18	M 5	8 d 13	46	-	4 × 0,7	6	4	31	-	2	86	16
10	12	12	12	12 × 1,25	12	4 H 9	18	M 5	8 d 13	46	-	4 × 0,7	6	4	31	-	2	86	16
12	16	16	14	16 × 1,5	14	6 H 11	20	M 5	12 d 11	48	-	6 × 1	9	6	34	-	3	100	22
16	16	20	14	16 × 1,5	14	6 H 11	21	M 5	12 d 11	54,5	55,5	6 × 1	9	6	40,5	41	3	106,5	22
20	20	24	17,5	22 × 1,5	17,5	8 H 11	29	G 1/8	16 d 11	63,5	68	8 × 1,25	12	10	46,5	51	4	125	24
25	22	29	17,5	22 × 1,5	17,5	8 H 11	30	G 1/8	16 d 11	68,5	68,5	10 × 1,25	12	10	51,5	51,5	5	136	28

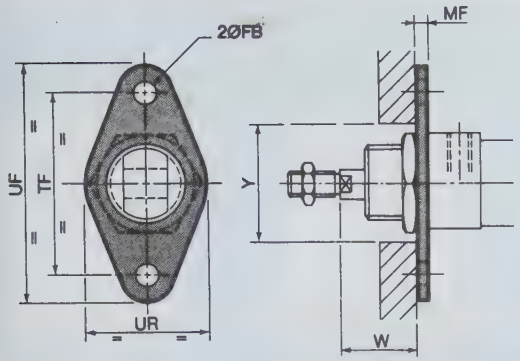
Ø alésages (mm)	Cotes (mm)					Masses (kg)	
	XC	Y	Z	ZB	ZM	(1)	(2)
8	64	23,5	7	74	-	0,050	0,020
10	64	23,5	7	74	-	0,070	0,040
12	75	29	10	84	-	0,160	0,090

Ø alésages (mm)	Cotes (mm)					Masses (kg)	
	XC	Y	Z	ZB	ZM	(1)	(2)
16	81,5	29	10	90,5	99,5	0,200	0,100
20	95	32,5	13	105	116	0,330	0,160
25	104	36,5	17	114	124,5	0,400	0,200

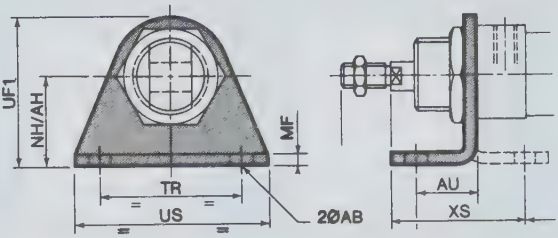
Vérins cylindriques sans tirants d'assemblage (ISOCLAIR) (suite)

Possibilités de fixation

Par bride avant ou arrière

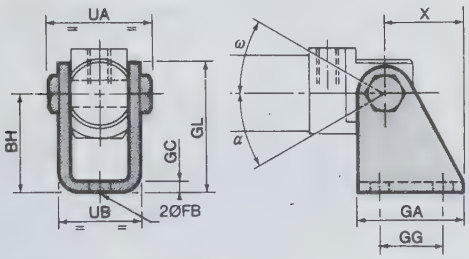


Par équerre(s)



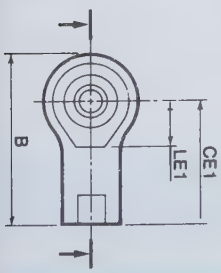
Ø alésages (mm)	Cotes (mm)												Masses (kg)	
	AU	ØAB ØFB	MF	NH AH	TF	TR	UR	UF	UF1	US	XS	Y	Bride AV ou AR	Équerre
8	10	4,5	3	16	30	25	25	40	25	35	24	22	0,020	0,030
10	10	4,5	3	16	30	25	25	40	25	35	24	22	0,020	0,030
12	14	5,5	4	20	40	32	24	52	32	44	32	22	0,020	0,050
16	14	5,5	4	20	40	32	24	52	32	44	32	22	0,020	0,050
20	17	6,6	5	25	50	40	32	64	41	54	36	31	0,040	0,100
25	17	6,6	5	25	50	40	32	64	41	54	40	31	0,040	0,100

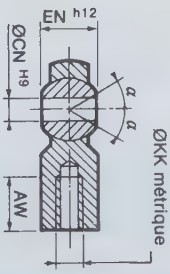
Par articulation arrière



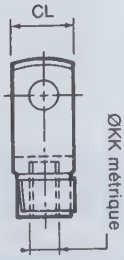
Ø alésages (mm)	Cotes (mm)										
	BH	FB	GA	GC	GG	GL	UA	UB	W	α	ω
8	24	4,5	20	2,5	12,5	29	18	13	15	7°	160°
10	24	4,5	20	2,5	12,5	29	18	13	15	7°	160°
12	27	5,5	25	3	16	35	25	18,5	18	50°	180°
16	27	5,5	25	3	16	35	25	18,5	18	47°	180°
20	30	6,6	32	4	20	40	32	24,5	22	35°	180°
25	30	6,6	32	4	20	40	32	24,5	22	33°	180°

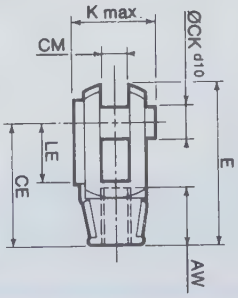
Chape mâle avec rotule



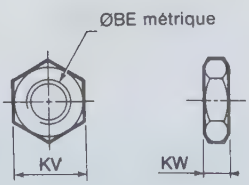


Chape femelle





Écran de fond



Ø alésages (mm)	Cotes (mm)																
	AW	B	ØBE	CE	CE1	ØCK	CL	CM	ØCN	E	EN	K	ØKK	KV	KW	LE	LE1	α
8	10	36	12 × 1,25	16	27	5	8	$4^{+0,4}_{+0,1}$	5	21	8	11	4 × 0,7	19	6	8	10	4°
10	10	36	12 × 1,25	16	27	5	8	$4^{+0,4}_{+0,1}$	5	21	8	11	4 × 0,7	19	6	8	10	4°
12	12	40	16 × 1,5	24	30	6	12	$6^{+0,4}_{+0,1}$	6	31	9	16,5	6 × 1	19	4	12	11	4°
16	12	49	16 × 1,5	24	30	6	12	$6^{+0,4}_{+0,1}$	6	31	9	16,5	6 × 1	19	4	12	11	4°
20	16	48	22 × 15	32	36	8	16	$8^{+0,5}_{+0,15}$	8	42	12	22	8 × 1,25	27	5	16	13	4°
25	20	57	22 × 1,5	40	43	10	20	$10^{+0,5}_{+0,15}$	10	52	14	26	10 × 1,25	27	5	20	15	4°

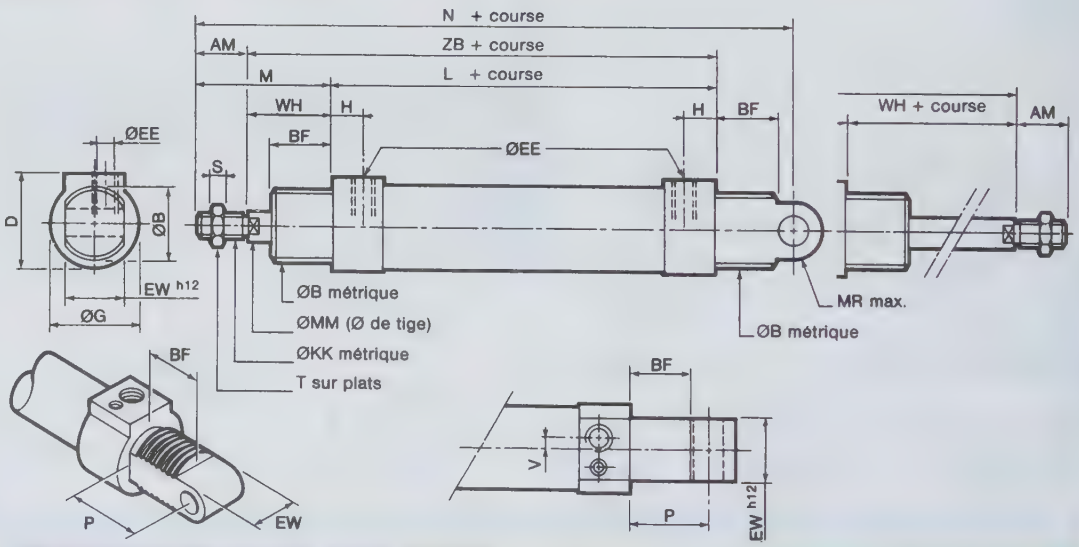
Vérins cylindriques sans tirants d'assemblage (ISOCLAIR) (suite)
Diamètres 32 - 40 - 50 - 63

Sélection du matériel

Vérins simple effet						Vérins double effet					
Alésages (mm)	Courses (mm)	Raccordement	Alésages (mm)	Courses (mm)	Raccordement	Alésages (mm)	Courses (mm)	Raccordement	Alésages (mm)	Courses (mm)	Raccordement
Ø 32	25 50	G 1/8″	Ø 50	25 50	G 1/4″	Ø 32	25 50 100 160 200 250	G 1/8″	Ø 50	25 50 100 160 200 250 320 400	G 1/8″
Ø 40	25 50	G 1/4″	Ø 63	25 50	G 3/8″	Ø 40	25 50 100 160 200 250 320 400	G 1/8″	Ø 63	25 50 100 160 200 250 320 400 500	G 3/8″

Encombrements et masses

Vérin nu (livré avec écrou de fond)



Ø alésages (mm)	Cotes (mm)																		
	AM	ØBE	BF	D	ΔEE	EW	ØG	H	ØKK	L*	L1	M	ØMM	MR	N*	P	PK	S	T
32	22	30 × 1,5	16	39	G 1/8	26	38	13,5	10 × 1,25	92	102	49	12	11	165	24	75	5	17
40	24	36 × 1,5	19	46	G 1/4	28	45	16,5	12 × 1,25	107	126	53	18	13	184	24	93	6	19
50	32	45 × 1,5	23,5	60	G 1/4	32	60	14	16 × 1,5	110	129	67	18	13	202	25,5	101	8	24
63	32	45 × 1,5	23	75	G 3/8	40	75,5	17	16 × 1,5	125	143	67	22	17	223	31	109	8	24

Ø alésages (mm)	Cotes (mm)				Masses (kg)	
	V	WH	ZB*	ZM	(1)	(2)
32	3,5	27	119	156	0,540	0,260
40	4,7	29	136	184	1	0,400
50	5,2	35	145	199	1,400	0,450
63	5,5	35	160	213	2,100	0,700

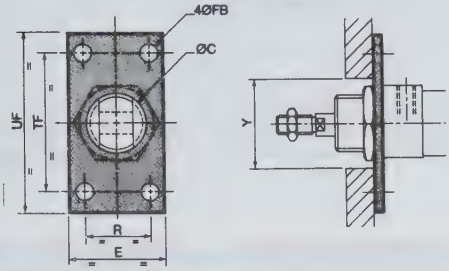
* + 25 mm pour les vérins simple effet course 50.
(1) Masse des vérins avec course de 100 mm.
(2) Masse à ajouter par 100 mm de course supplémentaire.

Nota : Les fixations sont toujours livrées non montées.

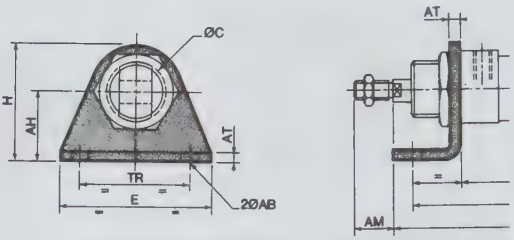
Vérins cylindriques sans tirants d'assemblage (ISOCLAIR) (suite)
Diamètres 32 - 40 - 50 - 63

Possibilités de fixation

Par bride avant ou arrière rectangulaire

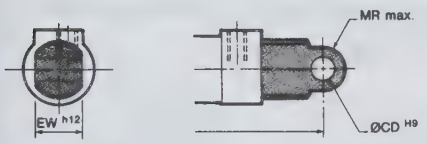


Par pattes d'équerre sur extrémité

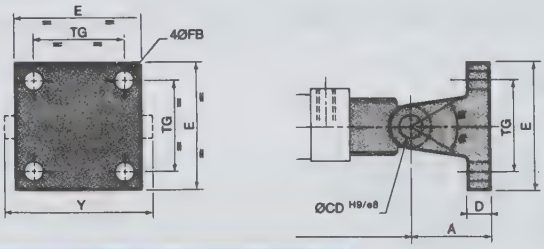


Ø alésages (mm)	Cotes (mm)												Masses (kg)	
	AO	ØC	E	ØAB ØFB	H	AH	AT	R	TF	TR	UF	Y	Bride AV ou AR	2 pattes d'équerre
32	6,5	30	45	7	51	32	3	32	64	32	80	45	0,090	0,160
40	8	36	52	9	60	36	3	36	72	36	90	53	0,130	0,230
50	10	45	75	9	73	45	4	45	90	45	110	70	0,290	0,540
63	10	45	75	9	85	50	4	50	100	50	120	70	0,330	0,640

Par tenon arrière



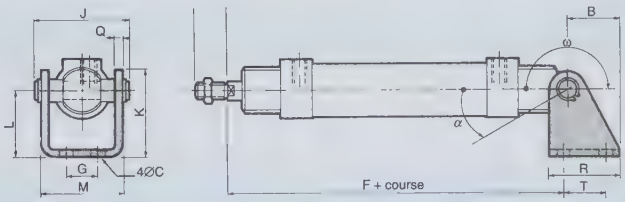
Fixation articulée complète



Ø alésages (mm)	Cotes (mm)											Masses (kg)
	AO	ØCD	D	E	EW	FB	MR	TG	XD*	Y	α max	Articulée complète
32	29	10	8	45	26	7	11	33	143	54	90°	0,200
40	22,5	12	7	52	28	7	13	40	160	62	83°	0,230
50	25,5	12	9	65	32	9	13	49	170	70	62°	0,400
63	30	16	9	75	40	9	17	59	191	80	77°	0,570

* + 25 mm pour les vérins simple effet course 50.

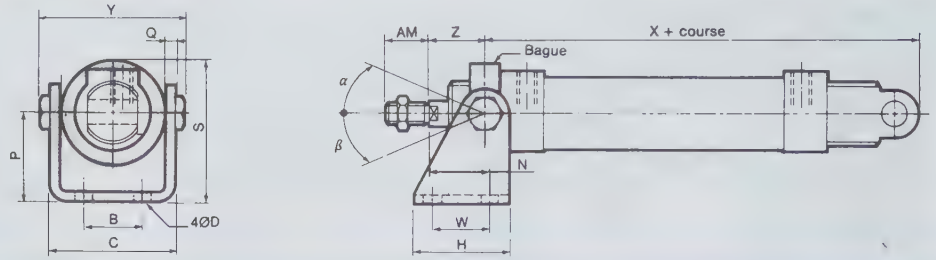
Articulation arrière



Ø vérin (mm)	Cotes (mm)													Masses de l'articulation (kg)
	B	C	F	G	J	K	L	M	Q	R	T	α	ω	
32	28	7	139	20	52	47	35	46	4	40	24	35°	180°	0,140
40	37	9	157	28	62	53	40	56	5	50	30	30°	170°	0,250
50	40	9	166	36	75	59	45	69	6	54	34	20°	165°	0,360
63	52	9	193	42	89	66	50	82	6	65	35	20°	160°	0,520

Vérins cylindriques sans tirants d'assemblage (ISOCLAIR) (suite)
Diamètres 32 - 40 - 50 - 63

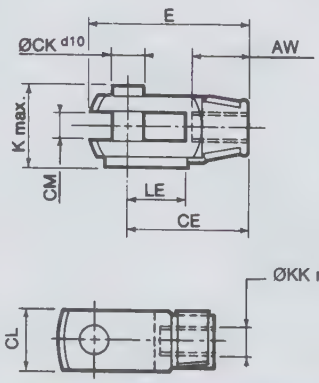
Fixation par articulation avant



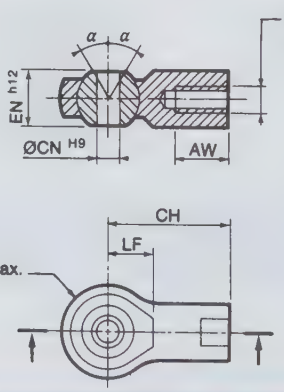
Ø vérin (mm)	Cotes (mm)															Masses (kg)	
	AM	B	C	D	H	N	P	Q	S	W	X	Y	Z	α	β	(1)	(2)
32	22	28	66	9	50	$22_{-0,5}^{0}$	40	5	63	30	$135_{0}^{+0,5}$	64,5	$19_{-0,5}^{0}$	30°	30°	0,800	0,260
40	24	36	81	9	54	$23_{-0,5}^{0}$	45	6	73,5	34	$153_{0}^{+0,5}$	77,5	$19_{-0,5}^{0}$	30°	30°	1,430	0,400
50	32	42	94	9	65	24_{-1}^{0}	50	6	85	35	159_{0}^{+1}	90,5	23_{-1}^{0}	30°	30°	2,030	0,450
63	32	60	106	11	80	$28,5_{-1}^{0}$	65	8	110	50	184_{0}^{+1}	116,5	$23,5_{-1}^{0}$	30°	30°	3	0,700

(1) Masse des vérins + bagues et articulations, pour course de 100 mm.
(2) Masse à rajouter par 100 mm de course supplémentaire.

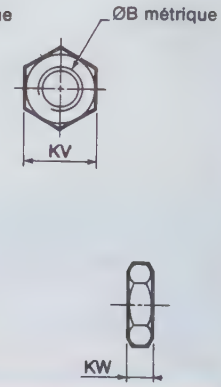
Chape femelle pour extrémité de tige



Tenon à rotule pour extrémité de tige



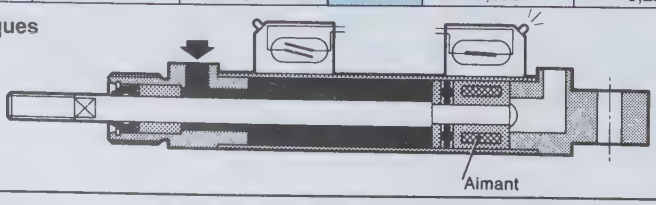
Écrou de fond



Ø alésage (mm)	Cotes (mm)																	
	AW	ØB	CE	CH	ØCK	CL	CM	ØCN	E	EN	ER	K	ØKK	KV	KW	LE	LF	α max
32	20	30 × 1,5	40	43	10	20	$10_{+0,15}^{+0,5}$	10	56	14	14	26	10 × 1,25	35	10	20	15	4°
40	22	36 × 1,5	48	50	12	24	$12_{+0,15}^{+0,5}$	12	67	16	16	32	12 × 1,25	42	10	24	17	4°
50	28	45 × 1,5	64	64	16	32	$16_{+0,15}^{+0,5}$	16	89	21	21	41	16 × 1,5	60	12	32	22	4°
63	28	45 × 1,5	64	64	16	32	$16_{+0,15}^{+0,5}$	16	89	21	21	41	16 × 1,5	60	12	32	22	4°

Ø alésage	Masses (kg)			Ø alésage	Masses (kg)		
	Chape de tige	Tenon de tige	Écrou		Chape de tige	Tenon de tige	Écrou
32	0,100	0,070	0,030	50	0,330	0,220	0,140
40	0,150	0,120	0,040	63	0,330	0,220	0,140

Détecteurs magnétiques



Vérins prévus pour fonctionner avec des détecteurs de positions, fixés par colliers sur le tube.

14.2. Vérins hydrauliques

14.2.1. Démarche de détermination d'un vérin

Paramètres

- Masse à déplacer
- Effort réel du vérin
- Longueur de déplacement (course du vérin)
- Temps ou vitesse de déplacement
- Type de fixation du vérin

Détermination du diamètre mini de la tige

- Déterminer la longueur de flambage $Lf = K \times C$

K : facteur de correction de la course C suivant le type de fixation (voir tableau)

- Déterminer le diamètre minimum de la tige et les deux diamètres d'alésage des vérins

Détermination du diamètre de l'alésage du vérin

- Deux cas sont à envisager :

- la pression d'utilisation est fixée : voir les abaques du constructeur et vérifier que les efforts développés par le ou les vérins déterminés correspondent à l'effort nécessaire ;
- la pression d'utilisation n'est pas fixée : prendre le plus petit diamètre de l'alésage déterminé et calculer la pression.

- Dans le cas où le vérin fonctionne en régulation de vitesse en sortie de tige (réduction de débit), ne pas prendre une pression d'utilisation supérieure à 80 bars.

Choix de l'amortissement

- Il est nécessaire de prévoir un amortissement, quand la course du vérin n'est pas limitée par des butées et que :

- la vitesse de déplacement est supérieure à 0,05 m/s,
- il faut arrêter une masse selon une loi de décélération.

Vérification de la capacité d'amortissement du vérin

- L'énergie à amortir ne doit pas être supérieure à celle que peut dissiper le vérin.
- À l'aide des diagrammes des constructeurs, déterminer les capacités d'amortissement du vérin choisi en fonction de la pression d'utilisation.
- Calculer l'énergie à dissiper en utilisant les formules et les tableaux des constructeurs.
- Dans le cas où l'énergie à amortir est supérieure à celle que peut dissiper le vérin, il faut choisir un diamètre d'alésage supérieur.

Détermination de l'entretoise

- Selon le diamètre du vérin et la course, déterminer l'entretoise correspondante en utilisant les abaques des constructeurs.

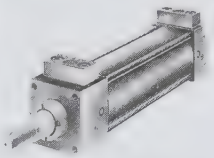
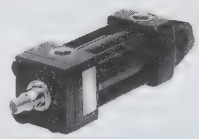
Détermination de la pression motrice nécessaire

- La pression motrice nécessaire est fonction du type de vérin

Détermination du débit nécessaire au fonctionnement du vérin

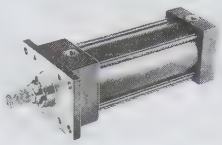
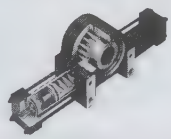
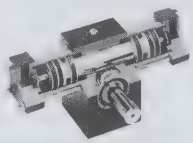
- Consulter les documents constructeurs

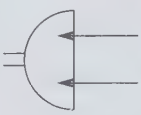
14.2.2. Guide de choix d'un type de vérin hydraulique ou d'un actionneur hydraulique

Aptitudes → / Type ↓	Diamètres de l'alésage ↓ mm	Diamètres de la tige ↓ mm	Course ↓ mm	Fluide de commande ↓	Pression d'utilisation ↓ bar	Température de fonctionnement ↓ °C
Vérins hydrauliques série 3L Pression de service ≤ 70 bars 	25,4 1″ 38,1 1″1/2 50,8 2″ 65,3 2″1/2 82,6 3″1/4 101,6 4″ 127 5″ 152 6″ 203,2 8″	12,7 - 15,9 15,9 - 25,4 15,9 à 34,9 25,4 à 44,5 25,4 à 50,8 25,4 à 63,5 25,4 à 88,9 34,9 à 101,6 34,9 à 139,7		Huile minérale hydraulique (possibilité d'utilisation d'autres fluides)	70	– 20 à + 80
Vérins hydrauliques série 3E Pression de service ≤ 80 bars 	32 40 50 63 80 100 125 160	18 22 - 28 23 - 36 28 - 45 36 - 56 45 - 70 56 - 90 70 - 110	de 32 à 1 000	Huile minérale	80	– 12 à + 75
Vérins hydrauliques série métrique HMI-HMD Pression de service ≤ 210 bars 	25 32 40 50 63 80 100 125 160 200	12 - 18 14 - 22 18 - 28 22 - 36 - 28 28 - 45 - 36 36 - 56 - 45 45 - 70 - 56 56 - 90 - 70 70 - 110 - 90 90 - 140 - 110	maximales de 1 000 à 3 500	Huile minérale (possibilité d'utilisation d'autres fluides)	210	– 20 à + 80
Vérins hydrauliques HP type sidérurgie série MMB Pression de service ≤ 160 bars 	40 50 63 80 100 125 160 200 250 320	22 - 28 28 - 36 36 - 45 45 - 56 56 - 70 70 - 90 90 - 110 110 - 140 140 - 180 180 - 220		Huile minérale (possibilité d'utilisation d'autres fluides)	160	– 20 à + 80
Vérins hydrauliques HP série 2H Pression de service ≤ 210 bars 	38,1 1″1/2 50,8 2″ 63,5 2″1/2 82,6 3″1/4 101,6 4″ 127 5″ 152,4 6″ 177,8 7″ 203,2 8″ 254 10″ 304,8 12″	15,9 - 25,4 25,4 - 34,9 25,4 à 44,5 34,9 à 50,8 44,5 à 63,5 50,8 à 88,9 63,5 à 101,6 76,2 à 127 88,9 à 139,7 127 139,7		Huile minérale (possibilité d'utilisation d'autres fluides)	210	– 20 à + 80

Amortissement	Raccordement (Pouces)	Efforts dynamiques développés – Sortie de tige (daN)	Efforts dynamiques développés – Rentrée de tige (daN)	Vitesse maxi. d'utilisation	Symbole	Remarques - Utilisations
Amortissement réglable. En option à chacune des extrémités de course ou aux deux.	G 1/4	360		0,42	Simple effet	– Tige de piston en alliage d'acier au carbone, chromée dur et polissage – Étanchéité efficace grâce à une série de joints à lèvres en polyuréthanne – Cylindre en tube en acier rodé et poli – Les pistons sont équipés de segments en fonte – Les vérins sont équipés de purges d'air – Existe en version double tige
	G 3/8	800	90	0,37		
	G 3/8	1 400		0,21		
	G 3/8	2 200	à	0,13		
	G 1/2	3 750		0,12		
	G 1/2	5 680	10 700	0,08		
	G 1/2	8 850		0,05		
	G 3/4	12 800		0,06		
	G 3/4	22 700		0,03		
		à 80 bars				
Amortissement réglable. En option d'un côté ou des deux côtés.	8	640	204			– Tige de piston en acier spécial chromé dur – Corps du vérin tube acier à paroi épaisse sans soudure, rectifié et rodé – Piston monobloc équipé d'un joint élastomère entre deux segments porteurs – Tête et fond de vérin alésés et rainurés – Vérin existant en version double tige
	8	1 008	304			
	12	1 568	492			
	16	2 496	814			
	16	4 016	1 280			
	18	6 280	1 968			
	18	9 816	3 080			
	22	16 080	7 600			
		210 bars				
Amortissement réglable. En option d'un côté ou des deux côtés.	G 1/4	1 030	240	0,39	Vérin double effet	– Tige de piston en acier au carbone, chromage dur, traitement haute fréquence – Corps du vérin en acier rodé et poli – Joints de tige multilèvres avec joint racleur double lèvre – Joints sur le corps du vérin qui préviennent de tous chocs hydrauliques – Purges disponibles en option – Existe en vérin simple effet
	G 1/4	1 690	320	0,24		
	G 3/8	2 640	540	0,31		
	G 1/2	4 120	800	0,34		
	G 1/2	6 550	1 290	0,21		
	G 3/4	10 560	2 140	0,18		
	G 3/4	16 500	3 340	0,11		
	G 1	25 770	5 170	0,12		
	G 1	42 220	8 080	0,07		
	G 1 1/4	65 970	32 330	0,07		
		160 bars				
Amortissement réglable. En option d'un côté ou des deux côtés.	1/2″	2 100	610	0,53	Vérin double effet avec amortissement réglable	– Tige de piston en acier au carbone, rectifiée, chromée dur et polie – Corps du vérin en acier à paroi épaisse et rodée – Joints d'étanchéité de tige de type chevron et de type polyuréthanne sidérurgie – Piston en acier vissé sur la tige avec joint élastomère ou à joints chevron suivant version – Existe à double tige
	1/2″	3 140	990	0,34		
	3/4″	4 990	1 630	0,28		
	3/4″	8 040	2 550	0,18		
	1″	12 600	3 940	0,18		
	1″	19 600	6 160	0,12		
	1 1/4″	32 200	10 200	0,11		
	1 1/4″	50 300	15 200	0,07		
	1 1/2″	78 500	24 600	0,07		
	1 1/2″	128 700	60 800	0,04		
		210 bars				
Amortissement réglable	G 1/2″	2 400	420	0,58		– Tige de piston en acier au carbone, au chromage dur et polissage – Corps du vérin en tube acier rodé et poli – Joints de tige avec lèvres d'étanchéité – Piston équipé de segments en fonte – Existe en vérin double tige – Purges d'air en option – Existe en vérin simple effet
	G 1/2″	4 250	1 050	0,33		
	G 1/2″	6 660	2 020	0,21		
	G 3/4″	11 300	3 280	0,17		
	G 3/4″	17 000	4 250	0,11		
	G 3/4″	26 600	6 660	0,07		
	G 1″	38 300	9 580	0,08		
	G 1″ 1/4	52 300	13 000	0,09		
	G 1″ 1/2	68 200	17 100	0,11		
	G 2″	106 500	26 600	0,11		
	G 2″ 1/2	153 200	76 900	0,14		

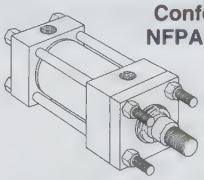
Guide de choix d'un vérin hydraulique ou d'un actionneur hydraulique (suite)

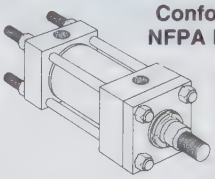
Aptitudes → / Type ↓	Diamètres de l'alésage ↓ mm	Diamètres de la tige ↓ mm	Course ↓ mm	Fluide de commande ↓	Pression d'utilisation ↓ bar	Température de fonctionnement ↓ °C
Vérins pneumatiques HP série 2A Pression de service ≤ 17 bars 	25,4 38,1 50,8 63,5 82,6 101,6 127 152,4 203,2 254 304,8 355,6	12,7 15,9 15,9 25,4 15,9 34,9 15,9 44,5 25,4 50,8 25,4 63,5 25,4 88,9 34,9 101,6 34,9 139,7 44,5 139,7 50,8 139,7 63,5 139,7		Air filtré ou lubrifié	17	– 12 à + 75
Vérins hydrauliques MMA type sidérurgique Pression de service ≤ 250 bars 	50 63 80 100 125 140 160 180 200 250 320	32 36 40 45 50 56 63 70 80 90 90 100 100 110 110 125 125 140 160 180 200 220	20 mini 30 mini 20 mini 25 mini 50 mini 50 mini 50 mini 20 mini 20 mini 20 mini 20 mini	Huile minérale hydraulique (possibilité d'utilisation d'autres fluides)	250	– 20 à + 80
Actionneurs rotatifs série HTR Pression de service ≤ 210 bars 	∅ de l'arbre 22 28 44 54 54 76 125	Longueur de l'arbre 33 48 66 86 86 115 190	Degrés de rotation 90° 180° 360°	- Fluide à base de pétrole - Fluide haute température et/ou fluides synthétiques - Eau-glycols, fluides à teneur élevée en eau	Couple de sortie à 210 bars de 10 à 6 800 daN/m	– 40 à + 80 – 20 à + 150 0 à + 80
Actionneurs rotatifs séries LTR et PTR Pression de service ≤ 70 bars ou pneumatique ≤ 18 bars 	∅ de l'arbre 12 22 28 34 42	Longueur de l'arbre 22 46 46 56 88	Degrés de rotation 90° 180° 270° 380°	- Fluide à base de pétrole - Fluide haute température et/ou fluides synthétiques - Eau-glycols fluides à teneur élevée en eau	Couple de sortie : - hydraulique : 70 bar de 4 à 235 daN/m - pneumatique : 18 bar de 0,9 à 56 daN/m	– 40 à + 80 – 20 à + 150 – 20 à + 80
Vérins hydrauliques avec blocage de tige 	40 50 63 80 100 125	18 22 28 36 45 56			Déblocage 70 40 70 40 90 50 80 50 100 40 100 40	

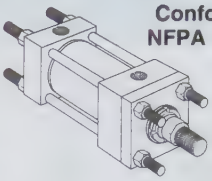
Amortissement	Raccordement (Pouces)	Efforts dynamiques développés (daN) — Sortie de tige	Efforts dynamiques développés (daN) — Rentrée de tige	Vitesse maxi. d'utilisation	Symbole	Remarques - Utilisations
Amortissement réglable. En option à chacune des extrémités de course.	1/4 1/4 1/4 1/4 1/2 1/2 1/2 3/4 3/4 1 1 1 1/4	18 bars 90 205 364 570 965 1 460 2 280 2 743 5 837 9 130 13 536 17 877	 23 36 92 173 280 364 570 820 1 117 1 460 2 280 2 759		 Vérin double effet	– Tige de piston en acier spécial, durcie superficiellement – Corps du vérin en tube acier à paroi épaisse, sans soudure, rectifié, rodé et chromé intérieurement – Joints d'étanchéité de grande longévité – Tête et fond de vérin alésés et rainurés pour obtenir un bon positionnement des joints
Amortissement réglable. En option à chacune des extrémités de course ou aux deux.	G 1/2 G 3/4 G 3/4 G 1 G 1 1/4 G 1 1/4 G 1 1/4 G 1 1/4 G 1 1/2 G 2	à 250 bars 5 000 7 900 12 800 20 000 31 200 38 500 51 200 63 500 80 100 125 000 205 000	de 2 000 à 96 900	0,34 0,28 0,18 0,18 0,12 0,12 0,10 0,08 0,06 0,06 0,07	 Vérin double effet avec amortissement réglable	– Tige de piston en acier au carbone, chromée dur et polie – Corps du vérin en acier à haute résistance et rodé – Étanchéité de la tête et du fond de vérin par joints toriques – Les pistons standard sont équipés de joints en polymère pour service intensif – Possibilité d'options pour les pistons en fonction des besoins – Présence de purges d'air
Amortisseurs à hautes performances.	Orifices 1/4" M 14 × 1,5 1/4" M 14 × 1,5 1/4" M 14 × 1,5 1/2" M 22 × 1,5 1/2" M 22 × 1,5 3/4" M 27 × 2 1" M 33 × 2	Effort radial à 210 bars de 1 390 à 19 220	Effort de poussée à 210 bars de 1 110 à 12 670			– Couple uniforme dans les deux sens – Couple élevé – Excellente tenue mécanique – Possibilité de spécifier la rotation – Supporte les effets radiaux et de poussée – Grande longévité – Versions à simple et double crémaillère
Amortisseurs autocenseurs réglables.	Orifices 1/8" M 10 × 1 1/4" M 14 × 1,5 1/4" M 14 × 1,5 1/4" M 14 × 1,5 1/2" M 22 × 1,5	Effort radial à 70 bars de 40 à 440	Effort de poussée à 70 bars de 20 à 220			– Couple uniforme dans les deux sens – Couple élevé – Excellente tenue mécanique – Possibilité de spécifier la rotation – Supporte les efforts radiaux et de poussée – Grande longévité – Version à simple et double crémaillère
	G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 1/4					

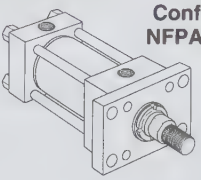
14.2.3. Formes de montage des vérins

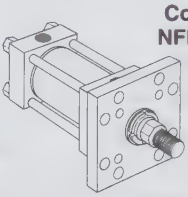
D'une façon générale, la gamme standard de vérins PARKER comprend une quinzaine de modes de fixation permettant de répondre à la plupart des applications. Les modes de fixation permettent de choisir les vérins correspondant à des applications diverses, celles-ci se retrouvent pratiquement dans tous les types de vérins.

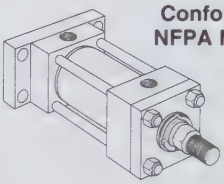

Conforme NFPA MX3
TB

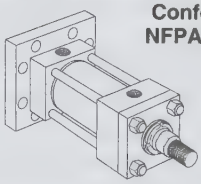

Conforme NFPA MX2
TC

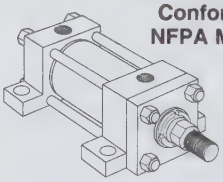

Conforme NFPA MX1
TD

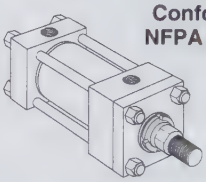

Conforme NFPA MF1
J

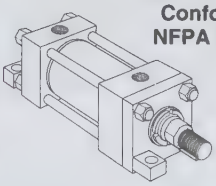

Conforme NFPA MF5
JB

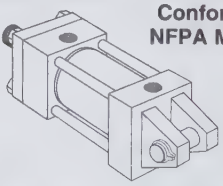

Conforme NFPA MF2
H

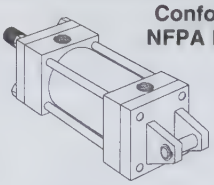

Conforme NFPA MF6
HB

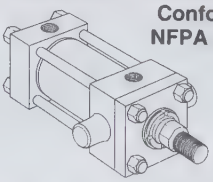

Conforme NFPA MS2
C

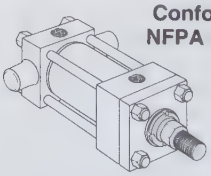

Conforme NFPA MS4
F

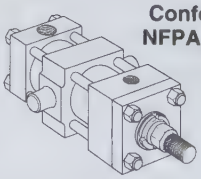

Conforme NFPA MS7
G

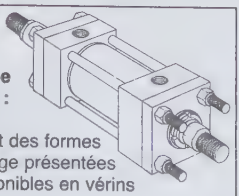

Conforme NFPA MP1
BB

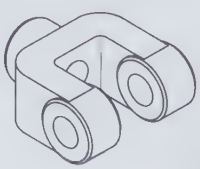

Conforme NFPA MP2
BC

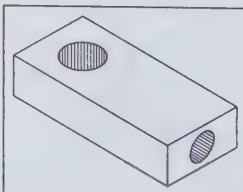

Conforme NFPA MT1
D


Conforme NFPA MT2
DB


Conforme NFPA MT4
DD


K (modèle présenté : KTB)
La plupart des formes de montage présentées sont disponibles en vérins à double tige.


Chape de tige


Support mâle

14.3. Vérins électriques

14.3.1. Démarche de détermination d'un vérin électrique

Paramètres souhaités

- Masse à déplacer.
- Longueur de déplacement de la charge.
- Temps ou vitesse linéaire souhaité.
- Durée de vie souhaitée.
- Température d'utilisation.
- Ambiance de fonctionnement.
- Précision et répétabilité souhaitées.
- Niveau sonore souhaité.
- Protections IP et IK souhaitées.

Détermination des performances du vérin choisi

- Charge dynamique.
- Charge dynamique moyenne.
- Charge statique.
- Charge de flambement.
- Vitesse critique.
- Irréversibilité
- Cycle de travail.
- Facteur de travail.
- Durée de vie réelle.
- Température de fonctionnement.
- Précision et répétabilité réelles.
- Niveau sonore réel.
- Protections IP et IK réelles.
- Embrayage de sécurité.
- Pilotage et alimentation électrique du vérin.

Type de vérin retenu.

Exemple : Vérin électrique type CAR 22

14.3.2. Présentation et choix d'un vérin électrique

– La gamme de vérins électriques se compose de colonnes télescopiques *Fig. 1*, de vérins linéaires *Fig. 2*, de vérins rotatifs *Fig. 3* et d'unités de commande *Fig. 4*.

– Ils sont remarquables par leurs performances en termes de vitesse, de stabilité en température, de précision et de niveau de bruit.



Fig. 1. Colonnes télescopiques



Fig. 2. Vérins linéaires

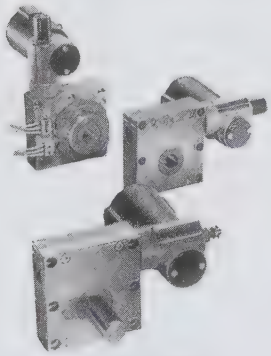


Fig. 3. Vérins rotatifs

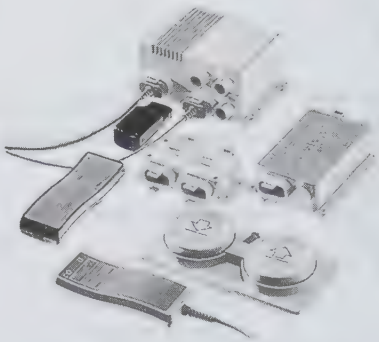
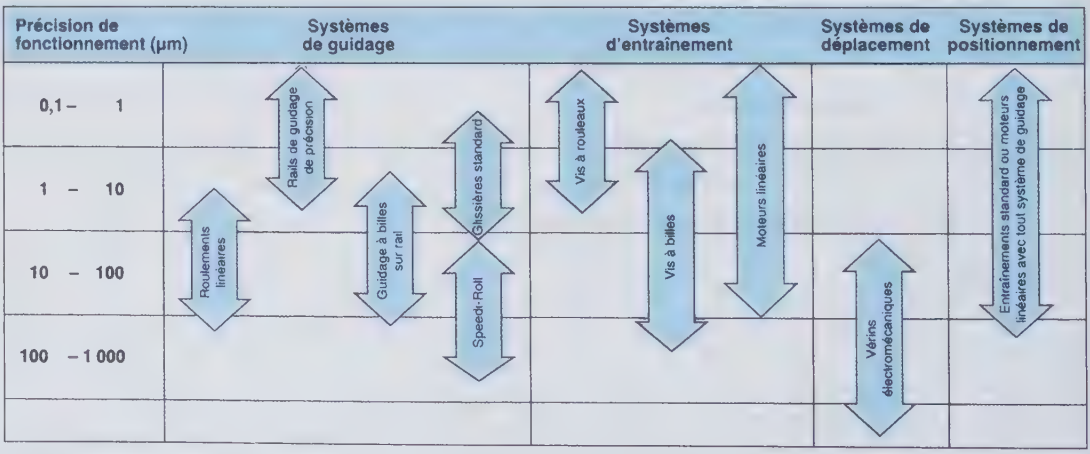


Fig. 4. Unités de commande

– **Précision de fonctionnement (étude comparative) :**



– **Comment choisir un vérin électrique :**

– Il est possible de faire une première sélection de vérins qui répondent aux premiers critères de base comme la charge et la vitesse.

– Les guides de choix qui suivent indiquent les principales caractéristiques de quelques vérins, **le DVD Rom, associé à l'ouvrage, permet de faire l'inventaire complet des fabrications du constructeur**.

14.3.3. Connaissances de base – Appellations – Définitions

A. Durée de vie

La durée de vie d'un vérin est définie comme le nombre de cycles aller/retour (ou distance parcourue en mètres).

La durée de vie mécanique est calculée en fonction de la charge moyenne appliquée et de la course. Elle est théoriquement déterminée par la durée de vie du système vis/écrou car dans la plupart des cas, il y a moins d'usure sur le réducteur et les roulements.

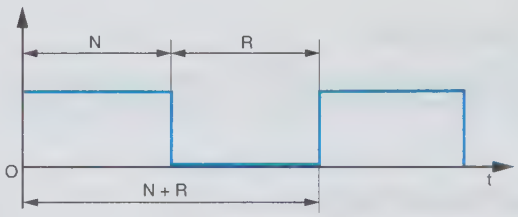
Le constructeur calcule la durée de vie en L_{10} (90 % d'un groupe suffisamment important de vis à billes apparement identiques, peut s'attendre à s'atteindre ou à dépasser cette valeur).

B. Facteur de travail (taux d'utilisation)

La plupart des vérins électriques linéaires SKF sont conçus pour des fonctionnements intermittents.

Le facteur de travail est défini comme étant le rapport entre le temps de travail sous charge (N) et le temps de cycle total (N + R), R : temps d'arrêt.

$$\text{Facteur de travail (\%)} = \frac{\text{temps de travail sous charge (N)} \times 100}{\text{temps de cycle total (N + R)}}$$



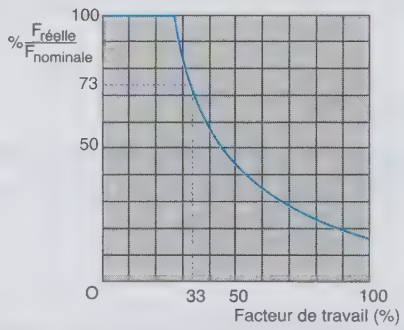
Cycles de travail

La fréquence de ces cycles complets (par heure, par jour, par année) est également nécessaire au calcul de la durée de vie.

La charge autorisée est fonction du facteur de travail c'est-à-dire que la charge doit être réduite lorsque le facteur de travail augmente.

Si le facteur de travail recommandé est dépassé, le vérin pourra être en surchauffe donc endommagé.

Le facteur de travail est essentiel pour choisir la solution adéquate (faisabilité avec tel type de vérin) et calculer sa durée de vie.



Charge réelle et charge nominale en fonction du facteur de travail

C. Température d'utilisation

Les températures extrêmes (< 20 °C) et (> 50 °C) affectent le vérin de différentes façons :

– les composants plastiques (écrous, joints racleurs) peuvent se rétracter lorsqu'il fait très froid.

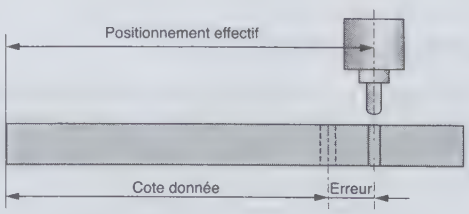
– Les performances d'un moteur à courant continu sont diminués (aimant permanent),

– la viscosité de la graisse est modifiée, elle risque de se liquéfier à haute température et de se figer à basse température.

D. Précision et répétabilité

La précision de positionnement est le résultat de la différence entre la position théorique donnée et la position réellement atteinte par le vérin.

La répétabilité est l'amplitude de la dispersion des résultats sur un grand nombre de positionnements.



Précision de postionnement





E. Charge dynamique

La charge dynamique est la charge que le vérin déplace (poussant/tirant) lorsqu'il est alimenté. Elle est essentiellement limitée par la taille du moteur + réducteur, mais aussi par le système vis/écrou et les roulements à billes.

F. Charge dynamique moyenne

La charge dynamique moyenne est souvent nécessaire afin de calculer au plus juste la durée de vie mécanique du vérin. Lorsqu'il y a fluctuation de l'amplitude de la charge, il faut déterminer une charge moyenne constante qui aurait la même influence sur le système vis/écrou que la charge variable réelle.

G. Charge statique

La charge de flambement est une charge maximale applicable au vérin lorsqu'il n'est pas alimenté (aucun composant n'est en mouvement) avant déformations/dommages permanents.

H. Charge de flambement

La charge de flambement est une charge en compression qui peut plier/courber le tube de poussée du vérin. Elle varie en fonction de la course.

I. Vitesse linéaire

La vitesse linéaire est le rapport du déplacement en millimètres, effectué par le tube poussée du vérin sur une période de temps donnée en secondes. Elle est donnée en millimètres par seconde : $V_{\text{linéaire}} = \frac{D}{T}$

J. Vitesse critique

La vitesse critique est la vitesse de rotation maximum de la vis avant que celle-ci entre en raisonnance. Elle est fonction de la longueur, du diamètre de la vis et du type de montage.

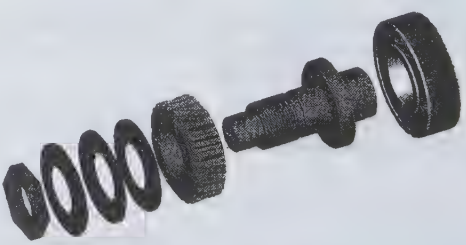
K. Réversibilité. Autoblocage

- Tous les vérins ne sont pas autobloquants ;
- L'autoblocage peut dépendre du montage (vertical, horizontal ou incliné) ;
- L'autoblocage peut dépendre de l'environnement (vibrations...).

Quand le vérin n'est plus alimenté, il doit rester à la position demandée tout en maintenant une charge.
Aucun mouvement du tube de poussée ne doit s'opérer.
L'irréversibilité dépend du rendement total du vérin. Afin de pallier la réversibilité du vérin, on utilise soit un frein à friction soit un frein par absence de courant.

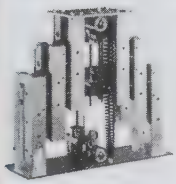
L. Embrayage à friction

Il est constitué d'un empilage de rondelles élastiques. Ce dispositif précontraint patine lorsque le vérin dépasse sa charge dynamique maximale et de ce fait, le couple moteur n'est plus transmis à la vis d'entraînement du vérin.
L'embrayage a pour but de protéger le vérin et le mécanisme sur lequel il est monté.



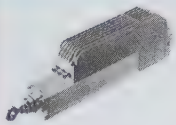
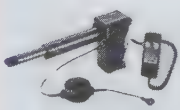
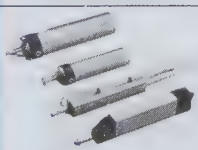
Embrayage à friction

14.3.4. Guide de choix d'un vérin électrique

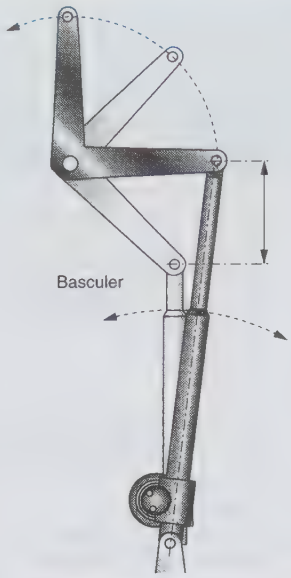
Aptitudes → / Type ↓	Force maximale de poussée ↓ N	Force maximale de traction ↓ N	Vitesse sans charge ↓ mm/s	Vitesse avec charge nominale ↓ mm/s	Course ↓ mm	Applications et caractéristiques
Vérins électriques à colonnes télescopiques						
 *TÉLÉMAG*	1 000 à 4 000	0 à 4 000	7 à 42	5 à 12	200/700 à 300/700	– Bonne combinaison d'une longueur rétractée et d'une course importante. – Entraînement linéaire robuste et sûr. Très esthétique. – Avantages : fortes charges, fonctionnement silencieux, robuste, longue durée de vie. Compact.
 *TMS*	4 000	0	16	28	300/700	
 *TÉLÉSMART*	800 à 1 500	0	60 à 23	37 à 17	700 à 200/600	– Utilisées dans le domaine du mobilier ergonomique et des stations de postes de travail. – Colonnes rapides et puissantes. – Avantages : branchement facile, esthétique, économique, levage rapide et puissant.
 *MAGGEAR*	800	200	8	8	200	– En ligne.
Vérins électriques linéaires						
 *CAT*	500 à 4 000	500 à 4 000	10 à 174	5 à 36	50/300 à 100/400	– Vérins construits sur mesure à partir d'éléments standard. – Sans entretien, équipés d'un embrayage de sécurité avec différentes motorisations adaptées aux exigences du client. Modulables et flexibles. – Petits, robustes, grand rendement.
 *CAR*	1 500 à 6 000	1 500 à 6 000	30 à 60	10	50/300 à 100/700	– Vérins industriels très performants. – Grandes fiabilité et durée de vie. – Moteurs de haute qualité. – Nombreuses solutions offertes aux exigences des clients (modularité). – Existent en trois tailles. – Moteurs plats très compacts.

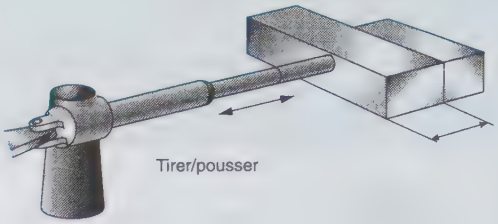
Aptitudes → / Type ↓	Force maximale de poussée ↓ N	Force maximale de traction ↓ N	Vitesse sans charge ↓ mm/s	Vitesse avec charge nominale ↓ mm/s	Course ↓ mm	Applications et caractéristiques
Vérins électriques linéaires						
 *MAGPUSH*	400 à 1 500	300 à 1 500	8 à 10	8 à 10	210 200/300 260	– Ces vérins ont un fonctionnement très doux. Peu encombrants et sans maintenance, ils peuvent être montés verticalement, horizontalement ou en position inclinée. – Longue durée de vie. Robustes. – Grande course pour un faible encombrement. Silencieux. – Fortes charges.
 *CAWA*	Dyn. 1 650	Stat. 3 500	22	14	500/1 000	
 *PLUG & PLAY*	43 800 à 485 200	81 700 à 740 000		13 à 90	215 à 1 500	– Facilité d'utilisation. – Cadences élevées. Grande fiabilité. – Courses longues et rapides sous des charges élevées. Fortes accélérations. – Accouplement et vis à rouleaux. – Entretien réduit. Rigidité élevée. – Longue durée de vie.
 *CRAB 17*	**Couple Nm** 70-105	**Vitesse rd.min⁻¹** 8-20	**Diamètre mm** 125	– Compact – Couple élevé. – Multiples sorties d'arbre. – Multiples options moteur.		– Vérins conçus pour permettre un mouvement de rotation partiel. La moduralité de la gamme permet de réaliser des configurations simples ou complexes. – Ils peuvent travailler de façon rapide ou lente avec des charges élevées ou faibles.
Vérins électriques rotatifs						
 *CRAB 05*	100	3	86	– Compact – Basculement – Multiples options moteur.		– Vérins développés à partir de la technologie des sièges et fauteuils (industrie automobile). – Faibles coûts, efforts élevés et fonctionnement facile, réglage électrique ou manuel du siège. – Charges dynamiques inférieures à 100 N.
 *CRAB 10/40*	70 à 1 700	30 à 8	120 à 286			

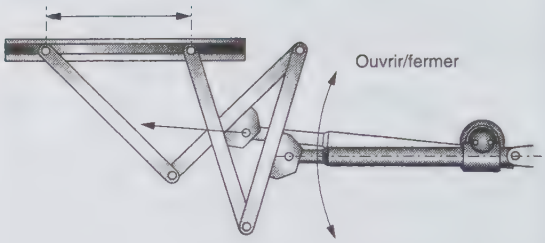
Vérins électriques linéaires

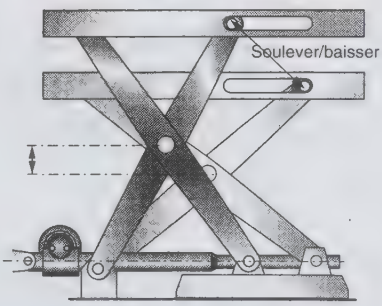
Aptitudes → / Type ↓		Force maximale de poussée ↓ N	Force maximale de traction ↓ N	Vitesse sans charge ↓ mm/s	Vitesse avec charge nominale ↓ mm/s	Course ↓ mm	Applications et caractéristiques
	*ILD*	2 000 à 20 000	2 000 à 20 000	200 à 25	200 à 25	100/700 à 100/1 500	– Système complet d'asservissement flexible et puissant avec maîtrise du mouvement linéaire en termes de force, de vitesse, d'accélération, de positionnement, de précision et de communication. Conception robuste et complet. Rapide.
	*CALA 36*	600	600	31	17	50/200	– Moteur en ligne de faible diamètre leur donnant un aspect très compact facilitant leur intégration et leur installation dans les espaces les plus réduits. – Très utilisés en automatisation des mouvements. Grande fiabilité.
	*RUNNER*	8 000 à 12 000	8 000	6,5 à 10,5	4,5 à 7,5	100/700	– Vérins combinant charge maximale et vitesse maximale. – Le système intègre une unité de contrôle permettant de piloter jusqu'à trois vérins et leurs accessoires. – Silencieux et puissants. – Longue durée de vie.
	*CAFX*	3 000	3 000	7	5	90/200	– Se composent d'un vérin principal et d'une unité de contrôle intégrée. – Ils peuvent, en option, gérer la gestion de l'énergie, la protection contre les surcharges… – Fins de course intégrés dans le tube de guidage. – Longue durée de vie, puissants et silencieux. – Forte capacité de charge dynamique. – Compacts. Faible bruit. – Faible consommation de courant.
	*MAGTOP*	200 à 2 000	200 à 2 000	37 à 12/3	30 à 8/2,5	105/300 à 300/500	
	*MAGRACK*	200/ 600	200/ 600	8/20	5…15	180/ 1 000	

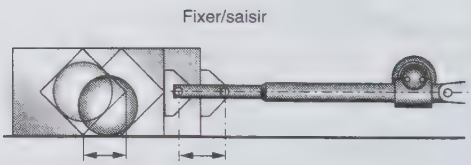
14.3.5. Principales fonctions réalisées par les vérins électriques linéaires







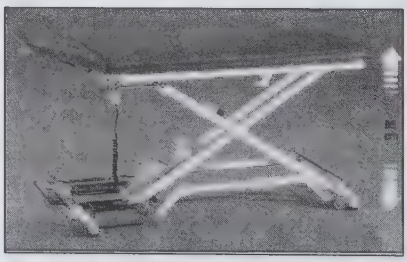




14.3.6. Exemples d'applications



Table de dessin



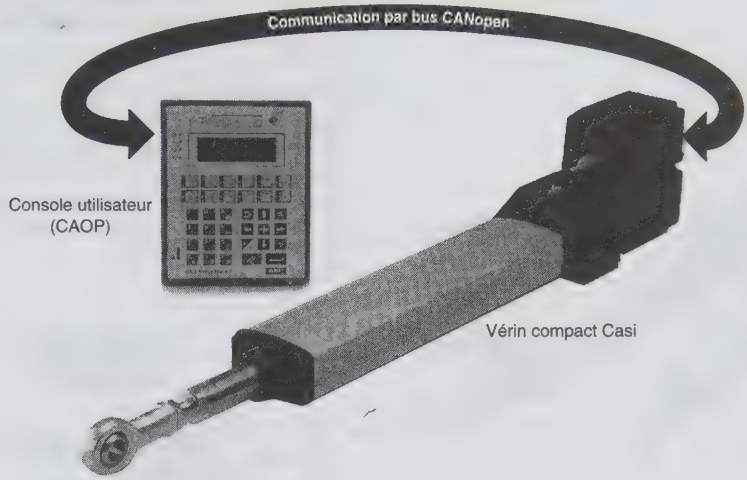
Tables de kiné



Montée-descente d'un arceau de parking

14.3.7. Les servovérins

– Exemple du servovérin ServoMove.



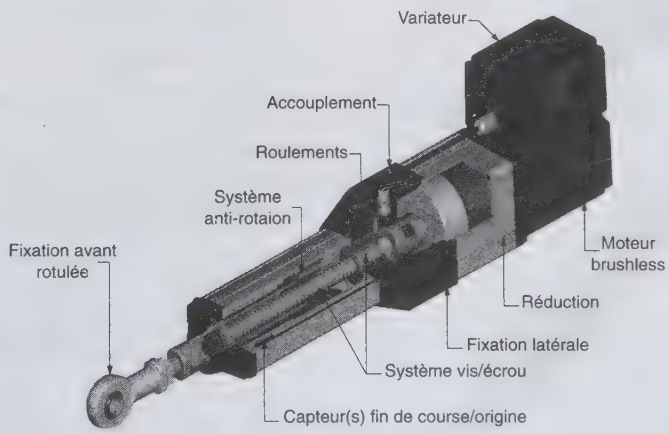
Le système ServoMove est constitué d'une console CAOP (Interface Opérateur) avec automate programmable et module Entrées/Sorties intégrés.

Le système CAOP peut gérer plusieurs servovérins linéaires, de même que communiquer avec des équipements externes, offrant ainsi des solutions économiques adaptées à bon nombre de situations.

Le système CAOP est compatible avec la majeure partie des automates existants sur le marché ce qui permet son intégration dans un système d'automatisme déjà en place.

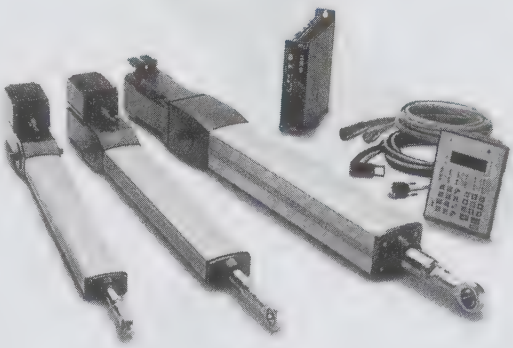
La communication entre l'interface opérateur CAOP et le vérin se fait directement par bus CANopen.

– Terminologie des constituants du vérin CASI.



Les servovérins linéaires de type CASI sont les actionneurs électromécaniques des systèmes ServoMove. Le vérin Casi est un nouveau vérin économique, compact, équipé d'une vis à billes haut rendement et doté d'un moteur brushless en ligne. Le variateur (ou pilote moteur) fait partie intégrante du vérin ainsi que le capteur (codeur à effet Hall).

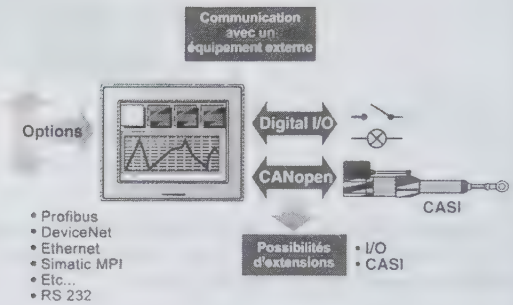
14.3.8. Automatisation et productivité



Le fabricant vous propose **un système complet d'asservissement : le système ServoMove**. Le système ServoMove est la **solution "brushless"** idéale pour l'automatisation d'équipements dans de nombreux domaines d'application.

Principaux avantages :

- **Performances (effort dynamique en standard jusqu'à 18 000 N, vitesse jusqu'à 1,2 m/s, taux d'utilisation jusqu'à 100 %)**
- **Mise en œuvre rapide, simple et conviviale**
- **Pilotage (position, vitesse, force)**
- **Gains de productivité**
- **Sans entretien**

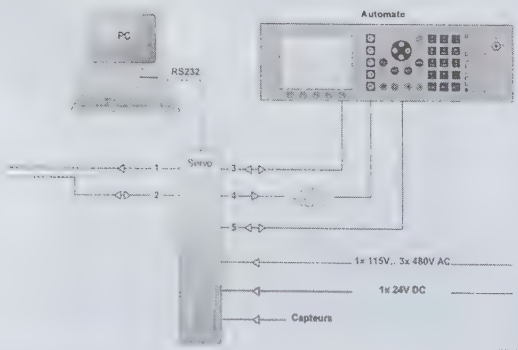




Les vérins électromécaniques hautes performances composés d'une vis à rouleaux satellites et d'un moteur Brushless sont conçus pour les applications sévères à hautes fréquences d'utilisation pour une longue durée de vie. Capables de très grandes accélérations, ils admettent des charges élevées et permettent un asservissement précis en vitesse et/ou en positionnement.

Principaux avantages :

- **Forte capacité de charge dynamique (jusqu'à 48 tonnes)**
- **Vitesse (jusqu'à 1,5 m/s)**
- **Accélération (jusqu'à 25 m/s≈)**
- **Précision (jusqu'à 0,01 mm)**
- **Respect de l'environnement**



14.4. Moteurs électriques

14.4.1. Démarche de détermination d'un moteur électrique et de son mode de démarrage

Le choix d'un moteur électrique et celui de son mode de démarrage sont étroitement liés, le *Mémotech électrotechnique* traite dans le détail ce problème.

Machine entraînée

- Moment de giration (MD^2)
- Courbe du couple résistant (M_r)
- Puissance nominale d'entraînement (P_n)
- Fréquence de rotation (n)
- Position de l'axe B ou V
- Type de service (S)
- Facteur de marche (a)
- Conditions d'utilisation (température, altitude, local...)

Alimentation électrique

- Tension disponible (U_n)
- Pointe de courant admissible (I_p)
- Variations de tension (U'/U_n)
- Fréquence d'alimentation (f)
- Chute de tension admissible (ΔU)
- Caractéristiques de la ligne alimentant le moteur

Éléments de détermination du moteur

- À partir des paramètres précédents, il faut :

a) Déterminer la puissance réelle (P_M)
- correction suivant la température
- correction suivant l'altitude
- correction suivant la vitesse (variation électronique de vitesse)

b)Déterminer l'indice de protection IP

c)Déterminer la classe de démarrage (N_c)

d)Déterminer le facteur de marche (a)

e)Déterminer le mode de fixation (B ou V)

f)Déterminer le type de service (S)

g)Déterminer la classe des isolants (C_l)

Le moteur choisi indique

- Les cotes d'encombrement
- Les cotes d'axe
- Le niveau de bruit
- Les grandeurs électriques (I_d, I_n, U_n, cos φ, η)
- Les grandeurs mécaniques (M_d, M_n, M_m)

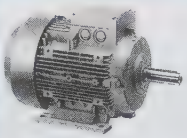
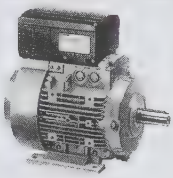
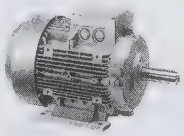
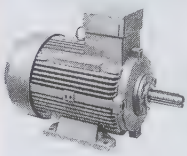
Il faut s'assurer que le volume du local est suffisant pour refroidir correctement le moteur et que les variations de la tension n'affectent pas le fonctionnement de l'ensemble.

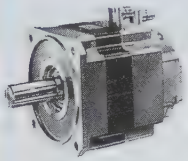
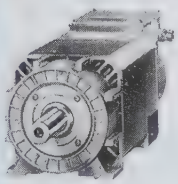
Éléments de choix du démarreur

- Pointe de courant au démarrage (I_d)
- Pointe de courant admissible en ligne (I_p)
- Couple nominal (M_n)
- Couple au démarrage (M'_d)
- Couple accélérateur (M_a)
- Temps de démarrage (t_d)
- Type de la machine entraînée
- Facteurs économiques

14.4.2. Guide de choix d'un type de moteur électrique

MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS BASSE TENSION ROTOR À CAGE

Aptitudes → / Type ↓	Puissance assignée kW	Hauteur d'axe mm	Nb de pôles - Vitesse de synchronisme min⁻¹	Rendement %	Cos φ	Couple assigné Nm	Couple de démarrage/couple consigné c_d/c_n	Observations
 **Moteur asynchrone standard**	0,09 à 1 000 0,06 à 1 000 0,06 à 800 0,09 à 630	56 à 450 56 à 450 63 à 450 71 à 450	2 p/3 000 4 p/1 500 6 p/1 000 8 p/750	61 à 97,4 56 à 97,1 39 à 97 51 à 96,6	0,81 à 0,93 0,77 à 0,89 0,66 à 0,87 0,59 à 0,81	0,32 à 3 200 0,43 à 6 400 0,7 à 7 690 1,4 à 8 090	2 à 2,8 1,9 à 2,8 1,8 à 2,8 1,7 à 2,7	– Classe d'isolation F – Échauffement B – Protection IP 55 – Adaptation possible : - générateur d'impulsions - ventilateur extérieur – Peut fonctionner avec variateur – Existe en version deux vitesses – Existe en rendement augmenté – Existe en puissance augmentée
 **Moteur asynchrone avec variateur « Combimaster »**	1,5 à 7 1,5 à 7	90 à 132 90 à 132	2 p/3 000 4 p/1 500	78 à 86 74 à 87,5	0,85 à 0,86 0,83 à 0,84	5 à 25 10 à 49		– Forme de construction com-pacte – Couple de démarrage important – Démarrage, accélération et freinage progressifs – Suppression des à-coups – Existe avec filtre ou sans filtre
 **Moteur asynchrone avec frein associé**	0,18 à 37 0,12 à 30	63 à 200	2 p/3 000 4 p/1 500	temps de freinage 35 à 500 ms		de freinage 5 à 400		– Frein à disque à double armature – Freinage par manque de courant – Desserrage électromagnétique – Peut être livré avec un dispositif de déblocage manuel – Le frein est livré avec un couple de freinage préréglé – Il est possible de modifier le couple de freinage
 **Moteur asynchrone antidéflagrant**	0,37 à 560 0,25 à 630 0,25 à 500 0,37 à 450	71 à 450 71 à 450 71 à 450 90 à 450	2 p/3 000 4 p/1 500 6 p/1 000 8 p/750	67 à 96,9 60 à 97 63 à 96,7 61 à 96,4	0,81 à 0,91 0,77 à 0,89 0,70 à 0,85 0,76 à 0,84	1,3 à 1 789 1,8 à 4 027 2,7 à 4 799 5,3 à 5768	0,8 à 2,8 0,95 à 2,8 0,9 à 2,6 1 à 2,3	– Classe de température T1 à T4 – Classe d'isolation F – Protection du groupe antidéflagrant : EEx de IIc – Peut être associé à un variateur
 **Motoréducteur avec ou sans variateur intégré**								– Le moteur asynchrone triphasé à rotor à cage peut être équipé d'un réducteur mécanique à engrenage et d'un variateur électronique associé.

Aptitudes → / Type ↓	Hauteur d'axe / Gamme de puissance / Plage de couple assigné			Mode de refroidissement	Degré de protection	Observations
	mm	kW	Nm			
MOTEURS SYNCHRONES						
 **Servomoteur standard à aimants permanents**	36 à 100	0,5 à 5,2	0,8 à 16,5	libre convection	IP 64 ou IP 65 en option	– Grande puissance massique et volumique – Isolement des enroulements (classe therm. F) – Grande capacité de surcharge temporaire – Excellent rendement – Degré de protection élevé – Grande rigidité mécanique
 **Servomoteur à aimants permanents**	36 à 132 80 à 132 80 à 100	0,5 à 15,5 6,9 à 34,6 11 à 34	0,8 à 88 17 à 160 34 à 116	libre convection ventilation forcée refroidissement par eau	IP 64 ou IP 65/67 en option	– Grande puissance massique et volumique – Isolement des enroulements (classe therm. F) – Grandes réserves thermiques pour le régime permanent et de surcharge – Grande capacité de surcharge temporaire – Excellent rendement – Grande rigidité mécanique
MOTEURS ASYNCHRONES						
 **Servomoteur triphasé à cage**	100 à 225	3,7 à 215	22 à 1 145	ventilation forcée refroidissement par la surface	IP 55	– Grande puissance massique et volumique – Degré de protection élevé – Grande plage de variation de vitesse – Jusqu'à vitesse nulle sans réduction de couple – Robustesse – Capteur de vitesse intégré – Utilisé pour le levage, industrie graphique
 **Servomoteur triphasé à cage**	180 à 225	24,5 à 300	370 à 1 720	ventilation forcée libre circulation	IP 23	– Puissance massique et volumique très élevée – Jusqu'à vitesse nulle sans réduction de couple – Robustesse – Capteur de vitesse intégré – Utilisé pour le levage – Machines de tréfilage, bobineuses, dérouleuses...
 **Servomoteur triphasé à cage**	100 à 160	7,5 à 65	45 à 333	refroidissement par eau	IP 65	– Grande puissance massique et volumique – Degré de protection élevé – Grande plage de variation de vitesse – Jusqu'à vitesse nulle sans réduction du couple – Robustesse – Capteur de vitesse de rotation intégré – Surveillance de la température du moteur par sonde

14.4.3. Exemples de puissances d'entraînement courantes - types de service(s)

Machines agricoles

Engreneur	0,37 kW
Élévateur	1 kW à 1,5 kW
Presse à paille	2,2 kW pour 500 kg/h 3 kW pour 1 500 kg/h 4 kW pour 5 000 kg/h
Hache-paille	1,1 kW pour 1 000 kg/h
Coupe-racines	0,75 kW pour 2 000 kg/h
Brise tourteaux	0,75 kW pour 300 kg/h
Aplatisseurs	0,75 kW pour 100 kg/h
Concasseurs	1,5 kW pour 1 000 l/h
Fouloirs à raisins Broyeur de pommes	0,75 kW pour 600 kg/h
Pompe à purin	0,75 kW pour 20 hl
Moulin à grains	0,37 kW
Secoueur de paille	0,75 kW pour 30 kg/h
Scie à bûches	0,75 kW
Trayeuse	1,1 kW à 2,2 kW 1,1 kW pour 10 vaches/h

Machines de laiterie

Écrémeuse	(0,75 m³/h) kW
Malaxeur	(0,75 kg/30) kW (kg de beurre pouvant être traité à la fois)
Barrate	(0,75 m³/h) kW

Machines à travailler le bois

Scie à ruban	égale, en kW, à 0,245 fois le diamètre du volant du ruban en dm. Exemple : volant de 450 mm → 1,1 kW
Scie circulaire	égale, en kW, à 0,75 fois le diamètre de la scie en dm.
Raboteuse	égale, en kW, à 0,37 fois la largeur à raboter en dm.
Dégauchisseuse	égale, en kW, à 0,75 fois la largeur à dégauchir en dm.
Toupie	0,75 à 3 kW
Mortaiseuse	1,5 à 2,2 kW
Tenonneuse	1,5 kW
Perceuse	1,5 kW
Machine universelle	égale, en kW, à 0,37 fois la largeur du bois à usiner en dm.
Tour à bois	égale, en kW, à 0,6 fois la hauteur de pointes en dm.

Machines à travailler les métaux

Tour parallèle	égale, en kW, à 0,75 fois la hauteur de pointes en dm.
Tour à décol-leter ; Ø maxi des pièces à usiner	Ø 50 : 1,5 kW Ø 75 : 3 kW Ø 90 : 7,5 kW
Tour vertical	égale, en kW, à 6 fois le diamètre du plateau en m
Fraiseuse	égale, en kW, à 1,5 fois le diamètre du mandrin en cm.
Raboteuse plateau en m :	1,2 × 1,5 : 2,2 kW 1,8 × 0,5 : 4 kW 2,4 × 0,75 : 7,5 kW
Perceuse Ø de perçage :	Ø 28 mm : 0,75 kW Ø 40 mm : 1,1 kW Ø 90 mm : 4 kW
Meuleuse	Ø,75 kW par cm de largeur de meule
Scie alternative capacité en mm :	180-235 : 0,37 kW 250 : 1,1 kW 300 : 2,2 kW
Machine à polir Ø du disque	200 : 0,75 kW 300 : 1,1 kW 400 : 2,2 kW 500 : 3 kW

Machines pour l'industrie textile

Carde à coton	1,1 kW
Drousse	2,2 à 4 kW
Carde fileuse	2,2 à 5,5 kW
Continu à retordre	4 à 15 kW 2,2 à 11 kW
Métier à tisser	0,37 à 4 kW
Métier renvideur (laine ou coton)	5,5 à 18,5 kW

Machines d'imprimerie

Machine rotative	0,75 à 4 kW par rouleau
Linotypes	0,37 kW
Massicots	0,75 à 4 kW
Presses	0,75 à 2,2 kW

Machines à usage domestique

Pompe à vin ou à cidre	0,37 kW
Machine à laver le linge	0,37 à 0,75 kW (1 à 20 kg de linge)
Lave-vaisselle	0,18 kW
Machine à coudre	0,18 kW
Repasseuse	0,18 à 0,25 kW
Réfrigérateur	0,18 à 0,25 kW (120 à 450 l)
Perceuse	0,18 à 0,55 kW

Blanchisserie - Teinturerie

Machine à laver 200 kg de linge sec essoreuse :	2,2 kW Ø 1,5 m : 60 tr/min : 9 kW Ø 1,2 m : 800 tr/min : 5,5 kW Ø 1 m : 1 000 tr/min : 4 kW (Mise en vitesse en 2 min sous un couple de 2 M_n)

Appareils de mouvements horizontaux

$$P = \frac{K\,m\,v}{6\,115\,\eta}$$

P en kW
m : charge en tonnes
v : vitesse en m/min
η : rendement du réducteur
– réducteur à engrenage ≈ 0,8
– réducteur à vis ≈ 0,55
K : coefficient de roulement (Fig. 1)
1 : Galets acier montés sur paliers
2 : Galets acier montés sur roulements
Ø des galets en mm

K : coefficient de roulement

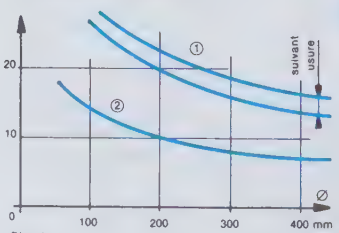


Fig. 1

Boulangerie - Boucherie

Petit pétrin	0,37 kW
Pétrin	égale, en kW, à 0,75 fois le nombre d'hectolitres.
Broyeur	0,55 kW pour 2 kg/min
Cuttes	3 kW pour 35 l
Scie à os	0,37 kW
Broyeur mélangeur	0,37 à 1,5 kW

Accessoires pour restaurants

Moulin à café	0,18 à 0,25 kW
Essoreuse à salade	0,37 kW
Machine à éplucher	0,18 kW pour 40 à 400 kg/h 2,2 kW pour 4 000 pièces
Lave-vaisselle	0,18 kW pour 500 pièces 0,18 kW pour 10 l
Mélangeur batteur	1,5 kW pour 95 l

Appareils de ventilation

$$P = g\frac{qp}{1\,000\,\eta}$$

P en kW g = 9,81 m/s²
q : débit en m³/h
p : pression totale en mm d'eau
η : rendement du ventilateur
– ventilateur à hélice ≈ 0,25
– ventilateur centrifuge ≈ 0,6

Appareils de levage

$$P = mg\frac{v}{\eta}$$

P en kW
m en tonnes (charge)
g : accélérateur = 9,81 m/s²
v : vitesse de levage en m/s
η : rendement du treuil
– réducteur à engrenages ≈ 0,8
– réducteur à vis ≈ 0,55

Appareils de pompage

$$P = g\frac{qh}{1\,000\,\eta}$$

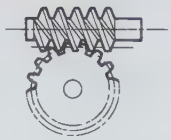
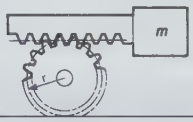
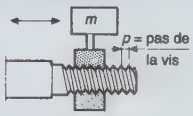
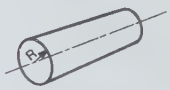
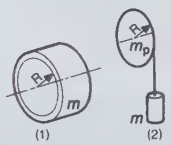
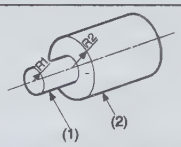
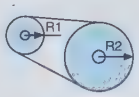
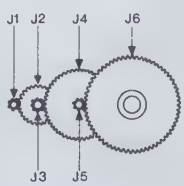
P en kW g = 9,81 m/s²
q en l/s : débit d'eau
h : hauteur manométrique en m
η : rendement de la pompe
– pompe centrifuge ≅ 0,6
– pompe à piston ≅ 0,65
$h = h_a + h_r + p$
h_a : hauteur d'aspiration en m
h_r : hauteur de refoulement en m
p : pertes de charges évaluées en mètres de hauteur d'eau dans les conduites.

Types de services (S)

S1 : service continu
– temps mini : 19 min ou 6 fois/h maxi
S3 : services intermittents périodiques
– repos + fonctionnement < 10 min
S4 : services intermittents à démarrages
– démarrage + fonctionnement nom. + repos < 10 min
S5 : services intermittents à démarrages et freinages
– démarrages + fonctionnement nom. + frein + repos < 10 min.

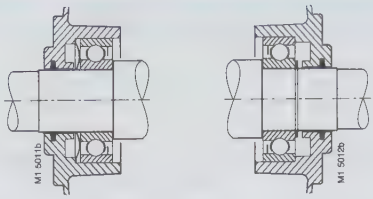
14.4.4. Machine entraînée

Moment d'inertie : J

Systèmes	Formes	Relations	Unités
A ROUE ET VIS SANS FIN		$J = J_v + \frac{1}{k_r^2} J_p$ (ramenée à la vis)	– J_v : inertie en kgm² de la vis considérée comme un cylindre de diamètre primitif. (Voir D.) – J_p : inertie en kgm² de la roue considérée comme un cylindre de diamètre primitif. (Voir D.) – k_r : rapport de réduction.
B CRÉMAILLÈRE		$J = mr^2 + \frac{m_p r^2}{2}$ (ramenée au pignon)	– J : inertie en kgm². – m : masse à translater en kg. – m_p : masse du pignon en kg. – r : rayon primitif du pignon en m.
C VIS-ÉCROU		$J = m\frac{p^2}{4\pi^2} + \frac{m_v r^2}{2}$ (ramenée à la vis)	– J : inertie en kgm². – m : masse à déplacer en kg. – m_v : masse de la vis en kg. – p : pas de la vis en m. – r : rayon de la vis en m.
D CYLINDRE		$J = m\frac{R^2}{2}$	– J : inertie en kgm². – m : masse du cylindre en kg. – R : rayon du cylindre en m.
E JANTES POIDS-POULIE		(1) $J = m\frac{R_i^2 + R_e^2}{2} = m\frac{R^2}{2}$ (2) $J = m R^2 + m_p \frac{R^2}{2}$	– J : inertie en kgm². – m : masse à entraîner en kg. – m_p : masse de la poulie en kg. – R_i : rayon intérieur de la jante en m. – R_e : rayon extérieur de la jante en m. – R : rayon de la poulie en m.
F ARBRES ÉPAULES		$J = m_1 \frac{R_1^2}{2} + m_2 \frac{R_2^2}{2}$	– J : inertie en kgm². – m_1 : masse du cylindre 1 en kg. – m_2 : masse du cylindre 2 en kg. – R_1 : rayon du cylindre 1 en m. – R_2 : rayon du cylindre 2 en m.
G TRANSMISSION PAR COURROIE OU CHAÎNE		$J_t = \frac{m_1 + 2\,m_c + m_2}{2} R_1^2$ $J = J_t + J_c \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$ (ramenées à l'axe 1)	– J : inertie de l'ensemble en kgm². – J_t : inertie de la transmission en kgm². – J_c : inertie de la charge en kgm². – m_1 : masse de la poulie 1 en kg. – m_2 : masse de la poulie 2 en kg. – R_1 : rayon de la poulie 1 en m. – R_2 : rayon de la poulie 2 en m. – m_c : masse de la courroie ou chaîne.
H RÉDUCTEUR		$J = J_r + J_c \left(\frac{1}{k_r}\right)^2$ $J_r = J_1 + (J_2 + J_3)\frac{1}{k_1^2} + (J_4 + J_5)\frac{1}{k_2^2} + \ldots$ $J_{C_1} = J_{C_6}\left(\frac{n_6}{n_1}\right)^2$ (ramenées à l'axe 1)	– J : inertie de l'ensemble en kgm². – J_r : inertie du réducteur en kgm². – k_r : rapport de réduction. – J_c : inertie de la charge en kgm². – J_n : inertie du pignon en kgm². – J_{cn} : inertie de la charge ramenée à l'axe n en kgm². – n_n : fréquence de rotation de l'axe n. – k_n : rapport de réduction du train n.
Le moment de giration MD^2 vaut 4 fois le moment d'inertie J.		$J = \frac{MD^2}{4}$	– MD^2 en kgm². – J en kgm².

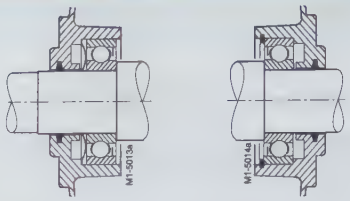
14.4.5. Schémas de paliers pour moteurs

Côté entraînement **Côté opposé à l'entraînement**



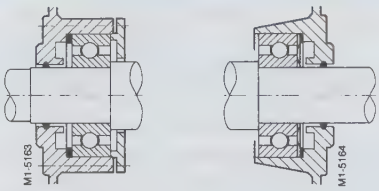
Hauteur d'axe : 56 à 132
Nombre de pôles : 2 à 8
Type de moteur : 1LA5

Côté entraînement **Côté opposé à l'entraînement**



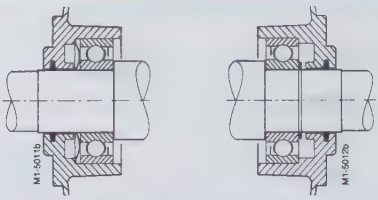
Hauteur d'axe : 160
Nombre de pôles : 2 à 8
Type de moteur : 1LA5

Côté entraînement **Côté opposé à l'entraînement**



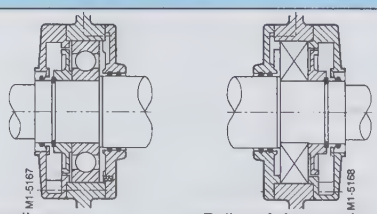
Palier côté entraînement :
Palier fixe pour
1LA5/1LA7
et 1MA5/1MA7

Côté entraînement **Côté opposé à l'entraînement**



Hauteur d'axe : 180 à 250
Nombre de pôles : 2 à 8
Type de moteur : 1LA5

Côté entraînement **Côté opposé à l'entraînement**

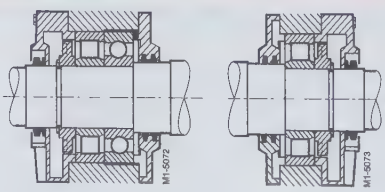


Hauteur d'axe
280 S à 315 M, 2 pôles
280 S à 315 L, 4 à 8 pôles
315 L, horizontal, 2 pôles

Palier côté opposé à l'entraînement :
Hauteur d'axe 280 S à 315 L
Palier côté entraînement :
Hauteur d'axe 315 L, vertical, 2 pôles

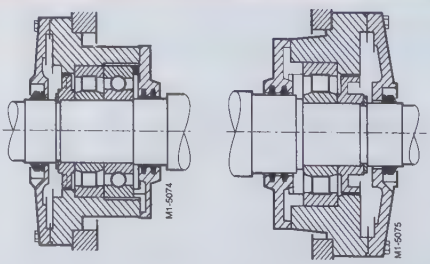
– La durée de vie nominale d'un palier pour un moteur, forme de construction horizontale, utilisé à 50 Hz, sans charge axiale supplémentaire est d'au moins 40 000 heures.
– Avec des charges maximales autorisées, elle est d'au moins 20 000 heures.
– Les paliers jusqu'à 250 m de hauteur d'axe sont lubrifiés à vie.
– À partir de 280 S de hauteur d'axe, un dispositif de graissage avec graisseur M 10 × 1 selon la norme DIN 3404 est prévu de façon standard.

Côté entraînement **Côté opposé à l'entraînement**

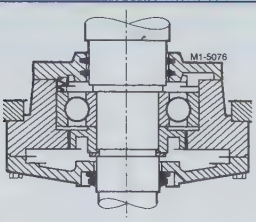
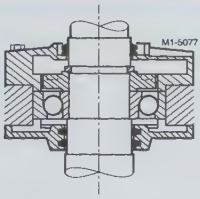
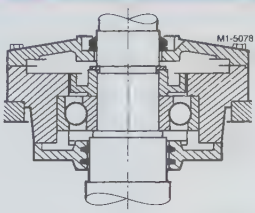


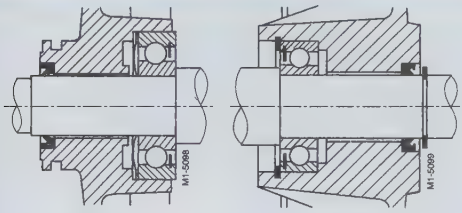
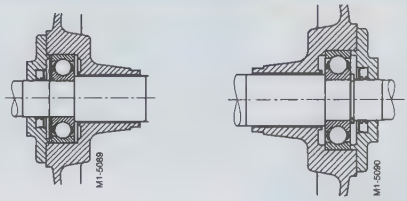
Hauteur d'axe
315 à 400, à 8 pôles, IM B3
450, 4 à 8 pôles, IM B3

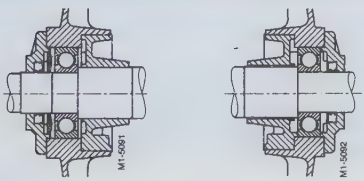
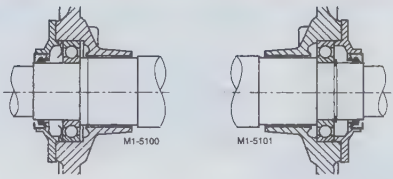
Côté entraînement **Côté opposé à l'entraînement**

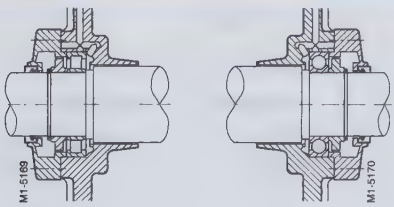
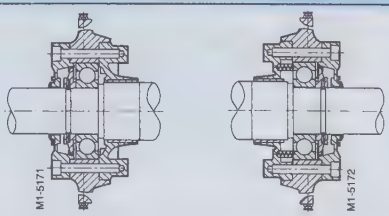


Hauteur d'axe
450, 2 pôles, 50 Hz, IM B3

Côté entraînement	Côté opposé à l'entraînement	Côté opposé à l'entraînement
		
Hauteur d'axe 315, 2 à 8 pôles, IM V 1 355 et 450, 2 à 8 pôles, 50 Hz, IM V 1	Hauteur d'axe 315, 2 à 8 pôles, IM V 1 355 et 400, 2 à 8 pôles, 50 Hz, IM V 1 450, 4 à 8 pôles, 50 Hz, IM V 1	Hauteur d'axe 450, 2 pôles, 50 Hz, IM V 1

Côté entraînement	Côté opposé à l'entraînement	Côté entraînement	Côté opposé à l'entraînement
			
Hauteur d'axe : 71 à 80 Nombre de pôles : 2 à 8 Type de moteur : 1MJ6		Hauteur d'axe : 90-100-112 Nombre de pôles : 2 à 8 Type de moteur : 1MJ6	

Côté entraînement	Côté opposé à l'entraînement	Côté entraînement	Côté opposé à l'entraînement
			
Hauteur d'axe : 132-160 Nombre de pôles : 2 à 8 Type de moteur : 1MJ6		Hauteur d'axe : 180 à 250 Nombre de pôles : 2 à 8 Type de moteur : 1MJ6	

Côté entraînement	Côté opposé à l'entraînement	Côté entraînement	Côté opposé à l'entraînement
			
Hauteur d'axe : 280 S Nombre de pôles : 2 à 8 Type de moteur : 1MJ6	280 M 2 à 8	315 S 2	315 M 4 à 8
		Paliers des deux côtés : à partir de 315 de hauteur d'axe étanchéité palier extérieure pour les hauteurs d'axe 400 et 450, bague labyrinthe.	

14.4.6. Formes de construction courantes NF C 51-117

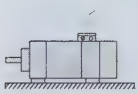
Formes à pattes		Hauteurs d'axe normalisées (H)																	
		56	63	71	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
B 3		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
B 6		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L			
B 7		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L			
B 8		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L			
V 5 sans capot		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M L			
V 6		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M L			
V 5 avec capot		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L			
À bride																			
B 5		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			
V 1 sans capot		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M L	L	L	L
V 1 avec capot																			
V 3		L	L	L	L	L	L	L	L	L	M	M	M	M	M	M			
À bride et à pattes																			
B 35																			
Petite bride																			
B 14		M	M	M	M	M	M	M											
V 19		M	M	M	M	M	M	M											

Réalisations courantes suivant hauteur d'axe

Réalisations sur demande

Petite bride (suite)		Hauteurs d'axe normalisées (H)																
		56	63	71	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
V 18		M	M	M	M	M	M	M											
V 18 avec capot			M	M	M	M	M	M											
B 34		M	M	M	M	M	M	M											
Grande bride																			
B 14		M	M	M	M	M	M	M											
V 19		M	M	M	M	M	M	M											
V 18		M	M	M	M	M	M	M											
V 18 avec capot			M	M	M	M	M	M											
B 34		M	M	M	M	M	M	M											

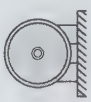
Formes de construction courantes : servomoteurs



IM B 3



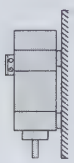
IM B 6



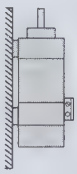
IM B 7



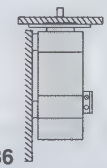
IM B 8



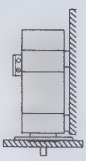
IM V 5



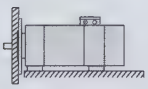
IM V 6



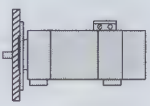
IM V 36



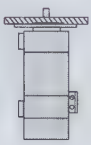
IM V 15



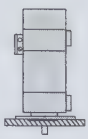
IM B 35



IM B 5

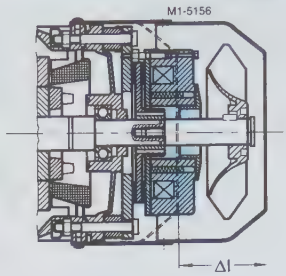


IM V 3

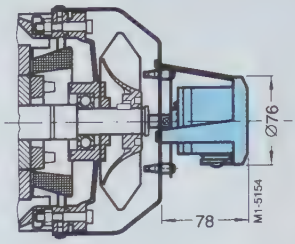


IM V 1

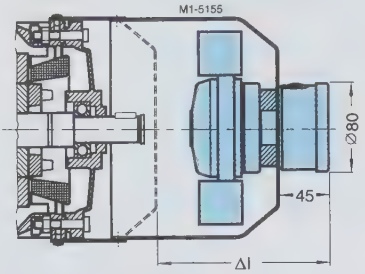
14.4.7. Concept modulaire (moteurs à cage)



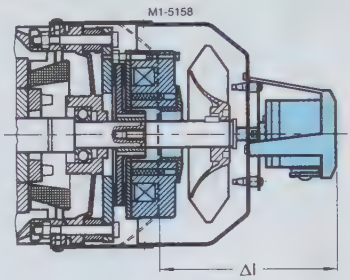
Frein



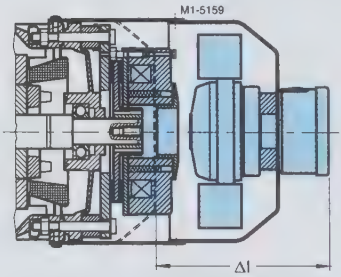
Générateur d'impulsions



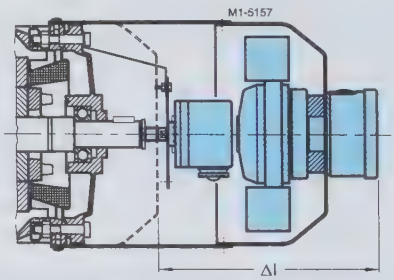
Ventilateur extérieur



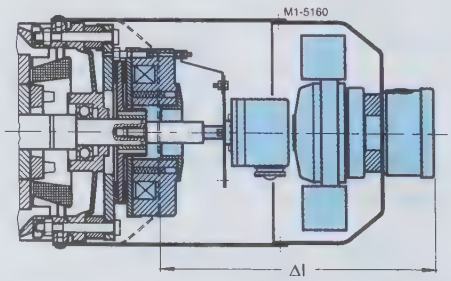
Frein et générateur d'impulsions



Frein et ventilateur extérieur



Générateur d'impulsions et ventilateur extérieur



Frein, générateur d'impulsions et ventilateur extérieur

15. Étanchéité



Banque de **DONNÉES** | Guide de **CHOIX** | Données dans **CD Rom**

15.1. Choix d'une étanchéité – principaux dispositifs ... 504

15.2. Choix de l'élastomère d'un joint ... 506

15.3. Joints toriques ... 507

15.4. Joints quadrilobes ... 508

15.5. Joints à lèvres radiaux pour arbre tournant ... 509

15.6. Joints à lèvres pour arbre coulissant ... 510

Type symétrique ... 510
Type simple lèvre ... 510

15.7. Joints V-ring ... 511

15.8. Anneaux d'étanchéité NILOS ... 515

15.9. Graisseurs ... 520

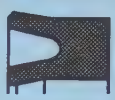
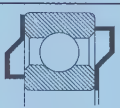
15.10. Bouchons – Voyants ... 521

15.10.1. Bouchons NF E 27-432 ... 521
15.10.2. Voyants ... 521

15.11. Dispositifs de graissage ... 522

15.11.1. Dégagement minimum autour des graisseurs ... 522
15.11.2. Éléments de graissage ... 522

15.1. Choix d'une étanchéité. Principaux dispositifs*

Aptitudes → / Type de joint ↓	Type d'utilisation			Limites d'utilisation			Matière du joint	Portée du joint Rugosité Ra (µm)
	Dynamique		Statique	Pression (MPa) (4)	Température	Vitesse (m/s)		
	Translation	Rotation						
 Torique	X	joint spécial	X	10 35 (1)	– 60 à + 260	0,2	Nitrile à fluorocarbone	0,2 à 1
 Quatre lobes	X	joint spécial	X	10 40 (1)	– 60 à + 260	0,5	Nitrile à fluorocarbone	0,2 à 0,6
 Bague + torique	X			80	– 60 à + 200	15	Bague PTFE torique élastomère	0,05 à 0,6
 À lèvre U	X			15	– 30 à + 100	0,5	Élastomère + textile	0,2 à 0,3
 À lèvre L	X			3	– 30 à + 100	0,3	Élastomère	0,2 à 0,3
 Manchette + ressort	X	(2)		35	– 150 à + 225	15	Manchette PTFE + ressort acier	0,05 à 0,4
 Racleur	X			0,1 (3)	– 30 à + 100	1	Nitrile dur	< 0,5
 Anneaux		X			+ 400 limitée par la température de la graisse	très élevées	Acier à ressort	sans contact
 À lèvre, radial		X		0,05 à 1	– 80 à + 200	20	Nitrile à fluorocarbone	0,1 à 0,3
 V-ring		X		0,05 maxi	– 40 à + 100 – 20 à + 180	12	Nitrile à fluorocarbone	1,5 à 3

* Les joints destinés uniquement aux applications statiques (métalliques, métalloplastiques...) ne sont pas présentés dans ce guide de choix.

Choix d'une étanchéité. Principaux dispositifs (suite)

Remarques	Utilisation
– Le montage est simple (gorge, mise en place) – L'encombrement est faible – Il est économique – Une large gamme de matière lui permet de répondre à l'étanchéité de nombreux fluides	– Les applications sont nombreuses en statique et en dynamique (1) À partir de 5 MPa, il est conseillé de le monter avec des bagues anti-extrusion en PTFE
Par rapport aux joints toriques : – Résistance identique – Moins de frottement – Meilleure tenue en translation – Durée de vie supérieure	Comme le joint torique, il est utilisé pour les étanchéités dynamiques et statiques : – étanchéité dynamique en mouvement alternatif de tiges, pistons... – étanchéité statique pour applications radiales et axiales
– Excellentes propriétés de glissement, faible frottement – Absence de broutage, pas d'effet de collage – Longue durée de vie – Bonne résistance à l'usure – Forme des gorges simple	– Étanchéité de pistons et de tiges en mouvements linéaires alternatifs – Vérins supportant de fortes pressions – Non recommandé pour les applications à mouvement hélicoïdal ou de rotation
– Bonne étanchéité sous pression moyenne – Autoétanche dans un sens – Nécessite l'utilisation de 2 joints dans le cas de pression alternée	Utilisé en général pour des vérins courants de moyenne pression pour huile et autres fluides gras
– Joint unidirectionnel de pression – Bonne étanchéité sous pression moyenne dans un seul sens	Utilisé en général pour des vérins à gaz (air en particulier) à moyenne pression
– Très faible coefficient de frottement statique et dynamique, bon frottement à sec – Pas d'effet de broutage – Grande résistance à l'usure – Très résistant aux chocs thermiques	– Utilisé pour étanchéité de pistons et de tiges – Utilisé en dosage et translation de fluide (2) Peut être utilisé en rotation jusqu'à 3 m/s dans des conditions particulières Il doit être monté dans des gorges ouvertes
(3) Ce n'est pas un joint de pression mais un élément racleur d'impuretés	Utilisé pour protéger un autre joint d'étanchéité contre les poussières et particules abrasives, généralement sur des tiges de vérins en hydraulique ou en pneumatique
– Conception simple, encombrement réduit – Les anneaux forment un couvercle qui retient la graisse et protègent le palier contre les pénétrations d'impuretés – Bonne tenue aux hautes températures – Frottements très faibles	– Utilisés comme étanchéité de paliers lubrifiés à la graisse – Peuvent également être montés en combinaison de modèles différents, formant ainsi une chicane ou un labyrinthe (renforcement de l'étanchéité)
– Ne supporte que de faibles différences de pression – La dureté de l'arbre doit être : - 45 HRC si $V < 5$ m/s - 60 HRC si $V \geq 25$ m/s	Ce joint est destiné à assurer l'étanchéité radiale des arbres tournants – Très utilisé sur les montages de roulements – Supporte une excentration maximale de 0,3 mm
– Ne supporte que de très faibles différences de pression – Dispositif simple et efficace, le matériau est élastique – Aucune usure de l'arbre – Tolère bien des défauts de coaxialité	– Ce joint assure une étanchéité dynamique axialement (sur une surface perpendiculaire à l'arbre) – Très utilisé sur les montages de roulements, idéal pour les roulements à rotule – Peut également renforcer une étanchéité

(4) 1 MPa = 10 bars

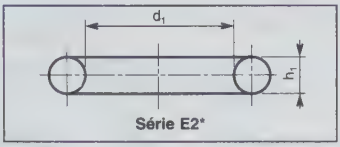
15.2. Choix de l'élastomère d'un joint

Aptitudes → / Type d'élastomère ↓	à résister à l'abrasion ↓	à la tenue à l'air ↓	à la tenue aux intempéries ↓	au froid ↓	aux huiles minérales et produits pétroliers ↓	à l'eau, aux bases et acides dilués ↓	aux acides forts ↓	à l'imperméabilité aux gaz ↓	à la température (°C)
Caoutchouc nitrile (copolymères de butadiène et de nitrile acrylique) NBR	++	+	–	+	++	+	–	++	– 40 à + 125
Caoutchouc de chloroprène (polychloroprènes) CR	++	++	++	++	++	+	+	+	– 40 à + 110
Polyéthylènes chlorosulfonés CSM	++	++	++	+	+	++	++	+	
Caoutchoucs polyacryliques ACM	+	++	++	–	++	0	0	+	– 20 à + 175
Caoutchoucs de polyuréthanne AU EU	++	++	++	++	++	0	–	++	– 30 à + 90
Caoutchoucs homopolymères d'épichlorhydine CO ECO	+	++	++	++	++	+	–	+	
Caoutchoucs d'éthylène acrylique EACM	+	++	++	++	++	–	–	+	
Caoutchoucs de silicone MVQ MPVQ	+	++	++	++	–	++	–	0	– 70 à + 250
Caoutchoucs nitrile hydrogénés HSN	++	++	++	++	++	++	–	+	
Caoutchoucs fluorocarbonés (Viton) FPM	+	++	++	+	++	++	++	++	– 25 à + 275
Caoutchoucs de fluorosilicone MFQ	–	++	++	++	++	++	–	0	– 65 à + 200
Caoutchoucs de butadiène-styrène (copolymères) SBR	++	+	–	++	0	++	+	+	– 50 à + 120
Caoutchoucs d'isoprène IR	++	–	–	++	0	++	+	+	
Caoutchoucs d'éthylène-propylènes EPM EPDM	++	++	++	++	0	++	++	–	– 55 à + 175
Caoutchoucs butyl HR	+	++	++	++	0	++	++	++	– 40 à + 170

Légende : ++ bonne ; + assez bonne ; – médiocre ; 0 nulle.

15.3. Joints toriques. Modèle E2

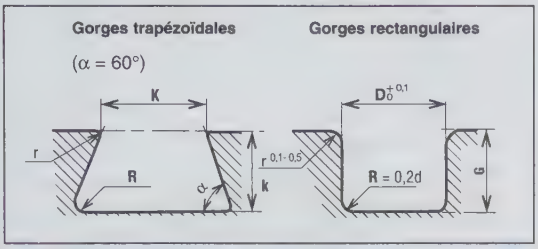




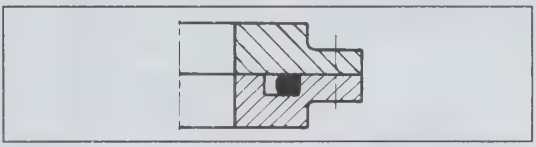
Série E2*

Matière : Nitrile (NBR)
Utilisation : assure l'étanchéité de pièces mécaniques statiques face à des milieux liquides et gazeux.

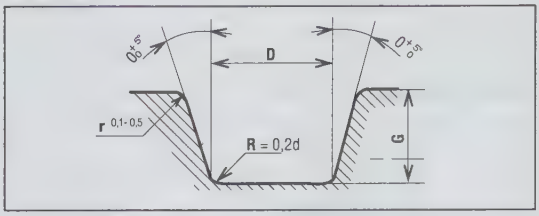
Utilisation statique



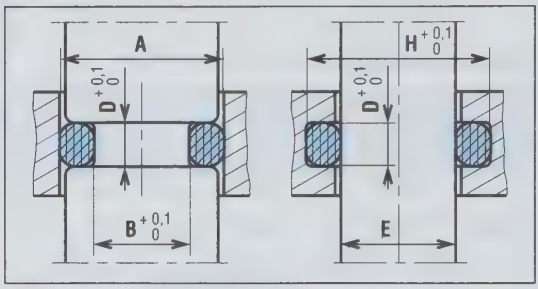
Ød (mm)	K ± 0,05 (mm)	k 0 – 0,05 (mm)	R (mm)	r (mm)
1,90	1,75	1,4	0,2	0,1
2,70	2,45	1,9	0,3	0,15
3,60	3,3	2,6	0,3	0,15
5,33	4,9	4	0,5	0,25
6,99	6,4	5,2	0,7	0,3
8,00	7,3	6	0,8	0,4



Utilisation dynamique



B = A – 2 G G = Ød – Xd X = 12 à 18 %
H = E + 2 G D = Ød – xd x = 27 à 35 %



États de surface

– radial (tige, cylindre)	0,2 < Ra < 1 µm
– axial (plan en statique)	0,2 < Ra < 1 µm

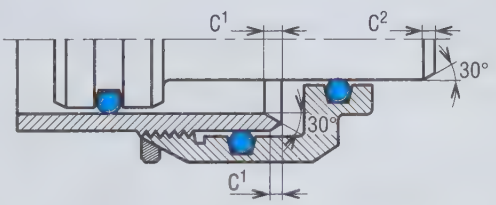
Parois de la gorge

– en statique	1,5 < Ra < 4 µm
– en dynamique	1,5 < Ra < 2,5 µm

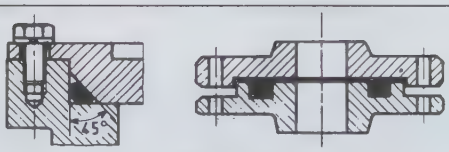
Ajustements moyeu/arbre

p < 8 MPa	H7 f7
p ≥ 8 MPa	H7 g6

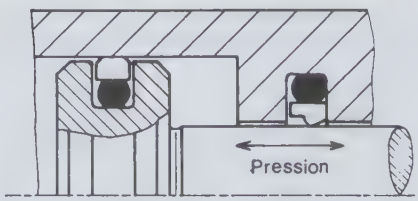
Exemple de montages



Ød du joint jusqu'à 3,6	C1 (cylindre) 1,5	C2 (piston) 2,5
de 3,6 à 5,33 inclus	2,5	4
au-delà de 5,33	3	4



Joints toriques



Joints « bague + torique »

Étanchéité extérieure double effet

Étanchéité extérieure double effet

Joints : bague PTFE + joint torique

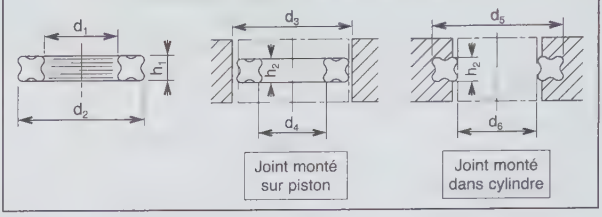
* Références constructeur.

15.4. Joints quadrilobes. Modèle E6-10.



Série E6-10*

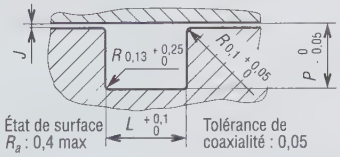
Montage pour mouvement alternatif



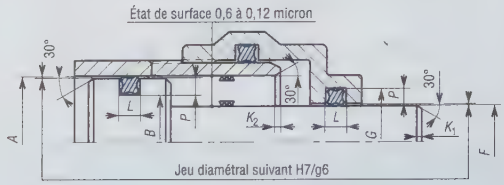
Matière : mélange à base de caoutchouc nitrile standard.
– Résiste aux huiles, à l'air comprimé, à l'eau (80°).

Utilisation : pas de sens de montage. Applications dynamiques et statiques.

Positionnement du joint



Gorge



Montages

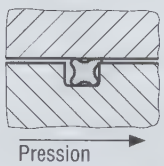
Calcul du diamètre de fond de gorge

Joint (e)	Compression radiale				Excentration maxi	Tolérances			
	Dynamique		Statique			B	G	L	e
	maxi	mini	maxi	mini					
1,78	0,360	0,175	0,460	0,275	0,05	+ 0,1 0	0 – 0,1	$2^{+0,2}$	± 0,08
2,62	0,400	0,215	0,450	0,265	0,05	+ 0,1 0	0 – 0,1	$3^{+0,2}$	± 0,08
3,53	0,430	0,205	0,530	0,305	0,076	+ 0,12 0	0 – 0,12	$4^{+0,2}$	± 0,10
5,33	0,560	0,250	0,710	0,400	0,10	+ 0,15 0	0 – 0,15	$6^{+0,2}$	± 0,13

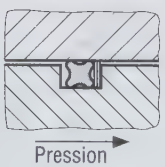
États de surface

Rugosité Ra (µm)
Radial (tige cylindrique) 0,12 < Ra < 0,6 Gorges – statique : 1 > Ra < 4 – dynamique : 1 < Ra < 2,5

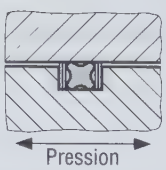
Exemples de montage



Joint monté sans bague anti-extrusion

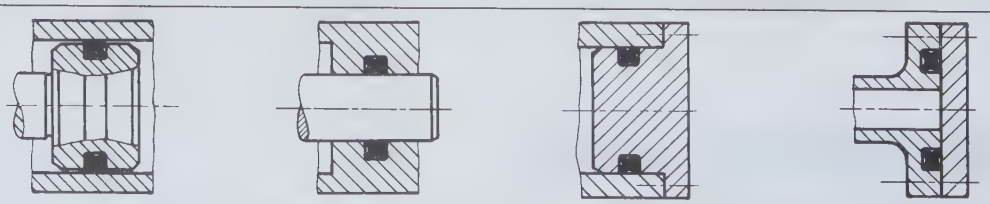


Joint monté avec bague anti-extrusion



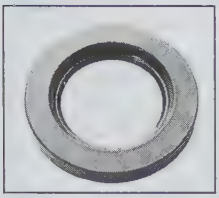
Joint monté avec deux bagues anti-extrusion

Nota : Pour une meilleure tenue du joint à la pression, on peut monter une bague de maintien dans le sens opposé à la pression, notamment pour l'étanchéité de pièces montées avec jeu.



Étanchéité dynamique — **Étanchéité statique**

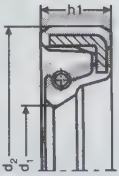
* Références constructeur.



Matière :
– Nitrile (NBR)
– Élastomère fluoré (FPM)

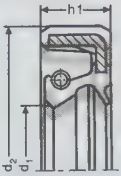
Utilisation : assure l'étanchéité des arbres tournants, notamment dans la construction de machines et dans l'industrie automobile.

Série E1*



BA
BAUM*

Bague d'étanchéité à effet radial avec revêtement extérieur en élastomère (fluoré FPM pour le type BAUM) et lèvre d'étanchéité usinée sur la face avant équipée d'un ressort.



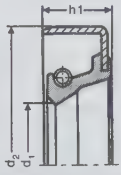
BASL
BAUMSL*

Bague d'étanchéité à effet radial avec revêtement extérieur en élastomère (fluoré FPM pour le type BAUMSL), lèvre d'étanchéité usinée sur la face avant équipée d'un ressort et d'une lèvre de protection supplémentaire.



B1

Bague d'étanchéité à effet radial avec boîtier métallique, surface extérieure rectifiée et lèvre d'étanchéité usinée sur la face avant équipée d'un ressort.



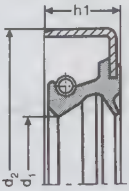
B1SL

Bague d'étanchéité à effet radial avec boîtier métallique, surface extérieure rectifiée, lèvre d'étanchéité usinée sur la face avant équipée d'un ressort et d'une lèvre de protection supplémentaire.



B2

Bague d'étanchéité à effet radial avec armature métallique en deux parties, surface extérieure rectifiée et lèvre d'étanchéité usinée sur la face avant équipée d'un ressort.

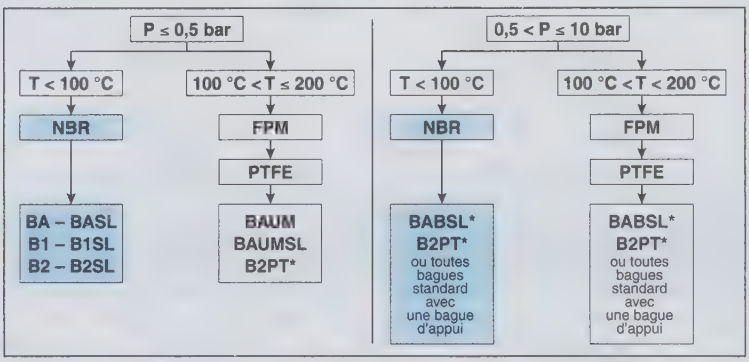


B2SL

Bague d'étanchéité à effet radial avec armature métallique en deux parties, surface extérieure rectifiée, lèvre d'étanchéité usinée sur la face avant équipée d'un ressort et d'une lèvre de protection supplémentaire.

Choix des joints à lèvre radiaux

SUR DEMANDE : *
1. Enveloppe extérieure : armature métallique en acier inoxydable. Lèvre d'étanchéité en PTFE.
2. Revêtement extérieur : élastomère. Lèvre d'étanchéité courte et flexible, équipée d'un ressort. Lèvre de protection supplémentaire.
3. Circularité.
4. Existe aussi en FPM (sur demande*).
5. En présence d'huiles synthétiques (glycols de polyalkylène/ polyalphaoléfines), on doit veiller à ce que la température maximale ne dépasse pas 80 °C.

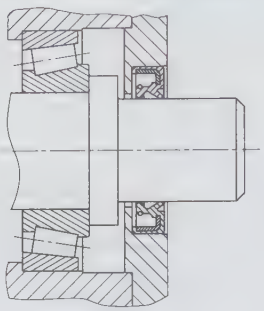


Caractéristiques

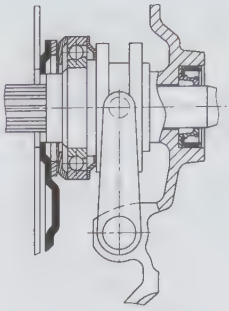
Caractéristiques	NBR			FPM	PTFE*
	BA	BABSL*	B1/B2	BA	B2PT*
Vitesse linéaire	≤ 12 m/s	≤ 12 m/s	≤ 12 m/s	≤ 40 m/s	≤ 30 m/s
Température mini	– 40 °C	– 40 °C	– 40 °C	– 25 °C	– 130 °C
Température maxi	+ 100 °C	+ 100 °C	+ 100 °C	+ 160 °C	+ 200 °C
Pression	< 0,02 MPa (0,2 bar)	Jusqu'à 1 MPa (10 bars)	< 0,02 MPa (0,2 bar)	< 0,05 MPa (0,5 bar)	Jusqu'à 1 MPa (10 bars)
Arbre Dureté	45 à 60 HRC	45 à 60 HRC	45 à 60 HRC	45 à 60 HRC	45 à 60 HRC
État de surface Rmax	< 6,3 µm	< 6,3 µm	< 6,3 µm	< 6,3 µm	< 6,3 µm
Tolérance	h11 (IT8) (3)	h11 (IT8) (3)	h11 (IT8) (3)	h11 (IT8) (3)	h11 (IT8) (3)
Battement	0,05 mm (D < 20)	0,05 mm (D < 20)	0,25 mm (D < 80)	0,3 mm (D < 200)	0,35 mm (D < 300)
Logement État de surface Rmax	10 à 25 µm	10 à 25 µm	6,3 à 16 µm	10 à 25 µm	6,3 à 16 µm
Fluide à étancher	Huiles minérales, graisses, huiles synthétiques			Huiles minérales et synthétiques, hydrocarbures aromatiques et chlorés, carburants, fuels	Huiles minérales et synthétiques, graisses, eaux acides, lessives, solvants, gaz

* Références constructeur.

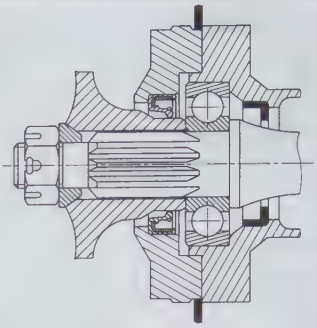
Exemples de montage des joints à lèvres radiaux pour arbre tournant. Modèle E



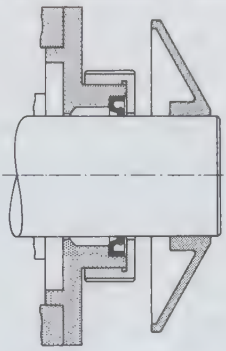
Joint BASL sur axe de rouleaux porteurs



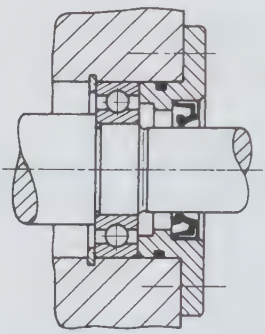
Joint BA en sortie d'embrayage



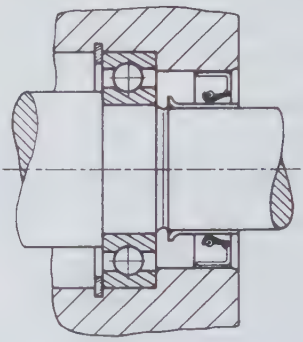
Joint BA de moyeu de roues arrière



Joints à lèvres BA



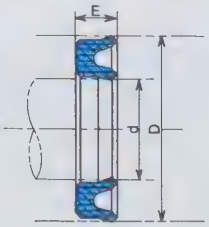
Joints à lèvres BA



Joints à lèvre B1

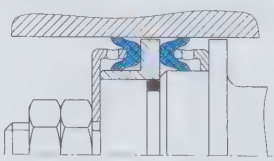
15.6. Joints à lèvres pour arbre coulissant

Type symétrique



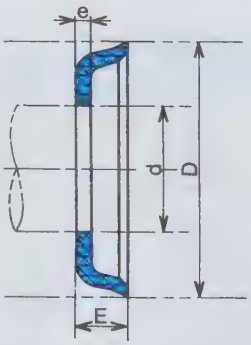
Largeur de gorge E + 1 mm

D'après Paulstra.

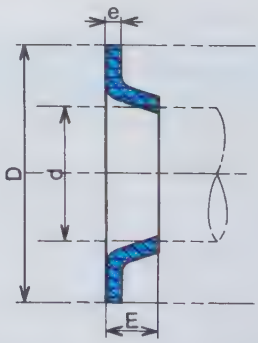


Piston de vérin

Type simple lèvre



Coulissant extérieur



Coulissant intérieur

15.7. Joints V-ring

Fabrication

Les joints V-ring sont fabriqués par moulage ou par moulage et usinage. Cette dernière technique garantit un haut niveau qualitatif. Elle permet d'obtenir une très bonne précision de fabrication sur les parties fonctionnelles : épaisseur de la charnière et arête franche de la lèvre d'étanchéité.

Qualités standard

Caractéristiques	Nitrile 510	Viton 900
Température d'utilisation	– 35 °C/+ 90 °C	– 23 °C/+ 150 °C
Dureté shore	60 ± 5	70 ± 5
Déformation rémanente	< 25 %	< 25 %
Limite à la rupture	13 MPa	12,5 MPa
Allongement à la rupture	300 %	280 %
Variation de volume		
72 h/100 °C/ASTM 1	– 5/– 10 %	± 4/+ 8 %
72 h/100 °C/ASTM 3	0/+ 1 %	0/+ 2 %

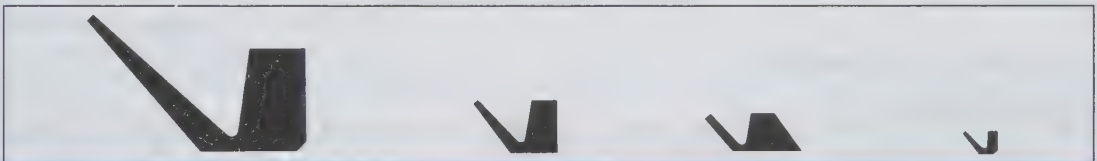
Nota :

– Le mélange **Nitrile 510** est le plus courant, il est compatible avec la plupart des huiles, graisses, produits inorganiques, acides et bases.
– D'autres mélanges sont en développement afin d'améliorer les qualités mécaniques ou de répondre à un milieu bien particulier.

Autres matières proposées

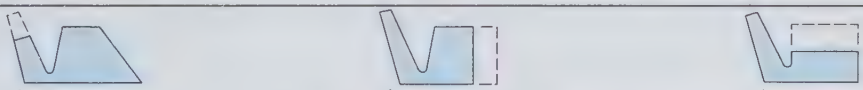
Nitrile 555 - Haute dureté
Nitrile 562 - Basse friction
Nitrile 550 - Basses températures (– 60°)
Nitrile 556 - Pour applications alimentaires
Chloroprène 415 - Pour milieux fortement ozonés
Viton 909 - Pour applications alimentaires

Formes standard



V-ring E	V-ring A	V-ring S	V-ring L
Diamètre nominal de 294 à 1 844 mm	de 2,5 à 1 810 mm	de 4 à 180 mm	de 99 à 1 810 mm

Autres formes possibles



Protection par le V-ring

Le **V-ring** protège efficacement contre les projections d'eau ou d'huile et contre toute pollution extérieure, poussière, sable, etc. Sa simplicité et sa conception en ont fait un modèle d'étanchéité pour tous les cas de protection d'un palier à roulement.
Il est toujours préférable de dégager le plus possible la surface d'appui afin d'éviter toute accumulation de particules et de profiter de l'effet de déflection.

Surfaces d'appui préconisées

– L'acier constitue pratiquement la surface d'appui universelle.
– D'autres matériaux peuvent être retenus : fontes et alliages, aluminium, etc. Dans certains cas, vitesse élevée par exemple, ces matériaux peuvent présenter certains inconvénients :
- risque d'abrasion,
- mauvaise évacuation calorifique.

– Nécessité d'un état de surface approprié.

État de surface

Ra µm	Fluides projections d'eau - d'huile	Poussières
Vitesses > 10 m/s	0,4 à 0,8	0,8 à 1,6
Vitesses < 10 m/s	0,8 à 1,6	1,6 à 2,0

Étanchéité

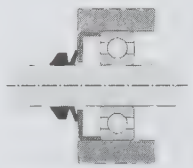
– Le **V-ring** est également bien adapté à l'étanchéité de paliers graissés. Le montage du joint est alors l'inverse du cas précédent : le joint **V-ring** est à l'intérieur du palier, sa lèvre orientée vers l'extérieur.
– Le **V-ring** est très efficace dans tous les cas de paliers graissés, il peut également être retenu dans le cas de projection d'huile. Seuls les cas d'immersion dans l'huile sont à éviter.

Surfaces d'appui préconisées

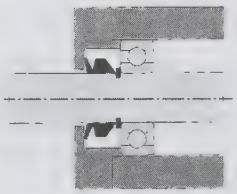
– Afin de maintenir toutes les qualités d'un lubrifiant, il est fréquent d'effectuer un graissage d'appoint. Le joint **V-ring** peut avoir dans ce cas un rôle de **soupape à graisse**.
– Un montage figure 1 permet par exemple :
- côté gauche : de faire étanchéité,
- côté droit : de protéger contre toute pénétration et de servir de soupape à graisse (nécessité du maintien axial du joint).

État de surface

Ra µm	Projections d'huile	Graisse
Vitesses > 10 m/s	0,4 à 0,8	0,8
Vitesses < 10 m/s	0,8 à 1,6	1,6 à 2,0



Pour empêcher toute agression ou pénétration, le V-ring est monté à l'extérieur du palier. Le contact de la lèvre sur sa surface d'appui isole efficacement et repousse ou éloigne par son effet de déflection.



Pour assurer le maintien du lubrifiant dans le palier, le V-ring est monté à l'intérieur du palier assurant alors une parfaite étanchéité.

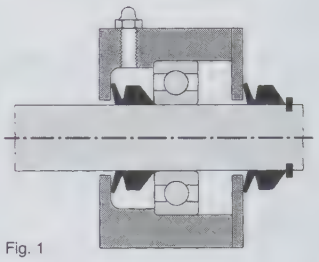


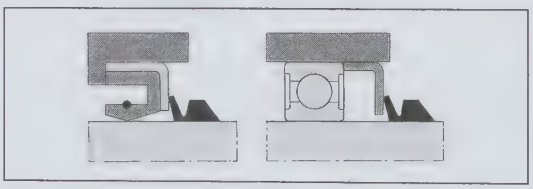
Fig. 1

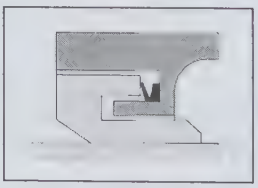
Étanchéités complémentaires

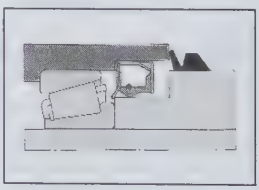
Roulements protégés
Dans de nombreux cas, les étanchéités classiques RS ou Z intégrées sur les roulements se révèlent insuffisantes. Le **V-ring** constitue alors l'étanchéité complémentaire parfaite.

Joints à lèvres
Ces étanchéités sont très sensibles à toute agression, les poussières et particules ont souvent tendance à se concentrer près de la lèvre, ceci amenant une rupture du film d'huile et un marquage de l'arbre.
Dans des conditions sévères, il est souvent fait appel à une seconde étanchéité. Le joint **V-ring** est le complément idéal d'un joint à lèvre.

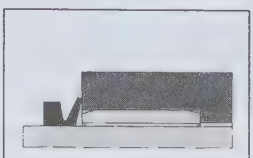
Chicanes et passages étroits
Le **V-ring**, en raison de son très faible couple de friction et de son aptitude aux vitesses élevées, s'est révélé particulièrement performant pour renforcer l'étanchéité de ces dispositifs. Il peut également permettre de simplifier le chicanage, d'où une économie non négligeable au niveau de l'usinage.



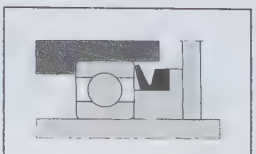




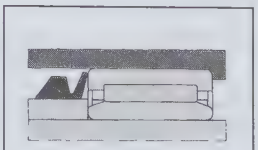
Adaptation au joint V-ring



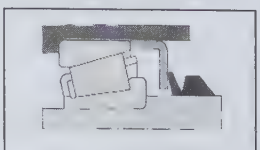
V-ring protégeant un coussinet



V-ring supporté frottant directement sur la bague extérieure d'un roulement



V-ring en protection d'un roulement à aiguilles



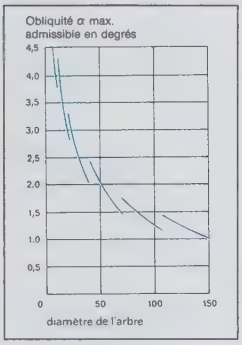
V-ring frottant sur une coupelle métallique zinguée en protection d'un roulement à rouleaux coniques

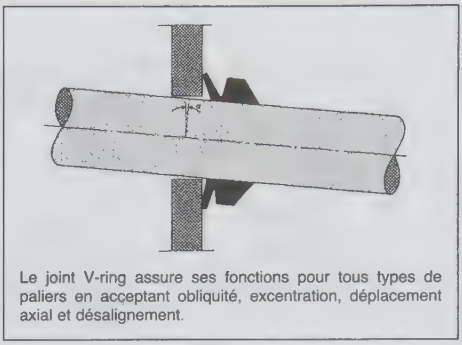
Obliquité

– Le **V-ring** admet une obliquité par rapport à la face d'appui de la lèvre.
– Il est préférable que le joint ait un épaulement axial pour profiter pleinement de cette propriété.
– Dans le cas où le **V-ring** est maintenu sur son support par sa seule élasticité, la valeur α maximale ci-contre doit être réduite à :

$$\alpha = \alpha \text{ max} - 0{,}0005\ n$$

(n = vitesse de rotation en tr/min).



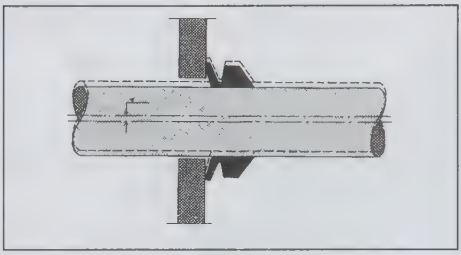


Le joint V-ring assure ses fonctions pour tous types de paliers en acceptant obliquité, excentration, déplacement axial et désalignement.

Faux rond de rotation

– Ce phénomène fatal à certaines étanchéités est toléré facilement par le **V-ring**.
– Les valeurs maximales de l'excentricité admissibles sont indiquées dans le tableau ci-contre.

V-ring	Excentricité e mm
V-5 à V-8	0,4
V-10 à V-18	0,6
V-20 à V-35	0,9
V-40 à V-65	1,1
V-70 à V-100	1,4
V-110 à V-150	1,6
V-160 à V-180	1,9
V-200 à V-600	3,6



Vitesse de rotation

– Effet sur le joint V-ring (Nitrile 510)

Remarques
(Valeurs correspondant au Nitrile 510)

– Vitesse < à 8 m/s :
Aucune précaution particulière n'est à prendre pour le montage. Le joint **V-ring** tient sur son support par son élasticité. Le contact lèvre sur surface d'appui est assuré.

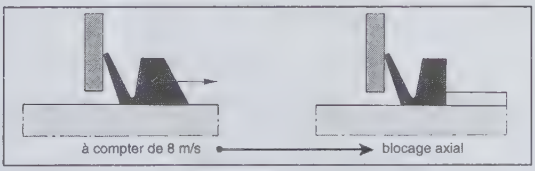
	Nitrile 510	Viton 900
Glissement axial à partir de →	8 m/s	6 m/s
Décollement radial à partir de →	12 m/s	10 m/s
Déflection de la lèvre à partir de →	18 m/s	15 m/s

– Vitesse de 8 m/s à 12 m/s :
Le joint **V-ring** glisse axialement. Un blocage axial est nécessaire et peut être réalisé facilement : épaulement, segment d'arrêt ou utilisation d'un élément du montage comme butée (exemple : bague de roulement).

– Vitesse de 12 m/s à 18 m/s :
Au phénomène de glissement axial s'ajoute le décollement radial. Un blocage radial devient donc nécessaire. Celui-ci peut être assuré par la réalisation d'un logement ou par une frette venant coiffer le joint.

– Vitesse > à 18 m/s :
Le décollement de la lèvre s'ajoute aux phénomènes précédents. L'effet déflecteur de la lèvre peut assurer l'étanchéité. Dans ce cas, le joint **V-ring** doit être placé sur la partie non tournante, on peut ainsi atteindre 60 m/s.

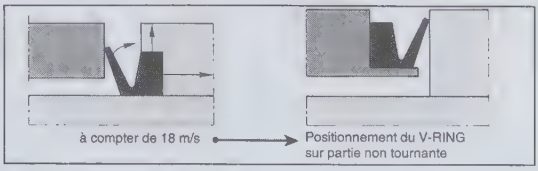
– Conséquence de la vitesse **– Précautions correspondantes**



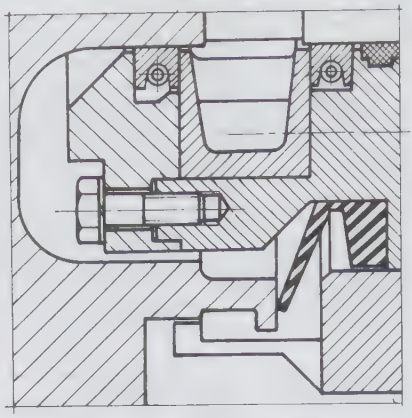
– Conséquence de la vitesse **– Précautions correspondantes**



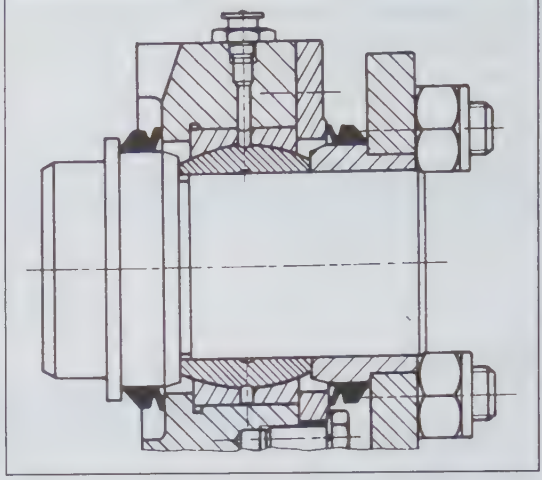
***Nota :* Les limites en vitesse mentionnées sont valables pour un mélange Nitrile 510.**

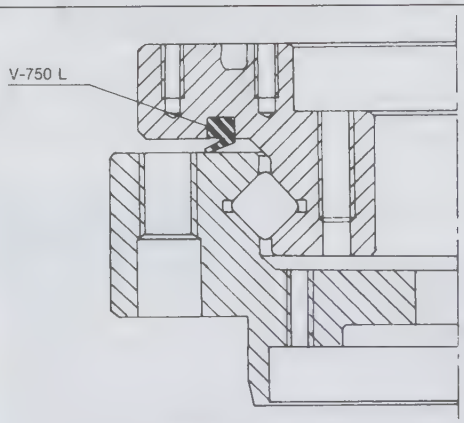


Exemples de montage

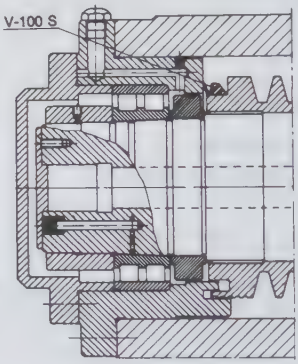


Cylindre d'appui (joint V-900E)

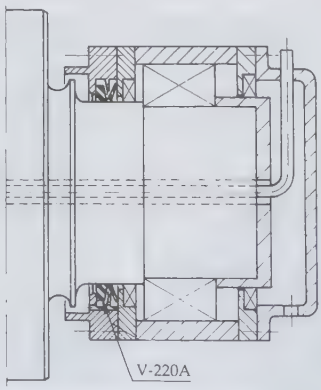




Couronne d'orientation
Un joint V-RING type L retenu en protection d'un roulement de tourelle.



Rectifieuse
Le V-RING remplace ici un dispositif à labyrinthe simplifiant de ce fait la construction. La cote de montage peut être déterminée de façon à obtenir la friction minimale.



Palier de coulée continue
Prévu pour des mouvements axiaux relatifs.
Évacuation du liquide de refroidissement en partie basse

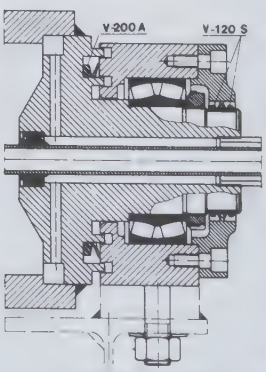


Table à rouleaux
Le V-RING renforce le labyrinthe côté gauche et fait office de soupape à graisse évitant ainsi toute surpression.
Les V-RING côté droit ont remplacé un chicanage complet.

15.8. Anneaux d'étanchéité NILOS

Conception des anneaux NILOS

– Précision

L'étanchéité est assurée par frottement de la lèvre sur la face latérale de l'une des deux bagues du roulement.
Son coefficient d'étanchéité augmente à l'usage, contrairement à d'autres anneaux de protection.

– Simplicité

L'anneau a un encombrement extrêmement faible, il s'utilise sans usinage particulier et s'intègre parfaitement aux différents composants.

– Étanchéité axiale

L'**anneau NILOS** travaille dans le sens axial : il n'y a pas d'usure ou de détérioration d'une des pièces essentielles de l'ensemble, soit arbre, soit alésage.

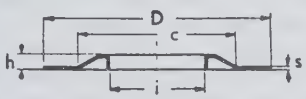
– Vitesse de rotation

- Les versions standard **AV** et **JV** peuvent être utilisées jusqu'à 5 m/s.
- Les types **AKS** et **JKS** peuvent être utilisés jusqu'à 10 m/s.
- L'anneau **LSTO** admet des vitesses maximales de l'ordre de 20 m/s.

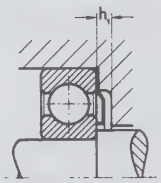
– Encombrement

De par leur faible épaisseur, les **anneaux NILOS** sont d'un faible encombrement ; il suffit de prévoir un encombrement total h_1 comme ci-dessous.

Hauteur de construction « h »

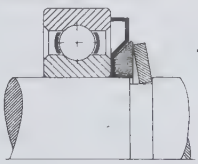


Encombrement total « h_1 »
$h_1 = h + 1$ mm
Cet encombrement doit être garanti pour ne pas gêner l'anneau quel que soit le type de roulement (à billes, sphérique, conique, etc.)



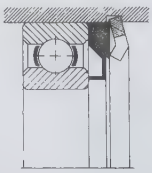
– Blocage

En général, les épaulements ou les divers éléments usuels de fixation mécanique suffisent à bloquer l'anneau.
Dans le cas d'un blocage par segment d'arrêt, le montage optimal sera assuré par l'utilisation d'une entretoise **NILOS type A ou J** tenue par un segment d'arrêt à rattrapage de jeu. Cette solution permet d'éviter les jeux axiaux résiduels et confère à l'ensemble une excellente élasticité.



Type A

Type J



– Concentricité

La position de l'anneau doit être parfaitement concentrique, indispensable à la formation correcte d'une rainure.

– Température de fonctionnement

Peut être utilisé jusqu'à 400 °C. La limite sera, en fait, fixée par le type de graisse ou le type du roulement.

– Jeu axial

Si l'**anneau NILOS** peut compenser par élasticité un jeu radial faible, en fait seule la version **LSTO** peut être préférée, cette dernière admettant un jeu axial de 0,2 mm dans les deux sens.

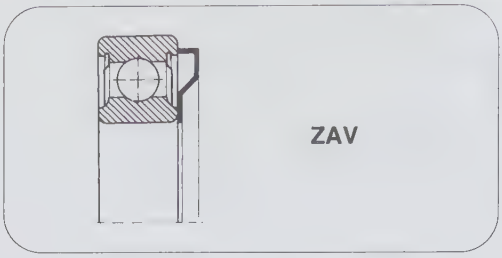
– État de surface

Les **anneaux NILOS** sont livrés zingués en version standard, mais, à la demande, ils peuvent être fournis en version inoxydable.

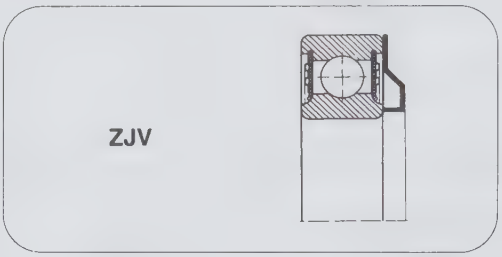
Principaux types d'anneaux NILOS et leurs utilisations

L'anneau NILOS ne peut être utilisé que pour des roulements graissés

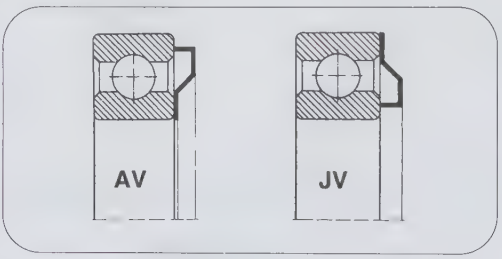
– Roulements à billes



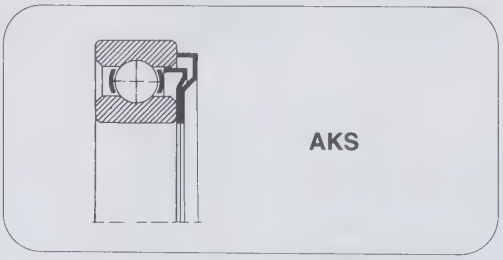
Les deux types d'**anneaux NILOS** de base sont les versions **ZAV** et **ZJV**. Ce sont les formes les plus communément retenues.
Dans la version **ZAV**, l'anneau frottera sur la bague extérieure du roulement, dans la version **ZJV**, sur la bague intérieure.
Ces anneaux peuvent être utilisés dans la version standard jusqu'à une vitesse linéaire de 5 m/s. Il conviendra donc dans la mesure du possible de préférer la version frottant sur bague intérieure.



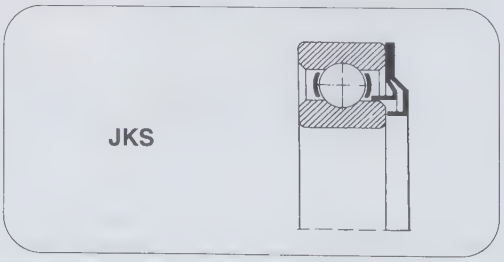
Les anneaux **ZAV** et **ZJV** sont conçus pour être utilisés sur des roulements protégés type **Z** ou **RS**, c'est-à-dire les roulements offrant une surface d'appui relativement étroite en raison des logements d'étanchéité **Z** ou **RS**.
Il existe également des versions **AV** et **JV**, conçues pour les roulements sans étanchéité. Toutefois, l'évolution de la fabrication des roulements amenant à livrer fréquemment des pièces sans étanchéité mais possédant les logements, nous considérons les versions **ZAV** et **ZJV** comme les pièces de base. Ces deux versions seront donc livrées systématiquement sauf contre-indication.



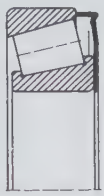
La conception de base **ZAV** et **ZJV** vaut également pour tous les roulements à bagues intérieures et extérieures alignées (roulements à contact oblique, à rouleaux cylindriques, etc.).



Dans le cas de vitesses linéaires supérieures à 5 m/s, nous préconisons l'utilisation d'anneaux **AKS** ou **JKS**, donc une version non frottante.
L'étanchéité est assurée par une réserve de graisse. Ces versions permettent d'éviter des déformations éventuelles, des bruits trop élevés ou un échauffement pouvant survenir lors de vitesses de rotation relativement élevées (entre 5 et 10 m/s).



– Roulements à rouleaux coniques

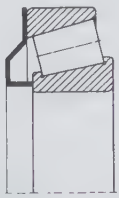


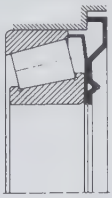
AV

Étant donné la conception de cette famille de roulements, les **anneaux NILOS** correspondants respectent rigoureusement les écarts entre bagues intérieure et extérieure. Le principe général reste le même, ces anneaux existent sous les versions **AV**, **JV** et **AK**. La nouvelle géométrie de la forme **AV** remplacera au fur et à mesure l'ancienne version figurant dans les tables dimensionnelles.

À noter qu'ils existent également pour la plupart des roulements à rouleaux coniques en cotes pouces.

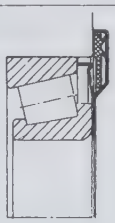
JV





AK

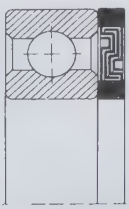
L'étanchéité pour roulements à rouleaux coniques du type **AK** consiste en deux **anneaux NILOS** soudés par points. Les deux lèvres sont frottantes, la partie centrale joue le rôle de réserve de graisse. Les deux tétons répartis à 180° permettent une fixation optimale contre l'élément de blocage et empêchent toute rotation... (ne pas oublier de préparer les empreintes lors du montage : diamètre 4 mm, hauteur 2,5 mm).



AKP

Version **AK** avec joint élastomère intégré.
Anneau nouvellement introduit dans la gamme **NILOS** pour roulements à rouleaux coniques.
Protection renforcée conseillée s'il y a des projections liquides.

Anneaux NILOS LSTO



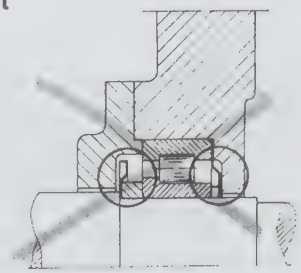
LSTO

La version **LSTO** est en quelque sorte l'anneau « **hautes performances** » de la gamme. Cet anneau est constitué de plusieurs lamelles fixées soit sur la bague intérieure, soit sur la bague extérieure.
Le frottement étant éliminé, l'**anneau LSTO** peut admettre une vitesse de l'ordre de 20 m/s. Il admet également les poussées axiales et un jeu axial supérieur à celui des roulements standard.
Il est surtout recommandé dans les cas assez difficiles : vitesses élevées, hautes températures, etc.

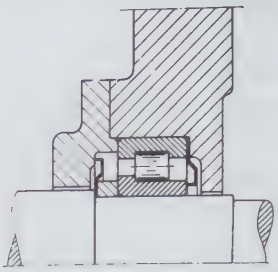
Le **LSTO** est en fait une chicane monobloc pouvant être utilisée en lieu et place des systèmes à chicanes traditionnels. Il est évident que sur le plan coût d'ensemble il offre un réel avantage.
L'encombrement est de 4 mm quelle que soit la taille. Les ajustements recommandés habituellement pour un **LSTO** sont les suivants :
• **logement** .....**k7** • **arbre** **k6**
La version **LSTO** existe pour les roulements à billes les plus courants.

Recommandations de conception

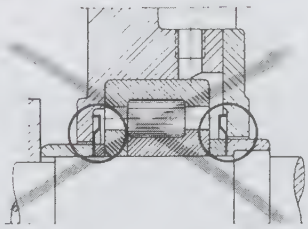
Incorrect



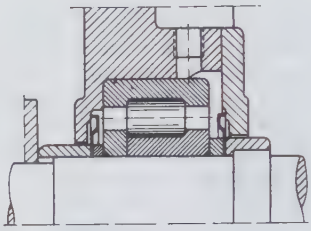
Correct



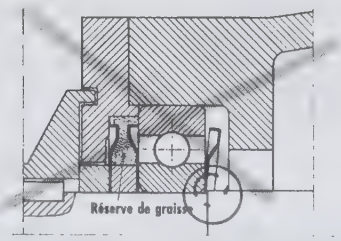
Incorrect



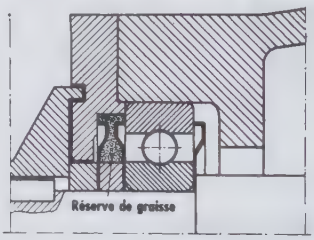
Correct



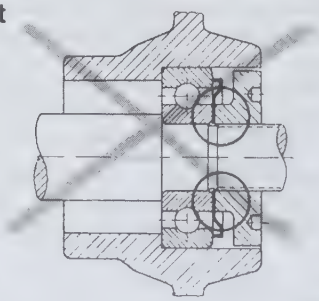
Incorrect



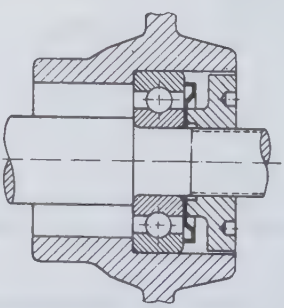
Correct



Incorrect

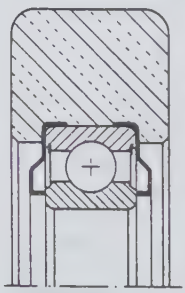


Correct

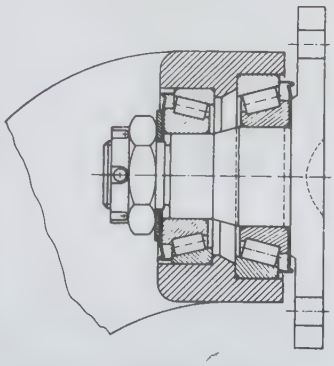


Exemples de montage

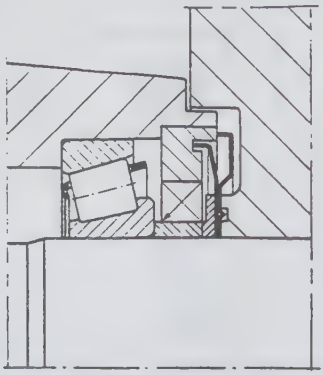
Par les exemples ci-dessous, chacun pourra constater que le principe **NILOS** permet les montages les plus variés et qu'il n'est pas forcément limité aux seuls roulements.



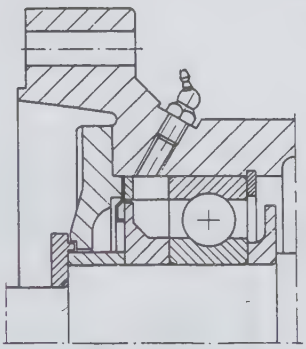
Anneau NILOS JV sur plans dans une roue de manutention



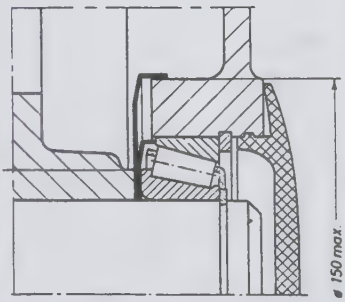
Anneau NILOS AV dans une roue de chariot élévateur



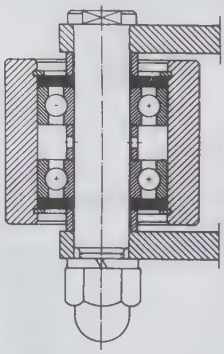
NILOS type AK dans un essieu



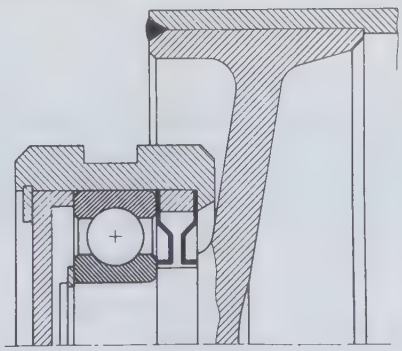
Anneau NILOS JV dans un palier de ventiiateur



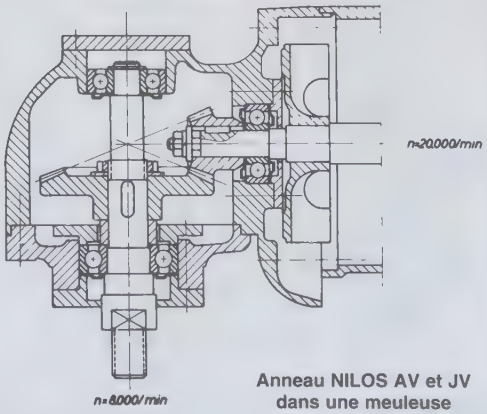
Étanchéité par anneaux NILOS AV dans un moyeu



Anneau NILOS LSTO dans un galet de chaîne

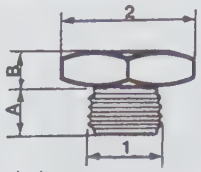
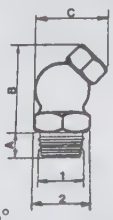
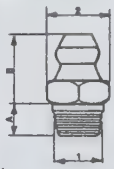
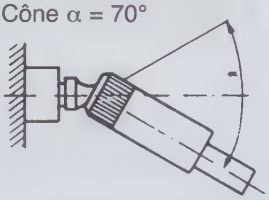
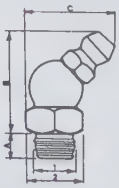
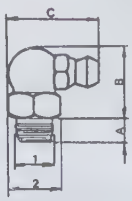


Anneau NILOS JV dans un rouleau de manutention



Anneau NILOS AV et JV dans une meuleuse

15.9. Graisseurs

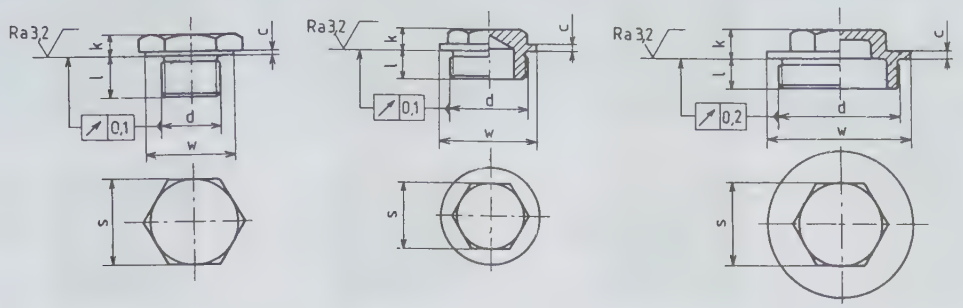
Types de graisseurs	Dimensions (mm)					Lubrifiants et remarques
	Pas 1	Six pans 2	A	B	C	
Basse pression :  Lub droit	6 × 100* 6 × 100 8 × 125 10 × 100 10 × 150 ≈ 8,1 lisse ≈ 6,1 lisse	7 7 9 11 11 8 8	2,7 5 5 5 5 5 5	5,3 3 3 3 3 3 3		**Lubrifiant :** huile, éventuellement graisse légère. **Applications :** tables de machines, chariots, bouts d'arbre. Un léger embrèvement permet de les encastrer. **Caractéristiques :** acier cadmié, filetages coniques.
 Lub 45°	6 × 100 8 × 125	11 11	5 5	16 16	15,5 15,5	
 Métrolub	6 × 100	7	5	8,5		* court.
Haute pression : **Hydraulic** p < 25 MPa  Standard droit	6 × 100* 6 × 100 7 × 100 8 × 100 8 × 125 10 × 100 10 × 150 12 × 175	7 7 8 10 10 11 11 14	2,7 5 5 5 5 5 7 7	10,3 10 10 10 10 10 10 10		Emplacement minimal : Cône α = 70° 
 Standard 45°	6 × 100 7 × 100 8 × 100 8 × 125 10 × 100 10 × 150	11 11 11 11 11 11	5 5 5 5 5 7	20 20 20 20 20 19	17 17 17 18,5 17 18,5	**Lubrifiant :** graisse **Applications :** graissages fréquents sous pression. L'accrochage de l'agrafe de la pompe est instantané, par simple poussée. **Caractéristiques :** acier cadmié, tête cémentée, filetages coniques.
 Standard 90°	6 × 100 7 × 100 8 × 100 8 × 125 10 × 100 10 × 150	11 11 11 11 11 11	5 5 5 5 5 7	13 13 13 13 13 12	20 20 20 21,5 20 21,5	* court.

15.10. Bouchons voyants

NF E 27-432

Données

15.10.1. Bouchons NF E 27-432



Dimensions (mm)

Filetage tolérance 6g d × p	Surplat s	Collerette w	Collerette c	longueur sous tête l	Hauteur sous tête k
M 6 × 1,0	10	10	0,5	6	4,0
(M 7 × 1,0)	11	11	0,5	6	4,0
→ M 8 × 1,25	13	13	0,5	7	4,0
M 10 × 1,25	17	15	0,5	8	5,0
M 12 × 1,25	17	17	0,5	9	5,0
M 14 × 1,5	19	19	0,5	10	5,0
M 16 × 1,5	17	22	2,0	10	6,5
M 18 × 1,5	17	24	2,0	10	7,0
M 20 × 1,5	17	26	2,5	10	7,5
M 22 × 1,5	22	30	2,5	10	7,5
M 24 × 2,0	22	32	2,5	10	7,5
M 27 × 2,0	22	35	2,5	11	8,5
M 30 × 2,0	27	38	2,5	11	8,5
M 33 × 2,0	27	42	2,5	11	8,5
(M 36 × 2,0)	27	45	3,0	11	10,0
M 39 × 2,0	27	48	3,0	12	10,0
M 42 × 2,0	30	52	3,0	12	10,0
M 45 × 2,0	30	55	3,0	12	10,0
M 48 × 2,0	32	58	3,0	12	11,0
M 52 × 2,0	32	62	3,0	14	11,0

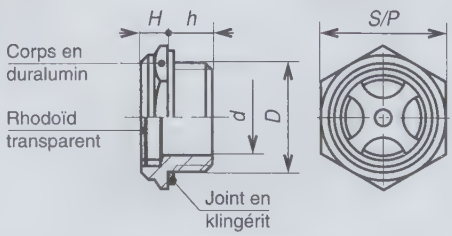
Tolérances d'exécution
Tolérances générales
js 13

Matières courantes
Selon le fluide en contact et la pression de service :
- Aciers de décolletage S 300
- Laiton de décolletage Cu Zn 40 Pb 3
- Laiton de matriçage Cu Zn 39 Pb 2
- Aluminium
  - de décolletage : alliage 5754
  - moulé A-S7 G 03
- Fonte lamellaire FGL 250
- Matières plastiques : PVC...

Exemple de désignation :
Bouchon H, M12 × 1,25, 5754, NF E 27-432

15.10.2. Voyants

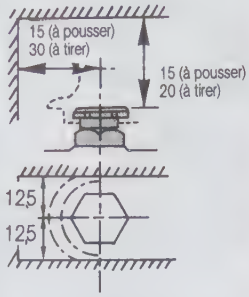
D	d	S/P	H	h
M 14 × 1,5	10	17	7	8
M 18 × 1	14	24	8	8
M 20 × 1,5	15	26	8	9,5



Dimensions (mm)

15.10. Dispositifs de graissage

15.11.1. Dégagement minimum autour des graisseurs



Dégagement du graisseur


Droit


45°


90°

Modèles standard

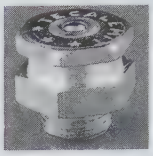
Graisseurs standard


Droit


45°


90°

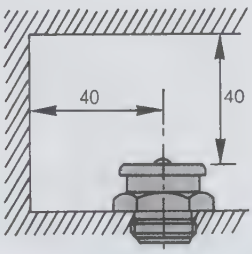
Auto-taraudants


6 pans


Marine

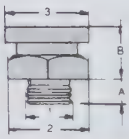

à capuchon

Graisseurs standard



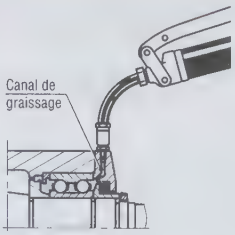
Graisseurs géants



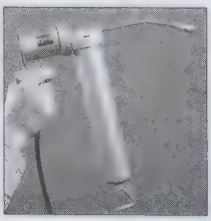


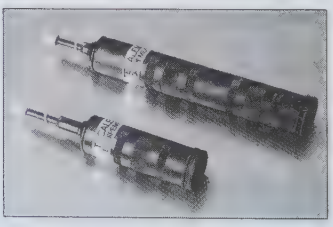
1	sur plats	3	A	B	Référence
1/4″G 19f	22	22	7	14,5	9 20 30 01
3/8″G 19f	22	22	7	14,5	9 20 30 02

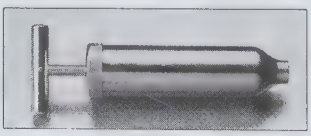
15.11.2. Éléments de graissage



Palier à roulement


Pompe pneumatique sur cartouche


Pompes à pousser pour huile et graisse molle


Pompe à vis pour graisse mi-dure


Compresseur à levier pour cartouche de graisse et graisse en vrac

16. Transmission de puissance



Banque de **DONNÉES** | Guide de **CHOIX** | Données dans **CD Rom** | Fiche de **CALCULS**

16.1. Courroies et poulies 524
16.1.1. Guide de choix d'une courroie 524
16.1.2. Démarche de choix et de calcul d'une courroie et d'une poulie synchrone 525
16.1.3. Caractéristiques de la transmission 526
16.1.4. Courroies crantées synchrones (pouces) 527
16.1.5. Poulies crantées synchrones (pouces) 529
16.1.6. Courroies crantées HTD pour transmission à couple élevé (mm) 530
16.1.7. Poulies crantées monobloc pour courroies HTD (mm) 531
16.1.8. Poulies crantées à éléments de montage MIDAS pour courroie HTD (mm) 531
16.1.9. Courroies crantées en polyuréthanne (mm) 533
16.1.10. Poulies crantées synchrones monobloc (mm) 533
16.1.11. Démarche de choix et de calcul d'une courroie et d'une poulie trapézoïdale 534
– Profil des gorges des poulies 539
– Facteurs de service(s) 539
– Choix de la section d'une courroie (série étroite) 539
16.1.12. Courroies et poulies trapézoïdales 540

16.2. Engrenages 541
16.2.1. Différents types d'engrenages 541
16.2.2. Définitions cinématiques 541
16.2.3. Caractéristiques de denture 541
16.2.4. Roues et engrenages cylindriques denture droite 542
16.2.5. Détermination des engrenages 543
16.2.6. Roues cylindriques droites 544
– Calculs 544
– Guide de choix d'un type de roues cylindriques droites 545
16.2.7. Roues et engrenages cylindriques à denture hélicoïdale à axes parallèles 546
16.2.8. Roues et engrenages cylindriques à denture hélicoïdale à axes parallèles ou à axes perpendiculaires 546
16.2.9. Engrenages à axes orthogonaux (roues et vis sans fin) 547
16.2.10. Détermination des couples (vis-roues) 548
16.2.11. Engrenages à vis cylindriques 549
– Calculs 549
– Guide de choix d'un type d'engrenages à vis cylindrique 551
16.2.12. Engrenages coniques 552
16.2.13. Couples coniques standard (puissances transmissibles) 552
16.2.14. Engrenages coniques et spiro-coniques 553
– Calculs 553
– Guide de choix d'un type d'engrenages coniques et spiro-coniques 554
16.2.15. Indications à fournir au fabricant 555
16.2.16. Représentations des engrenages 555
16.2.17. Crémaillères 556
– Guide de choix d'un type de crémaillères 557

16.3. Chaînes et pignons 558
16.3.1. Détermination d'un système chaîne-pignon-roue 558
16.3.2. Détermination de la longueur d'une chaîne 559
16.3.3. Choix de la chaîne 560
– Rapports de transmission 560
– Guide de choix d'un type de chaîne à rouleaux 561
– Guide de choix d'un type de pignon ou d'un type de disque simple 562
– Guide de choix d'un type de pignon simple, double ou triple 562
– Guide de choix d'un type de pignon simple, double ou triple à moyeu amovible à emmanchement conique 563
– Dimensionnement des pignons 564
16.3.4. Tendeurs de chaîne 564

16.4. Roues libres de précision 565
16.4.1. Démarche de choix et de calcul 565
– Guide de choix d'un type de roue libre de précision 567
16.4.2. Dimensionnement 569

16.5. Joints de cardan simples ou doubles 571
– Conditions de montage et d'homocinétisme 571
– Tableau de présélection 571
– Dimensionnement 572
– Guide de choix d'un type de joint de cardan 573

16.6. Accouplements 575
16.6.1. Démarche de choix et de calcul 575
16.6.2. Accouplements élastiques 576
16.6.3. – Accouplements semi-élastiques 578
– Guide de choix d'un type d'accouplement élastique ou semi-élastique 579
16.6.4. – Accouplements rigides 580
– Guide de choix d'un type d'accouplement rigide 580
16.6.5. – Accouplements permettant les désalignements axiaux, radiaux et angulaires importants 581
– Guide de choix d'un type d'accouplements permettant un désalignement important 581
16.6.6. – Accouplements flexibles et manchons rigides d'accouplement 582
– Guide de choix d'un type d'accouplements flexibles et de manchons rigides 582
16.6.7. – Dimensionnement des accouplements 583

16.7. Limiteurs de couple 585
16.7.1. Limiteurs de couple à glissement 585
Guide de choix d'un type de limiteurs de couple à glissement 586
16.7.2. Limiteurs de couple à billes 586
Guide de choix d'un type de limiteurs de couple à billes 586

16.8. Roues à rochet et à cliquet 587

16.9. Bagues d'arrêt 587
16.9.1. Bagues d'arrêt à blocage par vis 587
16.9.2. Bagues d'arrêt fendues à blocage par vis 587

16.10. Charnières et gonds 588
– Guide de choix d'un type de charnière 588
– Guide de choix d'un type de gonds 589

16.1. Courroies et poulies

NF T 47-021/120/121

16.1.1. Guide de choix d'une courroie

Aptitudes → / Type de courroies ↓	Puissance transmissible ↓ kW	Rapport de transmission ↓	Vitesse de courroie ↓ m/s	Allongement ↓	Rendement ↓ %	Tenue en température ↓ °C	Régularité de fonctionnement ↓	Observations - Utilisation
Courroie crantée synchrone 	jusqu'à 95 kW pour une largeur b = 100 mm	≤ 1/10	≤ 60	ne s'allonge pas	≤ 98	– 40 à + 100	++	– Machines de bureau. – Rotatives (imprimeries). – Outils portatifs. – Réducteurs de vitesse. – Commande d'ascenseur. – Entraînement arbres à cames. – Mécanismes de positionnement. – Compteurs.
*** Courroie trapézoïdale série classique** 	jusqu'à 30 kW pour une largeur b = 22 mm	≤ 1/15	≤ 30	faible	≤ 96	– 55 à + 70	+	– Concasseurs à mâchoires. – Industries minières. – Variateurs de vitesse. – Groupes entraîneurs. – Machines agricoles. – Convoyeurs - Transporteurs. – Accepte les contraintes brusques. – Force circonférentielle élevée.
Courroie trapézoïdale série étroite lisse 	jusqu'à 65 kW pour une largeur b = 22 mm	≤ 1/10	≤ 40	faible	≤ 96	– 55 à + 70	+	– Machines de génie civil. – Industries minières (mines de fond). – Groupe entraîneur. – Machines à bois (scie à cadre). – Élévateurs de décharge. – Accepte les rudes conditions de service.
Courroie trapézoïdale série étroite crantée 	jusqu'à 80 kW pour une largeur b = 22 mm	≤ 1/10	≤ 50	très faible	≤ 98	– 30 à + 80	++	– Compacteurs - Déchiqueteuses. – Rotatives (imprimeries). – Groupe électrogène de soudure. – Bandes transporteuses. – Machines à bois (raboteuse, dégauchisseuse). – Extrudeuse - Compresseurs à piston. – Ventilateurs - Pompe centrifuge.
*** Courroie à stries** 	jusqu'à 20 kW	≤ 1/40	≤ 60	faible	≤ 98	– 30 à + 80	+++	– Machines à affranchir. – Machines offset. – Raboteuses portatives. – Machines à laver. – Fraiseuses - Cireuses. – Entraîneurs de broches. – Broyeurs - Effiloir. – Véhicules automobiles.
*** Courroie plate** 	jusqu'à 10 kW pour une largeur b = 10 mm	≤ 1/20	≤ 60	très faible	≤ 98	– 30 à + 80	+++	– Mémoire à disque (informatique). – Machines de nettoyage des sols. – Courroies de fermeture.

+++ : Excellente. ++ : Très bonne. + : Bonne.

* Ces trois modèles de courroies ne sont pas traités dans cet ouvrage (utilisation moins fréquente que les autres modèles).

16.1.2. Démarche de choix et de calcul d'une courroie et d'une poulie synchrone

	Démarche	Exemple
Données	**Machine menante (type)** Puissance (P') Vitesse (n) Fonctionnement	Moteur électrique asynchrone rotor en Ct.Ct P' = 15 kW n = 2 840 tr/min 16 h/j à couple très variable
	Machine menée (type) Vitesse (N) Entraxe souhaité (E)	Machine-outil à marche intermittente N = 675 tr/min E = 485 $^{\pm 10}$ mm
Calcul Exemple	**Formules** Facteur de service (S) voir 16.1.11, p. 539 Puissance corrigée Pc = P'.S	**Exemples** S = 1,4 Pc = 15 × 1,4 = 21 kW
	Choix de la courroie : voir tableau p. 528	**Courroie pas H**
	Choix des poulies Rapport de la transmission R = n/N = D/d Diamètres primitifs et nombre de dents des poulies : voir tableau p. 528 Pour la courroie (H) et le nombre de tours de la petite poulie (2840). Diamètre primitif de la grande poulie (D) : voir tableau p. 528 pour la courroie (H) et le nombre de dents.	$R = \frac{2\,840}{675} = 4{,}20$ d = 80,84, nombre de dents = 20 nombre de dents de la poulie : 20 × 4,2 = 84 D = 80,84 × 4,20 = 339,53
	Calcul de la longueur de la courroie (Lp) $Lp = 2\,e + 1{,}57\,(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4\,E}$ Choisir dans le tableau p. 528 la longueur (L'p) la plus approchante.	$Lp = (485 \times 2) + 1{,}57(339{,}53 + 80{,}84) + \frac{(339{,}53 + 80{,}84)^2}{4 \times 485}$ = 1 664 mm L'p = 1 676,4, nombre de dents de la courroie = 132
	Calcul de l'entraxe définitif (E') $E' = a + \sqrt{a^2 - b}$ $\quad a = \frac{L'p}{4} - 0{,}395\,(D + d)$ $b = 0{,}126\,(D - d)^2$	$a = \frac{1\,676{,}4}{4} - 0{,}392\,5\,(339{,}57 + 80{,}84) = 254{,}09$ $b = 0{,}126\,(339{,}57 - 80{,}84)^2 = 8\,434{,}59$ $E' = 254{,}09 + \sqrt{254{,}09^2 - 8\,434{,}59} = 491$
	Vérification du nombre de dents en prise $\frac{\text{nb de dents petites poulies}}{6}\,(3 - \frac{D-d}{E'})$ Lorsque le nombre de dents en prise est < 6, multiplier la puissance par courroie, voir tableau p. 528, par le coefficient ci-dessous.	$\frac{20}{6}\,(3 - \frac{339{,}57 - 80{,}84}{491}) = 8{,}22$ 8,22 > 6 Facteur correctif = 1
	Largeur de la courroie Le tableau de puissance transmissible par la courroie H, avec les coordonnées de la petite poulie : vitesse et nombre de dents, donne la valeur pour une largeur nécessaire ; Diviser la puissance corrigée (Pc) par la puissance relevée dans le tableau. Ce quotient calculé équivaut au facteur de largeur (K) donné dans le tableau ci-dessous. Prendre la valeur immédiatement supérieure.	Vitesse = 2 850 tr/min, nb de dents = 20, d = 80,84 puissance relevée (Pr) = 7,17 kW ⇒ **insuffisante** Facteur de largeur (K) de la courroie : Pc/Pr = 22,5/7,17 = 3,13 Prendre le facteur K directement supérieur : 3,13 ⇒ 3,36 qui correspond dans le tableau à une largeur de 3 pouces ou 76,2 mm La puissance transmissible sera : 7,17 × 3,36 = 24 kW Transmission : 1 poulie motrice : 20 H 1 poulie réceptrice : 84 H 1 courroie H - 132 dents : 1 676,4 H Entraxe : 491 mm
Résultats	**Contrôle du choix de la transmission** Une transmission composée d'éléments bien étudiés devra comporter un diamètre de petite poulie toujours supérieur à la largeur de la courroie.	– Diamètre de la petite poulie : 80,84 mm – Largeur de la courroie : 76,20 mm 80,84 > 76,2 La courroie, 1 676,4 H - 132 dents, est bien adaptée
Contrôle		

Tableau correctif pour le nombre de dents en prise

Nombre de dents en prise	6 et plus	5	4	3	2
Facteurs correctifs	1	0,8	0,6	0,4	0,2

Facteur de largeur « K »

Facteurs de largeur		0,15	0,28	0,42	0,71	1	1,56	2,14	3,36	4,76
Largeur	en pouce	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4
	code	025	037	050	075	100	150	200	300	400
	en mm	6,35	9,52	12,7	19,05	25,4	38,1	50,8	76,2	101,6

16.1.3. Caractéristiques de la transmission

Le système **poulies-courroies** permet de réaliser une transmission de puissance entre deux arbres éloignés avec modification de la fréquence de rotation et du couple transmis.
Transmission souple et silencieuse.

Rapport de transmission

$$r = \frac{\omega 2}{\omega 1} = \frac{d1}{d2}$$ (au glissement près)

Glissement de l'ordre de 1 à 3 % entre la poulie et la courroie.

Rapport des couples transmissibles

$$\frac{C2}{C1} = \frac{\omega 1}{\omega 2}$$ (au rendement près)

Le rendement dépend des matériaux utilisés, de la longueur de l'arc d'enroulement de la courroie. Il est défini par des facteurs correctifs (donnés par les constructeurs) qui modifient la puissance transmissible.

Tension de la courroie
En fonctionnement normal, la tension de la courroie dans les deux brins dépend du sens de rotation de la poulie motrice.

$$T = t \cdot e^{\mu\alpha}$$

t : tension dans le brin mou.
T : tension dans le brin tendu.
μ : coefficient de frottement.
α : angle d'enroulement.

Relation entre couple moteur et tension dans la courroie

$$Cm = C1 = (T - t) \cdot d1/2$$

Tension de pose (au montage)

$$To = (T + t)/2$$

Longueur de la courroie et entraxe E

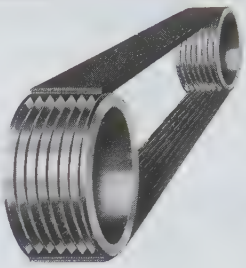
$$Lo = 2E + 1{,}57\,(d2 + d1) + \frac{(d2 - d1)^2}{4\,E}$$

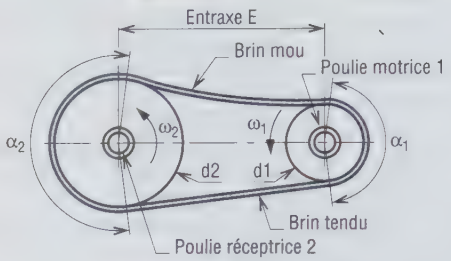
Lo : longueur théorique compte tenu de l'entraxe de départ.
Il conviendra d'adopter une longueur de courroie normalisée **L**.
Le nouvel entraxe devient alors :

$$E' = E + \frac{(L - Lo)}{2}$$ si L > Lo

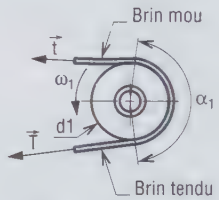
ou

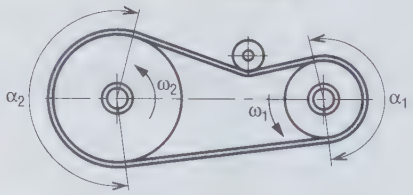
$$E' = E - \frac{(L - Lo)}{2}$$ si L < Lo



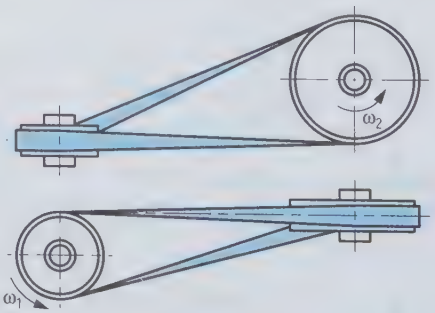


Poulie motrice 1 isolée





Un **galet tendeur** permet d'augmenter l'angle d'enroulement donc le couple transmissible.

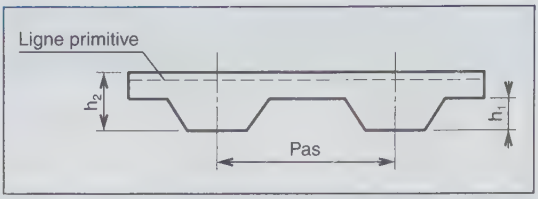


Poulies à axes orthogonaux

16.1.4. Courroies crantées synchrones à pas en pouces

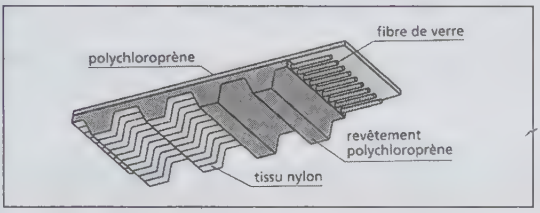


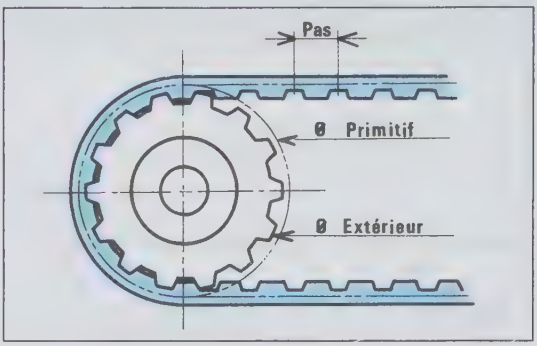
Modèle A8*



Largeurs

XL : 1/5″ = 5,08 mm L : 3/8″ = 9,43 mm H : 1/2″ = 12,70 mm	XH : 7/8″ = 22,22 mm XXH : 1 1/4″ = 31,75 mm





Largeurs et code des courroies et des poulies synchrones

XL Pas 1/5″ - 5,08 mm	L Pas 3/8″ - 9,525 mm	H Pas 1/2″ - 12,70 mm	XH Pas 7/8″ - 22,22 mm
1/4″ : 6,35 mm ⇒ 025 5/16″ : 7,94 mm ⇒ 031 3/8″ : 9,525 mm ⇒ 037	1/2″ : 12,70 mm ⇒ 050 3/4″ : 19,05 mm ⇒ 075 1″ : 25,40 mm ⇒ 100	3/4″ : 19,05 mm ⇒ 075 1″ : 25,40 mm ⇒ 100 1,5″ : 38,10 mm ⇒ 150	2″ : 50,80 mm ⇒ 200 3″ : 76,20 mm ⇒ 300 4″ : 101,60 mm ⇒ 400 5″ : 127 mm ⇒ 500

Pas standard de fabrication

XL pas 1/5″ = 5,08	L pas 3/8″ = 9,43	H pas 1/2″ = 12,70	XH pas 7/8″ = 22,22	XXH pas 1 1/4″ = 31,75
				

Matière

– Dos de la courroie en polychloroprène.
– Cordes de traction en fibre de verre.
– Revêtement des dents en Nylon.

Caractéristiques techniques

Les trois principales dimensions d'une courroie dentée classique sont :
– le pas,
– la longueur primitive,
– la largeur.
Le pas d'une courroie dentée est la distance en millimètres qui sépare le centre de deux dents voisines, mesurée sur la ligne primitive. La longueur primitive de la courroie est la circonférence totale de la courroie exprimée en millimètres mesurée sur la ligne primitive. La ligne primitive théorique se situe à l'intérieur du corps de la courroie.

Utilisation

– Dents de forme trapézoïdale.
– La précision du moulage et du pas assure un engrènement précis avec les dents des poulies.

– Transmission de puissance jusqu'à 150 kW et vitesses de rotation jusqu'à 10 000 min^{-1}.
– Vitesse linéaire jusqu'à 80 m/s.
– Transmission positive sans glissement.
– Vitesse angulaire constante.
– Diminution de la charge sur les paliers car la tension requise est peu élevée.
– Opération continue sans entretien.
– Importante gamme de puissances et de rapports de vitesse.

* Références constructeur.

Caractéristiques dimensionnelles des courroies synchrones - Modèle A8*

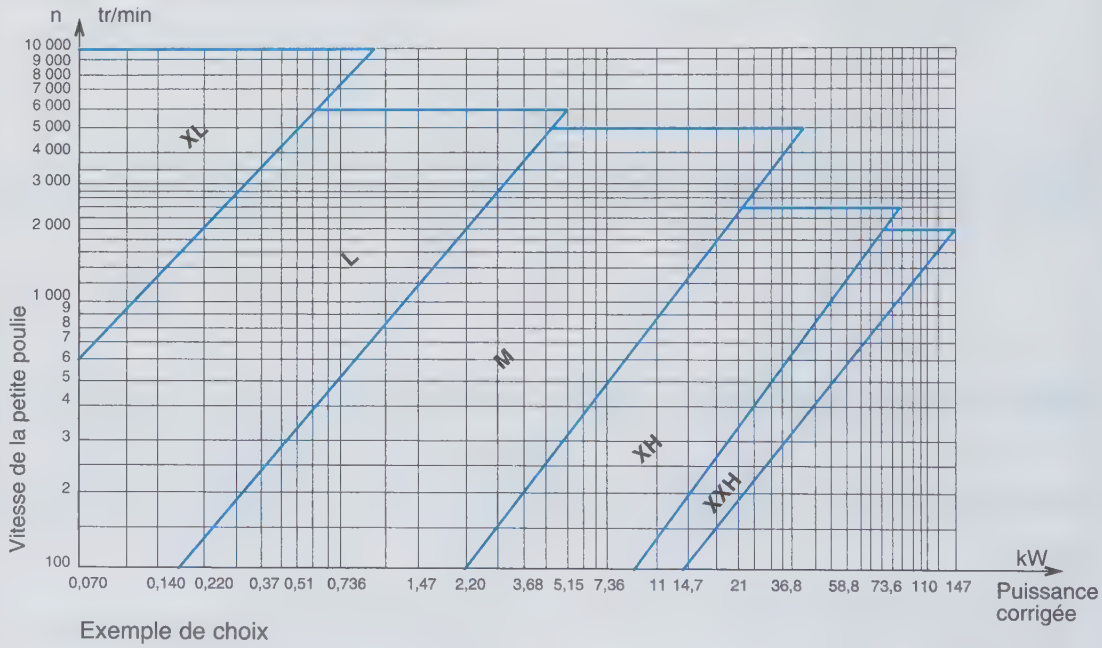
XL pas 1/5″ - 5,08 mm			
Code	Largeur	Long. primitive	Nb de dents
025 031 037	6,35 mm 7,94 mm 9,525 mm	152,40 à 838,20 ou 6″ à 33″	30 à 165

L pas 3/8″ - 9,525 mm			
Code	Largeur	Long. primitive	Nb de dents
050 075 100	12,70 mm 19,05 mm 25,40 mm	314,33 à 1 676,40 ou 12,375″ à 66″	33 à 176

H pas 1/2″ - 12,7 mm			
Code	Largeur	Long. primitive	Nb de dents
075 100 150 200 300	19,05 mm 24,40 mm 38,10 mm 50,80 mm 76,20 mm	609,60 à 4 318,00 ou 24″ à 170″	48 à 340

XH pas 7/8″ - 22,225 mm			
Code	Largeur	Long. primitive	Nb de dents
200 300 400 500	50,80 mm 76,20 mm 101,60 mm 127 mm	1 289 à 4 445 ou 50,7″ à 175″	58 à 200

Choix des courroies crantées synchrones



Exemple de choix

Diamètre primitif des poulies synchrones. Modèle A9*

XL pas 1/5″ - 5,08 mm		
Nb de dents	Diam. primitif	Largeur courroie
10 à 72	16,17 à 116,42	9,525

L pas 3/8″ - 9,525 mm		
Nb de dents	Diam. primitif	Largeur courroie
10 à 120	30,32 à 363,83	12,70/19,05/25,4

H pas 1/2″ - 12,70 mm		
Nb de dents	Diam. primitif	Largeur courroie
14 à 50	56,60 à 202,13	19,05
14 à 156	56,60 à 630,64	25,4/38,1/50,8/76,2

XH pas 7/8″ - 22,225 mm		
Nb de dents	Diam. primitif	Largeur courroie
18 à 140	127,33 à 1 061,16	50,8/76,2/101,6

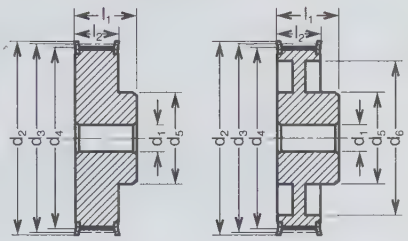
* Références constructeur.

16.1.5. Poulies crantées synchrones à pas en pouces

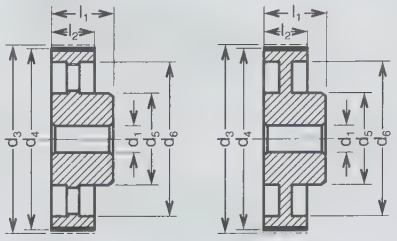
Poulies monobloc



Modèle A9*



Avec flasques

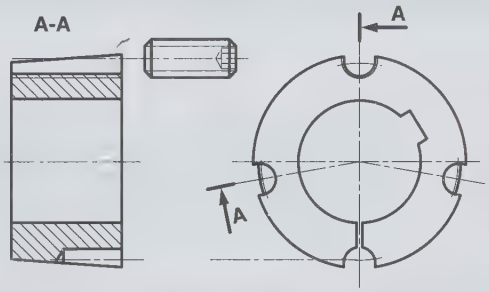


Sans flasques

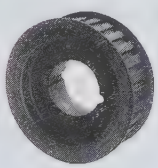
Moyeux amovibles pour poulies crantées synchrones pas



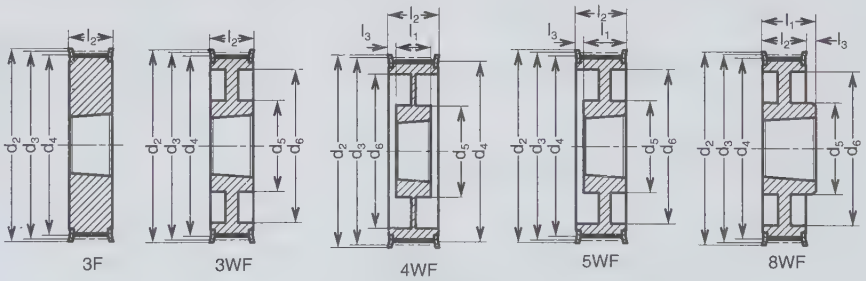
Modèle A5*



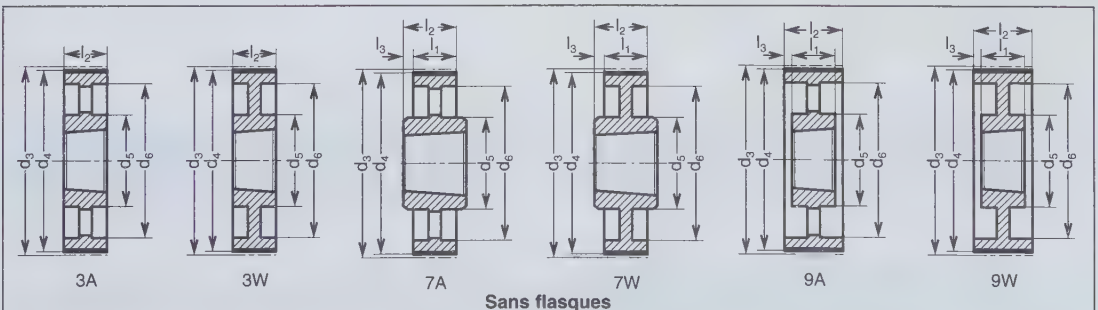
Poulies à moyeu amovible (comportent, dans l'alésage conique, un ou plusieurs taraudages)



Modèle A9*



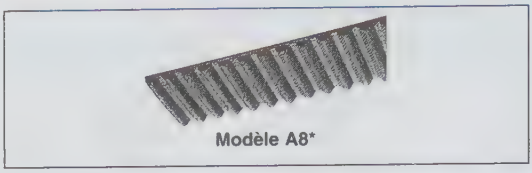
Avec flasques

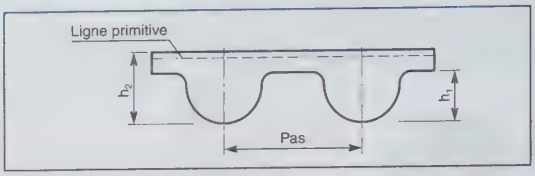


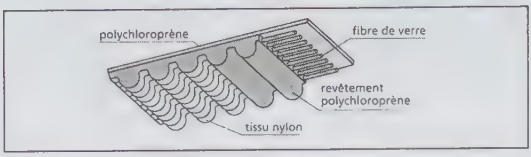
Sans flasques

* Références constructeur.

16.1.6. Courroies crantées HTD* pour transmission à couple élevé (pas en mm)


Modèle A8*





	Pas mm	h1 mm	h2 mm
3 M	3	1,17	2,40
5 M	5	2,06	3,80
8 M	8	3,40	6,00
14 M	14	6,10	10,00

Pas, code, largeur, nombre de dents et longueurs primitives

Pas mm	Code	Largeur mm	Nombre de dents	Longueur primitive
3	06 09 15	6 9 15	50 à 500	150 mm à 1 500 mm
8	20 30 50 85	20 30 50 85	53 à 350	424 mm à 2 800 mm

Pas mm	Code	Largeur mm	Nombre de dents	Longueur primitive
5	09 15 25	9 15 25	36 à 470	180 mm à 2 350 mm
14	40 55 85 115 170	40 55 85 115 170	69 à 275	966 mm à 3 850 mm

Matière

– La forme spéciale curviligne des dents améliore la répartition de la contrainte et permet une charge totale plus importante.
– La précision du moulage et de l'espacement des dents en élastomère assure un engrènement précis avec les gorges des poulies.
– Un solide revêtement en Nylon protège la surface des dents.
– Les cordes de traction sont solides, flexibles et résistent à l'allongement.
– Le dos résistant en polychloroprène protège la courroie contre les influences de l'environnement et l'usure causée par la friction.

Utilisation

– Les modèles 3 M et 5 M sont utilisés pour des vitesses jusqu'à 20 000 min^{-1} et une puissance maximale de 10 kW.
– Les modèles 8 M, 14 M et 20 M sont utilisés pour une puissance maximale de 1 000 kW.
– Transmission positive sans glissement.
– Gamme de vitesses importante.
– Vitesse constante de la poulie entraînée.
– Conception compacte. La haute flexibilité permet l'usage de poulies de très faible diamètre extérieur (8,79 mm).
– Longue durée de vie et aucune nécessité d'entretien.

Caractéristiques techniques

Les trois principales dimensions d'une courroie dentée HTD® sont :
– le pas,
– la longueur primitive,
– la largeur.
Le pas d'une courroie dentée est la distance en millimètres qui sépare le centre de deux dents voisines, mesurée sur la ligne primitive. La longueur primitive de la courroie est la circonférence totale de la courroie exprimée en millimètres mesurée sur la ligne primitive.
La ligne primitive théorique se situe à l'intérieur du corps de la courroie.

Diamètre primitif des poulies synchrones HTD**

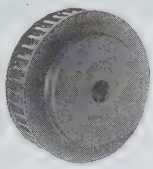
5 M 09 - 5 M 15 - 5 M 25 - pas de 5 mm		
Nb de dents	Diam. primitif	Largeur courroie
12 à 72	19,10 à 114,59	9/15/25 mm

8 M 20 - 8 M 30 - 8 M 50 - pas de 8 mm		
Nb de dents	Diam. primitif	Largeur courroie
22 à 192	56,02 à 488,92	20/30/50 mm

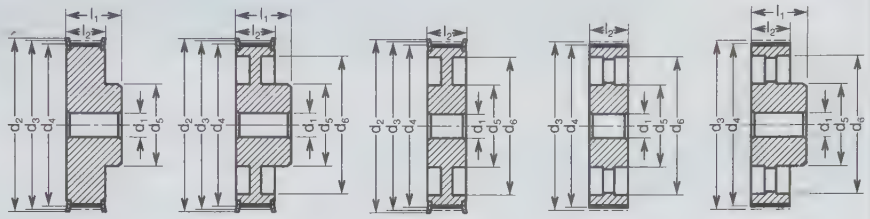
14 M 40 - 14 M 55 - 14 M 85 - pas de 14 mm		
Nb de dents	Diam. primitif	Largeur courroie
28 à 192	124,78 à 855,62	40/55/85 mm

* Références constructeur.
** HTD (*High Torque Drive*) : transmission à couples élevés. Gamme très performante mettant en œuvre des matériaux de haute technologie.

16.1.7. Poulies crantées monobloc pour courroies HTD à pas métrique



Modèle A9*



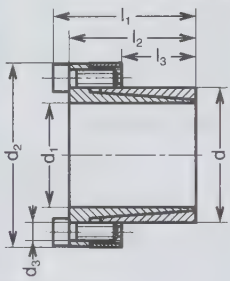
16.1.8. Poulies crantées à éléments de montage MIDAS pour courroie HTD à pas métrique

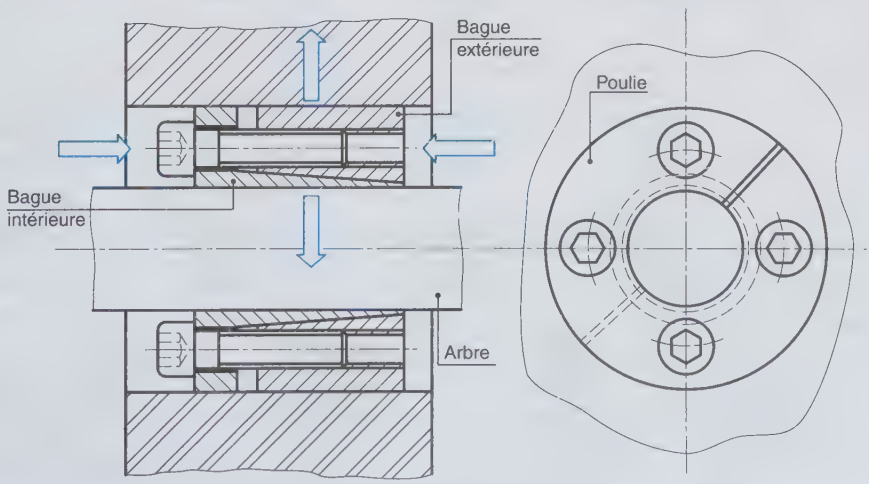
Éléments de serrage MIDAS



Modèle A9*

Alésage d_1 mm	Emmanchement d mm	Longueur totale l_2 mm	Longueur emmanchement l_3 mm	Couple transmissible N.m	Force axiale résistante kN
11	26	27,5	14	80	14
à	à	à	à	à	à
60	72	60	37	3 133	105





Nota : Les éléments de serrage MIDAS remplacent avantageusement les poulies à moyeu standard.

* Références constructeur.

Poulies crantées à éléments de montage MIDAS pour courroie HTD, à pas métrique (suite)

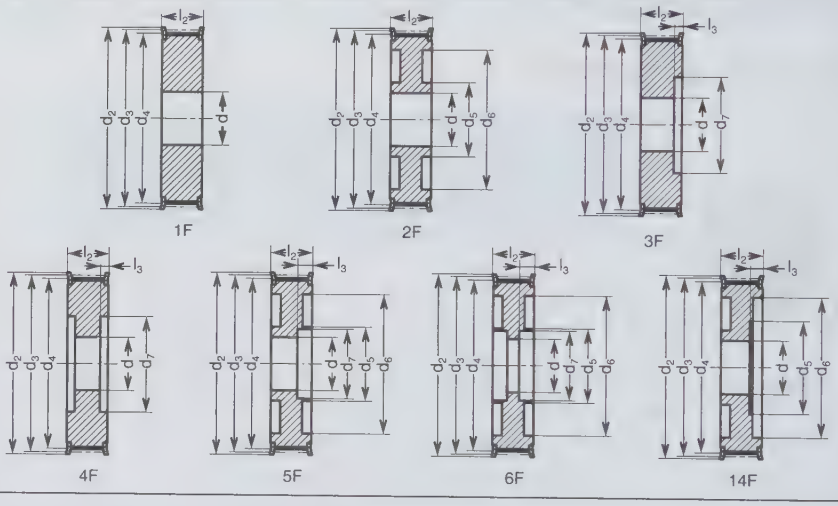


Modèle A9*

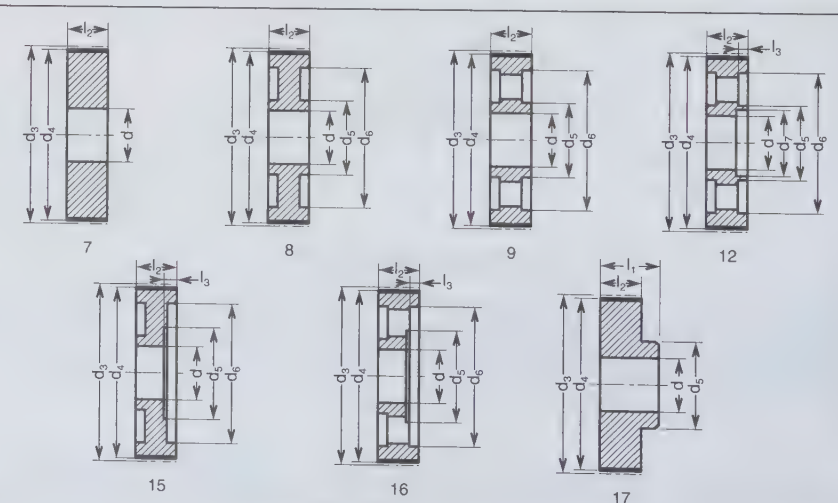
Pour courroies HTD					Pour courroies métriques				
Pas mm	Largeur mm	Alésage d H8	Nombre de dents	Ø primitif d_3 mm	Pas mm	Largeur mm	Alésage d H8	Nombre de dents	Ø primitif d_3 mm
5	9 15 25	26-38 26-38 26-38-52	24 à 72	38,20 à 114,59	5	10 16 25	26-38 26-38 26-38-52	22 à 60	34,25 à 94,65
8	20 30 50	38-52 38-52-72 38-52-72	22 à 112	56,02 à 285,21	10	16	26-38-52	12 à	36,35
14	40 55 85	72 72 72	28 à 112	124,78 à 499,11		25	26-38-52	60	189,1

Dimensionnement des poulies avec ou sans flasques

Avec flasques

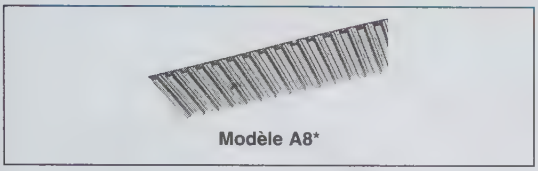


Sans flasques

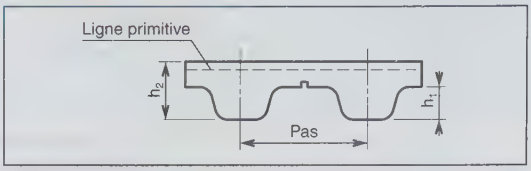


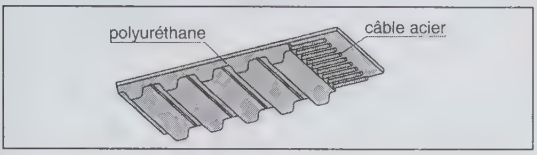
* Référence constructeur.

16.1.9. Courroies crantées en polyuréthanne à pas métrique



Modèle A8*





	Pas mm	h_1 mm	h_2 mm
T 5	5	1,20	2,20
T 10	10	2,50	4,50

Pas, code, largeur, nombre de dents et longueurs primitives

Pas mm	Code	Largeur mm	Nombre de dents	Longueur primitive
5	5	6 8 10 12 16 20 25	37 à 243	185 à 1 215

Pas mm	Code	Largeur mm	Nombre de dents	Longueur primitive
10	10	10 12 16 20 25 32 50	26 à 225	260 à 2 250

Matière

– Mélange en polyuréthanne de qualité uniforme résistant et flexible.
– Cordes de traction en acier.

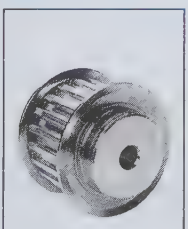
Caractéristiques techniques

Les trois principales dimensions d'une courroie à pas métrique classique sont :
– le pas,
– la longueur primitive,
– la largeur.
Le pas d'une courroie à pas métrique est la distance en millimètres qui sépare le centre de deux dents voisines, mesurée sur la ligne primitive. La longueur primitive de la courroie est la circonférence totale de la courroie exprimée en millimètres mesurée sur la ligne primitive.
La ligne primitive théorique se situe à l'intérieur du corps de la courroie.

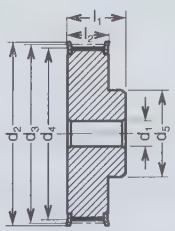
Utilisation

– Puissance transmissible de 0,5 kW à 30 kW.
– Vitesse de rotation jusqu'à 40 000 min^{-1}.
– Vitesse linéaire atteignant 75 m/s.
– Rendement jusqu'à 98 %.
– Possibilité d'entraxe fixe.
– Allongement minimum.
– Longue durée de vie.
– Résiste aux huiles, à l'ozone et à l'abrasion.
– Plage des températures de – 30 °C à + 80 °C.

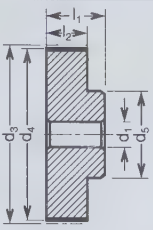
16.1.10. Poulies crantées synchrones monobloc à pas métrique



Modèle A9*



6F
Avec flasques



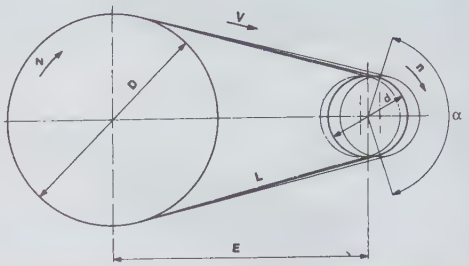
6
Sans flasques

* Références constructeur.

16.1.11. Démarche de choix et de calcul d'une courroie et d'une poulie trapézoïdales

Notations

D	Diamètre primitif de la grande poulie	mm
N	Vitesse de la grande poulie	tr/min
d	Diamètre primitif de la petite poulie	mm
n	Vitesse de la petite poulie	tr/min
R	Rapport de la transmission	-
V	Vitesse linéaire des courroies	m/s
E′	Entraxe approché	mm
L′p	Long. primitive approchée de la courroie	mm
Lp	Long. primitive standard de la courroie	mm
E	Entraxe réel	mm
P′	Puissance absorbée par la machine ou puissance nominale du moteur	kW
S	Facteur de service	-
P_c	Puissance corrigée	kW
P_b	Puissance brute par courroie	kW
C_L	Facteur correctif de longueur	-
α	Angle de contact des courroies sur petite poulie	degré
a	Facteur correctif de contact	-
P	Puissance transmise par courroie	kW
x	Nombre de courroies nécessaires	-



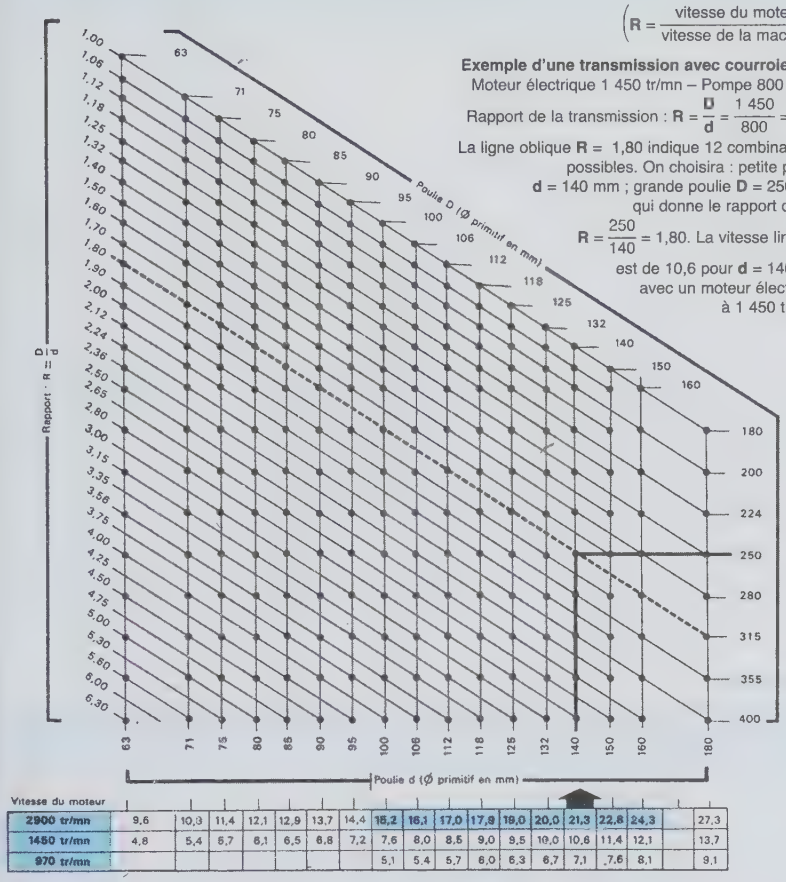
Données

Calcul Exemple

Résultats

Démarche	Exemple
Machine menante (type) Puissance (P′) et vitesse (n) Diamètre de l'arbre	Moteur électrique P′ = 15 kW n = 1455 tr.min^{-1} Ø = 42 mm
Machine menée (type) Vitesse (N) Service Entraxe désiré (E′) et diamètre de l'arbre	Pompe centrifuge N = 810 tr/min, 24 h/j avec couple uniforme E′ = 800, Ø = 55 mm
Facteur de service (S) : voir page suivante Puissance corrigée $P_c = P'.S$	S = 1,18 Pc = 15 × 1,18 = 17,7 kW
Choix de section : voir graphique page suivante en fonction de la vitesse de l'arbre rapide et de P_c.	VP2-SPB ou CSE-SPBX*
Rapport de la transmission R = n/N = D/d	R = 1 455/810 = 1,80
Diamètres primitifs des poulies : d = abaques Si la transmission n'a pas de contrainte particulière, choisir des diamètres de poulies aussi grands que possible afin de réduire le nombre de gorges.	Diamètre choisi : d = 200 mm d'où D = 200 × 1,8 = 360 mm soit D = 355 mm valeur normalisée la plus voisine.
Vitesse linéaire : $V = \frac{n \cdot d}{19\,100}$ Vérifier dans chacune des sections des abaques, les vitesses linéaires conseillées.	$V = \frac{1\,455 \times 200}{19\,100} = 15{,}2$ m/s
Longueur primitive de la courroie : L′p = longueur primitive théorique de la courroie. $L'p = 2E + 1{,}57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4E}$ Choisir une longueur primitive standard.	$L'p = 2 \times 800 = 1{,}57(355 + 200) + \frac{(355-200)^2}{4 \times 800}$ L′p = 2 479 mm Longueur choisie : CSE. 2 500 SPBX (1 250 ≤ 2 500 ≤ 2 500)
Calcul de l'entraxe E : $E = \frac{Lp - 1{,}57(D+d)}{2} - \frac{(D-d)^2}{4(Lp - 1{,}57(D+d))}$ ou plus simplement : $E = E' + \frac{Lp - L'p}{2}$	$E = \frac{2\,500 - 1{,}57(355+200)}{2} - \frac{(355-200)^2}{4(2\,500 - 1{,}57(355-200))}$ E = 810,6 $E = 800 + \frac{2\,500 - 2\,479}{2} = 810{,}5$ mm
P_b = puissance brute par courroie en fonction de d, n, R (pour α = 180° et Lp = longueur de base) Voir tableaux de puissances 16.2.13.	P_b = 16,8 kW
C_L = facteur correctif de longueur Voir C_L sous tableau de puissance 16.2.13.	Lp = 2 500 ⇒ C_L = 0,97
a = facteur correctif d'arc de contact en fonction de $\frac{D-d}{E}$	$\frac{355-200}{810{,}6} = 0{,}191\,2$ soit a = 0,98
Calcul de la puissance P transmissible par courroie $P = P_b \cdot C_L \cdot a$	P = 16,8 × 0,97 × 0,98 = 15,97
Nombre de courroies : $x = \frac{P_c}{P}$	X = 17,7/15,97 = 1,10 Arrondi à 2 courroies CSE-SPBX-2500. Vérifier que la douille montée sur la poulie sélectionnée admet le diamètre du bout d'arbre demandé. 2 SPB 200 douille 50 - 2 SPB douille de 80
Moteur : 2 SPB 200 MGT 50 alésage 42 Machine : 2 SPB 355 MGT 80 alésage 55 Courroie : 2 courroies CSE-SPBX-2500 Entraxe : 810,6 mm	* Prendre la courroie CSE-SPBX-2500 pour ses meilleures performances plutôt que la courroie VP2-SPB.

Sélection des poulies pour courroies SPZ et SPZX (10 x 8) type VP2 et CSE



$\left(R = \frac{\text{vitesse du moteur}}{\text{vitesse de la machine}}\right)$

Exemple d'une transmission avec courroie SPZ
Moteur électrique 1 450 tr/mn – Pompe 800 tr/mn
Rapport de la transmission : $R = \frac{D}{d} = \frac{1\,450}{800} = 1{,}81$

La ligne oblique **R** = 1,80 indique 12 combinaisons possibles. On choisira : petite poulie **d** = 140 mm ; grande poulie **D** = 250 mm qui donne le rapport désiré $R = \frac{250}{140} = 1{,}80$. La vitesse linéaire est de 10,6 pour **d** = 140 mm avec un moteur électrique à 1 450 tr/min.

Vitesse du moteur	63	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	180
2900 tr/mn	9,6	10,3	11,4	12,1	12,9	13,7	14,4	**15,2**	**16,1**	**17,0**	**17,9**	**19,0**	**20,0**	**21,3**	**22,8**	**24,3**	27,3
1450 tr/mn	4,8	5,4	5,7	6,1	6,5	6,8	7,2	7,6	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,6	11,4	12,1	13,7
970 tr/mn								5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,7	7,1	7,6	8,1	9,1

Vitesse linéaire des courroies (en m/s) Vitesse linéaire conseillée

Facteur correctif d'arc de contact α °		
$\frac{D-d}{E}$	α °	a
0	180	1
0,0378	178	1
0,1112	174	0,99
0,1818	170	0,98
0,2498	166	0,97
0,3153	162	0,96
0,3783	158	0,95
0,4390	155	0,94
0,4975	151	0,93
0,5539	148	0,92
0,6082	145	0,91
0,6605	141	0,90
0,7110	138	0,89
0,7596	135	0,88
0,8065	132	0,87
0,8571	130	0,86
0,8953	127	0,85
0,9374	124	0,84
0,9780	121	0,83
1,0172	119	0,82
1,0550	116	0,81
1,0915	114	0,80
1,1267	111	0,79
1,1607	109	0,78
1,1936	107	0,77
1,2559	104	0,76
1,2253	102	0,75
1,2855	100	0,74
1,3140	98	0,73
1,3416	96	0,72
1,3682	94	0,71
1,3939	92	0,70
1,4188	90	0,69
1,4428	88	0,68
1,4659	86	0,67
1,4883	84	0,66
1,5099	82	0,65
1,5308	80	0,64
1,5510	78	0,63

Note : Le choix parmi les 12 solutions possibles est fonction :
- Du diamètre des poulies souhaité (possibilité d'alésage du moyeu en fonction de l'arbre).
- De la vitesse linéaire de la courroie.
- De l'encombrement poulies – courroies.

Longueurs primitives de courroies SPZ type VP2 et CSE (10 x 8)

VP2	L_p = Longueur primitive standard (mm)																	
500	580	670	750	812	900	975	1 060	1 150	1 237	1 337	1 450	1 562	1 687	1 812	1 950	2 180	2 500	3 070
512	600	687	758	825	912	987	1 077	1 162	1 250	1 360	1 462	1 587	1 700	1 837	1 987	2 187	2 580	3 150
515	612	690	762	837	922	1 000	1 087	1 180	1 262	1 362	1 487	1 600	1 737	1 850	2 000	2 240	2 650	3 250
530	615	710	772	850	925	1 012	1 090	1 187	1 280	1 387	1 500	1 612	1 750	1 862	2 037	2 287	2 720	3 350
545	630	722	775	862	937	1 024	1 112	1 202	1 287	1 400	1 512	1 637	1 762	1 887	2 060	2 300	2 800	3 450
560	650	730	787	875	950	1 030	1 120	1 212	1 312	1 412	1 537	1 650	1 787	1 900	2 120	2 360	2 900	3 550
562	662	737	800	887	962	1 047	1 137	1 220	1 320	1 437	1 550	1 662	1 800	1 937	2 137	2 430	3 000	

CSE	L_p = Longueur primitive standard (mm)												
600	687	775	850	937	987	1 080	1 125	1 180	1 320	1 500	1 700	1 900	2 240
630	710	787	875	950	1 000	1 087	1 137	1 220	1 360	1 550	1 750	1 950	2 360
660	737	800	900	962	1 030	1 110	1 150	1 250	1 400	1 600	1 800	2 000	2 500
670	750	825	925	975	1 060	1 120	1 162	1 280	1 450	1 650	1 850	2 120	

Les références correspondent à la longueur primitive réelle L_p (mm) mesurée sous tension la norme ISO 4184.

Puissances tranmissibles par courroie série étroite lisse VP2 et CSE (10 x 8)

n (tr / min)	R = D / d	P_b = puissance brute (kW) pour L_p = 1 600 mm et α = 180° (arc de contact) — d (mm) =																	
		63	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	180	200
200	R < 1,06	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,1
	1,06 à 1,11	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0	1,1
	1,12 à 1,24	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0	1,1
	1,25 à 1,59	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	1,0	1,1
	1,6 ≤ R	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	1,0	1,1
730	R < 1,06	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	3,1	3,5
	1,06 à 1,11	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,7	3,1	3,5
	1,12 à 1,24	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1	3,5
	1,25 à 1,59	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6
	1,6 ≤ R	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	3,2	3,6
970	R < 1,06	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4	3,9	4,5
	1,06 à 1,11	0,6	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	4,0	4,5
	1,12 à 1,24	0,6	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	4,0	4,5
	1,25 à 1,59	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,5	4,0	4,6
	1,6 ≤ R	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	4,1	4,7
1455	R < 1,06	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,6	6,3
	1,06 à 1,11	0,9	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,1	4,5	4,8	5,6	6,4
	1,12 à 1,24	0,9	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,9	5,7	6,4
	1,25 à 1,59	0,9	1,3	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,7	6,5
	1,6 ≤ R	0,9	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,8	6,6
2910	R < 1,06	1,3	1,9	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,1	4,6	5,0	5,4	5,9	6,4	6,9	7,5	8,1	9,2	10,2
	1,06 à 1,11	1,4	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9	4,2	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	9,3	10,3
	1,12 à 1,24	1,4	2,1	2,4	2,8	3,2	3,6	3,9	4,3	4,8	5,2	5,6	6,1	6,6	7,1	7,7	8,3	9,4	10,4
	1,25 à 1,59	1,5	2,2	2,5	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,7	6,2	6,7	7,2	7,8	8,5	9,6	10,6
	1,6 ≤ R	1,5	2,2	2,5	3,0	3,4	3,8	4,1	4,5	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,8	10,8

L_p	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2200	2240	2500	2800	3150	3550
C_L	0,80	0,83	0,86	0,89	0,91	0,93	0,95	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14

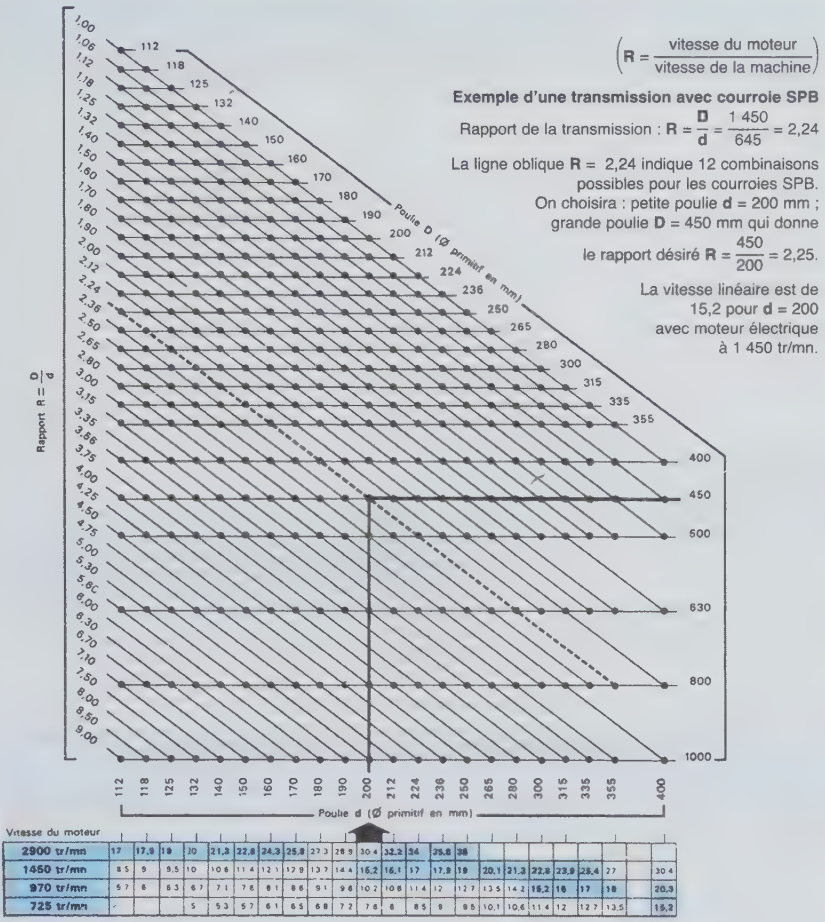
Puissances transmissibles par courroie série étroite crantée VP2 et CSE (10 x 8)

n (tr / min)	R = D / d	P_b = puissance brute (kW) pour L_p = 1 600 mm et α = 180° (arc de contact) — d (mm) =																	
		63	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	180	200
200	R < 1,06	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
	1,06 à 1,11	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
	1,12 à 1,24	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
	1,25 à 1,59	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3
	1,6 ≤ R	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3
730	R < 1,06	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,5	4,0
	1,06 à 1,11	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9	3,1	3,5	4,0
	1,12 à 1,24	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,6	2,9	3,1	3,6	4,0
	1,25 à 1,59	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,6	3,1	3,6	4,0
	1,6 ≤ R	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	3,0	3,2	3,6	4,1
970	R < 1,06	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6	3,9	4,5	5,1
	1,06 à 1,11	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,5	5,1
	1,12 à 1,24	1,0	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,6	5,1
	1,25 à 1,59	1,0	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	4,0	4,6	5,2
	1,6 ≤ R	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,7	5,3
1455	R < 1,06	1,3	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,2	5,6	6,4	7,2
	1,06 à 1,11	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,8	4,2	4,5	4,8	5,2	5,6	6,5	7,3
	1,12 à 1,24	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,3	5,7	6,5	7,3
	1,25 à 1,59	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	4,6	4,9	5,3	5,7	6,6	7,4
	1,6 ≤ R	1,5	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,8	6,7	7,5
2910	R < 1,06	2,3	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	6,7	7,3	7,8	8,3	9,0	9,7	11,0	12,2
	1,06 à 1,11	2,4	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,4	6,8	7,4	7,9	8,4	9,2	9,8	11,1	12,3
	1,12 à 1,24	2,4	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,4	6,9	7,4	7,9	8,5	9,2	9,9	11,2	12,4
	1,25 à 1,59	2,5	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,6	7,0	7,6	8,1	8,7	9,4	10,1	11,4	12,6
	1,6 ≤ R	2,6	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,2	7,7	8,3	8,8	9,6	10,3	11,6	12,8

L_p	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2200	2240	2500
C_L	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	0,97	0,98	0,98	1,00	1,03	1,05	1,07	1,08

P	=	P_b	·	C_L	·	a
Puis. transmissible par courroie		Puis. brute par courroie		Correctif de longueur		Facteur d'arc de contact

Sélection des poulies pour courroies SPb et SPbX (16 x 13) type VP2 et CSE



$\left(R = \frac{\text{vitesse du moteur}}{\text{vitesse de la machine}}\right)$

Exemple d'une transmission avec courroie SPB

Rapport de la transmission : $R = \frac{D}{d} = \frac{1\,450}{645} = 2{,}24$

La ligne oblique **R** = 2,24 indique 12 combinaisons possibles pour les courroies SPB.
On choisira : petite poulie **d** = 200 mm ; grande poulie **D** = 450 mm qui donne le rapport désiré $R = \frac{450}{200} = 2{,}25$.

La vitesse linéaire est de 15,2 pour **d** = 200 avec moteur électrique à 1 450 tr/mn.

Vitesse linéaire des courroies (en m/s)

Vitesse linéaire conseillée

Facteur correctif d'arc de contact α °		
$\frac{D-d}{E}$	α °	a
0	180	1
0,0378	178	1
0,1112	174	0,99
0,1818	170	0,98
0,2498	166	0,97
0,3153	162	0,96
0,3783	158	0,95
0,4390	155	0,94
0,4975	151	0,93
0,5539	148	0,92
0,6082	145	0,91
0,6605	141	0,90
0,7110	138	0,89
0,7596	135	0,88
0,8095	132	0,87
0,8571	130	0,86
0,8953	127	0,85
0,9374	124	0,84
0,9780	121	0,83
1,0172	119	0,82
1,0550	116	0,81
1,0915	114	0,80
1,1267	111	0,79
1,1607	109	0,78
1,1936	107	0,77
1,2559	104	0,76
1,2253	102	0,75
1,2855	100	0,74
1,3140	98	0,73
1,3416	96	0,72
1,3682	94	0,71
1,3939	92	0,70
1,4188	90	0,69
1,4428	88	0,68
1,4659	86	0,67
1,4883	84	0,66
1,5099	82	0,65
1,5308	80	0,64
1,5510	78	0,63

Note : Le choix parmi les 12 solutions possibles est fonction :
- Du diamètre des poulies souhaité (possibilité d'alésage du moyeu en fonction de l'arbre).
- De la vitesse linéaire de la courroie.
- De l'encombrement poulies – courroies.

Longueurs primitives de courroies SPB type VP2 et CSE (16 x 13)

VP2	L_p = Longueur primitive standard (mm)														
1 250	1 400	1 600	1 800	2 000	2 240	2 500	2 800	3 150	3 550	4 000	4 500	5 000	6 300	8 000
1 280	1 450	1 650	1 850	2 060	2 300	2 580	2 900	3 250	3 650	4 120	4 620	5 300	6 700	
1 320	1 500	1 700	1 900	2 120	2 360	2 650	3 000	3 350	3 750	4 250	4 750	5 600	7 100	
1 360	1 550	1 750	1 950	2 180	2 430	2 720	3 070	3 450	3 850	4 370	4 870	6 000	7 500	

CSE	L_p = Longueur primitive standard (mm)			
1 250	1 500	1 800	2 100	2 500
1 320	1 600	1 900	2 240	
1 400	1 700	2 000	2 360	

Les références correspondent à la longueur primitive réelle L_p (mm) mesurée sous tension la norme ISO 4184.

Puissances tranmissibles par courroie série étroite lisse VP2 et CSE (10 x 8)

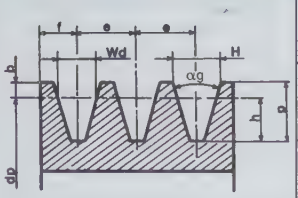
n (tr / min)	R = D / d	d (mm) =	P_b = puissance brute (kW) pour L_p = 3 350 mm et a = 180° (arc de contact)																					
		112	118	125	132	140	150	160	170	180	190	200	212	224	236	250	265	280	300	315	335	355	400
200	R < 1,06	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,6
	1,06 à 1,11	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,2	4,6	4,9	5,7
	1,12 à 1,24	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,7
	1,25 à 1,59	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,1	4,3	4,7	5,0	5,8
	1,6 ≤ R	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,1	5,8
730	R < 1,06	1,6	1,9	2,4	2,8	3,3	3,9	4,5	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	8,9	9,7	10,5	11,4	12,5	13,3	14,5	14,4	17,8
	1,06 à 1,11	1,7	2,1	2,5	2,9	3,4	4,0	4,6	5,2	5,8	6,4	7,0	7,7	8,3	9,0	9,8	10,7	11,5	12,6	13,4	14,5	15,6	18,0
	1,12 à 1,24	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1	7,8	8,5	9,1	9,9	10,8	11,6	12,7	13,6	14,6	15,7	18,1
	1,25 à 1,59	1,9	2,2	2,7	3,1	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	7,9	8,6	9,3	10,1	11,0	11,8	12,9	13,7	14,8	15,9	18,3
	1,6 ≤ R	1,9	2,3	2,7	3,2	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	8,1	8,8	9,5	10,3	11,1	12,0	13,1	14,0	15,1	16,2	18,6
970	R < 1,06	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,9	5,6	6,4	7,2	7,9	8,7	9,5	10,4	11,3	12,3	13,4	14,4	15,8	16,9	18,2	19,5	22,4
	1,06 à 1,11	2,1	2,6	3,1	3,7	4,3	5,1	5,8	6,6	7,4	8,1	8,9	9,7	10,6	11,5	12,5	13,6	14,6	16,0	17,1	18,4	19,7	22,6
	1,12 à 1,24	2,2	2,7	3,2	3,8	4,4	5,2	6,0	6,7	7,5	8,2	9,0	9,9	10,8	11,6	12,7	13,7	14,8	16,2	17,2	18,6	19,9	22,8
	1,25 à 1,59	2,3	2,8	3,3	3,9	4,5	5,3	6,1	6,9	7,7	8,4	9,2	10,1	11,0	11,9	12,9	14,0	15,0	16,4	17,5	18,8	20,2	23,1
	1,6 ≤ R	2,3	2,8	3,4	4,0	4,6	5,4	6,2	7,0	7,8	8,6	9,4	10,3	11,2	12,1	13,1	14,2	15,3	16,7	17,8	19,1	20,5	23,4
1 455	R < 1,06	2,4	3,1	3,9	4,7	5,6	6,7	7,7	8,8	9,9	10,9	12,0	13,2	14,4	15,6	17,0	18,4	19,8	21,6	23,0	24,7	26,3	29,8
	1,06 à 1,11	2,7	3,4	4,2	4,9	5,8	6,9	8,0	9,1	10,2	11,2	12,3	13,5	14,7	15,9	17,3	18,7	20,1	21,9	23,3	25,0	26,3	30,1
	1,12 à 1,24	2,8	3,5	4,3	5,1	6,0	7,1	8,2	9,3	10,4	11,4	12,5	13,7	14,9	16,1	17,5	19,0	20,4	22,2	23,5	25,2	26,9	30,3
	1,25 à 1,59	3,0	3,7	4,5	5,3	6,2	7,3	8,5	9,6	10,6	11,7	12,8	14,0	15,2	16,5	17,8	19,3	20,7	22,5	23,9	25,6	27,3	30,7
	1,6 ≤ R	3,1	3,8	4,6	5,4	6,4	7,5	8,6	9,8	10,9	12,0	13,0	14,3	15,6	16,8	18,2	19,7	21,1	23,0	24,3	26,1	27,8	31,3
2 910	R < 1,06	2,9	4,1	5,4	6,8	8,3	10,1	11,9	13,6	15,2	16,7	18,2	19,9	21,5	22,9	24,4	25,9	Vitesse linéaire supérieure à 32 m / s					
	1,06 à 1,11	3,4	4,6	6,0	7,3	8,9	10,7	12,4	14,1	15,8	17,3	18,8	20,5	22,1	23,5	25,0	26,5						
	1,12 à 1,24	3,7	5,0	6,3	7,7	9,2	11,1	12,8	14,5	16,2	17,7	19,2	20,9	22,5	24,0	25,5	26,9						
	1,25 à 1,59	4,1	5,3	6,7	8,1	9,6	11,5	13,3	15,0	16,7	18,3	19,8	21,5	23,1	24,6	26,1	27,6						
	1,6 ≤ R	4,2	5,5	6,9	8,3	9,9	11,8	13,6	15,4	17,1	18,8	20,3	22,1	23,7	25,3	26,9	28,4						
L_p		1 250	1 400	1 600	2 000	2 240	2 500	2 800	3 350	3 550	4 000	4 500	5 000	5 600	6 300	7 100	8 000						
C_L		0,82	0,84	0,88	0,90	0,92	0,94	0,97	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,13	1,15						

Puissances transmissibles par courroie série étroite crantée CSE- SPBX (16 x 13)

n (tr / min)	R = D / d	d (mm) =	P_b = puissance brute (kW) pour L_p = 3 350 mm et a = 180° (arc de contact)																					
		112	118	125	132	140	150	160	170	180	190	200	212	224	236	250	265	280	300	315	335	355	400
200	R < 1,06	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,1	5,5	6,3
	1,06 à 1,11	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8	4,1	4,5	4,8	5,1	5,5	6,3
	1,12 à 1,24	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6	3,9	4,1	4,5	4,8	5,1	5,5	6,3
	1,25 à 1,59	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,2	5,6	6,4
	1,6 ≤ R	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2	4,6	4,9	5,2	5,6	6,4
730	R < 1,06	2,9	3,3	3,8	4,3	4,8	5,4	6,1	6,7	7,4	8,0	8,6	9,4	10,1	10,9	11,8	12,7	13,6	14,9	15,8	17,0	18,2	20,9
	1,06 à 1,11	3,1	3,5	3,9	4,4	4,9	5,5	6,2	6,8	7,5	8,1	8,8	9,5	10,3	11,0	11,9	12,8	13,8	15,0	15,9	17,1	18,3	21,0
	1,12 à 1,24	3,1	3,5	4,0	4,4	5,0	5,6	6,3	6,9	7,6	8,2	8,8	9,6	10,4	11,1	12,0	12,9	13,9	15,1	16,0	17,2	18,4	21,1
	1,25 à 1,59	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,7	6,3	7,0	7,7	8,3	8,9	9,7	10,5	11,2	12,1	13,1	14,0	15,2	16,1	17,4	18,6	21,3
	1,6 ≤ R	3,2	3,6	4,1	4,5	5,1	5,7	6,4	7,1	7,7	8,4	9,0	9,8	10,6	11,3	12,2	13,2	14,1	15,4	16,3	17,5	18,8	21,5
970	R < 1,06	3,8	4,3	4,9	5,5	6,2	7,0	7,9	8,7	9,5	10,4	11,2	12,2	13,1	14,1	15,2	16,4	17,6	19,2	20,4	21,9	23,4	26,8
	1,06 à 1,11	3,9	4,4	5,0	5,6	6,3	7,2	8,0	8,8	9,7	10,5	11,3	12,3	13,3	14,3	15,4	16,6	17,8	19,4	20,5	22,1	23,6	27,0
	1,12 à 1,24	4,0	4,5	5,1	5,7	6,4	7,3	8,1	9,0	9,8	10,6	11,5	12,4	13,4	14,4	15,5	16,7	17,9	19,5	20,7	22,2	23,7	27,1
	1,25 à 1,59	4,1	4,6	5,2	5,8	6,5	7,4	8,2	9,1	9,9	10,8	11,6	12,6	13,6	14,6	15,7	16,9	18,1	19,7	20,9	22,4	23,9	27,3
	1,6 ≤ R	4,1	4,6	5,2	5,9	6,6	7,4	8,3	9,2	10,0	10,9	11,7	12,7	13,7	14,7	15,9	17,1	18,3	19,9	21,1	22,7	24,2	27,6
1 455	R < 1,06	5,3	6,1	7,0	7,8	8,8	10,0	11,3	12,5	13,7	14,8	16,0	17,4	18,8	20,2	21,8	23,4	25,1	27,2	28,8	30,9	32,9	37,2
	1,06 à 1,11	5,6	6,3	7,2	8,1	9,0	10,3	11,5	12,7	13,9	15,1	16,3	17,7	19,1	20,4	22,0	23,7	25,3	27,5	29,1	31,1	33,2	37,5
	1,12 à 1,24	5,7	6,4	7,3	8,2	9,2	10,4	11,6	12,9	14,1	15,3	16,4	17,8	19,2	20,6	22,2	23,9	25,5	27,7	29,3	31,3	33,4	37,7
	1,25 à 1,59	5,8	6,5	7,4	8,3	9,3	10,6	11,8	13,0	14,2	15,4	16,6	18,1	19,5	20,8	22,4	24,1	25,8	28,0	29,5	31,6	33,7	38,0
	1,6 ≤ R	5,8	6,6	7,5	8,4	9,4	10,7	11,9	13,2	14,4	15,6	16,8	18,2	19,7	21,1	22,7	24,4	26,1	28,3	29,9	32,0	34,0	38,4
2 910	R < 1,06	9,3	10,6	12,2	13,8	15,5	17,7	19,8	21,8	23,8	25,8	27,7	29,9	31,9	34,0	36,2	38,4	Vitesse linéaire supérieure à 32 m / s					
	1,06 à 1,11	9,7	11,1	12,7	14,2	16,0	18,1	20,2	22,3	24,3	25,3	28,1	3,03	32,4	34,4	36,7	38,9						
	1,12 à 1,24	9,9	11,3	12,9	14,5	16,3	18,4	20,5	22,6	24,6	26,6	28,5	30,7	32,8	34,8	37,0	39,2						
	1,25 à 1,59	10,1	11,5	13,1	14,7	16,5	18,7	20,9	23,0	25,0	27,0	28,9	31,1	33,2	35,3	37,5	39,7						
	1,6 ≤ R	10,2	11,6	13,3	14,9	16,7	18,9	21,1	23,2	25,3	27,3	29,2	31,5	33,7	35,7	38,0	40,3						
L_p		1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500															
C_L		0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97															

P	=	P_b	.	C_L	.	a
Puis. transmissible par courroie		Puis. brute par courroie		Correctif de longueur		Facteur d'arc de contact

Profil des gorges des poulies les plus utilisées en série étroite

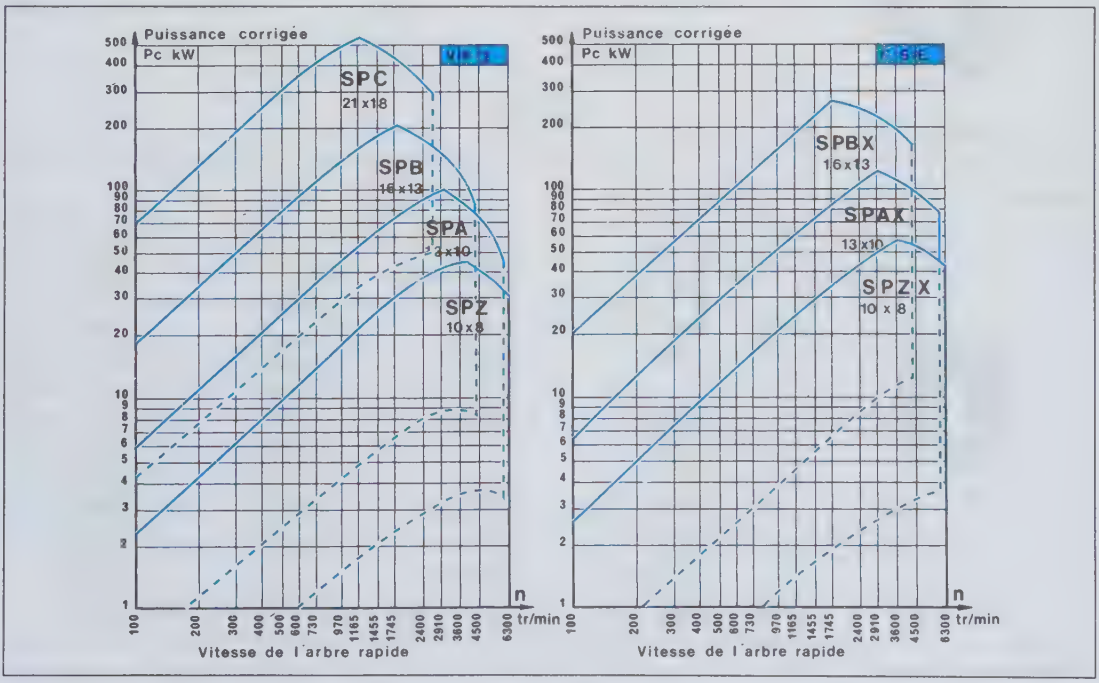


Profil Courroies étroites	Dimensions (mm) W_d	b_{min}	h_{min}	e	f	αg 38°	αg 36°	αg 34°	Diamètre de référence des poulies dp	Longueurs de référence des courroies	
SPZ VP2-CSE 10 × 8	8,5	2,5	9	12	8	> 80		≤ 80	63 à 400	VP2 CSE	500 à 3 550 600 à 2 500
SPA VP2-CSE 13 × 10	11	3	11	15	10	> 118		≤ 118	71 à 630	VP2 CSE	750 à 4 000 250 à 2 500
SPB VP2-CSE 16 × 13	14	3,5	14	19	12,5	> 190		≤190	112 à 1 000	VP2 CSE	1 250 à 8 000 1 250 à 2 500
SPC VP2 21 × 18	19	5	19	25,5	17	> 315		≤315	170 à 1 600	VP2	2 000 à 12 500

Facteurs de service (s)

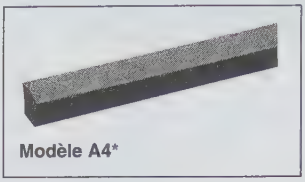
	Conditions de fonctionnement								
	8 heures/jour			16 heures/jour			24 heures/jour		
Couple	uniforme	variable	très variable	uniforme	variable	très variable	uniforme	variable	très variable
Moteur électrique usuel (Cd = Cn ≤2)	1	1,12	1,25	1,12	1,25	1,40	1,18	1,32	1,50
Démarrages ou inversions de sens fréquents	1,12	1,25	1,40	1,25	1,40	1,60	1,32	1,40	1,70
Moteur électrique à couple de démarrage élevé Moteur diesel à 1 ou 2 cylindres	1,18	1,32	1,50	1,32	1,50	1,70	1,40	1,60	1,80
Inversions de sens ou démarrages fréquents à fort couple de démarrage	1,32	1,50	1,70	1,50	1,70	1,90	1,60	1,80	2

Choix de la section d'une courroie série étroite

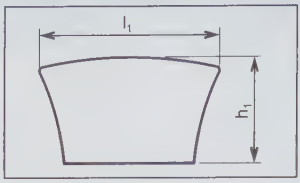


16.1.12. Courroies et poulies trapézoïdales

Courroies trapézoïdales enveloppées de section classique

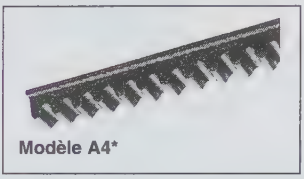


Modèle A4*

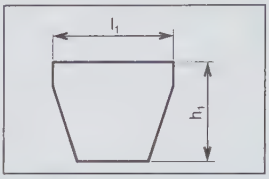


Code	l_1 mm	h_1 mm	Longueur de référence	Matière
Z	10	6	550 à 1 820	Mélange en caoutchouc de haute qualité
A	13	8	595 à 4 050	
B	17	11	770 à 4 625	
C	22	14	1 165 à 7 135	
D	32	19	3 130 à 5 085	

Courroies trapézoïdales moulées crantées de section étroite



Modèle A4*



Code	l_1 mm	h_1 mm	Longueur de référence	Matière
SPZ MN	10	8	563 à 3 000	Mélange en élastomère de haute qualité
SPA MN	13	10	732 à 4 250	
SPB MN	16	13	1 250 à 6 300	
SPC MN	22	18	2 120 à 5 000	

Matière

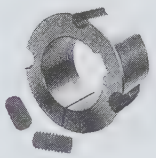
– Mélange en élastomère de haute qualité.
– Construction à flancs nus meulés.

Utilisation

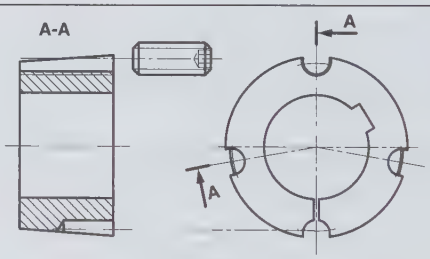
– Le caoutchouc moulé assure la réduction et la répartition uniforme de la chaleur et des contraintes provenant de la flexion de la courroie.
– Les flancs rectilignes meulés permettent une assise plus régulière dans les gorges de la poulie.

Poulies à gorges trapézoïdales à moyeu amovible (gorges suivant DIN 2211)

Moyeu amovible



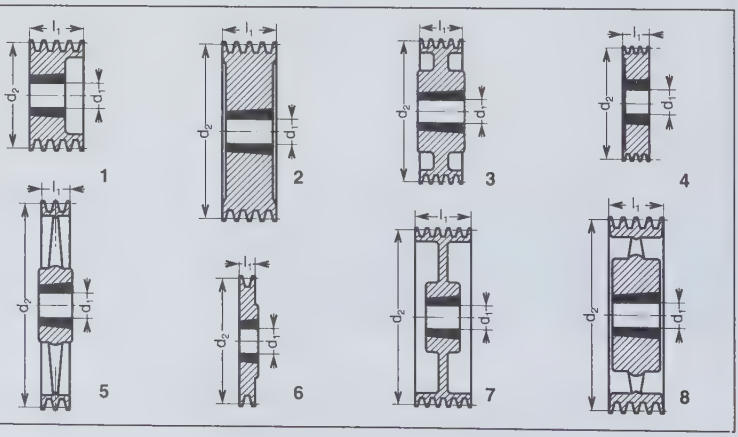
Modèle A5*



Poulies



Modèle A7*



* Références constructeur.

16.2.1. Différents types d'engrenages

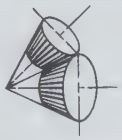


Denture droite

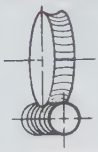


Chevrons

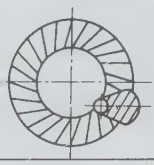
Engrenages cylindriques
– **Dentures droites :**
– Supportent les déplacements axiaux.
– N'engendrent pas les efforts axiaux.
– Rapports d'engrenage :
- de 1 à 8 : transmission de puissance
- de 1 à 40 : applications cinématiques
– **Dentures hélicoïdales :**
– Efforts axiaux sur les paliers.
– Engrènement souple et silencieux.



Engrenages coniques
– Les sommets des cônes sont confondus avec le point de concours des axes.
– Engendrent des efforts axiaux et radiaux sur les paliers.



Engrenages à roue et vis sans fin sont caractérisés par leur angle d'hélice
– Le sens de l'hélice est identique.
– Le rendement (faible : de 40 à 70 %) dépend des matériaux et de la lubrification.
– Rapport d'engrenage de 10 à 100.
– L'engrenage est souvent utilisé pour sa propriété d'irréversibilité (fonction du nombre de filets et des matériaux).



Engrenages hypoïdes
– Ces engrenages spéciaux et complexes ne sont utilisés que pour des applications particulières et ne sont fabriqués que sous conditions particulières connues des spécialistes.
(Transmission automobile)

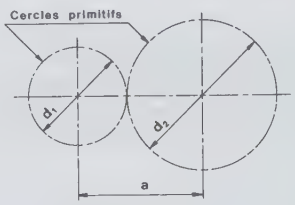
16.2.2. Définitions cinématiques

– Entraxe (a)
Plus courte distance entre les axes d'un engrenage parallèle ou gauche.
– Angle des axes (Σ)
Plus petit angle dont on doit faire tourner un des axes pour l'amener en superposition (engrenage concourant) ou en parallélisme (engrenage gauche) avec l'autre, de telle sorte que les sens de rotation des roues soient opposés.
– Rapport d'engrenage (u)

$$\frac{\text{Nombre de dents à la roue}}{\text{Nombre de dents au pignon}} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

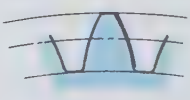
– Rapport de transmission (i)

$$i = \frac{\overline{\omega_{sortie/0}}}{\overline{\omega_{entrée/0}}}$$





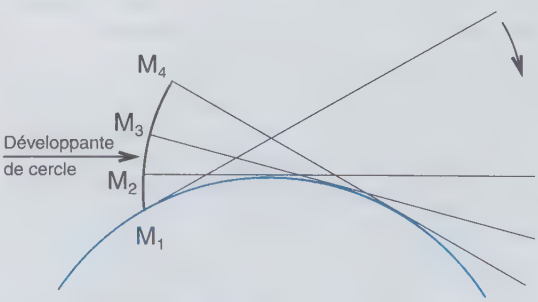
Flanc



Profil

16.2.3. Caractéristiques de denture

– Flancs
Portions de la surface d'une dent comprise entre la surface de tête et la surface de pied.
– Ligne de flanc
Intersection d'un flanc avec la surface primitive de référence.
– Profil
Section d'un flanc par une surface donnée définie par rapport à la surface primitive de référence.
– Développante de cercle
Définie par la trajectoire d'un point (M) situé sur une droite qui roule sans glisser sur un cercle.
– Modules normalisés (m) NF E 23-011



Valeurs principales (mm)
0,5 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,25 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50
Valeurs secondaires (mm)
0,55 - 0,7 - 0,9 - 1,125 - 1,375 - 1,75 - 2,25 - 2,75 - 3,5 - 4,5 - 5,5 - 7 - 9 - 11 - 14 - 18 - 22 - 28 - 36 - 45
Valeurs admises à titre exceptionnel
0,75 - 3,25 - 3,75 - 6,5

16.2.4. Roues et engrenages cylindriques denture droite

– Diamètre primitif (d)*
Diamètre du cercle primitif de référence ou de fonctionnement.

– Diamètre de pied (d_f)
Diamètre du cercle de pied.

– Diamètre de tête (d_a)
Diamètre du cercle de tête.

– Largeur de denture (b)
Largeur de la partie dentée d'une roue, mesurée suivant une génératrice du cylindre primitif.

– Hauteur de dent (h)
Distance radiale entre le cercle de tête et le cercle de pied.

– Saillie (h_a)
Distance radiale entre le cercle de tête et le cercle primitif.

– Creux (h_f)
Distance radiale entre le cercle de pied et le cercle primitif.

– Déport de denture (w)
Distance entre l'axoïde de génération (lié à l'outil) et la ligne de référence de la crémaillère génératrice.
Il est possible, par ces corrections de denture (déport), d'améliorer sensiblement les performances des engrenages. On se reportera, pour plus d'information, à des ouvrages spécialisés.

– Coefficient de déport (x)
Quotient du déport, en mm, par le module réel.

– Module (m)
Quotient du pas exprimé en mm par le nombre π.
Quotient du diamètre primitif par le nombre de dents.

– Pas (p)
Longueur de l'arc (mm) compris entre les lignes de flanc de deux flancs consécutifs.

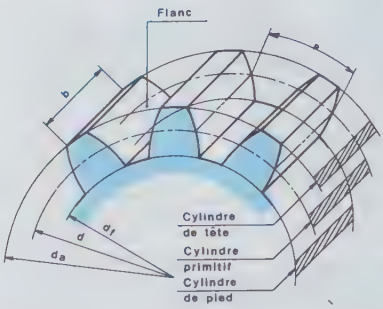
– Nombre de dents (z)

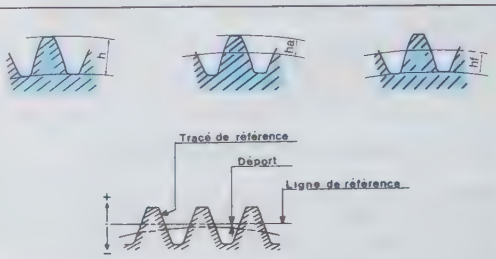
– Cercle de base
Dans une roue cylindrique à développante « cercle de base » des développantes de cercle des profils.

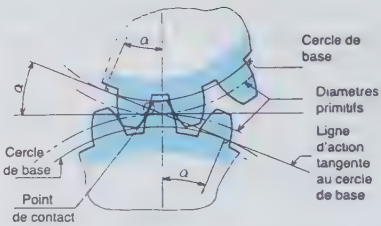
– Crémaillère de référence NF E 23-011
Les dimensions de denture normalisées d'un système de roues à développante sont définies par le tracé de la crémaillère de référence. Une roue est dite à **denture normale** si elle est engendrée par une crémaillère dont la ligne de référence est tangente au cylindre primitif. Elle est dite à **denture déportée** si cette tangente au cylindre primitif n'est pas réalisée.

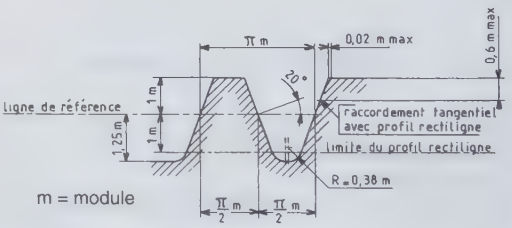
– Ligne d'action et angle de pression (α)
Normale commune à deux profils conjugués en leur point de contact.
Dans un engrenage à développante, la ligne d'action est une droite fixe, tangente commune aux deux cercles de base et inclinée suivant un angle (α) appelé **angle de pression**.

* La norme NF E 23-006 (1965) précise que (d) indique le diamètre primitif. On rencontre encore cependant les notations (dp) ou (DP).









Caractéristiques des engrenages cylindriques à denture droite normale (α = 20°)

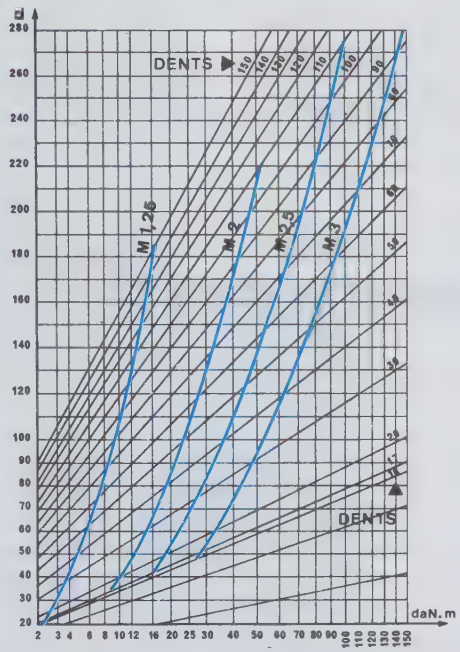
Diamètre primitif	$d = m \cdot z$
Pas	$p = m \cdot \pi$
Saillie	$h_a = m$
Creux	$h_f = 1{,}25\ m$
Hauteur de dent	$h = 2{,}25\ m$
Diamètre de tête	$d_a = d + 2\ h_a = d + 2\ m$
Diamètre de pied	$d_f = d - 2\ h_f = d - 2{,}5\ m$
Largeur de denture	$b = Km$ avec $7 \leq K \leq 12$ suivant la qualité de l'engrenage

16.2.5. Détermination des engrenages

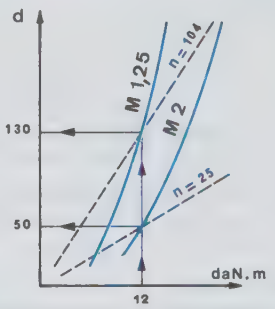
– **Cas des produits manufacturés :** le fabricant indique la valeur du couple admissible, le calcul des engrenages se ramène à un choix de roues ou de pignons à partir de l'étude mécanique (couple admissible).
– **Cas de création d'un nouveau produit :** les calculs doivent porter sur la pression limite admissible au niveau des dentures, des calculs complexes sont du domaine du spécialiste (voir par exemple les travaux de G. Henriot ou du CETIM et la norme expérimentale NF E 23-015).

Détermination approchée à l'aide d'abaques

Abaque n° 1

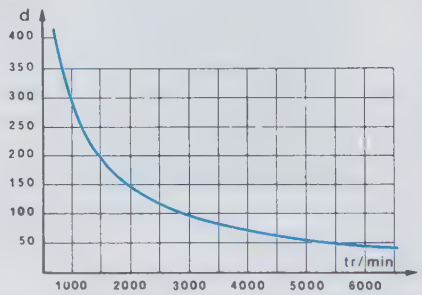


Abaque n° 1 - Le couple de référence (voir ci-dessous) est : pour la roue menante, le couple moteur corrigé ou non par le coefficient d'utilisation et, pour la roue menée, le couple récepteur corrigé ou non par le coefficient d'utilisation.
On lit en abscisse la valeur du couple.
La verticale élevée de ce point rencontre les courbes matérialisant les modules. À partir de l'un de ces points de rencontre, on connaît en ordonnée le diamètre primitif minimum de l'engrenage de module correspondant capable de transmettre le couple. De même, par ce point, une oblique matérialisant le nombre de dents indique le nombre de dents minimum de cet engrenage. Les engrenages ayant été choisis, il y a lieu de vérifier la vitesse d'utilisation.



Exemple d'utilisation de l'abaque n° 1
Engrenage capable de C = 12 daN.m
– en module 2 Z ≥ 25 dents (D ≥ 50 mm)
– en module 1,25 Z ≥ 104 dents (D ≥ 130 mm)

Abaque n° 2



Abaque n° 2 - Il donne les vitesses admissibles en tr/min en fonction du diamètre primitif. La courbe est établie pour des vitesses d'engrènement de 15 m/s.
La courbe délimite la zone d'utilisation conseillée.
On lit en ordonnée le diamètre primitif de l'engrenage choisi ; à l'horizontale de ce point, on rencontre la courbe et à la verticale de ce point, on lit en abscisse la vitesse en tr/min à ne pas dépasser.

Coefficient d'utilisation

C'est en principe le couple moteur qui est pris en compte avec toutefois des corrections qui tiennent compte de l'utilisation :
– moteur électrique : double le couple moteur théorique afin de tenir compte des surcharges au démarrage ;
– embrayage sur le couple moteur : doubler le couple moteur théorique afin de tenir compte des conditions de « brutalité » de l'embrayage et des masses qu'il y a lieu de démarrer ;
– chocs importants sans embrayage ni démarrages fréquents : multiplier par trois le couple normal d'utilisation.

16.2.6. Roues cylindriques droites

Généralités

Un engrenage parallèle est un mécanisme composé de deux roues cylindriques permettant une transmission de couple entre deux arbres parallèles et sans glissement. L'une des roues entraîne l'autre par l'action des dents successivement en contact. La roue qui a le plus petit nombre de dents est appelée pignon. Une combinaison d'engrenages est appelée train d'engrenages. Toutes les roues cylindriques de même module engrènent entre elles, quels que soient leur diamètre et leur nombre de dents. Les dimensions de la denture sont calculées en fonction du nombre de dents de la roue et du module. Les pas et modules répondent aux normes DIN 780.

Indications concernant les valeurs de couples
Les calculs de la résistance des roues dentées reposent sur les notions de résistance au « *pitting* » du flanc de dent et de la contrainte exercée au pied de la dent. Le coefficient d'application a été fixé à $k_A = 1{,}25$ pour un engrenage industriel en service continu et sujet à des chocs peu importants. Le rapport d'engrenage a été fixé à i = 1. Tous les autres coefficients sont conformes aux tableaux DIN pour des conditions normales de fonctionnement et d'environnement. La durée de vie est importante suivant les conditions de fonctionnement et avec une lubrification appropriée.
Les formules ci-dessous sont applicables aux roues cylindriques avec des dents droites en forme de développante de cercle et un angle de pression de 20°.



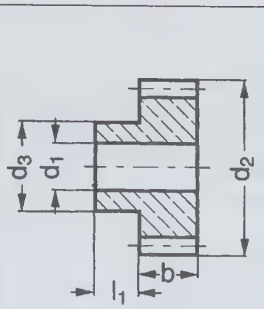
Sens opposé de rotation

Formules de calcul

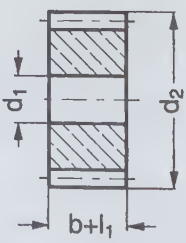
À déterminer	Unités connues	Formule
Nombre de dents : z	Ø primitif de référence et module	$z = \frac{d}{m}$
	Ø de tête et module	$z = \frac{d_a - 2m}{m} = \frac{\pi d}{p}$
Module : m en mm	Pas	$m = \frac{p}{\pi}$
	Ø de tête et nombre de dents	$m = \frac{d_a}{z+2}$
	Ø primitif de référence et nombre de dents	$m = \frac{d}{z}$
Ø primitif de référence : d en mm	Nombre de dents et module	$d = z.m$
	Nombre de dents et Ø de tête	$d = \frac{z.d_a}{z+2}$
	Ø de tête et module	$d = d_a - 2m$

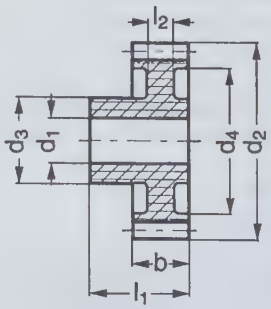
À déterminer	Unités connues	Formule
Ø de tête : d_a en mm	Nombre de dents et module	$d_a = (z+2).m$
	Nombre de dents et Ø primitif de référence	$d_a = d + \frac{2d}{z}$
	Ø primitif de référence et module	$d_a = d + 2\,m$
Entraxe : a en mm	Nombre de dents et module	$a = \left(\frac{z+z_2}{2}\right).m$
	Ø primitif de référence et Ø primitif de référence	$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$
Rapport de réduction : i	Nombre de dents et nombre de dents	$i = \frac{z_2}{z_1}$
	Nombre de tours et nombre de tours	$i = \frac{n_1}{n_2}$
Couple en Nm	Puissance et nombre de tours	$T = \frac{P}{\omega}$
Vitesse périphérique : v en m/sec	Ø primitif de référence et nombre de tours	$v = \frac{\pi.d.n}{60\,000}$
P : watt n : tr/s	ω : $2\pi n$ ω : rad/s	

Dimensionnement



Jusqu'à 30 dents

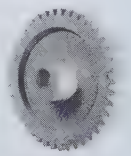




32 dents et plus



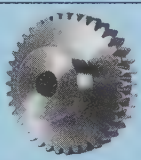
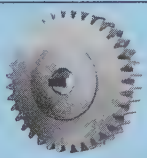
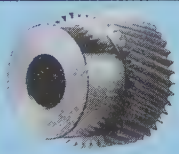
Modèle A1.253*



Modèle A1.264*

* Références constructeur.

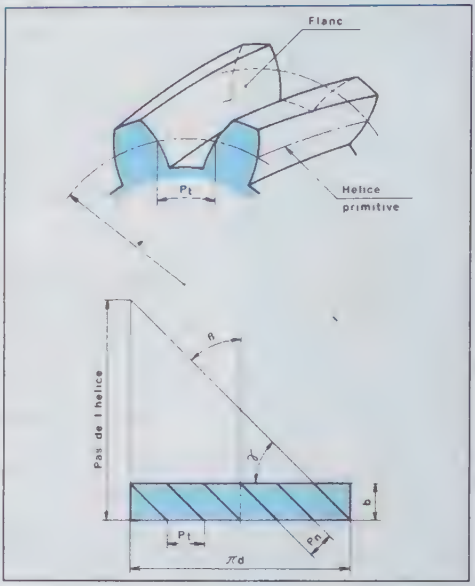
Guide de choix d'un type de roues cylindriques droites

Aptitudes → / Type ↓	Matière et références ↓	Modules ↓	Type de denture ↓	Largeur b ↓ mm	Observations
 **Roue cylindrique droite en laiton**	Laiton A1-253 à A1-283*	0,3 à 1	Denture droite Angle de pression : 20°	2 à 6,5	– Sur demande, fournies avec rainure de clavetage
 **Roue cylindrique droite acier**	Acier 9 S Mn 28 K Acier inox A1-26 à A1-37*	0,5 à 6 1 à 3	Denture droite Angle de pression : 20°	4 à 50 10 à 25	– Sur demande fournies avec rainure de clavetage
 **Roue cylindrique droite en Hostaform**	Résine acétale Hostaform A1-264 à A1-344*	0,5 à 3	Denture droite Angle de pression : 20°	3 à 19	– Modèle moulé – Sur demande, fournies avec rainure de clavetage
 **Roue cylindrique droite en Delrin**	Delrin A1-265 à A1-335*	0,5 à 3	Denture droite Angle de pression : 20°	4 à 25	– Modèle usiné – Sur demande, fournies avec rainure de clavetage
 **Roue cylindrique droite de précision**	Acier 16 Mn Cr 5 A1-317 à A1-347*	1,5 à 3	Denture droite Angle de pression : 20°	15 et 20	– Cémenté et trempé 58 ± 2 HRC – Denture et surface rectifiées – Classe de précision : ISO 7 – Rainure de clavetage normalisée – Utilisées pour les crémaillères de précision
 **Roue cylindrique hélicoïdale**	Laiton A1-41*	0,3 et 0,5	Denture hélicoïdale 20° droite et gauche Angle de pression : 20°	5 et 10	– Dents fraisées – Dans une série de modules, les roues hélicoïdales s'engrènent de façon croisée (page 551)

* Références constructeur.

16.2.7. Roues et engrenages cylindriques à denture hélicoïdale à axes parallèles

– **Hélice primitive de référence**
Intersection d'un flanc avec le cylindre primitif de référence d'une roue hélicoïdale.
– **Pas apparent (p_t)**
Longueur de l'arc de cercle primitif compris entre deux profils homologues.
– **Pas réel (p_n)**
Longueur de l'arc compris entre les lignes de flanc de deux flancs homologues consécutifs, mesurée le long d'une hélice du cylindre primitif orthogonal aux hélices primitives.
– **Pas hélicoïdal (p_z)**
Pas hélicoïdal de l'hélice primitive de référence d'une roue hélicoïdale.
– **Angle d'hélice (β)**
Angle d'hélice de l'hélice primitive de référence d'une roue hélicoïdale.
– **Angle d'inclinaison (γ)**
Inclinaison de l'hélice primitive de référence d'une roue hélicoïdale.
– **Module apparent (m_t)**
Quotient du pas apparent par le nombre π, ou quotient du diamètre primitif par le nombre de dents.
– **Module réel (m_n)**
Quotient du pas réel (en mm) par le nombre π.

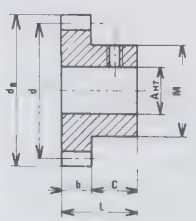


Caractéristiques des engrenages cylindriques à denture hélicoïdale à axes parallèles

Module réel	$m_n = p_n/\pi$	Saillie	$h_a = m_n$
Module apparent	$m_t = m_n/\cos\beta$	Creux	$h_f = 1{,}25\ m_n$
Pas apparent	$p_t = m_t.\pi$	Hauteur de dent	$h = 2{,}25\ m_n$
Pas réel	$p_n = m_n.\pi = p_t.\cos\beta$	Diamètre primitif	$d = m_t.z$
Pas d'hélice	$p_z = \pi d/\text{tg}\ \beta$	Angle d'hélice	$20° \leq \beta \leq 30°$

16.2.8. Roues et engrenages cylindriques à denture hélicoïdale à axes parallèles ou perpendiculaires

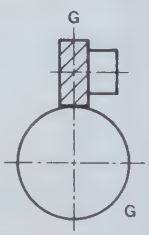
– Engrenages miniatures en acier XC 38





Grâce à leur denture inclinée à 45°, les engrenages hélicoïdaux permettent deux montages :

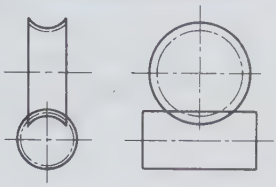
Axes parallèles	**Axes perpendiculaires**
choisir des sens d'inclinaison opposés	choisir des sens d'inclinaison identiques
1 à droite	les 2 à droite ou
1 à gauche	les 2 à gauche



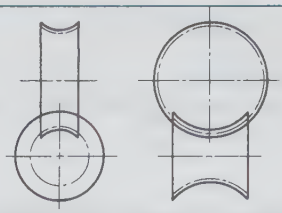
Cette denture est dite « inclinée à gauche »
– Lors de la commande, préciser la denture (gauche ou droite).

Dents	Module 0,5 d = 7 C = 7				Module 0,75 d = 10 C = 10				Module 1 d = 12 C = 12			
	d	da	A	M	d	da	A	M	d	da	A	M
20	14,14	15,14	4	12,5	21,21	22,71	6	17	28,28	30,28	8	24
30	21,21	22,21	4	15	31,81	33,31	6	17	42,43	44,43	8	26
40	28,28	29,28	5	15	42,42	43,92	6	17	56,57	58,57	8	28
50	35,35	36,35	5	15	53,03	54,53	8	17	70,71	72,71	8	28
60	42,43	43,43	6	18	63,63	65,13	8	17	84,85	86,85	10	30
80	56,57	57,57	6	18	84,85	86,35	8	17	113,14	115,14	10	30

16.2.9. Engrenages à axes orthogonaux (roue et vis sans fin) NF E 23-002



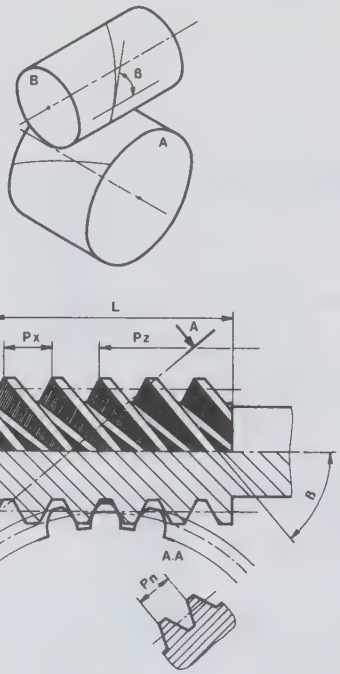
Engrenage (roue creuse) à vis cylindrique



Engrenage (roue creuse) à vis globique

Vis cylindrique

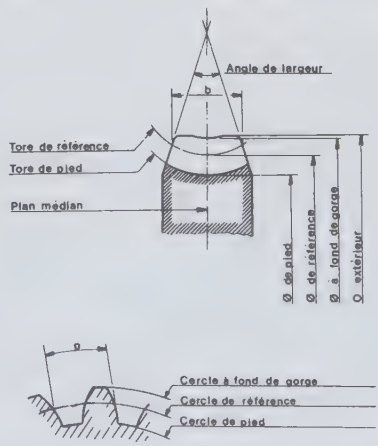
– Filet
Une des dents de la vis. Les vis peuvent comporter un ou plusieurs filets.
– Cylindre de référence
Surface primitive de référence de la vis.
– Hélice de référence
Hélice d'intersection d'un flanc avec le cylindre de référence de la vis.
– Pas hélicoïdal (p_x)
Distance axiale entre deux profils homologues successifs d'un même filet.
– Pas axial (p_z)
Distance axiale entre deux profils homologues consécutifs de la vis.
Quotient du pas de l'hélice par le nombre de filets.
– Module axial (m_x)
Quotient du pas axial par le nombre π.



Caractéristiques des engrenages à vis	
Module axial	$m_x = m_n/\cos\beta$
Pas axial	$p_x = m_x.\pi$
Pas hélicoïdal	$p_z = p_x.z$
Diamètre primitif	$d = p_z/\pi \text{ tang } \beta$
Diamètre de tête	$d_a = d + 2\ m_n$
Diamètre de pied	$d_f = d - 2{,}5\ m_n$

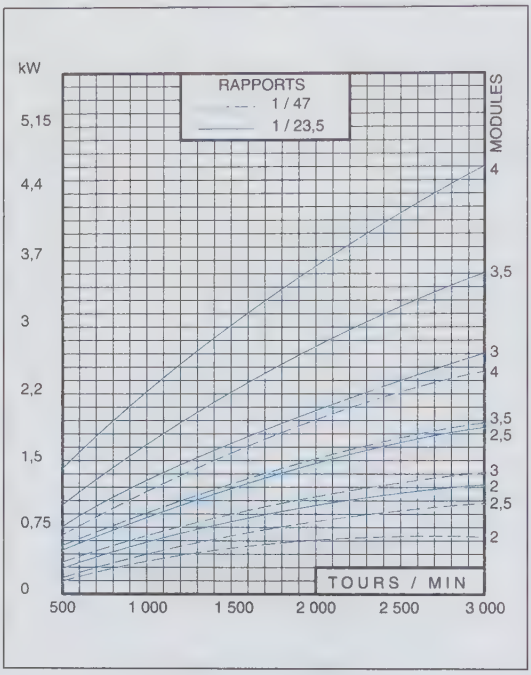
Roue creuse

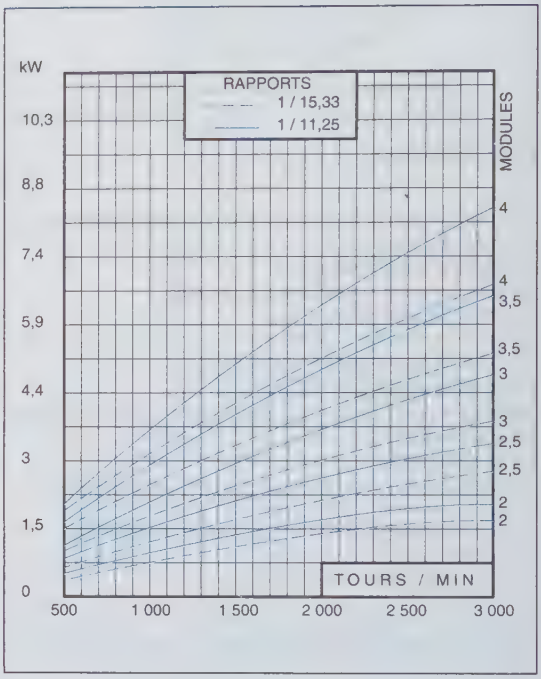
– Cercle de référence
Cercle intérieur de l'intersection du tore de référence par le plan médian.
– Cercle de fond de gorge
Cercle d'intersection de la gorge avec le plan médian.
– Cercle de pied
Cercle d'intersection du tore de pied avec le plan médian.
– Diamètre extérieur
Diamètre du cylindre extérieur.
– Diamètre de fond de gorge
– Diamètre de pied
– Diamètre de référence
– Pas de référence (p)
Longueur de l'arc de cercle de référence compris entre deux profils homologues consécutifs.
– Angle de largeur de denture (b)
Distance entre deux plans perpendiculaires à l'axe contenant les cercles d'intersection du tore de référence avec les faces latérales de la denture.

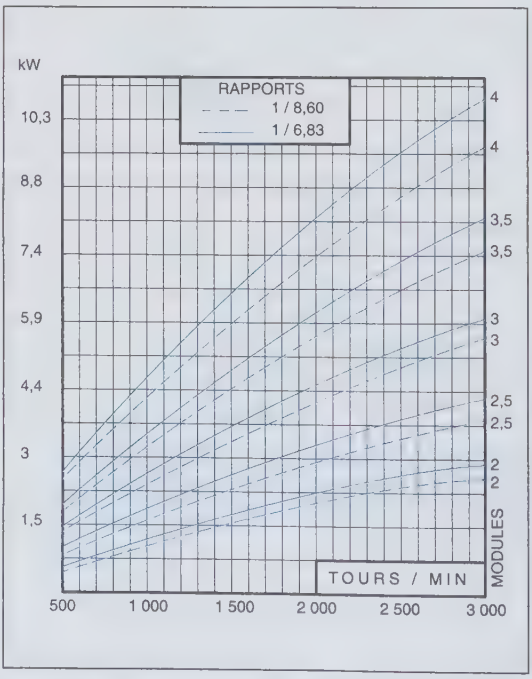


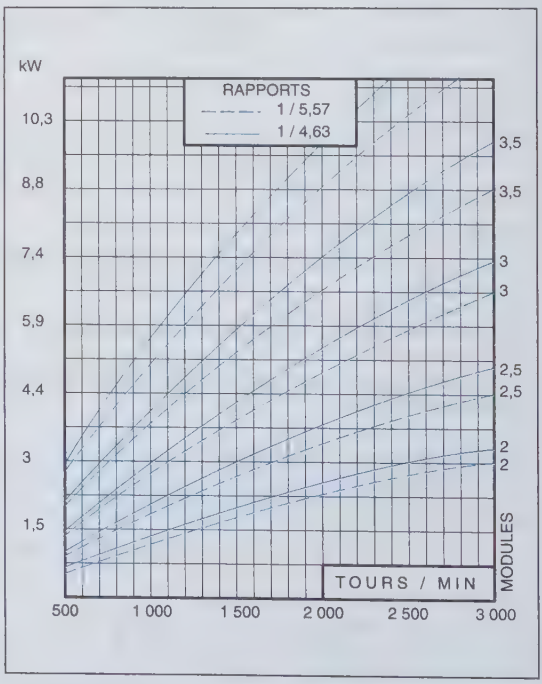
16.2.10. Détermination des couples « vis-roues »

Puissances transmissibles :
– En service continu
– Sous carter fermé
– Sans nécessité de refroidissement additionnel





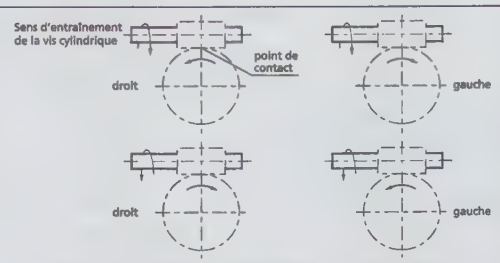




16.2.11. Engrenages à vis cylindriques

Généralités

L'ensemble vis cylindrique et roue à vis cylindrique est particulièrement silencieux et offre un montage pratique où le moteur (relié à la vis) se trouve à angle droit par rapport à l'arbre entraîné (monté dans la roue). Avec ce simple train, on peut réaliser des rapports de réduction de 5 à 83.
Le rendement et l'éventuelle caractéristique d'autofreinage qui en résulte sont fonction de l'angle de l'hélice et du nombre de filets de la vis en plus des coefficients de frottement des matériaux en contact. L'autofreinage ne dispense pas de l'utilisation d'un frein.
Cet ensemble nécessite une plus grande puissance motrice pour obtenir un même couple de sortie.
Les schémas ci-contre indiquent le sens de rotation de l'arbre menant (représenté par les flèches) et l'angle d'inclinaison (gauche ou droite) de la vis cylindrique.



Sens de rotation / description fonctionnelle

Formules de calcul et jeux des filets pour montage

Vis cylindrique

Désignation	Symboles	Formules
Nombre de filets vis Nombre de dents roue	z_v z_r	$z_v = \frac{\omega_v}{\omega} = \frac{n_v}{n} = \frac{z_r}{r}$
Angle d'hélice vis Angle d'hélice de la roue	β_v β_r	$\beta_v + \beta_r = 90°$
Module réel de la vis et de la roue	m_n	$m_n = m_x \cos \beta 1$
Module axial de la vis	m_x	$m_x = \frac{m_n}{\cos \beta_r} = \frac{p_x}{\pi} = \frac{m_n}{\sin \beta_v}$
Pas axial de la vis	p_x	$p_x = p_t$ (pas axial de la vis au pas apparent de la roue)
Pas de l'hélice	p_z	$p_z = z_v . p_x$
Diamètre primitif de la vis	d_v	$d_v = \frac{m_n z_v}{\sin \beta_v} = \frac{p_v}{\pi \tan \beta_v}$
Diamètre extérieur (tête de vis)	d_{av}	$d_{av} = d_v + 2\, m_n$
Diamètre intérieur (pied de vis)	d_{fv}	$d_{fv} = d_v - 2{,}5\, m_n$
Longueur de la vis	L	$L \approx 5\, p_x$ ou $6\, p_x$

n : tr/s
ω : rad/s
P : watts

Roues tangentes

Désignation	Symboles	Formules
Pas apparent de la roue	p_t	$p_t = \frac{p_n}{}$
Pas réel de la roue	p_n	$p_n = \pi m_n = p_x \cos \beta_v$
Extraxe entre vis et roue	e	$e = \frac{d_v + d_r}{2}$ d_r : diamètre primitif de la roue
Couple de freinage (Nm)	T	$T = \frac{P}{\omega}$ $\omega = 2\pi n$

Qualité des matériaux : données disponibles dans les groupes individuels de roues.

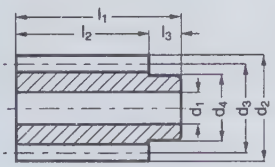
Engrenage à vis cylindrique

Jeu des filets pour montage carter entraxe 17 à 80 mm

Module	Maxi	Mini	Module	Maxi	Mini
0,3	0,17	0,12	**1,75**	0,228	0,175
0,4 + 0,5	0,18	0,13	**1,9 + 2,0**	0,23	0,18
0,6	0,19	0,14	**2,25 + 2,5**	0,24	0,19
0,7 + 0,75	0,20	0,15	**2,5**		
0,8 + 0,9	0,21	0,15	**2,75**	0,25	0,20
1,0 + 1,15	0,21	0,16	**3,0**	0,255	0,21
1,25 + 1,3	0,21	0,16	**3,5 + 4,0**	0,265	0,22
1,4 + 1,5	0,225	0,165			

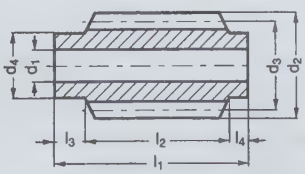
Dimensionnement

Vis cylindriques



Arbre creux : fraisée

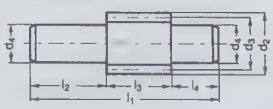
Série A1-60* module 0,5 à 2



Arbre creux : usinée

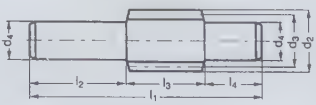
Série A1-61* module 3 à 6

Arbres pleins : fraisés



Modules de 0,5 à 2

Arbres usinés



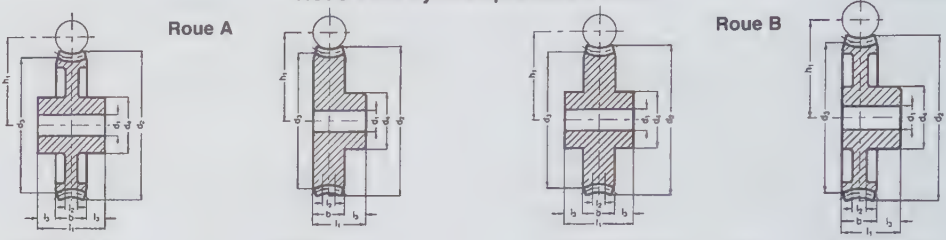
Modules de 3 à 6

Série A1-62*

* Références constructeur.

Dimensionnement (suite)

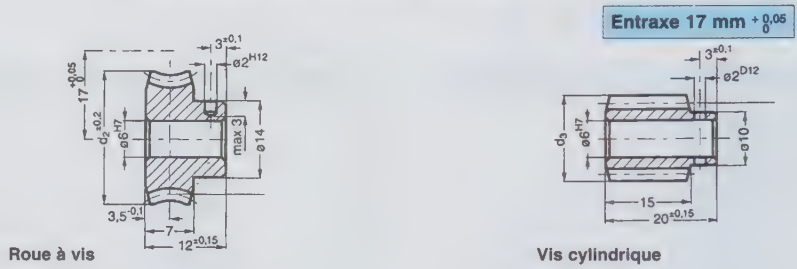
Roue à vis cylindrique série A1-63*



Modules 0,5 jusqu'à 1,0 — Modules 1,5 et 2,0 — Module 1,0 — Modules 1,5 et 2,0

Engrenage à vis cylindrique (montage carter) série A1-65*

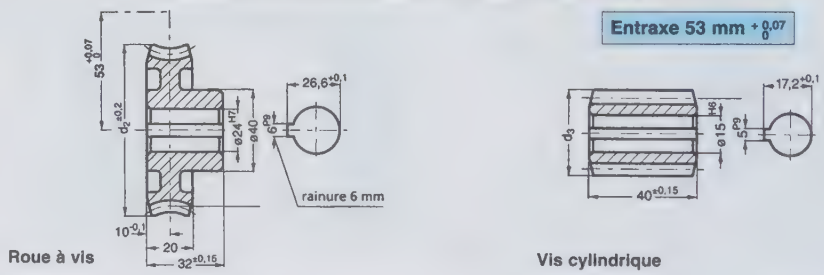
Entraxe 17 mm $^{+0,05}_{0}$



Roue à vis — Vis cylindrique

Engrenage à vis cylindrique (montage carter) série A1-72*

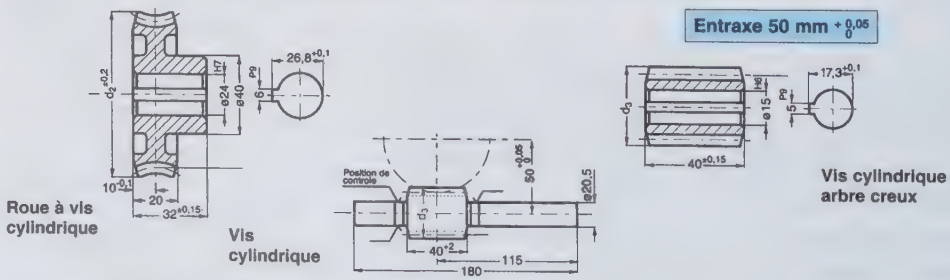
Entraxe 53 mm $^{+0,07}_{0}$



Roue à vis — Vis cylindrique

Engrenage à vis cylindrique (montage carter) série A1-74*

Entraxe 50 mm $^{+0,05}_{0}$

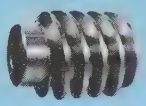
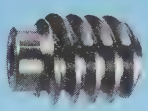
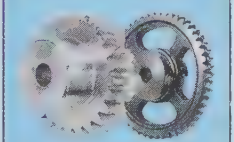


Roue à vis cylindrique — Vis cylindrique — Vis cylindrique arbre creux

√Ra 0,8 État des surfaces en contact : axes, alésages, denture.

* Références constructeur.

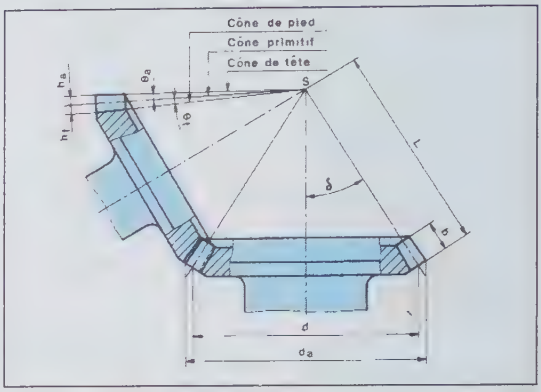
Guide de choix d'un type d'engrenages à vis cylindriques

Aptitudes → / Type ↓	Matière et références ↓	Modules ↓	Type de denture ↓	Alésage ou Ø de l'arbre ou b (roue) ↓ mm	Observations
 **Vis cylindrique arbre creux fraisée**	Acier 95 Mn 28 K Série A1-60*	0,5 à 2	Angle de pression : 20°	3 à 8 H7	– Angle d'inclinaison à droite : - filet simple ou - filet double
 **Vis cylindrique arbre creux usinée**	Acier C 45 Série A1-61*	3 à 6	Angle de pression : 20°	15 à 25 H7	– Angle d'inclinaison à droite : - filet simple ou - filet double
 **Vis cylindrique arbre plein**	Acier 95 Mn 28 K Acier C 45 Série A1-62*	0,5 à 2 3 à 6	Angle de pression : 20°	5,5 à 25 30 à 65	– Angle d'inclinaison à droite : - filet simple ou - filet double
 **Roue à vis cylindrique**	Bronze Série A1-63 Fonte Série A1-64*	0,5 à 2 3 à 6	Denture concave fraisée Angle de pression : 20°	Ø : 3 à 14 16 à 150 dents b : 3 à 14 Ø : 24 à 40 16 à 65 dents b : 24 à 40	– Angle d'inclinaison à droite : - filet simple ou - filet double
 **Engrenage à vis (creuse) cylindrique**	Roue : bronze Vis : acier 9,5 Mn 28 K Série A1-65 à A1-73*	0,3 à 3,5	Denture concave Angle de pression : 15°	18 à 100 dents Ø 6 à 32 b : 7 à 24	– Vis acier traité et rectifié dureté 57 ± 3 HRC – Angle d'inclinaison à droite – Montage dans le carter sans usinage : installation rapide.
 **Engrenage à vis à arbre plein**	Roue : bronze Vis : acier 95 Mn 28 K ou C 45 Série A1-74 à A1-76*	1 à 4	Denture concave Angle de pression : 15°	17 à 80 dents Ø : 24 à 32 b : 20 à 28	– Vis acier traité et rectifié dureté 57 ± 3 HRC – Arbre non traité – Angle d'inclinaison à droite – Montage dans le carter sans usinage : installation rapide.

* Références constructeur.

16.2.12. Engrenages coniques

– Cône primitif de référence
Surface primitive de référence d'une roue conique.
– Sommet
Sommet du cône primitif de référence d'une roue conique.
– Cône de pied
Surface de pied d'une roue conique.
– Cône de tête
Surface de tête d'une roue conique.
– Cône complémentaire interne ou moyen ou externe
Cône dont les génératrices sont perpendiculaires à celles du cône primitif, à l'extrémité interne (ou au milieu, ou externe) de la largeur de denture.
– Largeur de denture (b)
Largeur de la partie dentée de la roue, mesurée suivant une génératrice du cône primitif de référence.
– Angle primitif de référence (δ)
Angle entre l'axe et la génératrice du cône primitif de référence et contenant la génératrice de cône de pied.
– Angle de tête de pied (δ_a) ou de pied (δ_f)
Celui des deux demi-angles au sommet, supplémentaires de cône de tête (ou de pied) en dedans (ou en dehors) duquel se trouvent les dents de la roue.
– Cercle de tête (d_a) ou de pied (d_f)
Intersection du cône de tête (ou de pied) avec le cône complémentaire.
– Cercle primitif de référence
Cercle d'intersection du cône primitif de référence avec un plan perpendiculaire à l'axe.
– Diamètre primitif (d)
Diamètre du cercle primitif de référence.
– Diamètre de tête ou de pied
Diamètre du cercle de tête ou de pied.
– Saillie (h_a) ou creux (h_f)
Distance entre le cercle primitif et le cercle de tête (ou en creux) suivant la génératrice du cône complémentaire.



Caractéristiques des engrenages coniques droits à axes perpendiculaires

Nombre de dents	z_1 et z_2
Diamètres primitifs	$d_1 = mz_1$ et $d_2 = mz_2$
Angles primitifs	$\text{tg}\ \delta_1 = z_1/z_2$, $\text{tg}\ \delta_2 = z_2/z_1$
Saillie	$h_a = m$
Creux	$h_f = 1{,}25\ m$
Hauteur de dent	$h = 2{,}25\ m$
Diamètre de tête	$d_a = d + 2\ m \cos \delta$
Diamètre de pied	$d_f = d - 2{,}5\ m \cos \delta$
Angle de saillie	$\text{tg}\ \theta_a = m/L$
Angle de creux	$\text{tg}\ \theta_f = 1{,}25\ m/L$
	$L = \frac{d_1}{2 \sin \delta_1}$
Angle de tête	$\delta = \delta + \theta_a$
Angle de pied	$\delta_f = \delta - \theta_f$

16.2.13. Couples coniques standard (puissances transmissibles)

– Angle de pression $\alpha = 20°$
– Matière :
- acier C 45 E, R = 70-77 daN/mm² pour les modules 2, 3, 4, 5, 6, 8.
Traitements éventuels : trempe à l'huile à 825 °C suivie d'un revenu à 550 °C, R = 85-100 daN/mm²
- acier C 35 E pour modules 1 et 1,5.

Puissances transmissibles en kW par les couples coniques standard

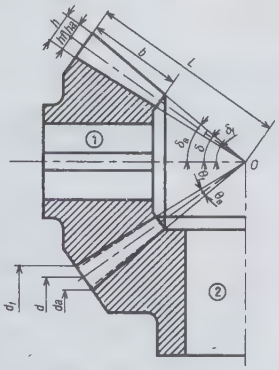
Modules	Vitesse de rotation en tr/min du pignon le plus rapide													
	25	50	100	200	300	400	540	750	900	1 000	1 200	1 500	2 000	2 800
2	0,02	0,04	0,07	0,13	0,18	0,22	0,29	0,37	0,44	0,48	0,52	0,59	0,70	1
3	0,07	0,13	0,26	0,52	0,70	0,90	1,10	1,30	1,50	1,50	1,60	1,90	2,20	
4	0,18	0,33	0,63	1,20	1,60	2,00	2,40	3,00	3,30	3,50	3,90	4,30		
5	0,33	0,59	1,10	2,00	2,80	3,40	4,00	4,80	5,30	5,50	5,90			
6	0,55	1,10	2,00	3,50	4,60	5,70	6,60	7,70	8,40	8,80				
8	0,80	1,50	2,90	5,00	6,40	7,90	9,30	10,80	11,60	12,10				

Les couples standards aux modules 1 et 1,50 ne figurent pas sur ce tableau (puissance en kW non chiffrable).

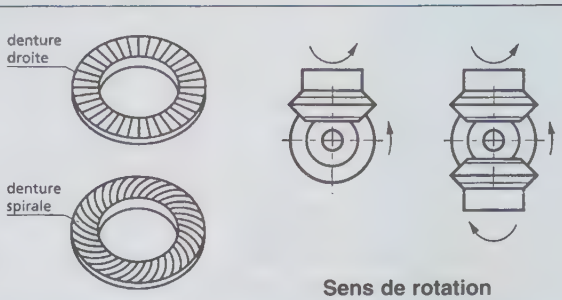
16.2.14. Engrenages coniques et spiro-coniques à axes concourants

Généralités

– Les engrenages coniques transmettent un mouvement de rotation entre deux arbres dont les axes se coupent le plus souvent à angle droit. Un montage correct, garantissant un rapport de réduction exact, nécessite un respect scrupuleux de la cote l_3 (voir dessin ci-dessous). Ces rapports de transmission s'étendent de 1 jusqu'à 6. Le sens de rotation se lit sur les croquis ci-contre. Engrenages silencieux et vitesse d'entrée élevée. Rendement de cette transmission : 90 %.
– Coefficient d'application K = 1,25 pour un engrenage industriel en service continu et soumis à des chocs.
– Rapport d'engrenage fixé à $i = 1$.
– Tous les autres coefficients sont conformes aux tables DIN.



Engrenages coniques à axes concourants perpendiculaires, à denture droite.

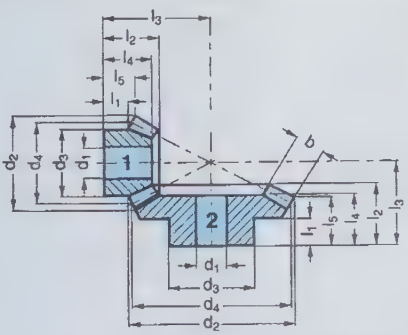


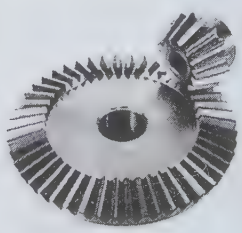
Sens de rotation

Désignation	Symboles	Formules		
Module	m	Calculé par la RDM et choisi dans le tableau des modules normalisés		
Nombre de dents	z	Calculé à partir du rapport des vitesses	$\frac{n1}{n2} = \frac{z2}{z1}$	
Largeur denture	b	$b = Km$ avec $4 \leqslant K \leqslant 6$		
Diamètre primitif	d	$d = mz$	$d_1 = mz_1$	$d_2 = mz_2$
Angle primitif	δ	$\tan \delta_1 = \frac{z1}{z2}$	$\tan \delta_2 = \frac{z2}{z1}$	
Saillie	h_a	$h_a = m$		
Creux	h_f	$h_f = 1{,}25\ m$		
Hauteur de la dent	h	$h = 2{,}25\ m$	$h = h_a + h_f$	
Diamètre de tête	d_a	$d_{a1} = d_1 + 2\ m \cos \delta_1$	$d_{a2} = d_2 + 2\ m \cos \delta_2$	
Diamètre de pied	d_f	$d_{f1} = d_1 - 2{,}5\ m \cos \delta_1$	$d_{f2} = d_2 - 2{,}5\ m \cos \delta_2$	
Angle de saillie	θ_a	$\text{tg}\ \theta_{a1} = \frac{m}{L}$	$\text{tg}\ \theta_{a2} = \frac{m}{L}$	
Angle de creux	θ_f	$\text{tg}\ \theta_f = \frac{1{,}25\ m}{L}$		
Angle de tête	δ_a	$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_a$	$\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_a$	
Angle de pied	δ_f	$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_f$	$\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_f$	
Long.génératrice primitive	L	$L = \frac{d}{2 \sin \delta}$	$L = \frac{d_1}{2 \sin \delta_1}$	$L = \frac{d_2}{2 \sin \delta_2}$

Nota : pour $d_1 = d_2$ utiliser les formules générales.

Dimensionnement

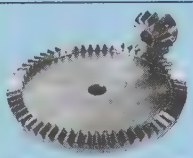
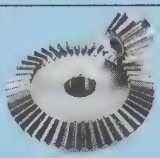
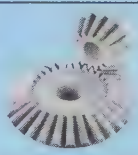
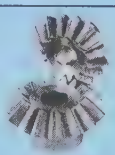




Série A1-A2*

* Références constructeur.

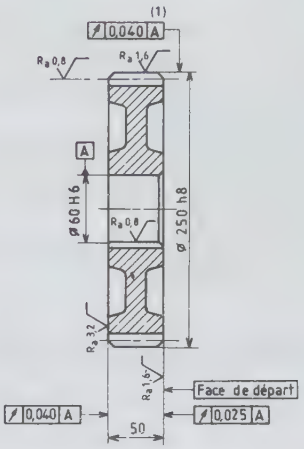
Guide de choix d'un type d'engrenages coniques et spiro-coniques

Aptitudes → / Type ↓	Matière et références ↓	Modules ↓	Type de denture ↓	Observations
 **Engrenage conique en acier**	Acier 9 S Mn 28 K Non trempé Non rodé Classe de précision ISO 8 Série A1-12 à A1-22*	1 à 8	Denture droite à flancs bombés	– Angle des axes : 90°. – Les roues coniques fonctionnent par paire au rapport indiqué par le constructeur. – Sur demande, fourni avec une rainure de clavetage.
 **Engrenage conique en laiton**	Laiton Série A1-123 à A1-133*	0,5	Denture droite	– Angle des axes : 90°. – Les roues coniques fonctionnent par paire au rapport indiqué par le constructeur. – Sur demande, fourni avec une rainure de clavetage.
 **Engrenage conique en inox**	Acier inoxydable Classe de précision ISO 8 Série A1-230*	1 à 3	Denture droite à flancs bombés	– Angle des axes : 90° – Les roues coniques fonctionnent par paire au rapport indiqué par le constructeur.
 **Engrenage conique en Hostaform**	Résine acétale Hostaform Série A1-234*	0,5 à 3,5	Denture droite Angle de pression : 20°	– Les roues coniques fonctionnent par paire au rapport indiqué par le constructeur. – Coefficient de dilatation à $1{,}1.10^{-4}$/°C. – Vide à fond de dent : $Sk \simeq 0{,}25 \times$ module. – Jeu entre dents : $Sc \simeq 0{,}05 \times$ module.
 **Engrenage conique en zinc**	Zinc moulé sous pression Série A1-236*	1 à 3,5	Denture droite	– Angle des axes : 90°. – Les roues coniques fonctionnent par paire au rapport indiqué par le constructeur. – Température maximale : 100 °C. – Résistance mécanique : 3 fois plus que les roues en matière. – Sur demande, fourni avec une rainure de clavetage.
 **Engrenage spiro-conique**	Acier 42 Cr Mo 4 Dents trempées Classe de précision ISO 8 Série A1-46 à A1 53*	0,6 à 3	Denture spiro-conique	– Angle des axes : 90°. – Les roues coniques fonctionnent par paire au rapport indiqué par le constructeur. – Sur demande, fourni avec une rainure de clavetage.

* Références constructeur.

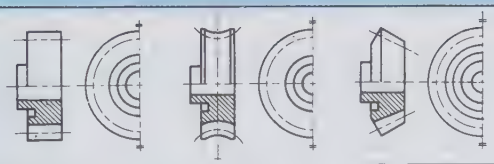
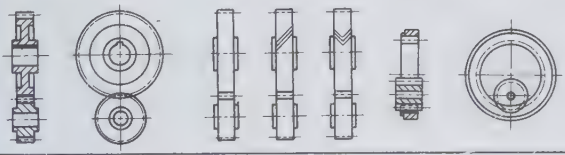
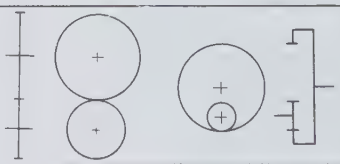
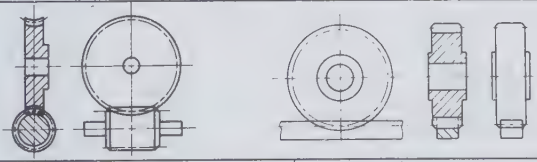
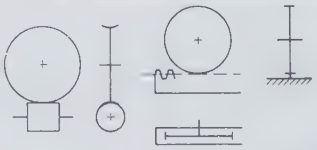
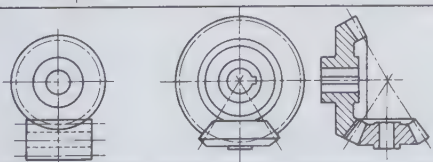
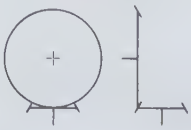
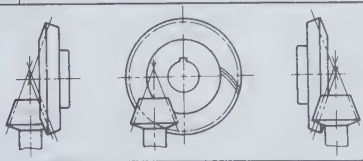
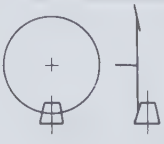
16.2.15. Indications à fournir au fabricant

Caractéristiques de la denture	
Type d'engrenage	Engrenage cylindrique à denture hélicoïdale
Module réel	5
Angle de pression réel	20°
Nombre de dents	44
Crémaillère de référence	NF E 23-011
Angle d'hélice primitive	23,5565°
Sens de l'hélice	à droite
Diamètre primitif de référence	240
Coefficient de déport x	0
Épaisseur de dent :	- 0,22
– mesure sur k dents (k = 6)	85,13 - 0,06
ou	- 0,62
– cote sur piges 8,5	251,65 -1,15
Précision	6 af NF E 23-006
Informations complémentaires	
Entraxe	$240^{\pm 0,02}$
Roue conjuguée	z = 44 plan n° 244



(1) Cette tolérance s'applique avant le début de l'opération de taillage.

16.2.16. Représentation des engrenages NF E 04-113

	Représentations conventionnelles	Schémas cinématiques
Roue et pignons Présentation isolée		
Engrenage cylindrique Engrenage intérieur cylindrique		
Roue et vis sans fin Engrenage roue et crémaillère		
Engrenage conique à axes concourants		
Engrenage hypoïde		

16.2.17. Crémaillères

Généralités

Toutes les crémaillères à partir du module 2, à l'exception des longueurs de 500 mm, sont sectionnées pour pouvoir être aboutées.
Aide au montage :
– Pour abouter avec exactitude deux crémaillères, faire chevaucher le raccord par une autre crémaillère du même module suivant les croquis ci-dessous.
– Les vides n'ont pas d'influence sur le mouvement de la roue dentée.

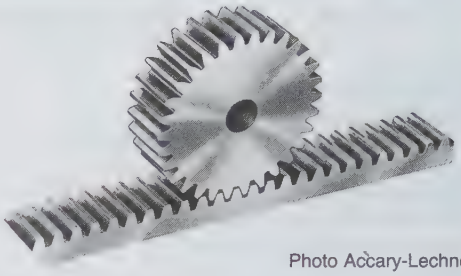
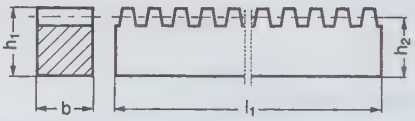
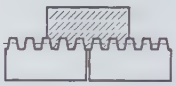


Photo Accary-Lechner

Dimensionnement et aide au montage

Crémaillère en acier
Série A1-57*



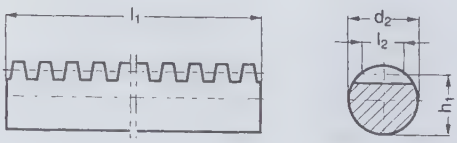


Aide au montage

Crémaillère à denture oblique en laiton
Série A1-573*

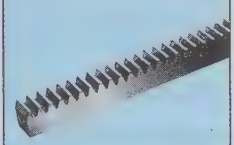
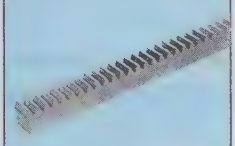
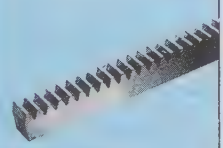
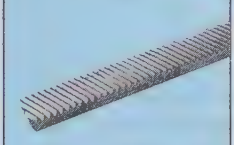
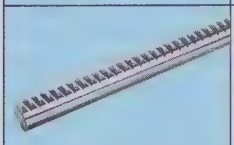


Crémaillère ronde en acier
Série A1-58*



* Références constructeur.

Guide de choix d'un type de crémaillères

Aptitudes → / Type ↓	Matière et références ↓	Modules ↓	Type de denture ↓	Longueur ↓ mm	Observations
 **Crémaillère en acier Crémaillère en inox**	Acier A 60 Série A1-57* Acier inoxydable Série A1-570*	0,5 à 8 1 à 3	Denture droite fraisée Angle de pression : 20°	250 à 2 000 500 à 2 000	– Classe de précision ISO 8. – Sur demande – Crémaillère de précision en acier avec traitement thermique et rectification sauf sur la denture.
 **Crémaillère en laiton**	Laiton Série A1-573*	0,3 à 1	Denture droite fraisée Angle de pression : 20°	250 à 500	
 **Crémaillère Hostaform Crémaillère Delrin**	Résine acétale Hostaform Série A1-574* Delrin Série A1-575*	0,5 à 3 0,5 à 3	Denture droite Denture droite fraisée	250 250 à 1 500	– Modèle moulé. – Modèle usiné.
 **Crémaillère de précision**	Acier 42 Cr Mo4 Série A1-577*	1,5 à 3	Denture droite rectifiée Angle de pression : 20°	500 à 1 000	– Traitement thermique 58 ± 2 HRC rectifié. – Classe de précision de la denture ISO 7. – Précision angulaire : 0,02 mm. – Pour roue cylindrique droite de précision page 556.
 **Crémaillère à denture oblique en laiton**	Laiton Série A1-578*	0,3 - 0,5	Denture oblique fraisée 20° à gauche Angle de pression : 20°	250 à 500	– Par principe, prévoir la roue cylindrique d'entraînement avec une denture oblique à droite.
 **Crémaillère ronde en acier**	Acier Série A1-58* Acier inoxydable Série A1-580*	1 à 4 1 à 3	Denture droite fraisée Denture droite fraisée Angle de pression : 20°	500 à 1 000 500 à 1 000	– Classe de précision ISO 8. – Classe de précision ISO 8. – Alignement corrigé.

* Références constructeur.

16.3. Chaînes et pignons

16.3.1. Détermination d'un système chaîne-pignon-roue

Généralités

Pour une transmission par chaîne à rouleaux, il est important de prendre en compte les paramètres qui permettent de calculer la puissance maximale transmissible.
- Longueur de la chaîne.
- Vitesse linéaire de la chaîne.
- Vitesse de rotation des pignons et des roues.
- Nombre de dents des pignons.
- Nature et mode de lubrification.
- Facteur de service.
- Type de chaîne (simple, double...).
- Nombre de maillons de la chaîne.



Conditions de choix et de calcul d'une chaîne

Pour choisir une chaîne simple, double ou triple, prendre les valeurs d'une chaîne simple dont la puissance nominale, ou puissance transmissible, est donnée par le constructeur. La puissance corrigée Pc se substitue à la puissance à transmettre P.

$$Pc = \frac{P \times K2 \times K3}{K1}$$

K1 : facteur de correction suivant le nombre de brins
K2 : facteur de service
K3 : facteur de correction suivant le nombre de maillons de la chaîne

Type de chaîne retenu si $Pn \geq Pc$

Facteurs de correction K1 (brins multiples)

Type de chaîne	Nombre de brins	Facteurs K1
Chaîne simple	1	1
Chaîne double	2	1,7
Chaîne triple	3	2,5

Facteurs de correction K3 (nombre de maillons)

Nb de maillons	K3	Nb de maillons	K3	Nb de maillons	K3
30 à 40	3	60 à 80	1,5	160 à 180	0,7
40 à 50	2,5	80 à 140	1	180 à 200	0,6
50 à 60	2	140 à 160	0,8	200 et plus	0,5

Facteurs de service K2

$K2 = k_1.k_2.k_3.k_4.k_5$

	Conditions de travail	K2		Conditions de travail	K2		Conditions de travail	K2
k1	Travail 16 h par jour	1,20	k1	Travail 24 h par jour	1,40	k1		
k2	Faibles à-coups	1,25	k2	À-coups moyens	1,50	k2	Très gros à-coups	1,90
k3	Pignon 15 dents	1,30	k3	Pignons 21 dents	0,90	k3	Pignon 25 dents	0,74
k4	Démultiplication 1 à 1	1,22	k4	Démultiplication 5 à 1	0,92	k4	Démultiplication 7 à 1	0,87
k5	Entraxe de 20 pas	1,15	k5	Entraxe de 80 pas	0,85	k5		

Formules

Effort total F dans le brin tendu	$F = F1 + F2$	daN
Effort utile F1	$F1 = \frac{P75}{V}$ ou $\frac{C2000}{dp}$	daN
Effort F2 dû à la force centrifuge	$F2 = \frac{p.V^2}{9}$	daN
Flèche f dans le brin mou	$f = \sqrt{0,5\ E\ (Lr - L)}$ Lr : longueur réelle ; L : longueur théorique	mm
Réaction R sur les paliers	$R = F1$	daN
Coefficient de sécurité Ks	$Ks = \frac{Rr}{F}$	
Vitesse linéaire V de la chaîne (vitesse moyenne)	$V = \frac{Nb\ de\ dents.Pas.N}{60\ 000}$	m/s
Entraxe E d'une transmission	Voir page suivante	

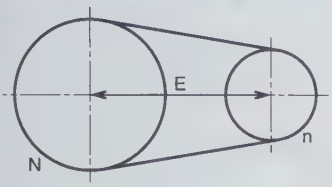
Désignations

P	: Puissance	W
C	: Couple	Nm
F	: Effort total dans la chaîne	daN
F1	: Effort utile dans le brin tendu	daN
F2	: Effort dû à la force centrifuge	daN
Ks	: Coefficient de sécurité	
Rr	: Résistance à la rupture	daN
n	: Vitesse de rotation de la roue	tr/min
N	: Vitesse de rotation du pignon	tr/min
V	: Vitesse linéaire de la chaîne	m/s
Dp	: Diamètre primitif de la roue	mm
dp	: Diamètre primitif du pignon	mm
p	: Poids d'un mètre de chaîne	daN
E	: Entraxe de transmission	mm
f	: Flèche du brin mou	mm

16.3.2. Détermination de la longueur d'une chaîne

En fonction du pas, de la distance des centres et du nombre de dents de la roue et du pignon.

Cas de 2 pignons



• Longueur de la chaîne en maillons : $L = 2E + \frac{N+n}{2} + \frac{C}{E}$

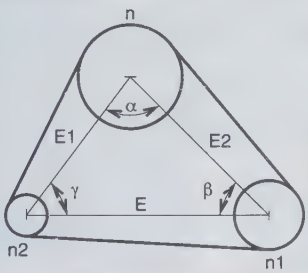
E = Entraxe exprimé en maillons, obtenu en divisant l'entraxe en mm par le pas.
N = Nombre de dents de la roue.
n = Nombre de dents du pignon.
C = Constante correspondant à N – n.

• Entraxe des pignons :
L'entraxe E de deux pignons convenant à une longueur L de chaîne (L exprimé en nombre entier de maillons) peut être calculé par la formule :

$$E = \frac{1}{4}L - \frac{1}{8}(N+n) + \sqrt{\left[\frac{1}{4}L - \frac{1}{8}(N+n)\right]^2 - \frac{C}{2}}$$

E étant obtenu en maillons sera multiplié par le pas pour obtenir l'entraxe en millimètres.
Les deux formules ci-dessus donnent une approximation très suffisante pour les calculs, lorsque l'entraxe peut être réglé au moment du montage, ou lorsqu'un dispositif de tension de la chaîne est prévu.
Dans les cas exceptionnels où il n'y a pas de dispositif de réglage et où l'entraxe doit être déterminé avec précision, il convient de consulter le fabricant.
Éviter de donner à la chaîne un nombre impair de maillons.

Cas de 3 pignons



E, E_1, E_2 = Entraxes exprimés en maillons, obtenus en divisant les entraxes en millimètres par les pas.

n, n_1, n_2	=	Nombre de dents des pignons avec $n > n_1 > n_2$
α, β, γ	=	Angles en degrés
C	=	Constante correspondant à $n_1 - n_2$
C_1	=	Constante correspondant à $n - n_2$
C_2	=	Constante correspondant à $n - n_1$

$$L = E + E_1 + E_2 + \frac{n + n_1 + n_2}{2} + \frac{C}{2E} + \frac{C_1}{2E_1} + \frac{C_2}{2E_2} - \frac{1}{360} \quad (n\alpha + n_1\beta + n_2\gamma)$$

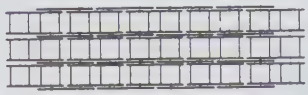
Le résultat (dans les deux cas) étant fréquemment un nombre décimal, prendre pour L le nombre entier immédiatement supérieur au résultat obtenu. La longueur de la chaîne en mètres s'obtient en multipliant le pas par le nombre de maillons.
Éviter de donner à la chaîne un nombre impair de maillons.

Constantes C pour la détermination des longueurs de chaînes

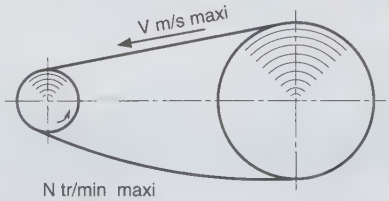
N – n	C	N – n	C	N – n	C	N – n	C	N – n	C
1	0,03	31	24,34	61	94,25	91	209,76	121	370,86
2	0,10	32	25,94	62	97,37	92	214,40	122	377,02
3	0,23	33	27,58	63	100,54	93	219,08	123	383,22
4	0,41	34	29,28	64	103,75	94	223,82	124	389,48
5	0,63	35	31,03	65	107,02	95	228,61	125	395,79
6	0,91	36	32,83	66	110,34	96	233,44	126	402,14
7	1,24	37	34,68	67	113,71	97	238,33	127	408,55
8	1,62	38	36,58	68	117,13	98	243,27	128	415,01
9	2,05	39	38,53	69	120,60	99	248,26	129	421,52
10	2,53	40	40,53	70	124,12	100	253,30	130	428,08
11	3,06	41	42,58	71	127,69	101	258,39	131	434,69
12	3,65	42	44,68	72	131,31	102	263,54	132	441,36
13	4,28	43	46,84	73	134,99	103	268,73	133	448,08
14	4,96	44	49,04	74	138,71	104	273,97	134	454,83
15	5,70	45	51,29	75	142,48	105	279,27	135	461,64
16	6,48	46	53,60	76	146,31	106	284,67	136	468,51
17	7,32	47	55,95	77	150,18	107	290,01	137	475,42
18	8,21	48	58,36	78	154,11	108	295,45	138	482,39
19	9,14	49	60,82	79	158,09	109	300,95	139	489,41
20	10,13	50	63,33	80	162,11	110	306,50	140	496,47
21	11,17	51	65,88	81	166,19	111	312,09	141	503,59
22	12,96	52	68,49	82	170,32	112	317,74	142	510,76
23	13,40	53	71,15	83	174,50	113	323,44	143	517,98
24	14,59	54	73,86	84	178,73	114	329,19	144	525,25
25	15,83	55	76,62	85	183,01	115	334,99	145	532,57
26	17,12	56	79,44	86	187,34	116	340,84	146	539,94
27	18,47	57	82,30	87	191,73	117	346,75	147	547,36
28	19,86	58	85,21	88	196,16	118	352,70	148	554,63
29	21,30	59	88,17	89	200,64	119	358,70	149	562,36
30	22,80	60	91,19	90	205,18	120	364,76	150	569,93

16.3.3. Choix de la chaîne

La vitesse de rotation du petit pignon (en général celui qui est moteur) guide le choix du pas et du type de chaîne.

Type de chaîne	Fréquence de rotation Puissance transmise	Conseils
	– Grande fréquence de rotation, faible puissance.	Rechercher un pas réduit qui, pour un nombre de dents donné, diminue la vitesse linéaire de la chaîne et limite l'action de la force centrifuge.
	– Grande fréquence de rotation, grande puissance.	Rechercher un pas réduit, jumeler ou tripler la chaîne de façon à diminuer la pression unitaire spécifique des articulations.
	– Faible fréquence de rotation, grande puissance.	L'augmentation du pas, donc du diamètre primitif du pignon, a pour effet de réduire l'effort tangentiel, ce qui permet d'utiliser une chaîne plus légère.

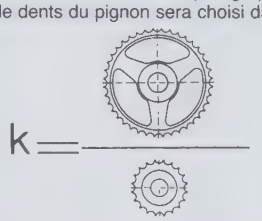
Les principales caractéristiques des chaînes à rouleaux sont données par les normes françaises NF E 26-100, E 26-101, E 26-102. Afin de faciliter les calculs préliminaires en vue du choix d'une transmission, le tableau ci-dessous donne les fréquences de rotation et les vitesses linéaires maximales admissibles en fonction du pas des chaînes, et ceci pour un pignon de 19 dents.



Pas mm	Fréquence de rotation maxi tr/min		Vitesse linéaire maxi m/s	
	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2
9,525	8 000	5 000	24	15
12,700	7 000	5 000	28	20
15,675	5 000	3 000	25	15
19,050	4 000	2 500	24	15
25,400	2 500	2 000	20	16
31,750	1 600	1 200	16	12
38,100	1 300	1 000	16	12
44,450	1 000	800	14	11
50,800	700	600	11	10
63,500	500	450	10	9
76,200	400	350	9,5	8,5

Rapports de transmission

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, c'est la fréquence de rotation du pignon qui guide le choix de la chaîne ; le nombre de dents du pignon sera choisi dans le tableau ci-après qui donne les rapports de réduction standards des transmissions.

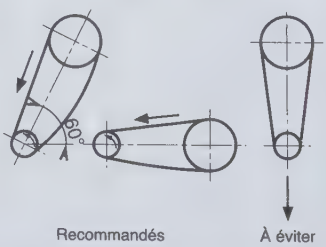


Rapports de réduction standard K										
Pignons \ Roues	112	114	195	76	57	38	25	23	21	19
17	7,176	6,705	5,588	4,470	3,353	2,235	1,471	1,353	1,235	1,118
19	6,421	6	5	4	3	2	1,316	1,211	1,105	1
21	5,809	5,428	4,524	3,619	2,714	1,809	1,190	1,095	1	
23	5,304	4,956	4,130	3,304	2,478	1,652	1,087	1		
25	4,880	4,560	3,800	3,040	2,280	1,520	1			

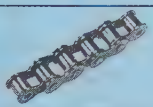
Pour toutes les applications industrielles qui doivent assurer une longue durée de service, il est recommandé de ne jamais utiliser de pignons de moins de 17 dents, afin de réduire l'effet polygonal et de limiter l'usure des articulations de la chaîne par un trop grand angle de flexion.
Enfin, on choisira de préférence pour le nombre de dents de pignons et roues, et pour le nombre de maillons de la chaîne, des nombres premiers entre eux afin de réduire au minimum les effets dus aux irrégularités de taillage et d'éviter que la même articulation ne retombe à chaque tour dans le même creux de dents.

Position des arbres à relier

La position horizontale ou inclinée avec un angle inférieur à 60° par rapport à l'horizontale est recommandée. La position verticale présente l'inconvénient que, par gravité, la chaîne tend à se dégager des dents du pignon ou de la roue et oblige à une surveillance constante de la transmission. Un système de rattrapage d'allongement de la chaîne est indispensable.



Guide de choix d'un type de chaîne à rouleaux

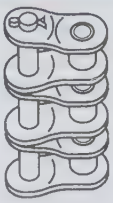
Aptitudes → / Type ↓	Chaîne simple				Chaîne double				Chaîne triple			
	Matière ↓	Pas ↓ mm	Longueur ↓ m	Résistance à la traction ↓ daN	Matière ↓	Pas ↓ mm	Longueur ↓ m	Résistance à la traction ↓ daN	Matière ↓	Pas ↓ mm	Longueur ↓ m	Résistance à la traction ↓ daN
 Chaînes à rouleaux (A2-01)*	Acier ou inox (à la demande)	**4 à 50,8**	1	180 à 21195	Acier	**9,525 à 50,8**	10,24 à 58,55	1 694 à 44 389	Acier	**9,525 à 50,8**	10,24 à 58,55	2 490 à 66 584



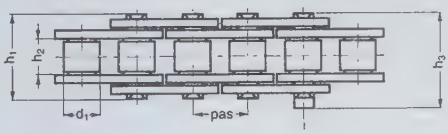
Maillons de jonction de chaîne à rouleaux (A2-07)*

Maillons de jonction pour chaîne simple

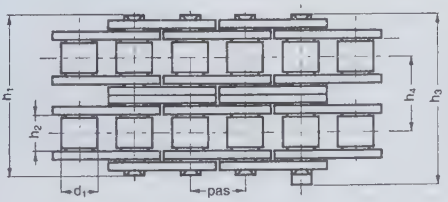
Coudé simple goupillé	À ressort d'attache rapide	Coudé double	Goupillé
			
Pas : de 9,525 à 50,8	**Pas** : de 5 à 50,8	**Pas** : de 5 à 8	**Pas** : 4

Maillons pour chaîne double		Maillons pour chaîne triple	
Coudé simple goupillé	À ressort d'attache rapide	Coudé simple goupillé	À ressort d'attache rapide
			
Pas : de 9,525 à 50,8	**Pas** : de 9,525 à 50,8	**Pas** : de 9,525 à 50,8	**Pas** : de 9,525 à 50,8

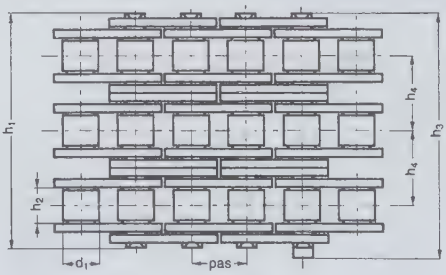
Dimensionnements



Chaîne simple



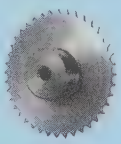
Chaîne double



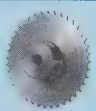
Chaîne triple

* Références constructeur.

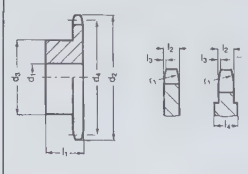
Guide de choix d'un type de pignon ou d'un type de disque simple

Aptitudes → / Type ↓	Pas (mm)	Nombre de dents	Diamètre primitif (mm)	Diamètre d'alésage (mm)	Diamètre du moyeu (mm)	Longueur totale (mm)	Largeur de la dent (mm)
Pignon simple acier non trempé A1-01* 	4	12 à 114	15,95 à 145,17	5 à 10	10 à 63	11 à 20	2,45
	5	11 à 95	17,75 à 151,22	5 à 16	11,5 à 80	11 à 18	2,30
	6	8 à 76	15,67 à 145,19	5 à 12	9,8 à 60	10 à 20	2,60
	8	8 à 76	20,90 à 193,69	6 à 20	13 à 80	12 à 25	2,80
	à 38,1	11 à 38	135,21 à 461,39	25 à 30	90 à 160	50 à 60	24,10
	8	13 à 25	33,42 à 63,83	8	23 à 35	13 – 14	2,80
	9,525	13 à 30	39,79 à 91,12	10 – 12	28 à 60	25 à 30	5,30
	12,7	12 à 30	49,07 à 121,50	10 à 16	33 à 80	25 à 30	7,30
Pignon simple acier inoxydable	6	13 à 25	25,05 à 47,87	8 – 10	18 à 28	10 – 13	2,60
	8	13 à 25	33,42 à 63,83	8 – 10	24 – 28	13 – 14	2,80
Pignon simple Hostaform 	6	8 à 114	15,67 à 217,75	5 à 16	–	2,60 ou 4	2,60
Disque simple acier non trempé A1-04*	8	8 à 114	20,90 à 290,33	6 à 20	–	2,80 ou 4	2,80

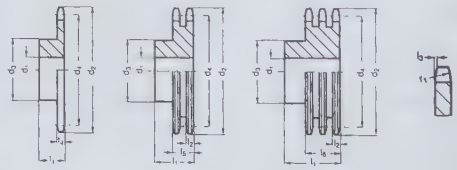
Guide de choix d'un type de pignon simple, double ou triple

Aptitudes → / Type ↓	Pas (mm)	Nombre de dents	Diamètre primitif (mm)	Diamètres d'alésage (mm)			Diamètre du moyeu (mm)	Longueur totale (mm)			Largeur de la dent (mm)
				simple	double	triple		simple	double	triple	
Pignons simple, double ou triple. Acier ou fonte A1-01* 	9,525	8 à 76	24,8 à 230,49	6 à 20	8 à 20	10 à 16	15 à 90	22 à 30	22 à 30	35 – 40	5,20
	12,7	8 à 114	33,18 à 460,90	10 à 25	10 à 25	14 à 25	20 à 120	25 à 35	32 à 40	50 – 55	7
	15,875	8 à 95	41,48 à 480,14	10 à 30	12 à 30	55 à 60	25 à 120	25 à 35	40 – 45	55 – 60	9
	19,05	8 à 76	49,78 à 460,99	12 à 30	12 à 30	20 à 30	31 à 130	30 à 40	45 – 50	70	10,80
	25,4	8 à 95	66,37 à 768,22	16 à 30	20 à 30	25 à 30	42 à 140	35 à 50	70	100	15,80
	31,75	12 à 95	122,68 à 960,28	20 à 30	20 à 30	–	88 à 150	45 à 55	80	–	18,20

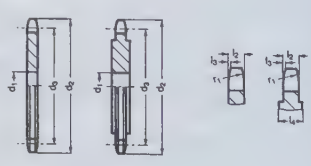
Dimensionnement



Pignons simples (A1-01)



Pignons simple, double ou triple (A1-01)



Disques simples (A1-04)

* Références constructeur.

Guide de choix d'un type de pignon simple, double ou triple à moyeu amovible à emmanchement conique

Aptitudes → / Type ↓	Pas mm	Pignons simples: Nombre de dents	Schéma du pignon	N° du moyeu	Pignons doubles: Nombre de dents	Schéma du pignon	N° du moyeu	Pignons triples: Nombre de dents	Schéma du pignon	N° du moyeu	Diamètre primitif mm	Largeur de dent mm
 **Pignon simple, double ou triple à moyeu amovible Acier (série A1-08)***	**9,525**	17 à 21 23 à 38 57	1 1 6	1008 1210 1210	17 à 21 23 à 38 57	2 2 7	1008 1210 1610				51,83 à 172,91	5,30
	12,7	15 17 à 19 20 à 27 28 à 45 57 à 95	1 1 1 1 6	1008 1210 1610 2012 2012	15 17 à 19 20 à 23 25 à 38 57 à 95	2 2 2 2 7	1008 1210 1610 2012 2012				61,09 à 384,11	7,20
	15,875	13-14 15 17 à 23 25 à 38 57-76	1 1 1 1 6	1008 1210 1610 2012 2012	 15 17 à 23 25-30 38	 3 3 2 2	 1210 1610 2012 2517				66,32 à 384,16	9,10
	19,05	13 14 à 17 19 à 20 21 à 38 45 à 76	1 1 1 1 6	1210 1610 2012 2517 2517	15-17 19 20 à 30 38 57-76	3 2 2 2 7	1610 2012 2517 3020 3020	15 17-19 21 à 25 30-38 57	5 5 5 4 8	1615 2012 2517 3020 3020	79,59 à 460,99	11,10
	25,4	13-15 17 19 à 28 30 38 à 76	1 1 1 1 6	1610 2012 2517 3020 3020	15 17 à 20 21 à 30 38 57-76	3 3 2 7 7	2012 2517 3020 3020 3525	17 19-21 23 à 28 38 57	5 5 5 9 9	2517 3020 3525 3525 4030	106,12 à 614,65	16,20

Moyeux amovibles pour pignons ci-dessus



Fonte (série A5)*

* Sur demande

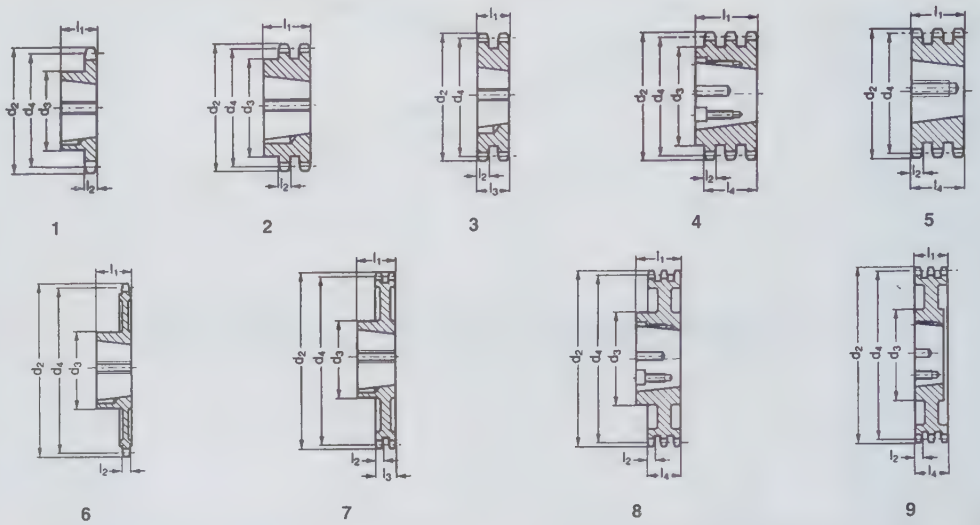
1. Cet alésage est exécuté avec une rainure plate.

d_1	Largeur de la rainure	Profondeur de la rainure
24	8	2,0
25	8	1,3
28	8	2,0
42	12	2,2

Mod. Référence	A5-1008	A5-1108	A5-1210	A5-1215	A5-1610	A5-1615	A5-2012	A5-2517	A5-3020	A5-3030	A5-3535	A5-4040	A5-4545	A5-5050
Diamètre de l'alésage d_1	10*	10	11*	11*	14	14	14	16*	25	35*	35*	40*	55*	70
	11	11	12	12*	16	16	16	18	28	38*	38*	42*	60*	75
	12*	12	14	14	18	18	18	19	30	40	40	45*	65	80*
	14	14	16	16	19	19	19	20	32	42*	42	48*	70*	85*
	16	16	18	18	20	20	20	22	35	45*	45	50*	75*	90
	18*	18	19	19	22	22	22	24	38	48*	48	55	80	95*
	19	19	20	20	24	24	24	25	40	50	50	60	85*	100
	20	20	22	22	25	25	25	28	42	55	55	65	90*	105*
	22	22	24	24	28	28	28	30	45	60	60	70	95*	110
	24(1)	24	25	25	30	30	30	32	48	65	65	75	100	115
	25(1)	25	28	28	32	32	32	35	50	70	70	80		120
		28(1)	30	30	35	35	35	38	55	75	75	85		125
			32	32	38	38	38	40	60		80	90		
					40	40	40	42	65		85	95		
					42(1)	42(1)	42	45	70		90	100		
							45	48	75					
							48	50						
							50	55						
								60						
Longueur du moyeu (mm)	22,3	22,3	25,4	38,1	25,4	38,1	31,8	44,5	50,8	76,2	88,9	101,6	114,3	127

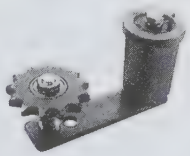
* Références constructeur.

Dimensionnement des pignons simples, doubles ou triples à moyeu amovible (A1-08)*



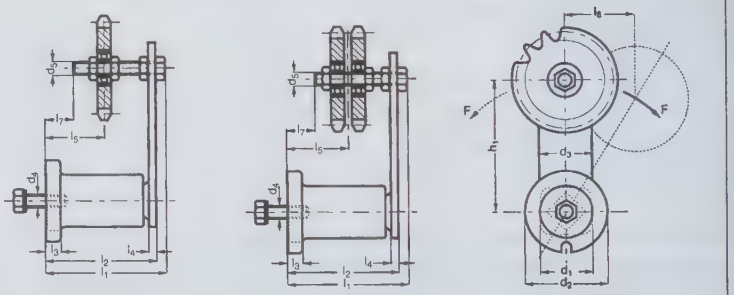
16.3.4. Tendeurs de chaîne

Pignon à chaîne avec élément tendeur

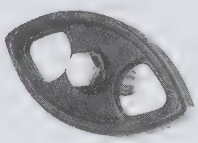


Série A1-81*

- Pignon et bras levier en acier.
- Boîtier en métal fritté ou en fonte.
- Pignon monté sur l'élément tendeur correspondant.
- Utilisé seul, il peut servir de renvoi.

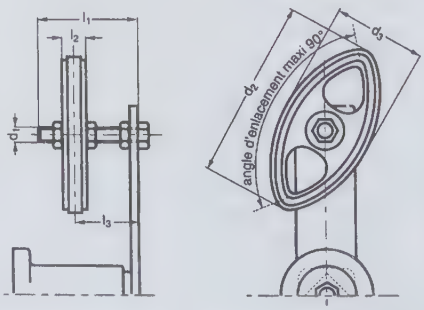


Patin pour élément tendeur

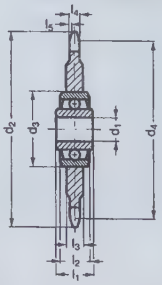


Série A1-80*

- Patin en plastique de qualité.
- Patin livré sans élément tendeur.
- Peut être utilisé des deux côtés.
- Déplacement silencieux de la chaîne.
- Vitesse maxi de la chaîne : 1,5 m/s



Pignon pour tendeur (A1-79)



Pignon en acier équipé d'un roulement à billes

* Références constructeur.

16.4. Roues libres de précision

16.4.1. Démarche de choix et de calcul d'une roue libre

Roues libres à centrer

• Les types **US**, **USNU** et **UF** doivent être normalement installés à l'intérieur des carters fermés auprès des roulements préexistants ou ajoutés par la suite, car le guidage des bagues n'est pas assuré.
– Les parties externes et internes doivent être parfaitement centrées l'une par rapport à l'autre.
– Dans le sens axial, elles ne doivent être ni chargées, ni mises sous tension.
– Une lubrification préexistante à circulation d'huile peut suffire.
– Elles peuvent être utilisées comme dépassement de vitesse, comme anti-retour ou comme avancement intermittent.

Roues libres auto-centrantes

• Les types **GF**, **GV**, **GL**, **GL** avec flasque et couvercle, **GL** avec flasque épaulé et couvercle, **GL** avec flasque bras de couple et couvercle, **GPL** avec flasque et couvercle et type **K** possèdent un guidage : soit par couvercle ou à roulements à billes.

Roues libres modulaires avec roulements à billes

– Les types **GF** (∅ intérieur de 8 à 20) et les types **GV** ont des coussinets, les types **GF** (∅ 25 à 60) ont des roulements à billes.
– Les types **GF** sont utilisés dans tous les cas de figure.
– Les types **GV** sont utilisés comme anti-retour ou avancement intermittent à l'extérieur des carters et sont fournis avec graisse incorporée et garniture.

Calcul du moment de torsion

– Les types de base **GL** constituent des unités complètes équipées de système de lubrification autonome.
– Utilisées pratiquement dans toutes les conditions.
– Peuvent être fournies en pièces détachées ou montées (préciser le sens de rotation).
– Pour la durée de vie de la roue libre, tenir compte de la durée de vie des roulements.

– Moment de torsion nominal côté transmission (N.m)

$$T_{AN} = 9\,550\,\frac{P}{n}$$

– Moment de torsion nominal côté charge (N.m)

$$T_{LN} = F \cdot L$$

– Moment de torsion côté charge (N.m)

$$T_a = \frac{J_{LK} \cdot \Delta n}{9{,}55 \cdot t_a}$$

– Moment d'inertie de la masse en général ($kg.m^2$)

$$J = m \cdot r^2$$

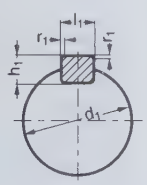
– Moment d'inertie de la masse pour un corps annulaire

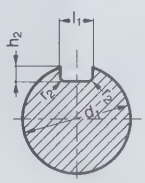
$$J = 98{,}175\,(D_a^4 - D_i^4)\,p \cdot 10^{-3}$$

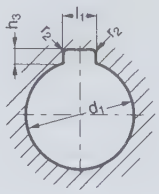
Clavettes

P : Prestation de la machine qui transmet (kW).
n : Nombre de tours de la roue libre durant la transmission du mouvement de torsion (min^{-1}).
F : Force tangentielle exercée du côté charge sur la roue libre.
L : Bras de levier sur lequel est exercée la force tangentielle (m).
J_{LK} : Moment d'inertie de la masse du côté charge réduite sur l'arbre d'embrayage.
J_x : Moment d'inertie de la masse rapportée à l'arbre ($kg.m^2$).
n_x : Nombre de tours de l'arbre X (min^{-1}).
n_k : Nombre de tours de l'arbre d'embrayage (min^{-1}).
Δn : Différence entre le nombre de tours initial et final (min^{-1}).
t_a : Temps d'accélération (s).
m : Masse (kg).
r : Rayon (m).
ρ : Densité (kg/m^3).
D_a : Diamètre externe de la bague (m).
D_b : Diamètre interne de la bague (m).
B : Largeur de la bague (m).

Rainures de clavetage normalisées selon normes DIN 6885



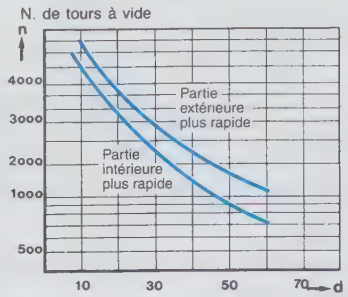




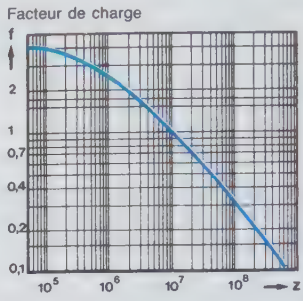
Démarche de choix et de calcul d'une roue libre (suite)

Caractéristiques des roues libres US, USNU

Les roues libres de ces séries sont sans roulement. Il est donc nécessaire de disposer à côté de la roue libre un roulement de manière à ce que la bague externe tourne centrée par rapport à la bague interne.



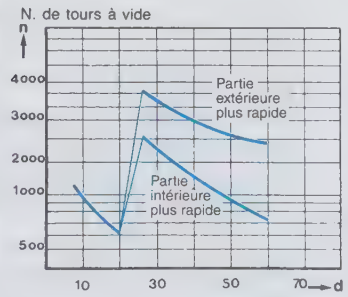
N. de tours à vide autorisés.
Lubrific. à huile
n ≙ f(d)
Lubrific. à graisse
n ≙ 0,5.f(d)



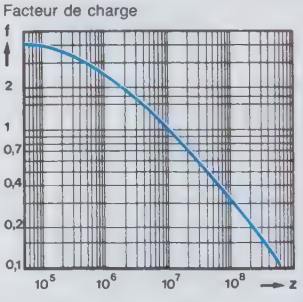
Les moments de torsion indiqués dans le tableau se réfèrent à une durée de vie de la roue libre de 10^7 facteurs de charge. Dans le cas où l'on désire fixer un nombre de facteurs de charge différent, les moments de torsion autorisés s'obtiennent en multipliant les moments de torsion indiqués par un facteur f qui peut être repris dans le diagramme ci-contre.

Caractéristiques des roues libres GF

Les roues libres de la série GF sont sans roulement dans les diamètres intérieurs de 8 à 20 (bague interne dans la bague externe acier sur acier) et avec roulements dans les diamètres de 25 à 70.



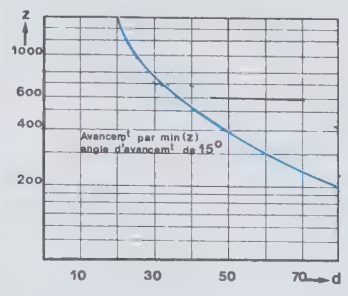
N. de tours à vide autorisés.
Lubrific. à huile
n ≙ f(d)
Lubrific. à graisse
n ≙ 0,5.f(d)

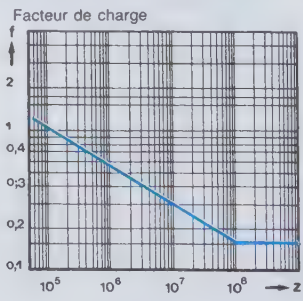


Les moments de torsion indiqués dans le tableau se réfèrent à une durée de vie de la roue libre de 10^7 facteurs de charge. Dans le cas où l'on désire fixer un nombre de facteurs de charge différent, les moments de torsion autorisés s'obtiennent en multipliant les moments de torsion indiqués par un facteur f qui peut être repris dans le diagramme ci-contre.

Caractéristiques des roues libres GV

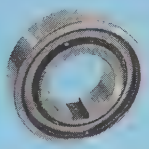
Les roues libres de la série GV sont sur coussinets (acier sur acier). Les tours à vide autorisés ne doivent pas être dépassés.





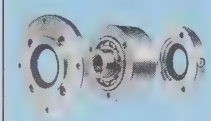
Les moments de torsion indiqués dans le tableau se réfèrent à une durée de vie de la roue libre de 10^7 facteurs de charge. Dans le cas où l'on désire fixer un nombre de facteurs de charge différent, les moments de torsion autorisés s'obtiennent en multipliant les moments de torsion indiqués par un facteur f qui peut être repris dans le diagramme ci-contre.

Guide de choix d'un type de roue libre de précision

Aptitudes → / Type ↓	Couples (Nm)	Vitesse bagues extérieures (lubrification à l'huile ; à la graisse, diviser par 2) (min⁻¹)	Vitesse bagues intérieures (lubrification à l'huile ; à la graisse, diviser par 2) (min⁻¹)	Diamètre bagues extérieures (mm)	Alésage bagues intérieures (H7) (mm)	Largeur (mm)	Observations
 **Roue libre type US acier (A6-01)***	2,5 à 330	6 700 à 1 350	4 300 à 850	r6 24 à 110	8 à 60	8 à 22	– Le guidage des bagues n'est pas assuré. Un guidage extérieur (roulement) doit assurer l'alignement des deux bagues. – Montage par clavetage sur l'arbre.
 **Roue libre type US NU acier (A6-02)***	8,5 à 960	4 700 à 1 450	3 050 à 750	n6 35 à 130	8 à 60	13 à 46	– Le guidage des bagues n'est pas assuré. Un guidage extérieur (roulement) doit assurer l'alignement des deux bagues. – Montage par clavetage sur l'arbre.
 **Roue libre type UF acier (A6-03)***	14,5 à 2 350	5 400 à 1 800	2 800 à 800	n6 37 à 150	8 à 60	20 à 95	– Le guidage des bagues n'est pas assuré. Un guidage extérieur (roulement) doit assurer l'alignement des deux bagues. – Montage par clavetage sur l'arbre.
 **Roue libre type GF acier (A6-04)***	14,5 à 2 350	1 200 à 650 3 350 à 1 800	1 200 à 650 1 550 à 800	n6 37 à 150	8 à 60	20 à 95	– Le guidage des bagues est assuré. – Pour les plus petits modèles, la bague intérieure glisse dans la bague extérieure. – Pour les grands modèles, le guidage des bagues est assuré par deux roulements. – Montage par clavetage sur l'arbre.
 **Roue libre type GV acier (A6-05)***	440 à 5 000	–	500 à 220	83 à 190	20 à 80	35 à 64	– Le guidage est assuré : acier sur acier. – Graissée à vie. – Montage par clavetage sur l'arbre.
 **Roue libre type GL acier (A6-06)***	37 à 4 900	5 400 à 1 400	2 500 à 650	h6 62 à 210	12 à 80	42 à 144	– Le guidage est assuré par deux roulements à billes montés entre les deux bagues. – Montage par clavetage sur l'arbre.

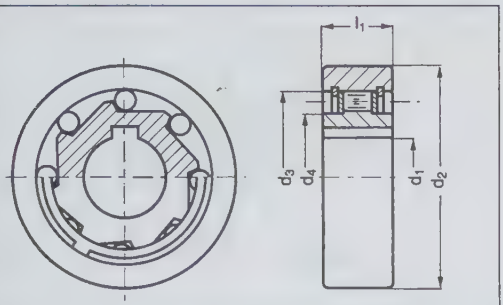
* Références constructeur.

Guide de choix d'un type de roue libre de précision (suite)

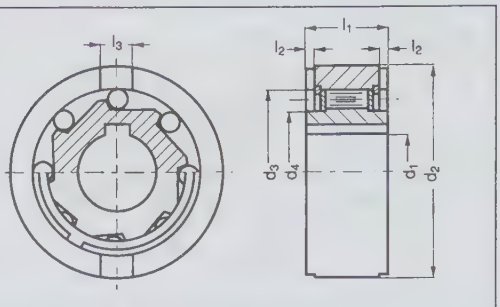
Aptitudes → / Type ↓	Couples (Nm)	Vitesse bagues extérieures (lubrification à l'huile ; à la graisse, diviser par 2) (min⁻¹)	Vitesse bagues intérieures (lubrification à l'huile ; à la graisse, diviser par 2) (min⁻¹)	Diamètre bagues extérieures (mm)	Alésage bagues intérieures (H7) (mm)	Largeur (mm)	Observations
 **Roue libre type GL avec flasque et couvercle acier (A6-061)***	37 à 4 900	5 400 à 1 400	2 500 à 650	h6 62 à 210	12 à 80	42 à 144 ou 64 à 178	– Le guidage est assuré par deux roulements à billes montés entre la bague intérieure et la bague extérieure. – Montage par clavetage sur l'arbre.
 **Roue libre type GL avec flasque épaulé et couvercle acier (A6-064)***	37 à 4 900	5 400 à 1 400	2 500 à 650	h6 62 à 210	12 à 80	44 à 146	– Le guidage est assuré par deux roulements à billes montés entre la bague intérieure et la bague extérieure. – Le montage d'un couvercle D3 est possible. – Montage par clavetage sur l'arbre.
 **Roue libre type GL avec flasque-bras de couple F5 et couvercle D2 ou D3 acier (A6-065)***	37 à 4 900	–	2 500 à 650	62 à 210	12 à 80	42 à 144 ou 64 à 178	– Le guidage est assuré par deux roulements à billes montés entre la bague intérieure et la bague extérieure. – Montage par clavetage sur l'arbre.
 **Roue libre type GLP avec flasque F7 et couvercle D7 acier (A6-07)***	37 à 4 900	5 400 à 1 400	2 500 à 650	70 à 222	12 à 80	42 à 144	– Le guidage est assuré par deux roulements à billes montés entre la bague intérieure et la bague extérieure. – Montage par clavetage sur l'arbre. – Bague extérieure avec rainure de clavetage.
 **Roue libre type K à galets acier (A6-11)***	35 à 160	7 000 à 1 900	–	40 à 72	17 à 35	12 à 17	– Charge statique Co : 320 à 740 daN. – Charge dynamique C : 730 à 1 260 daN. – À galets avec roulement à billes intégré. – Galets et billes maintenus par une cage.

* Références constructeur.

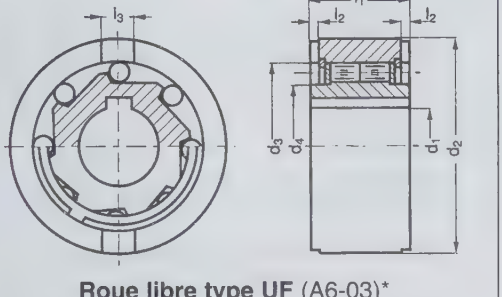
16.4.2. Dimensionnement



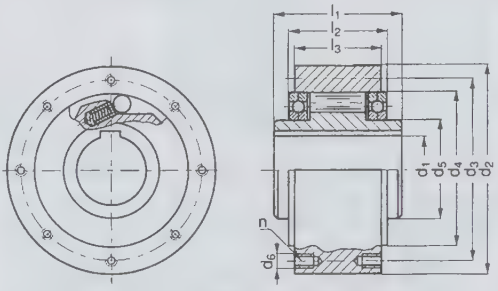
Roue libre type US (A6-01)*



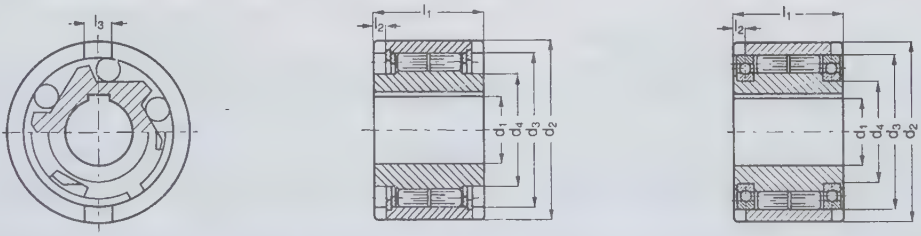
Roue libre type USNU (A6-02)*



Roue libre type UF (A6-03)*

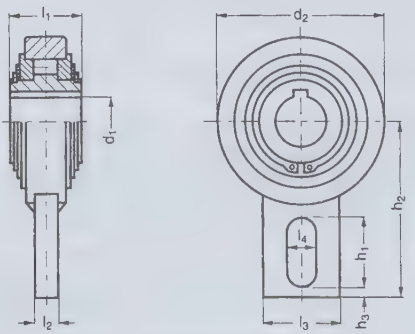


Roue libre type GL (A6-06)*



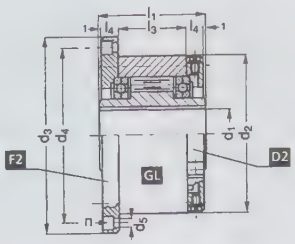
Roues libres type GF (A6-04)*

Roue libre type GV
(A6-05)*

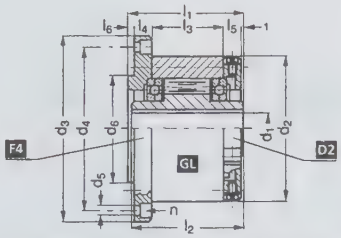


* Références constructeur.

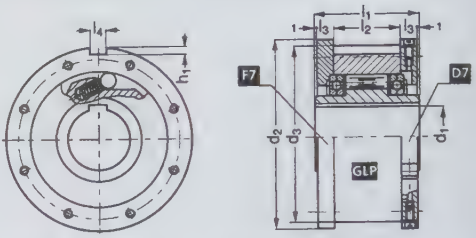
Dimensionnement (suite)



Roue libre type GL avec flasque F2 et couvercle D2 ou D3 (A6-061)*



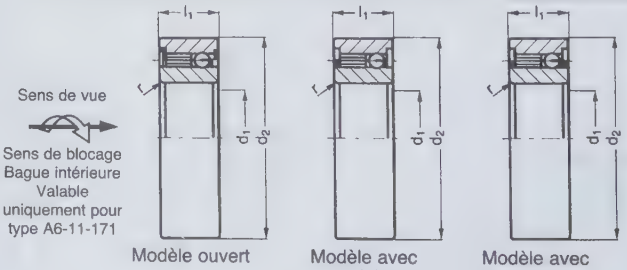
Roue libre type GL avec flasque épaulée F4 et couvercle D2 (A6-064)*



Roue libre type GLP avec flasque F7 et couvercle D7 (A6-07)*



Roue libre type GL avec flasque-bras de couple F5 et couvercle D2 ou D3 (A6-065)*



Roue libre type K (A6-11)*

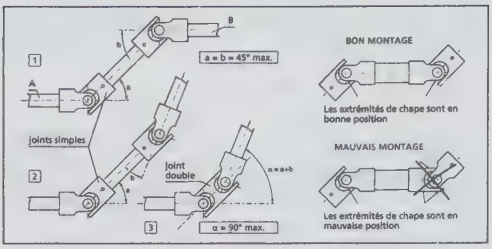
* Références constructeur.

16.5. Joints de cardan simples ou doubles

NF E 22-601
MICHAUD CHAILLY
GROUPE MAURIN

Conditions de montage et d'homocinétisme

– Permet la transmission d'un mouvement de rotation à deux arbres concourants (A et B) formant un angle plus ou moins important (a et b).
– L'utilisation d'un cardan simple entre deux arbres concourants ne permet pas une rotation uniforme de l'arbre mené. Le montage d'un deuxième cardan, incliné d'un même angle, corrige cette irrégularité (de la vitesse angulaire) et rend le mouvement entre l'arbre menant et l'arbre mené **homocinétique** (montages 1 et 2).
– Il est indispensable de respecter la position des chapes suivant le schéma **bon montage**.



Couples maximum en Nm en fonction des modèles

Modèle A5-45*

	Vitesse (min⁻¹)						
	100	200	300	400	500	700	800
A5 - 45 - 6	7	7,5	6	5,5	5	–	–
A5 - 45 - 8	14	10	9,5	8	7	6	5,4
A5 - 45 - 10	21	14	12	11	10	9	6
A5 - 45 - 12	36	21	17	14	13	11	10
A5 - 45 - 14	57	36	33	30	28	23,5	22
A5 - 45 - 16	72	70	60	48	43	34	30
A5 - 45 - 18	130	100	80	60	50	40	–
A5 - 45 - 20	200	140	100	80	70	50	–
A5 - 45 - 22	250	160	120	100	80	60	–
A5 - 45 - 26	320	200	140	120	100	80	–
A5 - 45 - 30	360	220	160	130	110	–	–

Modèle A5-46*

Simple	Double	Vitesse (min⁻¹)					
		250	500	1 000	2 000	3 000	4 000
A5 - 461 - 10	–	22	17	14	11	10	9
A5 - 461 - 14	A5 - 462 - 14	34	29	24	22	20	18
A5 - 461 - 16	A5 - 462 - 16	55	55	45	40	37	32
A5 - 461 - 20	A5 - 462 - 20	140	120	100	80	70	65
A5 - 461 - 25	A5 - 462 - 25	200	170	130	110	90	85
A5 - 461 - 30	A5 - 462 - 30	300	270	230	190	160	140

Les joints de cardans doubles réf. A5-462-14 à A5-462-30 ne peuvent être sollicités qu'à concurrence de 90 % du couple cité.

Exemple
Modèle **A5-45-12** : à vitesse (min⁻¹) **100**, le couple est de **36 Nm**.

Modèle A5-49 (Inox)*

Simple	Double	Vitesse (min⁻¹)						
		100	200	300	400	500	700	800
A5 - 491 - 8	–	8,6	6	5,3	4,6	4	3,4	3,1
A5 - 491 - 10	–	12,3	8,3	7	6,4	5,8	5,2	3,5
A5 - 491 - 12	A5 - 492 - 12	21	12,6	10	8	7,3	6,3	5,8
A5 - 491 - 14	A5 - 492 - 14	33	21,3	19,3	17,6	16,3	13,3	12,6
A5 - 491 - 16	A5 - 492 - 16	45	42	35,3	28	25,3	20	17,3
A5 - 491 - 18	A5 - 492 - 18	76	60	46,6	35,3	29,3	23,3	–
A5 - 491 - 20	A5 - 492 - 20	117	84	58,6	46,6	41,3	29,3	–
A5 - 491 - 22	A5 - 492 - 22	146	96	70	58,6	46,6	35,3	–
A5 - 491 - 25	A5 - 492 - 25	192	120	84	72	60	48	–
A5 - 491 - 30	A5 - 492 - 30	216	132	96	78	66	–	–

Les joints de cardans doubles réf. A5-492-12 à A5-492-30 ne peuvent être sollicités qu'à concurrence de 90 % du couple cité.

Modèles A5-47 et A5-48*

Simple	Double	Télescopique	Vitesse (min⁻¹)						
			100	200	300	400	500	700	800
A5 - 471 - 6	–	–	7	6,5	6	5,5	5	–	–
A5 - 471 - 8	–	–	14	10	9,5	8	7	6	5,4
A5 - 471 - 10	–	A5 - 48 - 10	25	17	14,5	13	12	11	7,5
A5 - 471 - 12	A5 - 472 - 12	A5 - 48 - 12	43	25	20,5	17	15,5	13	12
A5 - 471 - 14	A5 - 472 - 14	A5 - 48 - 14	68,5	43	39,5	36	33,5	28,5	26,5
A5 - 471 - 16	A5 - 472 - 16	A5 - 48 - 16	86,5	84	72	57,5	51,5	41	36
A5 - 471 - 18	A5 - 472 - 18	A5 - 48 - 18	156	120	96	72	60	48	–

Simple	Double	Télescopique	Vitesse (min⁻¹)						
			100	200	300	400	500	700	800
A5 - 471 - 20	A5 - 472 - 20	A5 - 48 - 20	240	168	120	96	84	60	–
A5 - 471 - 22	A5 - 472 - 22	A5 - 48 - 22	300	192	144	120	96	72	–
A5 - 471 - 25	A5 - 472 - 25	A5 - 48 - 25	384	240	168	144	120	96	–
A5 - 471 - 30	A5 - 472 - 30	A5 - 48 - 30	432	264	192	156	132	–	–
A5 - 471 - 35	A5 - 472 - 35	–	458	300	228	174	144	–	–
A5 - 471 - 40	A5 - 472 - 40	–	504	336	264	216	–	–	–

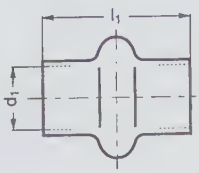
Tableau de présélection des joints de cardan

Modèle*	Type	Vitesse maximum autorisée (min⁻¹)	Couple maximum admissible en fonction de la vitesse (Nm)	Masse (kg)	Matière	Alésage (mm)	Angle de travail maxi (degrés)	Observations
Joint miniature matière synthétique								
A5-40	Joint à croisillon	400	0,11 à 1,69	0,003 2 à 0,031 5	Acétal	2 à 10	45°	Type miniature, faible couple, entretien facile, anticorrosion
A5-33	Joint à rotule	1 000	5 à 22	0,009 à 0,035	Hostaform	8 à 16	35°	Aucun entretien, léger, faible couple, résiste à la corrosion et aux agents chimiques
Joint acier								
A5-41	Joint à croisillon avec palier lisse	1 000	2 à 550	0,02 à 2,4	Acier	6 à 40	45°	Avec ou sans alésages, faible vitesse, surface de contact trempée, ajustée et rodée
A5-34	Joint à rotule avec palier lisse	500	6 à 440	0,03 à 1,7	Acier	6 à 30	35°	Faible vitesse, couple important, démontage dans la position à 90°
A5-45	Joint de précision	100 à 800	5 à 360	0,06 à 1,72	Acier	6 à 30	45°	Joints de grande précision, très bonne résistance mécanique, fonctionnement exempt de vibration, surface de contact trempée, ajustée et rodée
A5-47	Joint de précision	100 à 800	Joint simple 5 à 504 Joint double 12 à 504	0,039 à 4,3 0,14 à 6,6	Acier	6 à 40	Simple 45° Double 90°	Joint de grande précision, peu de jeu, pour couple élevé, surface de contact trempée, ajustée et rodée
Joint inox								
A5-49	Joint de précision	100 à 800	Joint simple 3,1 à 216 Joint double 5,8 à 216	0,06 à 3,48 0,20 À 3,48	Inox	8 à 30	Simple 45° Double 90°	Joint de grande précision, peu de jeu
Joint télescopique								
A5-48	Joint de précision télescopique	100 à 800	7,5 à 432	0,38 à 5,7	Acier	10 à 30	45°	Télescopique, profil cannelé et fraisé
A5-35	Joint à rotule avec allonge	500	20 à 440	0,37 à 6,7	Acier	10 a 30	35°	Avec articulation A5-34 compense le déplacement longitudinal par arbre cannelé
A5-37	Joint de cardan à croisillon télescopique	400	0,36 à 1,6	0,34 à 0,712	Acétal	4 à 10	45°	Type miniature, faible couple, entretien facile
Joint acier avec roulement à aiguilles								
A5-46	Joint de précision avec roul. aiguilles	250 à 4 000	Joint simple 9 à 300 Joint double 18 à 300	0,1 à 2,8 0,25 à 3,2	Acier	10 à 30	Simple 45° Double 90°	Joint de grande précision, très peu de jeu, bonne articulation, vitesse et charge très élevées, très bonne durée de vie

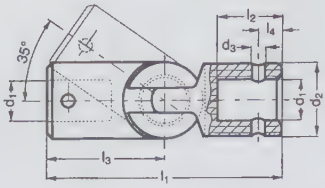
* Références constructeur.

Dimensionnement

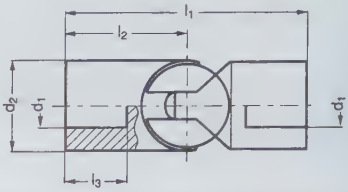
Soufflet de protection Série A5-30*



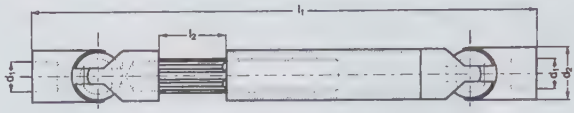
Joint de cardan à rotule (A5-23)*



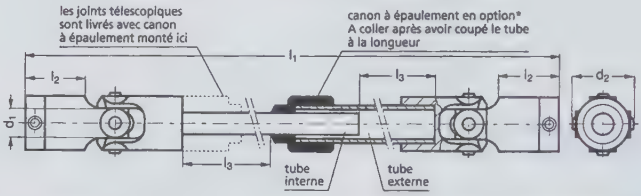
Joint de cardan à rotule avec palier lisse (A5-34)*



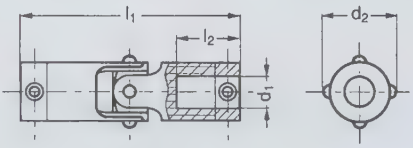
Joint de cardan à rotule avec allonge (A5-35)*



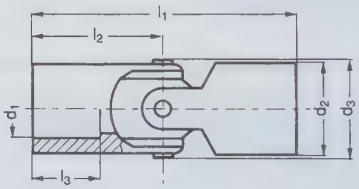
Joint de cardan à croisillon télescopique (A5-37)*



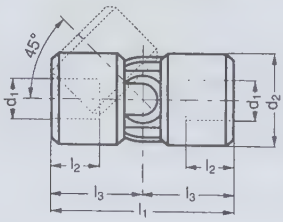
Joint de cardan à croisillon (A5-40)*



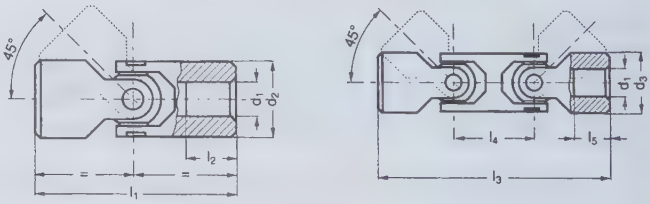
Joint de cardan à croisillon avec palier lisse (A5-41)*



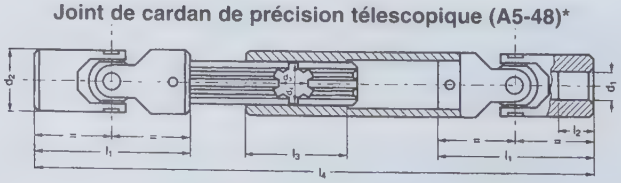
Joint de cardan de précision AR (A5-45)*



Joint de cardan de précision avec roulement à aiguilles (A5-46)*

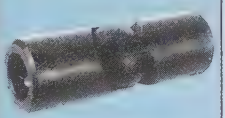
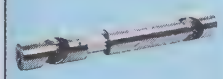
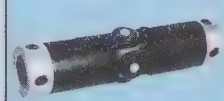


Joint de cardan de précision télescopique (A5-48)*



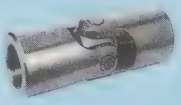
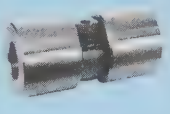
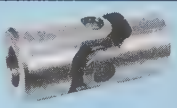
* Références constructeur.

Guide de choix d'un type de joint de cardan

Aptitudes → / Type ↓	Matière ↓	Angle maximum Simple (Degrés)	Angle maximum Double (Degrés)	Couple maximum (Nm)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Observations
 **Soufflet de protection pour joint de cardan (A5-30)***	À base de butadiène Nitrile Acrylique NBR				16 à 80		32 à 105				– Dureté 45 shores. – Bonne résistance aux huiles et graisses minérales. – Plage de température : de – 30 °C à + 100 °C. – Fixation par colliers de serrage.
 **Joint de cardan à rotule (A5-33)***	Hostaform renforcé 30 % de fibre de verre	35		5 à 22	8 à 16	16 à 25	40 à 74	10,5 à 20,5	20 à 37	4 à 10	– Fixation par goupilles.
 **Joint de cardan à rotule avec palier lisse (A5-34)***	Acier 9 S Mn Pb 28 K	35		6 à 440	6 à 30	13 à 55	35 à 135	17,5 à 67,5	10 à 35		– Faible vitesse (1 000 min^{-1} maxi) pour marche intermittente. – Pour marche continue, il faut que le produit : **vitesse × angle** ne dépasse pas 500.
 **Joint de cardan à rotule avec allonge (A5-35)***	Acier 9 S Mn Pb 28 K + St 37-2 + 35 S20 K + 55 Si 7	35	70	20 à 440	10 à 30	20 à 55	mini 200 à 450 maxi 270 à 540	maxi 70 à 140			– Faible vitesse (1 000 min^{-1} maxi) pour marche intermittente. – Pour marche continue, il faut que le produit : **vitesse × angle** ne dépasse pas 500. – Température d'utilisation : de – 70 °C à + 160 °C.
 **Joint de cardan à croisillon télescopique (A5-37)***	Joint en acétal avec croisillon en laiton Tube en laiton	45	90	2 à 550	4 à 10	11,2 à 17,5	mini 226 à 344 maxi 361 à 528	13,1 à 22,3	137 à 184		– 2 vis de fixation aux extrémités.
 **Joint de cardan à croisillon (A5-40)***	À base synthétique homopolymère acétal (Delrin)	45		0,11 à 1,6	2 à 10	7,1 à 17,5	27,2 à 67,6	9,3 à 22,3			– Embout aluminium DIN 3-1645 enduit d'une couche de chrome. – Fixation par vis à six pans creux.

* Références constructeur.

Guide de choix d'un type de joint de cardan (suite)

Aptitudes → / Type ↓	Matière ↓	Angle maximum Simple (Degrés)	Angle maximum Double (Degrés)	Couple maximum (Nm)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	Observations
 **Joint de cardan à croisillon avec palier lisse (A5-41)***	Acier C 45 + 9 S Mn Pb 28 K	45		2 à 550	6 à 40	10 à 63	40 à 166	20 à 83	12 à 50		– Faible vitesse (1 000 min^{-1} maxi) pour marche intermittente. – Pour marche continue, il faut que le produit : **vitesse × angle** ne dépasse pas 500.
 **Joint de cardan de précision AR (A5-45)***	Acier 9 S Mn Pb 28 K + 18 Ni Cr Mo 5 + 16 Cr Ni 4	45		5 à 360	6 à 30	16 à 58	34 à 122	9 à 34	17 à 61		– Ne pas utiliser dans les applications avec vibrations (à-coups).
 **Joint de cardan de précision avec roulement à aiguilles (A5-46)***	Acier C 40 + 18 NCD 5 PB	45	90	9 à 300	10 à 30	20 à 63	62 à 166	18 à 38	104 à 238	30 à 80	
 **Joint de cardan de précision (A5-47)***	Acier C 40 + 18 NCD 5 PB	45	90	5 à 156	6 à 40	16 à 80	34 à 160	9 à 42	74 à 245	29 à 95	
 **Joint de cardan de précision télescopique (A5-48)***	Acier C 40 + 18 NCD 5 PB	45	90	5 à 156	10 à 30	22 à 58	45 à 122	10 à 30	40 à 70	mini 170 à 400 maxi 230 à 510	– Profil cannelé.
 **Joint de cardan de précision (A5-49)***	Acier inoxydable	45	90	3,1 à 216	8 à 30	16 à 58	58 à 178	19 à 44	105 à 244	29 à 66	

* Références constructeur.

16.6.1. Démarche de choix et de calcul

Choix et conditions

– Déterminer d'abord le facteur global (U) d'utilisation à partir des données spécifiques de l'application.
– Choisir la taille de l'accouplement pour laquelle les conditions de couple nominal, de couple maximal, de vitesse maximale et d'alésage sont simultanément vérifiées.

Données spécifiques

Machine :
– Vitesse de rotation (n) – Couple nominal absorbé (C_a) – Puissance nominale absorbée (P_a)

$$C_a\ (N.m) = \frac{9549\ P_a\ (kW)}{n\ (tr/min)}$$

– Couple absorbé occasionnellement en pointe (C1 max) – Allure du couple absorbé – Importance de l'inertie

Facteur global (U)

Moteur :
– Genre de moteur – Couple maximal (C_2 max) – Fréquence des démarrages – Durée journalière de service.
– En fonction des données spécifiques et en utilisant le tableau des facteurs partiels d'utilisation,

calculer le facteur global d'utilisation : $U = U1.U2.U3.U4.U5$

ou le relever, s'il existe, dans le tableau correspondant.

Couple nominal ou de puissance nominale

– Calculer le couple corrigé : $C_c = U.C_a$ et sélectionner, dans le tableau des couples nominaux, la taille respectant la condition : $C_N \geq C_c$

OU

– Calculer la puissance corrigée : $P_c = U.P_a$ et relever, sur le graphique des puissances nominales, pour la vitesse (n) et pour la puissance (P_c), la taille d'accouplement nécessaire.

Couple maximal

– L'accouplement sélectionné doit remplir la plus sévère des deux conditions.

$$C_N \geq 0{,}5\ C_1\ max \quad \textbf{ET} \quad C_N \geq 0{,}5\ C_2\ max$$

Vitesse maximale

– Dans le tableau des vitesses maximales, vérifier que l'accouplement retenu remplit la condition : $n\ max \geq n$

Alésage

– Vérifier, sur les feuilles de caractéristiques dimensionnelles, que les possibilités d'alésage de la taille choisie sont compatibles avec les diamètres des bouts d'arbre.

Facteur de service

– Méthode rapide de choix du facteur de service (U)

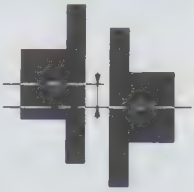
Catégorie	Machine	Moteur			
		Électrique		Thermique	
		disposi. démar.	démar. Ct-Ct	multi-cylind.	mono-cylind.
1	Petit ventilateur - Pompe centrifuge - Servocommande de porte - Génératrice.	0,95	1,18	1,4	1,7
2	Bande transporteuse - Convoyeur - Machine-outil à mouvement tournant - Monte-charge.	1,06	1,32	1,6	1,9
3	Agitateur pour liquide - Élévateur à godets ou à vis - Rectifieuse - Surpresseur. Transporteur à chaîne ou à tablier métallique - Ventilateur centrifuge.	1,18	1,5	1,8	2,12
4	Aérateur de surface - Ascenseur - Broyeur à barre - Compresseur centrifuge - Grue. Machine-outil à mouvement alternatif - Malaxeur à béton - Monte-charge lourd. Presse à papier - Remontée mécanique - Transporteur à rouleaux pour laminoir.	1,32	1,7	2	2,36
5	Aéroréfrigérant Calandre - Cisaille - Enrouleuse - Extrudeuse - Presse à forge, à estamper - Sécherie de machine à papier - Tréfilerie - Turbine - Ventilateur hélicoïde.	1,5	1,9	2,24	2,65
6	Compresseur à pistons - Concasseur - Étireuse - Laminoir - Pulpeur - Trancheuse.	1,7	2,12	2,5	3

– Méthode détaillée des facteurs combinés

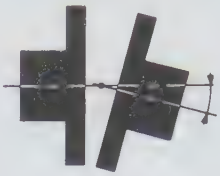
Suivant :	Facteurs partiels d'utilisation									
le couple absorbé	Couple uniforme souvent inférieur à la valeur nominale		Couple uniforme		Couple variable au cours du cycle de fonctionnement, à-coups faibles		Marche irrégulière, à-coups moyens		À-coups importants, irrégularités cycliques, inversions de couple	
U_1	0,8		1		1,2		1,4		1,6	
l'inertie de la machine	Faible inertie				Inertie modérée				Forte inertie	
U_2	1				1,2				1,4	
le genre de moteur	Moteur électrique				Moteur thermique					
	avec dispositif de démarrage		à démarrage en court-circuit		multicylindre				monocylindre	
U_3	0,8		1		1,2				1,4	
la fréquence des démarrages	Nombre de démarrages par heure	au-delà de jusqu'à	3		3 10	10 30	30 100	100 300	300	
U_4			1		1,12	1,25	1,4	1,6	1,8	
la durée journalière de service	Nombre d'heures de service par jour	au-delà de jusqu'à	2		2 5	5 10	10 16	16 24		
U_5			0,8		0,9	1	1,12	1,25		

16.6.2. Accouplements élastiques

Écarts d'alignement admissibles



Radial
Jusqu'à 1,6 mm suivant la taille



Angulaire
Jusqu'à 1°



Axial
Jusqu'à 8 mm suivant la taille

Élasticité torsionnelle



Jusqu'à 16° sous couple nominal

Composition de l'accouplement (garniture plus plateau)

Garnitures	Super-élastique				Semi-élastique	
Type (J ou S)	Une pièce (J)		Deux pièces (S)		Une pièce (J)	Deux pièces (S)
Matière	E P D M (E)	Néoprène (N)	E P D M (E)	Néoprène (N)	Élastomère	Hytrel (H)
Plateau	JE	JN	SE	SN	JH	SH
Plateau en zamak coulé J	Taille → 3 à 8		5 à 16		6 – 7 – 8	9 à 14
	3	J3JE ou J3JN				
	4	J4JE ou J4JN				
	5	J5JE ou J5JN	J5SE ou J5SN			
Plateau en fonte Ft 20 D S	5 à 16	J5JE ou J5JN à J8JE ou J8JN	S6SE ou S5SN à S16SE ou S16SN		S6JH à S8JH	S9JH à S14SH

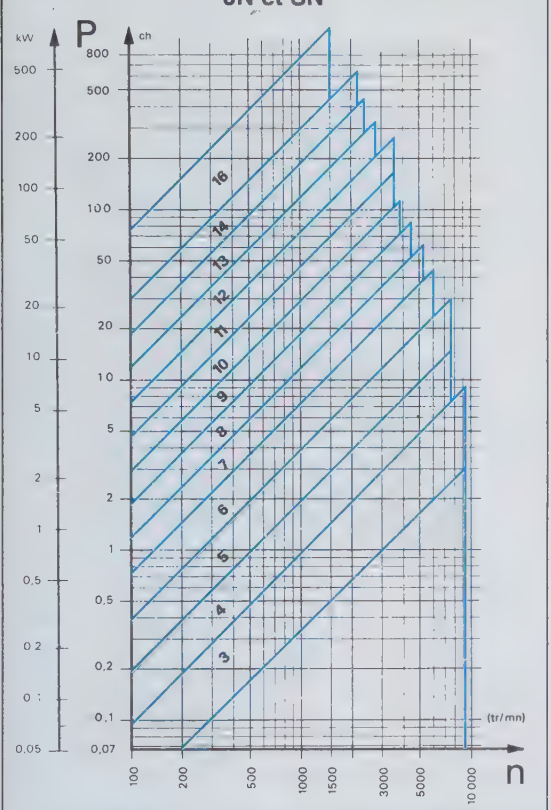
Sélection en fonction du moteur utilisé

Taille du moteur	Diamètre et longueur de l'arbre moteur	Puissance nominale du moteur en kW				Accouplement avec garniture	
		3 000 tr/min	1 500 tr/min	1 000 tr/min	750 tr/min	JE ou SE JN ou SN	JH ou SH
71	14 × 30	0,37				J 3	
80	19 × 40	0,75	0,55			J 3	
		1,1	0,75			J 3	
90 S	24 × 50	1,5	1,1	0,75	0,37	J 4	
90 L	24 × 50	2,2	1,5	1,1	0,55	J 4	
100 L	28 × 60	3	2,2	1,5	0,75	J 5	
			3		1,1	J 5	
112 L	28 × 60	4	4	2,2	1,5	J 5	
132 S	38 × 80	5,5	5,5	3	2,2	S 6	
		7,5				S 6	
132 M	38 × 80			4	3	S 6	
			7,5	5,5		S 7	
160 M	42 × 110	11			4	S 7	
		15				S 7	
			11	7,5		S 8	
160 L	42 × 110	18,5				S 7	
			15		7,5	S 8	
				11		S 9	S 7
180 M	48 × 110	22				S 8	
			18,5			S 9	S 7
180 L	48 × 110		22	15	11	S 9	S 7
200 L	55 × 110	30				S 8	
		37				S 9	
			30	18,5	15	S 10	S8
				22		S 10	S8
225 S	60 × 140		37		18,5	S 10	S 9
225 M	55 × 110	45				S 9	S 8
	60 × 140		45	30	30	S 11	S 9
250 M	60 × 140	55				S 10	S 9
	65 × 140		55	37	30	S 11	S 9
280 S	65 × 140	75				S 10	S 9
	75 × 140		75	45	37	S 12	S 10
280 M	65 × 140	90				S 11	S 9
	75 × 140		90	55	45	S 12	S 10
315 S	65 × 140	110				S 11	S 9
	80 × 170		110	75	55	S 13	S 11
315 M	65 × 110	132				S 12	S 9
	80 × 170		132	90	75	S 13	S 11
355 S	70 × 140	160				S 12	S 10
	90 × 170		160	110	90	S 14	S 12
				132	110	S 14	S 12
355 M	70 × 140	200				S 13	S 10
	90 × 170		200	160	132	S 14	S 12

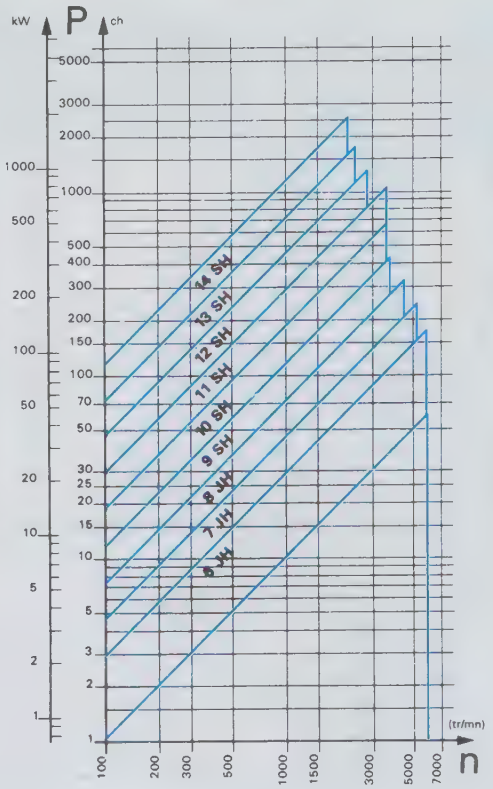
Nota : Facteur de service moyen 1,3 appliqué à la puissance nom. du moteur.

Sélection de la taille de l'accouplement élastique

Garniture E P D M ou Néoprène
JE et SE
JN et SN



Garniture HYTREL
JH et SH



Couple transmissible

Taille	Couple nominal daN.m	Vitesse maximale tr/min
3	0,69	9 200
4	1,38	7 600
5	2,75	7 600
6	5,2	6 000
7	8,3	5 250
8	13,1	4 500
9	20,8	3 750
10	33	3 600
11	52	3 600
12	83	2 800
13	131	2 400
14	207	2 200
16	540	1 500

Couple transmissible

Taille	Couple nominal daN.m	Vitesse maximale tr/min
6	20,8	6 000
7	33,2	5 250
8	52,4	4 500
9	83,2	3 750
10	132	3 600
11	208	3 600
12	332	2 800
13	524	2 400
14	828	2 200

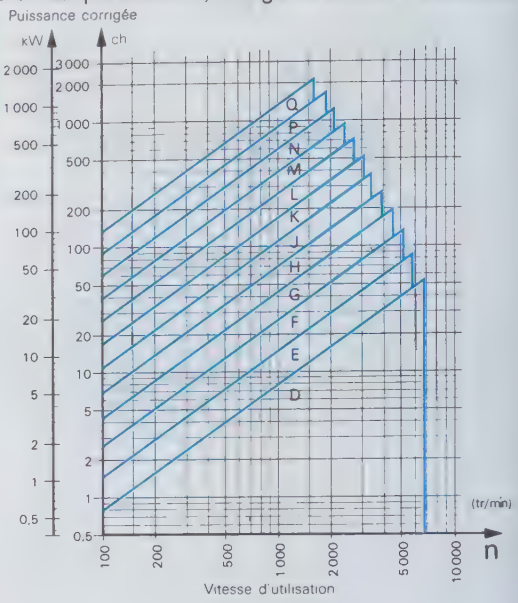
16.6.3. Accouplements semi-élastiques

Sélection de la taille de l'accouplement

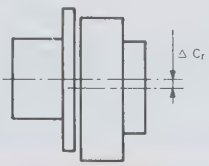
En fonction de la vitesse d'utilisation et de la puissance ou du couple absorbé, corrigé du facteur de service.

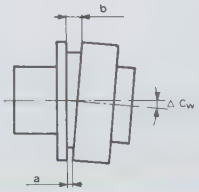
Tailles	Couples transmissibles N.m nomi.	Couples transmissibles N.m* max.	Vitesse max. admissible sous réserve d'équilibrage (tr/min)	Vitesse max. admissible sans équilibrage (tr/min)
D	57	114	6 800	1 750
E	106	212	5 800	1 700
F	184	368	5 100	1 600
G	305	610	4 500	1 500
H	490	980	3 900	1 400
J	775	1 550	3 400	1 300
K	1 200	2 400	3 100	1 200
L	1 840	3 680	2 700	1 100
M	2 800	5 600	2 400	1 000
N	4 200	8 400	2 100	900
P	6 300	12 600	1 850	800
Q	9 400	18 800	1 600	700

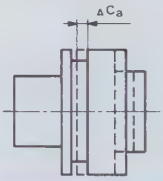
* Couple utilisable uniquement au démarrage ou en cas de surcharge momentanée non répétitive.



Écarts d'alignement admissibles





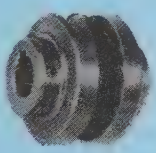


Radial Δ Cr (mm)				Angulaire Δ Cw (b – a) (mm)				Axial Δ Ca (mm)			
D	0,4	K	0,7	D	0,7	K	1,4	D	± 1	K	± 2
E	0,4	L	0,8	E	0,8	L	1,6	E	± 1	L	± 2
F	0,4	M	0,8	F	0,9	M	1,8	F	± 1	M	± 2
G	0,5	N	1	G	1	N	2,2	G	± 1	N	± 2
H	0,6	P	1	H	1,2	P	2,4	H	± 1,5	P	± 2
J	0,6	Q	1,2	J	1,4	Q	2,8	J	± 1,5	Q	± 2

Sélection en fonction du moteur utilisé

Taille du moteur	Diamètre et longueur de l'arbre moteur	Puis. nom. moteur et accouplement correspondant 3 000 tr/min kW	Acc.	1 500 tr/min kW	Acc.	1 000 tr/min kW	Acc.	750 tr/min kW	Acc.
132 S	38 x 80	5,5 7,5	D D	5,5	D	3	D	2,2	D
132 M	38 x 80			7,5	E	4 5,5	E E	3	D
160 M	42 x 110	11 15	D E	11	E	7,5	E	4 5,5	E E
160 L	42 x 110	18,5	E	15	F	11	F	7,5	F
180 M	48 x 110	22	E	18,5	F				
180 L	48 x 110			22	F	15	F	11	F
200 L	55 x 110	30 37	F F	30 37	G G	18,5 22	G G	15	G
225 S	60 x 140							18,5	
225 M	55 x 110 60 x 140	45	F	45	H	30	H	22	H

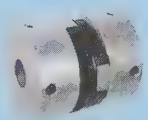
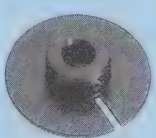
Guide de choix d'un type d'accouplement élastique ou semi-élastique

Types d'accouplements / Aptitudes		Matière de la garniture	Dureté Shore A	Tenue en température °C	Écarts d'alignement admissibles	Torsion C nominale Degrés	Torsion C maximale Degrés	Couple transmissible en fonction de la vitesse daN.m	Couple transmissible en fonction de la vitesse tr/min	Alésage mm	Observations
Accouplements élastiques	Plateaux zamak coulé  J ( ) J : 1 pièce	E P D M (1) E	80	+ 135 – 55	Voir 16.6.3.	10 à 12	23	0,7 à 535	9 200 à 1 500	9 à 32	– Économique - Légèreté. – Résistance à toutes ambiances sauf hydrocarbures. – Très bon amortissement. – Immobilisation axiale par vis de pression. – Désaccouplement facile.
		Néoprène N	70	+ 90 – 30		13 à 16	28	0,7 à 535	9 200 à 1 500	9 à 32	– Économique - Légèreté. – Résistance aux hydrocarbures. – Très bon amortissement. – Immobilisation axiale par vis de pression. – Désaccouplement facile.
	Plateaux fonte 	E P D M E	80	+ 135 – 55		10 à 12	23	0,7 à 535	9 200 à 1 500	13 à 55 (1 pièce) 13 à 150 (2 pièces)	– Résistance à toutes ambiances sauf hydrocarbures. – Très bon amortissement. – Facilité de changement de garniture (2 pièces). – Désaccouplement facile.
		Néoprène N	70	+ 90 – 30		13 à 16	28	0,7 à 535	9 200 à 1 500	13 à 55 (1 pièce) 13 à 150 (2 pièces)	– Résistance aux hydrocarbures. – Très bon amortissement. – Facilité de changement de garniture (2 pièces). – Désaccouplement facile.
Accouplements semi-élastiques	S ( ) J : 1 pièce S ( ) S : 2 pièces	Élastomère polyester H	92	+ 121 – 54		7 à 8	16	20,4 à 812	6 000 à 2 200	16 à 120	– Résistance à toutes ambiances y compris les hydrocarbures. – Transmet un couple 4 fois plus grand que les autres garnitures.
	Plateaux fonte  Type 2 pièces	E P D M E	84	+ 135 – 55	Voir 16.6.3.	2 à 2,5		5,7 à 940	6 800 à 1 600	16 à 80	– Résistance à toutes ambiances courantes. – Très bonne élasticité. – Montage à chaud ou montage à froid serré. – Modèle plus économique que le modèle 3 pièces ci-dessous.
	Plateaux fonte  Type 3 pièces	E P D M E	84	+ 135 – 55		2 à 2,5		5,7 à 940	6 800 à 1 600	20 à 160	– Résistance à toutes ambiances courantes. – Très bonne élasticité. – Montage à chaud ou montage à froid serré. – Désaccouplement facilité par rotation et glissement de la pièce intermédiaire K3. – Changement facile des tampons.
	Plateaux fonte  À bride	E P D M E	84	+ 135 – 55		2 à 2,5		5,7 à 940	6 800 à 1 600	20 à 145	– Résistance à toutes ambiances courantes. – Très bonne élasticité. – Permet une fixation directe côté moteur thermique par exemple. – Vitesse maximum de la bride 4 000 tr/min suivant le type.

(1) E P D M : Éthylène, Propylène, Diène, Monomère.

16.6.4. Accouplements rigides

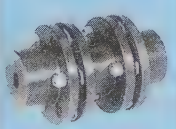
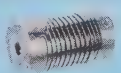
Guide de choix d'un type d'accouplement rigide

Aptitudes → / Type ↓	Couple de rupture ↓ Nm	Couple maximum ↓ Nm	Désalignement maximum : angulaire ↓ (°)	radial ↓ mm	axial ↓ mm	Vitesse maximale ↓ min^{-1}	Alésage d_1 ↓ mm	Observations
 **Type HU** Moyeu avec vis de serrage **Modèle A5-01***		0,3	10	1	0	6 000	2-4	– Moyeu pivotant : laiton ou alliage d'aluminium. – Anneau : acétal. – Compense les désalignements d'arbres importants. – Fonctionnement sans jeu, sans lubrification et de faible inertie. – Température – 40 à + 85 °C.
	–	1,7	10	1	0	5 000	3-8	
		3,5	10	1	0	3 000	6-12	
 **Type HF** Fixation avec anneau de serrage **Modèle A5-03***	13	3,4	1	2,8	0,2	3 000	6-10	– Moyeu : laiton ou alliage d'aluminium. – Disque de torsion : acétal. – Compense les désalignements d'arbres importants, les dilatations ou contractions axiales. – Fonctionnement sans jeu et de faible inertie. – Température – 40 à + 85 °C.
	57	18	1	4,5	0,25	3 000	10-16	
 **Type HZ** Fixation par vis de pression **Modèle A5-04***	0,7 2 4 10 13 57	0,036 0,30 0,80 1,60 3,40 18	± 0,5	0,1 1 1,5 2 2,8 4,5	0,05 0,1 0,1 0,2 0,2 0,25	3 000	2-3 3-4 3-6 4-8 6-10 10-16	– Moyeu : laiton ou alliage d'aluminium. – Disque de torsion : acétal. – Compense les désalignements d'arbres importants, les dilatations ou contractions axiales. – Fonctionnement sans jeu et de faible inertie. – Température – 40 à + 85 °C.
 **Type MCT** Fixation par serrage **Modèle A5-05***	Couple nomi. 1 2 5 10	 2 4 10 20	3	– – – –	0,5	6 100 4 800 3 800 3 100	6 à 10 8 à 14 12 à 16 16 à 20	– Moyeu : alliage d'aluminium. – Tenons : acier. – Compense les désalignements d'arbres.
 **Type MPF** Collerette **Modèle A5-051***	Inertie kg m^2 $5,1 \times 10^{-7}$ $1,4 \times 10^{-6}$ $3,5 \times 10^{-6}$		l_1 8 10 10	l_3 1,5 1,5 1,5	d_3 14 20 25	d_2 32 40 50	d_1 H8 4 à 8 4 à 12 6 à 15	– Montage avec ergot d'entraînement « prisonnier » dans la rainure. – Alliage d'aluminium.

* Références constructeur.

16.6.5. Accouplements permettant les désalignements axiaux, radiaux, angulaires importants

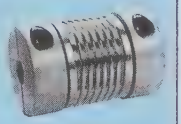
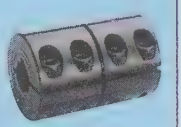
Guide de choix d'un type d'accouplement permettant les désalignements

Aptitudes → / Type ↓	Couple nominal ↓ Nm	Couple maximum ↓ Nm	Alésage d_1 ↓ mm	Diamètre maximum ↓ mm	Longueur maximale l_2 ↓ mm	Vitesse ↓ min^{-1}	Observations
 **Type M1/M2 à denture bombée Modèle A5-15***	5 8 12	10 16 24	6 à 14 12 à 19 10 à 24	d5 40 48 52	48 52 54	6 000 6 000 6 000	– Manchon et moyeux : polyamide. – Compense les désalignements axiaux, radiaux et angulaires. – Montage aisé par emboîtement axial. – Pas d'entretien. – Durée de vie importante. – Température : – 25 à + 80 °C. – Livrés avec alésage et rainure de clavette.
 **Type M1/M3 à denture double bombée Modèle A5-16***	5 8 12	10 16 24	6 à 14 12 à 19 10 à 24	d4 40 48 52	50 54 56	6 000 6 000 6 000	– Manchon et moyeux : polyamide. – Compense les désalignements axiaux, radiaux et angulaires. – Montage aisé par emboîtement axial. – Pas d'entretien. – Durée de vie importante. – Température : – 25 à + 80 °C. – Livrés avec alésage et rainure de clavette.
 **Type M3/M4 à denture double bombée Modèle A5-17***	10 16 20	30 32 40	H7 8 à 14 10 à 16 12 à 24	d4 40 48 52	50 54 56	14 000 11 800 10 600	– Manchon : polyamide. – Moyeux : acier fritté. – Compense les désalignements axiaux, radiaux et angulaires. – Montage aisé par emboîtement axial. – Pas d'entretien. – Durée de vie importante. – Température : – 25 à + 80 °C. – Livrés avec alésage et rainure de clavette.
 **Type FL à lamelles Modèle A5-20***	32 à 110 300 650 à 3 000	Désalig. angul. 2° 2° 2°	24 à 30 40 50 à 90	55 à 79 98 124 à 197	88 à 180 160 à 190 210 à 320	8 400 à 10 000 6 800 3 400 à 5 400	– Moyeux : acier. – Lamelles : acier spécial flexible. – Transmission du couple avec rigidité torsionnelle élevée. – Compense les désalignements axiaux, radiaux et angulaires. – Utilisés dans l'assemblage des rotors de pompes. – Livrés avec alésage et rainure de clavette.
 **Type EK à ressorts Modèle A5-21***	Désalig. angul. 5° 5°	Couple maxi 1 3	8 14	d_2 16 26	l_1 35 50	3 000 3 000	– Acier. – Flexible et élastique. – Utilisés dans les deux sens de rotation. – Aucun entretien. – Fixation par vis 6 pans creux.
 **Type EL à ressorts Modèle A5-22***	3 à 6	10 à 1 000	Pour goujon 12 à 64 Pour rainure 8 à 50	d_2 21 à 100	l_1 45 à 250	15 000 à 1 500	– Acier. – Composé de trois ressorts. – Absorbe les vibrations et les à-coups. – Utilisés dans les deux sens de rotation. – Fixation par goupille ou clavette. – Aucun entretien.

* Références constructeur.

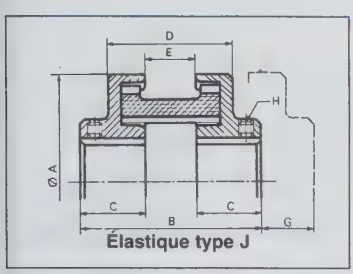
16.6.6. Accouplements flexibles et manchons rigides d'accouplement

Guide de choix d'un type d'accouplements flexibles et d'un type de manchons rigides d'accouplement

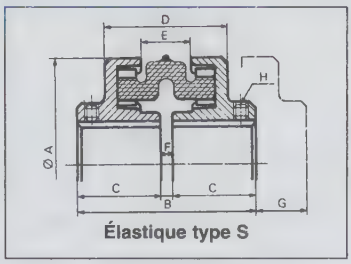
Aptitudes → / Type ↓		Couple nominal ↓ Nm	Couple maximum ↓ Nm	Désalignement maximum : angulaire ↓ (°)	axial ou parallèle ↓	Alésage ↓ mm	Longueur maximale ↓ mm	Vitesse maximale ↓ min⁻¹	Observations
Accouplements flexibles	 **Type HU flexible Modèle A5-25***		Alum. 3,4 à 15 Inox 5 à 25	5-7	Paral. 0,2 à 0,5	4 à 16	25,4 à 57,2		– Aluminium ou acier inoxydable. – Utilisation monobloc et sans jeu. – Encombrement réduit. – Compense les désalignements axiaux, radiaux et angulaires. – Grande rigidité torsionnelle. – Pour le choix d'un accouplement, tenir compte du facteur de service : charge continue : 1 ; à-coup : 1,5 ; inversée : 2.
	 **Type MFB flexible à soufflet Modèle A5-26***	0,3 à 2	0,6 à 4	1,5-2	Axial 0,10 à 0,20	H8 4 à 14	23,5 à 42	13 000 à 4 800	– Moyeux : alliage d'aluminium. – Soufflet : phosphore-bronze. – Grande rigidité torsionnelle. – Utilisés dans les deux sens de rotation. – Sans jeu. – Aucun entretien. – Résistance aux produits chimiques.
	 **Type MTD flexible à lamelles Modèle A5-27***	0,5 à 2	1 à 4	1 à 2	Axial 0,10 et 0,15	H8 4 à 14	27,3 à 27,5	19 000 à 12 000	– Moyeux : alliage d'aluminium. – Lamelles et tenons : acier inoxydable. – Grande rigidité torsionnelle. – Utilisés dans les deux sens de rotation. – Sans jeu.
Manchons rigides	 **Rigide en une partie Modèle A5-28***		Acier 30 à 2 250 Inox 25 à 1 875			6 à 50	30 à 124		– Acier bruni ou acier inoxydable. – Avec ou sans rainure de clavette. – Ne détériore pas l'arbre.
	 **Rigide en deux parties Modèle A5-29***		Acier 30 à 2 250 Inox 25 à 1 875			6 à 50	30 à 124		– Acier bruni ou acier inoxydable. – Avec ou sans rainure de clavette. – Ne détériore pas l'arbre.

* Références constructeur.

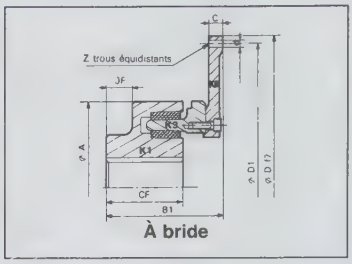
16.6.7. Dimensionnement des accouplements



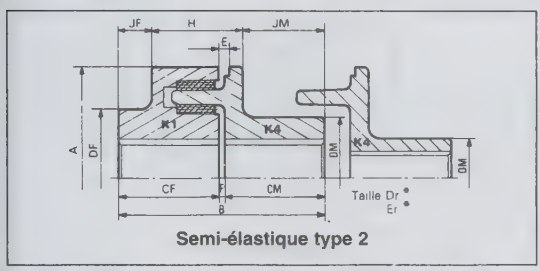
Élastique type J



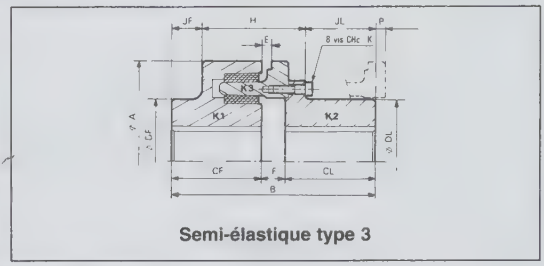
Élastique type S



À bride

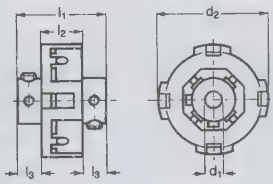


Semi-élastique type 2

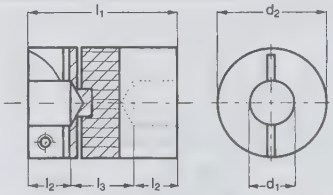


Semi-élastique type 3

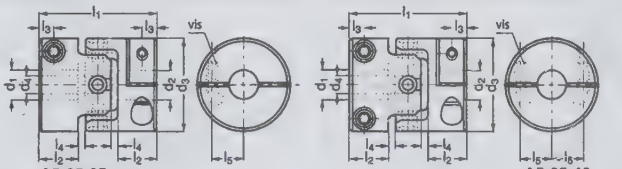
Nota : pour les dimensions des composants ci-dessus voir catalogue (Brook-Hansen).



Moyeu avec vis de serrage type HU
Modèle A5-01*



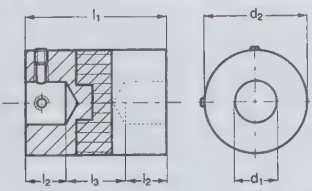
Fixation avec anneau de serrage type HF
Modèle A5-03*



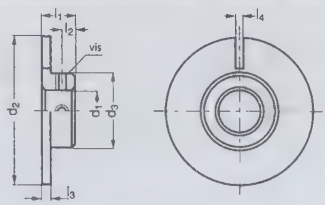
A5-05-25
et A5-05-32*

A5-05-40
et A5-05-50*

Fixation par serrage type MCT
Modèle A5-05*



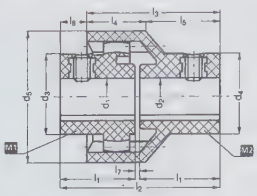
Fixation par vis de pression type HZ
Modèle A5-04*



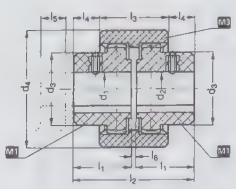
Collerette type MPF
Modèle A5-051*

* Références constructeur.

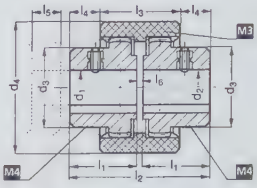
Dimensionnement des accouplements (suite)



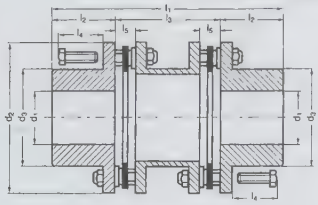
À denture bombée type M1/M2
Modèle A5-15*



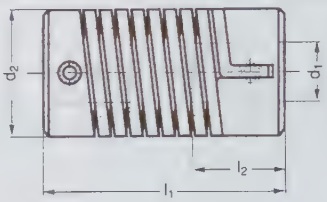
À denture double bombée type M1/M3
Modèle A5-16*



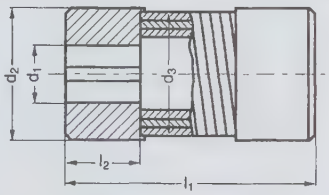
À denture double bombée type M3/M4
Modèle A5-17*



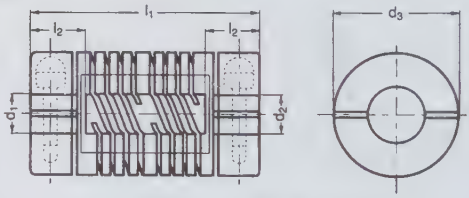
À lamelles type FL
Modèle A5-20*



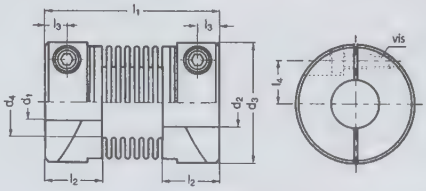
À ressorts type EK
Modèle A5-21*



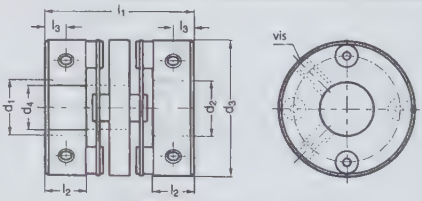
À ressorts type EL
Modèle A5-22*



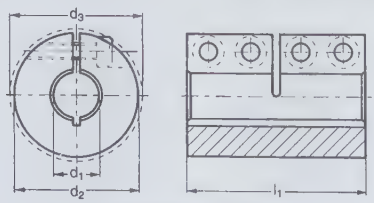
Flexible type HU
Modèle A5-25*



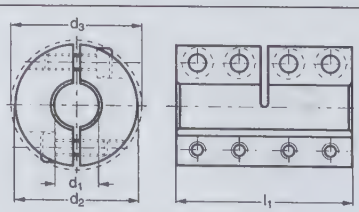
Flexible à soufflet type MFB
Modèle A5-26*



Flexible à lamelles type MTD
Modèle A5-27*



Rigide en une partie
Modèle A5-28*

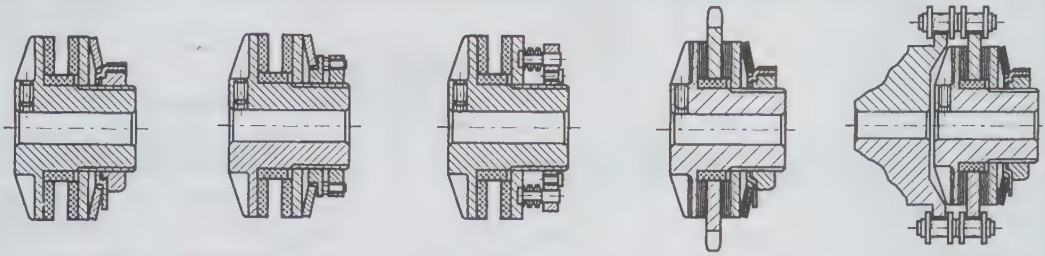


Rigide en deux parties
Modèle A5-29*

* Références constructeur.

16.7.1. Limiteurs de couple à glissement

Généralités

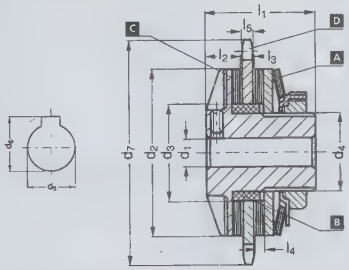


Taille 15 à 240 | **Taille 190 à 1 800** | **Taille 2 200 à 6 800** | **Avec pignon standard** | **Avec accouplement à chaîne**

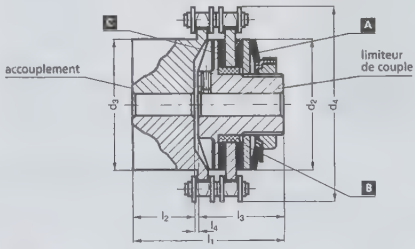
Fonctionnement : L'entraînement par poulie trapézoïdale, poulie dentée ou pignon à chaîne, monté dans le limiteur de couple, est interrompu quand le couple résistant de la machine dépasse la valeur du couple préréglé. Le glissement de cette pièce à entraîner, comprimée entre les disques de friction, s'arrête au moment où le couple résistant redescend à la valeur normale, alors l'ensemble est à nouveau opérationnel. Une bague centrale en matériau composite assure la rotation de la pièce à entraîner durant ce glissement ; la largeur de celle-ci doit être adaptée à la largeur de la pièce à entraîner.

Réglage :
Pour les tailles 15 à 240 : en serrant l'écrou central par une clé à molette, les rondelles ressorts compriment l'organe monté et augmentent ainsi le couple de glissement. Le dispositif de réglage est bloqué par le système écrou/rondelle frein.
Pour les tailles 190 à 1 800 : le serrage des vis individuellement augmente la pression et déforme la coupelle unique.
Pour les tailles 2 200 à 10 000 : le serrage des vis augmente le couple de glissement en déformant individuellement les rondelles ressorts montées sur chaque vis.

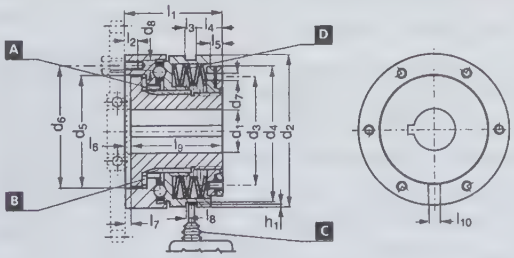
Dimensionnement



Limiteur de couple à glissement (A5-60)*

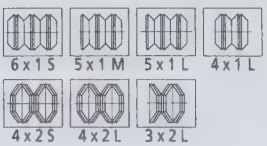


Limiteur de couple à glissement avec accouplement à chaîne (A5-61)*



Limiteur de couple à billes (A5-62)*

Empilages :
nombre de ressorts et type



* Références constructeur.

Guide de choix d'un limiteur de couple à glissement

Aptitudes → / Type ↓	Couple maximum (Nm)	Nombre de dents du pignon à chaîne	Pas (pouces)	Alésage mini (mm)	Alésage maxi (mm)	Diamètre du pignon (mm)	Largeur du pignon (mm)	Largeur du couple maximale (mm)	Observations
 Limiteur à glissement A5-60*	15 à 10 000	22 à 30	3/8 à 1	7 à 48	14 à 120	71 à 254	5,2 à 16	28 à 120	– Acier ou acier fritté suivant modèle. – Bague et disque en matériau composite. – Entraînement interrompu au moment d'un surcouple par rapport au couple préréglé. – Réenclenchement automatique.
 Limiteur à glissement avec accouplement à chaîne A5-61*	15 à 4 000	22 à 30	3/8 à 1	8 à 35	35 à 100	75,2 à 264	5,2 à 16	55 à 264	– Acier ou acier fritté suivant modèle. – Bague et disque en matériau composite. – Entraînement interrompu au moment d'un surcouple par rapport au couple préréglé. – Réenclenchement automatique.

16.7.2. Limiteurs de couple à billes

Guide de choix d'un type de limiteur de couple à billes



Limiteur de couple à billes A5-62*

Couple en fonction de l'empilage des rondelles ressorts

Taille	Option: Couple (Nm)	Option: Vit. maxi (min^{-1})	Option: Type d'empilage	Standard: Couple (Nm)	Standard: Vit. maxi (min^{-1})	Standard: Type d'empilage	Option: Couple (Nm)	Option: Vit. maxi (min^{-1})	Option: Type d'empilage	Option: Couple (Nm)	Option: Vit. maxi (min^{-1})	Option: Type d'empilage
20	2,5/5	3 300	6 × 1S	5/10	3 300	5 × 1M	10/20	1 800	4 × 2S	20/40	1 800	4 × 1L
25	6,0/12	2 890	6 × 1S	12/25	2 890	5 × 1M	25/60	1 450	5 × 1L	60/100	1 450	3 × 2L
35	12/25	2 350	5 × 1S	25/50	2 350	5 × 1M	50/120	1 200	4 × 1L	120/200	1 200	3 × 2L
45	25/50	2 000	6 × 1S	50/100	2 000	5 × 1M	100/250	1 000	5 × 1L	250/400	1 000	3 × 2L
55	50/100	1 650	6 × 1S	100/200	1 650	5 × 1M	200/250	850	5 × 1L	500/800	850	3 × 2L

Alésage mini	Alésage maxi	Diamètre maximal	Largeur maximale	Observations
7 à 24	20 à 55	55 à 146	38,5 à 100	– Acier, sauf le chemin de roulement : acier trempé – Entraînement interrompu au moment d'un surcouple par rapport au couple préréglé – Réenclenchement automatique

Fonctionnement et réglage

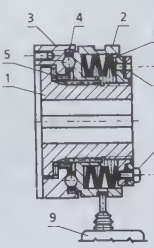
Pendant le service normal, le limiteur de couple transmet le couple de la partie mobile (2) à la flasque (3) par l'intermédiaire d'une couronne de billes (4) emprisonnées par la pression des rondelles ressorts (6) dans des logements situés entre les deux moitiés (2) et (3) du limiteur de couple.

Lorsque le couple à transmettre devient plus important que le couple réglé, les billes sortent de leurs logements. L'appareil débraye, libérant la partie menée (3) de la partie menante (2) qui ne sont plus solidaires en rotation et ne transmettent qu'un couple résiduel très faible. La partie mobile (2) poussée par les billes recule, contre la force des rondelles ressorts (6) et commande l'interrupteur arrêt moteur (9).

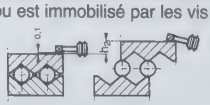
L'entraînement est à nouveau opérationnel dès que la surcharge est supprimée, un nouveau réglage n'est pas nécessaire.

Réglage du couple

Serré, dans le sens des aiguilles d'une montre, l'écrou de réglage (7) donne une force axiale plus élevée aux rondelles ressorts (6) et donc un couple de réglage plus élevé. L'écrou est immobilisé par les vis de blocage (8).



Interrupteur d'arrêt d'urgence

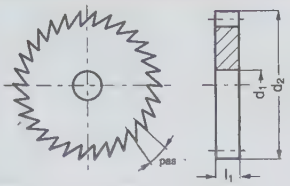


* Références constructeur.

16.8. Roues à rochet et à cliquets

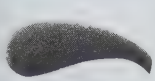


Modèle A1-44*

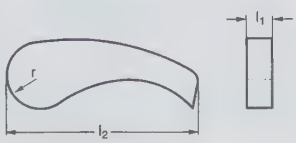


Pas	Nb de dents	d_1	d_2	l_1
3,14	20 à 80	6-10-15	20 à 80	4-9
4,71	20 à 120	8 à 20	30 à 180	6-9

Matière :
– Acier 9 S Mn 28 K
– Au-dessus du diamètre 80 (d_2) : acier C 45



Modèle A1-45*



l_1	l_2	r
4-6-9	49,5-49,5-75	9-9-13

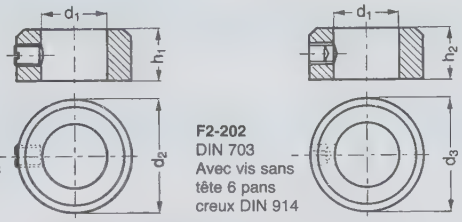
Matière :
– Acier

16.9. Bagues d'arrêt

16.9.1. Bagues d'arrêt à blocage par vis



Modèles F2-20*
F2-21



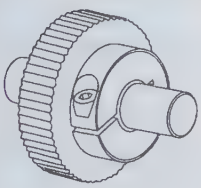
F2-201
DIN 705 A
Avec vis sans tête fendue DIN 553

F2-202
DIN 703
Avec vis sans tête 6 pans creux DIN 914

Matière :
– Acier XC75 (modèle F2-20)
– Acier inoxydable (modèle F2-21)

16.9.2. Bagues d'arrêt fendues à blocage par vis

Montage



Couple de serrage

DIN 912	Acier Nm	Acier inox Nm
M2 à M8	0,60 à 39	0,36 à 23
DIN 916	**Acier Nm**	**Acier inox Nm**
M2 à M8	0,21 à 17	0,13 à 13,60

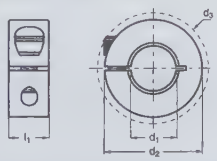
Applications

Les bagues d'arrêt fendues apportent une solution efficace pour la fixation d'éléments sur des arbres. Elles sont utilisées généralement dans des applications de tapis roulants dans l'industrie papier, l'impression et l'emballage. Des puissances importantes ainsi qu'un réglage facile (mise en place) permettent une efficacité et une réduction des coûts de montage. Elles peuvent être soudées à d'autres composants afin de réaliser rapidement de multiples applications non onéreuses. Elles se montent sans jeu avec une répartition optimale des forces de serrage et un ajustement précis sans aucune détérioration des arbres.

Bagues fendues en une partie



Modèle F2-31*

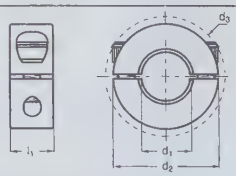


Matière : acier bruni ou acier inoxydable.
Utilisation : ne détériore pas l'arbre, plus grande capacité de charge axiale que les bagues standard.
– Réajustement facile.

Bagues fendues en deux parties



Modèle F2-32*



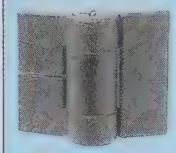
Matière : acier bruni ou acier inoxydable.
Utilisation : ne détériore pas l'arbre, plus grande capacité de charge axiale que les bagues en une partie ou bagues standard.
– Démontage et réajustement faciles.

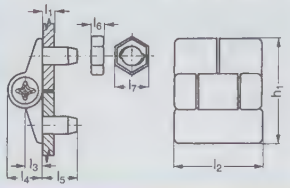
* Références constructeur.

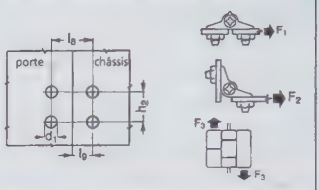
Guide de choix d'un type de charnière

Aptitudes → Type ↓ | Dimensionnement ↓ | Montage et caractéristiques ↓ | Observations

Charnière miniature à friction réglable Modèle 37-02*



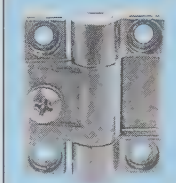


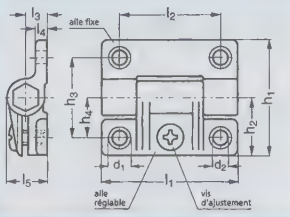


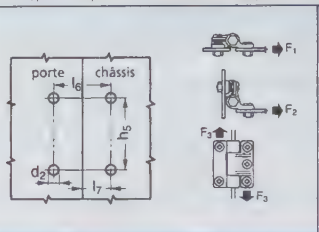
– Acétal noir ou blanc.
– Couple maximum 25 N.cm.
– Température de – 20 à + 80 °C.
– Régler la friction après montage.

h_1	h_2 $^{+0,3}_{0,1}$	d_1 $^{+0,1}_{-0,0}$	l_1 max.	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8 ±0,2	l_9 $^{+0,2}_{-0,0}$	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)
30,5	15	5,4	8	25,5	5,1	10,2	12,7	3	10	20,5	10	1 390	675	950

Charnière à friction réglable Modèle 37-04*





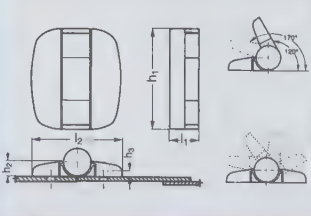


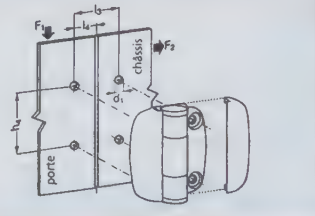
– Acétal noir ou blanc.
– Couple maximum 80 et 400 N.cm.
– Température de – 5 à + 65 °C.
– Régler la friction après montage.

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5 $^{+0,3}_{-0,0}$	d_1	d_2 $^{+0,1}_{-0,0}$	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	h_7 $^{+0,2}_{-0,0}$	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)
36,5	18,3	25,5	12,7	31,5	8,9	4,5	43	31,7	6,7	6	12,5	25,5	12,5	1 670	1 270	810
57,5	28,5	38	19	47,5		6,6	63,5	47,6	10,3	5,2	19,4	38	19	3 987	2 980	1 855

Charnière de positionnement Modèle 37-10*



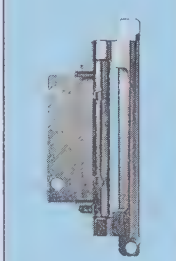


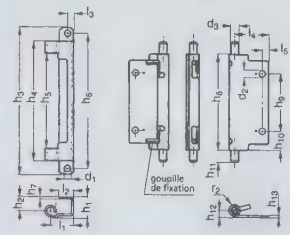


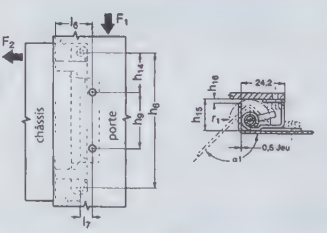
– Acétal noir.
– Ailette et cache-vis en nylon noir.
– Système d'indexation à 120 ou 170°.
– Température de – 20 à + 80 °C.
– Couple de positionnement 1,1 Nm

Avec indexation	d_1 ±0,1	h_1	h_2	h_3	h_4 ±0,2	l_1	l_2	l_3 ±0,2	l_4 ±0,2	F1 (N)	F2 (N)	Sans indexation
37-100-50	4,5	49	7	2	31,8	14	43	25,4	12,7	130	130	37-105-50

Charnière invisible Modèle 37-30*







– Acier XC 10 zingué ou acier inox Z 10 CNF 18-09.
– Sélectionner la charnière en fonction de la cote h_1 (h_1 + 0,6 = distance de la face extérieure du châssis à la face interne de la porte).

Acier	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6 ±0,2	h_7	h_8	h_9 ±0,2	h_{10}	h_{11}	h_{12}	h_{13}	h_{14} ±0,2	h_{15}	h_{16} min.	Inox
37-300-17	17	11,8	126	100,3	80,4	116	1,5	79,8	48	15,9	10	5,8	1,5	34	17,6	3,2	37-305-17
37-300-20	20	14,8	126	100,3	80,4	116	1,5	79,8	48	15,9	10	5,8	1,5	34	20,6	3,9	37-305-20
37-300-23	23,4	18,2	126	100,3	80,4	116	1,5	79,8	48	15,9	10	5,8	1,5	34	24	4,4	37-305-23

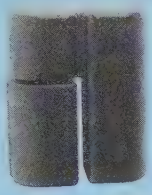
Acier	d_1	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6 ±0,1	l_7 ±0,1	r_1 max.	r_2	α_1° max.	F1 (N) acier	F1 (N) inox	F2 (N)	Inox
37-300-17	5,4	5,4	6,4	19	12	5,2	29	5,2	29	10	10,9	4,7	132	500	800	300	37-305-17
37-300-20	5,4	5,4	6,4	19	12	5,2	29	5,2	29	10	12,7	4,7	125	500	800	300	37-305-20
37-300-23	5,4	5,4	6,4	19	12	5,2	29	5,2	29	10	15,3	4,7	118	500	800	300	37-305-23

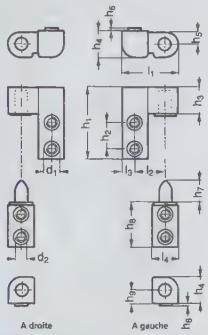
* Références constructeur.

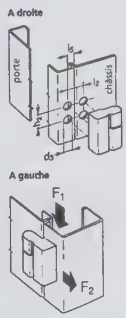
Guide de choix d'un type de gond

Aptitudes → / Type ↓ | Dimensionnement ↓ | Montage et caractéristiques ↓ | Observations

Gond miniature articulation déportée Modèle 37-60*





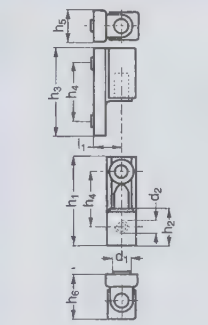


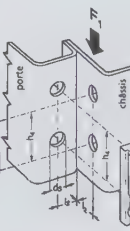
– Zamak pelliculé noir.
– Couple maximum de serrage des vis de montage : 1,1 Nm.
– Existe en version gauche ou droite.

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	d_1	d_2	$d_{3-0,0}^{+0,1}$	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	F1 (N)	F2 (N)
25,5	9,5	9,8	9,5	4,7	0,8	8	15,6	4,7	5,1	M 4	5,6	20	11	4,5	9,3	5,5	1 250	1 100

Gond miniature articulation en ligne Modèle 37-61*





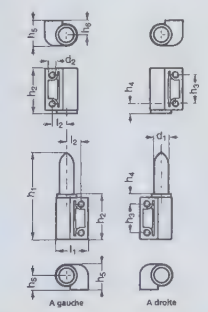


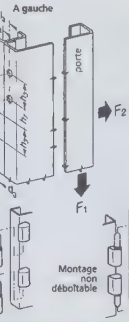
– Zamak pelliculé noir.
– Couple maximum de serrage des vis de montage : 1,1 Nm.
– Peut être monté sur le côté droit ou gauche des portes.

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	d_1	d_2	$d_{3-0,0}^{+0,1}$	l_1	l_2	F1 (N)	F2 (N)
28	11,3	28	19,1	8,7	12,7	5,1	M 4	5,6	8,4	8,5	1 250	1 100

Gond nylon articulation déportée Modèle 37-64*







– Nylon noir chargé de fibre de verre.
– Couple maximum de serrage des vis de montage :
2,8 N.m pour h_1 = 58 mm,
5,6 N.m pour h_1 = 78 mm.
– Existe en version gauche ou droite.

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	$h_7^{+0,0}_{-0,3}$	d_1	d_2	$d_{3-0,0}^{+0,1}$	l_1	l_2	l_3	l_4	F1 (N)	F2 (N)
58	31	19	7	16,7	9,5	15,9	9,5	M 5	5,4	21,5	9,5	19	9,5	1 100	670
78	41,3	25,5	9,5	22,2	12,7	20,6	12,7	M 6	6,7	28,5	12,7	25,5	12,7	2 200	1 300

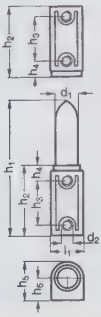
* Références constructeur.

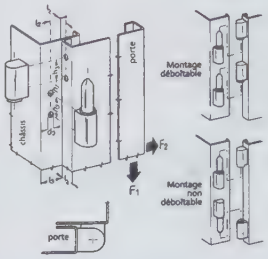
Guide de choix d'un type de gond (suite)

Aptitudes → Type ↓ | Dimensionnement ↓ | Montage et caractéristiques ↓ | Observations

Gond nylon articulation en ligne Modèle 37-65*





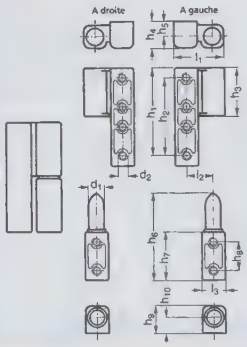


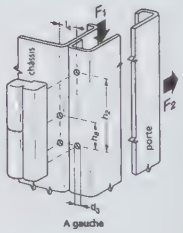
– Nylon noir chargé de fibre de verre.
– Couple maximum de serrage des vis de montage :
2,8 Nm pour h_1 = 58.
5,6 N.m pour h_1 = 78
– La cote l_3 doit être inférieure à 19 mm pour h_1 = 78 pour que la porte s'ouvre à 180°.

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	d_1	d_2	$d_{3-0,0}^{+0,1}$	l_1	l_2	F1 (N)	F2 (N)
58	31	19	7	16,7	9,5	15,9	9,5	M 5	5,4	14,3	9,5	1 100	670
78	41,3	25,5	9,5	22,2	12,7	20,6	12,7	M 6	6,7	19	12,7	2 200	1 300

Gond métallique articulation déportée Modèle 37-68*





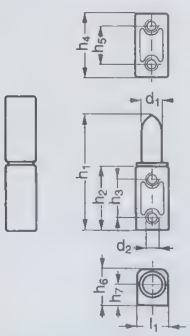


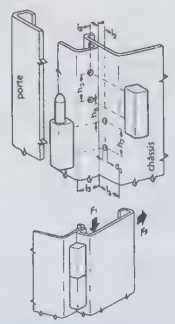
– Zamak pelliculé noir.
– Existe en version gauche ou droite.

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9	h_{10}	d_1	d_2	$d_{3-0,2}^{+0,0}$	l_1	l_2	l_3	$l_{4-0,2}^{+0,0}$	F1 (N)	F2 (N)
63,5	50,8	31,5	17,5	10	56	31,5	19	17,5	10	9,5	M 5	5,4	32,5	17,5	15	17,5	2 200	1 300

Gond métallique articulation en ligne Modèle 37-69*





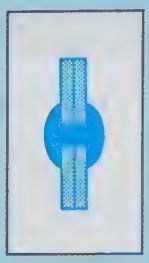


– Zamak pelliculé noir.
– La cote l_3 doit être inférieure à 19,9 mm pour que la porte s'ouvre de 180°.
– Peut être monté sur le côté droit ou gauche des portes.

h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	$h_{8^{-0,2}}$	d_1	d_2	$d_{3-0,2}^{+0,0}$	l_1	l_2	F1 (N)	F2 (N)
56	31,5	19	31,5	19	17,5	10	12,7	9,5	M 5	5,4	15	10	2 000	1 300

* Références constructeur.

17. Éléments d'assemblage et de fixation mécanique par obstacles et par soudure



Banque de **DONNÉES**

Données dans **CD Rom**

17.1. Écrous noyés et goujons à sertir 592

17.1.1. Généralités et description 592

17.1.2. Choix d'un écrou noyé standard 593

17.2. Filets rapportés (Helicoil® plus) 594

17.2.1. Techniques de renforcement des taraudages 594

17.2.2. Aide au choix : matières du filet 595

17.2.3. Exemples d'application 595

17.2.4. Détermination de la longueur nominale du filet rapporté Helicoil® 596

17.3. Inserts pour plastique (AMTEC) 597

17.3.1. Généralités - Description - Principe de pose 597

17.3.2. Aide au choix de l'insert 598

17.3.3. Exemples d'application 599

17.4. Écrous autosertissables (Rivpress) 600

17.4.1. Aide au choix 600

17.4.2. Dimensionnement 600

17.5. Rivets aveugles (Rivquick) 601

17.5.1. Généralités 601

17.5.2. Aide au choix d'un rivet standard en fonction de l'application 601

17.6. Rivets métalliques pleins 603

17.6.1. Définitions - Observations 603

17.6.2. Principaux rivets normalisés 603

17.7. Soudure 604

17.7.1. Représentation - Symboles - Positions diverses 604

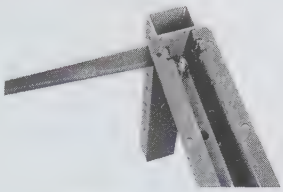
17.7.2. Applications - Cotation des soudures 605

17.7.3. Indications - Différents procédés 606

17.1.1. Généralités et description

L'écrou noyé est la solution la plus **polyvalente** pour ajouter un taraudage résistant sur une pièce mince.
Il s'adapte très facilement dans les **plastiques**, les résines et tous les métaux.
Sa pose en aveugle est irremplaçable sur **corps creux**, **caissons** ou **profilés** accessibles d'un seul côté.
Parce qu'il ne nécessite aucune retouche après pose, même sur une **pièce déjà revêtue ou peinte**, il peut se monter à tout stade de la production. Son utilisation sur chaîne de montage est donc très flexible.
Au contraire des écrous soudés, il respecte la pièce, sans détériorer les surfaces, et il **protège l'opérateur** par l'absence d'émanations ou de risques de brûlures.
Le **faible temps de pose** et le **coût réduit d'équipement** lui confèrent un grand intérêt économique parmi toutes les solutions d'écrous rapportés.
Il **résiste aux dévissages fréquents**.

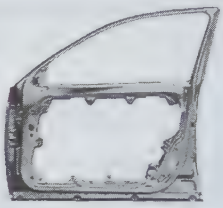
Exemples d'applications



Traverses de bureau

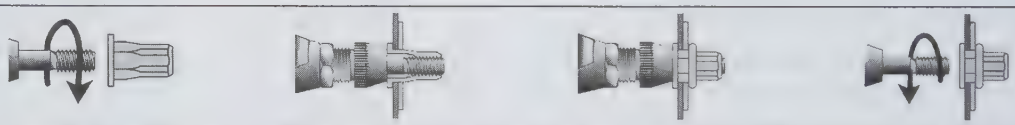


Becquet de scooter



Portière de voiture

Pose par traction



La **pose par traction** est la méthode recommandée. Elle comprend : le vissage, le sertissage et le dévissage de l'écrou.

Choix du fût

Fût hexagonal
Son montage sur trou hexagonal facilite l'immobilisation de l'écrou.



Fût cylindrique, moleté ou lisse
Utilisé lorsque les trous hexagonaux ne sont pas réalisables. La version moletée est préférée pour les supports plastiques et matériaux tendres.



Fût ouvert
C'est la forme la plus développée sur le marché car plus compacte.



Fût borgne
Pour garantir une étanchéité entre l'écrou et la pièce (possibilité d'utiliser une version écrous avec joint).



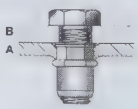
Choix de la tête

Tête plate
Forme la plus utilisée.
L'espace V peut être supprimé par un emboutissage de la tôle.

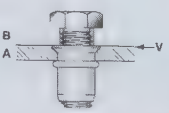


Tête fine
Cas où un espace V réduit ou nul est recherché.
V sera nul sur un matériau tendre.

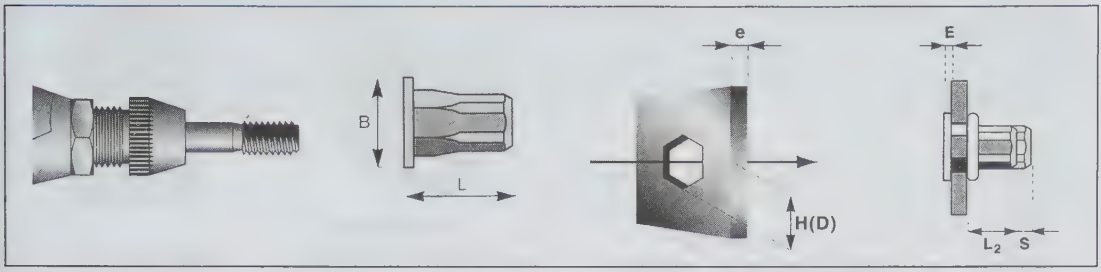




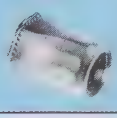
Tête fraisée
Obligation d'exécuter un trou fraisé.



17.1.2. Choix d'un écrou noyé standard

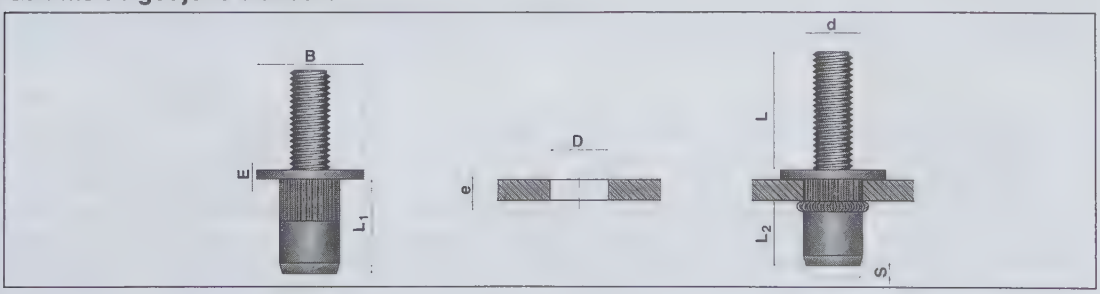


Guide de choix d'un type d'écrou noyé

Aptitudes → / Type ↓	Filetage (d)	Épaisseur sertie (e)	Logement rond (D) hexagonal (H)	Diamètre de la tête (B)	Dépassement après pose (E)	Course de sertissage (S)	Longueur totale (L)	Encombrement après pose (L_2)	Observations
		mm	0 + 0,1	mm	mm	mm	mm	mm	
	M4	0,5 à 3	6	9	1	4,5-e	11,3	5,8	– Fût cylindrique, semi-moleté. – Tête à collerette. – Utilisé sur des supports plastiques et sur des matériaux tendres. – Acier traité anticorrosion.
	M5	0,5 à 3	7	10	1	4,7-e	13	7,3	
	M6	0,5 à 3	9	13	1,5	5-e	14,5	8	
	M6	3 à 5,5	9	13	1,5	7,5-e	17,2	8,2	
	M8	0,5 à 3	11	16	1,5	5,5-e	18	11	
	M8	3 à 5,5	11	16	1,5	8,1-e	20,7	11,1	
	M10	0,7 à 3,5	13	19	2	6,1-e	22	13,9	
	M4	0,5 à 3	6	9	1	4,5-e	11,3	5,8	– Fût semi-hexagonal. – Tête à collerette. – Acier traité anticorrosion. – Facilite l'immobilisation de l'écrou.
	M5	0,5 à 3	7	10	1	4,7-e	13	7,3	
	M6	0,5 à 3	9	13	1,5	5-e	14,5	8	
	M8	0,5 à 3	11	16	1,5	5,3-e	18	11,2	
	M4	0,5 à 3	6	6,7	0,3	4,9-e	11	5,8	– Fût cylindrique moleté. – Acier traité anticorrosion. – Remplace avantageusement l'écrou lisse même sur matériau dur.
	M5	0,5 à 3	7	8	0,3	5,3-e	13	7,4	
	M6	0,5 à 3	9	10	0,4	5,1-e	14	8,5	
	M8	0,5 à 3	11	12	0,4	6-e	17,5	11,1	
	M10	0,7 à 3,5	13	14	0,5	6,5-e	21	14	
	M4	0,5 à 3	6	7,5	0,3	4,7-e	11	6	– Fût semi-hexagonal. – Acier traité anticorrosion. – Résiste bien au dévissage.
	M5	0,5 à 3	7	8,7	0,3	5,2-e	13	7,5	
	M6	0,5 à 3	9	10,9	0,4	5,3-e	14	8,3	
	M8	0,5 à 3	11	13,3	0,4	5,8-e	17,5	11,3	

Traitement de surface : zingage 8 µm plus chromatation jaune.

Gamme de goujons standard



17.2. Filets rapportés (Helicoil® plus)

17.2.1. Techniques de renforcement des taraudages

Le filet rapporté se présente sous la forme d'un ressort réalisé à partir d'un fil laminé de section en losange qui lui confère un double filetage (intérieur et extérieur).

Propriétés :
– Renforcement mécanique du taraudage.
– Interface à la corrosion électrolytique entre la fixation et son support.
– Frein de vis dans le cas du **Screwlock®**.
– Tenue en température pour un filet rapporté en acier réfractaire.

Domaines d'application :
– Pose dans l'alliage léger, réparation de taraudage.
– Aéronautique, spatial.
– Nucléaire, automobile.



Type standard (*free running*)

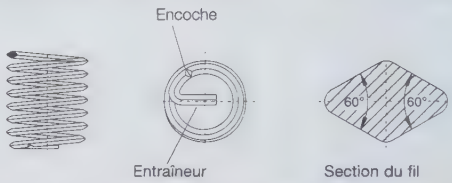


Type Screwlock®

Nota : Le filet Screwlock comporte en plus un système de freinage interne qui s'oppose au dévissage de la vis (une ou plusieurs spires polygonales).

Le filet rapporté est réalisé en acier inoxydable :
– R_m : résistance à la traction 1 400 N/mm².
– HV : dureté Vickers 425 HV 0,2.
– R_a : profondeur de rugosité 2,5 µm.
– µ : coefficient de frottement réduit : ≤ 0,14 avec vis en acier, huilée.
– To : diminution de la contrainte de torsion dans la vis.

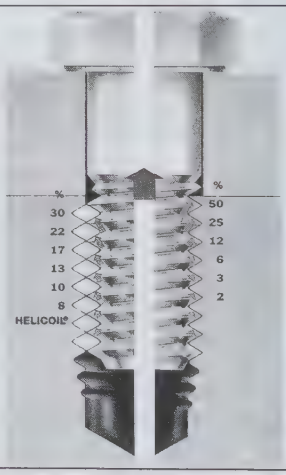
Caractéristiques du filet rapporté



Répartition régulière des contraintes

La grande élasticité du filet **Helicoil® plus** favorise une répartition régulière des charges et de la contrainte. Celle-ci forme un joint entre la vis et le filet. Les erreurs de pas ou d'angle s'équilibrent sur l'ensemble des flancs du filet.
On obtient ainsi une meilleure répartition des charges. La qualité du rendement de la vis se trouve fondamentalement accrue qu'il s'agisse d'une charge statique ou dynamique.





Couples de freinage selon ISO 2320 (Nm). Pas fin ou normal pour une vis de classe 8,8

Filetage	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
Couple de serrage	1,0	2,5	5,0	8,6	21,0	42,0	76,0	121,0	189,0	261,0	370,0
1er vissage, maxi.	0,43	0,90	1,60	3,00	6,00	10,5	15,5	24,0	32,0	42,0	54,0
1er dévissage, mini.	0,12	0,18	0,29	0,45	0,85	1,5	2,3	3,3	4,5	6,0	7,5
5e dévissage, mini.	0,08	1,12	0,20	0,30	0,60	1,0	1,6	2,3	3,0	4,2	5,3

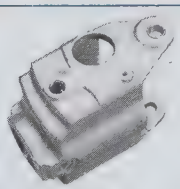
La technique de la spire déformée de **Helicoil® plus Screwlock®** assure un freinage important qui s'oppose à tout risque de dévissage intempestif de la vis (chocs thermiques ou vibratoires). Un ajout supplémentaire pour assurer l'antidévissage comme les rondelles, les goupilles, les fils-freins n'est plus nécessaire. Ainsi, cela réduit les coûts et facilite le montage.

17.2.2. Aide au choix : matières du filet

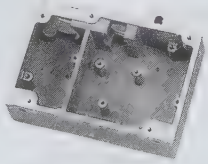
Matière du filet(1)	Tenue en température	Résistance à la traction en ambiance tempérée	Traitements de surface livrables(1)	Exemples	
Acier inoxydable X5 CrNi 18 10	425 °C en pointe 315 °C en continu	1 400 N/mm²	– sans revêtement – lubrifiant sec – argentage	– applications classiques pour toutes matières de support et classes de vis(3)	– tous produits en aluminium, alliages d'alu ou magnésium
Acier inoxydable X6 CrNiMoTi 17 12 2(4)	425 °C en pointe 315 °C en continu	1 400 N/mm²		– amélioration de la tenue en corrosion – vis inox à forte teneur en CrNi(3) – vissage avec frottement réduit	– tous produits en eau de mer et eau chlorée
Bronze CuSN 6	300 °C en pointe 250 °C en continu	1 000 N/mm²	– sans revêtement – cadmiage	– supports en Cu – vis inox au CrNi – vissage de réglage	
Superalliage NiCr 15 Fe 7 TiAl(4) Inconel X 750	750 °C en pointe 550 °C en continu	1 150 N/mm²	– sans revêtement – argentage	– contraintes thermiques et tenue en corrosion	– aéronautique – propulseurs d'avion – turbocompresseur
Superalliage NiCr 20 Co 18 Ti Nimonic 90	900 °C en pointe 600 °C en continu				
Aluminium spécial (série 7000) AlZnMgCu 1,5(4)	170 °C en pointe 150 °C en continu	500 N/mm²	– anodisé dur – lubrifiant sec	– pièces en magnésium	– automobile – produits en matériaux légers

(1) Autres matières ou traitements de surface sur demande.
(2) Pour les applications en alliages de magnésium en milieu extérieur, des précautions supplémentaires seront prises.
(3) Avec des vis inox au CrNi, un revêtement ou un lubrifiant approprié est conseillé.
(4) Sur demande.

17.2.3. Exemples d'application



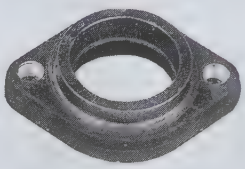
Boîtier de direction en aluminium (Filet Helicoil plus)



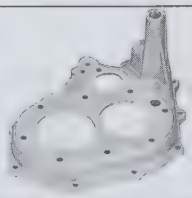
Boîtier en aluminium pour composants électroniques (Screwlock)



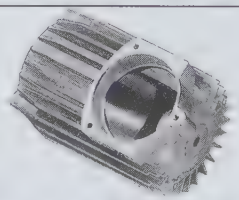
Protection de lampes en fonte encastrées au sol (Helicoil plus)



Écrous pour application en haute température (Helicoil en Inconel)



Couvercle de boîte de vitesses (Filet Helicoil plus)



Flasque de carter en aluminium (Filet Helicoil plus)

17.2.4. Détermination de la longueur nominale du filet rapporté Helicoil®

La détermination de la longueur nominale du filet rapporté **Helicoil**, au moins égale à la longueur d'implantation de la vis, dépend de la nature du matériau dans lequel il est implanté, de la classe de qualité de la vis, ainsi que des charges à supporter par l'assemblage.

Résistance à la rupture du matériau recevant l'Helicoil N/mm²	Qualité des vis								
	3,6 / 4,6	4,8 / 5,6	5,8 / 6,6	6,8 / 6,9	8,8	9,8	10,9	12,9	14,9
Jusqu'à 100	1,5 d	1,5 d	2 d	2,5 d	3 d	3 d	-	-	-
> 100-150	1,5 d	1,5 d	2 d	2 d	2,5 d	2,5 d	2,5 d	2,5 d	3 d
> 150-200	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	2 d	2 d	2 d	2,5 d	2,5 d
> 200-250	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	2 d	2,5 d	2,5 d
> 250-300	1 d	1 d	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	2 d	2 d
> 300-350	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	2 d
> 350-400	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d
> 400	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d

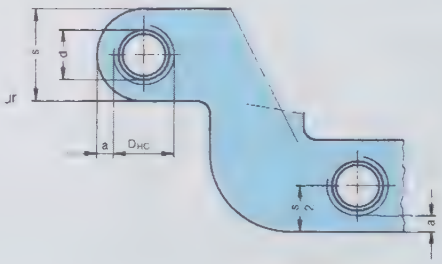
Les longueurs de filet sont calculées pour que la vis soit l'élément le plus faible de l'assemblage.
Ces valeurs sont indicatives et assurent une sécurité totale d'utilisation. Dans certaines conditions d'emploi, et si les essais pratiques le confirment, les longueurs peuvent être réduites.

Épaisseur de paroi

L'épaisseur minimum des parois peut être déterminée approximativement à l'aide des formules empiriques figurant ci-dessous. Ces formules sont valables pour un filet Helicoil de longueur 1,5 d implanté dans des alliages d'aluminium moulés ou laminés.

$S_{min} = 1{,}75 \times D_{HC}$ | $a_{min} = 0{,}375 \times D_{HC}$

d = diamètre nominal
D_{HC} = diamètre extérieur de taraudage Helicoil
a = épaisseur de paroi



Représentation symbolique
(exemple pour **HC plus M 10 × 15 FR** ou **SL**)

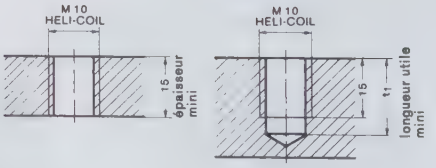
Désignation des filets rapportés Helicoil

Exemple pour filet de diamètre nominal M 10 en inox encoché de longueur nominale 15 mm.

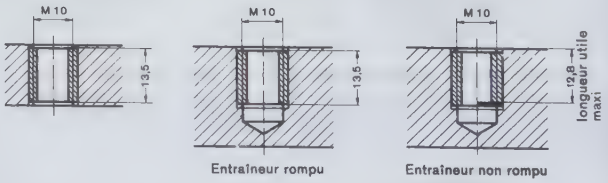
Type non freiné (*free running*)
HC plus FR M 10 × 15 CN

Type freiné (*Screwlock*)
HC plus SL M 10 × 15 CN

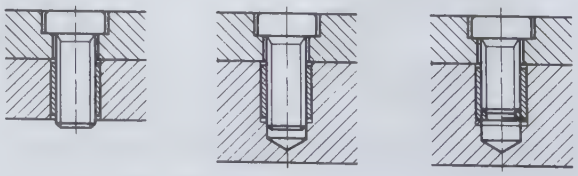
Taraudage recevant le filet Helicoil



Filet Helicoil implanté



Vis engagée dans le filet Helicoil implanté



17.3. Inserts pour plastique (AMTEC)

BÖLLHOFF OTALU

17.3.1. Généralités - Description - Principe de pose

La fabrication des pièces en matière plastique (thermoplastique et thermodurcissable) implique, pour des problèmes de tenue mécanique, l'utilisation d'inserts.
Les inserts sont techniquement au point. Ils se différencient, en particulier, par leur mode de pose.

Inserts d'expansion

– Pose par emmanchement sans outillage.
– Aucun effort lors du vissage.

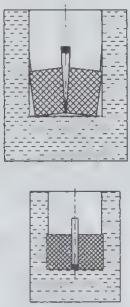


Standard | Clinch Expansionsert 1 | Flange



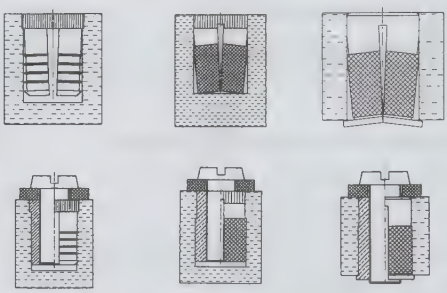
Spredsert 1 | Spredsert 2 | Spredsert

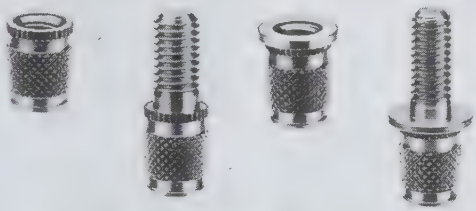
Principe de pose



– Le logement brut de moulage est préférable à un logement usiné (tenue mécanique) et ce, principalement, sur les matériaux avec fibre de verre.
– Respecter les dimensions préconisées.
– Augmenter le diamètre de logement de 0,1 mm pour les matériaux thermodurcissables.

Principe de pose





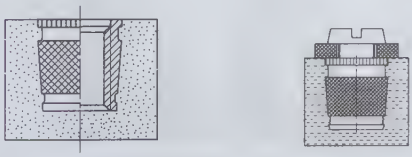
Hitsert 2



Quicksert 2

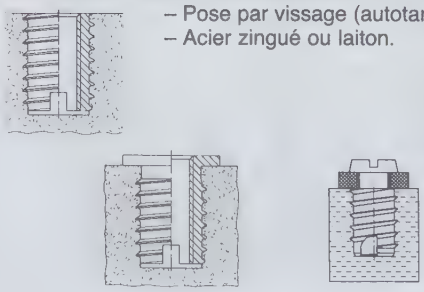
Principe de pose

– Pose thermique ou par ultrasons.
– Laiton.



Principe de pose

– Pose par vissage (autotaraudeur).
– Acier zingué ou laiton.



17.3.2. Aide au choix

Choix de l'insert

Contraintes de l'application		EXPANSIONSERT 1	SPREDSERT®	HITSERT® 2	QUICKSERT®
• Matière support	- thermoplastique	oui	oui	oui	oui
	- thermodurcissable	oui	oui	non	oui
• Caractéristiques mécaniques(1)		moyennes	moyennes	importantes	importantes
• Contraintes internes dues à l'assemblage		faibles	faibles	importantes	importantes
• Contraintes sur la vis		faibles	importantes	faibles	faibles
• Pose	- précision	importante	moyenne	importante	importante
	- niveau de technicité	moyen	moyen	important	important
• Logement débouchant		non	oui	oui	oui
• Vis traversante		non	oui	oui	oui
• Problèmes spécifiques	- couple galvanique - conductibilité	Le laiton est la matière de base des inserts AMTEC®. Néanmoins, d'autres matières (acier, inox...) et d'autres traitements (zingage, étamage, dacromet, coloration...) peuvent être proposés.			

(1) La valeur de résistance d'un insert est directement liée à celle du plastique dans lequel il est implanté. Par exemple, pour le même insert, la valeur de résistance sera supérieure dans des matériaux thermoplastiques de type PVC, PA ou POM (contrainte de rupture > 60 MPa) à celle obtenue dans des matériaux de type ABS ou PS (contrainte de rupture < 60 MPa).

Effort d'arrachement

Les valeurs données ci-dessous le sont à titre indicatif pour des thermoplastiques non chargés en fibre de verre et thermodurcissables. En fonction des nuances de matériaux et des caractéristiques du logement, ces valeurs peuvent varier.

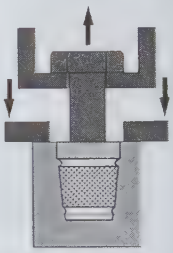
Désignation des matières plastiques

• **Thermoplastiques**

PS = Polystyrène
ABS = Acrylonitrile butadiène styrène
PC = Polycarbonate - **PA** = Polyamide 6.6
POM = Polyacétal
PE - PP = Polyéthylène - Polypropylène
PVC = Polychlorure de vinyle

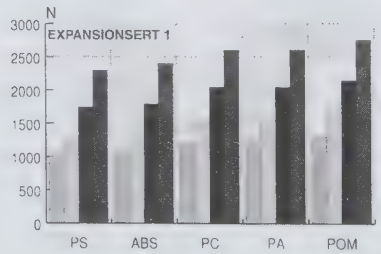
• **Thermodurcissables**

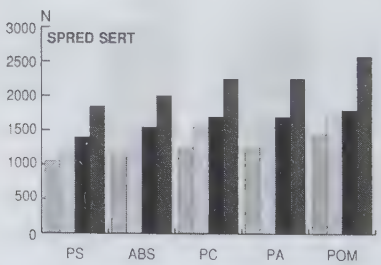
UP = Polyester insaturé

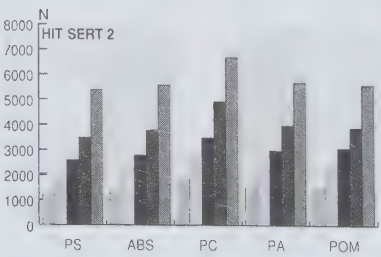


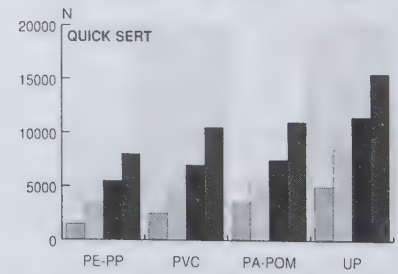
Conditions des tests

Légende M3 M4 M5 M6 M8









Conseils pour la préparation des logements
– Le logement brut de moulage est préférable à un logement usiné (tenues mécaniques), et ce principalement sur les matériaux avec fibre de verre ;
– respecter les dimensions préconisées ;
– augmenter le diamètre du logement de 0,1 mm pour les matériaux thermodurcissables.

Couple de serrage

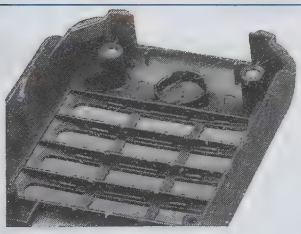
– Les inserts **AMTEC** sont prévus pour résister à un serrage avec vis de classe 8.8 (Rm = 80 daN/mm², Re = 64 daN/mm²).

– **Rappel :** le couple de serrage doit être déterminé en fonction de la précision du moyen de pose, du diamètre de la vis (partie filetée et tête), des coefficients de frottement et de la résistance de la vis.
– L'adéquation du couple de serrage permet d'obtenir une tension correcte de l'assemblage.

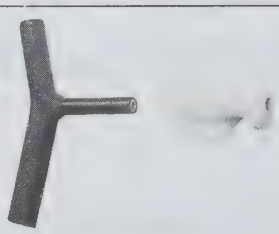
Diamètre nominal (mm)	Couple de serrage (Nm)
M3	1,1
M4	2,5
M5	5
M6	8,6
M8	21

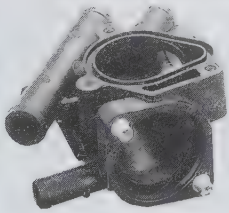
Les couples de serrage ci-dessus sont donnés à titre indicatif pour une vis de classe 8.8 avec un coefficient de frottement μ égal à 0,15.

17.3.3. Exemples d'application


Carter
Inserts SONICSERT


Corps de pompe
Inserts HITSERT 2 et SPREDSERT

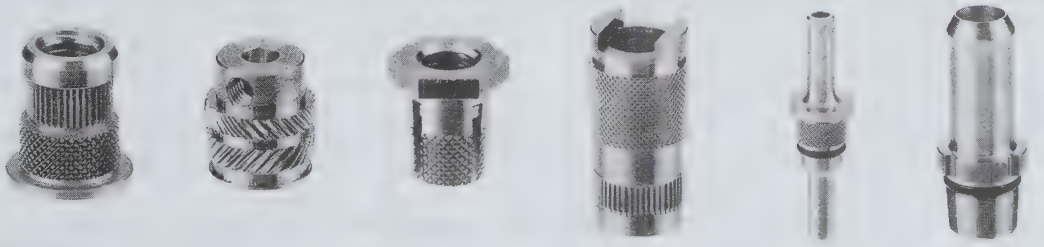

Canne anglaise
Inserts HITSERT


Corps de pompe
Inserts HITSERT 2


Poignée
Inserts HITSERT 2

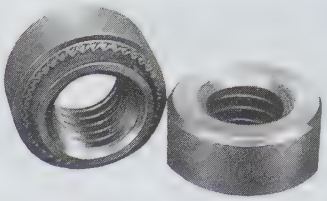

Support d'appareillage électrique
inserts EXPANSIONSERT 1

Autres modèles d'inserts


QUICKSERT SONICSERT EXPANSIONSERT 1 HITSERT 2 HITSERT 2 HITSERT 3

17.4.1. Aide au choix

L'écrou autosertissable Rivpress permet d'obtenir, de façon rapide et économique, un taraudage pouvant être fortement sollicité dans des matériaux de faible épaisseur.
La pose du **Rivpress** est simple et ne nécessite pas d'outillage spécial. Il suffit d'introduire la partie pilote du Rivpress dans la tôle préalablement percée ou poinçonnée.
L'autosertissage du **Rivpress** s'effectue à l'aide d'une presse pneumatique ou hydraulique.
Pour obtenir un point de fixation de qualité :
– ne pas ébavurer ou chanfreiner le trou ;
– dans le cas de trous poinçonnés, monter si possible le **Rivpress** du côté opposé au sens de poinçonnage ;
– la vis doit être montée du côté opposé au sens de montage du **Rivpress**.



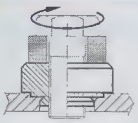
Matière Rivpress : acier carbonitruré zingué bichromaté (Dureté = 600 HV - compatible avec vis de classe qualité 8.8).

Caractéristiques techniques

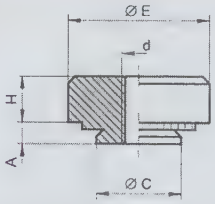
Effort d'arrachement (kN)

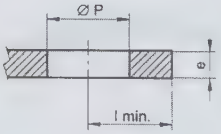
Hauteur H	ép.	1,5	1,8	2,4	3	4	6
	001	470	470	650	600	800	1 200
	014	600 à 1 600	600 à 1 600	1 300 à 2 200	900 à 2 100	1 700 à 2 900	3 000 à 4 000
Ø nominal origine		M2,5	M3	M4	M5	M6	M8

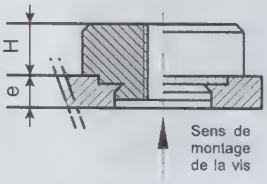
Couple de décohésion (Nm)

Hauteur H	ép.	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8
	001	3,75	3,75	5,1	8,5	16	25,7
	014	2,95 à 3,1	2,95 à 3,1	5,15 à 5,65	10,3 à 15,3	15,25 à 15,75	42 à 50
Couple de serrage maxi Nm		1,19		2,8	5,57	9,5	22,9

17.4.2. Dimensionnement







Version acier

Dimension	e ép. tôle (mm)	P Ø perçage (mm)	A haut. coll. (mm)	C Maxi Ø centrage (mm)	E Ø ext. (mm)	H haut. fût (mm)	l mini (mm)	Effort de pose (kN)
M2,5	0,8-1 ≥ 1	$4^{+0,05}$ $4^{+0,05}$	0,75 0,95	3,98 3,98	6 6	1,5 1,5	5 5	8 à 10
M3	0,8-1 ≥1	$5^{+0,07}$ $5^{+0,07}$	0,75 0,95	4,98 4,98	7 7	1,8 1,8	5 5	10 à 15
M4	0,8-1 ≥1	$6^{+0,08}$ $6^{+0,08}$	0,75 0,95	5,98 5,98	8 8	2,4 2,4	6 6	15 à 23
M5	0,8-1 ≥1	$7^{+0,10}$ $7^{+0,10}$	0,75 0,95	6,98 6,98	9 9	3 3	7 7	16 à 24
M6	1-1,4 ≥1,5	$8,5^{+0,12}$ $8,5^{+0,12}$	0,95 1,45	8,48 8,48	11 11	4 4	8 8	20 à 30
M8	1,5-1,9 ≥2	$10,5^{+0,15}$ $10,5^{+0,15}$	1,45 1,95	10,48 10,48	14 14	6 6	10 10	25 à 30

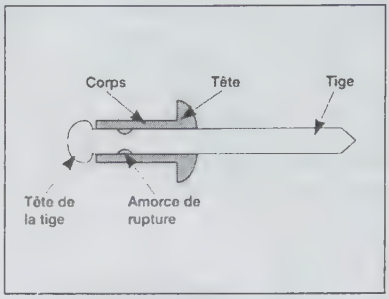
17.5. Rivets aveugles (Rivquick)

BÖLLHOFF OTALU

17.5.1. Généralités

Fonctions

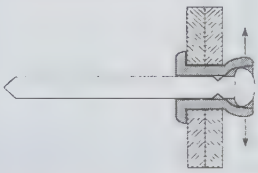
Les rivets aveugles permettent d'assembler très vite et très facilement des matières éventuellement différentes.
Ils sont posés en aveugle sur des pièces accessibles d'un seul côté. De plus, ils dispensent d'un revêtement de surface après assemblage.
La diversité de la gamme standard s'adapte aux différents types de matériaux en tenant compte de leur couple galvanique.
Ils assurent des fonctions particulières telles que :
– pion de centrage,
– entretoise,
– étanchéité,
– longueur de tige adaptée permettant, avec un nez de pose, d'accéder aux joints où l'encombrement d'un outil standard ne le permet pas.



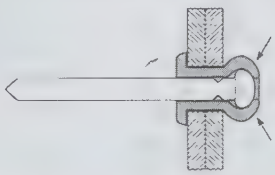
Pose

La pose d'un rivet aveugle s'effectue en trois phases après l'introduction du rivet dans le logement :

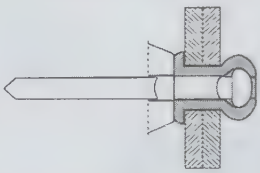
1 - Sertissage des tôles



2 - Enrobage de la tête de tige



3 - Rupture de la tige



17.5.2. Aide au choix d'un rivet standard en fonction de l'application

Contraintes mécaniques	Facteurs de corrosion	Caractéristiques de l'application	RIVQUICK® préconisé		
			Matière corps/tige	Forme tête	Type
normales	normaux	fixation standard	alu/acier	plate fraisée large	611 312 313/314
importantes	faibles	dans matériaux résistants	acier/acier	plate	321
importantes	importants	dans matériaux résistants	inox/inox	plate	331
faibles	importants	dans matériaux tendres (plastiques...) ou avec des risques de corrosion élevés	alu/alu	plate	371
normales	faibles	étanchéité au ruissellement	alu/acier étanche	plate	411
faibles	importants	étanchéité au ruissellement	alu/alu étanche	plate	471
faibles	normaux	dans matériaux tendres	alu/acier éclaté	plate	413
importantes	faibles	dans matériaux résistants	alu/acier à forte tenue au cisaillement	plate	630/640
faibles	faibles	fixation standard épaisseur à sertir variable	alu/acier à grande plage de sertissage	plate fraisée large	211 212 213

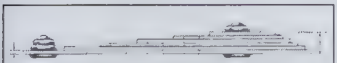
Fonctions particulières des rivets aveugles à grande plage de sertissage (types 211-212-213)



Assemblage solide et sûr même en cas de perçage imprécis.



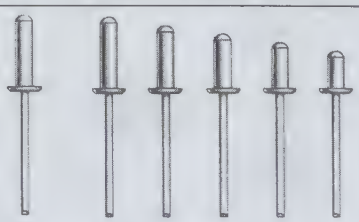
Résistance aux vibrations grâce au remplissage total du logement



Épaisseur à sertir
Absorbe des variations d'épaisseur jusqu'à 6 mm

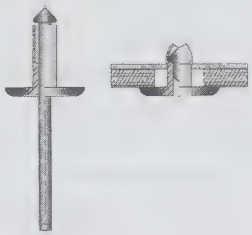


Dépassement impossible après sertissage

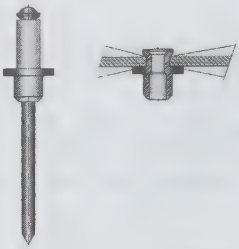


Un rivet à grande plage de sertissage remplace 5 rivets courants, donc moins de stock.

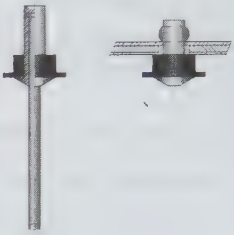
À fin de sertissage contrôlée
⌀ 4,8
Matière : alu - acier.
Secteur : automobile, container.
Fonction du produit : fixation de tôle fine sur une pièce plastique avec un diamètre de perçage important. Le rivet arrête son sertissage à une cote déterminée pour éviter le poinçonnage de la tôle fine.



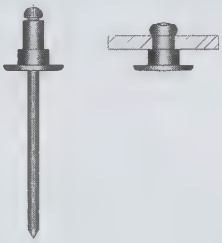
Centreur à tête éjectable
⌀ 4,8
Matière : alu - acier.
Secteur : automobile.
Fonction du produit : réalisation d'un point d'ancrage sur le tableau de bord, pour permettre l'alignement d'accessoires rapportés (autoradio, etc.).



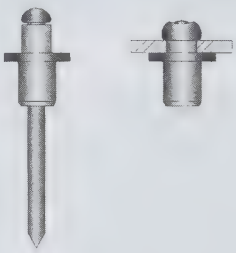
Étanche avec épaulement surmoulé
⌀ 4,8
Matière : alu - acier + surmoulage plastique.
Secteur : automobile.
Fonction du produit : support de l'enjoliveur au niveau d'un cadre de toit ouvrant. L'épaulement permet le clipsage de l'enjoliveur.



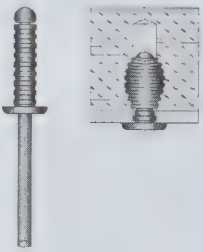
À corps épaulé
⌀ 4,0
Matière : alu - acier.
Secteur : automobile.
Fonction du produit : fixation des baguettes latérales en plastique sur la caisse d'une voiture (portière ou aile). La forme du rivet évite l'écrasement du plastique.



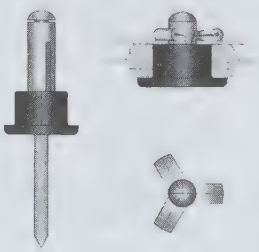
Centreur
⌀ 6,2
Matière : alu - acier.
Secteur : automobile, container.
Fonction du produit : apport d'un point de centrage sur tôle fine.



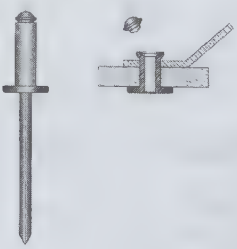
Cannelé
⌀ 4,0
Matière : alu - acier.
Secteur : travail du bois
Fonction du produit : fixation de charnières dans des caisses en bois. La forme du logement du rivet (trou non débouchant) et la matière du support (bois) justifient l'emploi d'un rivet cannelé.



Fendu
⌀ 7,5
Matière : alu - acier - plastique.
Secteur : automobile.
Fonction du produit : fixation sur mécanisme essuie-vitres avec bague plastique intégrée apportant une fonction d'entretoise.



À tête éjectable
⌀ 4,0
Matière : alu - acier.
Secteur : électronique.
Fonction du produit : fixation de cosses sur un circuit imprimé. Pour éviter que la tête ne se détache et provoque un court-circuit, on utilise un rivet dont la tête de tige est éjectée lors de la pose.



Appareils de pose
– Pince à main



– Appareil oléo-pneumatique



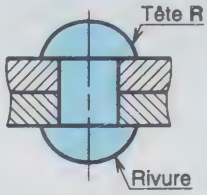
17.6. Rivets métalliques pleins

NF E 27.

17.6.1. Définitions - Observations

Le rivetage est un procédé qui consiste à refouler l'extrémité d'une tige cylindrique munie d'une tête (rivet) afin de former une rivure qui permettra de maintenir solidement deux pièces. La liaison obtenue est fixe et non démontable. C'est un procédé très utilisé (notamment en aéronautique) qui présente de nombreux avantages : économique, fiable, cadence de rivetage élevée, assemblage de pièces de matières et d'épaisseurs différentes.
Les têtes et rivures en saillie posent parfois des problèmes d'encombrement.
Le démontage des rivets n'est pas aisé.

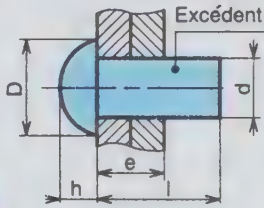
Montage courant



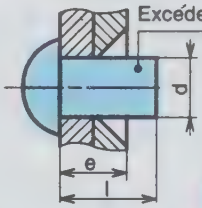
17.6.2. Principaux rivets normalisés

Représentations

Rivet à tête ronde

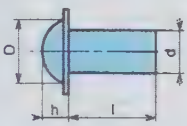


l = 1,1e + 1,5d

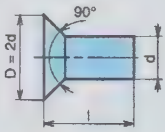


l = 1,1e + 0,6d

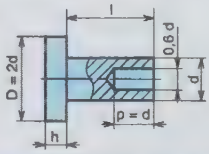
Rivet à tête ronde avec bavure Rb NF E 27-153



Rivet à tête fraisée à 90° à tige pleine F/90 NF E 27-154



Rivet à tête cylindrique plate à tige forée Cf NF E 27-151



Représentations symboliques des rivets NF E 04-014

Différents cas de rivetage	Rivets posés à l'atelier		Rivets posés sur chantier	
	en vue de dessus(1)	en vue de face	en vue de dessus(1)	en vue de face
				
				
				

(1) Remarque importante : pour des raisons de mise en page, la vue de dessus est volontairement située à gauche de la vue de face.

17.7. Soudure

NF E 22-553
ISO 2553

Données

17.7.1. Représentation - Symboles - Positions diverses

Représentation des symboles élémentaires

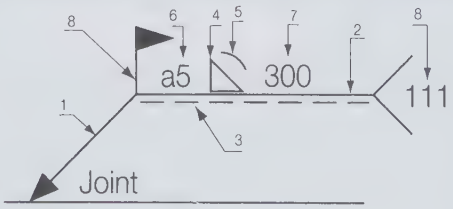
Désignation	Représentation simplifiée	Symbole	Désignation	Représentation simplifiée	Symbole
Soudure sur bords relevés complètement fondus			Soudure par points		
Soudure sur bords droits			Soudure en ligne continue avec recouvrement		
Soudure en V			Soudure en V à flancs droits		
Soudure en demi-V			Soudure en demi-V à flancs droits		
Soudure en Y			Soudure sur chant		
Soudure en demi-Y			Soudure par rechargement		
Soudure en U (ou en tulipe)			Assemblage de surface		
Soudure en demi-U					
Reprise à l'envers					
Soudure d'angle			Assemblage oblique		
Soudure en entailles (en bouchon)			Assemblage replié		

Symboles supplémentaires

L'absence de symbole supplémentaire signifie que la forme de la surface de la soudure n'a pas besoin d'être précisée.

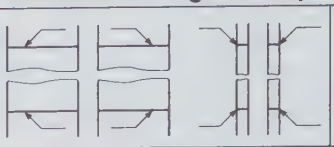
- soudure plate
- soudure convexe
- soudure concave

Position du symbole sur le dessin



1 = Ligne de repère
2 = Ligne de référence
3 = Ligne d'identification
4 = Symbole de soudure
5 = Symbole supplémentaire
6 = Cotes principales relatives à la section transversale du cordon de soudure
7 = Cotes relatives aux dimensions longitudinales du cordon de soudure
8 = Indications complémentaires

Position de la ligne de repère



Cas général : position quelconque

Soudures

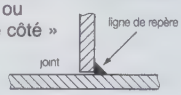


Cas de soudure en :
– demi-V
– demi-Y
– demi-U
position dirigée vers la tôle qui est préparée.

Ligne de repère et joint

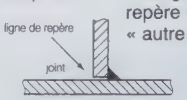
• Exemple d'assemblage en té avec soudure d'angle

Côté opposé à la ligne de repère ou « autre côté » — « Côté ligne de repère »



La soudure est du côté de la ligne de repère

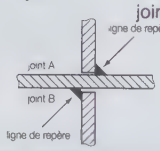
« Côté ligne de repère » — Côté opposé à la ligne de repère ou « autre côté »



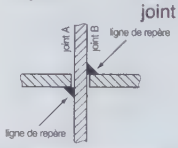
La soudure est du côté opposé à la ligne de repère

• Exemple d'assemblage en croix avec soudure d'angle

« Autre côté du joint A » — « Côté ligne de repère du joint A »



« Autre côté du joint A » — « Côté ligne de repère du joint B »



Position du symbole par rapport à la ligne de référence

Représentation	Position de la soudure
	Pour les soudures symétriques, les symboles sont placés des deux côtés de la ligne de référence (trait continu). Dans ce cas, la ligne d'identification (trait interrompu) doit être omise.
ou	Le symbole est placé du côté de la ligne de référence (trait continu) si la face extérieure de la soudure est du côté de la ligne de repère.
ou	Le symbole est placé du côté de la ligne d'identification (trait interrompu) si la face extérieure de la soudure est du côté opposé à la ligne de repère.
	Dans le cas des soudures faites dans le plan du joint, le symbole se trouve « à cheval » sur la ligne de référence (trait continu). Dans ce cas, la ligne d'identification (trait interrompu) doit être omise.

17.7.2. Applications - Cotation des soudures

Exemple d'application de symboles élémentaires simples

Désignation et symbole	Représentation	Symbolisation soit	Symbolisation soit
Soudure sur bords relevés		ou	ou
Soudure sur bords droits		ou	ou
		ou	ou
Soudure en V		ou	ou
		ou	ou
Soudure en demi-V		ou	ou
		ou	ou
		ou	ou
Soudure d'angle		ou	ou
		ou	ou
		ou	ou
		ou	ou
		ou	ou
		non recommandée dans cette vue	ou

Désignation et symbole	Représentation	Symbolisation soit	Symbolisation soit
Soudure d'angle		non recommandée dans cette vue	ou
		non recommandée dans cette vue	ou
		ou	ou
Soudure en entaille		ou	ou
Soudure par points		ou	ou

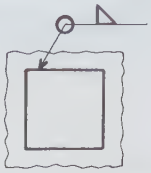
Cotation des soudures (extrait)

Désignation	Représentation	Inscription
Soudure sur bords relevés non complètement pénétrée		S
Soudure bout à bout		
		S
		S
Soudure d'angle continue		a ou z
Soudure d'angle discontinue	*n* nombre d'éléments de soudure	a n × l (e) ou z n × l (e)
Soudure d'angle discontinue à éléments alternés	*n* : nombre d'éléments de soudure	a n × l (e) / a n × l (e) ou z n × l (e) / z n × l (e)
Soudure par points	*n* : nombre de points	n (e)

17.7.3. Indications - Différents procédés

Indications complémentaires

- Soudures périphériques



Lorsque la soudure doit être exécutée sur le pourtour d'une pièce, l'indiquer en traçant un cercle comme indiqué.

- Soudures faites au chantier



Lorsque la soudure doit être exécutée au chantier, ajouter un drapeau comme indiqué.

- Indication du procédé de soudage



Lorsqu'il est nécessaire de préciser le procédé de soudage, le nombre qui indique le procédé est inscrit entre deux branches d'une fourche terminant la ligne de référence.

Procédés de soudage et brasage des métaux pour la représentation symbolique ISO 4063

1 soudage électrique à l'arc ; soudage à l'arc
11 soudage à l'arc avec électrode fusible sans protection gazeuse
111 soudage à l'arc avec électrode enrobée
112 soudage à l'arc par gravité avec électrode enrobée
113 soudage à l'arc au fil nu
114 soudage à l'arc au fil fourré
115 soudage à l'arc au fil enrobé
118 soudage avec électrode couchée
12 soudage à l'arc sous flux en poudre ; soudage à l'arc sous flux
121 soudage à l'arc sous flux en poudre avec fil-électrode
122 soudage à l'arc sous flux en poudre avec électrode en bande
13 soudage à l'arc sous protection gazeuse avec fil-électrode fusible
131 soudage MIG : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fusible
135 soudage MAG : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fusible
136 soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fourré
14 soudage sous protection gazeuse avec électrode réfractaire
141 soudage TIG : soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène
149 soudage à l'hydrogène atomique
15 soudage au plasma
18 autres procédés de soudage à l'arc
181 soudage à l'arc avec électrode au carbone
185 soudage à l'arc tournant

2 soudage par résistance
21 soudage par points (par résistance)
22 soudage à la molette
221 soudage à la molette par recouvrement
225 soudage à la molette avec feuillard
23 soudage par bossages
24 soudages par étincelage
25 soudage en bout par résistance pure
29 autres procédés de soudage par résistance
291 soudage par résistance à haute fréquence

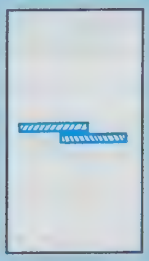
3 soudage au gaz
31 soudage oxygaz
311 soudage oxyacétylénique
312 oxypropane
313 soudage oxhydrique
32 soudage aérogaz
321 soudage aéroacétylénique
322 soudage aéropropane

4 soudage par pression ; soudage à l'état solide
41 soudage par ultrasons
42 soudage par friction
43 soudage à la forge
44 soudage par haute énergie mécanique
441 soudage par explosion
45 soudage par diffusion
47 soudage au gaz par pression
48 soudage à froid

7 autres procédés de soudage
71 soudage aluminothermique ; soudage par aluminothermie
72 soudage sous laitier
73 soudage électrogaz
soudage vertical en moule sous gaz de protection
74 soudage par induction
75 soudage par radiation lumineuse
751 soudage au laser
752 soudage par image d'arc
753 soudage par infrarouge
76 soudage par faisceau d'électrons ; soudage par bombardement électronique
77 soudage électrique par percussion
78 soudage des goujons
781 soudage à l'arc des goujons
782 soudage des goujons par résistance

9 brasage
91 brasage fort
911 brasage fort par infrarouge
912 brasage fort au gaz
913 brasage fort au four
914 brasage fort au trempé
915 brasage fort au bain de sel
916 brasage fort par induction
917 brasage fort par ultrasons
918 brasage fort par résistance
919 brasage fort par diffusion
923 brasage fort par friction
924 brasage fort sous vide
93 autres procédés de brasage fort
94 brasage tendre
941 brasage tendre par infrarouge
942 brasage tendre au gaz
943 brasage tendre au four
944 brasage tendre au trempé
945 brasage tendre au bain de sel
946 brasage tendre par induction
947 brasage tendre par ultrasons
948 brasage tendre par résistance
949 brasage tendre par diffusion
951 brasage tendre à la vague
952 brasage tendre au fer
953 brasage tendre par friction
954 brasage tendre sous vide
95 autres procédés de brasage tendre
97 soudobrasage
971 soudobrasage au gaz
972 soudobrasage à l'arc

18. Éléments d'assemblage chimique : le collage



Banque de **DONNÉES** — Guide de **CHOIX** — Fiche de **CALCULS**

18.1. Le collage et ses limites 608

18.1.1. Les limites du collage 608
18.1.2. Les familles d'assemblage et les familles de colles associées 608

18.2. Assemblages mécaniques par liaison chimique (fixation) 609

18.2.1. Démarche de choix d'une résine 609
18.2.2. Bases de calcul - Définitions - Exemple 610
18.2.3. Choix du type de produit de fixation 611
18.2.4. Facteurs de correction pour le calcul des efforts 612
18.2.5. Exemples de résolution de problèmes 613

18.3. Freinage des filetages 614

18.3.1. Démarche de choix d'un produit de freinage 614
18.3.2. Bases de calcul - Définitions 615
18.3.3. Choix du type de produit de freinage 616

18.4. Étanchéité des filetages 617

18.4.1. Choix du type de produit d'étanchéité 617
18.4.2. Compatibilité d'emploi des produits d'étanchéité des filetages 618

18.5. Étanchéité des plans de joints 619

18.6. Assemblage par adhésion 620

18.6.1. Démarche de choix d'une colle 620
18.6.2. Bases de calcul - Définitions 621
18.6.3. Choix des colles 622

18.1. Le collage et ses limites

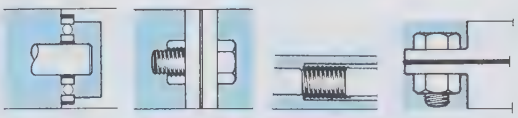
18.1.1 Les limites du collage

Paramètres	Limites			Représentation
Température	θ (°C)	– 60 à	+ 250	
Contrainte normale en traction	σ (MPa)	à 20 °C	40	
Contrainte tangentielle en cisaillement	τ (MPa)		35	
Contrainte normale en compression	σ (MPa)		450	
Pelage	R pelage (N/mm)	à 20 °C	10	

Nota : Se reporter aux guides de choix pour les valeurs particulières à chaque colle d'assemblage et les familles de colles associées.

18.1.2. Les familles d'assemblage et les familles de colles associées

Assemblage mécanique



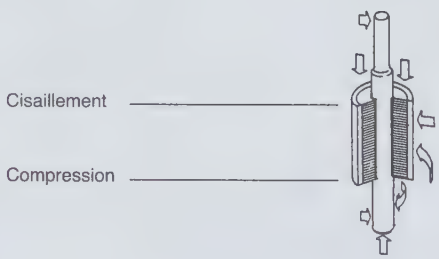
par liaison chimique (fixation) — freinage — étanchéité des filetages — étanchéité des plans de joint

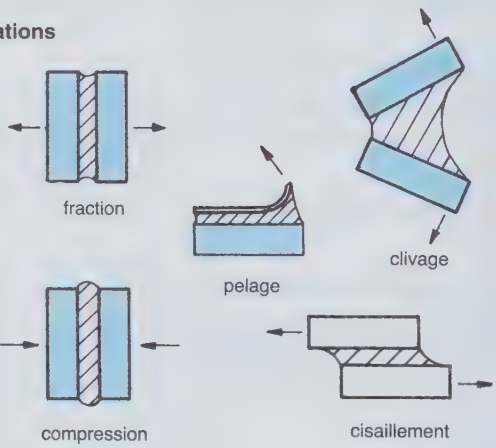
Assemblage par adhésion



par adhésion

Les sollicitations





Familles de colles

– Acryliques anaérobies* :
  - liquides
  - pâteuses
  - gel

* Qui durcissent en l'absence d'air

– Cyanoacrylates modifiés
– Acryliques structurales
– Acryliques modifiés
– Époxydes
– Silicones
– Polyuréthannes
– ...

18.2.1. Démarche de choix d'une résine

Données

Le cahier des charges du mécanisme étudié
– Nombre de mécanismes prévus (série) ;
– efforts à transmettre ;
– sollicitations (vibrations, cisaillement, couple...) ;
– mode d'assemblage (collé, pressé collé, fretté collé) ;
– nature des différents éléments ;
– environnement intérieur (température, fluides...) ;
– environnement extérieur (fluides, poussières, pollution, atmosphère...) ;
– durée de vie.

Besoin

– Nature de la résine ;
– caractéristiques mécaniques de la résine ;
– résistance à la température ;
– viscosité ;
– temps de prise ;
– conditions d'utilisation (préparation, pollution...).

Éléments du choix

τ_{B2} | type

Pour le choix de la résine (tableau 18.2.3)
– Aptitude au remplissage (valeur des jeux) ;
– aptitude à la conservation ;
– aptitude à la résistance au cisaillement ;
– aptitude à la résistance à la compression ;
– aptitude à la résistance aux chocs ;
– aptitude à la résistance à la température ;
– aptitude à la résistance aux solvants ;
– charge dynamique (courbe de Wholer).

Vérifications

Calculs

Pour les calculs de l'effort que doit supporter l'assemblage (18.1.2)
– Contrainte de cisaillement admissible (τ_{B2}) NF T 76-121/ISO 10123 ;
– surface de contact en mm² (S) ;
– facteur Fc = F1 . F2 . F3 . F4 . F5 (18.2.4)
  - F1 : nature des matériaux,
  - F2 : jeu interface,
  - F3 : rugosité des surfaces,
  - F4 : rapport d'engagement R = L/D,
  - F5 : température de fonctionnement ;
– pour les liaisons à interférence :
  - P : pression de contact en N/mm²,
  - D : diamètre nominal moyen en mm,
  - L : longueur d'emmanchement en mm,
  - μ : coefficient de frottement corrigé ;
– T : contrôle de la tenue en température de la frette pour les liaisons frettées ;
– C : couple transmissible en N.mm.

Nota : À l'aide de son logiciel RETCALC S.O., Loctite propose une démarche plus approfondie (vieillissement, fatigue...).

18.2.2. Bases de calcul - Définitions - Exemple

Effort de résistance à la rupture de l'assemblage

Effort F

Pour chaque résine est indiquée une fourchette de contrainte de cisaillement (τ_{B2}) admissible après polymérisation. L'effort F est fonction de la surface (S).

F =	τ_{B2} .	S
N	MPa	mm²

La valeur de F est à corriger suivant un facteur Fc qui tient compte des coefficients F_1, F_2, F_3, F_4, F_5... (voir 18.2.4)

– Pour assemblage avec jeu

$$F = (\tau_{B2} \cdot Fc)\, S$$

avec

$$F_c = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4 \cdot F_5$$

– pour assemblage avec interférence

$$F = [1{,}2\ (\tau_{B2} \times Fc) + 0{,}20\ p] \times S^{(1)}$$

(1) pour frettage à chaud

$$F = [0{,}5\ (\tau_{B2} \times Fc) + 0{,}20\ p] \times S^{(2)}$$

(2) pour emmanchement à la presse

p : pression de contact radiale entre les surfaces (NF E 22-621)

Conditions préalables à vérifier :
– la pression de contact d'un emmanchement à la presse devra, pour permettre à la résine de pénétrer dans l'interface, être inférieure à 100 MPa ;
– la température de chauffe d'une liaison frettée ne devra pas excéder de 30 % la valeur limite de la résistance en température de la résine utilisée.

Effort tangentiel

$$T = t_A + \frac{S + j}{\alpha \cdot d}$$

$$C = \frac{\tau_{B2} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L}{2} \cdot fc$$

T : température de la frette en °C
t_A : température de l'arbre en °C
S : valeur de serrage en mm
α : coefficient de dilatation
j : jeu de montage en mm
C : couple transmissible en N.mm

Exemple de calcul

Le montage original d'un pignon sur un cône était réalisé par trois goupilles montées entre cuir et chair.
Inconvénients de ce montage :
– difficultés de perçage entre les surfaces ;
– déformation des pièces lors de l'emmanchement serrant des goupilles ;
– réalésage nécessaire après montage.

Données

– Diamètre de la surface collée entre le pignon en acier C35 et le cône en fonte FGL 200 égal à 32 mm avec longueur d'engagement de 15 mm.
– Résine utilisée 638 dont la résistance au cisaillement (τ_{B2}) est de 25 MPa.
– Facteurs de correction :
$F_1 = 0{,}8$ (acier sur fonte)
$F_2 = 1$ (jeu entre 0,025 et 0,075)
$F_3 = 1$ (rugosité 2 µm)
$F_4 = 0{,}71$ (L/D = 0,47)
– Couple à transmettre : 18 N.m
– $Fc = f_1 . f_2 . f_3 . f_4 = 0{,}8 \times 1 \times 1 \times 0{,}71 = 0{,}57$

Calculs

$$C = \frac{\tau_{B2} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L}{2} \cdot fc = \frac{25 \times 3{,}14 \times 32^2 \times 15}{2} \times 0{,}57 = 343\,642 \text{ N.mm}$$

soit **343 N.m**

La charge pratique étant dynamique, la capacité en torsion doit être multipliée par 0,30 ce qui donne 343 × 0,30 = **103 N.m**.
Le couple à transmettre étant de 18 N.m, la sécurité est donc largement assurée.

18.2.3 Choix du type de produit de fixation

Types de produits	Référence Loctite	Aptitude au remplissage (mm)	Aptitude à la conservation (an)	Aptitude à la résistance au cisaillement (ISO 10123) MPa	Aptitude à la résistance à la compression MPa	Aptitude à la résistance aux chocs J/cm²	Aptitude à la résistance à la température °C	Aptitude à la résistance aux solvants	Observations - Utilisations
Résines acryliques anaérobies									
Ester méthacrylate	**601**	0,10	1	18 30	178 450	1,5	– 5 +150	Bonne	– Montage à la presse. – Fluidité et mouillabilité. – Grade standard pour fixation de pièces cylindriques rigides à état de surface lisse (engrenages, rotors, manchons d'accouplements, ventilateurs, poulies, etc.). – Ajoute de la résistance aux assemblages pressés
Uréthane méthacrylate	**638**	0,15	1	22 40	178 450	1,5 2	– 55 +120	Bonne	– Montage à la presse ⇒ pour résistance à la fatigue. – Emmanchements serrants ou glissants ⇒ pour les jeux et la résistance à la fatigue. – Emmanchements avec jeu modéré ⇒ pour forte résistance et jeux moyens. – Réparation entretien ⇒ pour jeux moyens. – Rend étanche et protège contre la corrosion.
Ester méthacrylate	**640**	0,10	1	16 33	178 450	0,4 0,6	– 55 +175	Excel.	– Frettage à chaud ou par contraction ⇒ pour résistance à la chaleur, aux solvants. – Montage à la presse ⇒ pour résistance à la chaleur.
	641	0,12	1	7 16	178 450	0,8 0,5	– 55 +150	Bonne	– Emmanchements serrants ou glissants ⇒ pour démontabilité des roulements. – Type standard pour le montage à ajustement libre des paliers lisses ou de roulements sur les arbres ou dans les carters. – Pouvoir de fixation moyen des pièces qui se montent dans un logement ou sur un arbre.
Uréthane méthacrylate	**648**	0,15	1	18 35	178 450	0,8 1,2	– 55 +175	Excel.	– Emmanchements serrants ou glissants ⇒ pour les jeux faibles, résistant aux solvants. – Emmanchements avec jeu modéré ⇒ pour jeux faibles et mouillabilité.
	307	0,10	1	25 30	178 450	1 1,7	– 55 +120	Excel.	– Frettage à chaud ou par contraction ⇒ pour résistance à la fatigue, au cisaillement, polymérisation à chaud ou à activateur T. – Pour la fixation puissante de pièces cylindriques lisses. Résiste aux vibrations et aux chocs. – Possibilité de transmettre des couples importants. – Élimination de la corrosion.
	660	0,25	1	15 30	178 450	- -	– 55 +150	Excel.	– Réparation, entretien ⇒ pour jeux forts, forte viscosité. – Logements des roulements ovalisés, clavetages, cannelures, calage de portées. – Résiste aux chocs et aux vibrations.

Uréthane méthacrylate : faculté de cohésion et d'adhésion.

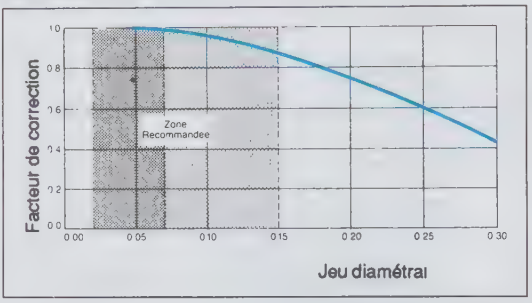
18.2.4. Facteurs de correction pour le calcul des efforts

Facteur F1 : Matériaux, substrats
(standard = acier doux)

Matériau	Facteur de correction
Acier doux	1
Acier allié	0,8 à 1
Aluminium*	0,3 à 0,8
Fonte	0,8 à 1
Cuivre et alliages	0,4 à 0,7
Acier inoxydable	0,4 à 0,7
Zingage ou cadmiage	0,3 à 0,6

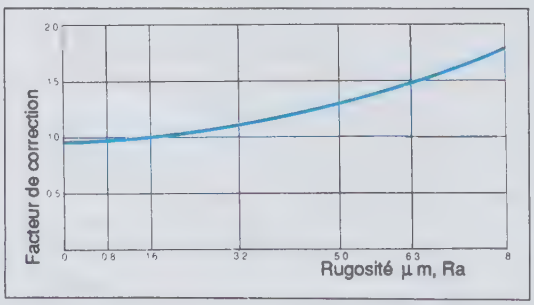
* L'aluminium du commerce varie considérablement à la fois en composition chimique et en propriétés mécaniques.

Facteur F 2 : jeu diamétral (standard = 0,05)



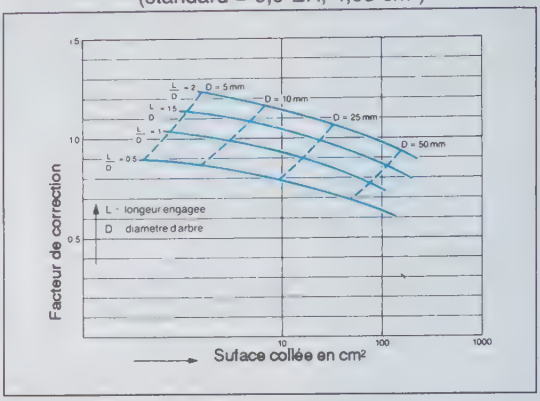
Les meilleurs résultats sont obtenus avec des jeux de 0,02 à 0,07 mm mais la résistance diminue lorsque le jeu augmente. Les valeurs choisies ne devraient pas dépasser celles données dans le tableau des caractéristiques de chaque grade d'adhésif.
Des jeux importants ou très serrés nécessitent des mises en œuvre appropriées.

Facteur F 3 : Rugosité de surface
(standard = 0,8 < R_a < 1,6 µm)

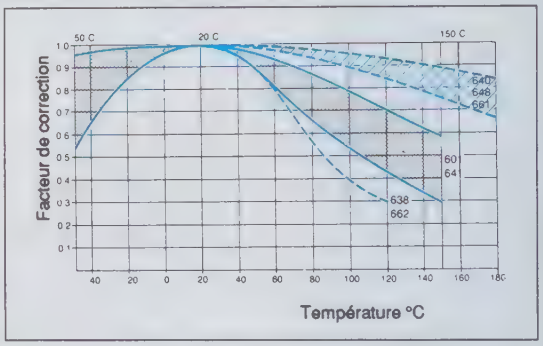


La rugosité maximale n'est pas limitée par l'adhésif mais par des difficultés d'assemblage résultant d'un jeu excessif.
La direction ou le sens de la rugosité doit être prise en considération.
Ainsi un arbre tourné, présentant des traces d'outils circonférentielles, aura une rugosité plus importante dans le sens axial que dans le sens tangentiel. Dans ce cas le facteur de correction ne sera appliqué que pour une charge axiale.

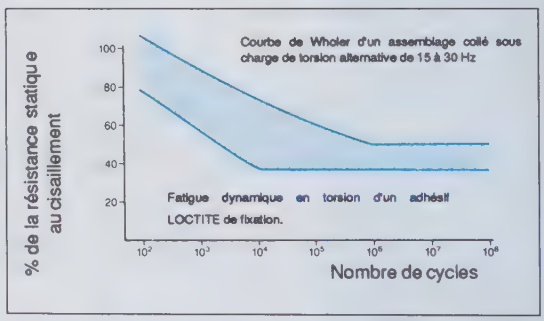
Facteur F 4 : Rapport d'engagement et surface
(standard = 0,9 ER, 4,03 cm²)



Facteur F 5 : Température de fonctionnement



Charges dynamiques (courbe de Wholer)



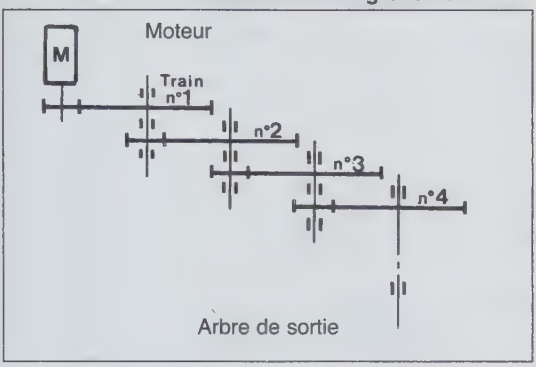
L'application d'une charge dynamique ou cyclique peut provoquer éventuellement la rupture à une valeur nettement inférieure.
Des tests montrent une résistance à la fatigue dépassant 35 % de la résistance maximum du joint glissant collé sollicité en torsion.
Pour cette raison, un facteur de calcul supplémentaire de 0,30 doit être introduit pour une résistance permanente à la fatigue des joints sollicités en torsion. Celui-ci peut être porté à 0,35 dans le cas d'un frettage. Un facteur de 0,10 à 0,5 sera utilisé pour les sollicitations dynamiques axiales.

18.2.5. Exemples de résolution de problèmes

Assemblage d'un axe et d'un pignon
Train d'engrenage d'une commande d'ouverture de porte (Roboporte).

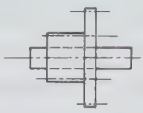
Données :
– moteur électrique P = 55 W à 2 600 tr/min pour un couple nominal de 0,02 daN.m ;
– système de réduction à engrenage fournissant un couple de sortie de 10 daN.m.

Schéma de l'ensemble de l'engrènement



À l'origine, les pignons (en trois parties) étaient assemblés par soudure TIG (voilage des roues dentées).
– La solution de l'assemblage par collage étant adoptée, les calculs ne porteront que sur les efforts tangentiels dus à la transmission du couple.
– Gains obtenus par la technique de l'assemblage par collage : 30 % (gain sur l'usinage des pièces, gain sur la méthode d'assemblage).
– Le calcul de la fiche d'étude ci-contre ne concerne que le pignon du train n° 3.
– Pour des sollicitations alternées nous prendrons dans ce cas un facteur de limite de fatigue de 0,3.

Cas d'un montage avec jeu
Roboporte Jay-Électronique

Conception	Éléments de choix	Mode de liaison
Tracé adapté pour le collage 	Acier 35 CD4 (axe et pignon) Application automatisable Compatibilité avec graisse Résistance en température = 60 °C Sollicitations mouvement lent alterné	Données de l'avant-projet : Ø 16 - L = 19 Ra = 1,6 µm Couple maxi = 30,11 daN.m Tolérance = H7h8

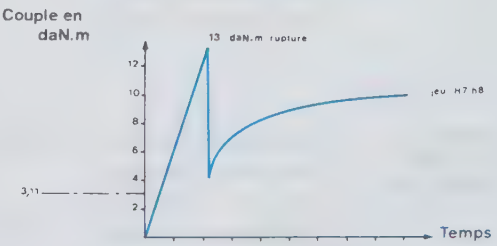
Calcul
Avec résine Loctite 648
F_1 = 0,9 (matériau 35 CD4)
F_2 = 1 (jeu 0 à 0,045)
F_3 = (Ra = 1,6 µm)
F_4 = 0,095 (L/D = 1,34 - Ø 16)
F_5 = 1 (température = 60 °C)

TB_2 = 18 à 35 MPa
τ mini = 18 × 0,855 = 15,4 MPa
τ maxi = 35 × 0,855 = 29,9 MPa
C = τ × S × r

$$C = \frac{15,4}{29,9} \times 955 \times 0,008 = \frac{118 \text{ N.m}}{228 \text{ N.m}}$$

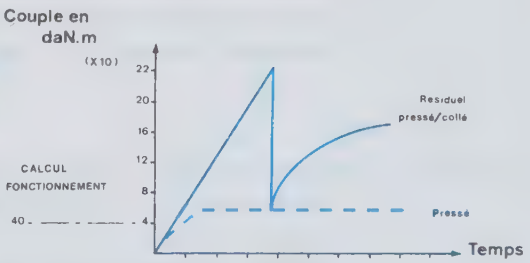
F = F1. F2. ... . F5 = 0,855

11,8 < C en daN.m < 22,8



Cas d'un montage presse - colle
Traverse AR automobile

Conception	Éléments de choix	Mode de liaison
Presse/colle 	Essieu : C 10E Tube : C 40E Environnement : intempéries - huile Sollicitations élevées Vibrations	Données de l'avant-projet = Ø 47,5 - L = 40 Ra = 80 à 100 µm Cn = 40 daN.m Coefficient de sécurité : 4



Calcul
Avec résine Loctite 640
F_1 = 0,9 (matériau XC 10 et C 40)
F_2 = 1 (serrage 8 à 15 µ)
F_3 = 0,9 (serrage 0,8 à 1 µ)
F_4 = 0,8 (L/D = 1 - Ø 47)
F_5 = 1 (– 20 °C + 60 °C)
F = F_1. F_2. ... . F_5 = 0,648

149,6 < C en daN.m < 227,6

TB_2 = 16 à 33 N/mm²
Serrage moyen 0,1 ⇒ p = 27 N/mm² (NF E 22-621)
Assemblage avec interférence montage à la presse
τ = 0,5 (τ B_2 × fc) + 0,2 p
τ mini = 0,5 (16 × 0,648) + (0,2 × 27) = 10,58 MPa
τ maxi = 0,5 (33 × 0,648) + (0,2 × 27) = 16,09 MPa
C = τ × S × r

$$= \frac{10,58}{16,09} \times 5\,969 \times 0,023\,7 = \frac{1\,496 \text{ N.m}}{2\,276 \text{ N.m}}$$

Note : Pour des sollicitations élevées et mal définies, nous prendrons comme facteur de limite de fatigue 0,35.

18.3. Freinage des filetages

NF T 76-001 À 011

18.3.1. Démarche de choix d'un produit de freinage

Données

Le cahier des charges du mécanisme étudié
- Nombre de mécanismes prévus (série) ;
- sollicitations (vibrations, chocs...) ;
- contraintes mécaniques au niveau des éléments d'assemblage ;
- environnement intérieur (température, fluide...) ;
- environnement extérieur (température, fluide, pollution, atmosphère...) ;
- durée de vie du mécanisme ;
- contraintes exceptionnelles (cuisson, peinture, dégraissage, étanchéité...) ;
- nombre de démontages du mécanisme ;
- problèmes de sécurité et d'inviolabilité.

Besoin

- Nature des produits de freinage ;
- caractéristiques mécaniques ;
- résistance à la température ;
- viscosité ;
- aptitude au démontage ;
- conditions d'utilisation (préparation, pollution...) ;
- préparation des surfaces ;
- coefficient de frottement ;
- résistance aux solvants.

Éléments du choix à prendre en compte

Pour le choix du produit de freinage (tableau 18.3.3)
- Aptitude au démontage ;
- aptitude à la conservation ;
- coefficient de frottement ;
- aptitude à la résistance au cisaillement ;
- aptitude à la résistance résiduelle ;
- aptitude à la résistance à la température ;
- aptitude à la résistance aux solvants.

Calculs

Éléments de calcul de l'effort de desserrage pour un filetage au pas et au profil ISO
- Résistance au cisaillement en MPa (τ_{B1}) ;
- résistance résiduelle en MPa (τ p) ;
- diamètre à fond de filet en mm (Δ) ;
- diamètre du noyau de la vis en mm ;
- longueur engagée en mm (L) ;
- surface sur laquelle agit le produit en mm^2 ;
- rapport entre le couple de desserrage et le couple de serrage ;
- coefficient de sécurité :
  - de la nature du matériau,
  - du jeu diamétral,
  - de l'influence de la température.

18.3.2. Bases de calcul - Définitions

Détermination de l'effort de desserrage

En partant de l'hypothèse que l'on a affaire à un filetage au **pas et profil de S.I.**, on démontre que la surface est égale à 1,6 fois la surface cylindrique à partir du diamètre à flanc de filet et de la longueur d'engagement.

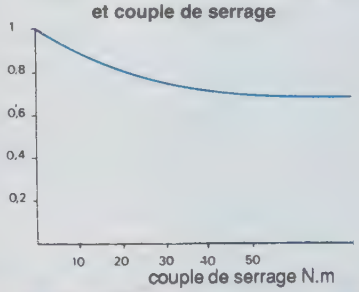
Le couple de desserrage est constitué de deux éléments :
– le couple de friction obtenu par la pression sous tête et sur filet ;
– le couple résistant qui résulte de la présence du produit polymérisé.

Couple de friction
L'effort de desserrage dû au couple de friction est inférieur à celui du couple de serrage à cause de la déformation élastique. On en déduit un coefficient de proportionnalité entre le couple de serrage et le couple de desserrage.

Couple dû au produit de freinage
Les tableaux de caractéristiques indiquent les fourchettes de valeurs à prendre en considération.
– La surface sur laquelle agit le produit $S = 1{,}6\ \pi\ d\ L$

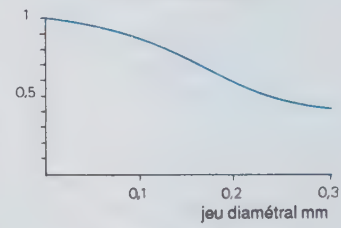
– Le couple résistant produit par le **frein de filet**
$C = 1{,}6\ \pi\ d\ L\ \tau_{B1}\ d/2$
– d : diamètre nominal de la vis en mm
τ_{B1} : résistance au cisaillement du produit choisi.
Pour obtenir la valeur maximum du couple de déblocage, il faut ajouter une fraction du couple de serrage, en pratique 70 à 80 % de celui-ci.

Rapport entre couple de desserrage et couple de serrage

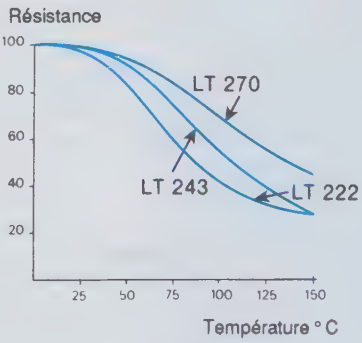


Coefficient de qualité des matériaux					
	acier alliés		acier inox oxydé noir	cuivre et alliages	acier zingué cadmié galvanisé
	0,8 0,9		0,4 0,7	0,4 0,7	0,4

Coefficient d'influence du jeu diamétral



Coefficient d'influence de la température



Exemple

Données

– Assemblage boulonné M 10 × 20, classe 8.8 acier phosphaté.
– Jeu à fond de filet : 0,08
– Diamètre nominal de la vis : 10 mm
– Rapport L/D : 8/10
– Température de fonctionnement : 120 °C
– Couple de serrage : 30 N.m

Calcul

– Surface = 1,6 π × 10 × 8 = 408 mm²
– Couple de freinage avec le produit de freinage type 243 τ_{B1} = 7,5 N/mm²
– **C** = 408 × 7,5 × 10/2 × 10^{-3} = **15,3 N.m**
– Coefficient de réduction :
  - matériaux = 0,95
  - jeu = 0,9
  - température = 0,4
– **C mini** = 15,3 × 0,95 × 0,9 × 0,4 = **5,2 N.m**
– Couple de friction = 0,8 du couple de blocage
– **Cf** = 30 × 0,8 = 24 N.m
– Couple de desserrage en fonctionnement :
C_d = 5,2 + 24 = 29,2 N.m
– Couple de desserrage maximum (20 °C) :
C_m = 15,3 + 24 = 39,3 N.m

Résultats

Exemples d'application

– Freinage énergique de vis à cames de serrage de meules pour machines à poncer les sols, le produit 270 a été choisi pour cette application en raison des vibrations, de la chaleur dégagée par le frottement et du fait que les vis ne sont pas bloquées pour permettre la rotation de la came.
– Freinage des vis à tête fraisée du support moteur d'une talocheuse, le produit 222 est utilisé pour conserver une bonne démontabilité. Le freinage s'exerce aussi bien dans le filetage que sous la tête de la vis (excellente tenue aux vibrations).

18.3.3. Guide de choix du type de produit de freinage

Types de produits		Référence Loctite	Aptitude au démontage	Aptitude à la conservation (an)	Coefficient de frottement	Aptitude à la résistance au cisaillement (τ_{B1}) MPa	Aptitude à la résistance résiduelle[1] (τ_p) MPa	Aptitude à la résistance à la température °C	Aptitude à la résistance aux solvants	Observations - Utilisations
Résines acryliques anaérobies	Ester méthacrylate[2]	**221**	facile	1	0,19	2,5 4,5	1,5 3,5	– 50 + 150	Bonne	– Viscosité moyenne. – Vis et écrous ∅ 2 à 8, vis pas fin, vis de réglage. – Vis à tête fraisée à empreinte faible, petits goujons.
		222	facile	1	0,16	1,5 4	1 2	– 50 + 150	Bonne	– Pouvoirs de fixation modéré, mais bonne résistance aux vibrations et bonne étanchéité. – Vis à pas fin, vis de réglage jusqu'à M 16.
		225	facile	1	-	2 3	1 2	– 50 + 150	Bonne	– Produit à forte viscosité pour jeux importants. – Polymérisation un peu moins rapide. – Vis à tête fraisée à empreinte faible, petits goujons. – Vis à pas fin, vis de réglage.
		241	normal	1	0,18	4,5 6,5	4,5 6,5	– 50 + 150	Bonne	– Viscosité moyenne. – Vis et écrous ∅ 8 à 20, toute visserie standard protégée ou non par un traitement de surface. – Goujons, boulons standard.
		243	normal	1	0,14	5 7,5	2 2,5	– 50 + 150	Excel.	– Pouvoir de fixation moyen. – Freinage efficace contre les vibrations et les chocs. – Vis et écrous ∅ 8 à 20, toute visserie standard protégée ou non par un traitement de surface. – Goujons, boulons standard.
		245	normal	1	-	4 7	4 7	– 50 + 150	Bonne	– Produit à forte viscosité pour jeux importants. – Vis et écrous ∅ 8 à 20, toute visserie standard protégée ou non par un traitement de surface. – Goujons, boulons standard.
		262	difficile	1	0,11	7 11	10 15	– 50 + 150	Bonne	– Efficacité maximum de freinage en présence de vibrations et de chocs. – Goujons, vis courtes. – Montage inviolable.
		270	difficile	1	0,22	8 12	10 15	– 50 + 150	Excel.	– Efficacité maximum de freinage en présence de vibrations et de chocs. – Recommandé pour les jeux importants. – Goujons, vis courtes - montages inviolables.
		275	difficile	1	-	7,5 12,5	10 15	– 50 + 150	Bonne	– Produit à forte viscosité pour jeux importants. – Goujons - vis courtes. – Montage inviolable suivant dimensions et qualité de la vis ou de l'écrou.
		290	difficile	1	0,24	4 6,5	10 15	– 50 + 150	Excel.	– Produit fluide pour freinage par capillarité après assemblage. – Goujons, vis courtes - montage inviolable suivant dimensions et qualité de la vis ou de l'écrou.

(1) Moyenne des valeurs mesurées au déblocage après 1/4, 1/2, 3/4 et 1 tour de dévissage.
(2) Ester méthacrylate : faculté de cohésion et de blocage.
Note : Les produits de freinage sont tous à base ester-méthacrylate. Ils se différencient par la quantité d'additif qui modifie leurs caractéristiques.

18.4. Étanchéité des filetages

NF T 76-001 À 011
HENKEL LOCTITE

18.4.1. Guide de choix du type de produit d'étanchéité

Types de produits		Référence Loctite	Aptitude au remplissage (valeur du jeu diamétral admissible) (mm)	Mise en service (h)	Aptitude à la résistance à la traction (MPa)	Aptitude à la résistance au cisaillement (τ_{B1}) (MPa)	Aptitude à la résistance résiduelle (τ_p) (MPa)	Aptitude à la résistance aux chocs (Nmm/mm²)	Aptitude à la résistance à la température (°C)	Observations - Utilisations
Résines acryliques anaérobies	Ester méthacrylate[2]	577 Tubétanche	0,8	4 6	-	6 10	2 4	-	– 50 + 125	– Durcit à l'abri de l'air libre, convient sur les filetages de forts diamètres à jeu et rugosité importante. – Utilisé en hydraulique, pneumatique, gaz et autres fluides, conduites d'eau, assure l'étanchéité immédiate sous faible pression. – Résistance aux solvants et à l'eau chaude.
		572 Calorétanche	0,2	16 24	2 - 4	2 - 4	0,6 2	0,1 0,5	– 55 + 150	– Rend étanches les tuyauteries de tous fluides jusqu'à 3 pouces de diamètre. – Son adjonction de PTFE facilite le vissage et le dévissage, bien adapté aux démontages fréquents. – Étanchéité immédiate sous faible pression.
		542 Oléoétanche	0,2	0,5 1	4 - 6	4 - 6	4 - 6	0,5 1	– 55 + 150	– Spécial pour l'étanchéité des canalisations de circuits hydrauliques. – Convient également aux circuits pneumatiques jusqu'à 3/4 de pouce. – Étanchéité après quelques minutes selon l'importance du jeu à combler.
		586 Frigétanche	0,5	8 16	-	7,5 12,5	10 15	-	– 55 + 150	– Assure l'étanchéité parfaite des tuyauteries qui véhiculent des fluides de réfrigération, ainsi que leur résistance aux chocs et aux vibrations. – Très haute résistance aux milieux abrasifs. – Adapté pour l'étanchéité des circuits d'appareils frigorifiques (fréon, gaz agressif). – Rend inviolables les bouchons, les valves, etc.
		290 Porétanche	0,1	0,5 16	-	4 6,5	10 15	-	– 55 + 150	– Élimine les fuites dues aux porosités de soudure ou de fonderie. Résiste aux hautes pressions et à l'action des solvants. – Après vidange, peut colmater les fuites sans démontage. – Permet le freinage et l'étanchéité après assemblage.
		932	0,15	1 24	-	0,75 1,75	0,25 1	-	– 55 + 150	– La faible résistance au cisaillement permet un démontage facile des éléments fragiles, à pas fin ou à fort engagement de filetage. – Résistant aux vibrations et protège l'interface de la corrosion.

(τ_{B1}) : au déblocage sur vis M10 acier.
(τ_p) : friction moyenne à 1/4, 1/2, 3/4 et 1 tour après déblocage.

Ester méthacrylate : faculté de cohésion et de blocage, leurs caractéristiques varient en fonction de la quantité d'additif ajoutée.

18.4.2. Compatibilité d'emploi des produits d'étanchéité des filetages

• Produits d'étanchéité utilisables : 577 - 572 - 542 - 586 - 932 - 290 (voir réf. 18.4.1)

Acétate de butyle	•
Acétate de cellulose	•
Acétate de nickel	•
Arsénate de plomb	•
Acétone	•
Acide acétique	577 - 586
Acide acétylsalicylique	•
Acide acrylique	•
Acide borique	•
Acide carbonique	577 - 586
Acide citrique	577 - 586
Acide formique	•
Acide gallique	577 - 586
Acide hydrobomique	•
Acide hydrochlorique	•
Acide lactique	•
Acide muratique	577 - 586
Acide nicitinique	577 - 586
Acide nitrique 20 %	577 - 586
Acide oléique	•
Acide oxalique	•
Acide phosphorique	577 - 586
Acide sulfurique	577 - 586
Alcool éthylique	•
Alcool isopropylique	•
Ammoniaque	577 - 586
Ammonium bifluorure	•
Aniline	•
Bain d'anodisation	•
Bain de chromage	577 - 586
Bière	•
Bromure de potassium	•
Chaux	•
Chlorure de fer	•
Chlorure de lithium	•
Chlorure de magnésium	•
Chlorure de manganèse	•
Chlorure de mercure	•
Chlorure de nickel	•
Chlorure de sodium	•
Citron	•
Créosote	•
Essence de pétrole	•
Esters	•
Éthylène glycol	•
Extrait de foie	•
Fluide de freinage	•
Formaldéhyde	577 - 586
Furfural	•
Gélatine	•
Glucose	•
Glycol	
Goudron de houille	•
Graisse animale	•
Hexachlorobenzène	•
Huile de lin	•
Hydroxycarbonate de magnésium	•
Hyposulfite d'ammonium	•
Jus de fruit	•
Kaolin	•
Kérosène	•
Lactose	•
Lait	•
Latex	•
Lécithine	•
Maltose	•
Mercure	•
Méthyléthylcétone	•
Naphtaline	•
Nicotine	•
Nitrate d'ammonium	•
Nitrate de fer	•
Nitrate de mercure	•
Nitrobenzène	•
Nitrocellulose	•
Oxyde de plomb	•
Paraffine	•
Pétrole	•
Phénol	•
Sang	•
Saumure	•
Silicones	•
Solvants aromatiques	•
Solvants chlorés	•
Soude	577 - 586
Sulfate de baryum	•
Sulfate de cuivre	•
Sulfate de fer	•
Sulfate de manganèse	•
Sulfate de nickel	•
Sulfate de plomb	•
Teinture d'iode	•
Térébenthine	•
Tétrachlorure de carbone	•
Tétrachlorure d'étain	•
Trichloréthane	•
Trichloréthylène	•
Zinc oxyde	•

Gaz

Acétylène	•
Air	•
Ammoniaque	•
Argon	•
Butane	•
Butadiène	•
Butylène	•
Gaz carbonique	•
Oxyde de carbone	•
Gaz d'éclairage	•
Éthane	•
Éthylène	•
Fréon (11, 12, 21, 22)	586
Gaz de hauts fourneaux	586
Hélium	•
Hydrogène	•
Isobutane	•
Méthane	•
Chlorure de méthyle	•
Azote	•
Propane	•
Propylène	•
Anhydride sulfureux	•
Vapeur d'acide sulfurique	•
Vapeur de titane	•

Cette liste n'est pas exhaustive.

18.5. Étanchéité des plans de joints

NF T 76-001 À 011
HENKEL LOCTITE

Guide de choix du type de produit d'étanchéité

Types de produits		Référence Loctite	Jeu admissible	Mise en service (an)	Aptitude à la résistance à la traction (sur acier)	Aptitude à la résistance en traction - cisaillement MPa	Aptitude à la résistance à la pression de service MPa	Aptitude à la résistance aux solvants	Aptitude à la résistance à la température °C	Observations - Utilisations
Résines acryliques anaérobies	Ester méthacrylate (faculté de cohésion et de blocage)	574 Instajoint	0,50	16	4 - 6	5 - 10	250	Moy.	– 55 + 150	– Pour toutes applications et remplacement de joints découpés, très bien adapté à la fonction d'étanchéité des plans de joints usinés. – Polymérisation très rapide aux basses températures. – Après polymérisation complète, peut assurer une étanchéité sous une pression de 350 bars avec un joint de 10 mm de largeur et un jeu de 0,05 mm.
		510 Master joint	0,15	2-3	10 12	7 - 9	300	Excel.	– 55 + 200	– Applications hautes températures et conditions de fonctionnement sévères. – Résiste aux fluides et aux gaz industriels corrosifs. – Convient pour des surfaces imparfaitement dégraissées – Étanchéité immédiate après assemblage. – Polymérisation rapide sur l'acier et l'aluminium pour des jeux jusqu'à 0,15 mm.
		549 Autoform	0,10	8 16	10 15	10 20	> 300	Excel.	– 55 + 150	– Applications mécaniques nécessitant une résistance élevée. – Convient pour des assemblages des pièces soumises à des couples et à des vibrations importants. – Convient aux assemblages rarement démontés. – Étanchéité complète après 24 h de polymérisation à 22 °C.
		573 Sérijoint	0,10	16 24	25 4	4 - 7	250	Excel.	– 55 + 150	– Applications à jeu moyen et facilité de démontage. – Utilisé pour des essais d'étanchéité. – Surfaces de contact douces (fraisage), n'apporte aucune surépaisseur de joint (métal sur métal). – Excellente résistance à la plupart des fluides et solvants.
Acrylique anaérobie flexibilisé		518 Unijoint	1,25	2 3	-	3,5 7	250	Moy.	– 55 + 150	– Bon allongement (30 %). – Ininflammable. – Automatisation du travail possible. – Étanchéité immédiate et positionnement précis et économique. – Avec activateur.
Élastomère de silicone		Silicomet JS 545	-	1 24	2,5 3	2,5 3	-	Moy.	– 50 + 200	Étanchéité : • Excellente : oxygène, eau salée, rayons UV. • Bonne : ammoniaque, soude, alcool, huiles. • Mauvaise : chlore, essence légère. – Pour l'étanchéité des pièces avec jeu, ou non usinées, grande souplesse du joint. – Ne présente pas d'inconvénient pour le démontage.

Note : Les produits d'étanchéité des plans de joints sont tous à base ester méthacrylate. Ils se différencient par la quantité d'additif qui modifie leurs caractéristiques.

18.6. Assemblage par adhésion

NF T 76-121 / 122 / 123

18.6.1. Démarche de choix d'une colle

Données

Le cahier des charges du mécanisme étudié
– Nombre de mécanismes prévus (série) ;
– efforts à transmettre ;
– sollicitations (vibrations, chocs...) ;
– contraintes mécaniques (traction, cisaillement, compression, pelage) ;
– nature des matériaux des éléments à assembler et traitement de surface ;
– environnement intérieur (température, fluide...) ;
– environnement extérieur (température, fluide, poussières, pollution, atmosphère...) ;
– durée de vie du mécanisme ;
– géométrie des pièces et des joints (surfaces en contact...) ;
– contraintes exceptionnelles (cuisson, peinture, dégraissage, stockage, accidentelles...).

Besoin

– Nature de la colle ;
– caractéristiques mécaniques de la colle ;
– résistance à la température ;
– viscosité ;
– temps de prise ;
– conditions d'utilisation (préparation, pollution...) ;
– préparation des surfaces.

Éléments du choix à prendre en compte

Pour le choix du type de colle (tableau 18.6.3)
– Aptitude au remplissage (jeu maximum) ;
– aptitude à la conservation ;
– aptitude à la résistance à la traction-cisaillement ;
– aptitude à la résistance aux chocs ;
– aptitude à la résistance à la température ;
– aptitude à la résistance aux solvants ;
– surface du joint de recouvrement.

Dimensionnement de joints collés symétriques à recouvrement simple
– Épaisseur du support en mm (S) ;
– longueur du recouvrement en mm (l) ;
– largeur du recouvrement en mm (h) ;
– résistance au cisaillement de la colle en MPa (τ_r) ;
– charge s'exerçant sur l'assemblage en N (F).

Dimensionnement d'emmanchements cylindriques sollicités en traction
– Diamètre extérieur du tube intérieur en mm
– diamètre intérieur du tube extérieur en mm } D ;
– épaisseur du tube le plus mince en mm (S) ;
– longueur de l'emmanchement en mm (L).

Dimensionnement

Dimensionnement d'emmanchements cylindriques sollicités en torsion
– Moment du couple transmis en N.mm (M_C)
– diamètre extérieur du tube intérieur en mm } D ;
– diamètre intérieur du tube extérieur en mm ;
– longueur de l'emmanchement en mm (L').

18.6.2. Bases de calcul - Définitions

Détermination approchée du dimensionnement

Joints collés symétriques à recouvrement simple

La contrainte de rupture (τ) de ce joint est proportionnelle au facteur de forme (f) s'il est compris entre les valeurs 0 et 0,1.

$$f = \frac{\sqrt{S}}{l}$$ (1)

$$\tau = K f$$

(1). Cette relation est valable lorsque $0 \leq \frac{\sqrt{S}}{l} \leq 0{,}06$

K : coefficient de proportionnalité : la droite est tracée en fonction de τ_t d'un type de colle choisi pour un facteur de forme (f) = 0,1.

– Détermination de la longueur de recouvrement efficace (l_o)

$$l_o = \frac{\sqrt{S}}{0{,}06}$$

valeur limite au-delà de laquelle les performances du joint ne sont plus significatives.

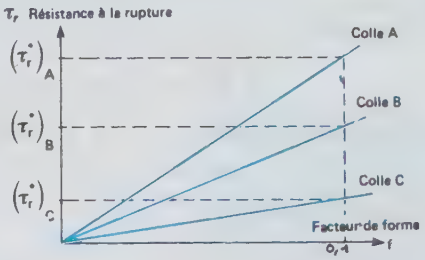
– D'où la valeur de la résistance à la rupture du joint :

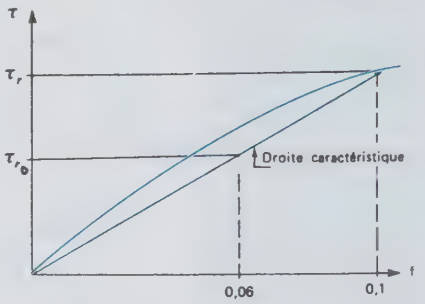
$$\tau_o = 0{,}06\ \tau_r \frac{l}{\sqrt{S}} = 0{,}6\ \tau_r$$

– Vérification de la charge de rupture qui doit être supérieure à la charge à laquelle l'assemblage est soumis :

$$F_{ro} = \tau_{ro} \cdot l_o \cdot h \cdot F$$







Emmanchements cylindriques sollicités

• en traction

a) Cas des tubes

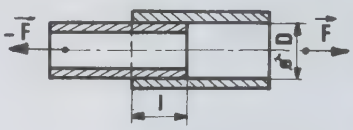
Même démarche que ci-dessus : prendre h = π D et S (épaisseur du tube le plus mince)

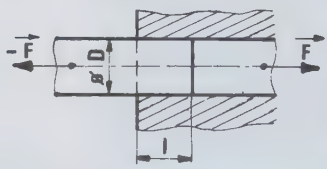
b) Cas des cylindres

Profondeur minimale d'emmanchement (l_o)

$$l_o = \frac{\pi D \tau_r}{F}$$

en pratique, prendre $l = 1{,}25\ l_o$





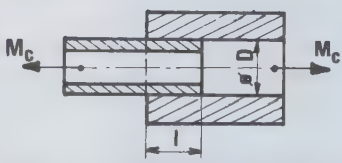
• en torsion

Même démarche que pour le dimensionnement des joints symétriques

$$F_r = \frac{2 M_C}{D}$$

M_C = Moment du couple transmis en N.mm

D : en mm et F_r : en N



Exemple

↓

Calcul

↓

Résultats

Soit à assembler deux tôles d'épaisseur (S) 2 mm, de largeur (h) 50 mm, avec une colle type 340 de résistance à la traction-cisaillement (τ_r) 15 MPa, soumis à une force F = 5 000 N

$l_o = \frac{\sqrt{2}}{0{,}06} = 23{,}5$ mm $\quad \tau_{ro} = 0{,}6 \times 15 = 9$ MPa $\quad F_{ro} = 9 \times 23{,}5 \times 50 = 10\,575$ N

Ce mode d'assemblage répond largement aux conditions imposées. On pourrait donc diminuer la longueur du joint de recouvrement ou choisir une colle moins performante.
Compte tenu des conditions d'environnement (température, vibrations, chocs accidentels...), il est conseillé de garder cette marge de sécurité.

Nota : le collage par adhésion de ces tubes ne peut être cependant considéré comme un cas d'assemblage mécanique étant donné l'importance du jeu (> 0,5).

18.6.3. Guide de choix des colles

Type de produits	Référence Loctite	Aptitude au remplissage (mm)	Aptitude à la conservation (an)	Aptitude à la résistance en traction - cisaillement (MPa)	Aptitude à la résistance à la traction (MPa)	Aptitude à la résistance aux chocs (J/cm²)	Aptitude à la résistance à la température (°C)	Aptitude à la résistance aux solvants	Surface du joint de recouvrement	Observations - Utilisations
Acrylique modifié	**330**	< 0,5	1	15 20	-	1,5 2,5	– 55 + 100	Moy.	Grande	– Métaux - Matières plastiques - Bois - Ciment - Tissus.
Acrylique modifié	**340**	< 0,5	1	15 20	-	-	– 55 + 130	Moy.	Grande	– Métaux. – Collage des tôles pouvant être grasses avec passage en tunnel de cuisson de peinture.
Cyanoacrylate	**454**	< 0,1	1	22	18,5	2 2,5	– 60 + 80	Moy.	Petite	– Formule gel non coulant. – Métaux - Matières plastiques - Bois - Ciment - Tissus. – Bonne résistance aux efforts dynamiques.
Cyanoacrylate	**460**	< 0,1	1	18	17,5	-	– 60 + 80	Moy.	Petite	– Métaux - Matières plastiques - Caoutchouc. – Élastomères. – Collage de pièces de présentation (Pas de traces blanches).
Cyanoacrylate	**496**	< 0,1	1	25	18,5	2	– 60 + 80	Bonne	Petite	– Métaux - Verre - Matières plastiques. – Bonne tenue, sur métaux exposés à des conditions climatiques sévères.
Cyanoacrylate flexibilisé	**480**	< 0,1	1	26	18,5	-	– 60 + 80	Moy.	Petite	– Métaux - Matières plastiques. – Grande résistance au pelage permettant le collage de métaux ou plastiques flexibles.
Cyanoacrylate	**406**	< 0,1	1	22	18,5	-	– 60 + 80	Moy.	Petite	– Matières plastiques - Caoutchouc - Élastomères. – Collage EPDM* polypropylène... (avec 770). – Grande réactivité avec divers substrats. – Grande résistance à l'humidité.
Cyanoacrylate	**407**	< 0,1	1	17,5	23,5	1 1,5	– 60 + 100	Moy.	Petite	– Métaux - Matières plastiques - Caoutchouc - Élastomères. – Bon vieillissement en température.
Cyanoacrylate	**401**	< 0,1	1	22	18,5	1 1	– 60 + 80	Moy.	Petite	– Matières plastiques - Caoutchouc. – Élastomères. – Emploi général.
Acrylique anaérobie	**326**	< 0,5	1	12,5 20	25 35	1 2,5	– 55 + 110	Bonne	Moy.	– Métaux - Matières plastiques. – Résistance traction, chocs, vibrations, avec activateur N.
Acrylique UV	**350**	< 0,1	1	-	10 14	-	– 55 + 90	Moy.	Petite	– Métaux - Verre - Matières plastiques.
Élastomère	Silicomet 5366	< 8	1	-	27	-	– 50 + 250	Mauv.	Grande	– Métaux - Verre - Matières plastiques - Bois. – Ciment - Tissus imprégnés.
Époxy	Poxycomt EP 5	< 1	1	18	15	4	– 35 + 120	Bonne	Moy.	– Métaux - Matières plastiques - Bois - Ciment - Tissus. – Entretien - Réparation.
Époxy	Poxycomt EP 40	< 1	1	18,3	20	5	– 35 + 120	Bonne	Grande	– Métaux - Matières plastiques - Bois - Ciment. – Tissus. – Longue conservation.

* EPDM : Éthylène Propylène Diène Monomère

19. Les ressorts : ressorts formés à froid rondelles ressort



Guide de **CHOIX** | Fiche de **CALCULS** | Banque de **DONNÉES**

19.1. Les ressorts 624

19.1.1. Choix des métaux usuels à ressort 624
19.1.2. Traitements de surface 625
19.1.3. Démarche de détermination d'un ressort 626
19.1.4. Bases de calcul - Définitions 627
19.1.5. Calcul et dessin d'un ressort 628
19.1.6. Tolérances dimensionnelles des ressorts de traction et de compression 629
19.1.7. Règles spéciales pour les ressorts travaillant à l'endurance 629

19.2. Les rondelles ressort (Belleville) 630

19.2.1. Démarche de choix d'une rondelle ressort 630
19.2.2. Désignation et tolérances des rondelles-ressorts 631
19.2.3. Exemples de calcul d'un ressort 632
19.2.4. Étude des contraintes de compression en I et de traction en III 633
19.2.5. Les contraintes de traction. Durée de vie 634
19.2.6. Différents modes d'empilages de rondelles 634
19.2.7. Guidages des rondelles élastiques 635
19.2.8. Dimensions et caractéristiques 636
19.2.9. Exemples de montages 637

19.3. Représentations normalisées 638

19.1.1. Guide de choix des métaux usuels à ressort

Aptitudes → / Métaux ↓	Endurance ↓	Résistance à la température ↓ (°C)	Module d'élasticité G ↓ GPa	Dimensions usuelles ↓ (mm)	Résistance à la corrosion ↓	Facilité d'approvisionnement ↓	Observations Utilisations
Métaux non revêtus							
Acier à ressort C 70 E	+	100	80	0 à 13	–	++	– Utilisation très courante.
Corde à piano suédoise C 85 E	++	100	82	0 à 8	–	+	– Utilisation pour les ressorts de qualité ; – bonne tenue aux fréquences élevées.
Fil suédois trempé à l'huile Otéva 20 C 70 E	++	150	80	1 à 8	–	–	– Spécialement utilisé pour les ressorts d'endurance (ressorts de soupape d'automobile, etc.).
Fil suédois trempé à l'huile Otéva 70 au chrome-silicium	++	200	80	1 à 8	–	–	– Peut résister à la fois à l'endurance et aux chocs ; – ressorts de suspension (très grosses charges).
Acier inox à ressort Z 15 CN 18.08	+	250	70	0 à 10	++	++	– Très légèrement magnétique à l'état écroui ; – machines alimentaires ; – moteurs automobiles.
Inconel 600 Z 15 CN 73-15	+	350	73,5	0 à 10	++	0	– Bonne tenue à haute température et à la corrosion ; – utilisé en nucléaire.
Bronze phosphoreux à ressort UE 7 P	+	100	42	0 à 6	++	–	– Bonnes propriétés mécaniques ; – bon conducteur de l'électricité ; – ressorts de contact électrique.
Bronze au béryllium U Be 2	++	100	48	0 à 4	++	0	– Bonnes propriétés mécaniques, résistance et endurance élevées. Inapte pour les ressorts de traction. Ressorts de contact de balais, etc.
Métaux revêtus							
Acier à ressort zingué C 70 E	+	100	80	0,3 à 4	++	+	– Bonne résistance mécanique ; – prix intéressant mais tend à être remplacé par l'inox.
Corde à piano suédoise étamée C 80 E	++	100	82	0 à 1	++	–	– Très bonne résistance mécanique ; – utilisé pour les petits ressorts de qualité ; – tend à être remplacé par l'inox.

Légende : ++ très bonne ; + bonne ; – moyenne ; 0 mauvaise

19.1.2. Traitements de surface

Les traitements les plus couramment utilisés dans le domaine du ressort ainsi que dans leur domaine d'application sont résumés dans le tableau ci-dessous.
La signification des rubriques est la suivante :

– **Aspect** : valeur esthétique du traitement.
– **Glissement** : diminuer le coefficient de frottement.
– **Fatigue** : amélioration de la tenue à l'endurance (s'applique surtout aux ressorts de compression).
– **Conductibilité** : amélioration de la conductivité électrique.
– **Résistance à l'usure** : au frottement, à l'abrasion.
– **Process fragilisant** : risque de fragilisation par l'hydrogène. Une opération de déshydrogénation est fortement conseillée.
Ne pas utiliser dans le cas de ressort fortement sollicité en statique et en dynamique.
Risques liés au process (décapage acide...).

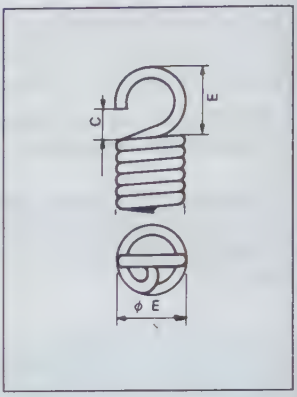
Désignation du revêtement	Caractéristique du traitement					Application matière					Process fragilisant O/N	Coût (+, ++, +++)
	Aspect	Résistance à la corrosion	Glissement	Fatigue	Anti-bruit	Conductibilité	Résistance à l'usure : au frottement	Résistance à l'usure : à l'abrasion	Tenue sur acier	Tenue sur inox		
Revêtements électrolytiques minces												
Chromage	E	B	F	S	F	S	E	E	E	S	O	++
Étamage	M	F	F	S	F	E	F	F	E	S	O	+++
Nickelage	B	B	F	S	F	B	M	M	E	M	O	++
Zinc - cobalt	B	E	F	S	F	S	M	M	E	S	O	++
Zinc - fer noir	E	E	F	S	F	S	M	M	E	S	O	+++
Zinc - nickel	B	E	F	S	F	S	M	M	E	S	O	++
Zingage												
– bichromatation	B	B	F	S	F	S	M	M	E	S	O	++
– blanc	B	M	F	S	F	S	M	M	E	S	O	+
– dégazage	S	S	S	M	S	S	S	S	S	S	N	
– passivation noire	E	M	F	S	F	S	M	M	E	S	O	++
Revêtements non électrolytiques												
Cataphorèse	E	B	F	S	F	S	F	F	E	S	N	+++
Dacromet	B	E	F	S	F	S	B	B	E	S	N	+++
Huilage	S	F	B	S	M	S	M	M	S	S	N	+
Peinture sauf pour le repérage	M	F	F	S	M	S	F	F	M	F	N	+++
PTFE	B	M	E	S	E	S	E	E	M	F	N	+++
Vernis de glissement	M	F	E	S	E	S	B	B	M	M	N	+++

Bon, **E**xcellent, **F**aible, **M**oyen, **S**ans objet.

19.1.3. Démarche de détermination d'un ressort

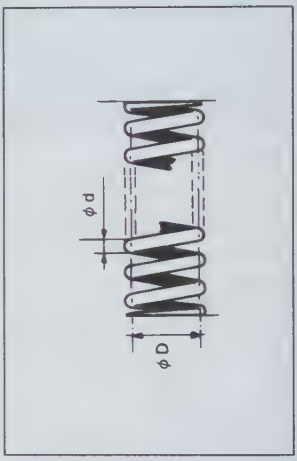
Ressort de traction

- Détermination des efforts 19.1.4.
- Détermination des encombrements 19.1.5.
- Choix du métal 19.1.1.
- Choix du taux de travail, tableau 19.1.4 ou graphique 19.1.6.
- Calcul du diamètre du fil 19.1.4.
- Calcul de la longueur libre correspondante et vérification de sa compatibilité 19.1.5.
- Vérification du taux de travail initial (R_o) acceptable 19.1.4.



Ressort de compression

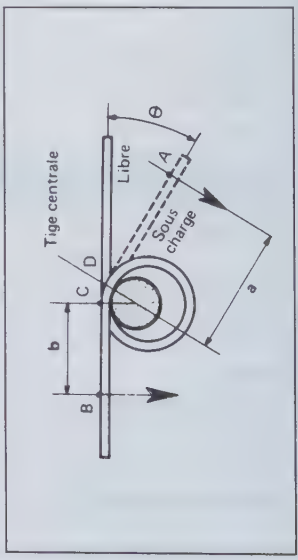
- Détermination des efforts 19.1.4.
- Détermination des encombrements 19.1.5.
- Choix du métal 19.1.1.
- Calcul du diamètre du fil 19.1.4.
- Calcul du nombre de spires utiles 19.1.4.
- Calcul de la hauteur à bloc théorique et vérification de sa compatibilité 19.1.5.
- Prévoir une garde entre la hauteur maximum à bloc calculée du ressort et l'emplacement disponible pour le fonctionnement. Cette garde doit être d'au moins 5 % de la hauteur comprimée à bloc, avec un minimum de d/2.
- Vérification du taux de travail à bloc acceptable 19.1.4.



Ressort de torsion

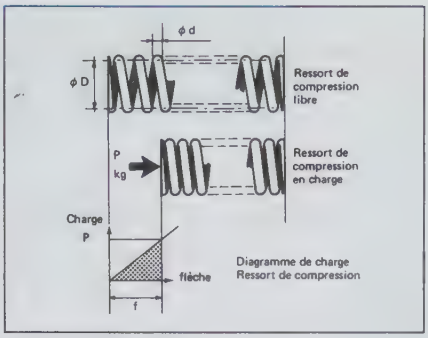
- Détermination des efforts 19.1.5.
- Détermination des encombrements 19.1.4.
- Choix du métal 19.1.1.
- Calcul du diamètre du fil 19.1.4.
- Calcul du nombre de spires utiles 19.1.4.
- Prévoir un jeu d'au moins 15 % du diamètre intérieur entre le diamètre intérieur, en position de travail maximum, et la tige centrale.

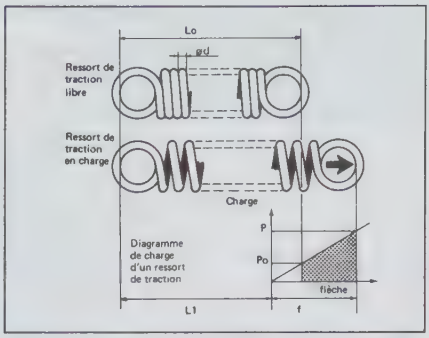
Nota : Au travail, la déformation n'est pas linéaire, ce qui peut poser de réels problèmes de fonctionnement :
- lorsque cela est possible, le ressort de torsion peut être remplacé avantageusement par un ressort de traction ou un ressort de compression ;
- ressort difficile à contrôler au niveau de ses caractéristiques mécaniques, il doit être vérifié sur son montage réel d'utilisation ;
- nécessite un bon ajustement de l'axe par rapport au diamètre du ressort.



19.1.4. Bases de calcul - Définitions

Calcul de la flèche (f) ou du nombre de spires (n)





- f : flèche du ressort en mm
- P : charge appliquée en daN
- D : diamètre moyen du ressort mm
- n : nombre de spires utiles 19.1.4.
- G : module d'élasticité daN/mm² 19.1.1.
- d : diamètre du fil en mm pris de préférence dans les diamètres suivants :

0,15 - 0,20 - 0,25 - 0,30 - 0,35 - 0,40 - 0,45 - 0,50 - 0,55 - 0,60 - 0,65 - 0,70 - 0,75 - 0,80 - 0,85 - 0,90 - 0,95 - 1 - 1,1 - 1,2 - 1,3 - 1,4 - 1,5 - 1,6 - 1,7 - 1,8 - 2 - 2,3 - 2,5 - 2,8 - 3 - 3,2 - 3,5 - 3,8 - 4 - 4,2 - 4,5 - 4,8 - 5 - 5,5 - 6 - 6,5 - 7 - 7,5 - 8 - 8,5 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14.

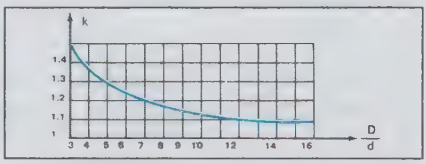
$$f = \frac{8PnD^3}{Gd^4} \quad \text{ou} \quad n = \frac{fGd^4}{8PD^3}$$

Nota : Pour les ressorts de traction, la flèche (f) n'est pas comptée depuis la longueur L_0, mais depuis L_1 (fictive).
La charge P_0 à la longueur L_0 est la tension initiale.

Calcul du taux de travail

$$R = \frac{2{,}55\ PD}{d^3}.k \quad \text{ou} \quad d^3 = \frac{2{,}55\ PD}{R}.k$$

R : taux de travail en daN/mm² (contrainte de torsion dans le métal).
K : coefficient de correction dû à l'enroulement.



Nota : Le coefficient k n'est à prendre en considération que dans le cas d'un taux de travail en service. Pour le taux de travail [maximum à bloc d'un ressort de compression, prendre k = 1 (tableau ci-dessous)].

Tableaux des taux de travail à adopter

Valeur en daN/mm² pour k = 1

Ø du fil	Acier	Corde suédoise	Otéva	Chrome silicium	Inox	Bronze phosphoreux	Bronze béryllium
0 à 0,2	130	150	–	–	110	60	70
0,2 à 0,4	125	140	–	–	100	55	65
0,4 à 0,8	115	130	–	–	95	55	65
0,8 à 1,5	110	115	90	120	90	55	65
1,5 à 3	100	105	80	110	80	50	60
3 à 6	80	85	70	95	60	50	60
6 à 12	50	70	60	80	45	–	–

Nota : Ces valeurs peuvent être majorées de 15 % par traitement thermique et par compression à bloc (préconformation).

Coefficient k modifié en fonction du rapport D/d suivant la courbe ci-dessus. Valeurs en daN/mm² à utiliser avec le coefficient k.

Service / Ø du fil	Acier			Corde suédoise			Otéva			Chrome silicium			Inox			Bronze phosphoreux			Bronze béryllium		
	léger	moyen	sévère	léger	moyen	sévère	léger	moyen	sévère	léger	moyen	sévère	léger	moyen	sévère	léger	moyen	sévère	léger	moyen	sévère
0 à 0,2	105	90	60	120	110	85	–	–	–	–	–	–	90	80	65	50	45	35	60	55	40
0,2 à 0,4	100	85	55	115	100	80	–	–	–	–	–	–	85	75	60	45	40	30	55	50	35
0,4 à 0,8	95	80	50	105	90	70	–	–	–	–	–	–	80	75	55	45	40	30	55	50	35
0,8 à 1,5	90	75	45	95	85	65	75	65	60	100	90	65	75	65	50	45	40	30	55	50	35
1,5 à 3	70	65	40	80	75	50	70	60	50	90	80	60	65	55	40	40	35	25	50	40	30
3 à 5	60	55	30	65	60	40	60	50	40	80	70	50	50	45	35	40	35	25	50	40	30
6 à 12	40	35	25	60	50	35	50	40	30	70	60	40	40	35	25	–	–	–	–	–	–

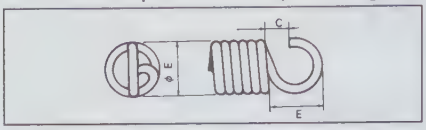
Nota : Pour les ressorts de traction, diminuer le taux de 10 %.

19.1.5. Calcul et dessin d'un ressort

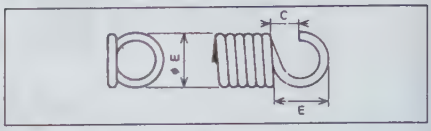
Ressorts de traction

Forme des boucles

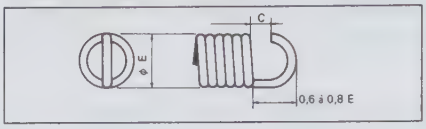
A. Boucle complète normale (œillet anglais)



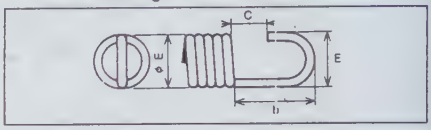
B. Boucle sur le côté



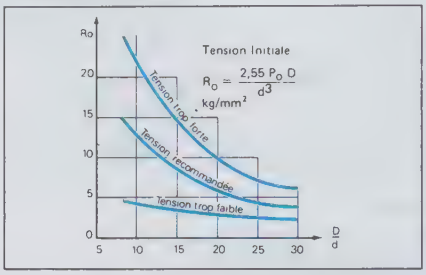
C. Demi-boucle relevée (œillet allemand)



D. Boucle allongée au centre



Tension initiale



Ce graphique est tracé pour un fil de 1 GPa. Le résultat peut être corrigé par une règle de trois pour les autres fils (utiliser les nombres des tableaux 19.1.4).

Relations à observer

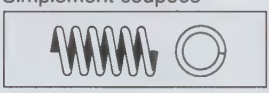
Boucles A et B : $L = (n + 1)d + 2D$
Boucle C : $L = (n + 1)d + 1{,}4D$
Boucle D : $L = (n + 1)d + 2b$

L = Longueur totale extérieure
n = Nombre de spires utiles
D = Diamètre moyen du ressort
d = Diamètre du fil

Ressorts de compression

Forme des extrémités

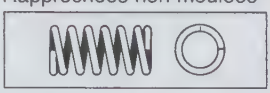
Simplement coupées



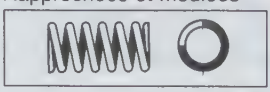
Simplement meulées



Rapprochées non meulées



Rapprochées et meulées



Relations à observer

Forme des extrémités		Simplement coupées	Simplement meulées
Nombre de spires utiles	(n)	$n = N - 1/2$	$n = N - 1$
Nombre de spires totales	(N)	$N = n + 1/2$ $N = \frac{L - d}{P}$	$N = n + 1$ $N = \frac{L - d/2}{P}$
Hauteur comprimée à bloc	(H)	$H = d(N + 1)$	$H = d(N + 1/2)$
Longueur libre	(L)	$L = d + Np$	$L = d/2 + Np$
Pas	(p)	$p = \frac{L - d}{N}$	$p = \frac{L - d/2}{P}$

Forme des extrémités		Rapprochées non meulées	Rapprochées et meulées
Nombre de spires utiles	(n)	$n = N - 2$	$n = N - 2$
Nombre de spires totales	(N)	$N = n + 2$ $N = 2 + \frac{L - 3d}{N}$	$N = n + 2$ $N = 2 + \frac{L - 2d}{P}$
Hauteur comprimée à bloc	(H)	$H = d(N + 1)$	$H = d\,N$
Longueur libre	(L)	$L = 3d + np$	$L = 2d + np$
Pas	(p)	$p = \frac{L - 3d}{n}$	$p = \frac{L - 2d}{n}$

Ressorts de torsion

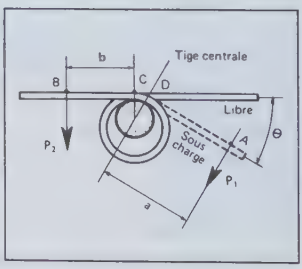
Déformation

$$\theta = \frac{465\,Ml}{Gd^4}$$

θ : angle de rotation
M : couple appliqué au ressort en daN.mm
M = a . P1 = b . P2
l : longueur du fil participant à la déformation

$$l \sim n\pi D = \frac{BC}{3} + \frac{DA}{3}$$

n : nombre de spires
D : Ø moyen en mm



Taux de travail

$$R = \frac{10{,}4\,M}{d^3}$$

G : module d'élasticité du fil 19.1.1.
d : diamètre du fil en mm
R : contrainte développée dans le fil en daN/mm²

19.1.6. Tolérances dimensionnelles des ressorts de traction et de compression

Tableau des tolérances en mm sur Ø extérieur		Diamètre du fil en mm						
		0,2	0,4	0,8	1,5	3	6	12
E diamètre extérieur du ressort en mm	2	± 0,15	± 0,1					
	4	± 0,4	± 0,25	± 0,2				
	8	± 0,9	± 0,6	± 0,3	± 0,25			
	15			± 0,8	± 0,4	± 0,3		
	30				± 0,1	± 0,6	± 0,5	
	60					± 1,5	± 1	± 0,8
	120						± 2,5	± 2

Tableau des tolérances en mm sur longueur libre		$\frac{D}{d}$ = Diamètre moyen du ressort / diamètre du fil		
		5	10	20
L Longueur libre du ressort en mm	5	± 0,3	± 0,6	± 1,2
	10	± 0,45	± 0,9	± 1,8
	20	± 0,7	± 1,4	± 2,8
	40	± 1	± 2	± 4
	80	± 1,5	± 3	± 6
	160	± 2,2	± 4,5	± 9
	320	± 3,5	± 7	± 14

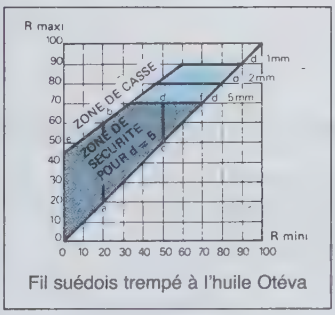
19.1.7. Règles spéciales pour les ressorts travaillant à l'endurance

Lorsque l'on désire que les ressorts aient une endurance sans limite (plus de 10 000 000 de manœuvres), les taux de travail maximum donnés dans le tableau 19.1.4 ne sont plus exacts. Il faut prendre en compte les valeurs des graphiques ci-dessous.

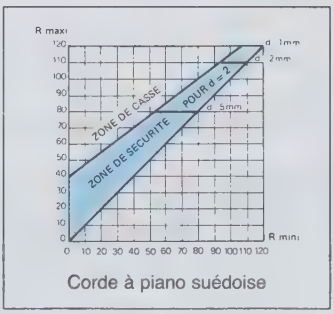
Exemple : sur le graphique ci-dessous d'un ressort non grenaillé en fil suédois trempé à l'huile OTE, on voit qu'un ressort présentant R mini = 200 MPa pourra travailler jusqu'à R maxi = 600 MPa (a à b) alors qu'un ressort présentant un R mini = 500 MPa pourra travailler jusqu'à R maxi = 700 MPa (c à d).

Il existe une limite représentée par la surface en couleur différente pour chaque matériau et pour chaque diamètre de fil (ici d = 5 mm).

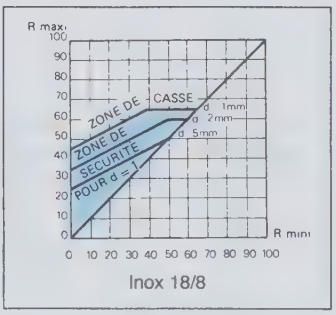
Ressorts non grenaillés



Fil suédois trempé à l'huile Otéva

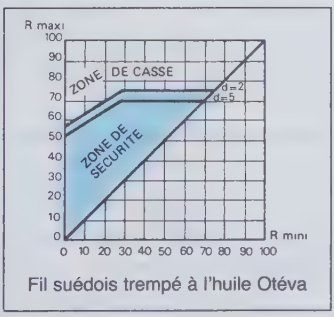


Corde à piano suédoise

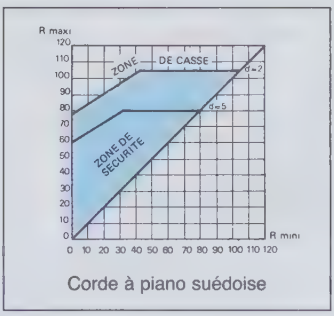


Inox 18/8

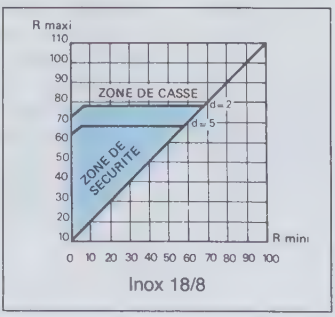
Ressorts grenaillés



Fil suédois trempé à l'huile Otéva



Corde à piano suédoise



Inox 18/8

19.2. Les rondelles ressort (Belleville)

NF E 25-104

19.2.1. Démarche de choix d'une rondelle ressort

DONNÉES

- Le cahier des charges du mécanisme étudié
- Le nombre de mécanismes prévu (série)
- Les diamètres limites : intérieurs et extérieurs
- Les hauteurs du ressort : libre et préchargée
- Les guidages : intérieurs ou extérieurs
- Les caractéristiques du montage
- La nature des matériaux du mécanisme
- L'environnement intérieur : température, fluides
- L'environnement extérieur : fluides, poussières, pollution
- La durée de vie du mécanisme
- La précharge et la flèche sur précharge
- L'effort maximum avec la flèche correspondante
- La course entre précharge et charge
- Le type de charge : statique ou dynamique
- Le nombre d'alternances

BESOIN

- Le type de rondelle ressort
- Sa nature
- Ses caractéristiques mécaniques et dimensionnelles
- Sa durée de vie
- Son mode de montage : empilage simple, empilage par paquets
- Ses conditions de montage : ajustements, arrêts éventuels

ÉLÉMENTS DU CHOIX (à prendre en compte)

Pour le choix du type de rondelles (tableau 19.2.8.)
- Direction de la charge
- Nature de la charge : statique ou dynamique
- Nature du montage : montage des roulements
- Nombre d'alternances

CAS TYPE (principaux)

Cas type 1 : Le type de rondelle ressort et leur montage sont imposés, on recherche leur durée de vie.
- Recherche, dans les tableaux correspondants, des valeurs de σ maximum.
- Recherche, dans le tableau correspondant, des valeurs de $S_1 \Rightarrow \sigma_1$ et $S_2 \Rightarrow \sigma_2$.
- Recherche, dans le tableau correspondant, de la durée de vie.
- Contrôle de la durée de vie calculée par rapport à la contrainte maximum σ_2.

Cas type 2 : Les dimensions de l'axe du mécanisme sont imposées, on recherche les dimensions et le nombre de rondelles ressort.
- Direction et intensité de la force (f).
- Type de charge.
- Flèche totale (S).
- Sélection de plusieurs rondelles ressort.
- Choix définitif d'une rondelle ressort.
- Longueur de l'empilage non chargé (L_o).
- Longueur de l'empilage sous charge (L).

19.2.2. Désignation et tolérances des rondelles ressort

• Catégories
(1) : épaisseur t < 1 mm
(2) : épaisseur t de 1 à 6 mm
(3) : épaisseur t de 4 mm et plus

• Matériaux
– chrome - vanadium et chrome - acier à ressort allié de la plus grande sûreté
– trempé et revenu à une dureté de 42 à 52 HRC

• Protection
– normale (phosphaté et huilé)
– spéciale (chromé, cadmié, etc.)

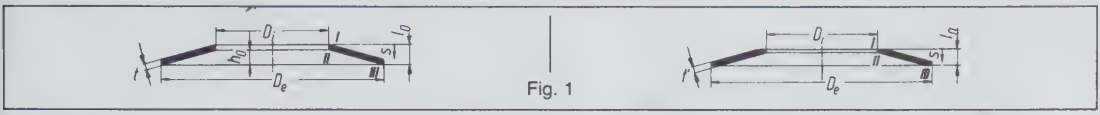


Fig. 1

Ressorts des catégories 1 et 2 sans surface d'appui — Ressorts de la catégorie 3 avec surface d'appui

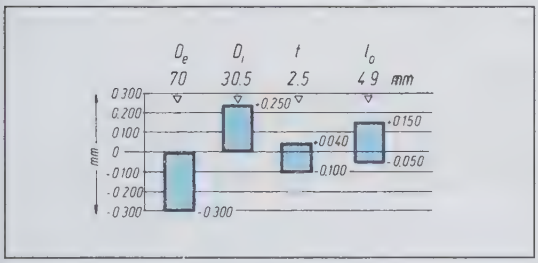
Désignation : Rondelle-ressort 25 × 1,5 NF E 25-104

Tolérances admises

Pour les diamètres de ressorts

De ou Di (mm)	Tolérances De (mm)	Tolérances Di (mm)
3 à 6	0 à – 0,12	0 à + 0,12
plus de 6 à 10	0 à – 0,15	0 à + 0,15
plus de 10 à 18	0 à – 0,18	0 à + 0,18
plus de 10 à 30	0 à – 0,21	0 à + 0,21
plus de 30 à 50	0 à – 0,25	0 à + 0,25
plus de 50 à 80	0 à – 0,30	0 à + 0,30
plus de 80 à 120	0 à – 0,35	0 à + 0,35
plus de 120 à 180	0 à – 0,40	0 à + 0,40
plus de 180 à 250	0 à – 0,46	0 à + 0,46

Exemple de tolérance sur une rondelle



Pour l'épaisseur, la hauteur et la force élastique F

Catégorie	Épaisseur de rondelle (t) ou (t') mm	Tolérance admise : épaisseur de rondelle t mm	Tolérance admise : pour une hauteur l_0 mm	Tolérance admise : force élastique F pour s = 0,75 h_0 %
1	0,2 à 0,45	+ 0,02 – 0,03	+ 0,075 – 0,002 5	+ 25 – 7,5
	plus de 0,45 à 0,6	+ 0,02 – 0,04		
	plus de 0,6 à 0,8	+ 0,02 – 0,05		
	plus de 0,8 à 0,95	+ 0,03 – 0,06		
2	1,0	+ 0,03 – 0,06	+ 0,10 – 0,05	+ 15 – 7,5
	plus de 1,0 à 1,25	+ 0,03 – 0,07		
	plus de 1,25 à 1,8	+ 0,04 – 0,08		
	plus de 1,8 à 2,0	+ 0,04 – 0,09		
	plus de 2,0 à 3,0	+ 0,04 – 0,10	+ 0,10 – 0,05	
	plus de 3,0 à 3,8	+ 0,05 – 0,11	+ 0,20 – 0,05	
	plus de 3,8 à 6,0	+ 0,05 – 0,12		
3	4,0 (3,75) à 16,0 (14,9)	± 0,08	± 0,20	± 5

Formules et désignation

F Force élastique par ressort individuel
s Course du ressort individuel
l_o Hauteur de montage du ressort non chargé
$l_o = h_o + t$ ou
$l_o = h'_o + t'$ (catégorie 3)
t Épaisseur de la rondelle-ressort
t' Épaisseur de la rondelle-ressort pour les ressorts de la catégorie 3
h_o Course jusqu'à ce que la rondelle soit complètement plate (catégories 1 et 2)
h'_o Course jusqu'à ce que la rondelle soit complètement plate (catégorie 3)
i Nombre de ressorts individuels ou de paquets dans un empilage à ressorts
n Nombre de ressorts individuels dans un paquet de ressorts.

Calcul d'un empilage de ressorts (fig. 2)

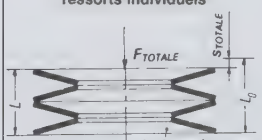
Force élastique	$F_{totale} = n.F$
Course	$s_{totale} = i.s$
Longueur de l'empilage (pour la catégorie 3, t' au lieu de t)	$L_o = i[l_o + (n - 1).t]$
Longueur de l'empilage sous charge	$L = l_o - s_{totale}$

Calcul d'un paquet de ressorts (fig. 3)

Force élastique	$F_{totale} = nF$
Course	$s_{totale} = s$
Longueur du paquet (pour la catégorie 3, t' au lieu de t)	$L_o = l_o + (n - 1)t$
Longueur du paquet sous charge	$L = l_o - s_{totale}$

Les rondelles empilées en colonnes doivent être guidées sur le bord intérieur ou extérieur. Un guidage intérieur est conseillé par un axe de dureté 52 HRC (voir tableau ci-contre pour les jeux conseillés).

Empilages de ressorts individuels



Empilage de paquets de ressorts

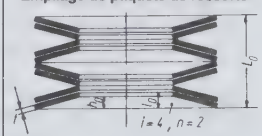
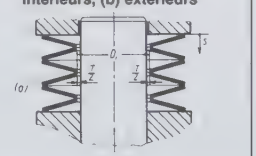


Fig. 2

Guidages des ressorts (a) intérieurs, (b) extérieurs



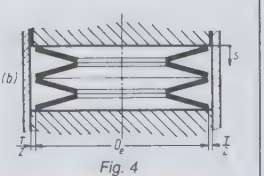


Fig. 4

Paquet de ressorts



Fig. 3

Dj ou De (mm)	Jeu T (mm)
jusqu'à 16	0,2
plus de 16 à 20	0,3
plus de 20 à 26	0,4
plus de 26 à 31,5	0,5
plus de 31,5 à 50	0,6
plus de 50 à 80	0,8
plus de 80 à 140	1,0

19.2.3. Exemples de calcul d'un ressort

DONNÉES

Empilage de rondelles sous charge statique (ex. de cas type 2)

Cahier des charges :
- F_{totale} = 5 394 N
- S_{totale} = 12 mm
- Diamètre de l'axe de guidage d = 20 mm

BESOIN

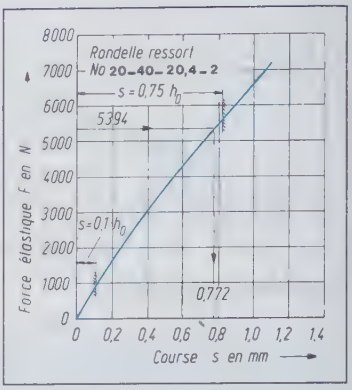
– Dimensions et nombre de rondelles ressort ?

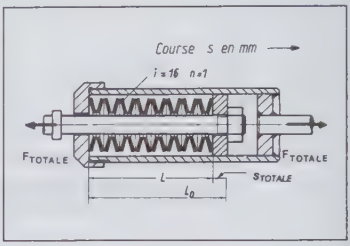
CALCUL

– Di = d + T (T = jeu) tableau 19.2.2.
= 20 + 0,3 = 20,3 mm
– Dans le tableau 19.2.8., on choisit une rondelle (n° 20 - 40 - 20,4 - 2) dont les valeurs permettent la construction de la courbe ci-contre. De cette courbe, en déduire la course **s** pour F_{totale} = 5 354 N.
pour n = 1 $i = s_{totale}/s = 12/0,772 = 15,5$
– Prendre **16 rondelles** ressort
– Course totale : $s_{totale} = i.s = 16 \times 0,772 = 12,35$ mm
– Longueur de l'empilage : $L_o = i.J_o = 16 \times 3,1 =$ **49,6 mm**
– Longueur de l'empilage sous charge :
$L = L_o - s_{totale} = 49,6 - 12,35 =$ **37,25**

RÉSULTATS

– Montage de l'empilage (voir fig. ci-contre)





DONNÉES

Empilage de rondelles sous charge dynamique (ex. de cas type 1)

Cahier des charges
– 10 rondelles ressort empilées en colonne
F_1 = 4 903 N et F_2 = 6 875 N
(F_1 : précharge du ressort ; F_2 : charge du ressort)

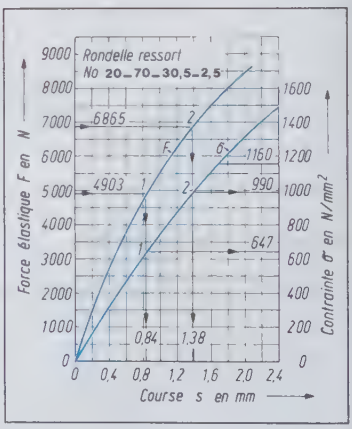
BESOIN

– Durée de vie du ressort ?

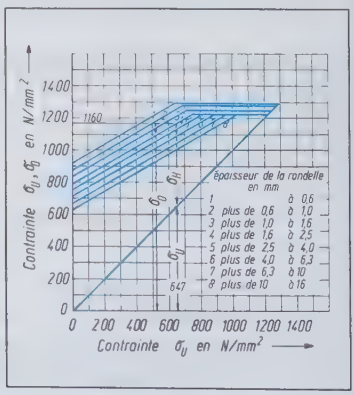
CALCUL

– Dans le tableau 19.2.8., pour la rondelle choisie, on relève les valeurs permettant la construction de la courbe ci-contre.
Prendre $\sigma_{max} = \sigma_{III}$ (voir nota)
– La représentation graphique donne :
s_1 = 0,84 mm σ_1 = 647 N/mm²
s_2 = 1,38 mm σ_2 = 990 N/mm²
– La contrainte minimale $\sigma_1 = \sigma_u$ = 647 N/mm² est indiquée dans la figure ci-dessous (durée de vie) pour 2.10^6 cycles de fonctionnement.
– La contrainte maximale apparaît sur ce diagramme à la ligne : t = 2,5 mm avec σ_o = 1 160 N/mm²
– La contrainte σ_2 (990 N/mm²) est inférieure à la contrainte supportable sur la face supérieure σ_o (1 160 N/mm²) ; la **durée de vie** sera donc supérieure à **2.10^6 cycles.**

RÉSULTATS



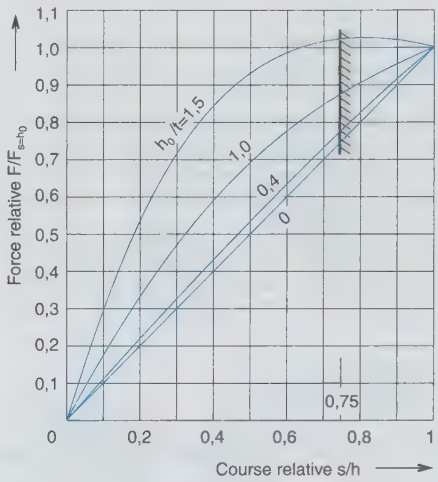
Nota : Sous l'action de la force (F), il se produit une compression élastique du ressort égale à la course (s). Il en résulte des contraintes de compression en (I) et des contraintes de traction en (II) et en (III) à la section de la rondelle ressort (voir fig. 1, 19.2.2.).
– La figure ci-contre montre, pour des empilages de 6 à 10 ressorts individuels, des valeurs de la contrainte sur la face supérieure (σ_o) en fonction de la contrainte sur la face inférieure (σ_u) pour des épaisseurs de rondelles différentes et une durée de vie de 2.10^6 cycles de fonctionnement.
– Un calcul approximatif pour d'autres durées de vie peut être effectué à partir de cette même courbe et des facteurs suivants :
- cycles de fonctionnement : 5.10^5 et 1,1 σ_o,
- cycles de fonctionnement : 1.10^5 et 1,2 σ_o.
– La limite supérieure selon les lignes horizontales est toutefois la même pour les trois cycles de fonctionnement.
– Des charges variant brusquement diminuent la durée de vie.



19.2.4. Étude des contraintes de compression en I et de traction en III (fig. 1, page 631)

Courbe caractéristique du ressort individuel

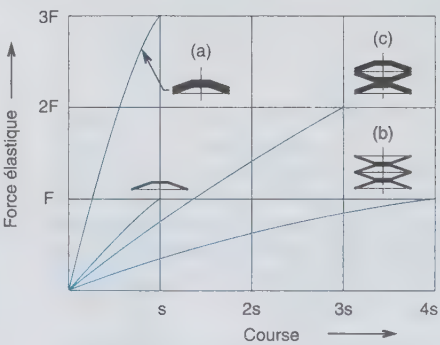
Sous l'effet de la force F, il se produit une compression élastique du ressort égale à la course s. Il en résulte des contraintes de compression en I et des contraintes de traction en II et en III à la section de la rondelle ressort (fig. 1).
Il est conseillé de limiter la course à $s = 0{,}75\ h_0$.
La courbe caractéristique est fonction du rapport h_0/t et décroît au fur et à mesure que la valeur h_0/t augmente. La figure ci-contre montre les courbes caractéristiques pour des valeurs de $h_0/t = 0$ et à $h_0/t = 1{,}5$.



Action de la relation h_0/t sur la courbe caractéristique

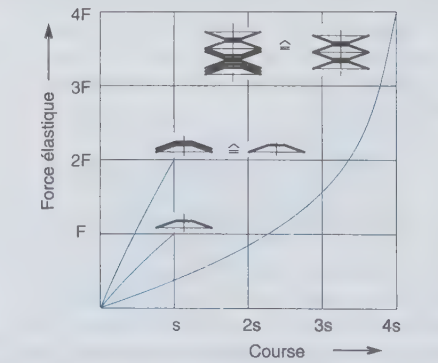
Courbes caractéristiques de combinaisons de ressorts

– Paquet de rondelles ressort (a) sur la figure ci-contre. La course est égale à celle d'un ressort individuel ; la force élastique est égale à celle d'un ressort individuel multipliée par le nombre de rondelles.
– Empilage de rondelles ressort (b) sur la figure ci-contre. La course est égale à celle d'un ressort individuel multipliée par le nombre de ressorts ; la force élastique est égale à celle d'un ressort individuel.
– Combinaison de paquets de ressorts et d'empilage (c) sur la figure ci-contre. L'addition de la course et de la force correspond au nombre des ressorts en position parallèle et en sens inverse.



Combinaisons de ressorts avec une courbe linéaire ou décroissante

La course caractéristique croissante, figure ci-contre, peut être obtenue par la disposition des paquets de ressorts avec un nombre croissant de rondelles dans un empilage de ressorts ou bien par des ressorts individuels avec une épaisseur de rondelle croissante dans un empilage de ressorts. Dans ce cas, il faut protéger les ressorts les plus faibles contre la surcharge.

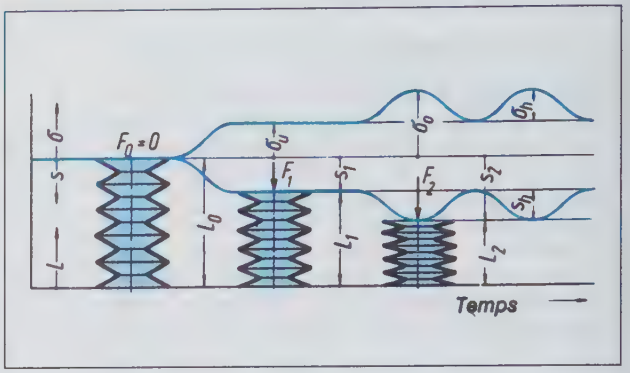


Combinaisons de ressorts avec une courbe croissante

19.2.5. Les contraintes de traction. Durée de vie

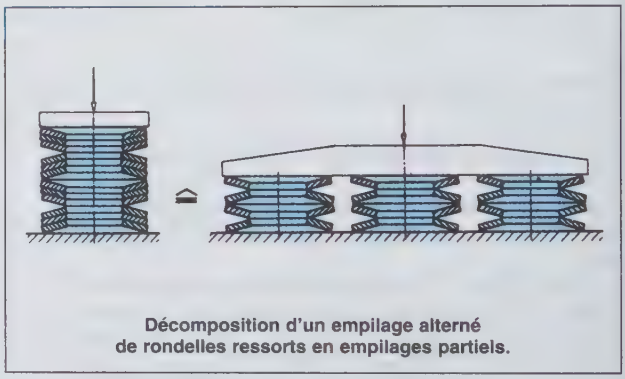
Durée de vie

Les contraintes de traction sur la partie inférieure de la rondelle ressort sont primordiales pour juger de leur durée de vie. La figure ci-contre montre le rapport entre la force élastique F, la course s et la contrainte σ. Ici, un empilage de ressorts de 10 rondelles ressorts est sous charge dynamique entre F_1 et F_2 et il résulte des contraintes de traction σ_u et σ_o.
La contrainte maximale supportable σ_o est fonction de la contrainte minimale afférente σ_u et de la durée de vie désirée.



19.2.6. Différents modes d'empilages de rondelles

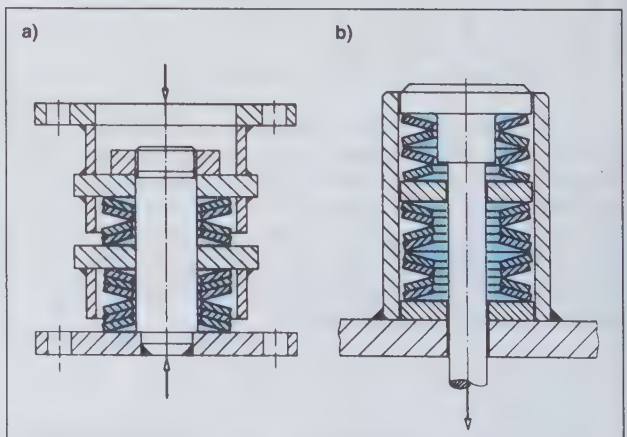
Si, pour des raisons d'encombrement, on décompose un empilage comportant i paquets de chacun n rondelles-ressorts simples, en n empilages de chacun l rondelles, le calcul de la courbe caractéristique donne, en négligeant le frottement, le même résultat.
Dans la mesure où la place de montage le permet, il est recommandé de toujours procéder à une telle décomposition en cas de fatigue dynamique, car, du fait du frottement réduit, les n empilages partiels permettent une meilleure résistance aux vibrations (figure ci-contre).



Décomposition d'un empilage alterné de rondelles ressorts en empilages partiels.

Pour obtenir des courbes caractéristiques progressives, il est possible, selon la figure page 636, d'avoir recours à des empilages alternés se composant de paquets d'un nombre différent de rondelles (frottement important) ou à des empilages alternés de rondelles-ressorts simples ayant une épaisseur et une hauteur différentes (faible frottement).

Nota : Dans les deux cas, la progression s'atteint en rendant inefficace le paquet le plus faible ou, suivant le cas, la rondelle ressort la plus faible. Une fois atteinte, la position plane ou des limitations de course existent éventuellement (figure ci-contre), de façon à ce qu'il/elle ne contribue plus à accentuer la flèche.

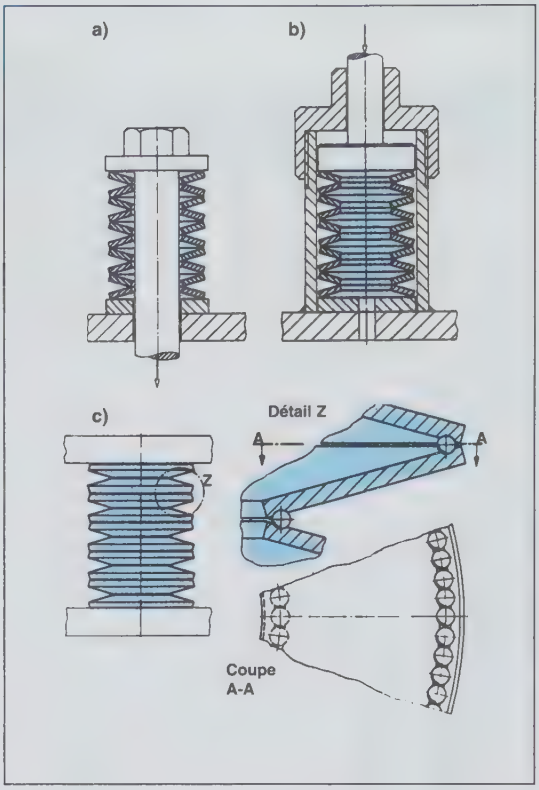


Empilages alternés à courbe caractéristique progressive et limitations de course pour éviter des fatigues excessives.
a) cloche, b) butée

19.2.7. Guidages des rondelles élastiques

Guidage de l'empilage alterné

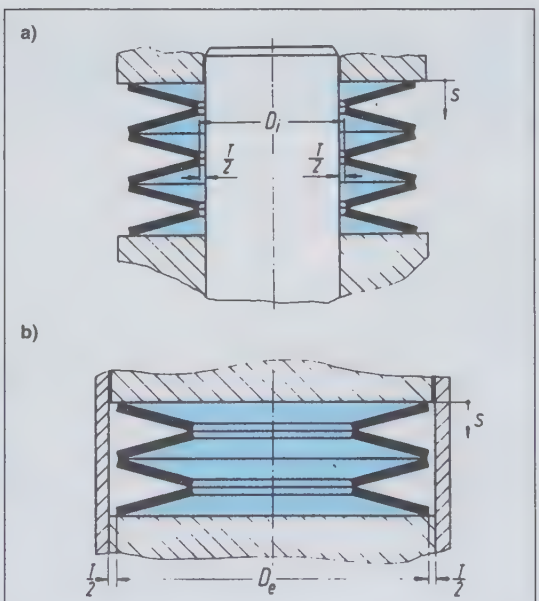
Paquets et empilages de rondelles ressorts sont guidés. Cela est assuré par des éléments de guidage tels que, par exemple :
– une broche de guidage (guidage intérieur, voir fig. a),
– un manchon de guidage (guidage extérieur, voir fig. b),
– ou par des mesures autocentreuses (guidage par billes, voir fig. c, ou par des segments en fil métallique écroui, sans figure).



Guidage des rondelles élastiques et jeu conseillé

Quand les rondelles ressorts sont empilées en colonnes, il faut alors qu'elles soient guidées sur le bord intérieur ou extérieur.
Un guidage intérieur est conseillé dans lequel l'axe de guidage devrait avoir une surface lisse avec dureté de 52 HRC.
Pour le jeu entre l'élément de guidage et le ressort, on conseille les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous.
Les ressorts devraient travailler, dans la mesure du possible, entre $s = 0{,}1 \cdot h_o$ et $s = 0{,}75 \cdot h_o$.
L'introduction de la force dans le ressort ou dans l'empilage de ressorts devrait, dans la mesure du possible, être effectuée par le bord extérieur du ressort.

D_i ou D_e mm	Jeu T mm
jusqu'à 16	0,2
plus de 16 à 20	0,3
plus de 20 à 26	0,4
plus de 26 à 31,5	0,5
plus de 31,5 à 50	0,6
plus de 50 à 80	0,8
plus de 80 à 140	1,0
plus de 140 à 250	1,6
plus de 250	2,0



Guidages des ressorts (a) intérieur, (b) extérieur. Jeu T entre les ressorts et l'élément de guidage

19.2.8. Dimensions et caractéristiques

Dimensions standard

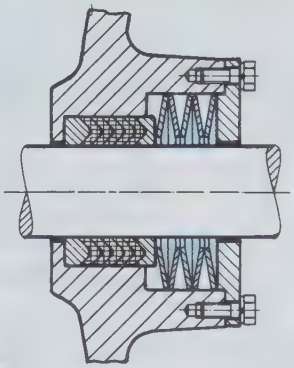
*$s_c = h_o = l_o - t$ sur les rondelles ressorts sans surface d'appui
$s_c = h'_o = l_o - t'$ sur les rondelles ressorts avec surface d'appui

Dimensions en mm							Course s en mm	Force élastique F en N				Contrainte σ en N/mm²										
							s = 0,25 h_o					s = 0,5 h_o					s = 0,75 h_o					s_c*				
d	D_e	D_i	t	l_o	h_o	h_o/t	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
3	8	3,2	0,3	0,55	0,25	0,833	0,062	45,6	883	207	401	0,125	79,1	1669	511	750	0,187	104,3	2359	912	1046	0,25	125,5	2952	1409	1290
4	8	4,2	0,2	0,45	0,25	1,250	0,062	21,2	654	8	409	0,125	33,3	1294	114	753	0,187	39,2	1794	319	1034	0,25	42,0	2195	622	1251
5	10	5,2	0,25	0,55	0,30	1,200	0,075	30,4	696	21	380	0,15	48,2	1217	133	702	0,225	57,5	1691	336	965	0,30	62,6	2074	628	1169
6	12	6,2	0,5	0,85	0,35	0,700	0,087	133,5	845	249	475	0,175	239,2	1605	582	894	0,262	326,4	2280	1001	1259	0,35	404,2	2869	1506	1569
7	14	7,2	0,35	0,80	0,45	1,285	0,112	68,0	723	173	418	0,225	105,7	1343	103	770	0,337	123,2	1860	764	1055	0,45	130,5	2273	619	1274
8	16	8,2	0,40	0,90	0,50	1,250	0,125	83,7	693	10	399	0,25	131,2	1289	117	735	0,375	154,3	1786	322	1009	0,50	165,4	2186	624	1220
9	18	9,2	0,45	1,05	0,60	1,333	0,150	120,7	763	– 14	440	0,3	185,8	1415	83	809	0,450	213,7	1957	291	1106	0,60	222,9	2387	610	1333
10	20	10,2	0,4	0,90	0,50	1,250	0,125	53,4	443	– 4	254	0,25	83,7	824	75	468	0,375	98,5	1142	206	642	0,50	105,5	1398	400	777
11	22	11,2	0,6	1,40	0,80	1,333	0,200	240,4	865	– 14	488	0,4	369,9	1605	98	897	0,600	425,4	2219	336	1227	0,80	443,9	2708	699	1478
12	25	12,2	0,7	1,60	0,90	1,285	0,225	331,2	902	4	499	0,45	514,6	1675	136	919	0,675	599,6	2320	396	1259	0,90	635,4	2837	785	1519
14	28	14,2	0,8	1,80	1,00	1,250	0,250	434,8	904	13	515	0,5	681,0	1680	154	950	0,750	801,4	2330	422	1304	1,00	858,8	2852	817	1577
16	34	16,3	1,5	2,55	1,05	0,700	0,262	1291,0	942	283	495	0,525	2313,0	1790	660	933	0,787	3155,0	2543	1131	1313	1,05	3908,0	3203	1696	1635
18	40	18,3	2,0	3,15	1,15	0,575	0,287	2182,0	933	365	466	0,575	4030,0	1785	810	883	0,862	5656,0	2556	1338	1252	1,15	7171,0	3246	1946	1573
20	40	20,4	1,0	2,30	1,30	1,300	0,325	565,3	734	– 4	422	0,65	875,8	1363	98	776	0,975	1017,0	1887	305	1063	1,30	1072,0	2305	617	1283
20	40	20,4	2,0	3,1	1,1	0,550	0,275	2175,0	882	354	485	0,55	4041,0	1689	783	920	0,825	5701,0	2421	1288	1307	1,1	7258,0	3077	1868	1646
22	45	22,4	1,25	2,85	1,60	1,280	0,400	1041,0	883	4	497	0,8	1620,0	1641	134	914	1,200	1891,0	2273	389	1253	1,60	2007,0	2779	770	1514
25	50	25,4	1,25	2,85	1,60	1,280	0,400	853,7	717	2	410	0,8	1328,0	1332	106	755	1,200	1550,0	1845	312	1035	1,60	1646,0	2256	621	1251
28	56	28,5	1,5	3,45	1,95	1,300	0,487	1458,0	843	– 4	483	0,975	2259,0	1565	112	8891	1,462	2622,0	2165	350	1218	1,95	2766,0	2645	709	1470
30	60	30,5	2,5	4,50	2,00	0,800	0,500	4059,0	1012	236	564	1,0	7088,0	1914	583	1058	1,500	9432,0	2704	1041	1481	2,00	11433,0	3384	1610	1834
30	70	30,5	2,5	4,90	2,40	0,960	0,600	3755,0	961	153	475	1,2	6297,0	1807	422	883	1,800	8031,0	2538	806	1225	2,40	9360,0	3153	1306	1501
35	70	35,5	3,0	5,10	2,10	0,700	0,525	6077,0	891	264	493	1,05	9007,0	1694	617	928	1,575	12287,0	2407	1060	1307	2,10	15218,0	3029	1593	1628
40	80	41,0	2,25	5,20	2,95	1,311	0,737	3698,0	942	– 9	544	1,475	5715,0	1749	117	1000	2,212	6613,0	2419	379	1370	2,95	6950,0	2953	778	1652
45	90	46,0	2,5	5,70	3,20	1,280	0,800	4232,0	886	2	509	1,6	6585,0	1646	130	938	2,400	7684,0	2280	385	1286	3,20	8157,0	2787	766	1553
50	100	51,0	2,7	6,20	3,50	1,296	0,875	4779,0	853	– 3	490	1,75	7410,0	1584	116	902	2,625	8609,0	2192	357	1235	3,50	9091,0	2678	721	1491

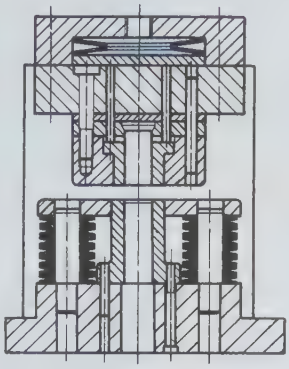
Rondelles ressorts pour roulements à billes

Dimensions en mm							Course s en mm	Force élastique	Contrainte σ en N/mm²							Roulements à billes		
							s = 0,25 h_o	s = 0,5 h_o	s = 0,75 h_o		S = h_o							
d	D_e	D_i	t	l_o	h_o	h_o/t	s	F	s	F	s	F	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	d_e	d_i	
6	9,8	6,2	0,2	0,4	0,2	1,0	0,05	11,0	0,10	18,3	0,15	23,1	0,2	26,7	1182	435	787	10	3	
7	12,8	7,2	0,25	0,5	0,25	1,0	0,062	13,9	0,125	23,2	0,187	29,3	0,25	33,7	1014	382	608	13	4	
8	15,8	8,2	0,25	0,55	0,3	1,2	0,075	12,1	0,15	19,2	0,22	23,0	0,3	25,0	830	252	468	16	5	4
10	18,8	10,2	0,35	0,7	0,35	1,0	0,087	24,2	0,175	40,1	0,262	50,6	0,35	58,4	911	346	529	19	7	5
12	21,8	12,3	0,35	0,75	0,4	1,142	0,1	23,8	0,20	38,2	0,3	46,3	0,4	51,2	819	260	495	22	8	7
14	23,7	14,3	0,4	0,9	0,5	1,25	0,125	43,7	0,25	68,4	0,375	80,6	0,5	86,3	1055	287	679	24	9	
14	25,7	14,3	0,4	0,9	0,5	1,25	0,125	34,4	0,25	53,9	0,375	63,4	0,5	68,0	864	241	518	26	10	9
17	27,7	17,3	0,4	1,0	0,6	1,5	0,15	48,8	0,30	72,7	0,45	80,0	0,6	78,9	1018	186	680	28	12	
17	29,7	17,4	0,4	1,1	0,7	1,75	0,175	56,2	0,35	80,2	0,525	82,8	0,7	74,7	1060	119	674	30		10
20	31,7	20,4	0,4	1,1	0,7	1,75	0,175	54,9	0,35	78,5	0,525	81,0	0,7	73,0	993	104	684	32	15	12
20	34,6	20,4	0,4	1,2	0,7	1,75	0,175	41,6	0,35	59,5	0,525	61,4	0,7	55,3	783	88	501	35	17	15
22	34,6	22,4	0,5	1,3	0,7	1,4	0,175	69,0	0,35	104,7	0,525	118,3	0,7	120,8	953	203	655	35		
20	36,6	20,4	0,5	1,3	0,8	1,6	0,2	70,3	0,40	102,8	0,6	110,2	0,8	104,9	939	151	570	37		
25	39,6	25,5	0,5	1,4	0,8	1,6	0,2	70,1	0,40	102,5	0,6	109,8	0,8	104,9	874	130	601	40		17
25	41,6	25,5	0,5	1,5	0,9	1,8	0,225	78,3	0,45	111,0	0,675	113,3	0,9	100,3	903	86	598	42	20	
30	46,5	30,5	0,6	1,5	0,9	1,5	0,225	93,7	0,45	139,5	0,675	153,4	0,9	151,3	848	151	591	47	25	20
25	51,5	35,5	0,6	1,5	0,9	1,5	0,225	82,7	0,45	123,2	0,675	135,4	0,9	133,6	732	127	532	52		25
40	54,5	40,5	0,6	1,8	0,9	1,5	0,225	86,3	0,45	128,5	0,675	141,3	0,9	139,4	738	124	572	55	30	
40	61,5	40,5	0,7	1,7	1,1	1,571	0,275	110,6	55,00	162,7	0,825	175,6	1,1	168,9	708	110	495	62	35	30
50	67,5	50,5	0,7	2,1	1,0	1,428	0,25	95,3	0,50	143,9	0,75	161,2	1,0	163,0	619	118	482	68	40	
45	71,5	45,5	0,7	2,1	1,4	2,0	0,35	137,4	0,70	189,6	1,05	184,8	1,4	151,7	720	28	494	72		
50	74,5	55,5	0,8	1,9	1,1	1,375	0,275	121,8	0,55	185,8	0,825	211,2	1,1	217,4	624	131	484	75	45	
55	79,5	55,5	0,8	2,3	1,5	1,875	0,375	187,4	0,75	262,7	1,125	263,4	1,5	226,6	766	48	566	80	50	40

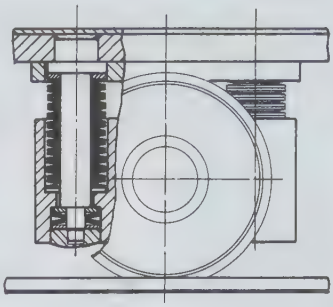
19.2.9. Exemples de montages



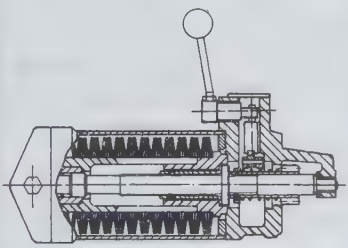
Maintien de la force
de compression des joints



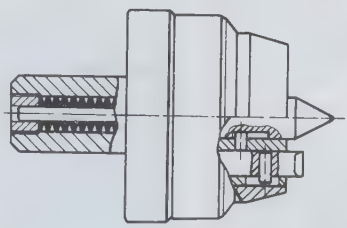
Ressorts d'élection
dans un outil coupant



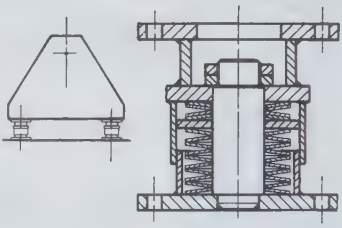
Ressorts de véhicule
dans la boîte d'essieu



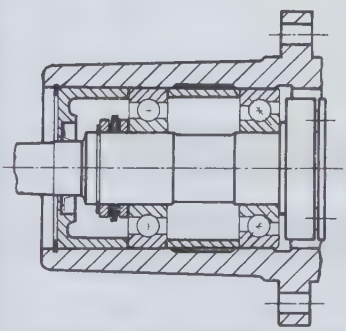
Démarreur pour moteur



Faces - Entraîneur pour tour



Amortisseur d'oscillations
pour charge élevée



Montage de roulements à billes
sur des pompes à piston axial



Montage de roulements à billes
sur broche de fraisage

19.3. Représentations normalisées

NF E 04-115

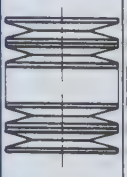
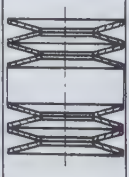
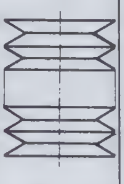
Données

Ressorts de compression	Vue de face	Vue en coupe	Schéma
Ressort cylindrique de compression en fil de section circulaire			
Ressort cylindrique de compression en fil de section rectangulaire			
Ressort conique de compression en fil de section circulaire			
Ressort en volute			

Ressorts spiraux	Vue de face	Schéma
Ressort spiral		
Ressort spiral à barillet		

Ressorts de traction	Vue de face	Vue en coupe	Schéma
Ressort cylindrique de traction en fil de section circulaire			

Ressorts de torsion	Vue de face et dessus	Vue en coupe	Schéma
Ressort cylindrique en fil de section circulaire (enroulement à droite)			

Rondelles élastiques	Vue de face	Vue en coupe	Schéma
Rondelle élastique			
Rondelles élastiques superposées dans le même sens			
Rondelles élastiques superposées, alternativement opposées			

Nota : La représentation normalisée des ressorts à lames ne figure pas sur ce document. Compte tenu de leur utilisation très spécifique, nous conseillons au lecteur de se reporter à la norme NF E 04-115.

20. Articulations. Rotules. Embouts. Suspensions. Amortisseurs



Banque de **DONNÉES** | Guide de **CHOIX** | Fiche de **CALCULS** | Données dans **CD Rom**

20.1. Articulations élastiques 640

20.1.1. Démarche de choix et de calcul 640
20.1.2. Guide de choix d'un type d'articulation élastique 642

20.2. Rotules et embouts 644

20.2.1. Choix d'un type de rotule 644
20.2.2. Guide de choix d'un type de rotule 645
20.2.3. Étude des montages 647
20.2.4. Guide de choix d'un type d'embout 648

20.3. Suspensions élastiques 650

20.3.1. Démarche de choix et de calcul d'une suspension élastique 650
20.3.2. Guide de choix d'un type de suspension élastique 651
20.3.3. Exemples de montages 652
20.3.4. Guide de choix d'un type de suspension élastomère Vibrachoc 653
20.3.5. Guide de choix d'un type de suspension : ensembles lamifiés 654
20.3.6. Guide de choix d'un type de support antichocs 654

20.4. Amortisseurs métalliques 655

Guide de choix d'un type d'amortisseur métallique 655

20.5. Mousses et caoutchoucs cellulaires 656

20.5.1. Guide de choix d'un type de mousse polyuréthanne 656
20.5.2. Guide de choix d'un type de caoutchouc cellulaire 656

20.1. Articulations élastiques

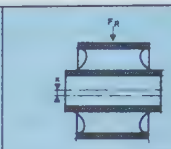
20.1.1. Démarche de choix et de calcul

Fonctionnement

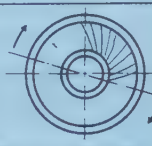
- Déformation élastique de l'élastomère sous l'effet de forces ou de couples extérieurs.
- Isolation vibratoire des hautes fréquences.
- Suppression complète des jeux et des frottements.
- Réduction de l'usure et du bruit.
- Ne jamais atteindre les couples ou les efforts de rupture.

Caractéristiques statiques

Caractéristiques radiales
L'application d'un effort radial F_R provoque un excentrage élastique (X) par compression de l'élastomère d'un côté et par détente du côté diamétralement opposé.



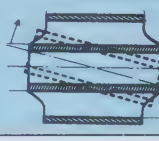
Caractéristiques de torsion
L'application d'un couple autour de l'axe de révolution de l'articulation provoque une déformation élastique angulaire (α). Cette déformation provoque un couple de rappel élastique exprimé en daN.m.



Caractéristiques axiales
L'application d'un effort axial (Fa) sur le tube intérieur (le tube extérieur est immobilisé) provoque un déplacement élastique (Y) parallèle à l'axe de l'articulation par cisaillement de l'élastomère.



Caractéristiques coniques
L'application d'un couple d'axe perpendiculaire à l'axe de révolution de l'articulation provoque une déformation élastique angulaire (β). Cette déformation provoque un couple de rappel élastique (daN).



Caractéristiques dynamiques

Suivant la fréquence des oscillations, il y a lieu de réduire les charges et les amplitudes angulaires données dans les tableaux et courbes ci-après.

Choix

Données de base
Pour chacun des quatre types de sollicitations possibles sur la pièce, il y a lieu de tenir compte :
- des valeurs statiques maximales (effort et/ou déformation) auxquelles la pièce est soumise ;
- des valeurs dynamiques maximales ainsi que leur fréquence.

Paramètres fondamentaux
En fonction de l'application, déterminer à partir des données de base le ou les paramètres fondamentaux prédominants pour le choix de l'articulation.

Dimensions
Les paramètres fondamentaux permettent de rechercher, dans la nomenclature, les dimensions possibles de diverses articulations.

Élasticité
Le choix définitif de l'articulation se fera en fonction de l'élasticité ou rigidité désirée pour l'application. Notamment, on déterminera l'élancement et l'épaisseur de l'élastomère désirés pour l'articulation recherchée.

Calcul

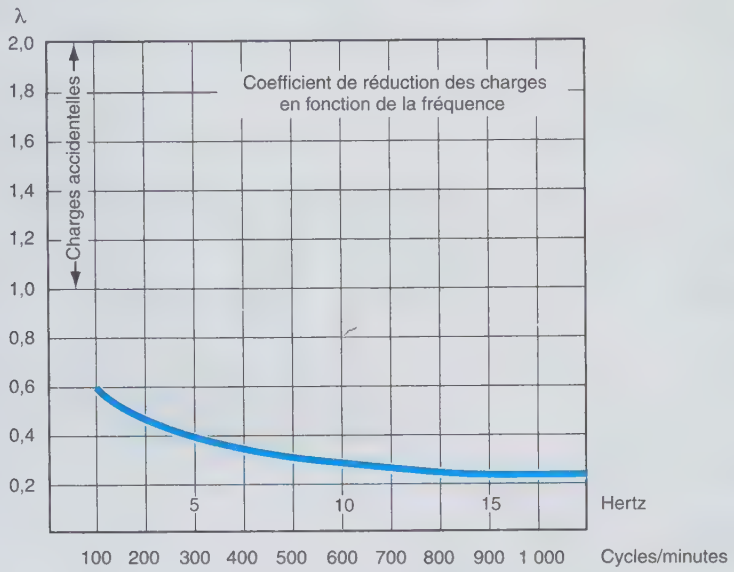
Exemple
Articulation d'un tapis vibrant :
- Poids : 120 daN. Nombre de points de fixation : 6. Angle de débattement ± 2°.
- Fréquence : 600 cycles/min = 10 Hz. Charge radiale par articulation ≈ 20 daN.
- Coefficient de réduction des amplitudes à 10 Hz, $\mu = 0{,}18$
- Angle de torsion : 2°/0,18 = 11°

Dans ce cas, les paramètres axial et conique ne sont pas prépondérants pour le choix des articulations.
Le diamètre de fixation des bielles étant de 10 mm, on choisira dans le tableau des articulations normalisées :
d = 22 mm, L = 17 mm, L = 15 mm, charge radiale = 40 daN.
Angle de torsion maxi = 25°. On utilisera 6 articulations.

Charges dynamiques

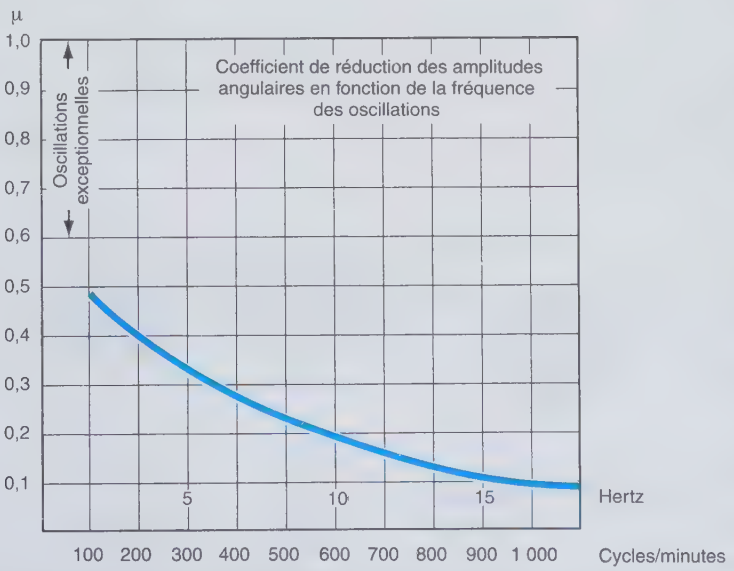
Pour les charges dynamiques, il y a lieu d'ajouter les correctifs suivants par rapport aux charges statiques fournies dans la nomenclature :

- S'il s'agit d'efforts de très courte durée et peu fréquents (chocs), les charges peuvent être doublées.
- S'il s'agit d'efforts périodiques entretenus, les charges doivent être affectées d'un coefficient de réduction λ fonction de la fréquence des efforts.

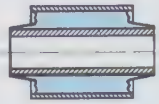
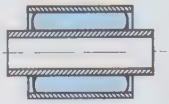
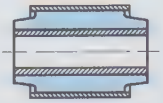
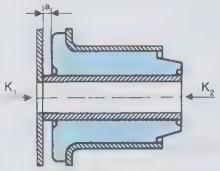
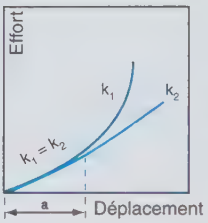
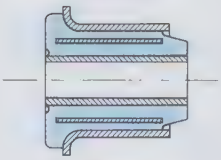
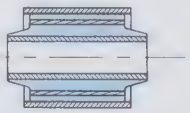
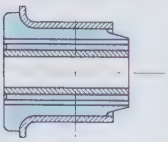
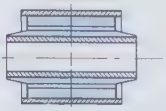
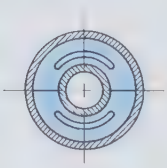


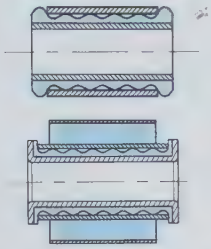
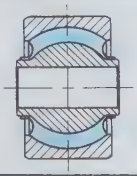
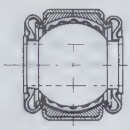
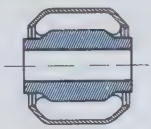
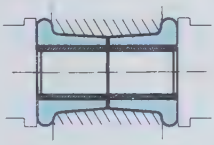
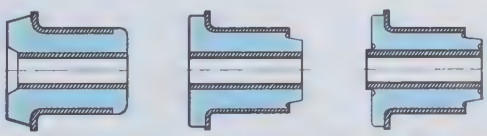
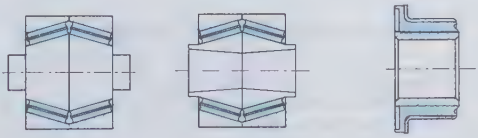
Amplitudes de torsion

Les amplitudes de torsion indiquées dans la nomenclature doivent être affectées d'un coefficient de réduction μ fonction de la fréquence des oscillations.



20.1.2. Guide de choix d'un type d'articulation élastique

Désignation	Caractéristiques	Observations - Utilisations
ARTICULATIONS SIMPLES  Flexibloc  Silentbloc  À butées latérales	Charge radiale statique : 10 à 10 500 daN flèche : 0,03 à 1 mm Torsion angle maximum : 5 à 30° Charge axiale statique : 5 à 1 800 daN flèche : 0,3 à 4° Conique maximum : 0,3 à 7° Suivant le modèle.	– Constitué par 2 tubes concentriques liés entre eux par une masse d'élastomère. – À partir des conditions d'utilisation, bien choisir l'articulation qui restera dans les limites de fonctionnement élastique. – Constitué par 2 tubes concentriques liés entre eux par une bague d'élastomère adhérite emmanchée à force. – Au-delà d'une certaine force, il se produira un glissement de la bague dans les tubes. Ces articulations sont dites à butées latérales lorsque l'élastomère déborde du tube extérieur sous la forme d'une face d'appui aux profils divers.
ARTICULATIONS À COLLERETTES  	 – La rigidité k_1 est égale à k_2 pour les courses inférieures à (a) et devient supérieure à k_2 pour les courses supérieures à (a).	Constitué d'un tube intérieur à collerette et d'un tube intérieur à un flasque.
ARTICULATIONS LAMIFIÉES  À collerette  À tubes concentriques	Charge radiale maximale statique : 400 à 10 500 daN dynamique : 0 à 15 000 daN Charge axiale statique : 40 à 130 daN Torsion angle maximum : 6 à 20° couple approximatif : 20 à 80 Nm	– Comporte un tube métallique de faible épaisseur entre le tube intérieur et le tube extérieur. Ce tube rigidifie l'articulation en radial en conservant sensiblement la même souplesse en torsion. – L'opération de lamifiage contribue à diminuer le taux de travail de l'élastomère sous de fortes charges radiales.
ARTICULATIONS ALVÉOLÉES  À collerette  À tubes concentriques	 Caractéristiques de charges identiques aux articulations simples avec rigidité radiale différente suivant la taille et la position des alvéoles.	– L'articulation alvéolée a pour but d'obtenir des rigidités radiales, très différentes suivant les axes de sollicitation perpendiculaire. – L'écart de rigidité est réglé par la taille des alvéoles qui peuvent être traversantes ou non.

Désignation	Caractéristiques	Observations - Utilisations
ARTICULATIONS TOURILLONNANTES FLUID-BLOC 	Charge radiale statique maximale : 900 à 7 000 daN	– Offrent un minimum de résistance en torsion. – L'élément élastique est fixé sur une seule des armatures et un lubrifiant permanent approprié assure le glissement entre cet élément élastique et la seconde armature, avec une résistance de frottement très faible. – Des dispositifs d'étanchéité sont prévus à chaque extrémité. – La résistance à une poussée axiale est assurée par une collerette de l'élément élastique. – L'effort est transmis par une rondelle latérale.
ROTULES SPHÉRIFLEX 	Charge radiale maximale : 800 à 7 000 daN Rigidité : 16 000 à 60 000 N/mm Torsion maximale : 10 à 12 degrés Rigidité : 220 à 2 300 Nm/radian Conique maximum : 6 à 10 degrés Rigidité : 220 à 3 050 Nm/radian	– Les armatures sphériques permettent de supporter des charges radiales et axiales relativement élevées et d'obtenir une rigidité circulaire indépendante de l'axe de rotation.
ROTULES FLUIDBLOC 	Charge radiale statique : 850 daN Charge axiale statique : 100 daN Couple de glissement : 1 Nm	– Rotules conseillées lorsque les angles de rotation sont importants et ne peuvent pas être assurés par les autres types d'articulations.
SILENTBLOC À BORDS RABATTUS 		– À dimensions équivalentes, ce type présente une capacité de charge radiale supérieure à celle du Silentbloc classique. – Ces éléments de faible longueur autorisent des mouvements coniques plus aisés (couple réduit, angle augmenté).
ARTICULATION CONIQUE 	Caractéristiques données pour une pièce de longueur 70 mm et un diamètre extérieur de 44 mm : – charge statique : 1 160 daN – charge radiale dynamique : ± 1 105 daN – torsion moyenne : ± 8,50 degrés	– Manchon de caoutchouc de surface externe tronconique, enrobant une pièce intérieure cylindrique par expansion radiale importante. – Le montage s'effectue par paires, dans un logement constitué de 2 troncs de cône opposés par la petite base. – Les bourrelets, dus au serrage, assurent la résistance aux efforts axiaux.
ARTICULATIONS À COLLERETTE 	Charge radiale maxi statique : 50 à 250 daN dynamique : coef. de surcharge 3 Charge axiale dynamique : 56 à 430 daN Torsion angle maxi : 20 à 35° couple approximatif : 16 à 90 Nm	
ARTICULATIONS SPÉCIALES 	Raideur radiale : 4 à 140 kN/mm Raideur axiale : 5 à 50 kN/mm	

20.2. Rotules et embouts

20.2.1. Choix d'un type de rotule

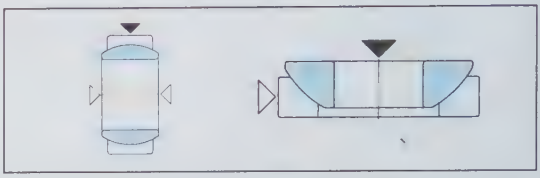
Charge

L'intensité de la charge est déterminante pour le choix de la dimension d'une rotule.
Pour le choix du type et des surfaces de glissement, il faut considérer la direction et le mode d'action de la charge.

Charge radiale et charge axiale

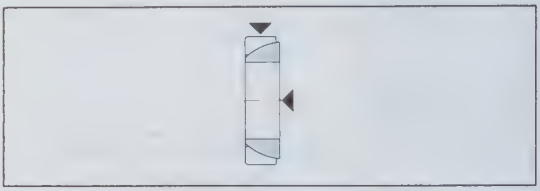
Toutes les rotules radiales peuvent supporter des charges radiales élevées et simultanément, dans une certaine mesure, des charges axiales agissant dans l'un ou l'autre sens.

Les rotules axiales peuvent supporter des charges axiales élevées agissant dans un sens et, simultanément, dans une certaine mesure, des charges radiales.



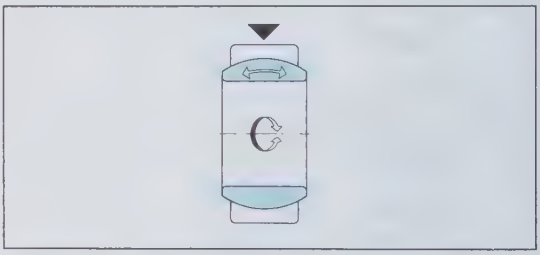
Charge combinée

Les rotules à contact oblique conviennent particulièrement en cas de charge combinée (radiale et axiale). Elles sont généralement montées en opposition avec une autre rotule car elles n'admettent de charge axiale que dans un sens.
Les rotules radiales peuvent être utilisées pour supporter des charges combinées lorsque la composante axiale est relativement faible.



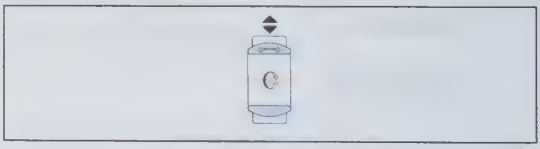
Charge continue

Dans ce cas, la zone chargée est toujours dans le même secteur de la rotule, c'est-à-dire que la charge agit toujours dans le même sens. Lorsqu'il ne se produit pas de mouvements relatifs entre les bagues ou qu'il n'y a que de très faibles mouvements d'alignement (sollicitation quasi statique), il est recommandé de choisir, en premier lieu, des rotules acier/acier. En cas de mouvements relatifs avec un angle donné de basculement ou d'oscillation, la rotule est soumise à des contraintes dynamiques et il convient d'utiliser de préférence des rotules autolubrifiantes.



Charge discontinue

Dans ce cas, deux zones opposées de la rotule sont alternativement chargées et déchargées. Ce sont surtout les rotules acier/acier qui sont retenues pour cette application, alors que les rotules autolubrifiantes ne sont admises que dans certaines conditions.



Angle de basculement

L'angle de basculement admissible dépend de la série de dimensions, de la taille de la rotule et de l'exécution. Il est maximal pour les rotules de la série GEH, dont la bague intérieure présente une surface de glissement particulièrement large. L'angle de basculement maximal admissible est indiqué dans les tableaux pour chaque rotule ou embout.



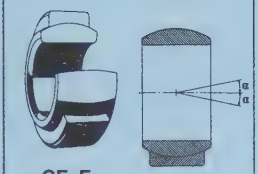
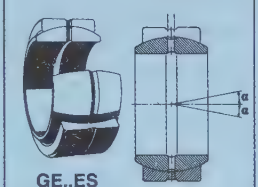
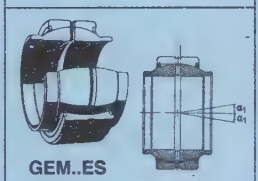
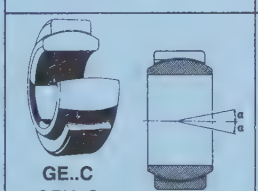
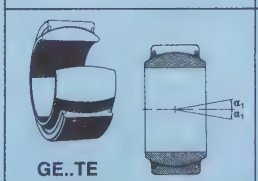
Entretien

Lors du choix d'un type de rotule, les exigences d'entretien du montage, par exemple la lubrification, sont d'une importance particulière.

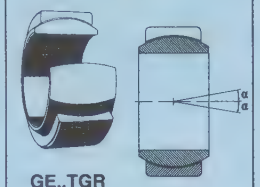
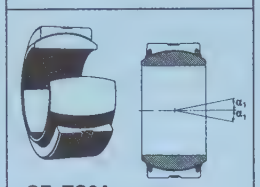
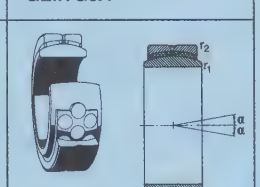
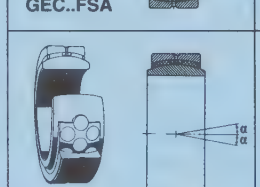
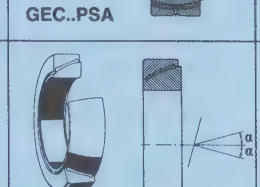
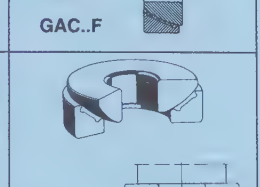
Température de fonctionnement

L'influence de la température de fonctionnement sur la matière de la rotule, notamment celle des surfaces de glissement, doit être prise en considération.

20.2.2. Guide de choix d'un type de rotule

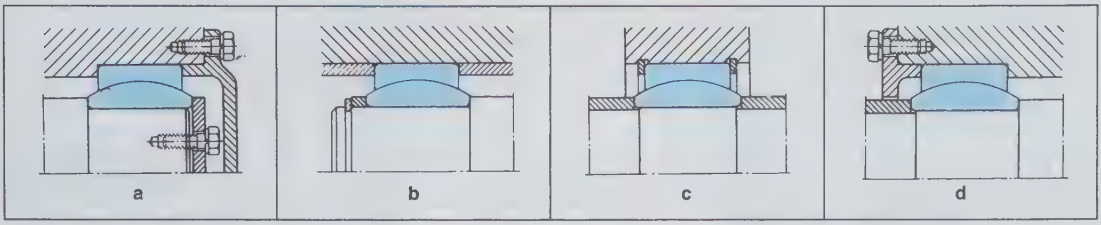
Aptitudes → / Type de rotules ↓		Charges de base dynamique (C) daN	Charges de base statique (C_o) daN	Capacité (d) mm	Étanchéité intégrée	Entretien (appoint de graisse)	Température de fonctionnement °C	Angle de basculement (α) (α_1) degrés	Observations
ROTULES RADIALES — ROTULES acier/acier	 GE..E	204 à 1 080	1 020 à 5 400	4 à 12	non	oui	300	α 10 à 16	– Acier à roulement, trempée, rectifiée et phosphatée. – Surface de glissement traitée. – Utilisées pour les fortes charges discontinues ou chocs. – Charges statiques élevées.
	 GE..ES	1 700 à 212.10³	8 500 à 106.10⁴	15 à 200	non	oui		α 5 à 16 α_1 3 à 16	– Mêmes caractéristiques que les rotules type GE..E. – Appoints par la rainure et les trous de lubrification dans les deux bagues.
	 GE..ES 2 RS	3 000 à 38.10⁴	14 600 à 19.10⁵	20 à 300	oui	oui		α 5 à 16 α_1 3 à 16	– Mêmes caractéristiques que les rotules type GE..ES. – Joints à deux lèvres sur les deux faces. – Utilisées pour les montages dans lesquels il n'est pas possible de prévoir des joints suffisamment efficaces.
	 GEM..ES 2 RS	3 000 à 4.10⁴	146.10² à 2.10⁵	20 à 80	oui	oui		α_1 3 à 6	– Mêmes caractéristiques que les rotules type GE..ES-2 RS. – Bague intérieure élargie des deux côtés par entretoises intégrées. – Utilisées pour les montages nécessitant des entretoises sur les deux faces de la bague intérieure.
	 GE..C GEH..C — acier/bronze fritté	216 à 6 550	540 à 16 600	GE..C 4 à 30 GEH..C 10 à 25	non	non	– 50 à + 150	α 6 à 19	– Bague extérieure en bronze fritté, formée autour de la bague intérieure en acier à roulement, trempée et rectifiée, surface de glissement chromée dur. – Utilisés pour charges élevées continues sans entretien et avec faible frottement (ne convient pour les charges discontinues que sous certaines conditions).
	 GE..TE 2 RS — acier/tissu de PTFE	11 200 à 69 500	22 400 à 137.10³	35 à 90	oui	non	– 50 à + 150	α 5 à 5 α_1 3 à 4	– Bague extérieure en acier à roulement, fondue, trempée et rectifiée, surface de glissement en tissu de PTFE. – Bague intérieure en acier à roulement, trempée et rectifiée, surface de glissement chromée dur. – Joints à deux lèvres des deux côtés. – Utilisées pour les très fortes charges continues sans entretien et avec faible frottement.

Guide de choix d'un type de rotule (suite)

Aptitudes → / Type de rotules ↓			Charges de base dynamique (C) daN	Charges de base statique (C_0) daN	Capacité (d) mm	Étanchéité intégrée	Entretien (appoint de graisse)	Température de fonctionnement °C	Angle de basculement (α) degrés	Observations
ROTULES RADIALES (suite)	 GE..TGR	Rotules Acier/tissu de PTFE	1 500 à 34 500	3 000 à 69 500	12 à 60	non	non	− 50 à + 150	α 6 à 10 α_1 3 à 4	– Mêmes caractéristiques que les rotules type GE..TE-2 RS mais sans joints. – Bagues en acier inoxydable, trempées. Surface de glissement de la bague intérieure polie. – Utilisées pour les montages en milieu corrosif.
	 GE..TG3A		44.10^3 à 69 500	88.10^3 à 137.10^3	70 à 90	non	non		α 5 à 6 α_1 3 à 4	– Mêmes caractéristiques que les rotules type GE..TGR. – Bague extérieure en deux pièces maintenues par des éléments de liaison.
ROTULES RADIALES À GRANDE DIMENSION	 GEC..FSA		28.10^4 à 365.10^4	345.10^3 à 455.10^4	320 à 1 250	non	non		α 3 à 4	– Bague extérieure en acier traité, rectifiée. Bague intérieure en acier à roulement, trempée et rectifiée, surface de glissement polie constituée de disques en matière plastique (PTFE renforcé de fibre de verre) maintenus par une cage. – Convient pour des charges élevées et continues sans entretien et avec faible frottement.
	 GEC..PSA	Acier/bronze	28.10^4 à 365.10^4	51.10^4 à 64.10^5	320 à 1 250	non	non		α 3 à 4	– Mêmes caractéristiques que les rotules type GEC..FSA. – Disques de roulement en bronze spécial avec additifs de lubrifiant solide. – Convient pour des montages caractérisés par d'importantes charges statiques et/ou des températures de fonctionnement élevées.
À CONTACT OBLIQUE	 GAC..F	Acier/PTFE composite	21 400 à 22 800	3 400 à 36 000	25 à 120	non	non	− 30 à + 90	α 2 à 3,5	– Bagues en acier à roulements, trempées et rectifiées. Couche de glissement en PTFE renforcée de fibre de verre moulée par injection dans la bague extérieure. – Surface de glissement de la bague intérieure chromée dur. – Convient pour des charges radiales et axiales agissant dans un sens, avec fonctionnement sans entretien et faible frottement.
ROTULE AXIALE	 GX..F		3 800 à 93.10⁴	6 200 à 146.10⁴	17 à 120	non	non		α 6 à 10	– Rondelles en acier à roulement, trempées et rectifiées. – Couche de glissement en matière plastique PTFE renforcée de fibre de verre, moulée par injection dans la rondelle-logement. – Surface de glissement de la rondelle-arbre chromée dur. – Convient pour charges axiales agissant dans un sens ou charges axiale et radiale combinées.

20.2.3. Étude des montages

Fixation axiale des rotules

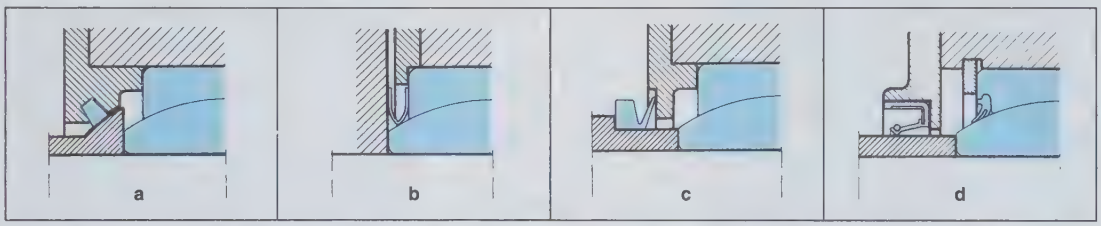


Les bagues montées avec ajustement serré prennent appui d'un côté contre un épaulement ; de l'autre côté, s'il s'agit d'une bague intérieure, le maintien est assuré le plus souvent par une plaque en bout fixée par vis sur l'extrémité de l'arbre (a) ou par une entretoise placée entre la bague et un élément de machine voisin (b) ; s'il s'agit d'une bague intérieure, on utilise le couvercle latéral du logement (a et b).
L'emploi d'arbres ou logements épaulés pouvant entraîner des difficultés de fabrication ou de montage, il est souvent pratique d'utiliser des entretoises placées entre une bague de la rotule et un élément de machine voisin (c).
La fixation par segments d'arrêt (c et d) est une solution qui exige peu de place, permet un montage et un démontage rapides et simplifie l'usinage de l'arbre et du logement.
Lorsque la rotule doit transmettre des charges axiales élevées, on place une rondelle d'appui entre la bague et le segment (d) afin que ce dernier ne soit pas soumis à des contraintes de flexion trop élevées.

Cotes de montage

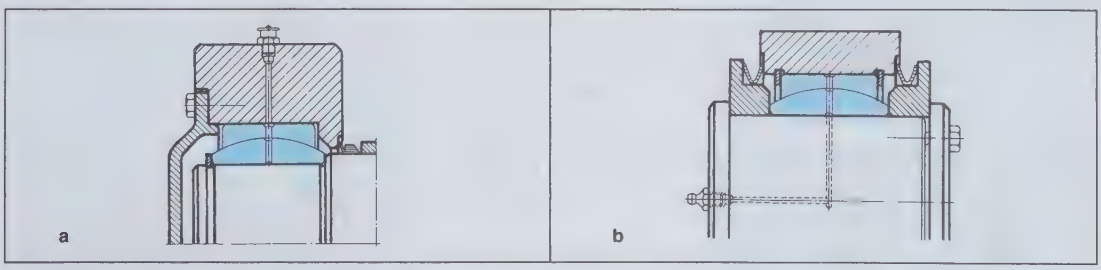
Les dimensions des pièces adjacentes (épaulements de l'arbre et du logement, entretoise, etc.) doivent être déterminées de façon à ce que les bagues des rotules aient une surface d'appui suffisante (voir dimensions dans les cotes de montage).

Dispositifs d'étanchéité



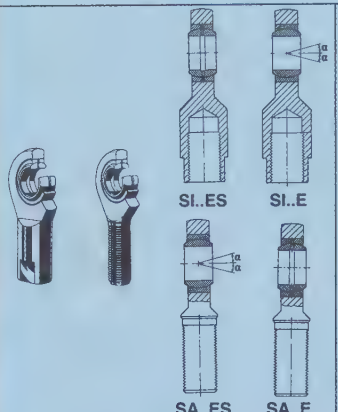
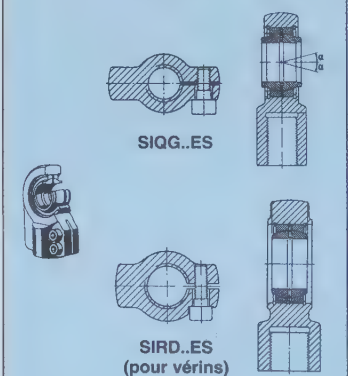
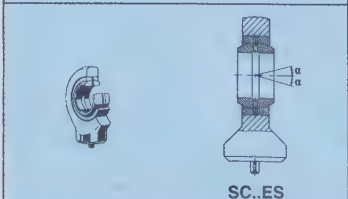
Protègent les rotules contre la pénétration d'impuretés ou d'humidité. On utilise des feutres (a) lorsque l'obliquité de l'arbre reste faible et que la température reste inférieure à 100 °C. Un dispositif à la fois simple et efficace est constitué par un joint en V en matière plastique (b). Résiste à l'usure, à l'huile, à la graisse et au vieillissement, et peut être utilisé de – 40 à + 100 °C.
Les joints V-Ring (c) sont faciles à monter et admettent une obliquité relativement grande de l'arbre ; c'est un joint en caoutchouc qui résiste à des températures comprises entre – 40 à + 100 °C. Résistent à l'usure, à l'huile, à la graisse et au vieillissement.
Les joints radiaux (d) sont des éléments d'étanchéité prêts au montage, qui ont une très bonne tenue dans des conditions sévères d'étanchéité.

Lubrification et entretien

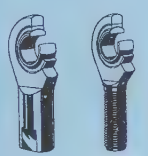
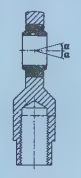
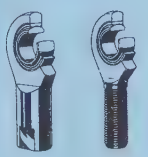
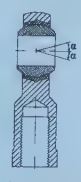


Prévoir une alimentation suffisante en graisse, par un raccord et un canal aménagés soit dans un logement (a), soit dans l'arbre (b).
Rotules autolubrifiantes : sont conçues pour fonctionner sans entretien et n'exigent pas de lubrification ; elles sont lubrifiées à l'état de livraison.

20.2.4. Guide de choix d'un type d'embout

Aptitudes → / Type de rotules ↓	Charges de base dynamique (C) daN	Charges de base statique (C_o) daN	Capacité (d) mm	Entretien (appoint de graisse)	Angle de basculement (α) (α_1) degrés	Rotule incorporée	Observations
 SI..ES SI..E SA..ES SA..E	340 à 1 080 1 700 à 4.10^4	965 à 32 500 36 500 à 73 500	SI.E 6 à 12 SI.ES 15 à 80	oui	α 10 à 15 6 à 10	SI.E ▼ GE.E SI.ES ▼ GE.ES	– Corps d'embout en acier, traité et zingué, à filetage intérieur ou extérieur. – Appoints de graisse possibles par un raccord ou par un trou de lubrification prévu sur le corps de l'embout et par l'axe de la rotule. – Mêmes utilisations que les rotules intégrées dans les embouts.
	340 à 1 080 1 700 à 4.10^4	965 à 32 500 36 500 à 73 500	SA.E 6 à 12 SA.ES 15 à 80	oui	α 10 à 15 6 à 10	SA.E ▼ GE.E SA.ES ▼ GE.ES	
 SIRD..ES SIR..ES	3 000 à 95.10^3 9 000 à 95.10^3	3 450 à 245.10^3 3 450 à 245.10^3	SIR.ES 20 à 120 SIRD ES 20 à 120	oui	α 4 à 9 α 4 à 9	SIR ES ↓ SIRD ES ‖ ▼ GE.ES	– Corps d'embout en fonte GS avec filetage intérieur plus court, de type compact. – Appoints de graisse possibles par un raccord dans le corps d'embout et par l'axe de la rotule. – Destinés principalement aux vérins hydrauliques et aux applications semblables à ceux des rotules incorporées.
 SIQG..ES SIRD..ES (pour vérins)	1 080 à 212.10^3 1 080 à 212.10^3	1 630 à 365.10^3 1 630 à 365.10^3	SIQG ES 12 à 200 SIRD ES 12 à 120	oui oui	α 4 à 9 α 4 à 9	SIQG ES ↓ GEG ES SIRD ES ↓	– Corps d'embout en fonte GS avec filetage intérieur plus long que dans la série SIR., filetage compressible serré par tige fendue, bague intérieure de la rotule en saillie des deux côtés par rapport à la tête d'embout. – Appoints de graisse possibles par le raccord prévu dans le corps d'embout et par l'axe de la rotule. – Convient pour les vérins hydrauliques selon CETOP.
 SC..ES	3 000 à 4.10^4	5 300 à 68.10^3	20 à 80	oui	α 6 à 9	SC.ES ↓ GE.ES	– Corps d'embout en acier, exécution légère, tige de section circulaire à souder, avec pied de centrage fendu. – Appoints de graisse possibles par le raccord prévu dans le corps d'embout et par l'axe de la rotule. – Utilisés sur les tiges de piston et les corps de vérins hydrauliques et dans les domaines semblables à ceux des rotules incorporées.

ROTULES INCORPORÉES Acier/acier

Aptitudes → / Type de rotules ↓		Charges de base dynamique (C) daN	Charges de base statique (C_o) daN	Capacité (d) mm	Entretien (appoint de graisse)	Angle de basculement (α) (α_1) degrés	Rotule incorporée	Observations
 SCF..ES	ROTULES acier/acier	3 000 à 95.10³	6 950 à 365.10³	20 à 120	oui	α 5 à 9	GE.ES	– Exécution forte avec tige de section rectangulaire à souder (sans pied de centrage). – Performances identiques à la rotule GE..ES.
 SIKAC. M  SAKAC. M	ROTULES acier/bronze	325 à 6 400 325 à 6 400	465 à 102.10² 465 à 102.10²	SIKAC M 5 à 30 SAKAC M 5 à 30	oui	α 13 à 17 13 à 17	–	– Corps d'embout en acier zingué avec filetage intérieur ou extérieur. – Appoints de graisse possibles par le raccord prévu dans le corps d'embout. – Bague extérieure de la rotule en bronze, bague intérieure en acier à roulement, trempée et rectifiée, avec surface de glissement chromée dur. – Utilisation semblable à celle des embouts acier/acier.
 SI..C  SA..C	Acier/bronze fritté	360 à 6 550 360 à 6 550	900 à 13 400 900 à 13 400	SA.C 6 à 30 SI..C 6 à 30	non	α 6 à 15 6 à 15	GE..C	– Corps d'embout en acier traité, zingué, avec filetage intérieur ou extérieur. – Mêmes applications que celles des rotules incorporées.
 SIA.TE  SI.TE  SA..TE	ROTULES acier/tissu PTFE	11 200 à 57.10³	14 300 à 78.10³	35 à 80	non	α 6 à 7	GE.TE 2RS	– Corps d'embout en acier traité, zingué, avec filetage intérieur ou extérieur. – Joints à deux lèvres des deux côtés. – Domaine d'application identique à celui des rotules incorporées.
 SIKB.F  SAKB.F	acier/PTFF composite	325 à 3 800	530 à 6 000	5 à 22	non	α 13 à 16	–	– Corps d'embout en acier zingué avec filetage intérieur ou extérieur. – Surface de glissement en matière plastique contenant du PTFE renforcé de fibre de verre. – Bague intérieure en acier à roulement, trempée et rectifiée, surface de glissement chromée dur. – Convient pour charges continues sans entretien et avec faible frottement.

20.3. Suspensions élastiques

20.3.1. Démarche de choix et de calcul d'une suspension élastique

Rôle statique

- Permet une meilleure répartition des charges statiques ;
- absorbe sans difficulté de petites différences d'entraxes de fixation ;
- absorbe, sans contrainte dangereuse, de petits déplacements ;
- fonction essentielle dans le cas de vibrations ou de chocs.

Rôle dynamique

Détermination d'une suspension élastique

Informations à connaître sur...	... pour déterminer les paramètres fondamentaux de la suspension
... la machine et...	
Centre de gravité Poids Nombre et position des points de fixation	→ Charge appliquée sur chaque support
... la perturbation	
Fréquence perturbatrice (ou vitesse de rotation)	→ Flèche des supports suivant l'atténuation désirée
Direction principale de l'effort perturbateur	→ Élasticité prépondérante du support

Détermination du centre de gravité

- Recherche auprès du constructeur.
- Recherche graphique du centre de gravité d'un ensemble, éléments par éléments.
- Le nombre et la position des points de fixation ne sont pas imposés : répartir la charge de manière identique sur chaque support.
- Le nombre et la position des points de fixation sont imposés : déterminer chaque support.

Détermination de la charge par support

Détermination de la flèche

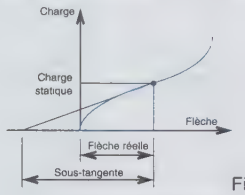


Fig. 1

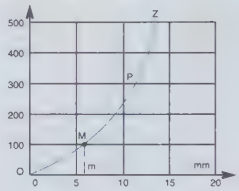


Fig. 2

Flèche et sous-tangente

Elles sont définies graphiquement suivant fig. 1 Pour une charge statique donnée, la flèche correspond à l'écrasement, mais l'élasticité autour de cette position est définie par la sous-tangente qui intervient dans la détermination de la fréquence propre de la suspension (ω_o).

$$\omega_o = \sqrt{\frac{K}{M}} = C\sqrt{\frac{1}{\text{sous-tangente}}}$$

C = Cte ; K = rigidité ; M = masse

La caractéristique charge/flèche est linéaire dans la zone des charges statiques (fig. 2) et, de ce fait, la sous-tangente et la flèche sont identiques.

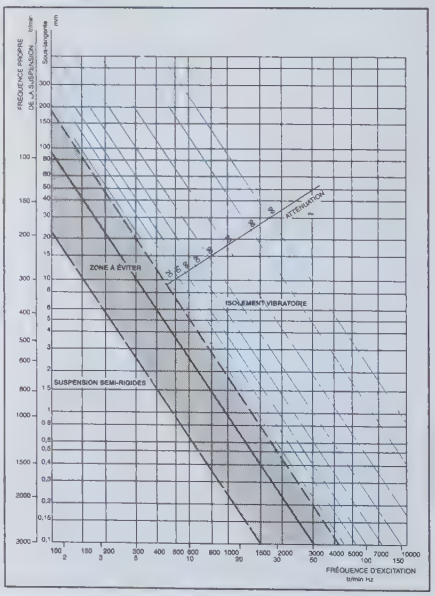
Zones de fonctionnement (fig. 2)

OM : zone des charges statiques
M : charge statique nominale (tableaux des produits)
PZ : zone des chocs exceptionnels et accidentels

Atténuation. Fréquence d'excitation (ω)

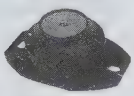
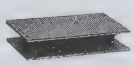
Pour une (ω) donnée, l'atténuation dépend de (ω_o) de la suspension, donc de la sous-tangente.
Pour les machines tournantes $\omega \approx$ tours/min

Exemple (abaque ci-contre)
En général, prendre une atténuation supérieure à 50 %.
L'exemple choisi donne une atténuation de 90 % pour une sous-tangente de 4 mm.



20.3.2. Guide de choix d'un type de suspension élastique

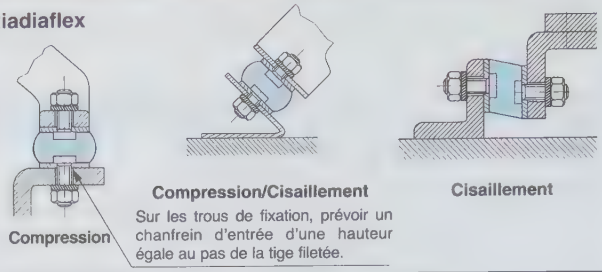
Les suspensions standard sont classées en fonction de leur caractéristique élastique.
Après détermination, comme indiqué précédemment, le nombre, la charge et la flèche des supports, le choix se fera en tenant compte de la direction de la perturbation.

	Désignation	Caractéristiques physiques et mécaniques	Observations - Utilisations
Élasticité radiale prédominante	**Radiaflex** 	Plage d'utilisation de 8 à 1 100 daN pour une flèche de 0,75 mm à 23 mm	– Armatures : plaques cylindriques. – Caoutchouc naturel, adhéré. – Fixation soudée : 4 possibilités. – Élasticité radiale plus importante que l'élasticité axiale. – Voir schémas de montage ci-après. – Produit simple et économique.
Équifréquence	**Paulstradyn** 	Plage d'utilisation de 4 à 1 350 daN	– Atténuation vibratoire supérieure à 90 % à 1 500 tr/min, 25 Hz. – Caractéristiques stabilisées. – Tenue au brouillard salin. – Esthétique.
	Beca 	Dureté de 45 à 75 Plage d'utilisation de 1 à 1 250 daN pour une flèche de 2 à 6 mm	– Deux armatures reliées entre elles par une couronne de caoutchouc adhéré. – Élasticité transversale équivalente à l'élasticité axiale. – Travail du caoutchouc en compression. – Effet de butée progressif.
Élasticité axiale prédominante	**Stabiflex** 	Dureté de 45 à 75 Plage d'utilisation de 10 à 1 800 daN pour une flèche de 3,5 à 8 mm	– Anneau de caoutchouc adhéré à deux armatures métalliques. – Fixation par trous taraudés. – Élasticité axiale 2 à 3 fois plus importante que l'élasticité radiale. – Effet de butée progressif. – Gamme étendue de produits.
	S.T.C. 	Dureté de 45 à 75 Plage d'utilisation de 8 à 1 000 daN pour une flèche de 0,7 à 3 mm	– Anneau de caoutchouc adhéré à un tube central. – Travail du caoutchouc en compression. – Effet anti-rebond. – Produit simple et économique. – Gamme de charge étendue.
	S.C. 	Dureté de 45 à 75 Plage d'utilisation de 1 à 2 600 daN pour une flèche de 0,5 à 11 mm	– Anneau de caoutchouc adhéré à deux armatures concentriques. – Armature extérieure : cylindre avec collerette (4 formes). – Élasticité axiale 4 fois plus importante que l'élasticité radiale. – Effet de butée progressif.
	Nivofix 	Plage d'utilisation de 100 à 12 000 daN pour une flèche de 1 à 4 mm	– Pied de machine réglable. – Réglage précis de la hauteur du support. – Absorption des vibrations haute fréquence de la machine. – Insensible à la corrosion.
	Traxiflex 	Deux duretés : 45 et 60 Plage d'utilisation de 4 à 136 daN pour une flèche de 4 mm	– Deux armatures métalliques en U inversées reliées entre elles par deux blocs de caoutchouc. – Plusieurs modes de fixation. – Travail en compression-cisaillement. – Contre la propagation des bruits.
Faible raideur en cisaillement	**Sandwich** 	Dureté de 45 à 60 Plage d'utilisation de 1 000 à 60 000 daN pour une flèche de 4 mm à 12 mm	– Composé d'une ou plusieurs couches élastomères comprises entre des armatures métalliques. – Grande surface d'appui. – Rapport des rigidités axiales/radiales élevé.
Basse fréquence	**Évidgom** 	Plage d'utilisation de 5 à 14 000 daN pour une flèche de 5 à 60 mm	– Peut être assimilé à deux membranes coniques d'axe commun. – Existe en trois versions. – Grande élasticité axiale. – Fréquence propre très basse. – Effet de butée progressif.

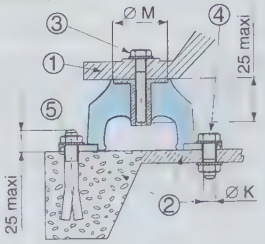
Nota : Pour les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles, se reporter au CD-Rom.

20.3.3. Exemples de montages

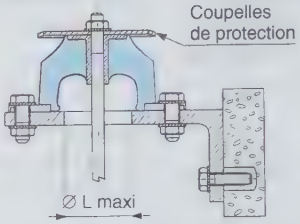
Riadiaflex



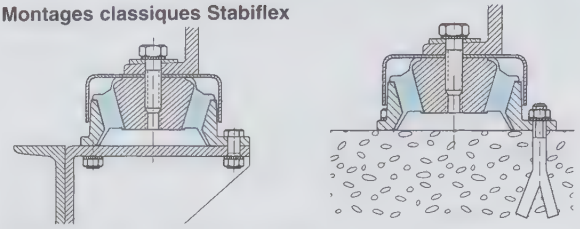
Paulstradyn



SUR BÉTON SUR CHÂSSIS

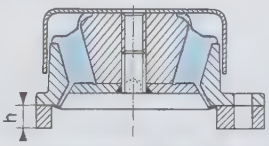


• Montages classiques Stabiflex

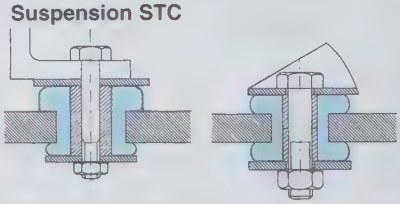


• Montage avec rondelle anti-rebond

– La rondelle anti-rebond (non fournie) se fixe à la partie inférieure de l'armature intérieure.
– Dans ce cas, ne pas oublier de prévoir une cale.
Hauteur de cale à prévoir :
h : 2 mm
h : 4 mm
h : 7 mm
h : 14 mm
h : 14 mm



Suspension STC



Suspension SC

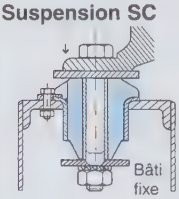


Fig. 1 – Montage entre pied de machine et châssis métallique.

• Montages classiques

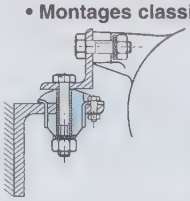


Fig. 2 – Montage entre deux cornières sur paroi verticale.

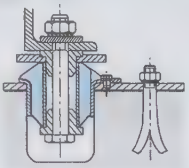


Fig. 3 – Montage entre châssis et béton (bagues de centrage).

• Montages inversés

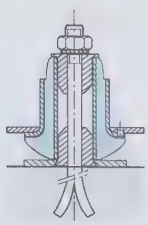


Fig. 4

• Montages en chandelle

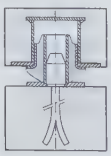


Fig. 5 – Montage avec dalle de lestage. Cette solution permet d'augmenter la masse suspendue, donc de réduire les amplitudes des vibrations ainsi que la fréquence de la suspension.

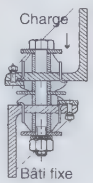
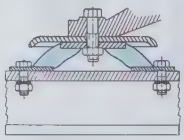


Fig. 6 – Deux supports montés à l'inverse l'un de l'autre. Cette solution permet de doubler la flèche sous une même charge.

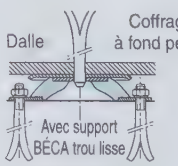
Suspension BECA

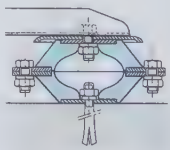


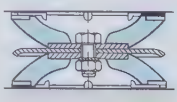
Montage anti-rebond

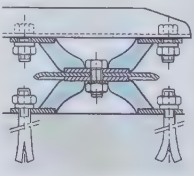


Avec support BÉCA à trou taraudé (écrou soudé)

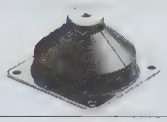
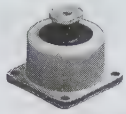
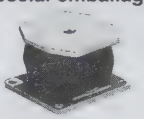
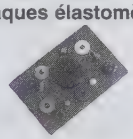
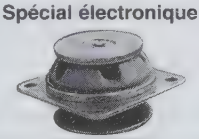
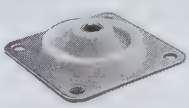
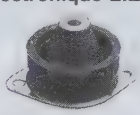








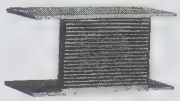
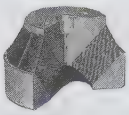
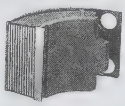
20.3.4. Guide de choix d'un type de suspension élastomère Vibrachoc

Désignation	Caractéristiques physiques et mécaniques	Observations - Utilisations
Vibmar 	Fréquence de résonance : axiale 5 à 12 Hz (suivant modèle) radiale 4,5 à 10 Hz Charges statiques de 10 à 70 daN (EIN 2296) Charges statiques de 50 à 530 daN (EIN 101) Charges statiques de 200 à 1 300 daN (EIN 104-106)	– Plaque percée de 2 ou 4 trous lisses et d'un noyau en acier taraudé. – Ressort noyé suivant modèle. – Spécialement étudiée pour la protection de baies électriques ou électroniques, groupes électrogènes embarqués. – Absorbe les chocs.
Ardamp 	Fréquence propre : axiale de 10 à 25 Hz radiale de 10 à 20 Hz Amortissement 17 à 20 % suivant modèle Coefficient d'amplification à la résonance : 2,5 à 3 Charges de 1,5 à 130 daN	– Constitué d'un ressort et d'un piston noyés dans un gel silicone, lui-même enfermé dans une membrane en élastomère. – Grande capacité d'absorption de chocs. – Protège les équipements électroniques fragiles, appareils de navigation, instruments de mesure sur véhicules.
Spécial emballage 	Fréquence de résonance : axiale 10 à 25 Hz radiale 10 à 25 Hz Course maximale disponible aux chocs : axiale 15 mm radiale 40 mm Charges statiques axiales : 1 à 100 daN (EIC 2321) 2 à 400 daN (EIT 2105)	– Élément élastique en élastomère adhéré à 2 plaques de fixation acier. – Amortisseurs multidirectionnels, protègent le matériel transporté (missiles, aéronautique).
Support élastique 	Fréquence propre : de 4 à 10 Hz Charge nominale : de 10 à 450 daN	– Isolateur métallique ayant une excellente capacité d'absorption de chocs, bonne tenue en fatigue. – Les feuilles d'acier inox, remplies de résine époxy, limitent l'amplification.
Plaques élastomère 	Silicone VHDS Dureté de 16 à 77 didc* Température d'utilisation : – 54 à + 150 °C	– Plaques en élastomère-silicone à fort amortissement. – Utilisées pour la fabrication de passe-fils, rondelles pour amortir les vibrations d'un matériel électronique. – Existent en plaques de 300 × 300 et de 2 à 10 mm d'épaisseur.
Spécial électronique 	Fréquence de résonance : axiale 20 à 25 Hz radiale 20 à 25 Hz Coefficient d'amplitude à la résonance < 5 Température d'utilisation de – 54 à + 150 °C Charges statiques axiales de 1,60 à 16 daN	– Élément élastomère-silicone. – Boîtier, rondelle et axe en acier. – Protection des équipements électroniques, appareils de navigation, tableau de bord de contrôle, instruments de mesure, véhicules routiers ou ferroviaires.
Électronique EIE 1. 	Fréquence de résonance : axiale 20 à 25 Hz radiale 20 à 25 Hz Coefficient d'amplitude à la résonance < 5 Température d'utilisation de – 54 à + 150 °C Charges statiques axiales de 1,60 à 16 daN	– Élément élastomère-silicone. – Boîtier, rondelle et axe en acier. – Protection des équipements électroniques, appareils de navigation, tableau de bord de contrôle, instruments de mesure, véhicules routiers ou ferroviaires.
Électronique EIE 2. 	Fréquence de résonance : axiale 15 à 25 Hz radiale 20 à 35 Hz Coefficient d'amplitude à la résonance < 4 Température d'utilisation de – 54 à + 150 °C Charges statiques axiales de 0,15 à 2,90 daN	– Élément élastomère-silicone. – Boîtier, rondelle et axe en acier. – Protection des équipements électroniques, appareils de navigation, tableau de bord de contrôle, instruments de mesure, véhicules routiers ou ferroviaires.
Électronique EIE 3. 	Fréquence de résonance : axiale 15 à 25 Hz radiale 20 à 35 Hz Coefficient d'amplitude à la résonance < 4 Température d'utilisation de – 54 à + 150 °C Charges statiques axiales de 0,20 à 2,60 daN	– Élément élastomère-silicone. – Boîtier, rondelle et axe en acier. – Protection des équipements électroniques, appareils de navigation, tableau de bord de contrôle, instruments de mesure, véhicules routiers ou ferroviaires.
Électronique EIE 4. 	Fréquence de résonance : axiale 10 à 25 Hz radiale 10 à 25 Hz Coefficient d'amplitude à la résonance < 4 Température d'utilisation de – 54 à + 150 °C Charges statiques axiales de 1,20 à 13,60 daN	– Élément élastomère-silicone. – Boîtier, rondelle et axe en acier. – Protection des équipements électroniques, appareils de navigation, tableau de bord de contrôle, instruments de mesure, véhicules routiers ou ferroviaires.

* didc : unité de dureté des matériaux

20.3.5. Guide de choix d'un type de suspension : ensembles lamifiés

Une pièce lamifiée, qui se présente sous la forme d'une association de couches d'élastomère adhérant à des intercalaires métalliques, permet d'obtenir des caractéristiques qui sont contrôlées par le cisaillement de l'élastomère dans un plan parallèle aux couches et par la compression de l'élastomère dans un plan perpendiculaire aux couches.

Désignation	Caractéristiques	Applications
Support laminé 	– Supporte des efforts de compression importants (jusqu'à 1 000 t/m²). – Il peut reprendre des déformations en cisaillement sur un plan horizontal. – Il peut reprendre des déformations en torsion autour de l'axe.	– Supports parasismiques. – Suspensions de moteurs d'hélicoptère. – Ensembles pour reprise de dilatation.
Butée laminée 	– L'ensemble conique ou sphérique permet de reprendre des efforts axiaux très importants, jusqu'à 150 tonnes. – Les débattements angulaires autour d'un axe vertical ou d'un centre de rotation sont de l'ordre de ± 10° en fatigue.	– Ancrage de plate-forme pétrolière. – Butées de pales d'hélicoptère. – Liaisons rotulantes de tuyauterie.
Articulation laminée 	– Cette articulation présente la même architecture que les butées lamifiées. – On privilégie la tenue aux efforts radiaux qui peuvent atteindre 100 tonnes. – Les mouvements sont libérés en rotation autour d'un axe vertical ou d'un centre de rotation. – Les débattements angulaires sont de l'ordre de 30°.	– Ressort-paliers de suspension de véhicule. – Articulation de bielle.

20.3.6. Guide de choix d'un type de support antichocs

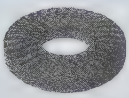
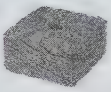
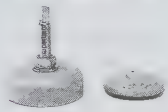
Un support antichocs doit assurer les fonctions suivantes :
– maintien de la masse suspendue en l'absence de chocs avec une capacité d'isolation vibratoire et/ou acoustique ;
– en cas de chocs : limitation de l'effort et/ou du déplacement à des valeurs acceptables ;
– après chocs : retour de la masse suspendue à sa position initiale.
Les supports antichocs sont intrinsèquement stables sous chocs ; ils permettent à la masse de reprendre sa position initiale. La masse suspendue peut donc subir plusieurs chocs successifs sans risque.
Ils présentent d'excellentes performances vibratoires.

Désignation	Caractéristiques	Applications
 **Support à faible débattement**	– Ces supports assurent d'abord une fonction de filtration vibratoire. En cas de chocs, un système de butée limite le déplacement de la masse suspendue (10 mm). – En fonctionnement antivibratoire, les charges reprises varient de 1 à 30 kg en fonction des différentes géométries. – En fonctionnement antichocs, les accélérations atteignent 150 G.	Ces supports conviennent principalement pour des chocs en déplacement et les efforts développés pendant le choc sont, dans ce cas, importants.
 **Support à moyen débattement**	– Les débattements possibles (40 à 50 mm) de la masse suspendue, par rapport à la base du support, permettent de limiter les réactions lors du choc ; le déplacement provoque la mise hors course du support élastique (fonction antivibratoire) et l'élément antichocs entre en action.	Ces supports conviennent pour la protection de matériels sensibles (jusqu'à 40 kg).
 **Support à grand débattement**	– Débattements possibles (75 mm) : ils assurent un niveau de transmission vibratoire faible dans une large bande de fréquence (500 Hz).	Ces supports ont été développés pour répondre aux besoins de protection des faibles charges (jusqu'à 40 kg).

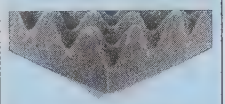
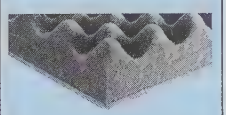
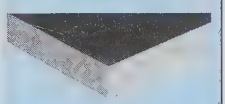
20.4. Amortisseurs métalliques

PAULSTRA

Guide de choix d'un type d'amortisseur métallique

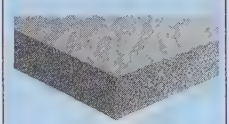
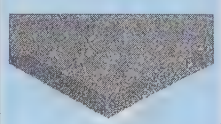
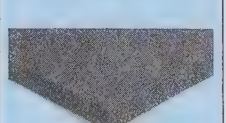
Désignation	Caractéristiques physiques et mécaniques	Observations - Utilisations
Coussin métallique  **Circulaire**  **Parallélépipédique**	– Fréquence propre comprise entre 10 et 25 Hz. – Amortissement de 15 à 20 %. – Gamme de charge de 20 à 7 000 daN. – Effort dynamique de 1 250 à 21 000 daN. – Taux de travail jusqu'à 150 kg/cm² en compression alternée. – Taux de travail jusqu'à 500 kg/cm² en butée antichoc.	– Constitués d'un fil inoxydable écroui, tricoté et comprimé à la presse pour obtenir une forme géométrique. – Grande résistance naturelle aux graisses, huiles, eau et grande tenue en température de – 70 à + 300 °C. – La raideur statique du coussin assure un effet de butée progressive et permet de garder une fréquence naturelle constante. – Permettent d'isoler des machines tournantes dont la vitesse est supérieure à 2 000 tr/min.
Amortisseurs V4. 	– Fréquence propre de 20 à 25 Hz pour une amplitude de ± 0,4 mm. – Charges statiques de 50 à 7 000 kg. – Efforts maximum dynamiques en compression : 1 000 à 21 000 daN.	– Constitués d'une coupelle en fonte et d'un coussin métallique. – Une cloche et un axe de vérin pour le réglage et la mise à niveau sont fournis en option. – Permettent d'isoler les machines-outils travaillant par enlèvement de matière.
Amortisseurs V.118/318 	– Fréquence propre de 18 à 25 Hz. – Tenue en température de – 70 à + 300 °C. – Coefficient d'amplification à la résonance de la suspension < 4. – Charges statiques de 50 à 7 000 kg. – Efforts dynamiques maxi : compression : 4 500 à 22 500 daN. traction : 1 500 à 9 000 daN.	– Constitués d'une coupelle supérieure, d'une embase avec 4 trous de fixation et d'un axe central taraudé. – Suspension de machines-outils (broyeurs, machines d'imprimerie, textiles...). – Suspension de machines tournantes. – Suspension de ponts roulants.
Amortisseurs V 164 	– Fréquence de résonance : axiale 15 à 22 Hz, radiale 15 à 22 Hz. – Coefficient d'amplification à la résonance de la suspension < 4. – Température d'utilisation de – 70 à + 300 °C. – Charges statiques axiales 5 à 120 daN. – Efforts dynamiques maximums compression : 150 à 1 250 daN. traction : 150 à 600 daN.	– Constitués d'une coupelle, d'une embase en AG3 et d'un axe AU4E. – Une embase avec 4 trous ∅ 8 et un trou taraudé M10. – Supportent des efforts accidentels de traction. – Insensibles aux produits agressifs.
Amortisseurs V 402 MG 	– Fréquence de résonance : axiale 15 à 20 Hz, radiale 15 à 20 Hz. – Coefficient d'amplification à la résonance de la suspension < 4. – Température d'utilisation de – 70 à + 300 °C. – Charges statiques 30 à 700 daN. – Efforts dynamiques maxi en compression ou traction 3 400 daN.	– Constitués d'une coupelle supérieure, d'une embase en fonte et d'un axe en alliage d'aluminium. – Peuvent supporter des efforts de traction élevés. – Permettent de suspendre des machines-outils et des machines tournantes.
Amortisseurs V1H 75. 	– Fréquence de résonance : axiale 15 à 25 Hz radiale 15 à 25 Hz. – Coefficient d'amplification à la résonance < 4. – Température d'utilisation de – 70 à + 300 °C. – Charges statiques axiales de 70 à 1 000 daN. – Efforts dynamiques : compression de 900 à 4 000 daN traction de 900 à 3 000 daN radial de 300 à 3 000 daN.	– Constitués d'un boîtier, d'une semelle en acier embouti et d'un axe en alliage léger. – Supportent des efforts dynamiques horizontaux importants, ce qui permet d'isoler du matériel embarqué (moteurs, pompes, groupes électrogènes...).
Amortisseurs V1H 6000 	– Fréquence de résonance : axiale 12 à 18 Hz, radiale 12 à 18 Hz. – Température d'utilisation de – 70 à + 300 °C. – Coefficient d'amplification à la résonance de la suspension < 4. – Charges de 30 à 500 daN.	– Constitués d'une embase, d'une coupelle et d'un axe serti en acier. – Trous de fixation ∅ 11 et 1 trou taraudé M12. – Supportent les moteurs thermiques marins ou terrestres, groupes électrogènes. – Conservent dans le temps leurs caractéristiques.
Amortisseurs V1B 113. 	– Fréquence de résonance : axiale 3 à 9 Hz, radiale 3 à 9 Hz. – Coefficient d'amplification à la résonance ≤ 5 à ≤ 10. – Charges statiques de 6 à 11 200 daN.	– Constitués d'une ou deux semelles en acier, d'un ou plusieurs ressorts acier, de deux rondelles de liaison en alliage léger, d'un coussin métallique. – Permettent d'isoler des machines tournantes, des vibreurs, des machines à chocs. – Fonctionnent dans un environnement sévère.
Amortisseurs Vibcable 	– Fréquence propre de 7 à 25 Hz. – Température d'utilisation de – 180 à + 300 °C. – Charges statiques : compression : de 1,8 à 1 200 daN compression à 45° : de 1,5 à 1 200 daN – Roulis/cisaillement : de 0,7 à 700 daN	– Constitués d'un câble inox enroulé entre des barrettes en alliage léger. – Quatre trous sont prévus pour la fixation. – Permettent d'absorber les accélérations de matériels subissant des chocs ou des chutes. – Protection des matériels fragiles embarqués.

20.5.1. Guide de choix d'un type de mousse polyuréthanne

Aptitudes → / Structures ↓	Description	Température d'utilisation	Tenue au feu	Performances acoustiques	Domaines d'application
	Complexe 50 mm de mousse d'absorption PU Éther alvéolé **adhésivé une face**.	– 25 °C à + 110 °C	M4/UL94	• K moyen d'absorption : 65 % • Gain approximatif sur tôle acier 20/10 : – 10 dB (A)	Climatisation, ventilation, pompes...
	Complexe 50 mm de mousse d'absorption PU Éther alvéolé, masse lourde 5 kg/m², 3 mm de mousse ressort.	– 25 °C à + 110 °C	M4/UL94	• K moyen d'absorption : 68 % • Gain approximatif sur tôle acier 20/10 : – 25 dB (A)	Centrales d'air, motoréducteur, presses...
	Complexe film PU noir **100 % étanche**, 25 mm de mousse d'absorption PU Éther, masse lourde 5 kg/m², 3 mm de mousse ressort.	– 30 °C à + 110 °C	M4/UL94	• Gain approximatif sur tôle acier 20/10 : – 10 dB (A)	Groupes électrogènes, engins TP, machines agricoles, moteurs électriques et diesels...

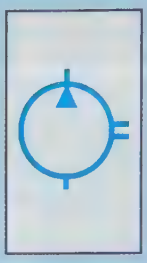
Présentation en plaques de dimensions 500 × 700 mm.

20.5.2. Guide de choix d'un type de caoutchouc cellulaire

Aptitudes → / Structures ↓	Description	Température d'utilisation	Tenue au feu	Performances acoustiques	Domaines d'application
	Complexe caoutchouc cellulaire base NBR **étanche**, épaisseur 33 mm **adhésivé une face**. Très bonne résistance aux huiles, ozone, air et UV.	– 40 °C à + 105 °C	M3/UL94HF1	À partir de 2 500 Hz Excellent isolant thermique et phonique	Systèmes d'air comprimé, systèmes de manutention de pièces, scies, grenailleuses, perceuses haute vitesse, compresseurs, pompes à vide, presses à injection...
	Complexe caoutchouc spongieux base EPDM à cellules semi-fermées, épaisseur 15 mm **adhésivé une face**. Excellente résistance à l'ozone, air et UV. Bonne tenue au vieillissement, étanche à l'eau sous faible compression.	– 40 °C à + 130 °C	FMVSS 302	À partir de 2 000 Hz	Systèmes d'air comprimé, systèmes de manutention de pièces, scies, grenailleuses, perceuses haute vitesse, compresseurs, pompes à vide, presses à injection...
	Complexe caoutchouc spongieux base EPDM à cellules semi-fermées, épaisseur 22,5 mm **adhésivé une face**. Excellente résistance à l'ozone, air et UV. Bonne tenue au vieillissement, étanche à l'eau sous faible compression.	– 40 °C à + 130 °C	FMVSS 302	À partir de 2 000 Hz	Systèmes d'air comprimé, systèmes de manutention de pièces, scies, grenailleuses, perceuses haute vitesse, compresseurs, pompes à vide, presses à injection...

Présentation en plaques de dimensions 500 × 500 mm.

21. Symboles et conventions



21.1. Symboles généraux de schématisation 658

21.1.1. Les symboles des liaisons entre pièces 658
- Liaisons principales entre solides 658
- Symboles complémentaires et admissibles 659
- Exemples de mécanismes simples et complexes 659
- Mouvements des solides de mécanismes 659
- Exemples de mouvements 659
- Transmission par chaîne et par courroie ou câble 660
- Représentation des engrenages 660
- Représentation des roues et plateaux à friction 660

21.1.2. Les symboles des schémas pour chaînes cinématiques 661
- Utilisation de base de la flèche 661
- Indications figurant sur les machines-outils 661
- Sens de manœuvre des organes de commande des machines-outils 622
- Organes d'accouplement 622
- Machines électriques tournantes (modes de fixations) 622

21.1.3. Les symboles pneumatiques et hydrauliques 663
- Fonctions de régulation, de mesure et d'automatisme des processus industriels 663
- Transformation de l'énergie 663
- Vérins 664
- Distributeurs 664
- Accessoires 665
- Commandes 666
- Appareils de mesure 666
- Appareils de conditionnement 667

21.1.4. Les symboles électriques 667
- Dispositifs et méthodes de commande 667
- Commande par grandeurs non électriques 667
- Repérage des conducteurs et des bornes 668
- Bornes et connexions de conducteurs 668
- Dispositifs de connexion 668
- Résistances 668
- Condensateurs 669
- Inductances 669
- Diodes 669
- Thyristors 669
- Transistors 669
- Dispositifs photosensibles et magnéto-sensibles 670
- Types de machines 670
- Machine à courant continu 670
- Machines synchrones 670
- Machines à induction (asynchrones) 670
- Transformateurs et inductances 670
- Piles et accumulateurs 670
- Convertisseurs de puissance 671
- Commutateurs unipolaires et interrupteurs de position 671
- Interrupteurs fonctionnant sous l'effet de la température 671
- Contacts divers 671
- Contacts agissant sous l'effet d'une variation de vitesse 671
- Appareils mécaniques de connexion 671
- Relais de mesure 671
- Relais électromécanique de tout ou rien 672
- Capteurs et détecteurs 672
- Fusibles et interrupteurs à fusibles 672
- Auxiliaires de commande - Commutateurs 672
- Symboles fonctionnels de démarreurs de moteurs 672
- Appareils enregistreurs - Compteurs 672
- Appareils indicateurs 673
- Dispositifs de comptage 673
- Horloges électriques - Thermocouples 673
- Lampes et dispositifs de signalisation 673
- Appareils téléphoniques 673
- Sélecteurs 673
- Transducteurs 673

21.1.5. Schémas architecturaux et topographiques 674
- Socles de prise de courant 674
- Interrupteurs appareils divers 674
- Appareils électrodomestiques ou assimilés 674
- Installations d'éclairage 674

21.1.6. Fonctions logiques binaires 675
- Opérateurs combinatoires élémentaires 675
- Opérateurs à retard 675
- Opérateurs séquentiels 675

21.2. Symboles et conventions pour les organigrammes 676

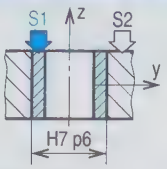
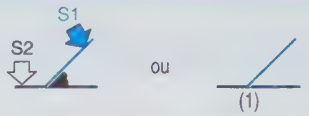
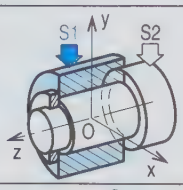
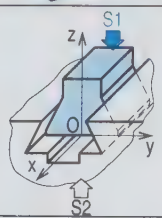
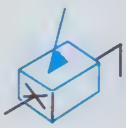
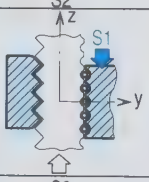
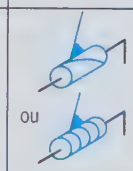
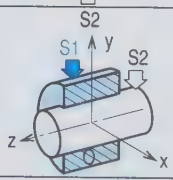
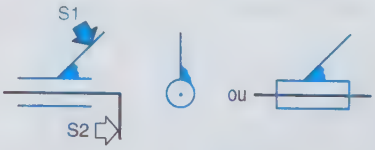
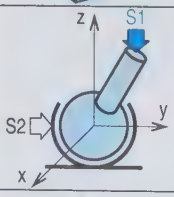
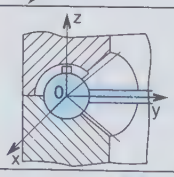
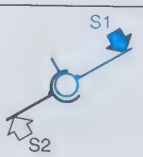
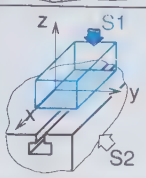
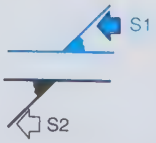
21.2.1. Organigramme des données 676
21.2.2. Organigramme de programmation 677
21.2.3. Exemples de traitement simplifié d'un contrôle de stock 678
21.2.4. Organigramme pour le traitement de l'information 679

21.1. Symboles généraux de schématisation

Données

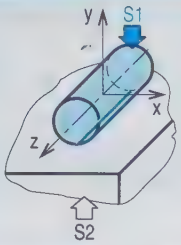
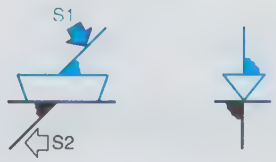
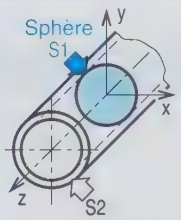
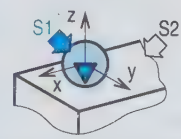
21.1.1. Les symboles des liaisons entre pièces

Liaisons principales entre solides — NF EN ISO 3952-1

Liaisons	Exemples	Mts relatifs R	Mts relatifs T	Degrés de liberté supp.	Projection orthogonale plane 2 D	Perspective 3 D
Encastrement ou liaison fixe ou incomplète		0 0 0	0 0 0	– 6 Rx Tx Ry Ty Rz Tz	 (1) Symbole admissible s'il n'y a pas d'ambiguïté	
Pivot		0 0 Rz	0 0 0	– 5 Rx Tx Ry Ty - Tz		
Glissière		0 0 0	Tx 0 0	– 5 Rx - Ry Ty Rz Tz		
Hélicoïdale		Rz Tz 2 degrés de liberté inter-dépendants		– 5 Rx Tx Ry Ty - -		
Pivot glissant		0 0 Rz	0 0 Tz	– 4 Rx Tx Ry Ty - -		
Rotule ou sphérique		Rx Ry Rz	0 0 0	– 3 - Tx - Ty - Tz		
Sphérique à doigt		Rx 0 Rz	0 0 Tz	– 4 - Tx Ry Ty - Tz		
Appui plan		0 0 Rz	Tx Ty 0	– 3 Rx - Ry - - Tz		

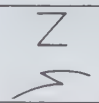
Symboles généraux de schématisation (suite)

Données

Liaisons	Exemples	Mᵗˢ relatifs R	Mᵗˢ relatifs T	Degrés de liberté supp.		Projection orthogonale plane 2 D	Perspective 3 D
Linéaire rectiligne ou arête plan				– 2			
		0	Tx	Rx	-		
		Ry	0	-	Ty		
		Rz	Tz	-	-		
Linéaire annulaire ou sphère-cylindre				– 2			
		Rx	0	-	Tx		
		Ry	0	-	Ty		
		Rz	Tz	-	-		
Ponctuelle ou sphère-plan				– 1			
		Rx	Tx	-	-		
		Ry	Ty	-	-		
		Rz	0	-	Tz		

Exemples de mécanismes simples et complexes

NF E 04-015

Trajectoire de mouvement pour un mouvement rectiligne.		Sens du mouvement. La flèche peut être : – ouverte, – fermée,		– fermée et noircie.	
Arrêt instantané en position intermédiaire pour un mouvement de rotation.		Trajectoire de mouvement pour un mouvement de rotation.		Arrêt instantané en position intermédiaire pour un mouvement rectiligne.	
Arrêt prolongé en position intermédiaire.		Arrêt prolongé en position extrême.		Mouvement inversé exécuté partiellement.	

NF E 04-015

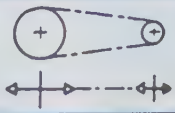
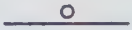
Mouvement à sens unique.		Fin de mouvement.		Mouvement oscillatoire avec arrêts prolongés aux positions extrêmes.	
Mouvement à sens unique avec arrêt instantané.		Mouvement oscillatoire.			
Mouvement à sens unique avec arrêt prolongé.		Mouvement oscillatoire avec arrêt prolongé en une position extrême.		Mouvement oscillatoire avec arrêts prolongés en position intermédiaire.	
Mouvement à sens unique partiellement inversé.				Mouvement à sens unique partiellement inversé avec arrêt prolongé.	

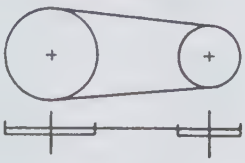
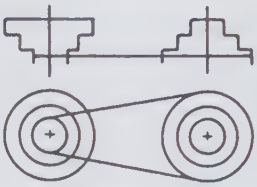
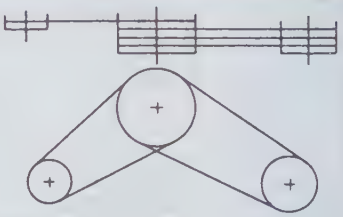
Symboles généraux de schématisation (suite)

Les symboles des liaisons entre pièces (suite)

Transmission par chaîne et par courroie ou câble

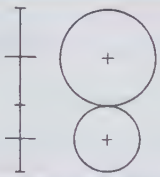
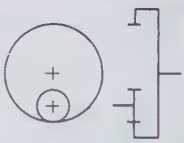
NF E 04-016

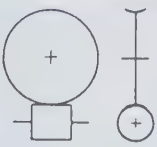
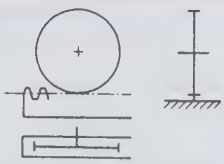
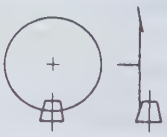
Chaîne à maillons	Chaînes à rouleaux	Chaînes à dents	Transmission par chaîne
			
Courroie plate	**Courroie trapézoïdale**	**Courroie ronde**	**Courroie crantée**
			

Simple courroie plate	Poulies étagées	Courroies trapézoïdales
		

Représentation des engrenages

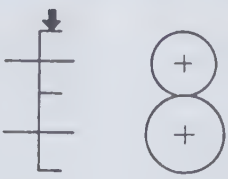
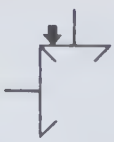
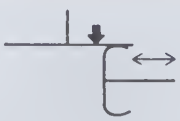
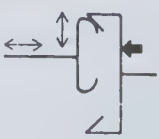
NF E 04-113

Roues et pignons (présentation isolée)			Engrenages cylindriques	Engrenages intérieurs
 Cylindrique	 Creuse	 Conique		

Roue et vis sans fin	Roue et crémaillère	Engrenages coniques	Engrenages hypoïdes
		 Axes concourants	

Représentation des roues et plateaux à friction

NF E 04-016

Roues cylindriques	Roues coniques	Réglage à plateau	Réglage à roue conique
			

21.1.2. Les symboles des schémas pour chaînes cinématiques

Utilisation de base de la flèche — NF X 05-002

Direction et sens de mouvement par rapport à l'observateur ou par rapport à l'opérateur	ou	Direction et sens de mouvement par rapport à un système coordonné avec ou sans mention de valeur	ou	Fonction et force Dimension	ou ou
Rotation partielle		Mise en position par déplacements successifs	Linéaire Rotatif	Rotation complète	
Virage	en U	Vitesse	Normale Rapide Lente	Mouvement continu	Linéaire Rotatif
Mouvement interrompu	Linéaire Rotatif	Dépassement de course	ou	Mouvement limité	Linéaire Rotatif
Fonction ou application d'une pression ou d'une force sur un élément ou sur un produit.	Embrayage Débrayage				

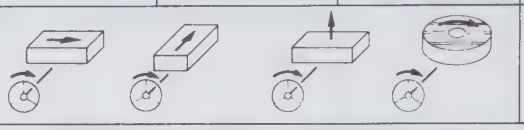
Indications figurant sur les machines-outils — NF E 60-032

Attention tension !		Avance longitudinale		Freiner	
Attention !		Avance transversale		Desserrer le frein	
Interrupteur principal		Avance verticale		Serrer Bloquer Presser	
Déplacement rapide		Graissage		Desserrer Débloquer	
Arrosage lubrifiant		Pompe (ajouter le symbole signifi-catif ; exemple arrosage)		Réglable	
Éclairage de la machine		Commande à main		Bouton interrup-teur de secours (ROUGE)	
Mettre en circuit Mettre hors circuit	en hors			Embrayage (1) Débrayage (2)	(1) (2)

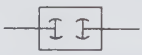
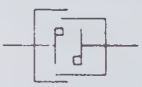
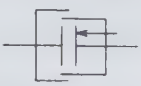
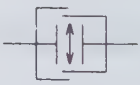
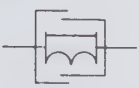
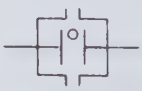
Symboles généraux de schématisation (suite)

Les symboles des schémas pour chaînes cinématiques (suite)

Sens de manœuvre des organes de commande des machines-outils — NF E 60-031

Commnande par levier - manuellement		Commande par levier - mouvements automatiques		Commande par bouton - déplacement rectiligne	
				Commande par bouton - déplacement circulaire	
Commande par volant					

Organes d'accouplement — NF E 22-610

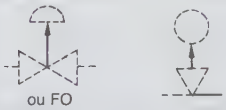
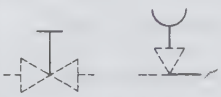
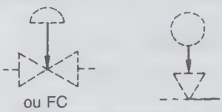
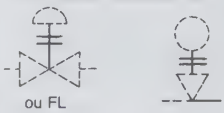
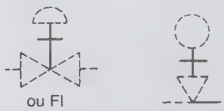
Accouplement permanent et non débrayable		Accouplement rigide	
Accouplement flexible		Accouplement élastique	
Accouplements (autres types)		Accouplement de protection à la rupture	
Accouplement limiteur de couple		Accouplement universel (joint de cadran)	
Embrayage Symbole général		Embrayage à denture (pas de glissement)	
Embrayage à friction (peut admettre un glissement)		Embrayage centrifuge à friction	
Embrayage synchrone (sans contact mécanique : effet électromagnétique)		Roue libre	
Coupleur		Coupleur à friction mécanique	

Machines électriques tournantes (modes de fixation) — NF C 51-117

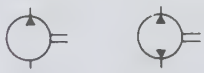
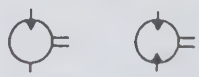
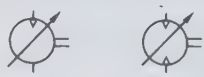
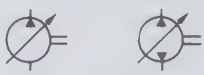
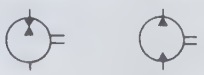
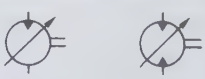
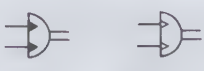
B3	B35	B5	V1	V15	V5
					
à pattes	à pattes et bride	à bride	à bride	à pattes et bride	à pattes

21.1.3. Les symboles pneumatiques et hydrauliques

Fonctions de régulation, de mesure et d'automatisme des processus industriels — NF E 04-203-1

Point de mesure		Dispositif réglant	
Instrument. – Un nombre ou des lettres peuvent être ajoutés pour l'identification.			
Organe de réglage		Position hors alimentation : – ouverte.	
Actionneur manuel		Position hors alimentation : – fermée.	
Actionneur automatique		Position hors alimentation : – maintenue inchangée.	
Actionneur automatique avec commande manuelle incorporée.		Position hors alimentation : – indéterminée.	

Transformation de l'énergie — NF E 04-056

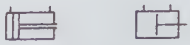
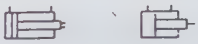
Pompes hydrauliques : (1) à un sens de flux (2) à deux sens de flux		Moteurs hydrauliques (1) à un sens de flux (2) à deux sens de flux	
Compresseur à cylindrée fixe à un sens de flux		Moteur pneumatique à cylindrée fixe à un sens de flux	
Moteurs pneumatiques à cylindrée variable : (1) à un sens de flux (2) à deux sens de flux		Pompes hydrauliques à cylindrée variable : (1) à un sens de flux (2) à deux sens de flux	
Pompe - Moteur à cylindrée fixe : (1) à inversée de flux (2) à un seul sens de flux		Moteurs hydrauliques à cylindrée variable : (1) à un sens de flux (2) à deux sens de flux	
Moteurs oscillants : (1) hydraulique (2) pneumatique		Variateur hydraulique	
Déshydratateur		Lubrificateur	

Symboles généraux de schématisation (suite)

Les symboles pneumatiques et hydrauliques (suite)

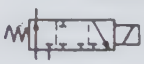
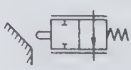
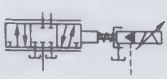
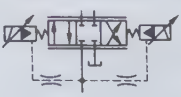
Vérins

NF E 04-056

Vérins à simple effet – à rappel par force non définie		Vérins à double effet – à simple tige	
Vérins à simple effet – à rappel par ressort		Vérins à double effet – à double tige traversante	
Vérins avec amortisseur – fixe d'un côté		Vérins différentiels	
Vérins avec amortisseur – fixe des deux côtés		Vérins télescopiques (1) à simple effet (2) à double effet	 (1) (2)
Vérins avec amortisseur – réglable d'un côté		Multiplicateur de pression – à une seule nature de fluide – pneumatique/pneumatique	
Vérins avec amortisseur – réglable des deux côtés		Échangeur de pression pneumatique/hydraulique	

Distributeurs

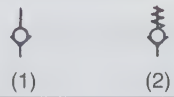
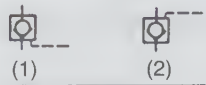
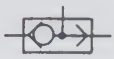
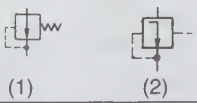
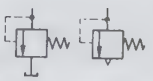
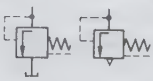
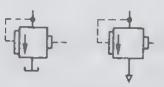
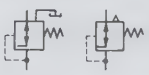
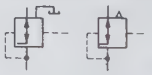
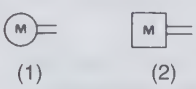
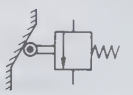
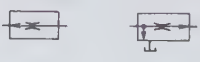
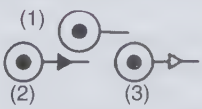
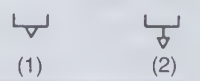
NF E 04-056

Distributeur 2/2 (2 orifices, 2 positions) – à commande manuelle		Distributeur 3/2 (3 orifices, 2 positions) – à commande électromagnétique, rappel par ressort	
Distributeur 2/2 (2 orifices, 2 positions) – à commande par pression avec rappel de ressort		Distributeur 4/2 (4 orifices, 2 positions) – à commande par pression des 2 côtés accouplés à un distributeur pilote	
Distributeur 3/2 (3 orifices, 2 positions) – à commande par pression des deux côtés		Distributeur 5/2 – à commande par pression des 2 côtés	
Distributeur avec étranglement – à 2 orifices		Distributeur avec étranglement – à 3 orifices	
Distributeur avec étranglement – à 4 orifices		Servo-distributeur électro-hydraulique – à 1 étage	
Servo-distributeur électro-pneumatique – à 2 étages avec asservissement mécanique		Servo-distributeur électro-pneumatique – à 2 étages avec asservissement hydraulique	

Les symboles pneumatiques et hydrauliques (suite)

Accessoires

NF E 04-056

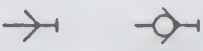
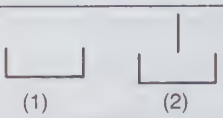
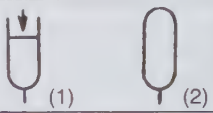
Clapets de non-retour (1) sans ressort (2) avec ressort		Clapets de non-retour (1) piloté pour ouvrir (2) piloté pour fermer	
Sélecteur de circuit		Clapet de non-retour avec étranglement	
Soupape d'échappement rapide		Réducteur de pression ou détendeur : (1) sans orifice de retour (2) sans orifice de retour et réglé à distance	
Limiteur de pression		Limiteur proportionnel de pression	
Limiteur de pression à commande pilotée		Limiteur inversement proportionnel à la pression	
Soupape de fréquence		Réducteur de pression autorégulateur : – avec orifice de retour	
Réducteur de pression différentiel		Réducteur de pression autorégulateur : – avec orifice de retour et réglé à distance	
Réducteur de débit : (1) non réglable (2) réglable		Réducteur de pression proportionnel	
Moteurs : (1) électrique (2) thermique		Réducteur de débit à commande mécanique avec ressort de rappel	
Régulateurs de débit (1) série à débit fixe (2) dérivation à débit fixe		Régulateurs de débit : (1) série à débit variable (2) dérivation à débit variable	
Diviseur de débit		Robinet d'isolement	
Sources de pression : (1) symbole général (2) hydraulique (3) pneumatique		Purge d'air	
Orifices d'évacuation d'air : (1) non connectable (2) connectable		Prises : (1) débouchée (2) avec conduite branchée	

Symboles généraux de schématisation (suite)

Les symboles pneumatiques et hydrauliques (suite)

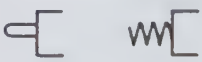
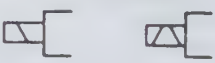
Accessoires (suite)

NF E 04-056

Raccordement des conduites		Croisement de conduites	
Raccordements rapides (1) sans clapet (2) avec clapet	 (1) (2)	Raccords rapides accouplés	
Raccords rotatifs – à un passage		Silencieux	
Raccords rotatifs – à trois passages		Réservoirs à l'air libre : (1) symbole général (2) débouchant au-dessus	 (1) (2)
Réservoir sous pression		Accumulateurs (1) à ressort à poids (2) hydropneumatique	 (1) (2)
Filtre - crépine		Purgeurs : (1) à commande manuelle (2) automatique	 (1) (2)

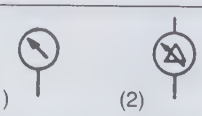
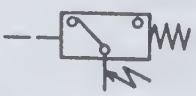
Commandes

NF E 04-056

Commandes : (1) musculaire (2) bouton-poussoir	 (1) (2)	Commandes mécaniques (1) poussoir (2) ressort	 (1) (2)
Commandes : (3) levier (4) pédale	 (3) (4)	Commandes mécaniques : (3) galet (4) galet escamotable	 (3) (4)
Commande par pression (1) et (2) augmentation par commande directe	 (1) (2)	Commandes électriques : (1) un enroulement (2) deux enroulements	 (1) (2)
(3) et (4) augmentation par commande indirecte (distributeur pilote)	 (3) (4)	Commandes électriques : (3) moteur électrique	 (3)

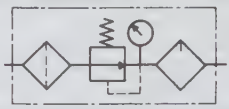
Appareils de mesure

NF E 04-056

Mesure de pression : (1) manomètre (2) manomètre différentiel	 (1) (2)	Mesure de température – thermomètre	
Contact électrique à pression		Mesure de débit : (1) débitmètre (2) compteur	 (1) (2)

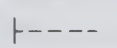
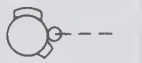
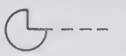
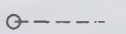
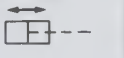
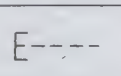
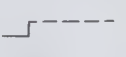
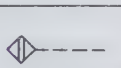
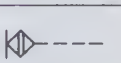
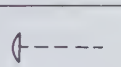
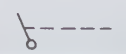
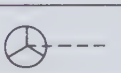
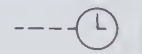
Les symboles pneumatiques et hydrauliques (suite)

Appareils de conditionnement

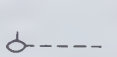
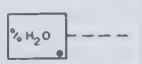
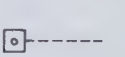
Filtre avec purgeur à commande manuelle		Filtre avec purgeur automatique	
Groupe de conditionnement d'air (représentation simplifiée)		Régulateur de température	
Refroidisseur ou réfrigérant sans conduites du réfrigérant		Refroidisseur ou réfrigérant avec conduites du réfrigérant	
Réchauffeur		Groupe de conditionnement d'air (représentation détaillée)	

21.1.4. Les symboles électriques

Dispositifs et méthodes de commande — **NF C 03-202**

	– Commande mécanique manuelle, cas général		– Développement linéaire d'une came		– Commande par came et galet
	– Commande mécanique manuelle, à accès restreint		– Profil de came		– Commande par accumulation d'énergie mécanique
	– Commande par tirette		– Commande par came		– Commande hydraulique ou pneumatique à simple effet
	– Commande rotative		– Commande par galet		– Commande hydraulique ou pneumatique à double effet
	– Commande par poussoir		– Commande par manivelle		– Commande électromagnétique
	– Commande par effet de proximité		– Commande par clef		– Commande par protection électromagnétique de surintensité
	– Commande par effleurement		– Commande manuelle amovible		– Commande par élément thermosensible (thermique par surintensité)
	– Bouton-poussoir de sécurité type « coup de poing »		– Commande par levier		– Commande par moteur électrique
	– Commande par volant		– Commande par pédale		– Commande par horloge électrique

Commande par grandeurs non électriques — **NF C 03-202**

	– Commande par le niveau d'un fluide		– Commande par le débit d'un fluide		– Commande par humidité relative
	– Commande par comptage		– Commande par le débit d'un gaz		– Commande par degré hygrométrique

Symboles généraux de schématisation (suite)

Les symboles électriques (suite)

Repérage des conducteurs et des bornes — NF C 03-202

Désignation des conducteurs	Notation alphanum : Conducteurs	Notation alphanum : Bornes	Symbole graphique	Désignation des conducteurs	Notation alphanum : Conducteurs	Notation alphanum : Bornes	Symbole graphique
Système d'alimentation alternatif — Phase 1	L1	U		Terre	E	E	
Phase 2	L2	V					
Phase 3	L3	W		Terre sans bruit	TE	TE	
Neutre	N	N					
Système continu — Positif	L+	A	+	Masse, châssis	MM	MM	
Négatif	L–	B	–				
Médian	M	C		Équipotentialité			
Conducteur de protection	PE	PE					
Conducteur de protection non mis à la terre	PU	PU		Borne d'équipotentialité (symbole utilisable sur le matériel)	CC	CC	
Conducteur de protection et conducteur neutre confondus	PEN	PEN					

Bornes et connexions de conducteurs — NF C 03-203

(1) (2)	(1) Connexion de conducteurs (2) Borne (le cercle peut être rempli)		Jonction de conducteurs
11 12 13 14 15 16	Barrette à bornes	10	Connexion commune à un groupe d'appareils similaires. Ex. : Bancs multipliés et figurés pour 10 bancs
(1) (2)	(1) Dérivation (2) Double dérivation		

Dispositifs de connexion — NF C 03-203

	– Prise de connecteur – Prise de prolongateur – Pôle d'une prise		Ensemble de connecteurs, partie fixe
	– Fiche de connecteur – Fiche de prolongateur – Pôle d'une fiche		Ensemble de connecteurs, partie mobile
	Fiche et prise		Ensemble de connecteurs accouplés
	Barrettes de connexion (fermées, ouvertes)		Fiche coaxiale et prise coaxiale

Résistances — NF C 03-204

	– Résistance symbole général (2 variantes)		– Résistance à contact mobile avec position de coupure		– Shunt. Résistance à bornes « courant » et « tension » séparées
	– Résistance variable		– Potentiomètre à contact mobile		– Résistance variable à disques de carbone
U	– Résistance dépendant de la tension. Varistance		– Potentiomètre à ajustage prédéterminé		– Élément chauffant
	– Résistance variable à contact mobile		– Résistance avec prises fixes (2 prises figurées)	Z	– Impédance
	– Résistance non réactive		– Thermistance à coef. de température négatif ou positif		– Résistance à ajustabilité prédéterminée

Symboles généraux de schématisation (suite)

Les symboles électriques (suite)

Condensateurs — NF C 03-204

		Condensateur (symbole général)			Condensateur variable
		Condensateur à ajustage prédéterminé			Condensateur polarisé variable en fonction : (1) de la tension

Inductances — NF C 03-204

	– Inductance, bobine, enroulement		– Inductance à noyau magnétique avec entrefer		– Inductance à noyau magnétique

Diodes — NF C 03-205

	– Diode à semi-conducteur (2 variantes)		– Diode tunnel		– Diode symétrique – Diac
	– Diode électroluminescente		– Diode à effet de claquage dans un seul sens		
	- Diode à caractère variable		- Diode unitunnel		– Diode à effet de claquage dans les deux sens

Thyristors — NF C 03-205

	– Thyristors diode bloqué en inverse		– Thyristor diode symétrique		– Thyristor triode symétrique – Triac
	– Thyristor diode passant en inverse				
	– Thyristor triode, type non spécifié		– Thyristor triode blocable, gâchette non spécifiée		– Thyristor triode passant en inverse, gâchette non spécifiée

Transistors — NF C 03-205

	– Transistor PNP		– Transistors à jonction avec base de type P ou N		– Transistor PNIN avec connexion à la région intrinsèque
	– Transistor NPN avec collecteur relié à l'enveloppe		– Transistor avalanche NPN		– Transistor PNIP avec connexion à la région intrinsèque

Dispositifs photosensibles et magnétosensibles — NF C 03-205

	– Photorésistance – Cellule photoconductrice à conductivité symétrique		– Phototransistor, type PNP
	– Photodiode – Cellule photoconductrice à conductivité asymétrique		– Cellule photovoltaïque

Symboles généraux de schématisation (suite)

Les symboles électriques (suite)

Types de machines

NF C 03-206

	– Machine, symbole général. Remplacer * par les symboles suivants : C : commutatrice CS : compensateur synchrone G : génératrice GS : alternateur synchrone M : moteur MG : machine pouvant servir comme générateur ou moteur MS : moteur synchrone		Moteur linéaire Symbole général
			Moteur pas à pas

Machines à courant continu

NF C 03-206

	Moteur à courant continu à excitation série		Génératrice à courant continu à excitation composée
	Moteur à courant continu à excitation en dérivation		Convertisseur : courant continu - courant continu, excitation commune par aimant permanent

	Alternateur synchrone triphasé, à aimant permanent		Moteur synchrone monophasé

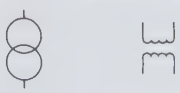
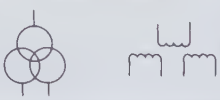
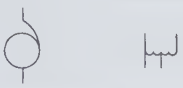
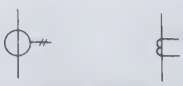
Machines synchrones

NF C 03-206

	Moteur asynchrone monophasé à phase auxiliaire sortie et rotor en court-circuit		Moteur linéaire asynchrone triphasé à déplacement dans un seul sens
	Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit		Moteur asynchrone triphasé à rotor à bagues

Machines à induction (asynchrones)

NF C 03-206

	Transformation à deux enroulements		Transformateur à trois enroulements
	Autotransformateur		Transformateur de courant Transformateur d'impulsion

Transformateurs et inductances - Symboles généraux

NF C 03-206

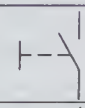
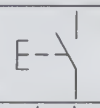
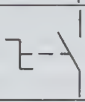
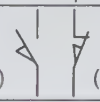
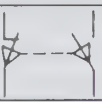
	Élément de pile ou d'accumulateur : – trait long + – trait court –		Batteries d'accumulateurs ou de piles (2 variantes)

Les symboles électriques (suite)

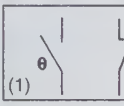
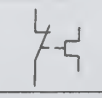
Convertisseurs de puissance — NF C 03-206

	Convertisseur (symbole général)		Redresseur		Onduleur
	Convertisseur de courant continu		Redresseur en couplage à double voie (en pont)		Redresseur-Onduleur

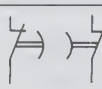
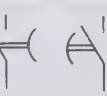
Commutateurs unipolaires et interrupteurs de position — NF C 03-207

	Contact à fermeture à commande manuelle (symbole général)		Bouton-poussoir à fermeture à retour automatique		Tirette à fermeture à retour automatique
	Bouton rotatif à fermeture sans retour automatique	 (F) (O)	Interrupteur de position		Interrupteur de position à deux circuits distincts actionné mécaniquement

Interrupteurs fonctionnant sous l'effet de la température — NF C 03-207

 (1) (2)	– Interrupteur à fermeture (1) – Interrupteur à ouverture (2)		Interrupteur agissant par effet thermique direct (bilame)		Contact d'un relais thermique

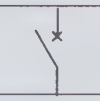
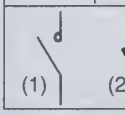
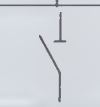
Contacts divers — NF C 03-207

	– Contact à fermeture, interrupteur (contact de travail) NO		– Contact à deux directions sans chevauchement		– Contact à ouverture retardée à la fermeture (deux symboles) NC
	– Contact à ouverture (contact de repos) NC		– Contact à deux directions avec position médiane d'ouverture		– Contact à fermeture à position maintenue (NO)
	Contact de passage fermant momentanément à l'action de son organe de commande (NO)		– Contact à fermeture à retour automatique (NO)		– Contact à fermeture retardée à la fermeture (deux symboles) NO

Contacts agissant sous l'effet d'une variation de vitesse — NF C 03-207

	– Interrupteur à inertie (actionné par une brusque accélération) NO		Commutateur à mercure, trois bornes		Commutateur à mercure, quatre bornes

Appareils mécaniques de connexion — NF C 03-207

	– Rupteur (NC)		– Disjoncteur		– Interrupteur – Sectionneur
 (1) (2)	– Contacteur (1) – discontacteur (2) (contacteur associé à un relais de protection)		– Sectionneur		– Interrupteur – Sectionneur à ouverture automatique

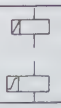
Relais de mesure — NF C 03-207

	Relais à manque de tension		Relais à minimum de puissance active		Relais à maximum de courant à action retardée

Symboles généraux de schématisation (suite)

Les symboles électriques (suite)

Relais électromécaniques de tout ou rien — NF C 03-207

	– Organe de commande d'un relais général, symbole général (2 variantes)		– Organe de commande d'un relais avec deux enroulements séparés. Représentation rassemblée (2 variantes)		– Organe de commande d'un relais à rémanence (2 variantes)
	– Organe de commande d'un relais à mise au repos retardée		– Organe de commande d'un relais à mise au repos retardée		– Organe de commande d'un relais à mise au travail et mise au repos retardées
	– Organe de commande d'un relais rapide (mise au travail et mise au repos rapide)		– Organe de commande d'un relais insensible au courant alternatif		– Organe de commande d'un relais à courant alternatif
	– Organe de commande d'un		– Organe de commande d'un relais à verrouillage mécanique		– Organe de commande d'un relais polarisé

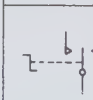
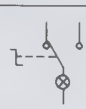
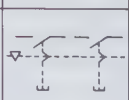
Capteurs et détecteurs — NF C 03-207

	– Capteur sensible à une proximité		– Capteur sensible à l'effleurement		– Dispositif sensible à une proximité, commandé par un aimant, avec contact à fermeture

Fusibles et interrupteurs à fusibles — NF C 03-207

	– Fusible (symbole général)		– Fusible dont l'extrémité après fusion reste sous tension		– Fusible interrupteur-sectionneur
	– Fusible à percuteur avec circuit de signalisation à point commun		– Fusible à percuteur avec circuit de signalisation distinct	 (1) (2)	– Fusible interrupteur (1) – Fusible sectionneur (2)

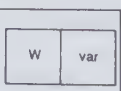
Auxiliaires de commande - Commutateurs — NF C 03-207

	– Commutateur à deux positions stables, bouton « pousser-tirer »		– Commutateur à deux positions stables bouton « pousser-pousser »		– Auxiliaire manuel de commande actionné par une clé
	– Commutateur à deux positions stables, un bouton-poussoir libérant l'autre		– Télérupteur		– Auxiliaire manuel de commande condamné par clé dans la position d'accrochage
	– Bouton rotatif à deux directions à retour automatique en position médiane		– Commutateur « tourner » lumineux		– Commutateur à clavier (un seul poussoir enfoncé à la fois)

Symboles fonctionnels de démarreurs de moteurs — NF C 03-207

	– Démarreur de moteur (symbole général)		– Démarreur avec mise à l'arrêt automatique		– Démarreur-régleur
	– Démarreur opérant par échelons		– Démarreur automatique, symbole général. La partie hachurée peut être noircie		– Démarreur semi-automatique, symbole général. La partie hachurée peut être noircie

Appareils enregistreurs - Compteurs — NF C 03-208

	– Wattmètre enregistreur		– Enregistreur combiné : wattmètre et varemètre		– Compteur d'énergie active – Wattheuremètre

Symboles généraux de schématisation (suite)

Les symboles électriques (suite)

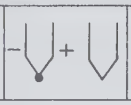
Appareils indicateurs — NF C 03-208

	– Voltmètre		– Multimètre		– Appareil de mesure à affichage numérique (2 variantes). L'astérisque est remplacé par le symbole de la grandeur à mesurer
	– Tachymètre		– Cos φ mètre Indicateur du facteur de puissance		
	– Fréquencemètre		– Synchronoscope		– Thermomètre

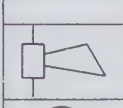
Dispositifs de comptage — NF C 03-208

	- Compteur d'impulsions, type mécanique		- Compteur d'impulsions électriques		- Compteur d'impulsions à affichage numérique

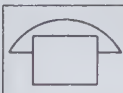
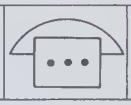
Horloges électriques - Thermocouples — NF C 03-208

	- Horloge, symbole général - Horloge secondaire		- Thermocouple (2 variantes)		- Horloge à dispositif de remontage par moteur électrique

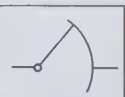
Lampes et dispositifs de signalisation — NF C 03-208

	– Lampe, symbole général – Lampe de signalisation, symbole général PRÉCISION DE LA COULEUR RD : rouge BU : bleu YE : jaune WH : blanc GN : vert TYPE DE LAMPE NE : néon Xe : xénon Na : vapeur de sodium		Hg : mercure I : iode IN : incandescence EL : électroluminescence ARC : arc FI : fluorescence IR : infrarouge UV : ultraviolet LED : diode électroluminescence		– Dispositif lumineux clignotant
					– Voyant électromécanique
					– Indicateur électromécanique de position avec une position hors courant (celle figurée) et deux positions significatives
	- Avertisseur sonore - Klaxon		– Sifflet à commande électrique		– Sonnerie (2 variantes)
	- Sonnerie à un coup		– Sirène		– Ronfleur (2 variantes)

Appareils téléphoniques — NF C 03-209

	– Appareil téléphonique (symbole général)		– Appareil téléphonique à cadran de numérotation		– Appareil téléphonique à haut-parleur

Sélecteurs — NF C 03-209

	– Niveau de sélecteur avec balais à chevauchement		– Niveau de sélecteur avec balais sans chevauchement		– Sélecteur à un seul type de mouvement, sans position de repos

Transducteurs — NF C 03-209

	– Microphone (symbole général)		– Haut-parleur (symbole général)		– Récepteur téléphonique (symbole général)

21.1.5. Schémas architecturaux et topographiques

Socles de prises de courant

NF C 03-211

(≡ 203.301)	– Socle de prise de courant (symbole général)		– Socle de prise pour terminal de télécommunication, symbole général. Ajouter les symboles : FM : modulation de fréquence TV : télévision TX : télex		– Socle de prise de courant avec contact pour conducteur de protection
	– Socle de prise de courant avec volet d'obturation	TP: téléphone M : microphone ◁ : haut-parleur			– Socle de prise de courant avec transformateur de séparation (ex. : prise rasoir)

Interrupteurs et appareils divers

NF C 03-211

	– Interrupteur (symbole général)		– Interrupteur à lampe témoin	(1) (2)	– Bouton-poussoir (1) – Bouton-poussoir lumineux (2)
	– Interrupteur bipolaire		– Commutateur unipolaire. Ex. : pour différentes intensités d'éclairage		– Interrupteur unipolaire va-et-vient
	– Commutateur intermédiaire pour va-et-vient		– Interrupteur gradateur		– Interrupteur unipolaire à tirette
t	– Minuterie		– Interrupteur horaire		– Dispositif de contrôle ou de commande par serrure (contrôleur de ronde)
	– Télérupteur	t	– Minuterie à préavis d'extinction		– Chauffe-eau, représenté avec canalisation électrique
	– Gâche électrique		– Interphone portier		– Détecteur d'incendie ponctuel
	– Avertisseur manuel d'incendie		– Ventilateur, représenté avec canalisation électrique	n (a)	– Centrale d'alarme à *n* circuits

Appareils électrodomestiques ou assimilés

NF C 03-211

	– Appareil de chauffage électrique (symbole général)		– Appareil de chauffage électrique à accumulation	*	– Climatiseur
	– Cuisinière électrique		– Four électrique séparé		– Hotte aspirante et filtrante
	– Four à micro-ondes		– Plaque chauffante	* ***	– * Réfrigérateur – *** Congélateur
* * * *	– Réfrigérateur avec compartiment congélateur		– Lave-vaisselle		– Lave-linge
	– Armoire sèche-linge		– Sèche-mains, sèche-cheveux, radiateur soufflant	E	– Appareil électroménager non défini

Installations d'éclairage

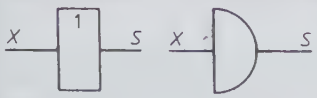
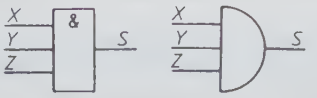
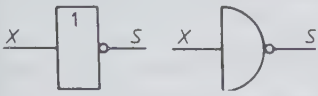
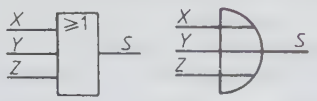
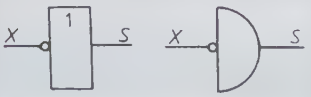
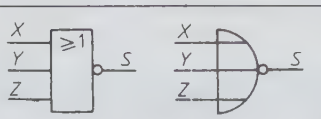
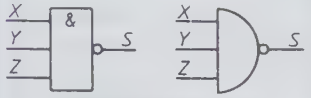
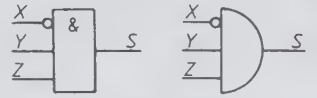
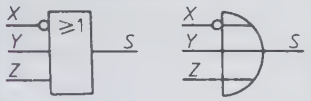
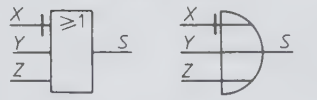
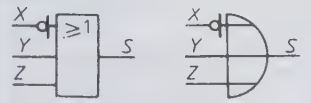
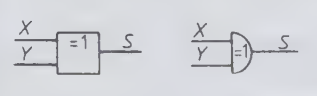
NF C 03-211

	– Point d'attente d'appareil d'éclairage, représenté avec canalisation		– Projecteur (symbole général)		– Lampe (symbole général)
	– Luminaire à fluorescence (symbole général)		– Point d'attente d'appareil d'éclairage en applique murale, représenté avec canalisation		– Bloc autonome d'éclairage de sécurité

21.1.6. Fonctions logiques binaires

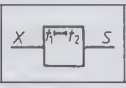
Opérateurs combinatoires élémentaires

NF E 49-600

	– Opérateurs oui $S = X$		– Opérateurs ET $S = XYZ$
	– Opérateurs NON $S = \overline{X}$		– Opérateurs OU $S = X + Y + Z$
			– Opérateurs NI $S = \overline{X + Y + Z}$
	– Opérateurs ET-NON $S = \overline{XYZ}$		– Opérateurs ET avec une entrée niée $S = \overline{X}\,Y\,Z$
	– Opérateurs OU avec une entrée niée $S = \overline{X} + Y + Z$		- Opérateurs OU avec une entrée d'inhibition $S = \overline{X}\,(Y + Z)$
	– Opérateurs OU avec une entrée de validation $S = X\,(Y + Z)$		– Opérateurs seuil logique
	– Opérateurs *m* et seulement *m*		– Opérateurs OU exclusif

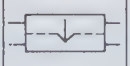
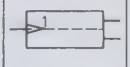
Opérateurs à retard

NF E 49-600

	– Opérateur à retard, symbole général		– Opérateur à retard avec indication des valeurs des retards		– Opérateur à retards égaux variables

Opérateurs séquentiels

NF E 49-600

	– Mémoire binaire à inscription prioritaire $S = (X + S)\,\overline{Y}$ $\overline{S} = (Y + S)\,\overline{X}$		– Mémoire binaire à 2 entrées simultanées passives		– Mémoire binaire à inscription prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation
	– Mémoire binaire à effacement prioritaire $S = (X + S)\,\overline{Y}$ $S = Y + \overline{S}X$		– Bascule bistable (diviseur binaire)		– Mémoire binaire à effacement prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation
	– Opérateur monostable-monocoupe		– Opérateur astable (oscillateur binaire), symbole général		– Opérateur à seuil (bascule de Schmitt)
	– Amplificateur pour schéma logique (convertisseur de niveaux) $S = X$		– Entrée d'alimentation, symbole général		– Opérateur combinatoire ET avec une entrée d'alimentation

Nota : la forme des symboles des opérateurs combinatoires élémentaires situés à droite dans les colonnes n'est pas préférentielle pour les utilisations futures.

21.2. Symboles et conventions pour les organigrammes

AFNOR





– Symboles graphiques à utiliser dans les organigrammes pour les systèmes de traitement de l'information, y compris les systèmes de traitement automatique des données.
– Fixation des conventions relatives à la disposition des symboles dans les organigrammes.

21.2.1. Organigramme des données

– Il représente l'évolution, dans un système de traitement, des informations entrant dans un problème donné.
– Il représente les opérations subies par les données ainsi que les différents types de supports physiques nécessaires pour effectuer ces opérations.
– Il documente l'analyse globale du problème à traiter.
– Il est constitué par : des lignes de liaison, des symboles d'information, des symboles de traitement, des symboles auxiliaires.
– Il permet aussi de distinguer clairement les opérations manuelles, les opérations propres à l'ordinateur et les autres opérations automatiques ainsi que les différents supports physiques.

Symboles d'information		Symboles de traitement	
Symbole général « information » Utilisé lorsqu'il n'existe pas de symbole particulier		**Symbole général « traitement »**	
Carte perforée	**Document imprimé**	**Fusion**	**Séparation**
Bande perforée	**Paquet de cartes**	**Interclassement ou assortissement**	**Tri**
Tambour magnétique	**Bande magnétique**	**Entrée manuelle**	**Opération manuelle**
Sortie illustrée	**Disque magnétique**	**Lignes de liaison**	
		Transfert d'information	**Transmission**
Document d'entrée	**Document de sortie**	**Fichier**	**Symboles spéciaux**
		Renvoi	**Commentaire**

21.2.2. Organigramme de programmation

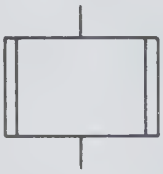
– Il décrit l'enchaînement des opérations apparaissant dans un programme de calculateur.
– Il est constitué : des lignes de liaison, des symboles de traitement, des symboles logiques, des symboles auxiliaires.

Symboles de traitement

Symbole général
Opération ou groupe d'opérations portant sur des données, instructions et (ou) opérations par lesquelles un symbole particulier n'est pas défini dans la norme.



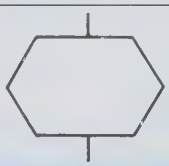
Sous-programme
Portion de programme considérée comme une simple opération.



Entrée-Sortie
Mise à disposition d'une information à traiter ou enregistrement d'une information traitée.



Préparation
Opération qui détermine partiellement ou complètement la voie à suivre dans un embranchement ou un sous-programme.

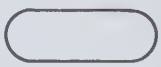


Symboles spéciaux

Renvoi
Ce symbole est utilisé deux fois pour assurer la continuité lorsqu'une partie de ligne de liaison n'est pas représentée.



Début, fin, interruption
Début, fin ou interruption d'un organigramme, point de contrôle, etc.



Commentaire
Ce symbole est utilisé pour donner des indications marginales.



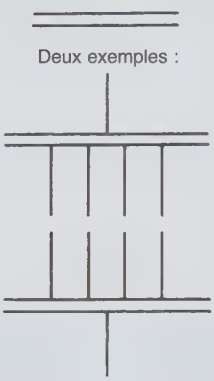
Symboles de logiques

Embranchement
Exploitation de conditions variables impliquant le choix d'une voie parmi plusieurs. Couramment utilisé pour représenter une décision ou un aiguillage.



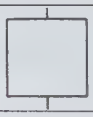
Mode synchrone
Mode parallèle
Mode asynchrone
– Utilisé lorsqu'une ou plusieurs voies doivent l'avoir atteint avant qu'une ou plusieurs voies qui en sortent soient utilisées en parallèle ou suivant un ordre quelconque.

Deux exemples :



Symboles réservés
Si l'on veut utiliser des symboles supplémentaires, il faut prendre soin de n'utiliser aucun de ceux qui suivent dans un sens différent de celui indiqué ci-dessus.

Opération auxiliaire
Opération périphérique exécutée sur un appareil qui n'est pas sans contrôle direct de l'unité centrale du traitement.



Fichier de cartes
Ensemble d'enregistrements apparentés sur cartes perforées.



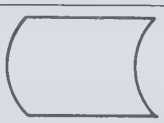
Mémoire à ferrite
Fonction d'entrée-sortie pour laquelle le support est une mémoire à ferrite.



Mémoire extérieure au système
Fonction de conservation de l'information à l'extérieur du système, quel que soit le support sur lequel cette information est enregistrée.

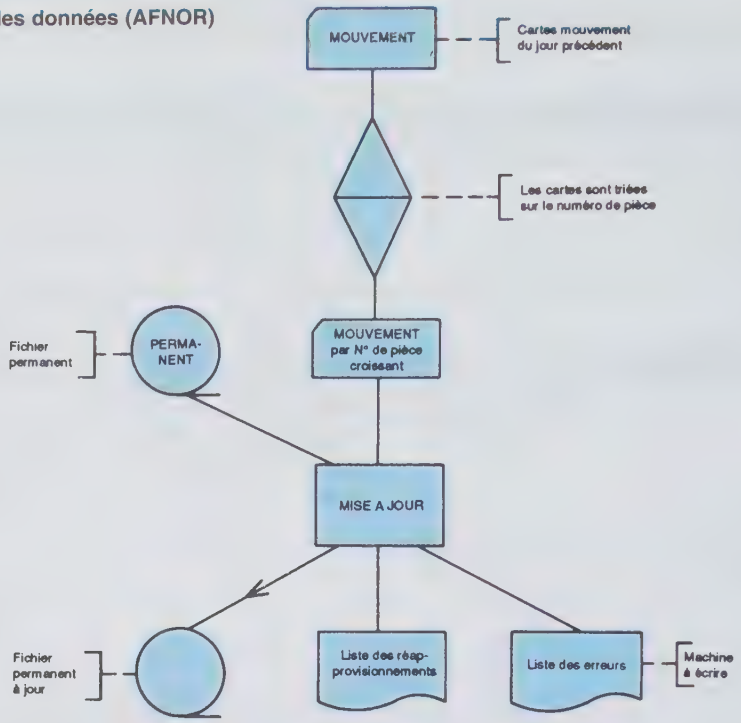


Mémoire intérieure au système
Support de fonction d'entrée-sortie utilisant un type quelconque de mémoire intérieure au système.

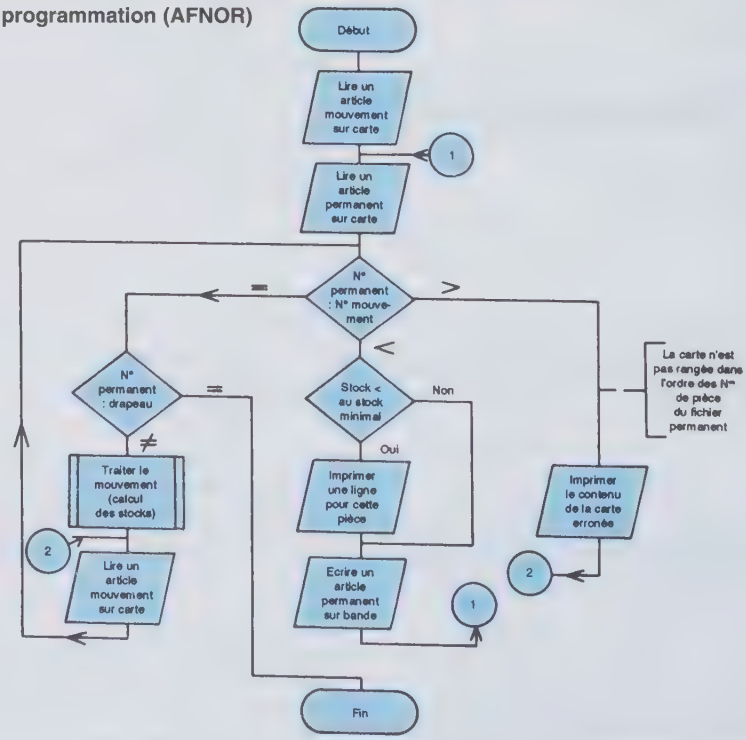


21.2.3. Exemples de traitement simplifié d'un contrôle de stock

Organigramme des données (AFNOR)

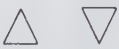


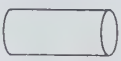
Organigramme de programmation (AFNOR)

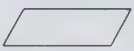


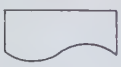
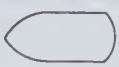
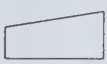
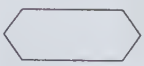
21.2.4. Organigramme pour le traitement de l'information

Le schéma fonctionnel est une représentation des fonctions attribuées aux différents éléments physiques composant un ensemble de traitement de l'information et des relations entre ces éléments.
Il est constitué par :
– des symboles d'éléments dont le but est de représenter une unité physique par sa fonction ;
– des lignes de liaison représentant une connexion physique ou une ligne de transmission essentielle susceptible de permettre des transferts d'information dans les sens indiqués par les flèches ;
– des symboles auxiliaires dont l'objet est de faciliter l'écriture et la lecture de l'organigramme.

Symboles d'éléments			
Unité physique de traitement (***processing unit***) Représente une unité physique capable d'effectuer un traitement arithmétique ou logique (unité principale ou centrale d'un calculateur).		**Unité de traitement asservie** (***auxiliary processing unit***) Représente une unité comme ci-contre mais fonctionnant sous le contrôle d'une autre unité de traitement (calculateur connecté).	
Unité auxiliaire (***auxiliary unit***) Unité physique capable d'effectuer une série d'opérations programmées ou non.		**Unité de commutation** (***switch***) L'un ou l'autre de ces symboles représente une unité physique de commutation programmée ou manuelle.	
Mémoire principale (***main storage***) Mémoire adressable la plus rapide liée à l'unité principale (ou centrale) en permanence.		**Mémoire auxiliaire** (***auxiliary storage***) Mémoire autre que la mémoire principale. Elle n'est pas nécessairement connectée en permanence (unité de bandes ou de disques magnétiques).	

Mémoires auxiliaires particulières (***specific auxiliary storages***)		
 Unité de bande magnétique	 Unité à disques	 Tambour

Moyen d'entrée-sortie (***input output***)	
Représente tout organe ou unité d'entrée-sortie. Par exemple un lecteur ou un perforateur de cartes.	

Moyens d'entrée-sortie particuliers (***specific input output***)			
 Unité de bande magnétique amovible	 Unité à disque amovible	 Unité à disque amovible	 Perforateur Lecteur
 Unité à bande perforée	 Perforateur Lecteur	 Unité à support papier	 Imprimante Lecteur
 Unité à écran	 Unité à clavier ou pupitre	 Sortie machine - Entrée machine	 Unité de transmission (*transmission unit*)
 Connexion	 Voie de transmission	 Connecteur (*connector*)	 Commentaire (*comment*)

Correspondances approximatives H / Rm

Ces conversions, issues de DIN 50-150, sont normalement réservées aux aciers. **Très approximatives**, elles ne doivent en aucun cas remplacer les caractéristiques mécaniques normalisées données sur les fiches matières qui tiennent compte de l'état de la matière (recuit ou traité).
Il existe d'autres tables de conversion établies par l'ATS (Association technique de la sidérurgie française). Elles proposent des valeurs moyennes avec bandes de dispersion (voir **Mémotech Productique** « ***matériaux et usinage*** », au chapitre 3).

HV (Vickers)	HB (Brinnel)	HBC (Rockwell)	Rm (1) (MPa)	HV (Vickers)	HB (Brinnel)	HRC (Rockwell)	Rm (1) (MPa)
80	76,0		255	360	342	36,6	1 155
85	80,7		270	370	352	37,7	1 190
90	85,5		285	380	361	38,8	1 220
95	90,2		305	390	371	39,8	1 255
100	95,0		320	400	380	40,8	1 290
105	99,8		335	410	390	41,8	1 320
110	105		3 350	420	399	42,7	1 350
115	109		370	430	409	43,6	1 385
120	114		385	440	418	44,5	1 420
125	119		400	450	428	45,3	1 455
130	124		415	460	437	46,1	1 485
135	128		430	470	447	46,9	1 520
140	133		450	480	(456)	47,7	1 555
145	138		465	490	(466)	48,4	1 595
150	143		480	500	(475)	49,1	1 630
155	147		495	510	(485)	49,8	1 665
160	152		510	520	(494)	50,5	1 700
165	156		530	530	(504)	51,1	1 740
170	162		545	540	(513)	51,7	1 775
175	166		560	550	(523)	52,3	1 810
180	171		575	560	(532)	53,0	1 845
185	176		595	570	(542)	53,6	1 880
190	181		610	580	(551)	54,1	1 920
195	185		625	590	(561)	54,7	1 955
200	190		640	600	(570)	55,2	1 995
205	195		660	610	(580)	55,7	2 030
210	199		675	620	(589)	56,3	2 070
215	204		690	630	(599)	56,8	2 105
220	209		705	640	(608)	57,3	2 145
225	214		720	650	(618)	57,8	2 180
230	219		740	660		58,3	
235	223		755	670		58,8	
240	228	20,3	770	680		59,2	
245	233	21,3	785	690		59,7	
250	238	22,2	800	700		60,1	
255	242	23,1	820	720		61,0	
260	247	24,0	835	740		61,8	
265	252	24,8	850	760		62,5	
270	257	25,6	865	780		63,3	
275	261	26,4	880	800		64,0	
280	266	27,1	900	820		64,7	
285	271	27,8	915	840		65,3	
290	276	28,5	930	860		65,9	
295	280	29,2	950	880		66,4	
300	285	29,8	965	900		67,0	
310	295	31,0	995	920		67,5	
320	304	32,5	1 030	940		68,0	
330	314	33,3	1 060				
340	323	34,4	1 095				
350	333	35,5	1 125				

(1) Rm : Résistance à la traction.

Grandeurs et unités de mesure

Multiples et sous-multiples NF X 02-006

facteur	préfixe	symbole	facteur	préfixe	symbole
10^{18}	exa	E	10^{-1}	déci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	téra	T	10^{-3}	milli	m
10^{9}	giga	G	10^{-6}	micro	µ
10^{6}	méga	M	10^{-9}	nano	n
10^{3}	kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^{2}	hecto	h	10^{-15}	femto	f
10^{1}	déca	da	10^{-18}	atto	a

Unités de base S I

Longueur	mètre	m
Masse	kilogramme	kg
Temps	seconde	s
Intensité de courant électrique	ampère	A
Température thermodynamique	kelvin	K
Quantité de matière	mole	mol
Intensité lumineuse	candéla	cd
Angle plan	radian	rad
Angle solide	stéradian	sr

Abréviations et symboles courants NF X 02-100

majuscules	minuscules	nom	majuscules	minuscules	nom	majuscules	minuscules	nom	majuscules	minuscules	nom
A	α	alpha	Σ	σ	sigma	I	ι	iota	Φ	φ	phi
B	β	bêta	T	τ	tau	Λ	λ	lambda		π	pi = 3,1416
K	κ	kappa	Y	υ	upsilon	M	µ	mu		sin	sinus
Δ	δ	delta	H	η	eta	N	ν	nu		cos	cosinus
E	ε	epsilon	θ	θ	thêta	O	ο	omicron		tan	tangente
ϕ	φ	phi	Ψ	ψ	psi	Π	ϖ	pi		cot	cotangente
Γ	γ	gamma	Ω	ω	oméga	P	ρ	rhô			

Espace et temps NF X 02-201

Aire, superficie	mètre carré	m^2	m^2
Volume	mètre cube	m^3	m^3
Vitesse angulaire	radian par seconde	rad/s	s^{-1} rad
Vitesse	mètre par seconde	m/s	m s^{-1}
Accélération	mètre par seconde carrée	m/s^2	m s^{-2}
Fréquence	hertz	Hz	s^{-1}
Fréquence de rotation	seconde à la puissance moins un	s^{-1}	s^{-1}

Thermodynamique NF X 02-204

Coefficient de dilatation linéique	kelvin à la puissance moins un	K^{-1}	K^{-1}
Conductivité thermique	watt par mètre - kelvin	W/(mK)	$mkgs^{-3}$ K^{-1}
Capacité thermique massique	joule par kg - kelvin	J/(kg K)	m^2s^{-2} K^{-1}
Entropie	joule par kelvin	J/K	m^2kg s^{-2} K^{-1}
Énergie interne, enthalpie, énergie libre, enthalpie libre	joule	J	m^2 kg s^{-2}

Mécanique NF X 02-203

Masse volumique	kilogramme par mètre cube	kg/m^3	m^{-3} kg
Débit - masse	kilogramme par seconde	kg/s	kg s^{-1}
Débit - volume	mètre cube par seconde	m^3/s	m3 s^{-1}
Quantité de mouvement	kilogramme mètre par seconde	kgm/s	mkg s^{-1}
Moment cinétique	kilogramme mètre carré par seconde	kgm^2/s	m^2 kg s^{-1}
Moment d'inertie	kilogramme mètre carré	kg m^2	m^2 kg
Force	newton	N	m kg s^{-2}
Moment d'une force	newton.mètre	N.m	m^2 kg s^{-2}
Pression, contrainte	pascal	Pa	m^{-1} kg s^{-2}
Viscosité dynamique	pascal.seconde	Pa.s	m^{-1} kg s^{-1}
Viscosité cinématique	mètre carré par seconde	m^2/s	m^2 s^{-1}
Tension superficielle	newton par mètre	N/m	kg s^{-2}
Énergie, travail, quantité de chaleur	joule	J	m^2 kg s^{-2}
Puissance, flux			

Électricité - Magnétisme NF X 02-205

Charge électrique, quantité d'électricité	coulomb	C	A.S
Champ électrique	volt par mètre	V/m	$mkgs^{-3}$ A^{-1}
Potentiel électrique différence de potentiel, tension, f.é.m	volt	V	m^2 kg s^{-3} A^{-1}
Capacité	farad	F	m^{-2} kg^{-1} s^4A^2
Champ magnétique	ampère par mètre	A/m	m^{-1} A
Induction magnétique	tesla	T	kg s^{-2} A^{-1}
Flux d'induction magnétique	wéber	Wb	m^2 kg s^{-2} A^{-1}
Inductance, perméance	henry	H	m^2 kg s^{-2} A^{-2}
Réluctance	henry puissance moins un	H^{-1}	m^{-2} kg^{-1} s^2 A^2
Résistance, impédance, réactance	ohm	Ω	m^2 kg s^{-3} A^{-2}
Conductance, admittance	siemens	S	m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2
Résistivité	ohm - mètre	Ω m	m^3 kg s^{-3} A^2
Conductivité	siemens par mètre	S/m	m^{-3} kg^{-1} s^3A^2

Facteurs de conversion en unité SI

Unité	Symbole	Unité Si	Unité	Symbole	Unité Si
Angström	Å	10^{-10} m	Faraday	F	9,648 70.10^4 C
Atmosphère normal	atm	1,013 25 × 10^5 Pa	Frigorie	fg	4,186.10^3 J
Bar	bar	10^5 Pa	Gauss	Gs, G	10^{-4} T
Calorie	cal	4,186 8 J	Kilogramme-force	kg f	9,806 65 N
Curie	Ci	3,7 × 10^{10} s^{-1}	Maxwell	Mx, M	10^{-8} Wb
Degré Celsius	°C	T_k = θ °C + 273,15	Millimètre d'eau	mm H_2O	9,806 65 Pa
Degré Fahrenheit	°F	T_k = 5/9 (θ °F + 459,67)	Millimètre de mercure	mm Hg	1,333 224.10^2 Pa
Dioptrie volt	δ	1 m^{-1}	Thermie	th	4,185 5.10^6 J
Électronvolt	eV	1,602 19 × 10^{-19} J	Unité masse atomique	u	1,660 53.10^{-27} kg

Index des principales références industrielles de l'ouvrage

AFNOR
Association Française de Normalisation

11, rue Francis-de-Pressensé
93571 SAINT-DENIS LA PLAINE CEDEX
Tél. : 01 41 62 80 00
Fax : 01 49 17 90 00
Site : www.afnor.org

– Informations et diffusion des normes françaises

ASCO JOUCOMATIC

32, av. Albert-Ier
B.P. 312
92506 RUEIL CEDEX
Tél. : 01 47 14 32 00
Fax : 01 47 08 53 85

– Accessoires
– Distributeurs/îlots
– Traitement de l'air
– Vannes, électrovannes
– Vérins pneumatiques divers standard
– Vérins spéciaux

BENE INOX
Groupe MAURIN

11, chemin de la Pierre Blanche
69800 SAINT-PRIEST
Tél. : 0 825 007 666
Fax : 04 78 90 69 59
E-mail : bene@bene.inox.com
Site : www.bene-inox.com

– Raccords et robinetterie en acier inoxydable

BÖLLHOFF

Z.I. de l'Albanne
Rue Archimède
B.P. 68
73493 LA RAVOIRE CEDEX
Tél. : 04 79 96 70 00
Fax : 04 79 96 70 11
Site : www.bollhoff.com/fr

– Clinchage
– Composants d'assemblage
– Écrous à sertir
– Écrous noyés
– Filets rapportés
– Inserts
– Rivets et autopoinçonneurs
– Rivets aveugles
– Systèmes et équipements de pose

BOSCH-REXROTH

Z.I. Nord
10, rue des Clos
B.P. 59
77103 MEAUX CEDEX
Tél. : 01 60 09 95 95
Fax : 01 60 09 95 99
Site : www.boschrexroth.com

– Entraînement par vis à billes
– Guidages à billes sur arbre
– Guidages linéaires
– Guidages sur rail
– Systèmes linéaires : chariots, modules

BOUTET

11, rue Émile-Zola
93400 SAINT-OUEN
Tél. : 01 40 12 68 74
Fax : 01 40 12 05 84
E-mail : info@boutet.fr
Site : www.boutet.fr

– Boutons et doigts d'indexage
– Écrous, rondelles et brides normalisés
– Manettes, poignées et boutons en plastique et métal
– Poignées à entraxe
– Poussoirs filetés et lisses
– Sauterelles et pieds d'appui

PTP Industry

17, chemin de la Belle-Orge
88110 RAON-L'ÉTAPE
Tél. : 03 29 52 62 72
Fax : 03 29 41 80 40
Site : www.ptp-industry.com

– Accouplements
– Poulies
– Transmissions
– Variateurs de vitesse

TRELLEBORG-SEALING

38, rue Jean-Mermoz
78600 MAISONS LAFFITTE
Tél. : 01 30 86 56 00
Fax : 01 39 13 56 06
Site : www.tss.trelleborg.com/fr

– Joints à lèvre
– Joints d'étanchéité
– Joints divers
– Joints racleurs
– Joints toriques
– Quadri-lobes

CTIF
Centre Technique des Industries de la Fonderie

44, av. de la Division-Leclerc
92310 SÈVRES
Tél. : 01 41 14 63 00
Fax : 01 45 34 14 34
E-mail : info@ctif.com
Site : www.ctif.com

– Informations
– Conseils
– R&D

CETIM
CEntre Technique des Industries de la Mécanique

52, av. Félix-Louat
B.P. 67
60304 SENLIS
Tél. : 03 44 67 30 00
Fax : 03 44 67 35 03
E-mail : webmaster@cetim.fr
Site : www.cetim.fr

– Informations
– Revue des mécaniciens

– Service Questions-Réponses :
Tél. : 03 44 67 36 82

Fondeurs de France

45, rue Louis-Blanc
92400 COURBEVOIE
Tél. : 01 43 34 76 52
Fax : 01 43 34 76 31
E-mail : contact@fondeursdefrance.org
Site : www.fondeursdefrance.org

– Informations

CIRTES
Centre européen de prototypage et outillage rapide
Structure de recherche sous contrat

29 bis, rue d'Hellieule
88100 SAINT-DIÉ-DES-VOSGES
Tél. : 03 29 55 11 71
Fax : 03 29 55 10 45
E-mail : cirtes@cirtes.fr
Site : www.cirtes.fr

R&D
– Prototypage rapide
– Outillage rapide
– Fabrication rapide
– Usinage avancé

Index des principales références industrielles de l'ouvrage

FABORY FRANCE
35, rue des Châteaux
59290 WASQUEHAL
Tél. : 03 20 20 51 50
Fax : 03 20 20 51 59
E-mail : france@fabory.com
Site : www.fabory.com

- Visserie
- Boulonnerie
- Goupilles
- Chevilles
- Accessoires
- Aciers divers

FEDERAL-MOGUL MÉTAFRAM
Route de Ménandon
95300 PONTOISE
Tél. : 01 34 22 91 91
Fax : 01 34 22 91 87
Site : www.federal-mogul.com

- Bagues autolubrifiantes
- Coussinets autolubrifiants
- Plaques autolubrifiantes

FIM
39/41, rue Louis Blanc
92400 COURBEVOIE
Tél. : 01 47 17 60 00
Site : fim.net

Fédération des Industries Mécaniques
- défense
- promotion

GLACIER GARLOCK BEARINGS (GGB)
34, rue Mozart
92110 CLICHY
Tél. : 01 41 40 07 19
Fax : 01 42 70 79 87
E-mail : france@ggbearings.com
Site : www.ggbearings.com

- Bagues autolubrifiantes
- Coussinets autolubrifiants
- Rondelles et plaques autolubrifiantes

HEF
Hydromécanique Et Frottement

Rue Benoît-Fourneyron
Z.I. Sud
42166 ANDREZIEUX-BOUTHÉON CEDEX
Tél. : 04 77 55 52 22
Fax : 04 77 55 52 21
E-mail : hef@hef.fr
Site : www.hef.fr

- Techniques de surface
- Laboratoire de recherche sur les états de surface
- Conception et fabrication de machines de traitement de surface sous vide

HENKEL LOCTITE FRANCE
10, av. Eugène-Gazeau
BP 40050
60304 SENLIS CEDEX
Tél. : 03 44 21 66 00
Fax : 03 44 21 66 98
Site : www.loctite.fr

- Assemblage par collage
- Freinage vis-écrou par collage
- Étanchéité par collage

SCHEAFFLER-FRANCE
INA Roulements S.A.
93, route de Bitche
B.P. 30186
67506 HAGUENAU CEDEX
Tél. : 03 88 63 40 40
Fax : 03 88 63 40 41
E-mail : stephan.buffler@scheaffler.com
Site : www.fr.scheaffler.com

- Roulements
- Butées
- Paliers
- Guidages linéaires
- Vis et écrou à billes
- Patins à billes ou à rouleaux

ISARTEL
1, rue Gutemberg
78500 SARTROUVILLE
Tél. : 01 39 68 41 41
Fax : 01 39 68 93 99
E-mail : isartel@sofranel.com
Site : www.sofranel.com

- Appareils d'instrumentation thermique industrielle
- Contrôle et étalonnage d'appareils thermiques industriels

LE BRONZE INDUSTRIEL
Siège social
3, avenue du général Leclerc
51600 SUIPPES
Direction Commerciale, marketing
2, boulevard de Strasbourg
94130 Nogent sur Marne
Tél : 03 26 63 28 28
Fax : 01 43 94 61 31

- Profilés en alliage cuivreux pour fabrications diverses

ÉMILE MAURIN Groupe MAURIN
11, chemin de la Pierre Blanche
69808 St Priest mi-plaine Cedex
Tél. : 0 825 007 888
Fax : 04 72 76 22 55
E-mail : esm@emile-maurin.fr
Site : www.maurin.fr

- Éléments standard mécaniques - outillage

13, rue du Souvenir – B.P. 9271
69264 LYON CEDEX 09
Tél. : 0 825 007 333
ou 04 72 85 85 85
Fax : 04 72 85 85 70
E-mail : fixations@emile-maurin.fr
Site : www.maurin.fr

- Éléments d'assemblage

Z.I. Est 24, rue Francine Froment
69120 VAULX-EN-VELIN
Tél. : 04 78 79 34 34
Fax : 04 72 04 32 52
E-mail : aciers@emile-maurin.fr
Site : www.maurin.fr

- Produits métallurgiques

MICHAUD CHAILLY
Groupe MAURIN
7, rue du souvenir
69007 LYON
Tél. : 08 25 00 25 55
Fax : 08 25 34 07 85
E-mail : michaud@michaud-chailly.fr
Site : www.michaud-chailly.fr

- Transmission mécanique
- Guidage linéaire
- Motorisation
- Pneumatique
- Roulements
- Outillage

Index des principales références industrielles de l'ouvrage

MUBÉA FRANCE S.A.
40, rue Principale
B.P. 40020
67340 MENCHHOFFEN
Tél. : 03 88 89 46 00
Fax : 03 88 89 49 05
E-mail : damien.tritre@mubea.com

- Goupilles élastiques
- Rondelles ressorts (Belleville)

Koyo-Bearings-Vierzon
Maromme
1, rue Denis Papin
CS 20035
68025 Colmar CEDEX
Tél. : 03 89 77 94 90
Fax : 03 89 77 94 91

- Butées à aiguilles
- Butées à rouleaux
- Butées et roulements combinés
- Galets
- Roulements à aiguilles
- Roulements à rouleaux

Construiracier (OTUA)
20, rue Jean Jaurès
92800 PUTEAUX
Tél. : 01 55 23 02 30
Fax : 01 55 23 02 49
Site : www.construiracier.fr

- Informations

PARKER-HANNIFIN S.A.
Groupe HYDRAULICS
Z.A.E. la Forêt
74138 CONTAMINE SUR ARVE CEDEX
Tél. : 04 50 25 80 25
Fax : 04 50 03 67 37
Site : www.parker.com
E-mail : accueil.contamine@parker.com

- Actionneurs rotatifs hydrauliques
- Bloqueurs de tige
- Détecteurs de proximité
- Vérins hydrauliques
- Vérins linéaires électro-hydrauliques
- Vérins pneumatiques

PAULSTRA (Hutchinson)
61, rue Marius Aufan
B.P. 164
92305 LEVALLOIS-PERRET CEDEX
Tél. : 01 40 89 53 31
Fax : 01 47 57 43 46
E-mail : paulstra.vibrachoc@hutchinson.fr
Site : www.paulstra-vibrachoc.com

- Accouplements élastiques
- Articulations élastiques
- Étanchéité dynamique
- Supports antichocs
- Suspensions antivibratoires

PÉCHINEY ALUMINIUM INFORMATION (groupe RIOTINO)
B.P. 07
38341 VOREPPE Cedex
Tél. : 04 76 57 80 00
Fax : 04 76 57 85 28
Site : www.riotino.com

- Informations

UITS (SATS + SITS)
Syndicat des Applicateurs de Traitements
39/41, rue Louis-Blanc
92400 COURBEVOIE
Tél. : 01 47 17 64 33
Fax : 01 47 17 61 05
E-mail : contact@uits-france.com
Site : www.uits-france.com

- Informations
- Traitements de surface

SIEMENS
9, bd du Docteur Finot
93527 SAINT-DENIS CEDEX 2
Tél. : 08 21 80 11 11
ou 01 49 22 30 03
Fax : 01 49 22 34 13
Site : automation@siemens.fr

- Automation
- Démarreurs
- Moteurs électriques triphasés basse tension progressifs
- Motoréducteurs
- Variateurs de vitesse

S.K.F. Équipements
34, av. des Trois-Peuples
B.P. 83
78180 MONTIGNY-LE-BRETONNEUX
Tél. : 01 30 12 73 00
Fax : 01 30 12 69 09
E-mail : equipements.france@skf.com
Site : www.skf.fr

- Broches de machines-outils
- Douilles à billes
- Étanchéité roulements
- Guidages linéaires
- Positionnement à moteurs linéaires
- Vis à billes et vis à rouleaux
- Vérins électriques linéaires et rotatifs

S.K.F. France
34, av. des Trois-Peuples
B.P. 288
78180 MONTIGNY-LE-BRETONNEUX
Tél. : 01 30 12 73 00
Fax : 01 30 12 76 69
Site : www.skf.fr

- Butées à billes ou à rouleaux
- Galets
- Paliers
- Paliers divers
- Roulements à billes ou à rouleaux

N.T.N. - S.N.R. Roulements
1, rue des Usines
B.P. 2017
74010 ANNECY CEDEX
Tél. : 04 50 65 30 00
Fax : 04 50 65 30 88
Site : www.ntn.snr.com

- Butées à billes ou à rouleaux
- Galets
- Roulements à billes ou à rouleaux
- Rouleaux spéciaux
- Paliers auto-aligneurs

TÉCALÉMIT Équipement
Parc d'activité Kermaria
31, route de Combrit
29120 PONT l'Abbé
Tél. : 02 98 82 48 48
Fax : 02 98 82 48 49
Site : www.tecalemit.fr

- Bouchons
- Éléments de graissage
- Graisseurs
- Voyants

VANEL RESSORTS
45, rue d'Alma
65400 Villefranche-sur-Saône
Tél. : 09 70 44 01 41
Fax : 04 26 03 10 02
E-mail : sales@vanel.com
Site : www.vanel.com

- Ressorts de compression
- Ressorts de traction
- Ressorts de torsion
- Ressorts de forme

Index alphabétique

A

Accouplements (Démarche de choix et de calcul) 575
Accouplements (Dimensionnement) 583
Accouplements (Guide de choix d'un type d'accouplement permettant les désalignements importants) 581
Accouplements (Guide de choix d'un type d'accouplement rigide) 580
Accouplements (Guide de choix d'un type d'accouplements flexibles et d'un type de manchons rigides d'accouplement) 582
Accouplements (Guide de choix d'un type d'accouplement élastique ou semi-élastique) 579
Accouplements élastiques 576
Accouplements permettant les désalignements 581
Accouplements semi-élastiques 578
Acier (choix d'un) 166
Acier d'usage général lamifié 194
Acier étiré à froid 197
Aciers laminés spéciaux pour traitement thermique 192
Actionneurs 443
Ajustement dit à alésage normal ou à arbre normal 94
Ajustements (valeurs calculées des principaux) 93
Ajustements et tolérances 89
Alliage de cuivre, choix d'un 178
Alliage de zinc, choix d'un 182
Alliage d'aluminium, choix d'un 183
Aluminium (Choix d'un alliage) 183
Aluminium et alliages, barres et profilés 200
Amortisseurs 639
Amortisseurs métalliques 655
Analyse de la valeur 16
Analyse fonctionnelle descendante (SADT) 31
Anneaux d'étanchéité NiLOS 515
Anneaux d'étanchéité NiLOS (Conception) 515
Anneaux d'étanchéité NiLOS (Montage) 516
Anneaux d'étanchéité NiLOS (Recommandations de conception) 518
Anneaux d'étanchéité NiLOS (Exemples de montage) 519
Anneaux de serrage 273
Annexes 680
Approche système 29
Arrêts en rotation et en translation 265
Arrondis sous tête de visserie 213
Articulations 640
- Amplitudes de torsion 641
- Charges dynamiques 641
- Démarche de choix et de calcul 640
- Guide de choix d'un type d'artículation élastique 642

Articulations - Rotules - Embouts - suspensions - Amortisseurs 639
Assemblage et fixation mécanique par obstacle et par soudure 591
Assemblage par adhésion (choix d'une colle) 620
Assemblages mécaniques par liaison chimique fixation) 609
Assemblages mécaniques par liaison chimique (fixation) (Bases de calcul - Définitions - Exemple) 610
Assemblages mécaniques par liaison chimique (fixation) (Démarche de choix d'une résine) 609
Assemblages mécaniques par liaison chimique (fixation) (Exemples de résolution de problèmes) 613
Assemblages mécaniques par liaison chimique (fixation) (Facteurs de correction pour le calcul des efforts) 612
Assemblages mécaniques par liaison chimique (fixation) (Guide de choix d'un type de produit de fixation) 611
Assurance qualité 20
Audit qualité 20
Axes dentelés cylindriques 283

B

Bagues d'arrêt 587
Bagues d'étanchéité 358
Bagues et coussinets PTFE ou autolubrifiants 369
Bagues et rondelles de butée PTFE 370
- Lubrification 377
- Montage des bagues 379
- Bagues standard 380
- Calculs 375
- Caractéristiques 371
- Dimensions 373

Bagues intérieures longues percées ou non 358
Barres en acier étiré à froid 197
Barres et profilés - Aciers d'usage général lamifiés 194
Barres et profilés d'aluminium et alliages 200
Barres et tubes - Aciers laminés spéciaux pour traitement thermique 192
Besoin, énoncé fonctionnel du 11
Bouchons - Voyants 521
Boules de manœuvre 256
Boulonnerie (longueurs de) 213
Boulonnerie et visserie 203
Boulonnerie, couples de serrage et efforts de traction recommandés 217
Boulons (inventaire des principaux) 223
Boulons et vis, choix des modes d'entraînement 219
Boutons de manœuvre 256
Bouts d'arbres cylindriques et coniques 263
Brevet, dépôt de 26
Butées à aiguilles ou à rouleaux avec contre-plaque incorporée 353
Butées à aiguilles. Séries mince et épaisse 354
Butées à billes à simple effet 351
Butées à rotule sur rouleaux 352
Butées à rouleaux série légère et série lourde 352
Butées à rouleaux série légère et série lourde (Montages types) 355

C

Cages à aiguilles 356
Cahier des charges fonctionnel (CdCF) 11
Cales obliques pour poutrelles 249
Cannelures cylindriques 268
- à flancs en développantes 271
- Calculs 269
- Dimensionnement 268
- Guide de choix d'arbres et moyeux cannelés 270

Caoutchoucs cellulaires et mousses 656
Caractéristiques du profil, bases de calcul 134
Cardans simples ou doubles, joints de 571
- Conditions de montage et d'homocinétisme 571
- Dimensionnement 572
- Guide de choix d'un type de joint de cardan 573

Carrés d'entraînement 574
- pour outils à queue 574
- pour pièces mécaniques 574

Cartouche d'inscription 63
Certification 23
Chaînes de cotes 119
Chaînes et pignons 558
- Choix d'une chaîne 560
- Détermination d'un système chaîne-pignon-roue 558
- Détermination de la longueur d'une chaîne 559
- Dimensionnement 561-562
- Dimensions des pignons 564
- Guide de choix d'un type de chaîne à rouleaux 561
- Guide de choix d'un type de pignon ou d'un type de disque simple 562
- Guide de choix d'un type de pignon simple, double ou triple 562
- Guide de choix d'un type de pignon simple, double ou triple à moyeu amovible à emmanchement conique 563
- Tendeurs de chaîne 564

Chambrages et lamages 212
Chanfreins 75
Charge radiale dynamique équivalente P dans les roulements 303
Charge statique équivalente PO 305
Chariots linéaires 436
Chariots linéaires fermés 438
Chariots linéaires ouverts 438

Index alphabétique

Charnières et gonds ... 588
– Guide de choix d'un type de charnière ... 588
– Guide de choix d'un type de gond ... 589
Circlips ... 272
Clavetage arbres et moyeux ... 267
Clavetage longitudinal ... 266
Clavettes disques ... 267
Clavettes parallèles fixées par vis ... 266
Clés de serrage, encombrement des ... 253
Collage, assemblage chimique ... 607
– Démarche de choix d'une colle ... 620
Collage, assemblage chimique (Bases de calcul - Définitions) ... 577
Collage, assemblage chimique (Guide de choix des types de colles) ... 622
Collage, assemblage chimique (Les familles d'assemblage et les familles des colles associées) ... 608
Collage, assemblage chimique (Les limites du collage) ... 608
Compétitivité des produits industriels ... 18
Composants de guidage en translation ... 389
Conception des produits et des systèmes ... 79
Cônes morses, cônes 5 %, d'emmanchement ... 260
Congés ... 75
Contrat de licence ... 28
Conventions et symboles ... 657
Correspondance entre les vues ... 61
Correspondances approximatives H/Rm ... 680
Cotation ... 79
Cotation fonctionnelle ... 119
Cotes (inscription des valeurs et symboles des) ... 83
Cotes dimensionnelles (inscription des) ... 80
Cotes géométriques (inscription des) ... 87
Coupes et sections ... 70
Couples de serrage et efforts de traction recommandés pour boulons ... 217
Courroies crantées en polyuréthanne à pas métrique ... 533
Courroies crantées HTD pour transmission à couple élevé (pas en mm) ... 530
Courroies crantées synchrones à pas en pouces ... 527
Courroies et poulies ... 524
– Guide de choix d'une courroie ... 524
– Caractéristiques de la transmission ... 526
– Démarche de choix et de calcul d'une courroie et d'une poulie synchrone ... 525
Courroies trapézoïdales ... 534
– Choix d'une section d'une courroie série étroite ... 539
– Démarche de choix et de calcul d'une courroie et d'une poulie trapézoïdales ... 534
– Facteurs de service ... 539
Courroies trapézoïdales enveloppées de section classique .. 540
Courroies trapézoïdales moulées crantées de section étroite 540
Coussinets - Plaques - Glissières : autolubrifiants ... 381
– Abaque des charges/vitesses ... 382
– Conditions de montage et de lubrification complémentaire ... 386
– Différentes nuances ... 384
– Dimensions ... 387
Coussinets divers ... 383
Coussinets et bagues PTFE ou autolubrifiants ... 369
Coussinets et bagues ... 369
Coût (analyse d'un) ... 19
Coût de la non-qualité ... 21
Crémaillères ... 556
– Dimensions et aide au montage ... 556
– Généralités ... 556
– Guide de choix d'un type de crémaillère ... 557
Cuivre (Choix d'un alliage) ... 178
Cycle de vie d'un produit industriel ... 18

D

Décomposition fonctionnelle ... 13
Défauts de surface classés par nature ... 131
Défauts de surface, spécification des ... 138
Dégagements ... 75
Démarche productique, les outils à disposition ... 10
Dépôt de brevet ... 26
Dessin technique (règles générales du) ... 59
Dimensions linéaires nominales ... 89
Disposition des vues ... 66
Doigts d'indexage ... 282
Douilles à aiguilles à cage ... 356
Douilles à aiguilles jointives retenues ... 356
Douilles ou roulements à aiguilles ... 294
Durée de vie corrigée d'un roulement ... 306
Durée de vie d'un roulement ... 302

E

Écarts ... 92
Écarts (origine des) et moyens d'évaluation ... 132
Écarts fondamentaux des alésages ... 90
Écarts fondamentaux des arbres ... 90
Échelles des dessins ... 64
Écriture ... 61
Écrous ... 216
– Caractéristiques mécaniques des ... 216
– Marquage ... 218
– Valeurs de charge d'épreuve ... 216
Écrous autosertissables ... 600
Écrous noyés et goujons à sertir ... 592
– Généralités et description ... 592
– Guide de choix d'un type d'écrou noyé ... 593
Efforts de traction et couples de serrage recommandés pour boulons ... 217
– Inventaire ... 225
– de freinage, inventaire ... 226
– spéciaux, inventaire ... 227
– Dimensionnement ... 241
Éléments d'assemblage chimique : le collage ... 607
Éléments d'assemblage et de fixation mécanique par obstacle et par soudure ... 591
Éléments de machine ... 259
– Cônes d'emmanchement ... 260
– Cônes morses - cônes 5 % ... 260
– Queues d'outils à conicité ... 260
Éléments d'arrêt en rotation et en translation ... 265
Éléments de manœuvre, de serrage, d'entraînement ... 251
Embouts ... 639
Embouts et rotules ... 639
– Guide de choix d'un type d'embout ... 648
Engrenages ... 541
– Caractéristiques de denture ... 541
– Définitions cinématiques ... 541
– Détermination des engrenages ... 543
– Différents types d'engrenages ... 541
– Représentation des engrenages ... 555
Engrenages à axes orthogonaux (roues et vis sans fin) ... 547
– Détermination des couples « vis-roues » ... 548
Engrenages à vis cylindriques ... 549
– Calculs et jeux des filets pour montage ... 549
– Dimensionnement ... 549
– Guide de choix d'un type d'engrenages à vis cylindrique ... 551
Engrenages coniques ... 552
– Définition ... 552
– Couples coniques standard (puissances transmissibles) ... 552
Engrenages coniques et spiro-coniques ... 553
– Calculs ... 553
– Dimensionnement ... 553
– Généralités ... 553
– Guide de choix d'un type d'engrenages coniques et spiro-coniques ... 554
– Indications à fournir au fabricant ... 555
Engrenages cylindriques, roues à denture droite ... 542
Engrenages et roues cylindriques à denture hélicoïdale à axes parallèles ... 546
Engrenages et roues cylindriques à denture hélicoïdale à axes parallèles ou perpendiculaires ... 546
Énoncé fonctionnel du besoin ... 11
Entraînement (éléments d') ... 251

Index alphabétique

Étanchéité (différents procédés - Choix de l'élastomère d'un joint ... 506
Étanchéité (différents procédés) ... 503
– Choix d'une étanchéité (principaux dispositifs) ... 504
Étanchéité des filetages ... 617
– Compatibilité d'emploi des produits d'étanchéité des filetages ... 618
– Guide de choix d'un type de produit d'étanchéité ... 617
Étanchéité des plans de joint ... 619
– Guide de choix d'un type de produit d'étanchéité ... 619
Étanchéité et protections extérieures au roulement ... 333
États de surface ... 129
État de surface, spécification de ... 139

F

Filetages, les profils des ... 204
Filetages, représentation ... 211
Filetés (Désignation des produits) ... 218
Filets rapportés ... 594
Fonctions logiques binaires (Symboles) ... 675
Fonte, choix d'une ... 175
Formats des dessins ... 62
Formes mécaniques usuelles ... 78
Fraisures de visserie ... 213
Freinage des filetages ... 614
– Bases de calcul - Définitions ... 615
– Démarche de choix d'un produit de freinage ... 614
– Guide de choix d'un type de produit de freinage ... 616
Freins d'écrous et rondelles ... 228

G

Galets de cames ... 362
GEMMA ... 54
Glissières - Coussinets - Plaques : autolubrifiants ... 381
Gonds et charnières ... 580
– Guide de choix d'un type de charnière ... 580
Goujons à sertir et écrous noyés ... 592
Goujons et vis ... 214
– Dimensionnement ... 240
– Implantation des ... 214
– Marquage ... 218
– Valeurs de charge d'épreuve ... 215
Goupille cannelée : exempies de montage ... 284
Goupilles ... 275
Goupilles cannelées ... 278
Goupilles élastiques ... 279
GRAFCET ... 33
Graissage, dispositifs de ... 522
Graisseurs ... 520
Grandeurs et unités de mesures ... 681
Guidage en rotation : roulements, paliers, butées, galets .. 285
Guidage en translation ... 389
– Détermination d'un système de guidage ... 390
– Composants ... 389
– Exemples de montage ... 391
– Guide de choix d'un type de guidage ... 392
Guide de choix d'une courroie ... 524

H

Hachures conventionnelles ... 72

I

Index des références et index alphabétiques ... 682
Innovation ... 24
Inserts pour plastique ... 597
Intersections ... 73
Implantation des vis et des goujons ... 214

J

Joints à lèvres pour arbre coulissant ... 510
Joints à lèvres radial pour arbre tournant ... 509
– Caractéristiques ... 509
– Choix des joints ... 509
– Exemples de montage ... 510
Joints quadrilobes ... 508
Joints toriques ... 507
Joints V-ring ... 511
– Étanchéité ... 512
– Exemples de montage ... 514
– Formes standard ... 511
– Montage ... 512
– Qualités standard ... 511

L

Lamages et chambrages ... 212
Levier d'entraînement ... 257
Licence, contrat de ... 28
Limiteurs de couple à glissement ... 585
– Dimensionnement ... 585
– Généralités ... 585
– Guide de choix d'un type de limiteur de couple à glissement ... 586
– Guide de choix d'un type de limiteur de couple à billes ... 586
Longueur de boulonnerie ... 213
Lubrification d'un roulement, influence de la ... 308
Lubrification des roulements ... 336
– Lubrification à huile ... 337
– Lubrification à la graisse ... 340

M

Manettes et poignées indexables d'entraînement ... 258
Manœuvre (éléments de) ... 259
Manuel qualité ... 20
Marquage des écrous ... 218
Marquage des vis et des goujons ... 218
Matériaux ... 143
Matériaux (Caractéristiques mécaniques : symboles, unités) ... 152
Matériaux (Choix en fonction des sollicitations) ... 164
Matériaux (Démarche technico-économique de choix d'un matériau) ... 163
Matériaux (Désignation alphanumérique des métaux et alliages) ... 146
Matériaux (Indice de prix des principaux matériaux en barres) ... 191
Matériaux (Mode d'obtention - État de livraison - États métallurgiques) ... 150
Matériaux (Symboles - Caractéristiques physiques) ... 144
Matériaux (Traitements thermiques : termes usuels - Choix) ... 153
Matière plastique, choix d'une ... 188
Modules linéaires ... 433
– Exemple de fixation ... 434
– Exemples d'association des modules ... 435
– Guide de choix ... 433
Modules linéaires compacts ... 439
Moteurs électriques ... 493
– Guide de choix d'un type de moteur électrique ... 494
– Concept modulaire (moteurs à cage) ... 502
– Démarche de détermination ... 493
– Exemples de puissances d'entraînement courantes ... 496
– Formes de construction courantes (servomoteurs) ... 501
– Formes de construction courantes NF C 51-117 (moteurs) ... 500
– Machine entraînée, moment d'inertie J ... 497
– Schémas de paliers pour moteurs ... 498
Mousses et caoutchoucs cellulaires ... 655
– Guide de choix d'un type de caoutchoucs cellulaires ... 655
– Guide de choix d'un type de mousse polyuréthanne ... 655

N

Nomenclature de définition ... 64
Normes, généralités sur les ... 60

O

Organigramme de programmation (Symboles) ... 677
Organigramme pour le traitement de l'information ... 679

Index alphabétique

P

Paliers et roulements auto-aligneurs ... 298
Perspectives ... 77
Pieds de position ... 283
Pignons et chaînes (voir chaînes et pignons) ... 558
Plaques - Glissières - Coussinets : autolubrifiants ... 381
Plastique, choix d'une matière ... 188
Plastiques, profilés de sections courantes ... 202
Poignées d'entraînement ... 254
Poignées et manettes indexables d'entraînement ... 258
Position et inscription des cotes ... 81
Poulies (profil des gorges) ... 539
Poulies à gorges trapézoïdales à moyeu amovible ... 540
Poulies crantées à éléments de montage MIDAS pour courroies HTD (pas métrique) ... 531
Poulies crantées monobloc pour courroies HTD (pas métrique) ... 531
Poulies crantées synchrones à pas en pouces ... 525
Poulies et courroies (guide de choix) ... 524
Productique, démarche, outils à disposition ... 10
Profil (caractéristiques du), bases de calcul ... 134
Profil, paramètres ... 135
Profilés en plastiques : sections courantes ... 202
Profilés et barres - Aciers d'usage général laminés ... 194
Profils des filetages ... 204
Profils et barres d'aluminium et alliages ... 200
Profils tubulaires d'acier ... 198
Profils, surfaces, définitions ... 133
Protection industrielle ... 26
Protections et étanchéité extérieurs au roulement ... 333

Q

Qualité ... 22
Queue d'outils à conicité ... 260

R

Raccordements ... 74
Rainures à T et accessoires ... 262
Rainures de clavetage normalisées DIN 6885 ... 565
Références géométriques (inscription des) ... 85
Règles générales des dessins techniques ... 59
Repères des éléments ... 65
Résines (démarche de choix) ... 609
Ressorts de compression ... 628
Ressorts de torsion ... 628
Ressorts de traction ... 628
Ressorts formés à froid, rondelles ressort ... 623
– Bases de calcul – Définition ... 627
– Démarche de détermination d'un ressort ... 626
– Guide de choix d'un type de métal usuel à ressort ... 624
– Règles spéciales pour les ressorts travaillant en endurance ... 629
– Représentation normalisée d'un ressort ... 638
– Tolérances dimensionnelles des ressorts ... 629
– Traitements de surface d'un ressort ... 625
Ressorts rondelles Belleville ... 630
– Démarche de choix d'une rondelle ressort ... 630
– Désignation et tolérances des rondelles ressort ... 631
– Différents modes d'empilage des rondelles ... 634
– Dimensions ... 636
– Étude des contraintes et durée de vie ... 633
– Exemple de calcul ... 632
– Exemples de montage ... 637
– Guidage des rondelles ressort et jeu conseillé ... 635
Revêtement de surface, choix d'un ... 161
Rivets aveugles ... 601
Rivets métalliques pleins ... 603
Rondelles ... 228
– Choix d'une ... 228
– Dimensionnement ... 245
– Frein pour écrous à encoches ... 250
Rondelles et butées PTFE ... 370
Rondelles et freins d'écrous ... 228
– Inventaire ... 229
Rondelles ressorts (Belleville) ... 630
Rotules ... 639
Rotules et embouts ... 644
– Choix d'un type de rotule ... 644
– Étude des montages ... 647
– Guide de choix d'un type de rotule ... 645
Roues à rochet et à cliquets ... 587
Roues cylindriques droites ... 544
– Guide de choix d'un type de roues cylindriques droites ... 545
Roues et engrenages cylindriques à denture droite ... 542
Roues et engrenages cylindriques à denture hélicoïdale à axes parallèles ... 546
Roues et engrenages cylindriques à denture hélicoïdale à axes parallèles ou perpendiculaires ... 546
Roues et vis sans fin ... 547
– Détermination des couples « vis-roues » ... 548
Roues libres de précision ... 565
– Démarche de choix et de calcul ... 565
– Dimensionnement ... 569
– Guide de choix d'un type de roue libre de précision ... 567
– Rainures de clavetage normalisées DIN 6885 ... 565
Roulements ... 288
– Ajustements arbre et logement/roulement ... 319
– Calcul : roulements à contact oblique non préchargés ... 313
– Calcul : roulements rigides à une rangée de billes ... 311
– Calculs de la durée de vie ... 302
– Charge radiale dynamique équivalente P ... 303
– Charge statique équivalente P_0 ... 305
– Choix des ajustements ... 318
– Choix des fixations radiales et axiales ... 316
– Choix du jeu radial des roulements ... 322
– Choix du montage (en « O », en « X ») ... 317
– Choix du procédé de fixation axiale ... 315
– Démarche de détermination d'un roulement ... 287
– Désignation normalisée des roulements ... 367
– Diagrammes de calcul de la durée de vie ... 310
– Dispositifs de protection et d'étanchéité extérieurs au roulement ... 333
– Durée de vie nominale corrigée ... 306
– Exemples de montage ... 327
– Géométrie et état de surface des portées des arbres et logements ... 365
– Glossaire ... 286
– Guide de choix d'un type de roulement ... 288
– Influence de la lubrification ... 308
– Jeu axial de montage. Montages préchargés. Roulements à contact oblique ... 314
– La lubrification ... 336
– Règles générales de montage ... 324
– Segments d'arrêt ... 360
– Types de cage de roulement ... 334
– Types de roulements (description) ... 335
– Valeur du jeu nominal des roulements ... 323
Roulements à aiguilles à cage ... 357
Roulements à aiguilles ou à rouleaux ... 296
Roulements à aiguilles spéciaux ... 360
Roulements à billes à contact radial et variantes ... 343
Roulements à deux rangées de billes à contact oblique ... 347
Roulements à deux rangées de billes à contact radial ... 347
Roulements à deux rangées de rouleaux cylindriques jointifs 349
Roulements à rotule sur deux rangées de billes ... 347
Roulements à rotule sur deux rangées de billes avec bague intérieure large ... 349
Roulements à rotule sur deux rangées de rouleaux ... 349
Roulements à rouleaux coniques ... 350
Roulements à rouleaux cylindriques ... 348
Roulements à une rangée de billes à contact oblique ... 346
Roulements à une rangée de billes à contact radial ... 344
Roulements à une rangée de rouleaux coniques appariés ... 350
Roulements à une rangée de rouleaux cylindriques croisés ... 350
Roulements combinés ... 359
Roulements combinés de précision ... 360
– Exemples de montages ... 361

Index alphabétique

Roulements et paliers auto-aligneurs 363
Roulements et paliers auto-aligneurs, choix d'un type de 298
Roulements inversés à aiguilles jointives 258
Rugosité, valeurs indicatives de R 142

S

SADT (analyse fonctionnelle descendante) 31
Sections et coupes 70
Séparation des défauts de surface 138
Serrage (éléments de) 251
Soudure 604
– Applications - Cotation des soudures 605
– Indications - Différents procédés 606
– Représentation - Symboles - Positions diverses 604
Spécification géométrique de produits GPS 113
– Objectifs du GPS 113
– Schémas directeur 114
– Matrice générale réduite 115
– Maillon 1 116
– Maillon 2 116
– Maillon 3 118
– Maillon 4 118
– Maillon 5 118
– Maillon 6 118
Surface, séparation des défauts de 138
Surfaces, profils, définitions 133
Surplats pour usage général, dimensions des 252
Suspensions 639
Suspensions élastiques 650
– Démarche de choix et de calcul d'une suspension élastique 650
– Exemples de montages 652
– Guide de choix d'un type de suspension élastique 651
– Guide de choix d'un type de suspension élastomère 653
– Guide de choix d'un type de suspension : ensembles lamifiés 654
Symboles et conventions 657
– Symboles architecturaux topographiques 674
– Symboles de mécanismes simples et complexes 659
– Symboles des liaisons entre pièces 658
– Symboles des schémas pour chaînes cinématiques 661
– Symboles électriques 668
– Symboles fonctions logiques binaires 675
– Symboles pneumatiques et hydrauliques 663
– Symboles pour les organigrammes (traitement de l'information) 679
– Symboles pour les organigrammes de programmation 676
Système d'ajustement dit à alésage normal ou à arbre normal 94
Système, approche 29
Systèmes vis-écrous à billes 404
Systèmes, automatisés, structuration 30

T

Tables sur rails de guidage 440
– Calculs 442
Tendeurs de chaîne 564
Tiges filetées 240
Tolérances et ajustements 89
Tolérances générales 94
Tolérances géométriques 95
Tolérances géométriques générales 95
Traitements thermiques 153
Traits 68
Transmission de puissance 523
Trous de centre 261
Trous de passage des vis 212
Tubes et barres - Aciers lamifiés spéciaux pour traitement thermique 192

U

Unités de mesures 681

V

Valeurs calculées des principaux ajustements 93
Valeurs indicatives de R 142
Valorisation d'un produit 28
Vérins à tirants, double effet AFNOR-VDMA-ISO (Δ 32 à 125 mm) 468
Vérins cylindriques sans tirants d'assemblage (Δ 8 à 25 mm) 472
Vérins cylindriques sans tirants d'assemblage (Δ 32 à 63 mm) 476
Vérins électriques 483
– Démarche de détermination 483
– Présentation et choix d'un vérin 484
– Connaissances de base 485
– Guide de choix d'un vérin électrique 487
– Principales fonctions réalisées par un vérin 490
– Exemples d'applications 490
– Les servovérins 491
– Automatisation et productivité 492
Vérins hydrauliques 477
– Démarche de détermination 477
– Formes de montage des vérins 482
– Guide de choix 478
Vérins pneumatiques 444
– Amortissement des vérins 448
– Courses normalisées recommandées 448
– Définition d'un diamètre de vérin 447
– Degrés de protection 445
– Démarche et calcul de détermination 444
– Détermination du débit d'air et de gaz 445
– Diagramme « charge radiale - course - durée de vie » 449
– Dimensionnement de quelques vérins Vérins pneumatiques- usuels 469
– Guide de choix d'un type de détecteur 466
– Guide de choix d'un type de vérin 450
– Les vérins dans leur environnement 477
Vis à tôle, inventaire 224
Vis et écrous à billes de précision 420
Vis et goujons (implantation des) 214
Vis et goujons, valeurs de charge d'épreuve 215
Vis, désignation des classes de qualité 214
Vis, dimensionnement 232
Vis, inventaire des principales 220
Vis-écrous à billes 404
– Accessoire 406
– Bases de calculs 408
– Calculs 411
– Éléments de guidage à billes 416
– Éléments de guidage à rouleaux 418
– Guidage à billes 414
– Guidage à rouleaux 412
– Montages 405
Vis et écrous de précision à rouleaux 425
– Différents types de vis à rouleaux 425
– Étude comparative 425
– Vis à rouleaux satellites 426
– Vis à recirculation de rouleaux 428
– Guide de choix des vis à rouleaux satellites 429
– Guide de choix des vis à recirculation de rouleaux 430
– Formules de calcul d'une vis à rouleaux 431
Visserie et boulonnerie 203
Visserie spéciale : vis, anneaux, ... 231
Volant d'entraînement 253
Voyants - Bouchons 521
Vues éclatées 76
Vues, correspondance des 67
Vues, dispositions des 66

Z

Zinc (choix d'un alliage de) 160

mémotech plus

Conception et dessin

Le *mémotech plus* « *Conception et dessin* » est une refonte complète de l'ouvrage *mémotech* « *Conception et dessin* » qui a fait l'objet de six éditions, de nombreux retirages et de mises à jour régulières depuis 1988, ouvrage de référence reconnu tant dans l'industrie que dans l'enseignement technologique.

Ce *mémotech plus* reprend, améliore et augmente la méthode originale de choix et de calcul des composants mécaniques en conception de produit qui s'appuie sur la rédaction systématique de **pages démarche,** de **guides de choix** et de **fiches de calculs.**

Les auteurs apportent une nouvelle innovation majeure, la base de données composants présentée dans l'ouvrage, est reliée aux bases de données industrielles des principaux fabricants de référence européens, ce qui permet de proposer au lecteur :

- un ***CD-Rom « bibliothèques de composants normalisés CAO 3D »,*** de plus de 180 000 composants mécaniques,
- un DVD-ROM ***« données techniques composants »,*** cette seconde base de données présente les données techniques composants des fabricants.

Ces deux supports sont disponibles au CIRTES.

Les auteurs ont également ajouté de nombreux exemples d'applications industrielles.

La rédaction de l'ouvrage et la liaison avec les données industrielles devraient permettre son exploitation encore plus performante en conception de produit et ainsi devraient faciliter la tâche des étudiants, comme celle des professionnels, enseignants, ingénieurs et techniciens supérieurs de l'industrie.

9 782713 533105

MECON2
ISBN : 978-2-7135-3310-5
ISSN : 0986-4024