Henri CHARLENT
Patrick AGOSTINI

EDITIONS LE MONITEUR

TRAITÉ des INSTALLATIONS SANITAIRES

15e édition
du Traité de plomberie



DUNOD

TRAITÉ des INSTALLATIONS SANITAIRES

15e édition
du Traité de plomberie

Consultez nos parutions sur dunod.com



Henri CHARLENT
Patrick AGOSTINI

TRAITÉ des INSTALLATIONS SANITAIRES

15e édition
du Traité de plomberie

EDITIONS LE MONITEUR

DUNOD

Couverture : MATEO

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.



Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

© Dunod, Paris, 2009
ISBN 978-2-10-054180-5

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

RECOMMANDATIONS

Cet ouvrage a été conçu pour vous permettre de trouver facilement les informations nécessaires à la réalisation de votre métier.

Il est destiné à un public de professionnels, d'élèves en cours de formation, d'apprentis et plus généralement à toute personne ayant les bases du métier qui recherche des informations plus complètes sur un domaine particulier.

Le métier d'installateur sanitaire a beaucoup évolué ces dernières années par l'évolution des matériaux et matériels utilisés (apparition des matériaux de synthèse, des résines d'étanchéité, évolution de l'outillage…), et par la forte évolution réglementaire (loi sur l'eau, normalisation européenne, nouveaux DTU…).

Il continue d'évoluer en permanence et nécessite de la part des professionnels une formation ou une recherche d'informations perpétuelle.

Malgré cette nouvelle édition actualisée, il faudra veiller en permanence à consulter les éventuelles modifications de la réglementation et des normes.

Cet ouvrage reprend en partie seulement les normes, DTU, réglementations, règles de l'art… mais ne se substitue pas à ceux-ci. Il est donc de la responsabilité du lecteur de s'assurer de la validité des informations contenues dans ce livre au moment de son utilisation (changement de réglementation, évolution des produits, des règles de construction…).

Les pratiques professionnelles ayant évolué, il a été ajouté des chapitres supplémentaires par rapport à la précédente édition. Ceux-ci concernent:

- les installations électriques,
- les installations de chauffage,
- les installations de climatisation,
- les systèmes de régulation.

Ceci afin de donner au lecteur les connaissances nécessaires à la compréhension des systèmes qu'il sera amené à rencontrer sur les chantiers au cours de ses interventions.

L'outil internet permet de faciliter le travail de recherche d'informations, mais attention, il faut s'assurer que ces informations sont fiables car on trouve beaucoup d'informations « périmées » (unités interdites d'usage, anciennes normes…), et sur certains sites, on trouve des articles rédigés par les utilisateurs eux-mêmes (wikipédia, sites de tchat, conseils de dépannage…).

Une liste de sites utiles se trouve à la fin de l'ouvrage pour vous permettre d'approfondir vos connaissances.

Il est recommandé de lire les thèmes traités dans leur intégralité afin d'avoir une vision d'ensemble sur le sujet.

SOMMAIRE

1
MÉMENTO TECHNIQUE

Système international SI 1
Unités 1
Multiples et sous-multiples 3
Règles utiles d'écriture des symboles et des unités 6
Unités anglaises et américaines 9
Grandeurs caractéristiques et conversions 10
Masse et poids 10
Température 11
Chaleur et énergie 13
Puissance 17
Rendement 20
Pression 21
Changements d'état de l'eau 24
Autres grandeurs caractéristiques d'un fluide 29
Dimensions des tuyauteries 43
Transmission de la chaleur 47
Théoreme de Bernoulli 52
Acoustique 54
Angles 58
Rappels de géométrie 59
Surfaces 59
Volumes 61
Quelques relations usuelles 62
Leviers 63
Poulies 65
Moufles 67
Treuils 67
Représentations normalisées 68
Identification des tuyauteries 68
Identification de bouteilles de gaz 71
Représentation des tuyauteries et accessoires 72

2
OUTILLAGE

Soudage 76
Soudage oxyacétylénique 76
Soudage au propane 90
Soudage à l'arc 90
Outillage divers 91
Fixe-tubes 92
Pied à coulisse 92
Palmer 93
Scie à métaux 93
Clés spéciales 94
Déboucheurs 94
Outillages spécialisés 94
Appareils de détection 95
Matériaux de construction 96
Plâtres 96
Ciments 96
Métaux 97

3
CAPTATION ET ÉLÉVATION DE L'EAU

Recherche des eaux souterraines 101
Évaluation des besoins en eau 102
Puits 103
Puits ordinaires 103
Puits instantanés 104
Puits artésiens 104
Puits profonds 105
Récupération d'eau de pluie 106
Déversoirs 108
Distillation de l'eau 109
Principe de la distillation 109
Distillation naturelle 110
Distillation de l'eau de mer 110
Osmose inverse 111
Autres techniques de captage d'eau 111
Appareils élévateurs 111
Seau 111
Noria 112

Roue à aube 112
Pompe à chaîne hélice 112
Pompe capillaire 113
Moulin à vent 113
Types de pompe 115
Pompes volumétriques 115
Pompe centrifuge 119
Hydroéjecteur 120
Pompe bélier ou bélier hydraulique 122
Pompes centrifuges 124
Quelques données théoriques 126
Les différents modèles de pompes 140
Les différents types d'installations 147
Puisage – distribution d'eau – maintien de pression 148
Assainissement 160
Circulateurs 166
Accessoires 173
Manomètres : type, position 173
Étanchéité et presse-étoupe 176
Clapets antiretour 177
Crépines 178
Flotteurs et contacteurs de niveau 178
Protections électriques 181
Manchettes antivibratiles 182
Anticoup de bélier 183
Vannes d'isolement 183
Dans la pratique 183
Choix d'une pompe 183
Amorçage – purge d'air 184
Refroidissement 184
Lubrification – joints – usure – gommage 184
Étanchéité 185
Sens et vitesse de rotation – contrôle 185
Surdimensionnement et sous-dimensionnement 185
Température de fonctionnement – condensation – isolation 186
Nombre de mise en marche par heure – par an 186
Bruits 186
Contrôles à effectuer 187
Dysfonctionnements – dépannage 187
Thermographie des moteurs 188
Tension – intensité – section des câbles 188
Puissance électrique 189

Mesure des Hmt – évaluation des débits 189
Méthodes d'évaluation des débits 190
Gestion des installations 190

4
TRAITEMENT DES EAUX

Le cycle de l'eau 193
Quelques rappels 195
Atomes 195
Molécules 196
Ions 196
Sels, acides et bases 196
Concentration d'une solution 197
Composition des eaux naturelles 200
Caractéristiques physiques de l'eau 200
Température : en °C 200
Trouble ou turbidité : en FTU 201
Résistivité électrique R : en Ω·cm 201
Conductivité électrique : en µS/cm 201
Caractéristiques chimiques de l'eau 202
Titre alcalimétrique (TA) – Titre alcalimétrique complet (TAC) 202
Dureté de l'eau – titre hydrotimétrique (TH) 202
Phénomènes d'entartrage 203
Acidité – pH 207
Titre en chlorure (TCl) 207
Titre en sels et acides forts (SAF) 207
Teneur en silice S_iO_2 208
Teneur en plomb 208
Teneur en fluor 208
Teneur en nitrates 208
Teneur en pesticides 208
Corrosion 209
Corrosion de type électrolytique 210
Corrosion par aération différentielle 210
Cas particuliers 212
Biologie des circuits ouverts ou fermés 213
Bactéries 214
Algues 217
Champignons et moisissures 217

Traitements physico-chimiques de l'eau 218
Floculation – décantation – filtration 218
Filtration individuelle 220
Circuits fermés 220
Traitement par résines – adoucisseur 223
Traitement magnétique 229
Traitement filmogène 229
Protection par électrolyse 229

5
RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

Organisation de la distribution 232
Réseau ramifié 232
Réseau maillé 232
Détermination du diamètre des canalisations de distribution des réseaux 233
Tuyauteries utilisées pour le réseau de distribution 235
Branchements d'immeubles 235
Distances avec les autres canalisations enterrées 236
Compteurs 238
Choix des compteurs 239
Types de compteur 241
Lecture des compteurs 243
Raccordement des compteurs divisionnaires 244

6
DISTRIBUTION INTÉRIEURE

Règles de l'art 247
Distribution d'eau chaude ou d'eau froide 249
Dimensionnement des tuyauteries 252
Immeubles de grande hauteur (IGH) 279
Mise en service 281

7
PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Installation de production individuelle d'eau chaude 284
Débit instantané 285

Débit de pointe pendant 10 minutes 285
Débit horaire maximal 285
Consommation globale journalière 285
Consommations ponctuelles exceptionnelles 287
Nombre de personnes, de points de puisage, de logements… 288
Confort souhaité 288
Appareils de production individuelle d'eau chaude 289
Production d'eau chaude – appareils gaz 290
Appareils au fioul 301
Chauffe-eau électriques 302
Composition d'un chauffe-eau 306
Production d'eau chaude solaire 320
Installation de production collective d'eau chaude 324
Détermination des besoins en eau chaude collective 324
Appareils de production collective d'eau chaude 335
Comparaison entre production collective et production individuelle d'eau chaude sanitaire 348

8
CANALISATIONS D'EAU SOUS PRESSION

Règles de pose et de fixation des tuyauteries 349
Généralités 349
Percements et traversées 351
Canalisations enterrées 355
Fixations et scellements 355
Tuyauteries en plomb 358
Tuyauteries en cuivre 358
Dimensions 359
Outillage 362
Cintrage des tubes en cuivre 363
Assemblage par soudage 365
Assemblages par raccords 366
Mode de pose 366
Assemblages avec des tuyauteries de natures différentes 367
Tuyauteries en acier noir 368
Types de tubes 369
Outillage 372
Cintrage des tubes 376
Raccords 376

Tuyauteries en acier galvanisé 383
Règles de pose 383
Fixation des tuyauteries 384
Corrosion 384
Façonnage 387
Assemblage par soudage 387
Assemblage par raccords 388
Séries acier extérieur 390
Tubes en acier inoxydable 391
Tubes acier à sertir 392
Tuyauteries en fonte 393
Fonte à brides 395
Raccordement 398
Accessoires 403
Pose des tuyauteries en fonte 405
Tuyauteries en amiante-ciment 406
Tuyauteries en matière plastique 408
Tuyauteries en PVC (chlorure de polyvinyle non plastifié) 408
Tuyauterie en polyéthylène 411
Tuyauterie en polyéthylène réticulé (PER) et polybutylène (PB) 412
Tuyauterie multicouche 414
Tuyauteries thermosoudables 415
Robinetteries du bâtiment 416

9
SALLE DE BAINS

Règles générales de pose 417
Appareils sanitaires 418
Appareils sanitaires en céramique 418
Appareils sanitaires en fonte émaillée 420
Appareils en acier inoxydable 420
Appareils en tôle galvanisée 420
Cabines de douches amovibles 420
Baignoires 421
Baignoires en fonte 422
Baignoires en acier 423
Baignoires en résines 423
Robinetteries de baignoire 424
Vidages des baignoires 428
Règles de pose d'une baignoire 430
Réparations 430

Baignoires balnéo 430
Douches 431
Robinetteries de douches 435
Cabines de douches 435
Lavabos 436
Bidets 441
Lave-mains 444
Robinetteries sanitaires 444
Robinets simples 444
Robinets mélangeurs 444
Robinets mitigeurs 445
Robinets mitigeurs thermostatiques 446
Vidages et siphons 447
Cotes d'encombrement et disposition des appareils 449

10
CUISINE

Raccordement des machines à laver 452
Pose des éviers 452
Robinetteries d'évier 454
Broyeur d'évier 458
Plaque de cuisson au gaz 459
Raccordement 459
Cas particulier de la cuisinière gaz 460
Cuisines collectives et cuisines industrielles 461
Ventilation 462

11
WC ET APPAREILS DE CHASSE

Règles de raccordement 464
WC posés au sol 465
Cuvettes 465
Pose des cuvettes 466
WC suspendus 467
WC à la turque 470
Réservoirs ou appareils de chasse 470
Réservoirs hauts 470
Réservoirs bas fixés à la cuvette 473

Réservoirs encastrés ou en gaines techniques 474
Robinets de chasse 476
Réservoirs à compression d'air 477
Modes d'évacuation 477
WC à chasse directe 477
WC à action siphonique 477
WC broyeurs 479
WC secs 479

12
SANITAIRES DES COLLECTIVITÉS

Dimensionnement de l'installation 481
Distribution d'appareil 481
Détermination des débits de base 482
Calcul des coefficients de simultanéité 482
Calcul du débit probable 484
Détermination des diamètres des tuyauteries 485
Vitesses maximales de l'eau dans les tuyauteries 485
Appareils 485
WC et sièges à la turque 486
Urinoirs 488
Lavabos collectifs 490
Robinetteries 491
Gestion de la température 493

13
ÉVACUATION DES EAUX USÉES

Généralités 497
Vocabulaire 497
Dispositions générales 499
Étude d'une installation 500
Diamètre des siphons et branchements d'appareil 501
Diamètre des chutes et ventilation 502
Diamètre des collecteurs 508
Étude des installations d'évacuation des eaux pluviales 515
Tuyauteries et accessoires 519
Siphons d'appareils 519
Règles générales de pose 520
Tuyauteries en fonte 521
Tuyauteries en grès 541

Tuyauterie en amiante-ciment 544
Tuyauteries en plomb 546
Tuyauteries en cuivre 548
Tuyauteries en acier 549
Tuyauteries d'évacuation PVC 549
Évacuation des eaux pluviales 558
Tuyauteries en zinc 558
Systèmes d'évacuation des eaux pluviales par effet siphoïde 558
Fixation des descentes d'eaux pluviales 558

14
INSTALLATION D'ASSAINISSEMENT AUTONOME

Structure d'une installation d'assainissement autonome 559
Tuyauteries de raccordement 560
Bac dégraisseur 561
Fosse septique toutes eaux 561
Préfiltre 562
Ventilations 562
Épandage 563
Regards 563
Géotextiles 563
Film imperméable 564
Tuyauteries d'épandage 564
Poste de relevage 564
Règles de pose 565
Fosse chimique 565

15
RÉSEAUX D'INCENDIE

Classement des immeubles de grande hauteur 567
Classement des établissements recevant du public 568
Réaction au feu des matériaux 568
Classement M 568
Classement Euroclasse 568
Branchements intérieurs 570
Bouches et poteaux d'incendie 573
Extincteurs 574
Réseau d'extinction automatique sprinkler 574
Extincteurs à poudre 574

Extincteur manuel 575
Agents extincteurs 575
Détection 575

16
INSTALLATIONS GAZ

Définitions 578
Pouvoir calorifique supérieur (PCS) 578
Pouvoir calorifique inférieur (PCI) 578
Limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LIE) 578
Limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LSE) 578
Point de rosée 579
Rendement 579
Température de vaporisation 581
Caractéristiques générales des gaz 581
Combustibles gazeux distribués en France 581
Pressions de distribution 583
Variation de la pression dans les réseaux en fonction de l'altitude 583
Mesure de pression 584
Combustion des gaz 585
Détermination des diamètres des tuyauteries d'une installation domestique après compteur 588
Pertes de charge admissibles 588
Détermination des longueurs 589
Détermination des débits 590
Détermination des calibres des tuyauteries 590
Caractéristiques des appareils 596
Appareils de type A 597
Appareils de type B 597
Appareils de type C : appareils étanches 599
Position des terminaux (ventouse) en façade ou en toiture 602
Installation des chauffe-eau ou chaudières gaz – local réglementaire 603
Raccordement des compteurs et des appareils 603
Mise en œuvre des tuyauteries 604
Règles générales 604
Assemblage de tuyauteries différentes 606
Pose des tuyauteries gaz enterrées 606
Pose des tuyauteries de gaz en élévation 608
Supports des tuyauteries gaz intérieures posées en élévation 610
Pose des tuyauteries gaz en vide sanitaire 610

Pose des tuyauteries gaz en faux plafonds 611
Autre type de pose des tuyauteries gaz 611
Pose des tuyauteries gaz incorporées à la construction (enrobées, encastrées ou engravées) 612
Pose des tuyauteries gaz dans les cloisons 613
Tuyauteries gaz 613
Tuyauteries en acier 613
Tuyauteries en cuivre 614
Tuyauteries en plomb 615
Tuyauteries en polyéthylène 616
Pose des compteurs et accessoires 616
Compteurs 616
Raccordement - robinets d'appareils 618
Essais et contrôles étanchéité 619
Ventilation des locaux 621
Évacuation des produits de combustion 622
Théorie du tirage 622
Dimensionnement d'un conduit de fumée 627
Installation GPL 653
Bouteille et réservoir 654
Stockage aérien 654
Stockage enterré 655
Installation de bouteilles butane 657
Installation de bouteilles propane 658
Détendeur déclencheur de sécurité – DDS 659
Pression de service dans les installations 660
Chaufferies gaz 660
Certificat de conformité 660

17
INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Rappels 663
Protection des installations 664
Transport du courant / HT – BT 666
Courant monophasé et triphasé 667
Formulaire 668
Couplage 669
Transformateurs 670
Moteurs alternatifs 671
Moteurs triphasés 672
Plaque signalétique d'un moteur 673

Moteurs monophasés asynchrones 674
Condensateur 675
Formulaire moteurs 675
Sélection de l'appareillage de protection 677
Courbes de déclenchement magnétique des disjoncteurs 677
Classes des disjoncteurs magnétothermiques modulaires 678
Normes et labels 678
Sécurité électrique 679
Consignation 679
Soins aux électrisés 680

18
INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE

Éléments d'une installation de chauffage 684
Brûleur 685
Chaudière 685
Purgeur d'air 685
Vanne isolement (ou de service) 687
Soupape de sécurité 687
Vase d'expansion 687
Vase d'expansion ouvert 688
Vase d'expansion fermé 689
Circulateur 695
Vanne manuelle de commande d'appareil 695
Émetteur 695
Vanne de réglage (té de réglage) 696
Tuyauterie départ (aller) 696
Tuyauterie retour 696
Soupape différentielle 696
Disconnecteur 697
Coffret de commande de la chaudière 698
Thermostat (aquastat) de régulation 698
Thermostat (aquastat) de sécurité 698
Thermostat d'ambiance 699
Manomètre 700
Distributions de chauffage 700
Distribution en parallèle : Bitube 700
Distribution en série : Monotube 700
Distribution par collecteur 701
Distribution en parapluie 701
Ancienne distribution en thermosiphon 701
Plancher chauffant basse température 701

Évolution d'une installation de chauffage 702
Puissance d'une installation 702
Règles générales 703
Compatibilité des matériaux 703
Essais 703

19
INSTALLATIONS DE CLIMATISATION

Principes de fonctionnement d'une installation 705
Puits canadiens 707
Pulvérisateur 707

20
RÉGULATION

Boucle de régulation 710
Boucle de régulation fermée 710
Boucle de régulation ouverte 711
Boucle de régulation mixte 712
Types de régulation 712
Régulation tout ou rien (TOR) 713
Régulation à position multiple 716
Régulation chronoproportionnelle (modulante) 718
Régulation flottante 719
Régulation proportionnelle (P) 721
Régulation Intégrale (I) 723
Régulation Proportionnelle Intégrale (PI) 723
Régulation Proportionnelle Intégrale Dérivée (PID) 724

21
DÉSORDRES DE LA PLOMBERIE

Bruits 727
Bruit d'appareils ou d'équipements 727
Bruits de l'eau dans les canalisations d'alimentation 729
Bruits d'eau dans les installations d'évacuations 731
Bruits des tuyauteries 732
Désordre sur l'installation d'évacuation des eaux usées 732
Dilatation 733
Condensation 735

1
MÉMENTO TECHNIQUE

Décret n° 2003-165 du 27 février 2003 modifiant le décret n° 61-501 du 3 mai 1961
relatif aux unités de mesure et au contrôle des instruments de mesure
Publication au JO le 1er mars 2003 pages 3639 et suivantes
Normes NF X02-003, 02-004, 02-006

Système international SI

Unités

Tableau 1.1 – Unités de base

m	le **mètre**, unité de longueur
kg	le **kilogramme**, unité de masse
s	la **seconde**, unité de temps
A	l'**ampère**, unité d'intensité de courant électrique
K	le **kelvin**, unité de température
cd	la **candela**, unité d'intensité lumineuse
mol	la **mole**, unité de quantité de matière

Tableau 1.2 – Unités dérivées du système international

rd	le **radian**, unité d'angle plan
sr	le **stéradian**, unité d'angle solide
m^2	le **mètre carré**, unité d'aire ou de superficie (aire d'un carré ayant 1 mètre de côté) pour les terrains : 1 are = 100 m^2 et 1 hectare = 10 000 m^2 = 1 hm^2
m^3	le **mètre cube**, unité de volume (volume d'un cube ayant 1 mètre de côté) 1 m^3 = 1 000 litres 1 litre = 1 dm^3 1 litre s'écrit : 1 l ou 1 L 1 stère = 1 m^3 (utilisée pour la vente du bois)

t	la **tonne**, unité de masse : 1 tonne = 1 000 kg
kg/m	le **kilogramme par mètre**, unité de masse linéique (d'un corps homogène de section uniforme)
kg/m³	le **kilogramme par mètre cube**, unité de masse volumique (d'un corps homogène)
Hz	le **hertz**, unité de fréquence (fréquence d'un phénomène périodique dont la période est 1 seconde, nombre de cycle par seconde)
N	le **newton**, unité de force (force qui communique à un corps ayant une masse de 1 kilogramme une accélération de 1 mètre par seconde carrée)
J	le **joule**, unité de travail, d'énergie et de quantité de chaleur
W	le **watt**, unité de puissance d'un système énergétique (1 watt = 1 joule par seconde) L'unité de puissance peut être dénommée « voltampère » pour le mesurage de la puissance apparente de courant électrique alternatif
Pa	le **pascal**, unité de pression (contrainte qui, agissant sur une surface plane de 1 m² exerce une force de 1 newton) 1 bar = 100 000 Pa
C	le **coulomb**, unité de charge électrique, quantité d'électricité
V	le **volt**, unité de force électromotrice et de différence de potentiel
Ω	l'**ohm**, unité de résistance électrique
F	le **farad**, unité de capacité électrique (d'un condensateur électrique)
m/s	le **mètre par seconde**, unité de vitesse
m/s²	le **mètre par seconde carré**, unité d'accélération
lm	le **lumen**, unité de flux lumineux
lx	le **lux**, unité d'éclairement (surface qui reçoit 1 lumen par mètre carré)

Tableau 1.3 – Unités en dehors du système international dont l'emploi est autorisé

bar	le **bar**, unité de pression. 1 bar = 100 000 Pa = 100 kPa = 10,2 mCE
mCE	le **mètre de colonne d'eau**, hauteur manométrique encore utilisée.
t	le **tour** est l'angle au centre qui intercepte sur la circonférence un arc d'une longueur égale à celle de cette circonférence (2π).

°	le **degré** est l'angle au centre qui intercepte sur la circonférence un arc d'une longueur égale à 1/360 de celle de cette circonférence (1 tour = 360°).
'	la **minute d'angle** vaut 1/60 de degré. 1° = 60'= 3 600''
''	la **seconde d'angle** vaut 1/60 de minute. 1'= 60''
min	la **minute** de temps vaut 60 secondes. 1 min = 60 s
h	l'**heure** vaut 60 minutes. 1 h = 60 min = 3 600 s
d	le **jour** vaut 24 heures. 1 d = 24 h = 1 440 min = 86 400 s *Attention :* 0,1 h = 6 min ; 0,1 min = 6 s
Ah	l'ampère-heure est la quantité d'électricité transportée en 1 heure par un courant de 1 ampère. 1 ampère-heure vaut 3 600 coulombs (charge des batteries).

Les unités dénommées calorie, thermie, frigorie et stère définies dans l'annexe au présent décret ne sont plus des unités légales depuis le 31 décembre 1977.

Multiples et sous-multiples

Tableau 1.4 – Multiples des unités

Puissance	Valeur	Préfixe	Symbole
10^{9}	1 000 000 000	giga	G
10^{6}	1 000 000	méga	M
10^{3}	1 000	kilo	k
10^{2}	100	hecto	h
10^{1}	10	déca	da
Unité 1			
10^{-1}	0,1	déci	d
10^{-2}	0,01	centi	c
10^{-3}	0,001	milli	m
10^{-6}	0,000 001	micro	µ
10^{-9}	0,000 000 001	nano	n

Attention ce tableau 1.4 n'est pas utilisable pour les m^2 et les m^3; dans ce cas, les puissances sont respectivement doublées et triplées (voir tableaux suivants).

La seule unité du système international à contenir un préfixe pour des raisons historiques est le kilogramme.



Exemples

1,2 m = 120 cm = 1 200 mm, 120 centimètres, 1 200 millimètres
$5{,}2\ cm^3 = 5{,}2\ (cm)^3 = 5{,}2\ (10^{-2}\ m)^3 = 5{,}2 \cdot 10^{-6}\ m^3$
$5{,}2\ kJ \cdot s^{-1} = 5\,200\ J \cdot s^{-1}$

Tableau 1.5 – Multiples des surfaces en m^2

km^2	hm^2	dam^2	m^2	dm^2	cm^2	mm^2
$1\,000\,000\ m^2$	$10\,000\ m^2$	$100\ m^2$	1	$0{,}01\ m^2$	$1 \cdot 10^{-4}\ m^2$	$1 \cdot 10^{-6}\ m^2$
	1 hectare	1 are				

$1\ m^2 = 100\ dm^2 = 10\,000\ cm^2 = 10^6\ mm^2 = 10^{12}\ \mu m^2 = 0{,}01$ are $= 1 \times 10^{-4}$ hectare

Tableau 1.6 – Multiples des volumes en m^3

km^3	hm^3	dam^3	m^3	dm^3	cm^3	mm^3
$1 \cdot 10^9\ m^3$	$1 \cdot 10^6\ m^3$	$1\,000\ m^3$	1	$0{,}001\ m^3$	$1 \cdot 10^{-6}\ m^3$	$1 \cdot 10^{-9}\ m^3$
			1 000 l	1 l	0,001 l = 0,1 cl	

$1\ m^3 = 1\,000\ dm^3 = 1\,000$ l $= 1\,000\,000\ cm^3$

1 litre = $1\ dm^3 = 0{,}001\ m^3 = 1\,000\ cm^3$

Lorsqu'on effectue un calcul sur des unités ayant des puissances négatives (par exemple l/h ou $l \cdot h^{-1}$), il faudra respecter la position de chaque unité dans les fractions.



Exemple

Si l'on souhaite convertir un débit de 64 $m^3 \cdot h^{-1}$ (64 m^3/h), la formule de calcul d'un débit est :

$$\text{débit} = \frac{\text{Volume}}{\text{temps}}$$

Pour convertir le volume en litres : 1 m^3 = 1 000 l, on multiplie 64 × 1 000 = 64 000 l, soit un débit de 64 000 l par heure.
Pour convertir le temps en minutes : 1 heure = 60 minutes, on divise la valeur du débit par 60, soit :

$$\frac{64\,000}{60} = 1\,066{,}6 \text{ l/min}$$

Pour convertir le temps en seconde : 1 heure = 3 600 s, on divise la valeur du débit par 3 600, soit :

$$\frac{64\,000}{3\,660} = 17{,}8 \text{ l/s}$$

Pour effectuer la conversion en une seule fois (passer des m^3/h aux l/s), on effectue le calcul suivant :

$$\frac{64 \times 1\,000}{3\,660} = 17{,}8 \text{ l/s}$$

Inversement, si l'on souhaite passer de 17,8 l/s à un débit en m^3/h, il faudra effectuer le calcul suivant :

$$\frac{17{,}8 \,/\, 1\,000}{1 \,/\, 3\,600} = \frac{17{,}8 \,/\, 3\,600}{1\,000} = 17{,}8 \times 3{,}6 = 64{,}08 \text{ m}^3/\text{h}$$

RÈGLES UTILES D'ÉCRITURE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS

Tableau 1.7 – Grandeurs, symboles et unités

Grandeur		Unité	
Nom	**Symbole**	**Nom**	**Symbole**
longueur	*l*	mètre	m
		mille marin	1 M = 1 852 m
masse	*m*	kilogramme	kg
		tonne	1 t = 1 000 kg
temps, durée	*t*	seconde	s
		minute	1 min = 60 s
		heure	1 h = 60 min
		jour	1 d = 24 h
température absolue (thermodynamique)	*T*	kelvin (273 K = 0 °C)	K
température Celsius	θ	degrés Celsius	°C
quantité de matière	*n*	mole	mol
intensité lumineuse	I_v	candela	cd
superficie, aire, surface	*A*, *S*	mètre carré	m^2
volume	*V*	mètre cube	m^3
		litre	1 000 l = 1 m^3
vitesse	*V*, *w*, *c*	mètre par seconde	m/s
accélération accélération due à la pesanteur	*A* *g*	mètre par seconde carrée	m/s^2
masse volumique	ρ	kilogramme par mètre cube	kg/m^3
débit massique	*qm*	kilogramme par seconde	kg/s
débit volumique	*qv*	mètre cube par seconde	m^3/s

Grandeur		Unité		
Nom	**Symbole**	**Nom**	**Symbole**	
angle plan	α	radian	rad	1 m/m
angle solide	Ω	stéradian	sr	1 m²/m²
fréquence	*f*	hertz (1 Hz = 1 t/min)	Hz	1 s^{-1}
force	*F*	newton	N	1 $m \cdot kg \cdot s^{-2}$
pression, contrainte	*p*	pascal (1 bar = 100000 Pa)	Pa	1 N/m²
énergie, travail, quantité de chaleur	*E, W, Q*	joule	J	1 N·m
énergie facturée	*E*	kilowattheure	kWh (= 3600 kJ)	
puissance, flux énergétique	*P*	watt (1 W = 1 J/s)	W	1 J/s
courant électrique	*I, i*	ampère	A	
charge électrique, quantité d'électricité		coulomb	C	1 A·s
différence de potentiel, force électromotrice	*ddp* *U*	volt	V	1 W/A
capacité électrique	*C*	farad	F	1 C/V
résistance électrique	*R*	ohm	Ω	1 V/A
résistivité	ρ	ohm mètre	Ω·m	
flux lumineux		lumen	lm	1 cd·sr
éclairement lumineux		lux	lx	1 lm/m²
niveau de pression acoustique	L_p, L_w	décibel	dB	

Dans tous les cas on utilisera les règles d'écriture et de ponctuation habituelles, en tenant compte des règles suivantes.

Les symboles des unités s'écrivent en caractère romains :	l, T, P.
Les nombres décimaux s'écrivent avec un point ou une virgule :	10,45 ou 10.45
Pour les grands nombres, on ne doit donc plus utiliser les points ; on utilisera l'espace pour les partager en tranches de 3 chiffres :	10104520 ou 10 104 520
Les symboles des unités sont toujours imprimés en caractère romain quelle que soit la police du texte	m, mètre, A, ampère
Les unités s'écrivent en minuscules (sauf degrés Celsius)	pascal, newton
La multiplication des unités est indiquée par un espace ou un point à mi-hauteur centré (·)	pour newton mètre, N m ou N·m
La division est indiquée par un trait oblique (/) ou un trait horizontal ou une puissance négative.	mètre par seconde, m/s ou $\frac{m}{s}$ ou m s^{-1}
Les préfixes des multiples ou sous-multiples s'écrivent sans espace ni trait d'union :	kilopascal, milligramme
Les puissances « carré » ou « cube » se placent derrière l'unité :	centimètre carré mètre cube
Les unités composées s'écrivent avec un espace ou un tiret entre chaque nom d'unité :	pascal seconde ou pascal-seconde
On respecte les règles d'accord seulement lorsqu'on écrit l'unité en toutes lettres mais les symboles s'écrivent sans « s » au pluriel :	22 kilomètres mais 22 km
Le pourcentage peut s'écrire de deux manières :	0,523 ou 52,3 %
Pour les concentrations plus petites, on utilise les ppm ou parties par million : 1 % = 10000 ppm	100 ppm ou 0,01 %
Le symbole s'écrit toujours après le nombre	5,3 kg, 2 h 21 min

Tableau 1.8 – Alphabet grec

Nom grec	Majuscule	Minuscule	Nom grec	Majuscule	Minuscule
alpha	Α	α	nu	Ν	ν
bêta	Β	β	xi	Ξ	ξ
gamma	Γ	γ	omicron	Ο	ο
delta	Δ	δ	pi	Π	π
epsilon	Ε	ε	rhô	Ρ	ρ
zêta	Ζ	ζ	sigma	Σ	σ
êta	Η	η	tau	Τ	τ
thêta	Θ	θ	upsilon	Υ	υ
iota	Ι	ι	phi	Φ	φ
kappa	Κ	κ	khi	Χ	χ
lambda	Λ	λ	psi	Ψ	ψ
mu	Μ	μ	oméga	Ω	ω

Unités anglaises et américaines

Tableau 1.9 – Correspondance unités anglaises (Impérial) et américaines (US)/système international

Impérial — US	SI
Longueur	
1 inch (in)	25,40 mm
1 foot (ft) = 12 in	0,30 m
1 yard (yd) = 3 ft	0,91 m
1 mile (mi) = 1 760 yd	1 609 m
1 nautical mile	1 853 m
Surface	
1 square inch (sq in)	6,45 cm^2
1 square foot (sq ft) = 144 sq in	0,092 m^2
1 square yard (sq yd) = 9 sq ft	0,836 m^2

Impérial — US	SI
Volume et capacité	
1 cubic inch (cu in)	16,39 cm^3
1 cubic foot (cu ft)	28,32 dm^3
1 cubic yard (cu yd)	0,765 m^3
1 fluid ounce (fl oz)	US = 29,5 ml ; Imp = 28,4 ml
1 gallon US	3,78 l
1 gallon Impérial	4,55 l
Masse	
1 ounce (oz)	28,34 g
1 pound (lb) = 16 oz (les anciennes livres canadiennes)	453,59 g
Autres unités	
1 BTU* – unité d'énergie thermique britannique	0,293 Wh
1 BTU/h – unité de puissance	0,293 W
1 BTU/s – unité de puissance	1,055 kW
1 HP (horse power)	746 W
1 pound/square inch (lb/sq. inch) PSI	0,06897 bar
100 PSI	6,897 bar

* 1 BTU est la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de 1 livre (1 pound) de 1 °F.

Grandeurs caractéristiques et conversions

MASSE ET POIDS

La **masse** (m) représente la quantité de matière qui compose un corps, son unité est le kilogramme (kg). Tous les corps sont soumis à l'attraction terrestre, cette accélération étant appelée pesanteur : $g = 9{,}81\ m/s^2$. Un corps qui tombe est soumis à cette accélération.

Le **poids** (d'un point de vue scientifique) représente la force (due à l'attraction terrestre, la pesanteur) subie par un corps, son unité est le new-

ton (N). Cette force est toujours dirigée vers le centre la Terre, c'est-à-dire à la verticale vers le bas. On le calcule ainsi :

Poids	=	Masse	×	Pesanteur
N		kg		g = 9,81 m/s²

La pesanteur étant sensiblement la même partout sur la Terre (elle varie légèrement en fonction de l'attitude), on a pris l'habitude de ne pas la prendre en compte et de parler de poids au lieu de parler de masse (on dit que le poids est de 1 kg).

La **force** représente une action qui provoque l'accélération d'un corps, elle s'exprime en newton. Elle est donc proportionnelle à la masse et à l'accélération.

Force	=	Masse	×	Accélération
F	=	m	×	a
N		kg		m/s²

Lorsque l'on dit qu'un objet exerce un poids de 1 kg sur une surface, il exerce en fait une force de 10 newtons sur cette surface (précisément 9,81 N).

TEMPÉRATURE

En France, la température mesurée s'exprime en degrés Celsius (°C).

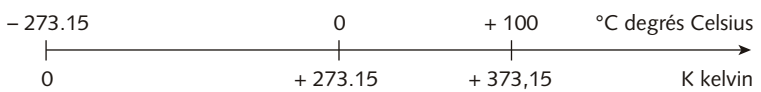
Un écart (Δ) de température de 1 °C équivaut à un écart de température de 1 K (kelvin) :

$$\Delta\theta = \Delta T ; 1\ °C = 1\ K$$

Il existe trois échelles de température :

- le **degré Celsius** (°C), utilisé en France pour les mesures de température à pression atmosphérique (1013 mbar), l'eau gèle à 0 °C et se vaporise à 100 °C ;
- le **kelvin** (K), unité SI utilisée en thermodynamique ; à 0 K (zéro absolu) un corps ne contient plus d'énergie sous forme de chaleur ;
- le **degré Fahrenheit** (°F), unité utilisée dans les pays anglo-saxons.

■ Échelle de température



La température la plus basse (absolue) est 0 K soit – 273,15 °C. La température d'un arc électrique est de 4000 °C.

■ Unités de température

Pour passer d'une unité à l'autre, on effectue les opérations suivantes (tableau 1.10).

Tableau 1.10 – Formules de conversion des unités de température

Conversion	Formule	Exemple
°C → K	θ + 273 = T en kelvin (K)	100 °C = 100 + 273 = 373 K
K → °C	T – 273 = θ en degrés Celsius (°C)	140 K = 140 – 273 = – 33 °C
°F → °C	$\frac{\theta \text{ en } °F - 32}{1,8}$ = θ en degrés Celsius (°C)	176 °F = $\frac{176 - 32}{1,8}$ = 80 °C
°C → °F	(θ en °C × 1,8) + 32 = θ en degrés Fahrenheit	– 10 °C = (–10 × 1,8) + 32 = + 14 °F

Le tableau de conversion rapide (tableau 1.11) évite de faire des calculs.

Tableau 1.11 – Correspondance des températures

Celsius °C	fahrenheit °F	kelvin K	Celsius °C	fahrenheit °F	kelvin K
120	248	393	30	86	303
100	212	373	20	68	293
90	194	363	10	50	283
80	176	353	0	32	273
70	158	343	– 10	14	263
60	140	333	– 20	– 4	253
50	122	323	– 30	– 22	243
40	104	313	– 40	– 40	233

CHALEUR ET ÉNERGIE

■ Énergie et quantité de chaleur

L'unité de chaleur et d'énergie du système international est le **joule**. On l'utilise dans les systèmes travaillant sur l'air (traitement d'air…). Sur les systèmes à eau chaude, on utilise le plus souvent le **kilowattheure** (kWh) qui correspond à l'énergie facturée et qui permet d'éviter de manipuler des chiffres trop grands :

$$1\ \text{kWh} = 3\,600\,000\ \text{J} = 3\,600\ \text{kJ}$$

1 kWh est l'énergie fournie en 1 heure par un appareil d'une puissance de 1 kW.

$$E = P \times t$$

E en J ou en kWh ; P en W ou en kW ; t en s ou en h.

La thermie (th) et la calorie (cal) ne doivent plus être utilisées depuis 1977 mais on les retrouve encore parfois dans les notices d'anciens appareils encore en service aujourd'hui, il faut donc pouvoir faire la conversion :

- La **calorie** est la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de **1 gramme** d'eau de 1 °C.
- La **kilocalorie** est la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de **1 litre** d'eau de 1 °C.
- La **thermie** est la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de **1 m³** d'eau de 1 °C. On l'appelle aussi la petite calorie.

Le fluide utilisé dans nos installations étant l'eau, on le caractérise par sa **chaleur massique (ou capacité calorifique)** qui représente la quantité de chaleur nécessaire pour changer la température de 1 kg d'eau de 1 °C (ou 1 K) à pression constante : on la note $\mathbf{C_p}$ ou **C**, elle dépend de la température et de l'état du fluide.

Dans la pratique : pour l'eau, on prendra : C = 4,185 kJ/kg·K.

Si on considère la masse volumique ρ de l'eau égale à 1 000 kg/m³ ou 1 kg/l, on pourra écrire : C = 1,163 kWh/m³·K (ou 1,163 Wh/l. K).

L'énergie nécessaire pour élever d'une température Δθ, une masse d'eau m (en kg) sera :

$$E = m \times C_p \times \Delta\theta$$

E en kJ avec C = 4,185 kJ/kg·K.

L'énergie nécessaire pour élever d'une température $\Delta\theta$, un volume d'eau V (en m^3) sera :

$$E = V \times C_p \times \Delta\theta$$

E en kWh avec C = 1,163 kWh/m^3·K.



Exemple

Pour élever la température d'une piscine de 100 m^3 de 10 °C il faudra :

$E = m \times C_p \times \Delta\theta = (100 \times 1\,000) \times 4{,}185 \times 10 = 4\,185\,000$ kJ

ou

$E = V \times C_p \times \Delta\theta = 100 \times 1{,}163 \times 10 = 1\,163$ kWh

Pour convertir les kJ en kWh, on utilise : 1 kWh = 3 600 kJ.

$$E = 4\,185\,000 \text{ kJ} = \frac{4\,185\,000}{3\,600} = 1\,162{,}5 \text{ kWh}$$

1 kWh élève de 0,86 °C la température de 1 000 l d'eau ou de 1 °C la température de 860 l d'eau.

1 Wh élève de 0,86 °C la température de 1 l d'eau ou de 1 °C la température de 0,86 litre d'eau.

Pour convertir les unités d'énergie, on utilisera le tableau 1.12.

Tableau 1.12 – Conversion des unités d'énergie*

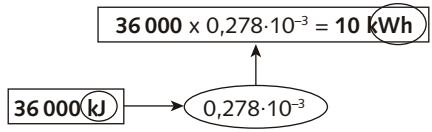
	Symbole	kWh	Wh	J	kJ	cal	kcal ou mth	th
1 kilowattheure	kWh	1	1000	$3{,}6{\cdot}10^{6}$	3600	$860{\cdot}10^{3}$	860	0,86
1 wattheure	Wh	10^{-3}	1	$3{,}6\cdot10^{3}$	3,6	860	0,86	$0{,}86{\cdot}10^{-3}$
1 joule	J	$0{,}278{\cdot}10^{-6}$	$0{,}278{\cdot}10^{-3}$	1	10^{-3}	0,239	$0{,}239{\cdot}10^{-3}$	$0{,}239{\cdot}10^{-6}$
1 kilojoule	kJ	$0.278{\cdot}10^{-3}$	0,278	1000	1	239	0.239	$0{,}239{\cdot}10^{-3}$
1 calorie	cal	$1{,}163{\cdot}10^{-6}$	$1{,}163{\cdot}10^{-3}$	4,185	$4{,}185{\cdot}10^{-3}$	1	10^{-3}	10^{-6}
1 kilocalorie ou 1 millithermie	kcal mth	$1{,}163{\cdot}10^{-3}$	1,163	4185	4,185	1000	1	10^{-3}
1 thermie	th	1,163	1163	$4{,}185{\cdot}10^{6}$	$4{,}185{\cdot}10^{3}$	10^{6}	1000	1

* Dans le système anglo-saxon, on utilise comme unité d'énergie le BTU (*British Thermal Unit*) : 1 kJ = 0,9479 BTU.

Exemple

Pour convertir 36000 kJ en kWh, on effectue l'opération suivante :

$$36000 \times 0.278 \times 10^{-3} = 10 \text{ kWh}$$



On retiendra que 1 joule est égal à 1 watt par seconde (1 J = 1 W/s) :
3600 kJ = 1 kWh

$$1 \text{ kWh} = \frac{1}{3\,600} = 0{,}2778 \text{ kJ} = 277{,}8 \text{ J}$$

Remarque

La capacité calorifique représente aussi la quantité d'énergie (de chaleur) contenue dans l'eau (il faut $1{,}163 \times 100 \times 40 = 4652$ Wh pour élever la température de 100 l d'eau de 40 °C ; si cette eau refroidit de 40 °C, elle cèdera 4652 Wh).

■ Pouvoir calorifique

Pour produire de la chaleur, on brûle un combustible. Ce combustible est caractérisé par son **pouvoir calorifique** qui représente la quantité de chaleur produite par la combustion d'un kilogramme (solides et liquides) ou d'un mètre cube (gaz) de combustible. Il s'exprime en kWh/kg ou en $kWh/m^3_{(n)}$.

En France, on utilise pour les calculs le **pouvoir calorifique inférieur** (PCI ; voir chapitre 16 sur le gaz).

Tableau 1.13 – Pouvoir calorifiques inférieurs (PCI) de quelques combustibles

Combustibles	PCI moyen (kWh/kg)	Combustibles	PCI moyen ($kWh/m^3_{(n)}$)
Bois sec	3,5 à 4,6	Propane	25,4
Tourbe sèche	4 à 5,8	Butane	33
Charbon de bois	7,5	Gaz naturel H	10,5
Fuel domestique	10,4	Gaz naturel B	9,3
Granulés de bois	4,5	Air propané	6,9

Le pouvoir calorifique des combustibles solides dépend de leurs taux d'humidité. Plus ils seront secs, plus leurs pouvoirs calorifiques seront élevés.

Puissance

La puissance d'un appareil correspond au travail effectué pendant un temps donné (1 seconde). En thermique, on parle de **puissance calorifique**, elle correspond à la quantité de chaleur produite par un appareil.

Dans le système international on utilise le **watt** ou le **kilowatt**. 1 watt représente un travail de 1 joule effectué en 1 seconde :

$$1\ W = 1\ J/s$$

Ou plus généralement :

$$P = \frac{E}{t}$$

P en W ou en kW ; E en J ou en kWh ; t en seconde t ou en h.
En thermique, l'unité de temps considérée est souvent l'heure (1 h).



Exemple

S'il faut une quantité d'énergie E = 1 163 kWh pour élever la température d'une piscine de 100 m³ de 10 °C, si on dispose d'une chaudière de 23 kW de puissance, il faudra 50 h 33 min à la chaudière pour effectuer ce travail (en ne tenant pas compte des déperditions de chaleur de la piscine durant ces 50 h).
Pour trouver ce résultat, on effectue le calcul :

$$t = \frac{E}{P} = \frac{1\,163}{23} = 50{,}56 \text{ h soit } 50 \text{ h } 33 \text{ min et } 36 \text{ s}$$

Le fluide utilisé dans nos installations étant l'eau, la puissance nécessaire pour élever un débit d'eau qm (en kg/s) d'une température Δθ sera :

$$P = qm \times C_p \times \Delta\theta$$

P en kJ/s avec $C_p = 4{,}185$ kJ/kg·K.

La puissance nécessaire pour élever un débit d'eau qv (en m³/h) d'une température Δθ sera :

$$P = qv \times C_p \times \Delta\theta$$

P en kW avec $C_p = 1{,}163$ kWh/m³·K.



Exemple

Pour élever la température d'une piscine de 100 m³ de 10 °C à l'aide d'une pompe de 10 m³/h et d'un échangeur ayant la capacité d'élever la température de 20 °C (pour un débit de 10 m³/h), il faudra que la puissance de l'échangeur soit de :

$$P = qm \cdot C_p \cdot \Delta\theta = \left(\frac{10 \text{ x } 1\,000}{3\,600}\right) \text{x } 4{,}185 \text{ x } 20 = 232{,}5 \text{ kJ/s}$$

ou

$$P = qv.\ C_p.\ \Delta\theta = 10 \text{ x } 1{,}163 \text{ x } 20 = 232{,}6 \text{ kW}$$

on a : 1 kJ/s = 1 kW.
Si la quantité d'énergie nécessaire pour élever la température de 100 m³ de 10 °C est de 1 163 kWh (calcul au paragraphe précédent), la puissance de l'échangeur étant de 232,6 kW, le temps nécessaire pour chauffer la piscine sera de :

$$t = \frac{E}{P} = \frac{1\,163}{232{,}6} = 5 \text{ h}$$

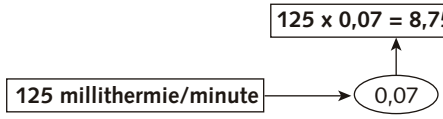
On effectuera les conversions à partir du tableau 1.14.

Tableau 1.14 – Conversion des unités de puissance

	Symbole	kW	W	th/h	kcal/h	th/min	mth/min
1 kilowatt	kW	1	1000	0,86	860	$1{,}43 \cdot 10^{-2}$	14,3
1 watt	W	10^{-3}	1	$0{,}86 \cdot 10^{3}$	0,86	$1{,}43 \cdot 10^{-5}$	$1{,}43 \cdot 10^{-2}$
1 thermie/ heure	th/h	1,163	1 163	1	1 000	0,017	17
1 kilocalorie/ heure	kcal/h	$1{,}163 \cdot 10^{-3}$	1,163	10^{-3}	1	$1{,}7 \cdot 10^{-5}$	0,017
1 thermie/ minute	th/min	70	$7 \cdot 10^{4}$	60	$6 \cdot 10^{4}$	1	1 000
1 millithermie/ minute	mth/min	0,07	70	0,06	60	10^{-3}	1

Exemple

Pour convertir 125 mth/min en kW, on effectue l'opération suivante : 125 × 0,07 = 8,75 kW



RENDEMENT

On peut comparer la puissance absorbée (consommée) et la puissance fournie (produite ou utile) d'une chaudière ou d'un moteur électrique.

Une chaudière consomme plus d'énergie qu'elle n'en produit, il va y avoir des pertes de chaleur dans les fumées.

Le rendement est le rapport entre la puissance consommée et la puissance utile. On le calcul de la manière suivante :

$$\eta = \frac{P\ utile}{P\ consommée}$$

P en kW ; η (êta) sans dimension.

Exemple

Une chaudière dont le brûleur a une puissance de 50 kW (puissance consommée) et qui fournit une puissance utile de 48 kW aura un rendement de :

$$\eta = \frac{48}{50} = 0{,}96$$

Si on veut exprimer le rendement en pourcentage, il suffit de multiplier ce chiffre par 100 :

$$0{,}96 \times 100 = 96\ \%$$

Selon le document utilisé, on trouvera diverses appellations pour exprimer la puissance consommée :

P consommée – P absorbée (P abs) – P brûleur (Pb) – P calorifique (P cal)

Ou pour exprimer la puissance produite :

P produite – P restituée – P utile (Pu) – P Nominale

On peut effectuer le même calcul à partir de l'énergie produite et consommée :

$$\eta = \frac{E\ produite}{E\ consommée}$$

E en kWh ; η (êta) sans dimension ;

$$\eta = \frac{P\ produite}{P\ consommée} \times 100$$

P en kW ; η (êta) en %.

Pression

L'unité de pression du système international est le **pascal** (Pa), on l'utilise pour les mesures de pressions faibles (tirage d'une cheminée…). Pour les liquides, on utilise plus fréquemment le **bar** (bar).

On trouvera encore dans certains documents techniques les **mètres de colonne d'eau** (mCE, parfois mH_2O), plus rarement les millimètres de mercure (mmHg) ou l'atmosphère (atm).

1 pascal correspond à une pression (P) produite par une force (F) de 1 newton agissant sur une surface (S) de 1 mètre carré.

$$P = \frac{F}{S}$$

P pression en Pa (N/m^2) ; F force en N ; S surface en m^2.

1 bar = 100 000 Pa = 100 kPa = 1 000 hPa ; 1 mbar = 1 hPa.

1 bar représente donc la force exercée par une masse de 1 kg sur une surface de 1 cm^2 (l'ancienne unité utilisée était le kg/cm^2, interdite d'usage aujourd'hui).

■ Cas particulier des liquides

Pour les liquides, la force prise en considération est le poids qui dépend de sa masse volumique, de son volume (Hauteur × Surface) et de la pesanteur g : poids = $\rho \times (S \times H) \times g$, soit, si l'on simplifie la formule de la pression :

$$P = \frac{\rho \,.\, S \,.\, H \,.\, g}{S} = \rho \,.\, H \,.\, g$$

P : pression en Pa (N/m^2) ;
ρ : masse volumique en kg/m^3 ;
H : hauteur en m ;
g : pesanteur = 9,81 m/s^2.



Exemple

Ainsi la pression exercée sur une surface de 1 m^2 située sur le fond d'un bassin ayant une hauteur d'eau de 10 m sera de :
P = 1 000 × 10 × 9,81 = 98 100 Pa = 0,981 bar, soit environ 1 bar.

On peut voir dans cette formule que la pression ne dépend que de la masse volumique du liquide considéré (ρ) et de la hauteur d'eau au-dessus du point de mesure (10,2 m de colonne d'eau = 1 bar).

La taille et la forme du bassin n'ont donc pas d'importance, seule la hauteur d'eau est à prendre en compte.

Ainsi, si on alimente un bassin de stockage de 10 000 l étanche à partir d'une tuyauterie branchée sur un canal situé 50 m plus haut, la pression au fond du bassin dépendra peu de sa hauteur (s'il mesure 2 m de haut, la pression due à sa hauteur sera de 0,2 bar), mais de la hauteur entre le fond du bassin et le canal. Dans notre exemple, une hauteur de 52 m correspond pas à une pression de 5,2 bar au fond du bassin. Les 20 l contenus dans la tuyauterie d'alimentation du bassin, par la pression qu'ils exercent sur le fond du bassin, le feront éclater. Il faudra dans ce cas prévoir une rupture de charge entre la tuyauterie et le bassin (par exemple un robinet flotteur et une mise à l'air libre du bassin).

De la même manière si on utilise un réservoir plastique de 1 m^3 pour alimenter un arrosage situé en contrebas de la cuve, il faut prévoir une mise à l'air libre du réservoir pour éviter de créer une pression négative dans la cuve (l'eau s'écoulant dans le tuyau situé 20 m plus bas va créer une pression négative au branchement de la cuve de 2 bar, ce qui aura pour effet de détruire la cuve).

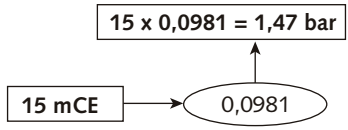
Tableau 1.15 – Conversion des unités de pression*

	Symbole	kPa	hPa	daPa	Pa	bar	mbar	mCE	mmCE	mm Hg	atm
1 kilopascal	kPa	1	10	100	1000	0,01	10	0,102	102	7,5	$0{,}987{\cdot}10^{-2}$
1 hectopascal	hPa	0,1	1	10	100	10^{-3}	1	$1{,}02{\cdot}10^{-2}$	10,2	0,75	$0{,}987{\cdot}10^{-3}$
1 décapascal	daPa	0,01	0,1	1	10	10^{-4}	0,1	$1{,}02{\cdot}10^{-3}$	1,02	0,075	$0{,}987{\cdot}10^{-4}$
1 pascal	Pa	0,001	0,01	0,1	1	10^{-5}	0,01	$1{,}02{\cdot}10^{-4}$	0,102	$7{,}5{\cdot}10^{-3}$	$0{,}987{\cdot}10^{-5}$
1 bar	bar	100	1000	10000	100000	1	1000	10,2	10200	750	0,987
1 millibar	mbar	0,1	1	10	100	10^{-3}	1	$1{,}02{\cdot}10^{-2}$	10,2	0,75	$0{,}987{\cdot}10^{-3}$
1 mètre de **colonne d'eau**	mCE	9,81	98,1	981	9810	0,0981	98,1	1	1000	73	0,1
1 millimètre de **colonne d'eau**	mmCE	$9{,}81{\cdot}10^{-3}$	$9{,}81{\cdot}10^{-2}$	0,981	9,81	$9{,}81{\cdot}10^{-5}$	0,0981	10^{-3}	1	0,073	$0{,}968{\cdot}10^{-4}$
1 millimètre de **mercure**	mmHg	0,133	1,333	13,33	133,3	$1{,}33{\cdot}10^{-3}$	1,333	0,0136	13,6	1	$1{,}32{\cdot}10^{3}$
1 atmosphère	atm	101,32	1013,25	10132,5	101325	1,013	$1{,}013{\cdot}10^{3}$	10,33	10330	760	1

* Dans le système anglo-saxon, on utilise comme unité le PSI (livre par pouce carré), 1 bar = 14,5 PSI.

Exemple

Pour convertir 15 mCE en bar on effectue l'opération suivante :
15 × 0,0981 = 1,47 bar :



CHANGEMENTS D'ÉTAT DE L'EAU

L'eau est le seul corps à se trouver sous ses 3 états physiques sur Terre (en fonction de la pression et de la température) :

- état solide (glace),
- état liquide,
- état gazeux (vapeur).

On considère que l'eau « bout » (se vaporise) à 100 °C, et gèle (se solidifie) à 0 °C aux conditions normales de pression, c'est-à-dire à la pression atmosphérique normale (1 013 mbar = 1 bar, pression mesurée au niveau de la mer).

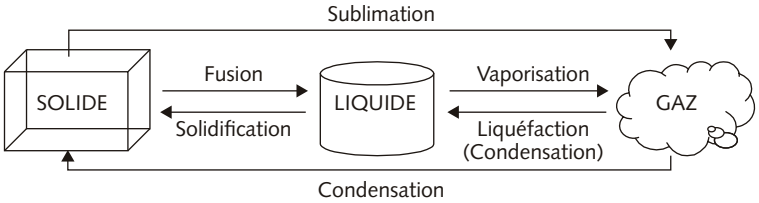


Figure 1.1 – Changements d'état de l'eau

Attention : On a pris pour habitude d'utiliser le terme **Condensation** pour décrire le passage de l'eau de l'état gazeux (vapeur d'eau) à l'état liquide.

Les changements d'état d'un corps pur s'effectuent à température constante.

La **chaleur sensible** correspond à la quantité de chaleur qui produit un changement de température sans changement d'état.

La **chaleur latente** correspond à la quantité de chaleur nécessaire pour obtenir un changement d'état sans changement de température. La chaleur latente de vaporisation de l'eau est de 2258 kJ/kg soit 0,628 kWh/kg.

■ Changement d'état d'un corps pur à pression constante en fonction de la température

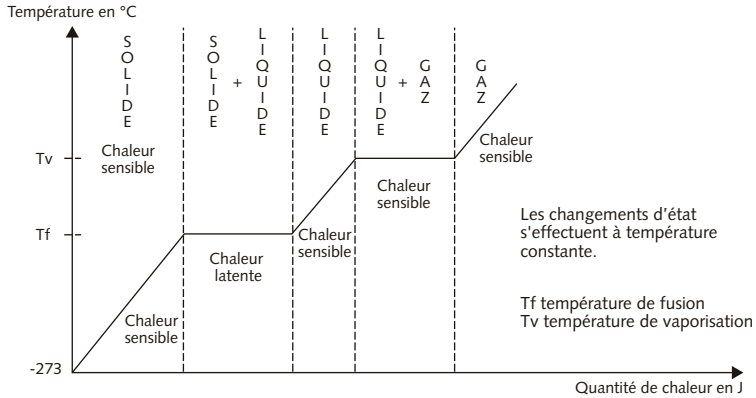


Figure 1.2 – Changement d'état d'un corps pur à pression constante en fonction de la température

La vaporisation de 1 kg d'eau produit 1,69 m³ de vapeur et consomme une quantité d'énergie de 0,628 kWh/kg. La vaporisation est un changement d'état qui absorbe de l'énergie.

La condensation de 1 m³ de vapeur produit 1,69 kg d'eau et dégage une quantité d'énergie de 0,628 kWh/kg. La condensation est un changement d'état qui dégage de l'énergie.

L'enthalpie (h) correspond à la quantité de chaleur accumulée par l'eau, dans un état donné et à température constante. L'enthalpie de l'eau liquide à 100 °C est de 417,5 kJ/kg.

■ Changement d'état de l'eau pure en fonction de la pression et de la température

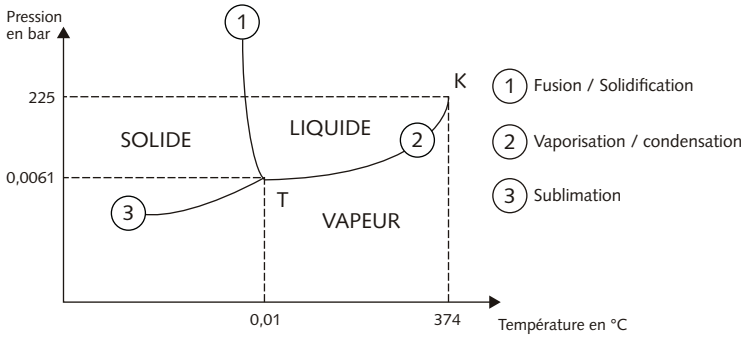


Figure 1.3 – Diagramme de changement d'état de l'eau

T est le point triple de l'eau et **K** son point critique.

À partir du point K, il y a passage continu entre les phases liquide et vapeur, la chaleur latente de vaporisation de l'eau devient nulle.

On voit donc que l'état d'un corps (solide – liquide – gazeux) dépend d'une **relation pression-température**.

Ainsi l'eau est liquide à 20 °C et à pression atmosphérique normale, mais se vaporise si on fait le vide (pression négative) dans l'installation. C'est ce qui se passe parfois dans le phénomène de cavitation rencontré sur l'aspiration d'une pompe. Il faudra tenir compte de cette baisse de pression dans le choix de la puissance et de la position de la pompe.

De la même manière, en altitude, l'eau se vaporise à une température inférieure à 100 °C.

Quelques valeurs sont données dans le tableau 1.16.

Tableau 1.16 – Température d'ébullition de l'eau en fonction de la pression (pression absolue)

Pression absolue	Température d'ébullition (°C)
Vide : 66 mbar	0
Mont Blanc : 600 mbar	85
Puy-de-Dôme : 840 mbar	95
Pression atmosphérique normale : 1 013 mbar	100
Pression dans une installation d'eau :	
2 bar	120
3,7 bar	140
6,3 bar	160
10,2 bar	180
16 bar	200

La pression absolue est égale à la pression relative (pression mesurée) + 1 (en bar).

Si l'eau se transforme en glace, elle augmente de volume d'environ 9 %, et la pression diminue la température de congélation, l'eau sous pression gèle à une température inférireure à 0 °C.

Lorsqu'une tuyauterie gèle, la pression exercée par l'eau sur les paroies intérieures de la conduite s'élève d'environ 60 bars pour chaque degré d'abaissement du point de congélation, aucune canalisation ne résistera.

Il faudra :

- isoler la tuyauterie pour retarder l'apparition du point de congélation ;
- la vidanger entièrement pour supprimer tout risque de congélation ;
- l'enterrer suffisament profondément (en profondeur, la température du sol est constante).

■ Température de fusion et de vaporisation

Chaque corps est caractérisé par une température de fusion et de vaporisation, les tableaux 1.17 et 1.18 donnent quelques valeurs caractéristiques.

Tableau 1.17 – Température de fusion

Corps usuels	Température de fusion (°C)
Acier	1 400
Aluminium	658
Argent	962
Bronze	800
Carbone	4 000
Chrome	1 615
Cuivre	1 083
Étain	232
Fer	1 530
Fonte blanche	1 275
Fonte grise	990
Glace	0
Laiton (30 % de zinc)	940
Plomb	327
Verre	1 100

La vaporisation peut s'effectuer de plusieurs manières :

- par évaporation : la vaporisation est lente, elle dépend de la surface, de la température, de l'humidité relative de l'air et de la présence de vents. Elle s'effectue à des températures inférieures à celles mentionnées dans le tableau 1.18 ;
- par ébullition : la vaporisation est rapide.

Tableau 1.18 – Température d'ébullition

Corps usuels	Température d'ébullition (°C)
Alcool	78
Eau	100
Eau de mer	103
Pétrole	106
Zinc	931

Lorsque l'on augmente la température d'un liquide, notamment des hydrocarbures, une partie va commencer à se vaporiser ce qui permettra d'obtenir l'inflammation du liquide. Cette température s'appelle le point éclair.

Autres grandeurs caractéristiques d'un fluide

■ Masse volumique

La masse volumique ρ (rhô), en kg/m³ ou en g/dm³, représente la masse en kg de 1 m³ d'un corps homogène.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ en kg/m³ ; m en kg ; V en m³.

Sauf indications contraires, les masses volumiques sont données pour une température de 20 °C.

Pour l'eau, on prendra : ρ eau = 1 000 kg/m³ = 1 000 g/dm³ ou 1 kg/dm³ = 1 kg/l.

Dans la pratique, la masse volumique d'un corps varie en fonction de la température et de la pression. Le volume de l'eau et donc sa masse volumique (à la pression atmosphérique) évoluent en fonction de la température.

Tableau 1.19 – Masse et volume de l'eau entre 0 et 300 °C

Température (°C)	1 litre d'eau à 4 °C devient	Masse en kg de 1 l d'eau à la température donnée
0	1,000 127	0,999 88
2	1,000 032	0,999 96
4	1,000 000	1,000 00
5	1,000 008	0,999 99
10	1,000 272	0,999 73
15	1,000 874	0,999 13
20	1,001 770	0,998 23
25	1,002 934	0,997 07
30	1,004 343	0,995 67

Température (°C)	1 litre d'eau à 4 °C devient	Masse en kg de 1 l d'eau à la température donnée
35	1,005 976	0,994 05
40	1,007 810	0,992 25
45	1,009 850	0,990 24
50	1,012 060	0,988 08
55	1,014 480	0,985 77
60	1,016 980	0,983 26
65	1,019 790	0,980 60
70	1,022 700	0,977 82
75	1,027 760	0,974 90
80	1,028 990	0,971 85
85	1,032 320	0,968 68
90	1,035 900	0,965 33
95	1,039 590	0,962 00
100	1,043 120	0,958 40
120	1,061 000	0,943 62
150	1,091 200	0,918 00
200	1,160 000	0,863 00
300	1,420 000	0,700 00
320	1,510 000	0,660 00

À partir de ce tableau 1.19, on pourra calculer le volume d'expansion dû à l'augmentation de volume provoqué par le changement de température.



Exemple

De l'eau qui passe de 10 °C à 90 °C va changer de volume et passer de 1,000 272 l à 1,035 900 l, c'est-à-dire 0,035 628 l en plus (soit une augmentation de 3,56 %). Ainsi si l'installation contient au départ 100 l à 10 °C, à 90 °C il y aura 103,56 l.

Pour une installation de chauffage dans laquelle la température dans l'installation n'est pas constante (température départ 80 °C et température retour 60 °C par exemple), on prendra la température moyenne de l'eau dans l'installation et on utilisera des coefficients de dilatation qui représenteront des moyennes en fonction des températures. (Cf. chapitre 18, Installations de chauffage : les vases d'expansion).

■ Masse linéaire

Pour les tuyauteries utilisées dans la profession, les fabricants donnent des masses linéaires plutôt que des masses volumiques car elles permettent de calculer plus facilement le poids d'un ouvrage.



Exemple*

Tuyauterie	Masse en kg de 1 m de tube
Tuyauterie acier 26,9 × 2,3 tarif 1	1,40
Tuyauterie acier 26,9 × 2,6 tarif 3	1,56
Tuyauterie cuivre 22 × 1	0,59

(*voir les tableaux complets au chapitre « les canalisations d'eau sous pression »).

Ces masses linéaires sont importantes pour les gros diamètres car elles permettent de calculer le poids d'une barre (73,2 kg pour une barre de 4'(114,3 × 4,5)), et les moyens à mettre en œuvre (levage, personnels, fixations, transport…).

Dans tous les cas, il faudra respecter les recommandations, normes et règles de l'art en vigueur et consulter les documentations constructeurs.

■ Densité

La densité, d, est un nombre sans unité :

$$d = \frac{\rho \text{ du corps en kg/m}^3}{\rho \text{ de l'eau en kg/ m}^3}$$

La densité d'un liquide ou d'un solide est le rapport entre la masse d'un certain volume de ce corps et la masse du même volume d'eau à 4 °C : masse volumique de l'eau, ρ eau = 1 kg/l.

La **densité d'un gaz** est donnée par :

$$d = \frac{\rho \text{ du gaz en kg/m}^3}{\rho \text{ de l'air en kg/ m}^3}$$

La densité d'un gaz est le rapport entre la masse d'un certain volume de ce gaz et la masse du même volume d'air.

On prendra comme masse volumique de l'air à la pression normale : ρ air = 1 kg/m³, mais en réalité la masse volumique de l'air dépend de la température et de l'humidité relative (quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air). Elle est par exemple de 1,2 kg/m³ pour de l'air à 20 °C et 40 % d'humidité relative.

Les méthodes de calcul de la masse volumique et de la densité varient en fonction des pays, il faudra les vérifier et utiliser des tableaux de correspondances.

Tableau 1.20 – Masses volumiques et densités de quelques corps

Matériaux	Symboles	Masse volumique (kg/m³)	Densité
Métaux et alliages			
acier et fontes		6800 à 7850	7,8
aluminium	Al	2700	2,7
argent		10500	10,5
bronze		8400 à 9200	8,4 à 9,2
cuivre	Cu	8750	8,7
fer	Fe	7860	7,8
laiton		7300 à 8400	7,3 à 8,4
magnésium	Mg	1750	1,7
mercure	Hg	13600	13,6
or	Au	19300	19,3
plomb	Pb	11350	11,3
titane		4500	4,5
zinc	Zn	7150	7,1

Matériaux	Symboles	Masse volumique (kg/m³)	Densité
Roches et minéraux			
ardoise		2750	2,8
argile		1700	2
béton		1800 à 2500	1,8 à 2,5
calcaire		2650	2,6
granite		2650	2,6
grès		2600	2,6
pierre ponce		910	0,9
porcelaine		2500	2,5
terre végétale		1250	1,2
verre (vitre)		2530	2,5
Bois			
chêne		490 à 980	0,4 à 0,9
frêne		840	0,8
liège		240	0,2
pin		740	0,7
sapin		450	0,4
Liquides			
eau	H_2O	1000	1
eau de mer		1030	1,03
glace à 0 °C		920	0,92
essence		750	0,7
gasoil		850	0,8
mercure	Hg	13600	13,6
gaz			
air		1	1
air à 20 °C		1,2	1,2
butane	C_4H_{10}	2,10	2,1

Matériaux	Symboles	Masse volumique (kg/m³)	Densité
propane	C_3H_8	1,52	1,5
méthane (gaz naturel)	CH_4	0,55	0,5
dioxyde de carbone	CO_2	1,97	2
monoxyde de carbone	CO	1,25	1,2
vapeur d'eau à 100 °C	H_2O	0,59	0,5
hélium	He	0,18	0,1
hydrogène	H_2	0,089	0,1
Matières plastiques		90 à 2 000	0,09 à 2
polypropylène		850 à 980	0,8 à 1
PVC		1 200 à 1 400	1,2 à 1,4
polystyrène expansé		10 à 30	0,01 à 0,03



Remarques

À température ambiante, le gaz naturel a une densité inférieure à 1, il est plus léger que l'air et va s'accumuler en haut d'une pièce.
Le butane et le propane ont une densité supérieure à 1, ils vont se répandre sur le sol et risquent de s'infiltrer dans les égouts.
Lorsqu'on effectue des fouilles sur un terrain, il se produit un foisonnement (augmentation du volume) de 15 à 25 %.
Lorsqu'on effectue un remblai compacté par couches successives, on obtient au contraire un tassement de 5 à 15 %.
On peut définir de la même manière le **volume massique** en m³/kg qui correspond au volume occupé par 1 kg d'eau. Il augmente lorsque la température de l'eau augmente.

■ Débit d'un fluide

Le débit représente la quantité d'eau qui s'écoule dans une tuyauterie pendant un temps donné.

On caractérise le débit d'un fluide de deux manières :

- **débit massique,** qm, en kilogrammes par seconde (kg/s) ;
- **débit volumique,** qv, en mètres cubes par heure (m³/h), en litre par seconde (l/s) ou en litre par minute (l/min).

On peut calculer le débit à partir des 2 formules suivantes :

Débit en fonction du volume et du temps :

$$qv = \frac{V}{t}$$

qv : débit en l/min ou l/s ou m^3/h ;

V : volume en l ou m^3 ;

t : temps en minutes, secondes, heures.

On peut donc calculer un débit en remplissant un réservoir dont on connaît le volume et en chronométrant le temps qu'il faut pour le remplir, il suffira ensuite d'appliquer la formule. On peut aussi utiliser un débit-mètre (petit récipient en plastique gradué) qui donne directement le débit d'un robinet.

Débit en fonction de la vitesse et de la section :

$$qv = v \times S$$

qv : débit en m^3/s ;

v : vitesse en m/s ;

S : section en m^2.

Il faut dans cette formule bien faire attention à utiliser pour le calcul de la section un rayon ou un diamètre en **mètres** ($S = \pi R^2$ ou $S = \frac{\pi . D^2}{4}$), ou faire une conversion d'unité ($\times$ 3 600 pour passer des m^3/s aux m^3/h, $\times$ 1 000 000 pour passer des mm^2 aux m^2 si le calcul de la section a été fait en mm^2)…

Cette formule montre que la vitesse de l'eau dans la tuyauterie dépend directement de la section :

- si la section diminue, la vitesse augmente,
- si la section augmente, la vitesse diminue.



Figure 1.4 – Vitesse d'un liquide dans une tuyauterie

Le débit, lui, reste le même ; ce qui rentre d'un côté, ressort forcément de l'autre.

Les débits sont exprimés principalement en litres par seconde, en litres par minute ou en mètre cube par heure. Pour effectuer les correspondances on utilisera les formules suivantes ou le tableau de correspondance 1.21.

q_v en l/s = $\frac{qv \text{ en } l/\text{min}}{60} = \frac{qv \text{ en } m^3/\text{h}}{3,6}$
q_v en l/min = q_v en m^3/h × 16,66 = q_v en l/s × 60
q_v en m^3/h = q_v en l/min × 0,06 = q_v en l/s × 3,6

Tableau 1.21 – Correspondance des débits

l/s	l/min	m^3/h	l/min	m^3/h	l/s	m^3/h	l/s	l/min
0,1	6	0,36	0,1	0,006	0,0016	0,1	0,027	1,66
0,2	12	0,72	0,2	0,012	0,0033	0,2	0,055	3,33
0,3	18	1,08	0,3	0,018	0,0050	0,3	0,083	5,00
0,4	24	1,44	0,4	0,024	0,0066	0,4	0,111	6,66
0,5	30	1,80	0,5	0,030	0,0083	0,5	0,138	8,33
0,6	36	2,16	0,6	0,036	0,0100	0,6	0,166	10,00
0,7	42	2,52	0,7	0,042	0,0116	0,7	0,194	16,66
0,8	48	2,88	0,8	0,048	0,0133	0,8	0,222	13,33
0,9	54	3,24	0,9	0,054	0,0150	0,9	0,250	15,00
1	60	3,6	1	0,060	0,0166	1	0,277	16,66
2	120	7,2	2	0,120	0,0333	2	0,555	33,33
3	180	10,8	3	0,180	0,0500	3	0,833	50,00
4	240	14,4	4	0,240	0,0666	4	1,111	66,66
5	300	18,0	5	0,300	0,0833	5	1,388	83,33
6	360	21,6	6	0,360	0,1000	6	1,666	100,00
7	420	25,2	7	0,420	0,1166	7	1,944	166,66
8	480	28,8	8	0,480	0,1333	8	2,222	133,33
9	540	32,4	9	0,540	0,1500	9	2,500	150,00
10	600	36	10	0,600	0,1666	10	2,777	166,66

l/s	l/min	m³/h	l/min	m³/h	l/s	m³/h	l/s	l/min
20	1200	72	20	0,120	0,3333	20	5,555	333,33
30	1800	108	30	0,180	0,5000	30	8,333	500,00
40	2400	144	40	0,240	0,6666	40	11,111	666,66
50	3000	180	50	0,300	0,8333	50	13,888	833,33
60	3600	216	60	0,360	1,0000	60	16,666	1000,00
70	4200	252	70	0,420	1,1666	70	19,444	1166,66
80	4800	288	80	0,480	1,3333	80	22,222	1333,33
90	5400	324	90	0,540	1,5000	90	25,000	1500,00
100	6000	360	100	0,600	1,6666	100	27,777	1666,66

Pour les autres valeurs on calculera par addition : 140 l/s = 6000 + 2400 = 8400 l/min.

■ Relation débit-pression

Pour augmenter le débit d'une installation, il est plus efficace d'augmenter le diamètre de la tuyauterie (pour une même vitesse d'eau, un tube de 100 mm de diamètre intérieur a un débit quatre fois plus élevé qu'un tube de 50 mm de diamètre intérieur), car le débit varie avec le carré du diamètre :

$$q_v = v \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot$$

Lorsqu'on augmente la pression, le débit augmente dans des proportions beaucoup moins importantes, si la pression est multipliée par 4, le débit est multiplié par $\sqrt{4}$, en application de la formule $v = \sqrt{2\,g\,h}$ (v = vitesse, g = 9,81, h = hauteur). On pourra utiliser le tableau simplifié 1.21.

Tableau 1.22 – Relation débit-pression

Augmentation du débit en fonction de la pression									
Si la pression est multipliée par	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Le débit augmente de	41 %	73 %	100 %	123 %	144 %	164 %	182 %	200 %	216 %
Diminution du débit en fonction de la pression									
Si la pression diminue de :	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
Le débit diminue de :	2,5 %	5 %	10 %	16 %	22 %	30 %	37 %	45 %	55 %	70 %

On pourra facilement calculer le nouveau débit obtenu en faisant varier la pression à partir de la formule suivante :

$$q_{v2} = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} \times q_{v1}$$

P_1 : pression d'origine ;
q_{v1} : débit avant réglage ;
P_2 : pression après réglage ;
q_{v2} : débit obtenu.



Exemple

Si la pression d'origine est $P_1 = 4{,}2$ bar, le débit d'origine $q_{v1} = 15$ l/min, pour doubler le débit, il faudra que $\sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$ soit égal à 2 soit :

$\frac{P_2}{P_1} = 4$ ou $P_2 = 4 \times P_1 = 4{,}2 \times 4 = 16{,}8$ bar.

Le débit a été doublé, mais la pression est beaucoup trop importante pour une installation sanitaire. La solution est donc bien d'augmenter le diamètre de la tuyauterie.

La solution qui consisterait à doubler le nombre de tubes n'est pas plus efficace que d'augmenter la pression. Si la vitesse est constante, en tenant compte des pertes de charge, le rapport entre les diamètres serait :

$$R = \frac{(\sqrt{D})^5}{(\sqrt{d})^5}$$

Ainsi pour obtenir le même débit que pour une canalisation de diamètre D = 20 mm, il faudrait plus de 5 tuyauteries d'un diamètre d = 10 mm (5,3 exactement).

■ Pertes de charge

Les pertes de charge correspondent à une perte de pression dans la tuyauterie. Elles sont dues au frottement de l'eau sur les parois de la tuyauterie et sont donc plus importantes dans des tuyauteries avec des parois rugueuses (tuyauterie en acier galvanisé) que dans des tuyauteries avec des parois lisses (tuyauterie cuivre, tuyauteries PER…).

On distingue deux types de pertes de charge :

- les pertes de charge linéaires : elles dépendent de la longueur des tuyauteries et s'expriment en mètres de colonne d'eau par mètre de tuyauterie (mCE/m) ou en kilopascal par mètre (kPa/m) ;
- les pertes de charge singulières : elles sont dues aux obstacles ponctuels que va rencontrer l'eau (coudes, vannes, clapets…).

□ Pertes de charge linéaires

$$PdC = Z.\ Qv^2$$

Elles s'expriment en :

- mètres de colonne d'eau par mètre (mCE/m) ;
- millimètres de colonne d'eau par mètre (mmCE/m) ;

- kilopascals par mètre (kPa/m) ;
- bars par mètre (bar/m).

Si on effectue une mesure sur une tuyauterie dans laquelle circule de l'eau, en posant 2 manomètre à 1 m de distance l'un de l'autre, on observera une perte de pression dans la tuyauterie (figure 1.5).

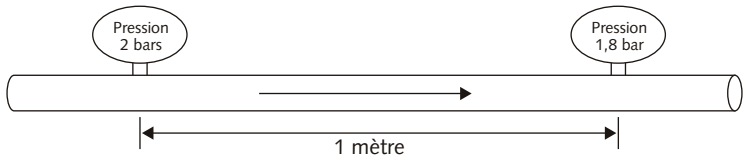


Figure 1.5 – Perte de charge linéaire

La perte de charge dans l'exemple de la figure 1.5 sera de 0,2 bars (2 – 1,8, pression amont – pression aval).

Si l'on fait varier le débit et donc la vitesse dans la tuyauterie, on se rend compte que les pertes de charge augmentent lorsque la vitesse augmente.

De la même manière, si l'on fait varier le diamètre de la tuyauterie, on se rend compte que les pertes de charge diminuent lorsque le diamètre de la tuyauterie augmente.

On notera J les pertes de charge totales, et j les pertes de charge singulières et linéaires.

La formule de calcul des pertes de charge permet de comprendre de quelle manière celles-ci vont évoluer :

$$j = \lambda \, . \, \rho \, . \, \frac{v^2}{2D}$$

Avec :

j : pertes de charge linéaires ;
λ : coefficient de pertes de charge ;
ρ : masse volumique du fluide ;
v : vitesse moyenne du fluide ;
D : diamètre intérieur de la tuyauterie.

On se rend compte ainsi que les pertes de charge linéaires dépendent de :

- du débit, et donc de la vitesse de l'eau ;
- du diamètre de la tuyauterie ;

- de la nature de la tuyauterie (parois intérieures lisses ou rugueuses) ;
- de la température de l'eau (lorsque l'eau est plus chaude, la viscosité et la densité diminuent).

Dans la pratique, on utilisera peu la formule mais plutôt des abaques simplifiés qui permettent de trouver graphiquement, à partir de deux valeurs connues, les deux autres valeurs à déterminer (débit, pertes de charge, diamètre intérieur de la tuyauterie, vitesse de l'eau).

Pour l'utilisation des abaques se reporter au chapitre 6, Distribution intérieure.

☐ **Pertes de charge singulières**

Les pertes de charge singulières seront fournies par les fabricants de vannes, de tés, de coudes, de clapets…, sous la forme de courbes qui donnent la perte de charge en fonction du débit (figure 1.6).

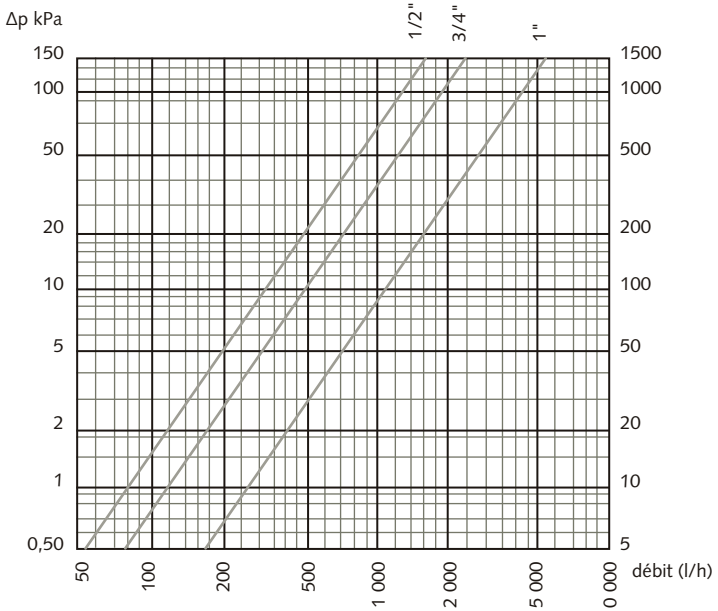


Figure 1.6 – Pertes de charge d'un mitigeur thermostatique Mixal (Documentation Thermador)

Pour lire les pertes de charge d'un mitigeur 3/4'' pour un débit de 500 l/h, on détermine le point d'intersection entre la verticale correspondant à 500 l/h et la courbe ¾'', à l'horizontale, on peut lire 10 kPa ou 100 mbar, soit 1 mCE.

Si l'on ne connaît pas les pertes de charge des accessoires posés sur l'installation, on peut effectuer un calcul à partir des longueurs de tuyauteries équivalentes données dans le tableau 1.23.

Tableau 1.23 – Longueur équivalente des raccords en mètres de tuyauteries

Accessoires	DN < 50	50 < DN < 300
Clapet antiretour	5 à 20	20 à 80
Clapet à battant	1 à 5	5 à40
Vanne à boisseau sphérique (passage intégral)	0,1 à 0,2	0,2 à 0,5
Vanne à passage direct	0,1 à 0,5	0,5 à 3
Autres vannes	1 à 15	10 à 70
Coude à 90°	0,3 à 2	2 à 20
Coude à 45°	0,1 à 0,5	0,5 à 10
Té à 90°	0,2 à 1	1 à 8
Filtre non colmaté	5 à 20	

Lors d'un calcul précis, il sera nécessaire de trouver les caractéristiques hydrauliques de tous les équipements de l'installation.

Un réseau de tuyauteries existant est caractérisé par la formule suivante :

$$PdC = Z.\ Qv^2$$

dans laquelle on a :

PdC : pertes de charge totales de l'installation en fonction du débit ;

Z : coefficient qui caractérise le réseau de tuyauteries ;

Qv^2 : carré du débit mesuré ou calculé dans l'installation.

À partir d'une seule mesure de débit et de pertes de charge, on peut calculer Z et ainsi, on pourra calculer quelle sera la nouvelle perte de charge si l'on fait varier le débit.

Dimensions des tuyauteries

Une tuyauterie se caractérise par :

- son matériau,
- son diamètre nominal, DN, qui correspond au diamètre intérieur,
- son épaisseur.

■ Quelques mesures des tuyauteries acier

Il en existe de nombreuses, voir le chapitre 8 sur les canalisations acier.

Tableau 1.24 – Dimensions de tuyauteries acier

Diamètre nominal DN (mm)	Raccords (")	Raccords (mm)	Diamètre extérieur D ext (mm)	Section $S = \frac{\pi D^2}{4}$ (mm²)	Contenance en eau de 1 m de tuyauterie (l)	Surface extérieure de la tuyauterie (mm²)
6	1/8"	5 × 10	10,2	28,27	0,03	0,03
8	1/4"	8 × 13	13,5	50,27	0,05	0,04
10	3/8"	12 × 17	17,2	78,54	0,08	0,05
15	1/2"	15 × 21	21,3	176,71	0,18	0,06
20	3/4"	20 × 27	26,9	314,16	0,31	0,08
25	1"	26 × 34	33,7	490,87	0,49	0,09
32	1" 1/4	33 × 42	42,4	804,25	0,80	0,12
40	1" 1/2	40 × 49	48,3	1256	1,26	0,14
50	2"	50 × 60	60,3	1963	1,96	0,17
(60)	(2" 1/4)	(60 × 70)	(70)	2827	2,83	0,20
65	2" 1/2	66 × 76	76,1	3318	3,32	0,22
80	3"	80 × 90	88,9	5026	5,03	0,27
(90)	(3" 1/2)	(90 × 102)	101,6	6361	6,36	0,30
100	4"	102 × 114	(108) ou 114,3	7853	7,85	0,33

Diamètre nominal DN (mm)	Raccords (")	Raccords (mm)	Diamètre extérieur D ext (mm)		Contenance en eau de 1 m de tuyauterie (l)	Surface extérieure de la tuyauterie (mm^2)
125	5"	127 × 140	(133) ou 139,7	12271	12,27	0,41
150	6"	–	(159) ou 168,3	17671	17,67	0,49
(175)	(7")	–	(193,7)	24052	24,05	0,57
200	8"	–	219,1	31415	31,42	0,64
(225)	(9")	–	(244,5)	39760	39,76	0,72
250	10"	–	273	49087	49,09	0,80
300	12"	–	323,9	70685	70,69	0,96
350	14"	–	355,6	96211	96,21	1,12
400	16"	–	406,4	125663	125,6	1,27
450	18"	–	457	159043	159,0	1,43
500	20"	–	506	196349	196,3	1,59
600	24"	–	609,6	282743	282,7	1,90
700	28"	–	711	384845	384,8	2,21
800	32"	–	813	502654	502,6	2,53
900	34"	–	914	636172	636,1	2,84
1000	40"	–	1016	785398	785,4	3,16

Les valeurs entre parenthèses du tableau 1.24 correspondent à des séries qui ont existées mais qui ne se fabriquent plus ou ne sont plus utilisées en installations neuves.

L'appellation d'une tuyauterie a évolué dans le temps, on a utilisé successivement :

- Tuyauterie 15-21 ;
- Tuyauterie 1/2".

Aujourd'hui on doit dire : Tuyauterie 21,3 × 2,3 (Diamètre extérieur × épaisseur) appellation normalisée, ou DN 15, Diamètre de passage mais sans précision de l'épaisseur.

L'appellation en pouces : 1/2'' est toujours utilisée pour les raccords, l'appellation 15-21 pour certaines robinetteries.

Ce sont des appellations à connaître car très souvent employées dans le métier.



Remarque

Il existe des normes particulières pour les tuyauteries et les filetages dans certaines professions et industries (viticulture, transport ferroviaire…). Dans tous les cas, il faudra se renseigner auprès des organismes spécialisés (syndicats professionnels, CSTB, AFNOR…).

■ Dilatation-contraction des tuyauteries

Sous l'effet de changements de température (soleil, froid, mise en marche d'un système de chauffage…), la longueur des tuyauteries va varier. On appelle ce phénomène la **dilatation** (allongement) ou la **contraction** (raccourcissement). Cette variation de longueur peut provoquer la rupture des tuyauteries ou l'arrachement de leurs fixations.

Chaque type de tuyauterie (et plus généralement chaque matériau) est caractérisé par un coefficient de dilatation α (tableau 1.25). On peut prévoir et calculer la variation de longueur (ΔL) d'une tuyauterie en fonction de l'écart de température ($\Delta\theta$) et de la longueur initiale (L) :

$$\Delta L = L \times \Delta\theta \times \alpha$$

avec :

ΔL : allongement ou raccourcissement en mm ;

L : longueur totale de la tuyuaterie en m ;

$\Delta\theta$: écart de température en °C (température finale – température initiale ;

α : coefficient de dilatation en mm/m.°C.

Tableau 1.25 – Coefficient de dilatation thermique de quelques matériaux

	Coefficient de dilatation thermique (mm/m.°C)
Matières plastiques	0,05 à 0,18
PVC	0,05 à 0,08
PVC C	0,079
Polyéthylène	0,2
PER	0,14
Polypropylène	0,15
Multicouche	0,06
Aluminium	0,022
Laiton	0,018
Zinc	0,029
Cuivre	0,017
Fonte ductible	0,010
Acier	0,0115
Acier inoxydable	0,017

Ainsi une tuyauterie de 100 m contenant de l'eau froide à 15 °C qui chauffe au soleil et atteint la température de 55 °C aura subi un écart de température de $\Delta\theta = 55 - 15 = 40$ K.

Pour une tuyauterie en acier, l'allongement sera :

$$\Delta L = L \times \Delta\theta \times \alpha = 100 \times 40 \times 0{,}0115 = 46 \text{ mm} = 4{,}6 \text{ cm}$$

Pour une tuyauterie en polyéthylène :

$$\Delta L = L \times \Delta\theta \times \alpha = 100 \times 40 \times 0{,}2 = 800 \text{ mm} = 80 \text{ cm}$$

Inversement, si on pose une tuyauterie en plein été, une gouttière de 20 m par exemple, le plastique sera chaud et dilaté et pourra atteindre 40 °C. Lorsque la température va diminuer pour atteindre en hiver – 5 °C le plastique va se contracter, sa longueur va diminuer.

La différence de longueur sera :

$$\Delta L = L \times \Delta\theta \times \alpha = 20 \times (-5 - 40) \times 0{,}05 = 20 \times (-45) \times 0{,}05$$
$$= -45 \text{ mm} = -4{,}5 \text{ cm}$$

Cet écart de longueur provoquera la déformation, l'arrachement ou le déboîtement de la gouttière si aucun dispositif de dilatation n'est prévu. Il faut donc prendre en compte la température lors de la pose d'éléments de grandes longueurs.

Transmission de la chaleur

La chaleur correspond à l'agitation des atomes d'un corps ; plus un corps est chaud, plus ses atomes vibrent et dégagent de la chaleur.

Un corps même à – 20 °C contient de la chaleur, mais à 0 K, soit – 273,15 °C, les atomes ne vibrent plus, il n'y a plus d'énergie.

Deux corps sont en équilibre thermique lorsque leurs températures sont identiques.

Si les deux corps ne sont pas en équilibre thermique, il y a transmission d'énergie.

Par convention, on dit que la chaleur se transmet du corps le plus chaud vers le corps le plus froid.

On étudie la conduction en « régime établi » (la température ne change pas au cours du temps).

La chaleur se transmet de trois manières différentes.

■ Conduction

C'est une transmission de chaleur de proche en proche par contact à travers les atomes ou les molécules d'un corps. C'est le mode de transmission de chaleur des solides.

Lorsqu'on chauffe l'extrémité d'une barre d'acier avec un chalumeau, la chaleur se transmet par conduction dans toute la barre (il faudra la tenir avec une pince).

Les métaux sont de bons conducteurs, les matériaux de construction (plâtre, brique, béton…) le sont moins. Le bois, la porcelaine sont peu conducteurs. L'air et les gaz sont de très mauvais conducteurs.

Lorsqu'on fait le vide entre deux parois d'une bouteille thermos, il n'y a plus de transmission par conduction entre les deux parois (il n'y a plus qu'une transmission de chaleur par rayonnement).

À travers une paroi qui sépare deux milieux qui sont à des températures différentes, il y a transmission de chaleur par conduction (figure 1.7).

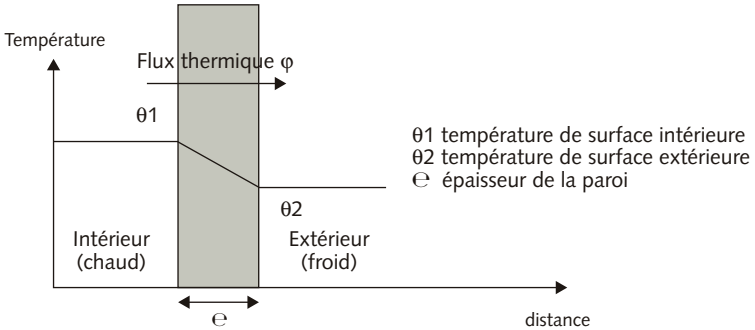


Figure 1.7 – Transfert thermique par conduction à travers une paroi

Les échanges à travers cette paroi s'effectuent selon les règles suivantes. Soit les grandeurs caractéristiques d'un matériau :

R : résistance thermique en $m^2 \cdot K/W$;
K : conductance thermique en $W/m^2 \cdot K$;
λ : conductivité thermique en $W/m \cdot K$.
On a :

$$R = \frac{e}{\lambda} \qquad K = \frac{1}{R}$$

avec e : épaisseur de la paroi en m.

Le flux thermique (φ) à travers la paroi est :

$$\varphi = \frac{\theta 1 - \theta 2}{R}$$

avec :
φ : flux thermique surfacique en W/m^2 ;
θ1 : température de surface côté « chaud » en °C ;
θ2 : température de surface côté « froid » en °C ;
R : résistance thermique en $m^2 \cdot K/W$.

Exemple

Soit le mur d'un local en béton armé (λ = 1,15 W/m·K) d'une surface de 25 m² et de 20 cm d'épaisseur. On mesure les températures de surface : $\theta 1$ = 18 °C et $\theta 2$ = 3 °C.
On peut calculer :

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0{,}2}{1{,}15} = 0{,}174\ m^2\ .\ K/W$$

$$\text{et}\ \ \varphi = \frac{\theta 1 - \theta 2}{R} = \frac{18 - 3}{0{,}174} = 86{,}25\ \text{W/m}^2$$

On a un échange de chaleur :

$$\phi\ \text{total} = \varphi \times S = 86{,}25 \times 25 = 2\,156{,}25\ \text{W}$$

■ Convection

Si on chauffe un fluide (eau ou air) par contact avec un solide chaud, il se dilate, c'est-à-dire qu'il augmente de volume, sa masse volumique et sa densité deviennent plus faibles. Devenu plus léger que le fluide se trouvant autour, il s'élève vers le haut alors que le reste du fluide non encore chauffé et plus dense s'écoule vers le bas.

Le mouvement qui en résulte s'appelle « courant de convection ». Le fluide transporte ainsi la chaleur qu'il cède à un autre solide (figure 1.8).

Les liquides et les gaz s'échauffent principalement par convection, d'où la nécessité, pour les échauffer, de placer la source de chaleur près des parties inférieures.

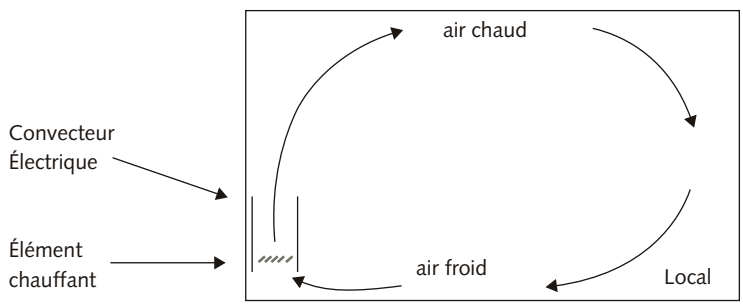


Figure 1.8 – Transfert thermique par convection dans un local

■ Rayonnement

Les corps chauds irradient de la chaleur en produisant des ondes électromagnétiques qui se transmettent même à travers le vide. Ces ondes, en arrivant sur un corps, sont en partie absorbées (transformées en chaleur), en partie réfléchies ou transmises (figure 1.9).

La quantité de chaleur produite est d'autant plus grande que la température du corps est chaude.

Les corps brillants, polis et clairs rayonnent moins que les corps mats et sombres, c'est pourquoi les corps peints en noir possèdent un meilleur rendement.

Les corps qui rayonnent mal absorbent mal la chaleur.

Le soleil nous chauffe par rayonnement (il suffit de passer d'une zone ombragée à une zone ensoleillée pour sentir l'effet du rayonnement).

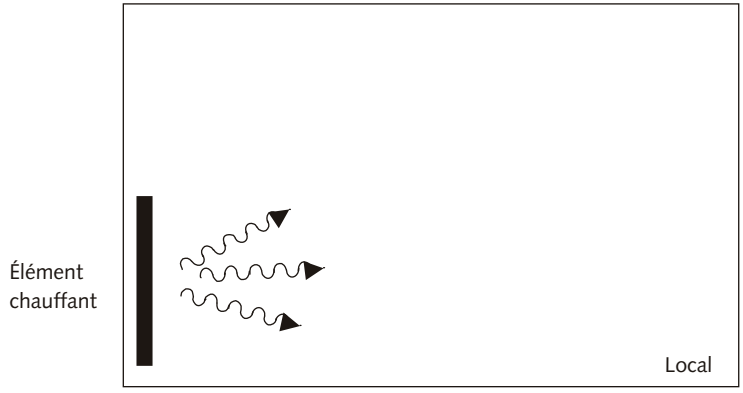


Figure 1.9 – Transfert thermique par rayonnement dans un local

La conduction, la convection et le rayonnement se produisent presque toujours en même temps dans des proportions qui varient, c'est ce qui se passe notamment pour la transmission à travers une paroi de réservoir d'eau chaude.

On peut considérer un mode d'échange supplémentaire.

■ Mélange

Si on mélange deux liquides qui ont des températures différentes, on peut calculer la température du mélange (θm) en fonction des volumes et des températures des deux fluides au départ.

$$\theta\,mélange = \frac{(\theta 1 \times V1) + (\theta 2 \times V2)}{V1 + V2}$$

θ1, V1 : température et volume du liquide 1 ;
θ2, V2 : température et volume du liquide 2 ;
θm, Vm : température et volume du mélange.
On obtient un volume de liquide Vm = V 1 + V 2 à une température θm.



Exemple

Soit 5 l d'eau à 10 °C mélangés avec 5 l d'eau à 80 °C :

$$Vm = 5 + 5 = 10\ l \text{ à } \theta m = \frac{(10 \times 5) + (80 \times 5)}{5 + 5} = \frac{450}{10} = 45\ °C$$

Sur la base de la réglementation thermique 2005 qui fixe les consommations d'eau mitigée à 40 °C, il est possible de calculer le volume d'eau chaude stockée à 70 °C.



Exemple

Pour produire 1 785 l d'eau chaude à 40 °C, à partir d'une eau froide à 10 °C et d'une eau chaude à 70 °C, il faudra mélanger 892,5 l d'eau froide à 10 °C avec 892,5 l d'eau chaude à 60 °C :

$$\theta m = \frac{(10 \times 892{,}5) + (70 \times 892{,}5)}{892{,}5 + 892{,}5} = \frac{71\,400}{1\,785} = 40\ °C$$

$$Vm = 892{,}5 + 892{,}5 = 1\,785\ l$$

Ce type de calcul peut s'appliquer aux calculs de débits.

Si on mélange deux liquides qui ont des débits et des températures différentes, on peut calculer la température du mélange en fonction des débits et des températures des deux fluides au départ :

$$\theta \text{ mélange} = \frac{(\theta 1 \times qv1) + (\theta 2 \times qv2)}{qv1 + qv2}$$

θ1, qv1 : température et débit du fluide 1 ;
θ2, qv2 : température et débit du fluide 2 ;
θm, qvm : température et débit du mélange.
On obtient un débit qvm = qv1 + qv2 à une température θm.



Exemple

Soit 10 l/min d'eau à 10 °C mélangés avec 5 l/min d'eau à 80 °C :

qvm = 10 + 5 = 15 l/min à θ m = $\frac{(10 \times 10) + (80 \times 5)}{10 + 5} = \frac{500}{15} = 33{,}3$ °C

On obtiendra donc un débit de 15 l/min à une température de 33,3 °C.

THÉOREME DE BERNOULLI

On peut très bien réaliser une installation hydraulique en respectant les règles de l'art sans savoir utiliser le théorème de Bernoulli, mais il est utile de le comprendre car de nombreuses formules en découlent.

Un fluide s'écoule dans une tuyauterie en fonction de trois énergies :

- l'énergie de position : Z, qui correspond à l'altitude ;
- l'énergie de pression : $\frac{P}{\omega}$
- l'énergie cinétique (liée à sa vitesse) : $\frac{v^2}{2g}$

Le principe de la conservation de l'énergie appliquée aux fluides s'exprime par la formule suivante :

$$Z + \frac{P}{\omega} + \frac{v^2}{2g} = \text{Constante}$$

Il faudra en plus tenir compte des pertes de charge (J ou pdC) dans la tuyauterie.

Cette formule permet notamment de comprendre le phénomène du cône de Venturi (figure 1.10) utilisé dans l'hydro-éjecteur ou dans les brûleurs gaz atmosphériques et dans de nombreuses autres applications.

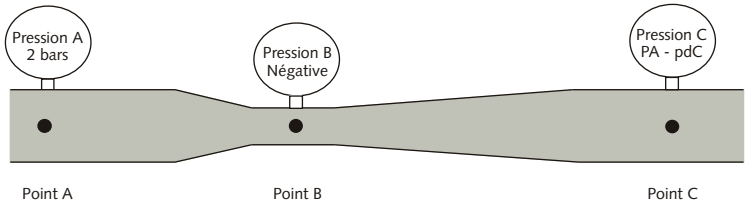


Figure 1.10 – Évolution des pressions dans un cône de Venturi

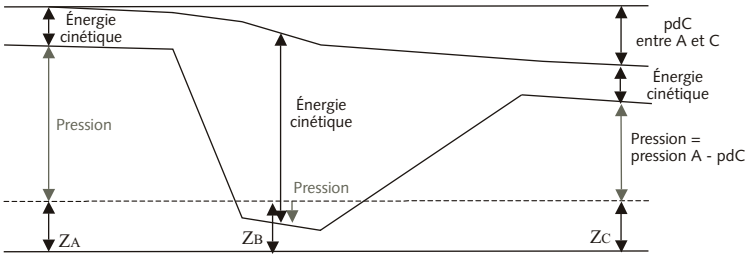
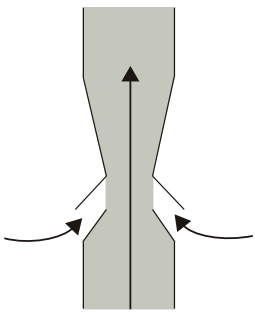


Figure 1.11 – Évolution des énergies

L'énergie de position ne change pas car la tuyauterie est horizontale : ZA = ZB = ZC (figure 1.11).

La vitesse augmente fortement lors du rétrécissement au point B (l'énergie cinétique augmente), la pression devient négative.

Au point C, la tuyauterie a le même diamètre qu'au point A, l'énergie cinétique est identique, la pression est : Pc = PA – pdC entre A-C.



Si on crée une ouverture au point B (figure 1.12), le fluide environnant sera aspiré (eau ou air), c'est le cas dans un brûleur gaz atmosphérique (le gaz injecté sous pression aspire l'air ambiant dans la chambre de mélange), dans l'hydro-éjecteur (l'eau sous pression aspire l'eau du bassin)…

Figure 1.12 – Aspiration du fluide au point de rétrécissement

ACOUSTIQUE

Les sons, et donc les bruits, correspondent à des variations rapides de la pression de l'air, ce sont des vibrations qui se propagent dans l'air, les matériaux, les tuyauteries… La fréquence est rapide pour les sons aigus, lente pour les sons graves.

L'intensité (niveau sonore) est caractérisée par la pression acoustique. Elle se mesure en décibel (dB). L'échelle est : 0 dB seuil de perception ; 120 dB seuil de douleur ; elle peut atteindre des valeurs bien supérieures (figure 1.13).

On l'utilise aussi pour caractériser les performances acoustiques des produits du bâtiment (l'affaiblissement acoustique est exprimé en dB).

Notre oreille est plus sensible aux sons aigus qu'aux sons graves. Pour tenir compte de cette différence, on exprime un son en décibel A (dB (A)), il est mesuré à une distance de 1 m.

Le bruit diminue avec l'éloignement (–6 dB (A) à chaque fois que l'on double la distance).

■ Échelle du bruit

L'échelle des décibels est logarithmique (tableau 1.26) :

- une augmentation de 3 dB correspond à un bruit deux fois plus important. Si le bruit diminue de moitié, le niveau sonore baissera de – 3 dB ;
- lorsque le niveau sonore de plusieurs bruits est sensiblement différent (≥ 10 dB), le bruit le plus fort masque le bruit le plus faible :

$$20 \text{ dB} + 80 \text{ dB} = 80 \text{ dB}$$

- lorsque que le niveau sonore des bruits est sensiblement identique (≤ 10 dB), les bruits s'additionnent :

$$20 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 23 \text{ dB}$$

Tableau 1.26 – Valeur à ajouter en décibels entre deux niveaux sonores différents

Différence entre les deux niveaux sonores	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valeur à ajouter au niveau sonore le plus élevé	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4



Exemple

Si 2 machines émettent des bruits de niveaux sonores différents, on aura :

40 + 45 = 46,2 dB

La notion de temps dans la nuisance sonore est importante. La réglementation impose une limite du niveau sonore au poste de travail à 80 dB (A) par jour.

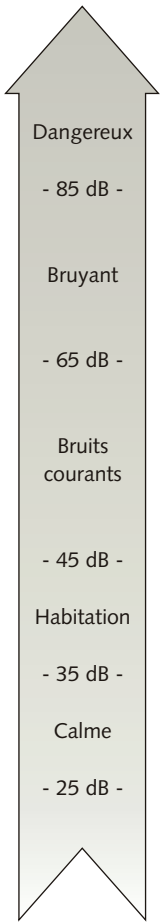
Lorsque le niveau sonore augmente, le temps d'exposition diminue pour le même effet sur l'appareil auditif (acouphènes, pertes auditives…) : 4 h à 83 dB (A), 2 h à 86 dB (A), 1 h à 89 dB (A), 30 min à 92 dB (A), 15 min à 95 dB (A), 5 min à 100 dB (A), 1 min à 107 dB (A).

Au-dessus de 80 dB (A), il faudra mettre à disposition des protections auditives individuelles ; au-dessus de 85 dB (A), leur port est obligatoire.

Les caractéristiques des protections auditives individuelles sont les suivantes :

- SNR : indice d'affaiblissement moyen du bruit ;
- H : réduction des hautes fréquences (bruits aigus) ;
- M : réduction des moyennes fréquences (compresseurs…) ;
- L : réduction des basses fréquences (moteurs, marteau…).

Les valeurs correspondant à chaque lettre représentent l'affaiblissement acoustique (baisse du niveau sonore).



140 dB : décollage d'un avion
130 dB : formule 1
120 dB : seuil de la douleur
105 dB : discothèque, concert, passage d'1 train
100 dB : chaîne hi-fi
95 dB : klaxon
90 dB : tondeuse à gazon

85 dB : seuil de nocivité pour une exposition de 8 h/j
85 dB : chien qui aboie

80 dB : seuil d'exposition légale pour 8 h/ j
80 dB : voiture, robinet de chasse

65 dB : téléviseur, chasse d'eau

60 dB : seuil de fatigue
60 dB : conversations, douche

50 dB : pluie

40 dB : réfrigérateur, ordinateurs, bureau calme

30 dB : conversations à voix basse
seuil de gène dans les pièces d'habitation
20 dB : vent léger
15 dB : campagne calme
10 dB : respiration humaine

0 dB : seuil de l'audibilité

Figure 1.13 – Échelle du bruit

Pour plus d'informations : www.moinsdebruit.com, www.bruit.fr.

Les bruits dans les installations sanitaires peuvent avoir plusieurs origines, ils peuvent être provoqués par :

- les équipements (chaudière, moteurs, sanitaires, robinetteries…) ;
- l'eau dans les tuyauteries d'alimentation (coup de bélier…) ;
- l'eau dans les tuyauteries d'évacuation (chute…) ;
- les tuyauteries elles-mêmes (dilatation…).

■ Réglementation

Le bruit dans les bâtiments est aujourd'hui réglementé. La nouvelle réglementation acoustique (NRA) applicable depuis le 1er janvier 1996 et modifiée en 2000 par la réglementation européenne fixe les normes du confort acoustique dans les bâtiments neufs.

L'arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit fixe le niveau sonore admissible dans les hôtels, établissements de santé, d'enseignement.

Le niveau acoustique des équipements collectifs (descente d'eaux usées, d'eau vanne, d'eau pluviale, robinetterie, équipements de production d'eau chaude, de climatisation, de chauffage…), doit correspondre au tableau 1.27.

Tableau 1.27 – Niveaux acoustiques réglementaires

Niveaux maximaux de pression acoustique (dB (A))	Logements neufs NRA	Hôtels	Santé	Enseignement
30	Pièces principales (chambre, séjour…)	Chambres	Chambres, salles d'examen, bureaux, salles d'attente	
33				Bibliothèque, infirmerie, salles de repos, salles de musique
35	Pièces de service (salle de bain, cuisine…			Pièces de service (cuisine…)
40			Salles de soins, d'opérations, de travail	
43				Salles d'enseignement, de réunion, administration

On distingue les bruits aériens (voix, télévision, circulation routière…) diffusés par l'air, et les bruits de choc ou bruits solidiens (transmis par les tuyauteries, les murs et les sols) qui se transmettent par des matériaux solides.

ANGLES

Dans les documentations techniques, on sera parfois amené à convertir des pentes exprimées en degrés en pentes exprimées en % (tableau 1.28).

Tableau 1.28 – Pentes (valeurs arrondies)

Degrés	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Pente en %	09	18	27	36	47	58	70	84	100	119	143	173	214	275	373	567

Lorsque l'on mesure la pente d'un toit en degrés, on mesure l'angle α (alpha) formé entre le toit et l'horizontale (figure 1.14a). Lorsqu'on mesure la pente d'un toit en %, on mesure l'élévation de hauteur en centimètres pour un déplacement horizontal de 1 m (figure 1.14b).

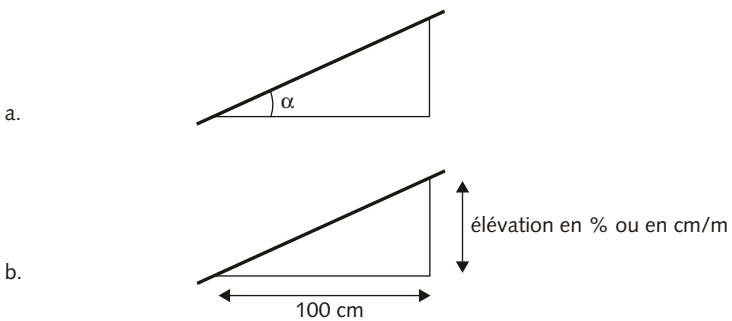


Figure 1.14 – Détermination de la pente d'un toit : a) en degré ; b) en %

L'étanchéité des panneaux solaires par exemple est généralement garantie pour une pente minimum de 20 % (figure 1.15).

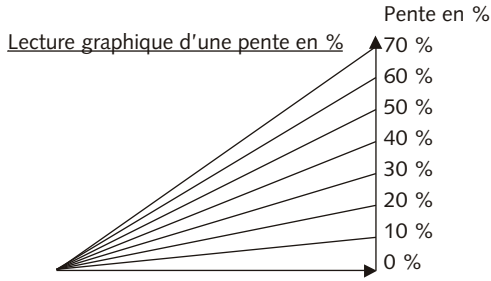


Figure 1.15 – Lecture graphique d'une pente en %

Rappels de géométrie

Circonférence $C = \pi D$ (D, diamètre) $= 2\pi R$ (R : rayon, $\pi = 3{,}1416$).

Surfaces

Carré $S = a^2$ (a : côté).

Rectangle $S = B \times H$ (B : base ; H : hauteur).

Parallélogramme $S = B \times H$.

Triangle $S = \frac{BH}{2}$.

Triangle équilatéral $S = \frac{a^2\sqrt{3}}{4}$ (a : côté).

Hexagone régulier $S = \frac{3a^2\sqrt{3}}{2}$ (a : côté).

Losange $S = \frac{D \times d}{2}$ (D et d : diagonales).

Trapèze $S = \frac{B \times b}{2} \times H$ (B et b : bases ; H : hauteur).

Polygone régulier $S = \frac{P \times OH}{2}$ (P : périmètre ; OH : apothème).

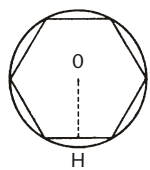


Figure 1.16 – Polygone

Cercle $S = \pi R^2$ ou $= \frac{\pi D^2}{4}$ (R : rayon ; D : diamètre).

Couronne $S = \pi(R^2 - r^2)$ (R : grand rayon ; r : petit rayon).

Secteur OAMB $S = \frac{\pi R^2 \alpha}{360} = \frac{AB}{2} \times R$ (R : rayon ; α : angle AOB en degrés).

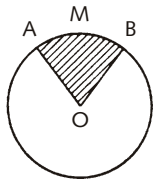


Figure 1.17 – Secteur

Segment AMB $S = \frac{AB}{2} \times R - \frac{BD}{4} \times R$.

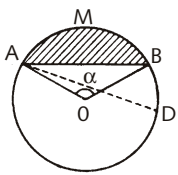


Figure 1.18 – Segment

Sphère $S = 4\pi R^2 = \pi D^2$.

Fuseau sphérique $S = \frac{\pi R^2 n}{90}$ (n : angle en degrés du fuseau).

Nota : $\sqrt{2} = 1{,}4142$
$\sqrt{3} = 1{,}7321$

Mesure au réduit moyen: Si l'on prend la largeur d'un trapèze vers le milieu de sa hauteur (au lieu de faire la 1/2 somme de ses deux bases), on dit qu'on prend la mesure « au réduit moyen ».

Mesure claire ou en œuvre: La surface d'un toit, produit de sa largeur par son versant, la longueur d'une tuyauterie mesurée de bout en bout, sont des mesures claires.

Mesure développée : C'est ajouter aux précédentes des valeurs réelles (reliefs, couvre-joints, têtes, talons, etc.) ou fictives (plus-values de coupes, de coudes, de pertes, etc.).

Volumes

Parallélépipède rectangle : $V = a \times b \times c$ (a, b, c : les 3 dimensions).
Prisme et cylindre : $V = B \times H$ (B : base ; H : hauteur).
Si le cylindre est droit on a : $V = \pi R^2 H$ (R : rayon).

Pyramide et cône : $V = \frac{B \times H}{3}$ (B : base ; H : hauteur).

Si le cône est droit on a : $V = \frac{\pi R^2 H}{3}$ (R : rayon de la base).

Tronc de pyramide et tronc de cône à bases parallèles :

$$V = \frac{H}{3}\left(B + b + \sqrt{Bb}\right)$$ (H : hauteur ; B et *b* : les bases)

Si le tronc de cône est droit on a :

$$V = \frac{\pi H}{3}\left(r^2 + r'^2 + rr'\right)$$ (H : hauteur ; *r* et *r'* : rayons des 2 bases)

Tas de cailloux (figure 1.19) : $V = \frac{h}{6}\left[b\,(2a + a') + b'\,(2a' + a)\right]$.

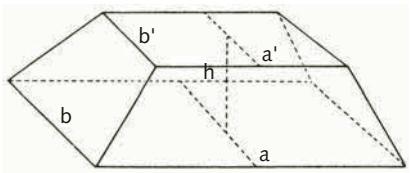


Figure 1.19 – Tas de cailloux

Tonneaux :

$V = \frac{1}{3}\pi H\,(r^2 + 2R^2)$ (H : hauteur du tonneau ; *r* : rayon du fond ; R : rayon du plus grand cercle)

ou $V = \frac{1}{12}\pi H\,(2D^2 + d^2)$ (D et *d* : le plus grand et le plus petit diamètre ; H : hauteur du tonneau)

Tube : π.D x L (D : diamètre ; L : longueur).

Sphère : $\frac{4}{3}\pi R^3$ ou $\frac{\pi D^3}{3}$

Bois en grume : V = 0,785 ld^2 (l : longueur de la pièce ; d : diamètre moyen). Cubage marchand 0,428 ld^2.



Remarque

Le volume d'un corps quelconque est toujours égal au poids de l'eau déplacée. En conséquence si on peut recueillir et peser exactement l'eau déplacée on obtient le volume du corps (eau, densité).

QUELQUES RELATIONS USUELLES

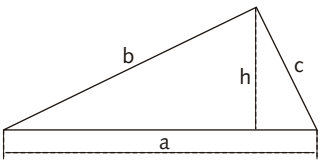
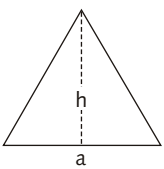


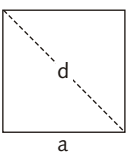
Figure 1.20 – Triangle rectangle

Cette règle permet de tracer facilement un angle droit avec une corde. Il suffit de marquer sur une même corde 3 puis 4 puis 5 m soit au total 12 m et de rejoindre les 2 bouts. $3^2 + 4^2 = 5^2$. Cela fonctionne aussi avec 30, 40 et 50 cm.



$h = \frac{a\sqrt{3}}{2}$

Figure 1.21 – Triangle équilatéral



$d = a\sqrt{2}$

Figure 1.22 – Carré



Remarque

$\sqrt{2} = 1{,}4142$ $\quad \pi = 3{,}1416$
$\sqrt{3} = 1{,}7321$

Tableau 1.29 – Nombres souvent utilisés

1/2	0,5	1/24	0,041	$\sqrt{3}$	1,732	π	3,1116
1/3	0,333	2/3	0,666	$\sqrt{5}$	2,236	2π	6,2832
1/4	0,25	3/2	1,5	$\sqrt[3]{2}$	1,259	$\frac{4}{\pi}$	0,7854
1/6	0,166	4/3	1,333	$\sqrt[3]{3}$	1,442	π^2	9,869
1/8	0,125	5/6	0,833	$\sqrt{\pi}$	1,772	$\frac{1}{\pi}$	0,318
1/9	0,111	$\sqrt{1}$	1,00	$\sqrt{1/2}$	0,707		
1/12	0,083	$\sqrt{2}$	1,414	$\sqrt{1/3}$	0,577	$\frac{360}{\pi}$	114,591

Leviers

Il y a équilibre quand F x OA = R x OB (formule dans laquelle F est la force qui agit et R la résistance à vaincre).

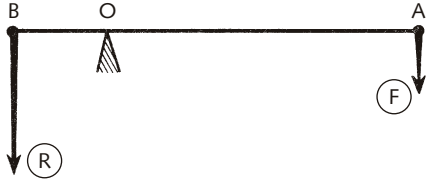
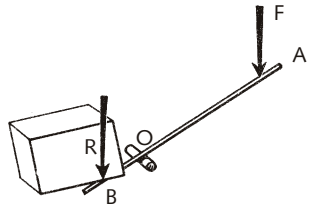


Figure 1.23 – Levier

Si le levier est suffisamment résistant, on peut donc soulever des montagnes...

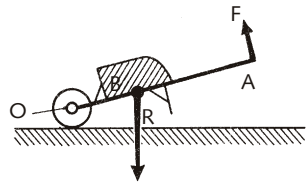
Levier du premier genre: F et R sont de même sens; le point d'appui O est situé entre A et B. On remarque que R est plus grand que F. Applications: la pince du carrier, la pince-monseigneur, le pied de biche, les tenailles, le robinet flotteur d'une chasse d'eau, etc. (figure 1.24)



Leviers : 1er genre

Figure 1.24

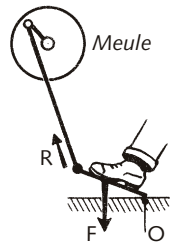
Levier du deuxième genre: F et R sont de sens inverse. La résistance R se trouve entre le point d'appui O et la force F. Ici, c'est F qui est plus grand que R. Applications: la brouette, le casse-noix, le couteau à pain du boulanger.



Levier : 2e genre

Figure 1.25

Levier du troisième genre: F et R sont également de sens inverse. La force F est entre O et R. Applications: la meule d'atelier, la pince à sucre, les pincettes, l'étau, etc.



Levier : 3e genre

Figure 1.26

Application : Soupape de 6 cm²

$$Ra = Fb$$

Masse de R = 10 kg, masse du levier a = 4 kg.
Levier de a = 0,60 – 0,20 = 0,40 m.
On a : R x a = (10 x 0,80) + (4 x 0,40) = 9,6 kg.
F x b = 9,6 kg.

$$F = \frac{9,6}{0,2} = 48 \text{ kg}$$

$$\text{Pression limite/cm}^2 = \frac{48}{6} = 8 \text{ kg/cm}^2 \text{ soit } 8 \text{ bar}$$

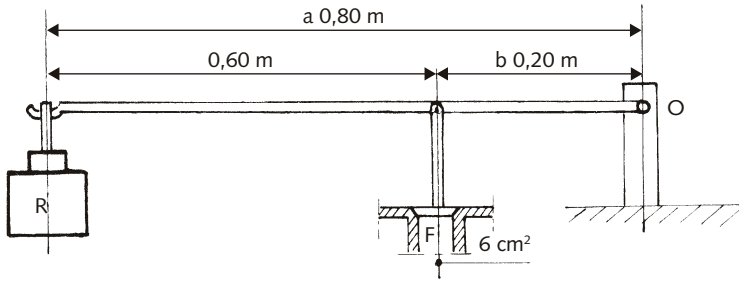


Figure 1.27 – Soupape de sûreté

POULIES

Poulies fixes : Il y a équilibre quand F x Oa = R x Ob ou F = R. En conséquence, si l'on ajoute une force relativement minime f, elle suffira à faire monter le seau.

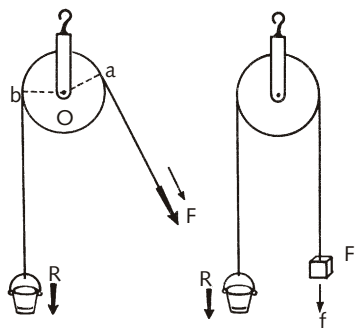


Figure 1.28 –Treuil

Poulies mobiles : Il y a équilibre lorsque $F_1 = F_2 = \frac{R}{2}$.

Ainsi en appliquant en A_1 une force minime s'ajoutant à F_1 on peut vaincre une force R double.

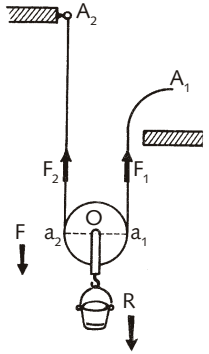


Figure 1.29 – Treuil

Dans cette figure, on obtient le même résultat, mais on n'est pas obligé de tirer verticalement.

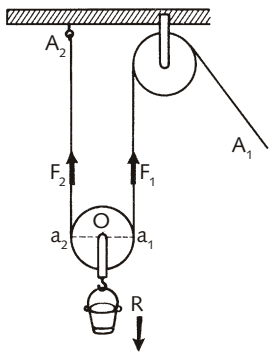


Figure 1.30 – Treuil

La force nécessaire pour lever le seau est donc réduite de moitié.

Moufles

Le moufle à deux poulies en haut et deux en bas permet de ne dépenser en F qu'une force qui n'est que le quart de R.

Le moufle à trois poulies en haut et trois en bas, comme le montre la figure 1.31, permet de ne dépenser en F qu'une force qui n'est que le sixième de R.

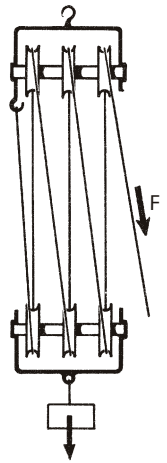


Figure 1.31 – Moufle

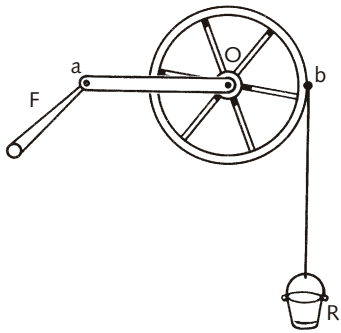


Figure 1.32 – Treuil

Treuils

La force développée est égale à F x O*a*.

L'équilibre est réalisé lorsque F x O*a* = R x O*b* ;

soit : $F = \frac{R \times Ob}{Oa}$

ce qui signifie que plus le bras de manivelle O*a* sera grand, moins il y aura d'effort à faire.

Représentations normalisées

IDENTIFICATION DES TUYAUTERIES

La norme française X 08-100 de 1986 précise les règles d'identification des tuyauteries du bâtiment, les normes X 08-101 à 107 concernent les usines, laboratoires, usages médicaux, bouteilles de gaz…

L'identification s'effectue de la manière suivante : on peindra sur la tuyauterie une bande de fond de 10 à 60 mm de largeur qui précise le type de fluide, sur celle-ci on ajoutera un rectangle d'identification qui précise la nature du fluide suivi éventuellement d'un petit rectangle (anneau) qui précise l'état du fluide.

On précisera le sens d'écoulement du fluide par une flèche ⟶

Et, lorsque cela est nécessaire pour des raisons de sécurité, on écrira en clair sa dénomination.

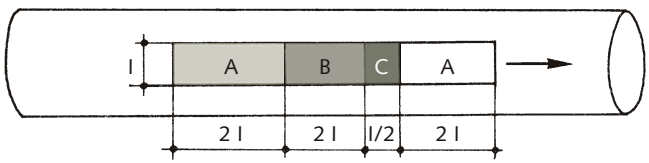


Figure 1.33 – Application de la norme NF X 08-100 sur tuyauterie

Les dimensions sont normalisées (figure 1.33). Les couleurs se définissent de la manière suivante :

Couleur de fond A :

- Air : bleu clair
- Vapeur d'eau : gris clair (aluminium)
- Autres gaz : jaune-orangé moyen (ocre jaune)
- Eau : vert-jaune
- Huiles ou combustibles liquides : marron clair
- Acides et bases : violet pâle
- Autres liquides : noir
- Fluides d'extinction d'incendie : rouge-orangé vif

Couleur d'identification B :

- Air usage médical : blanc et noir
- Air aspiration médicale : vert-jaune

- Acétylène : marron clair
- Argon : jaune moyen
- Azote : noir
- Dioxyde de carbone : gris foncé
- Oxygène : blanc
- Eau potable : gris clair
- Eau non potable : noir
- Eau de mer : noir
- Huiles et combustibles :
  - point éclair < 0 °C : blanc
  - point éclair < 55 °C à température ≥ point éclair : vert-jaune clair
  - point éclair ≥ 55 °C à température ≤ point éclair : bleu-violet vif

Couleur d'état C :

- Froid ou refroidi : violet moyen
- Chaud ou surchauffé : orangé gris
- Pollué (vidanges) : marron moyen
- Sous pression : rouge orangé vif
- Gaz liquéfié : rose moyen
- Vide : bleu clair

Tableau 1.30 – Couleurs normalisées pour les tuyauteries

Fluides	Couleur de fond A	Rectangle d'identification B	Anneau d'état C
Eau froide potable	Vert-jaune	Gris clair	Violet moyen
Eau chaude sanitaire	Vert-jaune	Gris clair	Orangé gris
Eau usée (évacuation)	Vert-jaune	Noir	Marron moyen
Réseau d'incendie	Vert-jaune	Noir	Rouge orangé vif
Fioul	Marron clair	Bleu-violet vif	
Gaz naturel	Jaune-orangé moyen		Rouge orangé vif
GPL	Jaune-orangé moyen		Rose moyen
Acétylène	Jaune-orangé moyen	Marron clair	

Fluides	Couleur de fond A	Rectangle d'identification B	Anneau d'état C
Oxygène	Jaune-orangé moyen	Blanc	
Air comprimé	Bleu clair		Rouge orangé vif
Vide	Bleu clair		Bleu clair (encadré blanc)

Les robinets d'incendie doivent être peints en rouge.

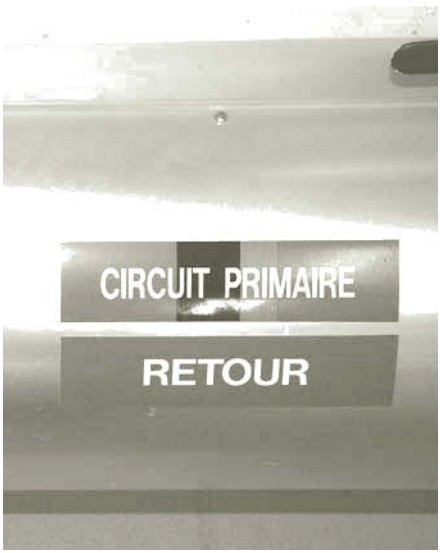


Figure 1.34 – Marquage de tuyauterie
Exemple de repérage d'une tuyauterie de chauffage :
Fond, vert-jaune : eau
Couleur d'identification, noir : eau non potable
Couleur d'état, orangé gris : eau surchauffée

Identification de bouteilles de gaz

La couleur des ogives des bouteilles de gaz est définie dans la norme NF EN 1089-3 (2004).

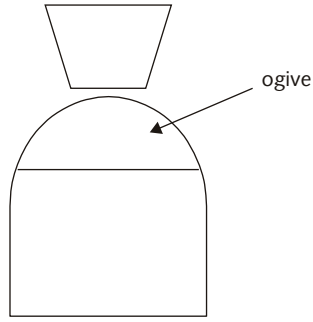


Figure 1.35 – Marquage des bouteilles de gaz

Acétylène :	Marron	
Oxygène :	Blanc	ogive
Argon :	Vert foncé	usage médical
Azote :	Noir	usage médical
Dioxyde de carbone :	Gris	usage médical

La couleur des étiquettes de danger est : 

Toxique – corrosif :	jaune	
Inflammable :	rouge	tous les gaz combustibles : gaz naturel, acétylène, propane
Oxydant :	bleu clair	oxygène
Inerte :	vert vif	azote…

REPRÉSENTATION DES TUYAUTERIES ET ACCESSOIRES

Les représentations seront conformes à la norme NF EN 04-202 (1996).

Symboles utilisés dans les schémas techniques
selon NF EN 04-202

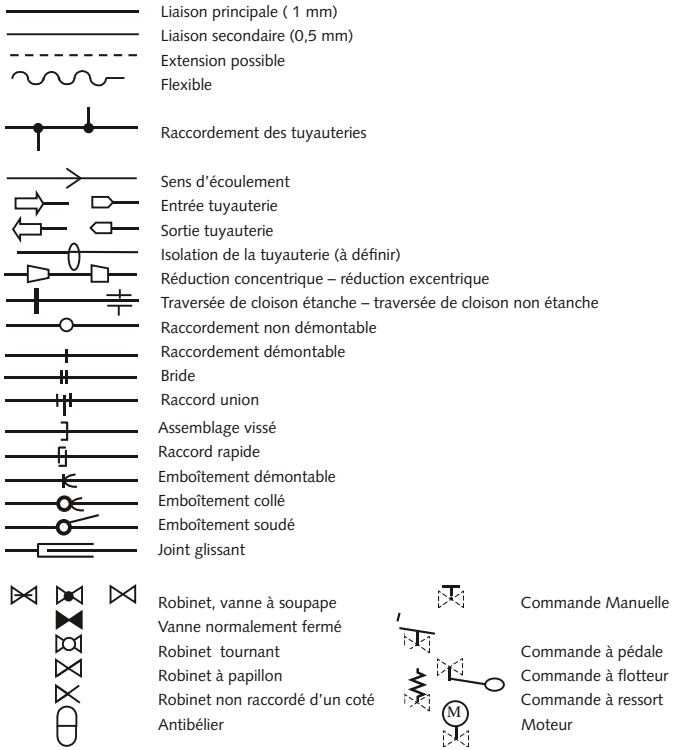


Figure 1.36 – Schémas normalisés

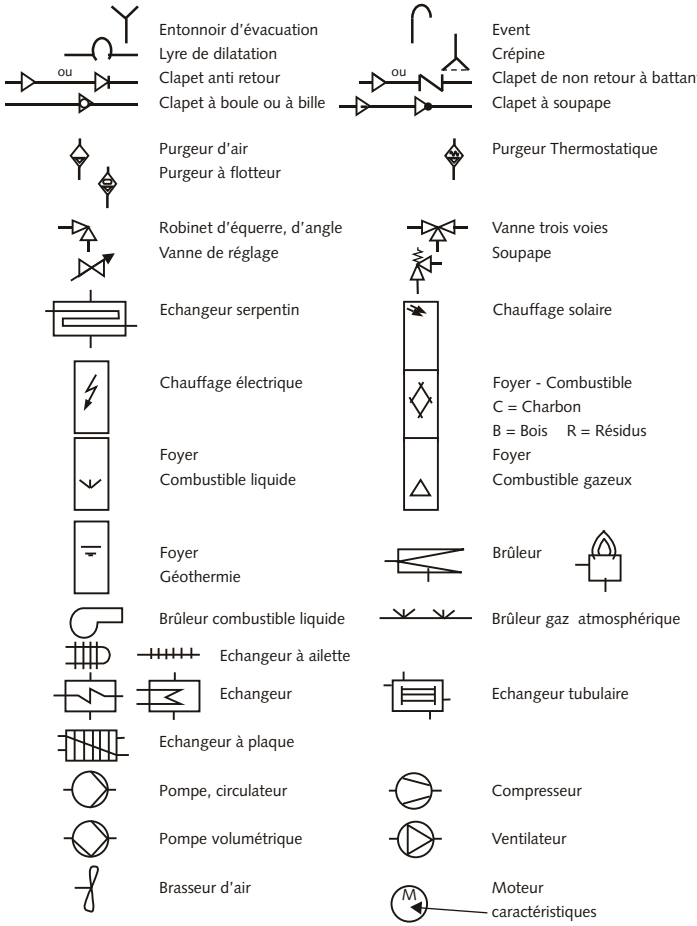


Figure 1.36 – Schémas normalisés *(suite)*

2
OUTILLAGE

Les techniques de travail et les matériaux utilisés ayant beaucoup évolué, il est normal que la caisse à outils d'aujourd'hui ne ressemble plus à celle des années 1980.

Bien sûr, les techniques de travail du cuivre, de l'acier et de la fonte ont changé et de nouveaux procédés sont apparus, mais les techniques de base sont restées les mêmes.

Par contre l'utilisation de nouveaux matériaux a profondément modifié le travail du plombier qui se trouve confronté à une multitude d'outillages spécifiques à une marque ou à un type de produit.

Dans les années 1980, un plombier devait savoir travailler les tuyauteries courantes (principalement : cuivre, acier, fonte, plomb, polyéthylène et PVC), seules quelques entreprises spécialisées utilisaient des « techniques modernes » nécessitant un savoir-faire et un outillage spécifique (thermosoudage, sertissage…). L'outillage spécifique du plombier se limitait à des cas particuliers : outils de démontage des cartouches de robinetterie Grohe, percement de tuyauterie sous pression… ce qui ne concernait que quelques marques ou travaux particuliers.

Aujourd'hui la multitude des marques proposant chacune sa tuyauterie, sa technique de pose et son raccord spécifique oblige bien souvent le plombier à travailler avec 1, 2 ou 3 marques seulement pour éviter d'avoir à gérer des stocks de raccords et un outillage trop important.

Nous allons dans ce chapitre reprendre les techniques de base et essayer de faire l'inventaire des principales utilisées à ce jour.

Les règles de l'art spécifiques à chaque type de matériaux ou de tuyauteries seront abordées dans les chapitres 8, Canalisations d'eau sous pression, et 13, Évacuation des eaux usées.

Soudage

Quelle que soit la technique de soudage employé, il conviendra de respecter des consignes de sécurité strictes. Chaque année, de nombreux incidents provoquent des accidents du travail ou des sinistres importants.

Un matériel mal entretenu ou mal utilisé mettra l'utilisateur en danger, il faudra régulièrement contrôler l'état des flexibles et des colliers de serrage, la fermeture de la bouteille lors du transport, la proximité de la zone de travail de matières inflammables...

La présence d'un extincteur lors des opérations de soudage est fortement recommandée (il existe aujourd'hui de petits extincteurs à poudre de deux kilos qui peuvent se fixer sur les chariots porte-bouteilles).

Un incendie peut être maîtrisé en quelques secondes s'il y a à disposition à proximité des moyens efficaces pour éteindre le feu (extincteurs, seau d'eau...). Dans le cas contraire, la perte de quelques minutes pour trouver un moyen d'éteindre le départ d'incendie rendra cette tâche impossible et nécessitera l'intervention des pompiers.

Il faudra utiliser des moyens de protection (écran thermique, éloignement...) pour éviter d'endommager les parties qui se trouvent à proximité des raccords à souder.

Le soudeur devra porter des vêtements en coton, des lunettes de protection et des gants pour éviter tout risque de coupures ou de brûlures.

Soudage oxyacétylénique

L'utilisation d'un poste oxyacétylénique nécessite pour les opérations de soudage autogène et de soudobrasage le port de lunettes de protection équipées de verres n° 5 ou 6. Pour les travaux courants, on pourra porter des lunettes transparentes qui protègent contre les ultraviolets.

Il offre :

- une flamme chaude (> 3 100 °C),
- un réglage facile,
- une puissance concentrée sur une faible surface,
- une flamme réductrice.

Il permet de :

- souder,
- braser,
- soudobraser,
- chauffer.

On utilise deux bouteilles, l'une d'oxygène, l'autre d'acétylène, fixées sur un support mobile (chariot) ou sur un cadre (installations fixes).

■ Bouteille d'oxygène : O_2

- Bouteille en acier ou en aluminium – Ogive couleur blanche
- Filetage : pas à droite
- Pression dans la bouteille : 200 bar à 15 °C
- Pression d'utilisation : 1 à 2,5 bar
- Gaz comburant (entretien la combustion), incolore, inodore, plus lourd que l'air
- Réaction violente (détonation) en présence d'un combustible ou d'une matière grasse (huile, graisse…)

Tableau 2.1 – Caractéristiques des bouteilles d'oxygène*

Capacité (m^3)	Poids à vide (kg)	Hauteur (m)	Diamètre (mm)	Autonomie – buse de 100 l/h
0,5	*7*	*0,46*	*118*	*3 h 30*
1	**9,7**	**0,62**	**140**	**7 h**
2,3	*10,4*	*0,76*	*180*	*16 h*
4	35	0,98	210	28 h
10	70	1,60	230	70 h

* Données Air Liquide. En italiques, bouteilles standard sur chariot, en **gras** modèle courant.

■ Bouteille d'acétylène C_2H_2

- Bouteille en acier – Ogive de couleur brun havane
- Filetage : pas à gauche
- Pression dans la bouteille : 15 bar à 15 °C
- Pression d'utilisation : 0,2 à 0,5 bar
- Gaz dissous extrêmement inflammable, incolore, faible odeur d'ail, plus léger que l'air
- Éviter tout contact avec le cuivre ou le laiton à plus de 70 % de cuivre (explosion par formation d'acétylures)
- Risque d'asphyxie à forte concentration
- Température d'auto inflammation : 325 °C
- Plage d'inflammabilité : 2,4 à 83 %

Tableau 2.2 – Caractéristiques des bouteilles d'acétylène*

Capacité (m^3)	Poids à vide (kg)	Hauteur (m)	Diamètre (mm)	Autonomie – buse de 100 l/h
0,42	*7*	*0,46*	*125*	*3 h 30*
0,8	**9,9**	**0,62**	**140**	**7 h**
1,6	*13,9*	*0,62*	*180*	*16 h*
3	32	0,96	203	28 h
6	56	1,25	240	70 h

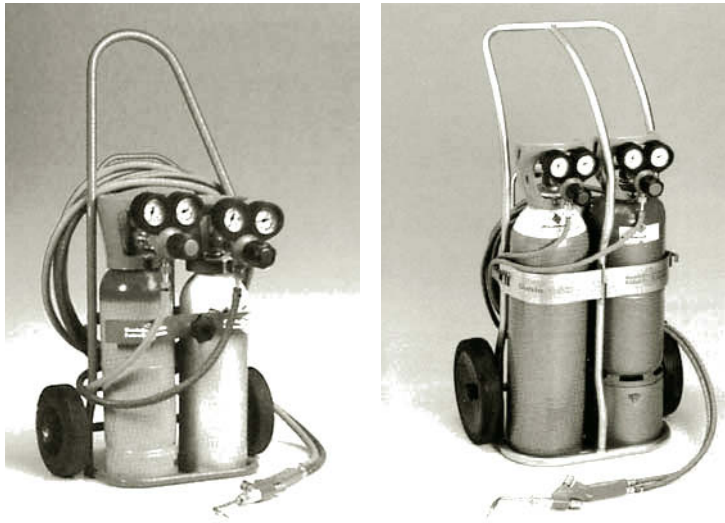
* Données Air Liquide. En italiques, bouteilles standard sur chariot, en **gras** modèle courant.

■ Instructions de sécurité pour l'usage des bouteilles

- Purger les bouteilles (ouverture et fermeture rapide) avant de les raccorder pour chasser les poussières déposées dans les filetages.
- Ne pas se placer face à la valve pendant la purge ou le montage du détendeur.
- Tenir à distance de toute source de chaleur ou de toute charge électrostatique.
- Ne pas utiliser les bouteilles en position couchée (acétylène).
- Maintenir les bouteilles fixées à leurs supports pendant l'utilisation.
- Stocker dans un endroit ventilé, bouteille fermées.
- Fixer les bouteilles lors du transport dans un véhicule, bouteilles fermées.
- Il est interdit de transvaser le gaz d'une bouteille à l'autre.
- **Ne pas utiliser de graisse ou d'huile** sur les raccords des bouteilles.

Un poste de soudage oxyacétylénique mobile est composé de 2 bouteilles :

- 0,5 et 0,42 m^3 pour le modèle léger pour un poids d'environ 15 kg ;
- 1 et 0,8 m^3 pour le modèle courant pour un poids total plein d'environ 30 kg ;
- 2,3 et 1,6 m^3 pour le modèle pour chantiers importants.



a : Mini Castoflam Castolin b : Xuper Castoflam Castolin

Figure 2.1 – Bouteilles de soudage oxyacétylénique Castolin

Certaines sociétés proposent un jeu de bretelles et de sangles pour permettre le portage à dos d'homme du chariot et des bouteilles.

■ Manodétendeurs : oxygène (OX) et acétylène (AD)

Les manodétendeurs se montent directement sur les bouteilles (figure 2.2) :

- **Attention au sens du filetage** sur la bouteille : pas à droite pour l'oxygène et pas à gauche pour l'acétylène.
- Ne pas trop serrer le raccord sur la bouteille, utiliser une clef appropriée, ou serrer à la main.
- Contrôler l'étanchéité des raccords (bombe de recherche de fuite de gaz).
- Vérifier que les détendeurs sont fermés (desserrés, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) avant l'ouverture des bouteilles pour éviter un coup de pression sur le mécanisme de détente.
- Un manomètre indique la pression dans la bouteille, l'autre la pression de réglage.

- Effectuer le réglage en fonction du travail à réaliser (voir plus loin le choix des buses).
- Fermer (desserrer) les détendeurs lorsque l'appareil n'est plus utilisé.

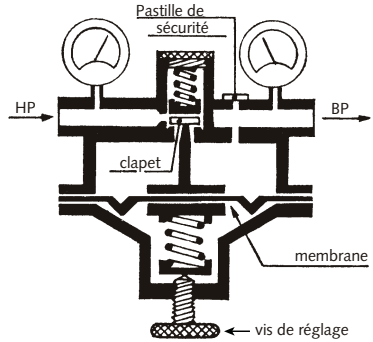


Figure 2.2 – Manodétenteur réglable

■ Clapets antiretour

Rouge pour l'acétylène ou bleu pour l'oxygène, ils sont placés au plus près du chalumeau. Ils permettent d'éviter un retour de gaz ou de flammes dans les tuyauteries et les bouteilles (figure 2.3).

Il faut respecter le sens de montage indiqué par la flèche.

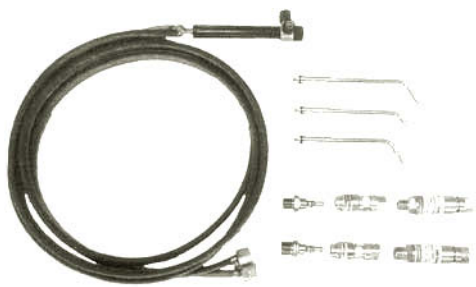


Figure 2.3 – Flexible – raccords chalumeau, Castolin

■ Tuyauteries souples

En longueurs de 3 à 5 m de diamètre intérieur 6,3 mm ou 10 mm, ils sont armés, doivent être changés tous les 3 ans en usage intensif (chantier), tous les 5 ans dans les autres cas et contrôlés régulièrement.

Ils doivent être fixés aux raccords par des colliers appropriés (bagues de serrage, colliers spéciaux…).

■ Raccords rapides

Ils permettent le remplacement rapide d'un chalumeau soudeur par un chalumeau coupeur. Ils sont équipés d'un clapet qui ferme le gaz lors du démontage et d'un détrompeur évitant toute possibilité d'inversion des raccords.

■ Chalumeau et ses becs (ou buses)

On distingue les chalumeaux de soudage et les chalumeaux de coupage (figure 2.4). On révisera ou remplacera un chalumeau tous les 5 ans.

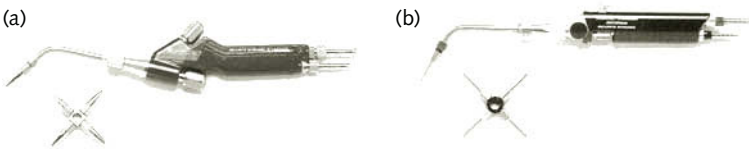


Figure 2.4 – Chalumeau AutoFlam SI 500 (a), SI économiseur Castolin (b)

Les chalumeaux sont classés en fonction de leurs capacités de soudage :

- 00 débits de 10 à 100 l/h
- 0 débits de 40 à 400 l/h
- 1 débits de 250 à 1 000 l/h
- 2 débits de 1 000 à 4 000 l/h

Les classes 0 et 1 sont les appareils d'usage courant.

Le débit d'une buse correspond au débit d'acétylène pour une flamme neutre.

Tableau 2.3 – Choix des buses

Choix des buses – Soudage Autogène Acier doux – 100 l/h par mm			
Épaisseur métal (mm)	**débit de la buse (l/h)**	**Pression oxygène (bar)**	**Pression acétylène (bar)**
0,3	40	1	0,2
0,5	63	1 à 1,2	0,2 à 0,25
1	100	1 à 1,2	0,2 à 0,25
1,5	160	1,2 à 1,5	0,3 à 0,35
2,5	*250*	*1,2 à 1,5*	*0,3 à 0,35*
3	*315*	*1,5 à 2,2*	*0,4 à 0,5*
4	400	1,5 à 2,2	0,4 à 0,5
5	500	1,5 à 2,2	0,4 à 0,5
6	600	2 à 3	0,5
Valeurs données à titre indicatif, il faudra se reporter à la documentation du fabricant. En italiques, réglages courants.			
Choix des buses – Coupage acier			
Épaisseur métal (mm)	**Buse de coupe**	**Pression oxygène (bar)**	**Pression acétylène (bar)**
2 à 5	7/10	3	0,5
5 à 20	10/10	4	0,5
20 à 50	15/10	4	0,5
Choix des buses – Brasage cuivre – 100 l/h par mm			
Épaisseur métal (mm)	**Débit (l/h)**	**Pression oxygène (bar)**	**Pression acétylène (bar)**
0,3	25	1	0,2
0,4	40	1	0,2
0,6	63	1 à 1,2	0,2 à 0,25
1	100	1 à 1,2	0,2 à 0,25
1,5	160	1,2 à 1,5	0,3 à 0,35
2,5	250	1 à 1,2	0,3 à 0,35
3	315	1,5 à 2,2	0,4 à 0,5
Choix des buses – Soudobrasage			
Acier doux 50 l/h	Acier galvanisé 35 – 40 l/h	Fonte 25 l/h	Cuivre 100 à 200 l/h
Choix des buses – Soudage autogène plomb			
Chalumeau 00 – 10 à 25 l/h			

Le serrage des buses s'effectue exclusivement à l'aide de l'étoile porte-buse. Il est toujours possible d'utiliser une buse ayant un débit plus important et de régler la flamme pour baisser la puissance. Mais il faut faire attention de ne pas surchauffer les pièces car cela est nuisible à la qualité de la soudure.

■ Mise en service d'un poste de soudure

- Dérouler les tuyauteries de leurs supports.
- Choisir sa buse et la monter à l'aide de l'étoile.
- Contrôler que les détendeurs soient bien desserrés.
- Ouvrir lentement les robinets des bouteilles (1 à 2 tours dans le sens inverse des aiguilles d'une montre).
- Les aiguilles des manomètres indiquent la pression dans les bouteilles.
- Serrer progressivement les vis de réglage des détendeurs, jusqu'à obtenir les pressions désirées (lors de l'ouverture du chalumeau, les pressions peuvent légèrement chuter, dans ce cas il faudra les réajuster).
- Ouvrir de 1/4 de tour le robinet d'oxygène (bleu) et de 1 tour le robinet l'acétylène (rouge), puis allumer la flamme.
- Régler la flamme selon le travail à réaliser (voir ci-dessous le paragraphe : réglage de la flamme).
- Il faut ouvrir l'oxygène pendant l'allumage car une flamme uniquement à l'acétylène provoque des fumées noires très salissantes (carbone).

■ Mise à l'arrêt d'un poste de soudure

- Fermer les robinets du chalumeau (acétylène puis oxygène), la flamme s'éteint.
- Fermer les robinets des bouteilles d'oxygène puis d'acétylène.
- Desserrer les détendeurs et ouvrir les robinets du chalumeau pour que la pression descende à 0.
- Refermer les robinets du chalumeau.
- Démonter la buse et la ranger sur son étoile.
- Enrouler les tuyauteries sur leurs supports.

■ Réglage de la flamme

La puissance d'une flamme est déterminée par le choix de la buse (et le débit maximum qui correspond) ; si le débit gaz est trop important, la flamme devient bruyante et se décolle de la buse. Toutefois, il est possible de diminuer la puissance de la flamme en procédant de la manière suivante : fermer légèrement le robinet d'oxygène (le dard s'allonge) puis ajuster le robinet d'acétylène jusqu'à obtenir la puissance désirée.

☐ **Flamme normale ou flamme neutre**

La flamme neutre (figure 2.5) est utilisée pour :

- le soudage de la fonte, de l'aluminium, du plomb et des alliages de zinc,
- le brasage,
- le soudage autogène du fer et les aciers de construction.

Le dard bleuté est parfaitement formé, le panache est régulier.

La partie la plus chaude de la flamme (3 150 °C) se situe à l'extrémité du dard.

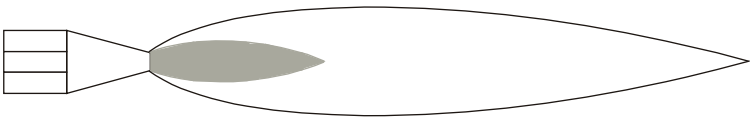


Figure 2.5 – Flamme normale ou neutre

☐ **Flamme oxydante**

La flamme oxydante (figure 2.6) est peu utilisée pour les opérations de soudage, toutefois, on l'utilise pour :

- le soudage du laiton ou du bronze,
- le soudobrasage (flamme légèrement oxydante).
- Le dard est plus petit, la flamme légèrement plus bruyante.

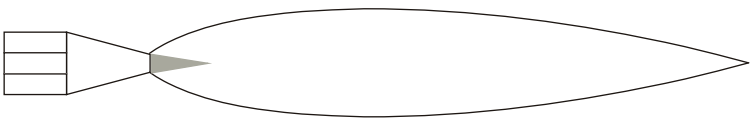


Figure 2.6 – Flamme oxydante

☐ **Flamme carburante**

La flamme carburante (figure 2.7) est utilisée pour :

- le soudage de la fonte, de l'aluminium, du plomb et des alliages de zinc,
- le brasage,
- les traitements de surface (recuit…).

La flamme est plus pauvre en oxygène, elle est plus lumineuse.

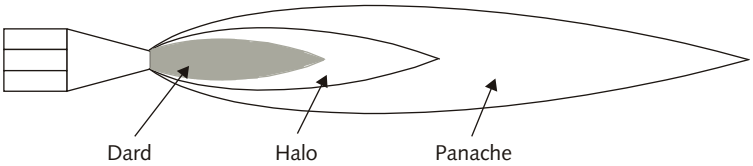


Figure 2.7 – Flamme carburante

□ **Incidents de flamme**

Dard déformé : Lorsque des projections de métal obstruent partiellement la buse, la flamme devient bruyante et se déforme (figure 2.8). Il faut frotter la buse sur un morceau de bois sec pour la nettoyer.

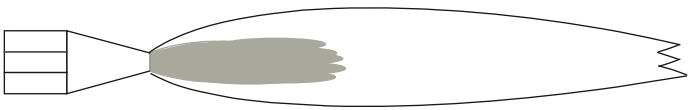


Figure 2.8 – Flamme déformée

Retour de flamme : Lorsque la flamme s'éteint et se rallume à une cadence élevée en émettant un claquement ou lorsqu'il y a un échauffement important de la buse et un sifflement. Il faut fermer le robinet d'acétylène puis d'oxygène, refroidir la buse et la resserrer ou contrôler les pressions des détendeurs.

Difficultés d'allumage : La flamme claque bruyamment mais ne s'allume pas.

La vitesse des gaz est trop importante. Il faut régler les pressions des détendeurs et contrôler l'ouverture des robinets.

Flamme instable : La flamme a du mal à se stabiliser à l'allumage ou lorsqu'on l'approche d'une pièce. Il faut régler les pressions des détendeurs et contrôler le débit aux robinets (le baisser).

■ Soudage autogène

L'assemblage des pièces en acier est réalisée à la température de fusion, avec ou sans apport supplémentaire de métal. En cas d'utilisation de métal d'apport, ce dernier doit être de même qualité que la pièce à assembler.

La pièce à souder doit se situer entre 2 et 5 mm de l'extrémité du dard, sans le toucher.

Il y a fusion entre le métal d'apport et le métal de la pièce à souder.

Tableau 2.4 – Choix du diamètre des baguettes – soudage acier

Épaisseur du métal à souder (mm)	≤ 1	2 à 3	3 à 5	≥ 5
Diamètre des baguettes (mm)	Sans métal d'apport	1 à 2	2 à 4	4 à 6

Les baguettes de soudure sont livrées en longueurs de1 m ; température de fusion : 1 500 °C.

Les baguettes sont cuivrées en surface pour les protéger contre l'oxydation. Lorsqu'il reste des chutes, on les différencie des baguettes de brasure cuivre-phosphore car elles sont plus brillantes et la partie chauffée a noirci.

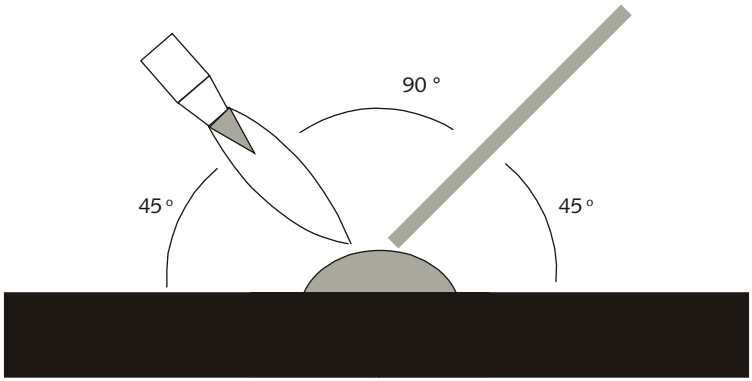


Figure 2.9 – Position d'un chalumeau

☐ **Réalisation d'une soudure autogène**

- Nettoyer et dégraisser les pièces.
- Mettre le métal à nu à l'aide d'une meuleuse ou d'une lime.
- Réaliser un chanfrein pour les pièces ayant une épaisseur supérieure à 4 mm, sinon écarter les pièces d'une distance égale à la moitié de leurs épaisseurs pour permettre un soudage sur toute l'épaisseur de la pièce.
- Choisir la buse en fonction de l'épaisseur du métal (voir tableau 2.4).

- Effectuer un pointage pour fixer la pièce et éviter sa déformation lors de la réalisation du cordon de soudure.
- Placer le chalumeau à 45° dans l'axe du cordon ainsi que la baguette en plaçant le dard à une distance de 2 à 5 mm.
- Créer un bain de fusion (métal de la pièce en fusion formant une petite flaque brillante) et ajouter du métal d'apport à l'intérieur du bain de fusion par touches successives.
- Avancer la flamme de manière régulière en maintenant le bain de fusion sur les deux bords des pièces à souder.
- Ajouter la quantité de métal d'apport souhaitée en fonction de l'épaisseur finale, de l'aspect du cordon souhaité et de la résistance demandée.

■ Soudobrasage

C'est un assemblage qui se situe entre le soudage et le brasage (préparation, aspect fini et technique de travail identique au soudage, métal d'apport différent sans fusion avec la pièce comme pour le brasage).

La température de fusion du métal d'apport est d'environ 680 à 900 °C.

Il y a accrochage pelliculaire entre le cordon de métal déposé et les bords à assembler qui n'ont pas été portés à fusion.

Il convient de vérifier dans chaque DTU et Règles de pose, les conditions d'emploi du soudobrasage, notamment sur les aciers galvanisés.

Les baguettes de soudobrasures sont livrées en longueurs de 0,5 et 1 m ; température de fusion : 680 à 900 °C. Elles sont généralement enrobées de décapant qui est obligatoire dans la plupart des cas car il favorise le mouillage et protège les surfaces de l'oxydation.

Le choix du diamètre des baguettes est identique à celui du soudage acier.

□ Réalisation d'une soudobrasure

- Nettoyer et dégraisser les pièces.
- Réaliser un chanfrein pour les pièces ayant une épaisseur supérieure à 4 mm.
- Choisir la buse en fonction de l'épaisseur du métal (50 l/mm).
- Effectuer un pointage pour fixer la pièce et éviter sa déformation lors de la réalisation du cordon de soudure.
- Placer le chalumeau à 45° dans l'axe du cordon ainsi que la baguette en plaçant le dard à une distance de 2 à 5 mm.
- Déposer le métal d'apport sur la pièce et le chauffer jusqu'à ce qu'il s'étale comme une goutte d'eau (on dit que la soudobrasure « mouille »).

- Écarter légèrement la flamme pour éviter la surchauffe.
- Avancer la flamme de manière régulière en répétant l'opération et en prenant soin de maintenir en température les deux bords des pièces à souder pour garantir la qualité de la soudure.
- Ajouter la quantité de métal d'apport souhaitée en fonction de l'épaisseur finale du cordon et de la résistance souhaitée.



Attention

Il ne faut pas surchauffer les pièces en acier galvanisé car cela détruit le revêtement de protection en zinc (apparition d'une fumée jaune).

■ Brasage

L'assemblage des pièces se fait par capillarité, le métal d'apport a une température de fusion comprise entre 450 et 650 °C qui est inférieure à celle des pièces à assembler.

Les pièces doivent être assemblées par emboîtement en laissant un espace régulier de 0,1 mm qui permettra la capillarité.

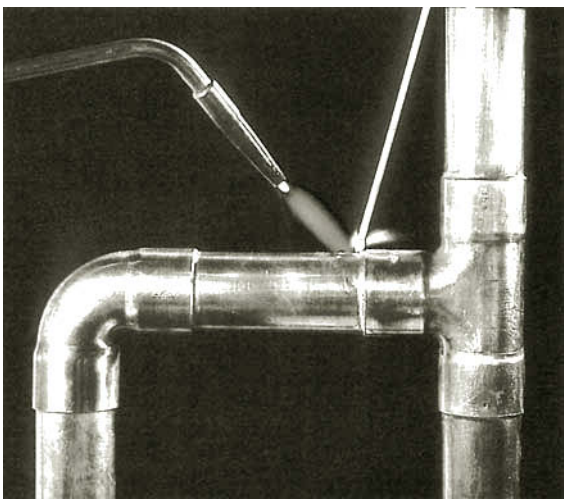


Figure 2.10 – Brasure cuivre (Documentation Castolin)

Il y a accrochage pelliculaire avec pénétration capillaire entre les surfaces ; le métal d'apport (tableau 2.5) « mouille » toute la surface portée à température.

On distingue :

- Le brassage tendre : la température de fusion du métal d'apport est inférieure à 450 °C. Le métal d'apport est sous forme de fil généralement avec décapant intégré (température de fusion 200 à 250 °C). Il faut s'assurer de sa compatibilité avec l'eau potable.
- Le brasage fort : la température de fusion du métal d'apport est supérieure à 450 °C. Les baguettes d'une longueur de 50 cm sont en alliage cuivre-phosphore (température de fusion 700 °C, usages courants) ou cuivre-argent (température de fusion 600 à 660 °C, tuyauteries de gaz ou climatisation).

☐ **Réalisation d'une brasure**

- Nettoyer et dégraisser les pièces à assembler.
- Ajuster les pièces.
- Utiliser une flamme neutre ou en léger excès d'acétylène et un métal d'apport avec décapant.
- Positionner la pièce dans le panache, ne pas la toucher avec le dard.
- Lorsque les pièces sont à la bonne température, déposer le métal d'apport, il s'infiltre entre les pièces par capillarité, la brasure est réalisée.

L'usage de décapant est indispensable pour les raccords en laiton ou en bronze.

Tableau 2.5 – Comparaison des caractéristiques des métaux d'apport

Métal d'apport	Procédé	Point de fusion (°C)	Caractéristiques et utilisations
Étain-plomb	Brasage tendre	180 à 250	Fluidité
Argent	Brasage fort	600 à 700	Bonne résistance mécanique, bonne étanchéité, bonne mouillabilité
Cuivre-phosphore	Brasage fort	650 à 800	Utilisée seulement sur le cuivre et avec un décapant sur les alliages cuivreux
Laiton	Soudobrasage	680 à 950	Bonne résistance mécanique

■ Décapants

Le rôle des fluides décapants en poudre ou en pâte est de protéger le métal contre l'oxydation pendant le chauffage. Ils facilitent le mouillage et donnent des indications sur la température au cours de la soudure (température minimale pour obtenir le mouillage ou surchauffe : décapant brûlé).

Ils sont choisis en fonction du métal d'apport. Les décapants servants à réaliser des soudures en contact avec l'eau potable doivent faire l'objet d'un avis technique et d'une certification eau potable.

Après les opérations de brasage, les résidus de décapants doivent être éliminés par lavage ou brossage.

SOUDAGE AU PROPANE

Le soudage au propane est utilisé pour réaliser les soudures à l'étain sur les tuyauteries en cuivre ou sur les tuyauteries en plomb et pour le brasage des tuyauteries cuivre.

La température de la flamme est de 1 800 °C. On trouve aujourd'hui des mélanges contenant du propane qui permettent d'obtenir des températures plus importantes et de souder des diamètres plus importants.

Il existe de nombreux modèles allant de la cartouche de 300 g à la bouteille de plusieurs kilos. Le choix s'effectuera en fonction des conditions de travail.

Les chalumeaux propane sont utilisés pour :

- souder,
- décaper,
- étancher,
- chauffer, sécher, brûler,
- tremper, recuire...

Le détendeur, s'il existe, se monte directement sur la bouteille.

On peut souder des tuyauteries cuivre jusqu'au diamètre 18 avec des cartouches comportant des mélanges.

On pourra trouver sur le site www.soudeur.com des informations pratiques et les liens avec les fabricants de chalumeaux (www.castolin.fr…).

SOUDAGE À L'ARC

L'évolution du matériel (apparition de postes inverter, masques de soudeur automatiques...) a rendu la soudure à l'arc plus accessible. Cette technique nécessite tout de même un savoir-faire pour pouvoir réaliser une soudure parfaitement étanche.

Un poste électrique est composé d'un transformateur à courant continu qui permet de faire passer un courant électrique de plusieurs dizaines d'ampères dans l'électrode. Sous l'effet du courant électrique, l'électrode fusionne avec le métal de la pièce à souder, ce qui permet de réaliser le cordon de soudure.

Il est nécessaire de disposer d'un équipement de protection individuelle ainsi que d'un outillage spécifique :

- marteau piqueur pour détacher le laitier qui se forme autour du cordon de soudure ;
- brosses métalliques ;
- gants de soudeur ;
- tablier ou combinaison de protection ;
- masque de soudeur.

La soudure à l'arc produit un rayonnement ultraviolet dangereux pour les yeux et la peau. Attention : on ne doit pas utiliser les mêmes lunettes que pour la soudure oxyacétylénique car la protection n'est pas suffisante.

Il existe aujourd'hui des masques de soudeur automatiques pour un prix d'environ 100 € qui s'opacifient instantanément lorsque l'arc électrique se produit ; ils permettent de gagner en confort de travail.

Il faut réaliser les soudures à l'arc sur des pièces métalliques que l'on relie à la masse de l'appareil. Lorsque l'électrode enrobée vient toucher la pièce métallique, l'arc électrique produit un important dégagement de chaleur (effet Joule) ce qui permet le soudage de la pièce.

Les pièces à souder doivent être propres, sèches et ajustées.

La soudure à l'arc des tuyauteries doit être réalisée sous un flux protecteur (généralement de l'argon) à l'aide d'un chalumeau TIG ou MIG.

Le fil de soudure arrive automatiquement à la torche ainsi que le gaz protecteur qui permet de maintenir un arc stable indépendamment de l'atmosphère. On utilisera un métal d'apport adapté à la tuyauterie.

Outillage divers

Il serait trop long dans ce paragraphe de reprendre dans le détail la liste et les caractéristiques de tous les outillages utilisés dans la profession. Pour cela, il suffit de consulter les catalogues spécialisés (Virax, Rothenberger, Facom…).

Nous allons toutefois décrire un certain nombre d'entre eux qui présentent un intérêt particulier.

FIXE-TUBES

Lors des opérations de soudage, il est possible de maintenir les tuyauteries en position grâce à des fixe-tubes qui permettent de libérer les deux mains (figure 2.11).

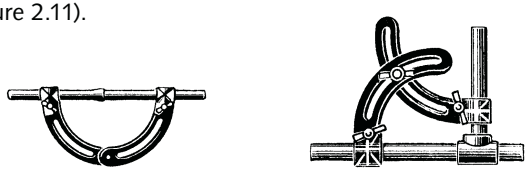


Figure 2.11 – Exemples de fixe-tubes

PIED À COULISSE

Le pied à coulisse permet une lecture en dixième de millimètre sur le Vernier situé sur la partie coulissante. On peut ainsi mesurer le diamètre extérieur ou le diamètre intérieur d'une tuyauterie.

Son utilisation sur des installations anciennes permettra d'éviter toute erreur sur la nature de la tuyauterie sur laquelle on souhaite travailler (de nombreuses tuyauteries ont existé au cours de ces dernières décennies, certaines dimensions ne se fabriquent plus aujourd'hui, il faudra donc trouver des raccords spéciaux pour pouvoir se raccorder).

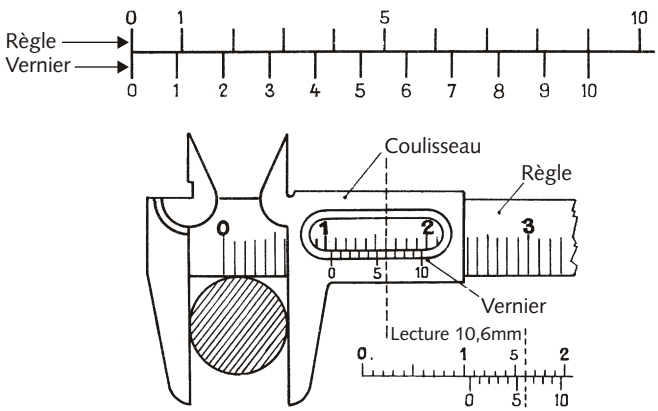


Figure 2.12 – Pied à coulisse

Pour les tuyauteries de grands diamètres qui ne peuvent pas être mesurées à l'aide d'un pied à coulisse, on utilisera la méthode suivante :

- on mesure à l'aide d'un mètre la circonférence (en enroulant le mètre ruban autour de la tuyauterie) ;
- on effectue le calcul suivant : diamètre extérieur = mesure / 3,14.

Palmer

Le Palmer permet d'effectuer des mesures d'épaisseur avec une précision de l'ordre de 1/200 de millimètre. Les millimètres se lisent sur le manchon, les centièmes de millimètre sur le biseau.

Il faut établir le contact sur la pièce à mesurer sans l'écraser.

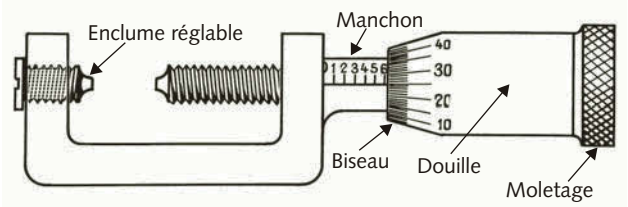


Figure 2.13 – Palmer ; lecture 6,25 mm

Scie à métaux

Le choix de la lame de scie s'effectuera en fonction des matériaux à couper, une lame est caractérisée par sa denture (nombre de dents ou centimètres). On choisira des dentures de 6 à 8 pour des matériaux épais, de 10 à 12 pour le sciage des tubes.

Il existe différentes qualités de lame : les lames pour usage courant (cassantes, usure rapide), les lames de bonne qualité (usure moins rapide) et les lames spéciales (très flexibles, très résistantes).

Lorsqu'on coupe un objet fixé sur un étau, il faut positionner les dents vers l'avant.

Lorsqu'on coupe un objet que l'on tient à la main, il faut positionner les dents vers l'arrière pour limiter l'effort.

Dans tous les cas, la lame doit être tendue, le mouvement rectiligne et régulier sur toute la longueur de la lame. Il faut couper sans effort (sans appuyer exagérément), c'est le va et vient de la lame qui permet la coupe.

Pour les accès difficiles, on peut utiliser un porte-lame.

CLÉS SPÉCIALES

Il existe de nombreux modèles de clés utilisées dans la profession. Il conviendra dans chaque cas d'utiliser la clé adaptée.

Par exemple, si l'on utilise une pince multiprises pour serrer un écrou en laiton, on risque de le déformer ; il est donc plus souhaitable d'utiliser une clé à molette ou une clé à crémaillère.

Il existe des clés anglaises avec des mâchoires en plastique pour ne pas abîmer les raccords chromés des robinetteries.

DÉBOUCHEURS

Il existe de nombreux modèles de débouchеurs :

- furet manuel,
- furet électrique,
- pompes manuelles,
- débouchеurs à air comprimé (une cartouche d'azote sous pression va créer une onde de choc dans la tuyauterie ce qui permet son débouchage).

Il est nécessaire après toute action de débouchage de contrôler l'état de la tuyauterie et des raccords (bondes, siphons) pour s'assurer qu'aucune fuite n'est apparue.

Il existe à la vente ou à la location des caméras permettant de contrôler visuellement l'état intérieur de la tuyauterie et éventuellement de situer, grâce à un détecteur, la position précise de la fuite sur une tuyauterie d'évacuation.

OUTILLAGES SPÉCIALISÉS

On trouve de nombreux appareils spécialisés, par exemple :

■ Appareil pour refaire les sièges

Les clapets des robinetteries viennent s'appuyer sur le siège (partie métallique de la robinetterie semblable au bord d'une tasse) pour fermer le passage de l'eau.

Cette partie s'oxyde avec le temps, il faut refaire sa surface lisse pour permettre au clapet d'être étanche.

On utilise un appareil de fraisage qui s'adapte sur le filetage de la tête du robinet (pour rester bien dans l'axe) ; on tourne l'appareil en appuyant légèrement pour usiner la surface du siège.



Figure 2.14 – Appareil pour refaire les sièges

Appareils de détection

■ Détecteur de métaux

On trouve aujourd'hui de nombreux appareils capables de détecter les métaux, allant de la « poêle à frire » (utilisée par les chercheurs de trésor) qui permettra de localiser une tuyauterie métallique peu profonde dans un terrain, au détecteur plus précis qui permettra de détecter une tuyauterie métallique dans une cloison.

■ Détecteur de courants

Ils permettent de détecter les fils électriques dans les cloisons.

■ Détecteur de fuites

On distingue principalement deux appareils :

- Un détecteur d'humidité qui permettra de localiser la fuite (lorsqu'elle est récente) en fonction du taux d'humidité de la cloison. Il affiche un pourcentage d'humidité qui permet de contrôler l'évolution d'un dégât des eaux.
- Un détecteur sonore équipé d'un stéthoscope et d'une tige que l'on vient appliquer sur le sol ou la cloison. Il permet d'entendre l'écoulement de l'eau, et donc de localiser la fuite. Il faut pour cela qu'il n'y ait pas trop de bruits environnants.

On trouvera un catalogue très complet sur l'outillage spécialisé sur le site www.brossette.fr/wimplex (outillage, polyfusion, mesures, repérage, détection, débouchage, accessoires de fontainiers…).

Matériaux de construction

Au cours d'une intervention, un plombier chauffagiste est souvent amené à effectuer des réparations sur les maçonneries dans lesquelles il a effectué des percements. Il est donc nécessaire de connaître ces matériaux ainsi que leurs techniques d'emploi.

PLÂTRES

Fabriqués à partir du gypse, ils sont vendus en poudre. On les gâche avec de l'eau, ils durcissent en séchant. Il existe de nombreux produits fabriqués à base de plâtre, il conviendra donc de bien lire les notices et les conditions d'emploi.

On distingue :

- les plâtres pour carreaux de plâtre,
- les plâtres à maçonner,
- les plâtres de finition,
- les plâtres à mouler pour les moulages et les staffs.

Pour gâcher du plâtre, on verse la poudre dans un récipient contenant de l'eau et on mélange l'ensemble jusqu'à obtenir la consistance désirée. Il faut préparer de petites quantités de plâtre car la prise (durcissement) se produit très rapidement. On peut, lorsque que le plâtre est encore frais, réaliser la finition de surface à l'aide d'une truelle ou d'une spatule (en grattant la surface pour l'égaliser).

On évitera le contact du plâtre avec les tuyauteries métalliques, celle-ci seront protégées par un fourreau.

CIMENTS

Fabriqués à partir de calcaires contenant de l'argile, ou à partir d'un procédé industriel, ils ont de nombreux emplois dans le bâtiment :

- mortier : mélange de sable et de ciment ;
- béton : mélange de sable, de gravier et de ciment ;
- béton armé : ouvrages en béton comprenant une structure métallique qui renforce la résistance (lors d'un percement, certaines ferrailles ne peuvent être coupées car cela entraînerait la perte de résistance de l'ouvrage en béton) ;
- étanchéité : utilisation de ciment fondu sur des canalisations d'évacuation en eau ;

- scellements : utilisation de ciments spéciaux ou de ciment prompt selon le type de scellements à réaliser ;
- béton de finition : l'évolution des techniques permet aujourd'hui de réaliser des bétons décoratifs (choix des couleurs, choix de la finition...) ;
- scellements de tuiles : on utilisera de la chaux hydraulique ou des mortiers spéciaux pour permettre aux scellements de supporter des variations de température importantes ;
- joint de tuyauterie : ils seront réalisés lorsque cela est nécessaire à l'aide de ciment prompt ;
- conduit de cheminée : on utilisera des ciments spéciaux capables de résister à de hautes températures ;
- ouvrage en bord de mer : on utilisera des ciments spéciaux capables de résister à l'attaque du sel.

Pour préparer du mortier ou du béton, on malaxe le ciment et le sable sec, puis on ajoute la quantité d'eau nécessaire. Attention, la présence trop importante d'eau dans la préparation réduit la résistance mécanique de l'ensemble.

On n'utilisera pas de ciment vieux (plus d'un an) ou éventé dans lequel s'est déjà formé des grumeaux (début de la prise).

En été, il faut protéger les ouvrages en ciment afin d'éviter qu'ils ne sèchent trop vite (bâches plastiques, arrosage...).

En hiver, lorsqu'il y a risque de gel, on emploiera des additifs spéciaux.

Quand le mortier est destiné à être en contact avec des matériaux poreux (briques, agglomérés, etc.), il est indispensable de les mouiller jusqu'à saturation pour éviter que la prise ne soit trop rapide ce qui provoquerait des fissures et réduirait la résistance mécanique de l'ensemble.

Enfin, le plâtre et le ciment ne font pas bon ménage, un peu de plâtre dans une préparation de ciment le rendra impropre à l'usage.

MÉTAUX

On utilise de nombreux métaux dans la profession, voici les caractéristiques de ceux les plus couramment employés.

■ Cuivre

C'est un métal rouge auquel le polissage a donné un joli brillant. Il s'altère au contact de l'air et forme des acides de sels dangereux (vert-de-gris), mais il n'est pas dangereux lorsqu'il est employé en canalisations ; à l'intérieur de celles-ci, les conditions de formation du vert-de-gris ne

sont pas remplies. Il possède des caractéristiques bactéricides, empêchant naturellement leur développement.

Très malléable et très résistant, il est encore très employé pour la fabrication de tuyauteries, d'échangeurs...

■ Bronze

C'est un alliage de cuivre et d'étain employé dans la fabrication de raccords et de robinetteries.

■ Laiton

C'est un alliage de cuivre et de zinc utilisé pour la fabrication de raccords, de robinetteries courantes, de bondes, et de nombreuses pièces d'appareils.

■ Fer

C'est un métal blanc grisâtre qui, chauffé au rouge, peut se travailler au marteau et prendre les formes désirées. En plomberie, il sert à la fabrication de colliers, de crochets, de supports d'appareils, etc. Laminé, il constitue une tôle qui, lorsqu'elle est étamée, est nommé fer-blanc.

Le fer s'oxyde à l'humidité et rouille. On le protège par des corps gras ou de la peinture antirouille. S'il est déjà rouillé, il faudra le nettoyer ou utiliser un fixateur de rouille.

■ Fonte

Produite lors de la fabrication du fer, elle se moule facilement, se peint, s'émaille.

Les premières fontes ou fontes grises avaient une faible résistance à la traction ou l'allongement. Elles sont de nos jours remplacées par les fontes ductiles qui offrent une meilleure résistance et possèdent des caractéristiques mécaniques proches de celles de l'acier.

■ Acier

Composé de fer et de carbone, il s'obtient à partir de la fonte ou du fer au cours d'un processus industriel complexe. Les aciers ont des caractéristiques différentes en fonction de leur teneur en carbone :

- acier doux : 0,05 à 0,35 % de carbone ;
- acier de déduire : 0,35 à 0,50 % de carbone ;
- acier dur : 0,50 à 0,90 % de carbone ;
- acier extra dur : 0,90 à 2 % de carbone.

On obtient des aciers spéciaux en incorporant à l'acier, du chrome, du nickel, du manganèse, du tungstène...

■ Étain

C'est un métal blanc très fusible qui s'emploie en tubes pour les pompes à bière car il n'est pas sensible à l'acide carbonique.

Il entre dans la composition de la soudure.

Soudure à l'étain : alliage de plomb et d'étain dans des proportions variables. On l'utilise en fil pour souder le zinc, le cuivre, le fer-blanc ou en baguettes pour souder le zinc ou le plomb.

■ Plomb

Métal très malléable, gris bleuâtre, brillant quand il est fraîchement coupé, il se ternit rapidement au contact de l'air. Il est utilisé dans les travaux de couverture, en rénovation pour les tuyauteries de vidange, mais son emploi est interdit pour les tuyauteries d'eau sous pression car il se dissout dans l'eau et la rend impropre à la consommation.

■ Aluminium

Il est utilisé pour les conduits de raccordement d'évacuation des gaz brûlés des chaudières au gaz ou pour les gaines de ventilation.

■ Zinc

Métal bleuâtre, dur et cassant à la température ambiante, ductile et malléable entre 100 et 150 °C, il redevient cassant à 200 °C. Il est employé pour la galvanisation du fer (acier galvanisé).

Utilisé en couverture sous forme de feuilles pour l'étanchéité, il a une durée de vie allant de 25 à 40 ans en fonction des conditions climatiques et de l'épaisseur utilisée.

Il entre dans la composition du Zamac, pour une proportion de 90 à 92 % de zinc, environ 4 % d'aluminium, 1 à 3 % de cuivre et 0,02 % de manganèse. Cet alliage est utilisé dans la fabrication d'accessoires sanitaires et de pièces de robinetterie n'entrant pas en contact avec l'eau.

■ Matières plastiques – matériaux de synthèse

Il existe aujourd'hui de nombreuses matières plastiques utilisées dans les installations sanitaires : éviers en résine, tuyauteries PVC, tuyauteries PER, gaines de protection... Il faudra dans tous les cas prendre en compte

leur comportement au feu, notamment dans les établissements recevant du public.

Certains produits plastiques sont particulièrement sensibles aux ultra-violets et ne doivent pas être exposé au soleil.

En général les matières plastiques offrent une très bonne résistance aux acides, aux bases, à l'eau eau douce ou agressive..., mais résistent peu à certains alcools et aux fortes températures.

3
CAPTATION ET ÉLÉVATION DE L'EAU

Recherche des eaux souterraines

Le captage d'une eau souterraine est réglementé et soumis à déclaration, il convient de se renseigner auprès de sa mairie. Les règles de captage seront établies de manière à limiter les risques de pollution de la nappe phréatique.

Avant l'apparition des techniques modernes, seuls les sourciers avaient la capacité de trouver l'emplacement des réseaux d'eau souterrains (il semblerait que les sourciers aient la capacité de capter les variations de champs magnétiques provoqués par la présence de cours d'eau souterrains).

Aujourd'hui, on emploie les mêmes techniques que pour le forage de puits pétroliers. Ces techniques permettent de déterminer la nature des sols et d'en déduire la présence de nappes d'eau souterraines située sous des couches géologiques étanches.

Les entreprises spécialisées peuvent réaliser des forages sur plusieurs dizaines de mètres et parfois plusieurs centaines de mètres afin d'atteindre la nappe phréatique. Il convient toutefois de faire appel à des géologues pour connaître la nature des sols.

Le prélèvement important de la ressource en eau souterraine liée notamment à la culture intensive provoque en période de sécheresse un abaissement du niveau des nappes souterraines ; de nombreuses régions se retrouvent en restriction d'eau durant les mois d'été afin de préserver cette ressource en eau.

Globalement la France est autosuffisante en eau, mais on voit apparaître depuis quelques années des sécheresses à répétition dans certaines régions et des inondations dans d'autres. Les précipitations ne sont pas régulières, il convient donc d'économiser et de gérer au mieux nos ressources en eau en limitant nos besoins.

La pluviométrie moyenne annuelle varie en France de moins de 300 l par m^2 à plus de 1 200 l par m^2, elle s'exprime en millimètre de précipitations (1 mm correspond à 1 l par m^2).

Le GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur les changements climatiques) dans son rapport de 2001 précise qu'il faut s'attendre à une variabilité accrue du climat, notamment à un fort impact sur le cycle de l'eau (pluies diminuées là où elles sont déjà faibles en été, pluies augmentées là où elles sont déjà abondantes en hiver).

La gestion de l'eau au niveau local et au niveau mondial deviendra une préoccupation vitale dans les années à venir.

Évaluation des besoins en eau

En France, la consommation globale moyenne est de 150 l d'eau par jour et par habitant (toutes consommations confondues). Le volume d'eau disponible en France par personne et par an, quelle que soit son utilisation, est environ 3 000 m^3.

On peut obtenir une évaluation plus précise de la consommation à partir du tableau 3.1.

Tableau 3.1 – Évaluation de la consommation d'eau à usage domestique en France

Usage	Quantité d'eau par usage ou par personne (l)	Nombre de fois par jour ×	Total (l)
Chasse d'eau	10		
Chasse d'eau économique	4 à 6		
Bain	120 à 200		
Douche	20 à 60		
Cuisine	5		
Boisson	1,5 à 2		
Lave-linge	40 à 80		
Lave-vaisselle	20 à 60		
Vaisselle à la main	20 à 40		
Arrosage jardin	4 l par heure par goutteur ou 1 à 3 l/jour/m^2		
		Consommation journalière	



Remarque

Le choix des valeurs du tableau 3.1 s'effectuera en fonction des caractéristiques des appareils électroménagers et en fonction des habitudes des utilisateurs.

On évalue ainsi les besoins domestiques entre 70 et 100 l par jour et par habitant selon la taille de l'agglomération et les besoins publics (voirie, assainissement, jardins publics...) entre 45 et 50 l par jour et par habitant. On estime ainsi que la consommation globale moyenne est de 150 l par jour et par habitant. Plus la ville est importante, plus la consommation moyenne augmentera pour atteindre 200 à 250 l par jour et par habitant, voire plus dans certains cas.

Répartition des consommations domestiques (source : www.cieau.com) :

- 1 % : boisson ;
- 6 % : préparation de la nourriture (soit seulement 7 % pour l'alimentation) ;
- 6 % : lavage de la voiture, arrosage du jardin ;
- 10 % : vaisselle ;
- 12 % : linge ;
- 20 % : WC ;
- 39 % :bains-douches ;
- 6 % : divers.

Il existe six agences de bassin (Artois, Rhin, Seine, Loire, Garonne, Rhône) qui sont chargés d'étudier et de gérer les ressources en eau.

Puits

Puits ordinaires

Un puits ordinaire est généralement maçonné, sauf dans les terrains rocheux. On le creuse en maintenant la terre avec des caissons métalliques ou des cercles de bois. La maçonnerie est montée pour stabiliser l'ensemble. On utilise parfois des éléments en béton préfabriqués qui sont mis en place plus rapidement et sont plus économiques.



PUITS INSTANTANÉS

Ils sont destinés aux besoins peu importants ; à faibles profondeurs (moins de 8 m), leur installation est rapide et peu coûteuse.

On effectue un forage afin d'introduire un tube perforé verticalement dans le sol à un endroit connu pour se situer au-dessus d'une nappe souterraine (proximité d'une rivière ou d'un lac).

La limite de puisage théorique est de 10,33 m, ; dans la pratique, les pompes aspirantes ont une limite de 7 à 8 m.

Figure 3.1 – Forage pour puits instantané

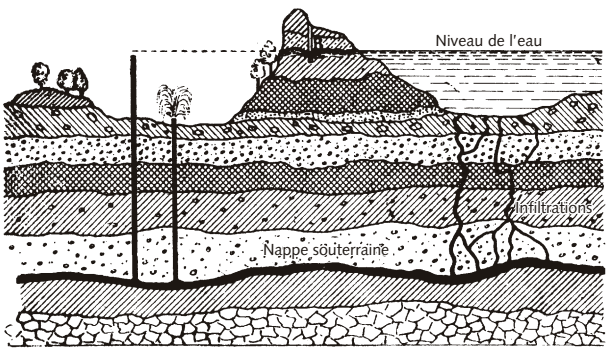


Figure 3.2 – Théorie des puits artésiens

PUITS ARTÉSIENS

Dans un puits artésien (du latin *artésianus*, nom de la peuplade gauloise qui habitait l'Artois), l'eau s'élève et jaillit par la conséquence du principe de physique des vases communicants. Lorsque l'on perce un puits et que l'on atteint une nappe souterraine alimentée par un lac situé au-dessus du point de forage, l'eau va naturellement sortir sous pression.

Il convient donc de faire effectuer ce forage par une entreprise spécialisée qui sera en mesure de contenir cette eau sous pression.

PUITS PROFONDS

Lorsqu'il n'existe pas de nappes à faible profondeur, il faut descendre jusqu'aux nappes profondes (parfois jusqu'à 700 m) en faisant appel à des entreprises spécialisées de forage. On utilisera alors des pompes multicellulaires.

Ce type de matériel peut être monté sur un camion.

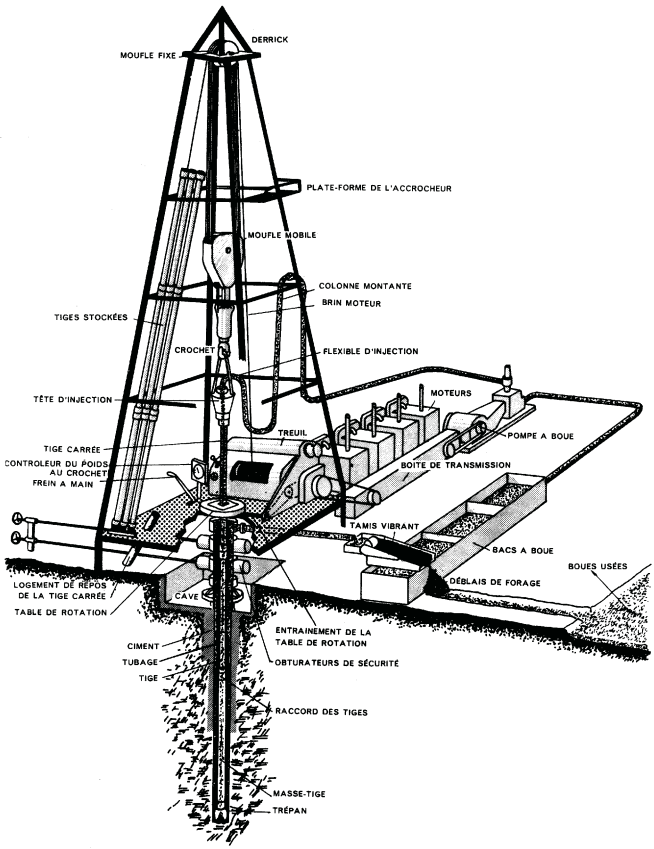


Figure 3.3 – Forage profond

Récupération d'eau de pluie

La récupération d'eau de pluie, son stockage dans une cuve enterrée et son utilisation pour un usage domestique (WC, machines à laver, arrosage, etc.) peut conduire à une forte réduction de sa facture d'eau.

Le choix de ce type d'installation se fera en fonction de quatre critères principaux :

- importance des précipitations annuelles disponibles ;
- surface de toiture permettant la collecte de l'eau de pluie ;
- quantité et évolution annuelle des besoins (utilisation) ;
- niveaux de confort souhaité (pression dans l'installation, système automatisé, etc.).

Les installations de récupération d'eau pluviale équipées de réservoirs en matières plastiques (PHD) ou en béton seront conçues de la même manière :

- réservoirs étanches ne permettant pas les infiltrations d'eaux de surface ;
- raccordement direct à la descente d'eau pluviale de la toiture ;
- filtre nettoyable à l'entrée du réservoir ;
- surverse raccordée au réseau d'évacuation d'eau pluviale ;
- pompe d'aspiration équipée d'une crépine ;
- boîtier de contrôle ;
- système de filtration à l'entrée du réseau de distribution.

Lorsque l'alimentation en eau de pluie est incertaine ou irrégulière, on pourra installer un système de gestion automatique qui permettra d'alimenter le réseau de distribution en eau de ville si la citerne est vide.

Des capteurs supplémentaires pourront fournir des informations complémentaires : filtre bouché, reflux du réseau d'évacuation des eaux pluviales, niveau d'eau dans la citerne…

Tableau 3.2 – Exemple de volume de citerne à sélectionner en fonction de besoins pour des précipitations annuelles de 500 mm (source Grundfos)

Besoins (m^3)	20	40	55	65	80	95
Surface de toiture (m^2)	50 à 80	80 à 100	120 à 150	150 à 200	200	200
Volume de la citerne (m^3)	1,5	3,5	3,5	5	5	7,5

Les valeurs du tableau 3.2 sont indicatives et à adapter en fonction des caractéristiques locales :

- valeurs moyennes des précipitations,
- fréquence des précipitations,
- répartition des besoins sur l'année.

Il conviendra de se renseigner auprès des services de Météo France pour connaître ces caractéristiques.



Exemple de calcul

Si l'on évalue les besoins à 150 l d'eau par jour, soit 55 m³ par an et que les précipitations sont de 730 mm par an avec la répartition des pluies sur l'année suivante :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations (mm)	45	50	95	120	100	15	15	20	60	90	60	50

Si la toiture a une surface projetée de 200 m² on peut définir les quantités d'eau récupérées mensuellement :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Volume (m3)	9	10	19	24	20	3	3	4	12	18	12	10

Les besoins étant de 150 l par jour soit 4,5 m³ par mois, pour pouvoir satisfaire aux besoins sur les trois mois d'été : juin, juillet et août, il faudra choisir une cuve de 8 m³ ou prévoir un appoint d'eau (tableau 3.3).

Tableau 3.3 – Prévisions de besoin en eau

Quantité d'eau dans la cuve au début du mois (m³)	Prélèvement	Précipitations	Reste
Juin 8	4,5	3	6,5
Juillet 6,5	4,5	3	5
Août 5	4.5	4	4.5
Septembre 4,5	4.5	12	8

L'utilisation de cette eau pour l'arrosage ne sera possible qu'en dehors des mois d'été.

Attention, l'eau de pluie ne peut être utilisée pour la consommation humaine.

Déversoirs

Si l'on prend l'eau dans une capacité qui succède à un déversoir, on prendra les valeurs conformément au tableau 3.4.

Tableau 3.4 – Débits des déversoirs rectangulaires d'après la formule de Bazin

H (m)	pour S (m)					
	0,20 litres	**0,40 litres**	**0,60 litres**	**1,00 litres**	**2,00 litres**	**infinie litres**
0,05	23,5	23,2	23,1	23,0	23,0	23,0
0,06	30,4	29,8	29,7	29,6	29,6	29,6
0,08	46,2	44,9	44,6	44,4	44,3	44,2
0,10	64,6	62,2	61,6	61,2	60,9	60,1
0,12	85,2	81,4	80,3	79,6	79,2	79,0
0,16	133	125	101	99,6	99,2	99,0
0,20	189	176	172	169	167	166
0,26	287	265	257	250	246	244
0,30	362	332	320	311	305	302
0,40	"	525	503	482	469	462
0,50	"	753	717	683	658	644
0,60	"	1012	961	910	869	845
0,70	"	1302	1207	1160	1101	1061

H = hauteur d'eau en *mètres* au-dessus du seuil (ou charge), mesurée en amont du déversoir à une distance au moins égale à 4 H.
S = hauteur du seuil en *mètres*.
L = dimension horizontale du seuil en *mètres*.
Le débit par seconde et par mètre de la longueur L est en *litres*, celui du tableau ci-dessous (déversoirs verticaux en mince paroi ; nappe libre sans contraction latérale).

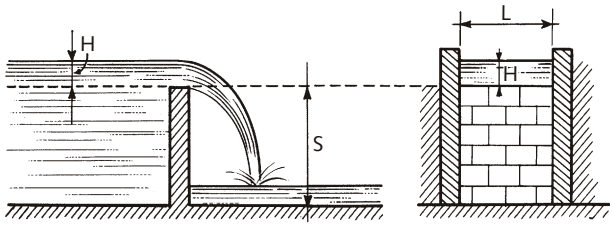


Figure 3.4 – Déversoir rectangulaire

Distillation de l'eau

En dehors des procédés industriels, la distillation de l'eau n'est employée que lorsque l'on ne peut pas obtenir de l'eau potable par les moyens habituels (à bord des bateaux, dans les régions déshéritées, etc.).

Principe de la distillation

La vapeur d'eau obtenue par ébullition est dirigée vers des parties froides au contact desquelles elle se condense (figure 3.5). L'eau que l'on condense abandonne les sels minéraux qu'elle contient (l'eau distillée ne convient pas pour l'alimentation).

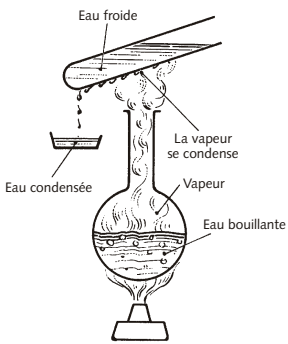


Figure 3.5 – Distillation de l'eau. La vapeur d'eau se forme par ébullition ; elle se condense au contact d'un corps froid

Les procédés de distillation de l'eau consomment beaucoup d'énergie, mais il existe un procédé de distillation naturelle utilisant l'énergie solaire.

DISTILLATION NATURELLE

Utilisée par les Grecs il y a 2 300 ans, elle est réalisée par l'action des rayons solaires au travers du vitrage d'un châssis dans lequel on introduit de l'eau impropre à un usage domestique. Cette technique est utilisée en Australie, au Brésil, en Grèce, en Inde, aux États-Unis, en Tunisie, aux Antilles, etc.

L'eau se vaporise et se condense en gouttelettes sur la surface intérieure du vitrage. Les gouttelettes glissent et vont tomber dans une gouttière aménagée pour les recevoir (figure 3.6). Selon les régions et l'ensoleillement, ce type de panneaux peut produire de 0,3 l au mètre carré par jour en décembre à 3 l par mètre carré de vitrage et par jour pendant les mois chauds.

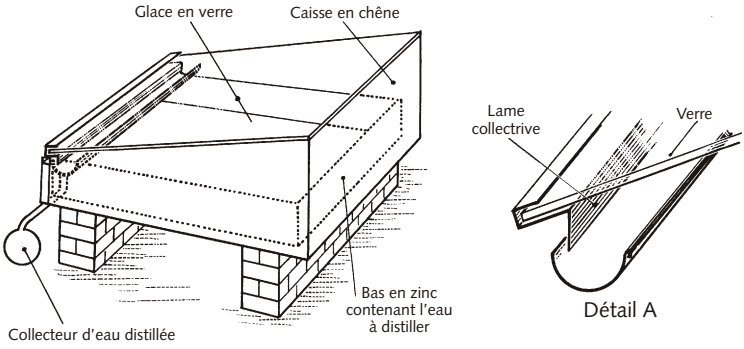


Figure 3.6 – Distillation de l'eau par ensoleillement

Aujourd'hui ce type de panneaux est fabriqué en acier inoxydable, l'eau est stockée dans un réservoir.

DISTILLATION DE L'EAU DE MER

Il existe des postes de distillation équipée de brouilleurs à basse pression capables de distiller de grosses quantités d'eau de mer.

Le dessalement, ou désalinisation, est utilisé dans les pays qui ont peu de ressources en eau, même si le procédé reste coûteux (Koweït, Arabie Saoudite, États-Unis, Israël, Espagne, Grande-Bretagne...).

Osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de plus en plus utilisé pour rendre l'eau potable. On utilise la pression pour forcer l'eau à passer à travers la membrane.

L'eau de mer est filtrée et désinfectée, puis circule sous forte pression à travers des filtres qui ne laissent passer que les molécules d'eau. L'eau est ensuite reminéralisée avant consommation.

Autres techniques de captage d'eau

Dans certaines régions du Chili, situées en bord de mer où l'eau douce est rare, on utilise des filets capables de collecter les gouttes d'eau en suspension dans le brouillard. Cette eau est collectée dans une gouttière et stockée dans des réservoirs pour alimenter les villages environnants.

Des procédés techniques ont été testés sur la Côte d'Azur et en Italie pour capter des sources d'eau douce qui jaillissent en mer. Ces procédés utilisent la différence de densité entre l'eau douce (densité 1) et l'eau de mer (densité 1,025). L'eau douce est recueillie dans une poche souple pour être stockée dans un réservoir ou pompée à terre (au large de Menton, par exemple, l'eau sort 36 m sous la surface de la mer).

Appareils élévateurs

Les techniques d'élévation de l'eau ont évoluées au cours du temps même si certains appareils persistent encore dans certaines régions.

Seau

C'est le plus naturel après l'écope, manœuvré à la main ou à la corde généralement passée dans une poulie. La corde doit être de gros diamètre pour éviter la fatigue des bras, son extrémité est souvent attachée à un tambour sur lequel elle s'enroule par la manœuvre d'un treuil. Celui-ci est parfois manœuvré par une roue 1,5 m de rayon, ce qui rend le travail moins pénible.

NORIA

Elle remonte à la plus haute Antiquité : les vases en terre cuite attachés tout autour d'une grande roue se remplissent à la partie basse à leurs passage dans l'eau et se vident à la partie haute dans des rigoles en bois qui la conduisent dans les bassins (figure 3.7).

Encore employé aujourd'hui, cet appareil, de bon rendement, se compose essentiellement d'une chaîne qui porte les godets.

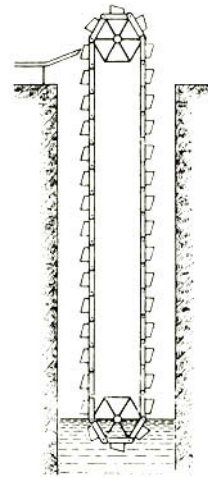


Figure 3.7 – Noria

ROUE À AUBE

Elle tourne sous l'effet de courant ou d'une chute d'eau. La plus célèbre fut la machine de Marly qui alimentait Versailles et ses environs. Réalisé en 1681 par le charpentier liégeois, Renquin Swaln, elle débitait plus de 1 000 m³ d'eau par jour par l'action de 14 roues de 12 m de diamètre et 253 pompes. Elle fut remplacée en 1817 puis en 1966 par une station de pompage électrique.

POMPE À CHAÎNE HÉLICE

Munie d'une chaîne de 25 à 35 mm de diamètre, elle fonctionne avec un contrepoids (figure 3.8).

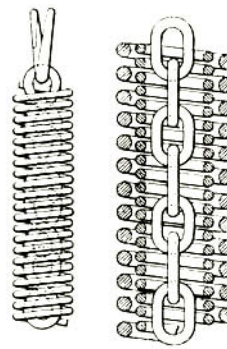


Figure 3.8 – Pompe à chaîne hélice

Pompe capillaire

Utilisant la capillarité, une roue motrice, manuelle ou mécanique, entraîne une chaîne sans fin qui plonge dans l'eau (figure 3.9). La chaîne est en matière spongieuse, cuir ou corde, mais, on trouve aussi des chaînes métalliques.

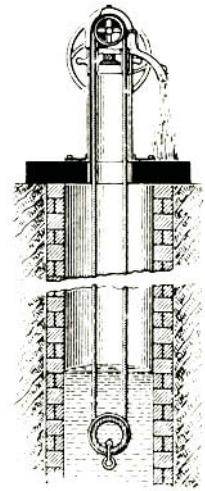


Figure 3.9 – Pompe capillaire

Moulin à vent

Les aéromoteurs ou éoliennes dont on reprend la fabrication en Europe servent à actionner une génératrice électrique (dynamo) ou directement une pompe.

Le vent frappe la roue perpendiculairement au plan de rotation. Les roues sont à ailettes en bois ou en tôle, articulées à leurs points d'attache centrale de façon à pouvoir être commandées par un gouvernail selon la force du vent. En cas de tempête, la roue tourne sur elle-même pour ne plus présenter de résistance au vent, un gouvernail met l'ensemble dans le vent et débraye le mécanisme, on dit qu'il s'éclipse.

Le vent n'étant pas régulier, l'expérience montre qu'en France il faut avoir un réservoir d'une contenance de cinq à six fois la consommation journalière pour disposer de suffisamment d'eau.

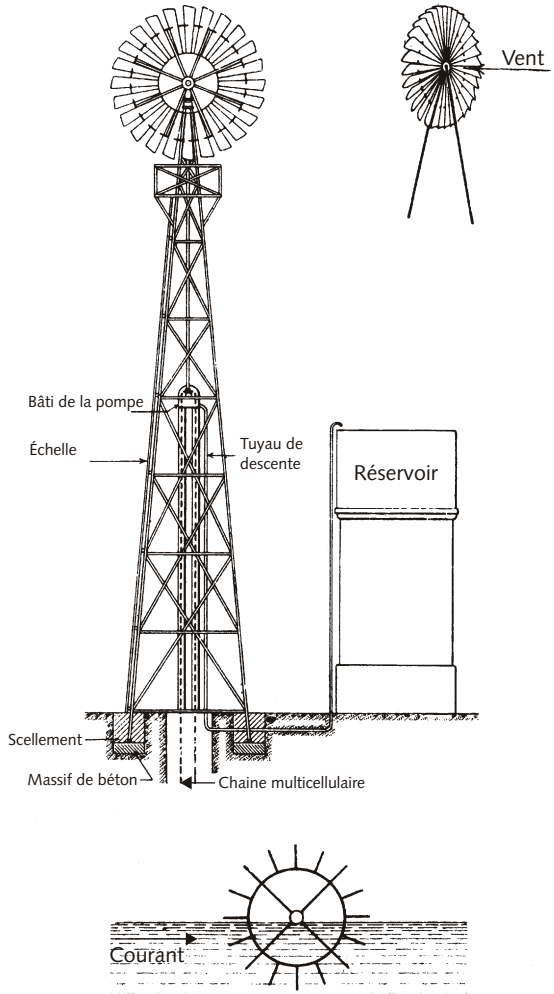


Figure 3.10 – Moulin à vent et moulin à eau

Tableau 3.5 – Caractéristiques moyennes de roues de moulin

Diamètre de la roue	2,50 m	3 m	4 m
Force en chevaux	1/8	1/4	3/4
Quantités d'eau (en litre) élevées à l'heure par vent de 10 m à la seconde (vent assez fort, le vent moyen est de 4 à 6 m).			
à 5 m de hauteur	1400	4000	8000
à 10 m de hauteur	700	2000	4000
à 20 m de hauteur	400	1000	2000
à 40 m de hauteur		600	1000
à 60 m de hauteur			600
Nota : avoir la précaution de mettre la roue au-dessus des obstacles naturels (maisons, arbres), dans un rayon d'au moins 200 m.			

Types de pompe

Il existe de nombreux types de pompes regroupées principalement en trois familles :

- **les pompes volumétriques :** pour des usages simples (utilisation manuelle), pour les très hautes pressions, les dosages précis... ;
- **les pompes centrifuges** : le modèle le plus répandu, utilisé pour l'assainissement, la surpression, la circulation d'eau dans les installations ;
- **les pompes axiales** : très peu utilisées dans des installations sanitaires et thermiques elles ne seront pas détaillées dans cet ouvrage.

Pompes volumétriques

Elles déplacent un volume précis du liquide pompé, le modèle le plus simple étant la pompe à piston avec 2 clapets. Le corps de pompe est en fonte, en cuivre ou en alliage.

■ Pompe aspirante

Dans la pompe aspirante, le piston est un cylindre muni d'une soupape, le mouvement vertical alterné va successivement ouvrir un des deux clapets pendant que l'autre reste fermé (figure 3.11). Le clapet A est ouvert et A' fermé lorsque le piston descend, le clapet A' est ouvert et le clapet A fermé lorsque le piston remonte. L'eau est ainsi aspirée puis refoulée du

corps de la pompe. La limite d'aspiration est de 8 m. Ces pompes doivent être équipées d'une crépine avec clapet antiretour pour éviter de désamorcer la tuyauterie d'aspiration. L'étanchéité des clapets est à vérifier régulièrement et il faut souvent amorcer la pompe en la remplissant d'eau lors de la première utilisation.

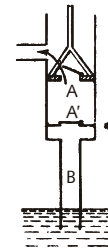


Figure 3.11 – Pompe aspirante : A et A' soupapes d'aspiration, B tuyauteries d'aspiration

■ Pompe foulante

Dans ce système, le corps de pompe est entièrement plongé dans l'eau et fermé en partie basse. Lorsqu'on abaisse le piston, l'eau contenue dans le corps de pompe est poussée dans la tuyauterie de refoulement (figure 3.12).

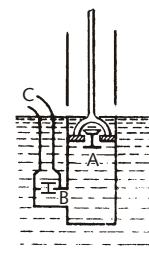


Figure 3.12 – Pompe foulante : A soupape de refoulement du piston, B soupape du tuyau de refoulement C

■ Pompe aspirante et foulante

C'est une combinaison des deux systèmes précédents. Le tuyau d'aspiration plonge dans l'eau. Lorsque le piston remonte, l'eau est aspirée ; lorsque le piston descend, l'eau est poussée dans la tuyauterie de refoulement (figure 3.13). Pour éviter le bruit provoqué par le mouvement saccadé de l'eau, on peut installer un antibélier à vessie à proximité de la pompe.

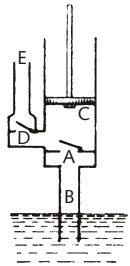


Figure 3.13 – Pompe aspirante et foulante : A soupape d'aspiration, B tuyau d'aspiration, C piston plein, D soupape du tuyau de roulement E

■ Pompe à piston plongeur

Ces pompes reprennent le principe de la pompe aspirante et foulante (figure 3.14). Elles sont utilisées pour les pompes motorisées, compresseurs, pompes hautes pression...

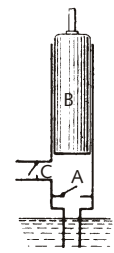


Figure 3.14 – Pompe à piston : A aspiration, B piston plongeur, C soupape de refoulement

■ Pompe rotative

Dans les pompes rotatives, on trouve les pompes à engrenages, les pompes à palettes, les pompes péristaltiques (pompe doseuses)... Leur principe de fonctionnement est toujours le même : un volume de liquide est déplacé par l'engrenage, la volute excentrée ou les palettes de l'aspiration vers la tuyauterie de refoulement.

Les pompes péristaltiques sont utilisées lorsque le liquide pompé ne doit pas être en contact avec des pièces métalliques. Un galet écrase un tuyau souple pour en déplacer le liquide contenu dans celui-ci (exemple : dosages d'acide chlorhydrique pour une piscine fonctionnant avec un système de traitement par électrolyse).

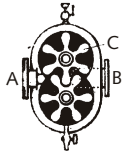


Figure 3.15 – Pompe à engrenages : A : aspiration, B : refoulement, C : engrenage

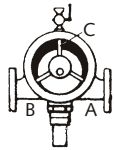


Figure 3.16 – Pompe à palettes : A : aspiration, B : refoulement, C : piston à palettes



Figure 3.17 – Pompe péristaltique pour piscine

Certaines pompes volumétriques déplacent un volume d'eau du point d'aspiration vers le point de refoulement (figure 3.18).

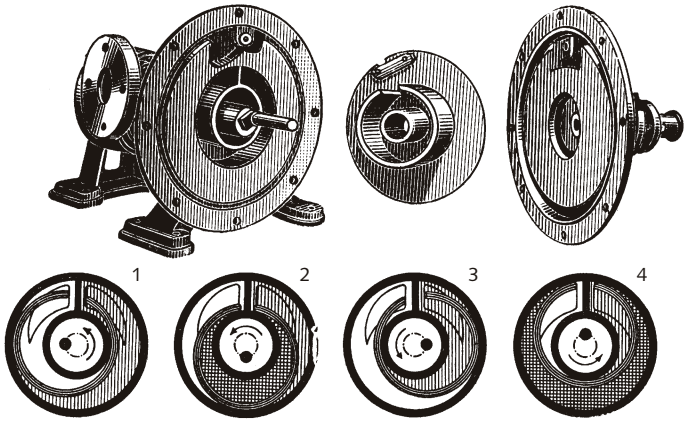


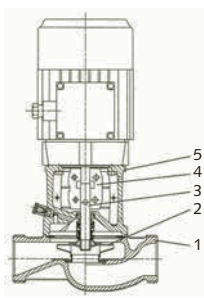
Figure 3.18 – Fonctionnement de la pompe volumétrique Mouvex

Pompe centrifuge

C'est le modèle de pompe que l'on rencontrera le plus souvent dans les installations techniques. Sous l'effet de la rotation d'une roue mobile, l'eau est aspirée au centre de la roue et projetée vers l'extérieur (dans le collecteur).

Il existe différents modèles de roues centrifuges : fermée, semi-ouverte, hélico-centrifuge… qui auront tous des usages différents (liquide clair, liquides chargés, débits importants…).

TP, TPE Série 100

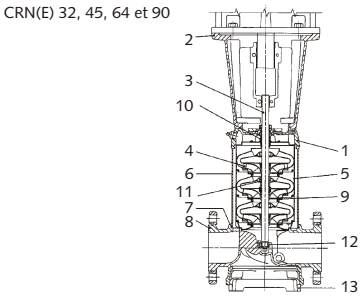


Matériaux des TP série 100

Pos.	Composants
1	Corps de pompe
2	Roue
3	Arbre
4	Accouplement
5	Lanterne du moteur
	Joint
	Grain tournant
	Grain fixe

Figure 3.19 – Coupe d'une pompe monocellulaire TP GRUNDFOS

Si l'on veut augmenter la pression, il suffit d'augmenter le diamètre de la roue (la force centrifuge sera plus importante) ou d'utiliser une pompe multicellulaire dans laquelle plusieurs roues mobiles sont montées en série sur un seul arbre (figure 3.20).



1 Tête de pompe
2 Lanterne moteur
3 Arbre
4 Roue
5 Chambre
6 Chemise extérieure
7 Joint torique pour chemise extérieure
8 Pied
9 Bague d'étanchéité
10 Garniture mécanique
11 Bague de palier
12 Bague de palier supérieure
13 Socle
Composants en Élastomères

Figure 3.20 – Coupe d'une pompe multicellulaire CRN(E) GRUNDFOS

HYDROÉJECTEUR

L'hydroéjecteur permet de pomper de l'eau jusqu'à une profondeur de 25 m, la pompe restant en surface. Ce dispositif se monte sur la tuyauterie d'aspiration de la pompe. De l'eau sous pression est envoyée dans la tuyère située face à un cône de Venturi, elle va créer une poussée qui va permettre d'augmenter la hauteur d'aspiration et d'aspirer l'eau située au fond du puits.

On gagne en hauteur d'aspiration mais on perd en débit car un tiers à la moitié de l'eau pompée est recyclée dans l'hydroéjecteur. Ce dispositif est encore utilisé par les pompiers pour puiser l'eau dans les rivières ou dans les bassins afin de remplir les camions.

Il faut amorcer la pompe en la remplissant d'eau grâce à l'entonnoir. Les manomètres

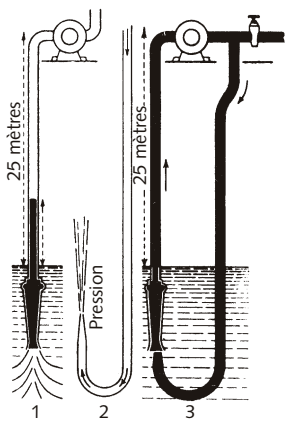


Figure 3.21 – Pompe avec hydroéjecteur

permettent de contrôler le fonctionnement de l'ensemble, la vanne autorégulatrice permet d'ajuster la quantité d'eau recyclée dans l'hydroéjecteur.

Lorsque l'eau est chargée, la buse se bouche régulièrement. Ce type d'installation est peu utilisé de nos jours.

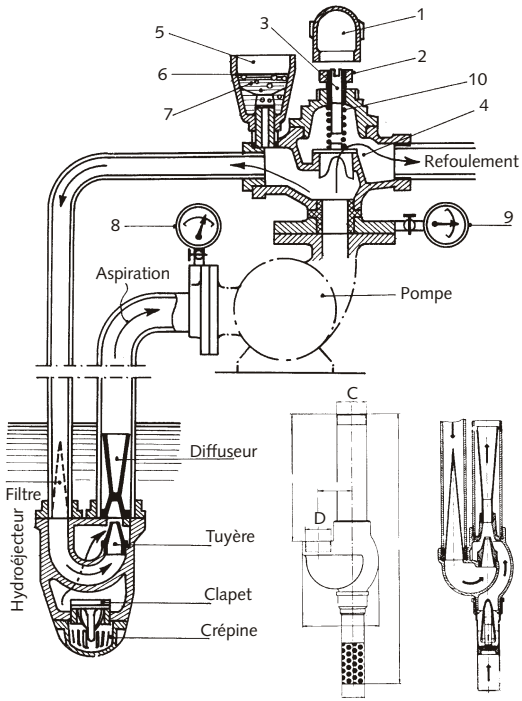


Figure 3.22 – Hydroéjecteur Guinard.
La valvo-crépine (à droite) a remplacé le clapet (à gauche).
1. chapeau 2. contre-écrou de blocage ; 3. vis de réglage du clapet 4 ; 5. entonoir d'amorçage ; 6. niveau à atteindre jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de bulles d'air ; 7. le remplissage fait, mettre en route, ourir les robinets des mano. et un robinet de puisage de l'installation. Quand le mano. 8 retombe à zéro l'hydro-éjecteur est amorcé. Le mano. 9 indique la pression, qu'on règle en agissant sur la vis 3.

POMPE BÉLIER OU BÉLIER HYDRAULIQUE

Découvert en 1792 par Joseph de Montgolfier, elle utilise la force cinétique de l'eau qui s'écoule dans une tuyauterie, pour l'élever au-dessus du niveau d'origine.

Ernest Bollée et son fils perfectionnent et commercialisent le système à partir de 1842 (plus de 2 000 béliers en service dans les années 1930). La société n'existe plus de nos jours, mais on en trouve encore aujourd'hui dans les campagnes et plus généralement dans les lieux où l'on ne trouve pas d'électricité et où une pompe thermique coûte trop cher.

Le bélier hydraulique ne nécessite aucun entretien, les pièces d'usure sont conçues pour durer plusieurs années, voir plusieurs dizaines d'années. Une fois l'amorçage du mouvement effectué et les réglages réalisés, l'appareil fonctionne seul.

La consommation d'eau peut varier de 15 à 5 000 l/min et la hauteur de chute doit être d'au moins 0,5 m.

Plus la hauteur de chute est importante, plus le bélier sera petit et la consommation « d'eau motrice » sera faible.

La hauteur d'élévation maximum est de 25 fois la hauteur de chute, elle peut dépasser les 100 m de hauteur (pour une hauteur de chute supérieure à 4 m), transporter l'eau sur plusieurs kilomètres et atteindre des débits supérieurs à 300 l/min (18 m^3/h).

Le bélier se monte sur une tuyauterie rigide (en fonte ou en acier) appelée tuyauterie de batterie, qui doit résister aux coups de bélier répétés.

Le rendement (η) généralement pris en compte est de 0,65 si on élève l'eau de 10 fois la hauteur de chute et de 0,70 si on élève l'eau de 5 fois la hauteur de chute, mais il peut atteindre 0,8 en réduisant ce rapport.

Sur une installation en fonctionnement, on calculera le rendement avec la formule suivante :

$$\eta = \frac{q.h}{Q.H}$$

avec :

q : débit de refoulement ;

Q : débit moteur, dans la même unité de q ;

h : hauteur de refoulement au dessus du niveau d'origine en mètres ;

H : hauteur de chute en mètres.

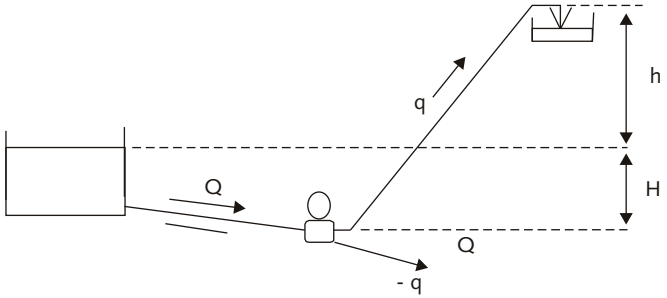


Figure 3.23 – Bélier hydraulique

On peut ainsi calculer d'une manière simplifiée les débits en fonction des hauteurs :

Débit de refoulement : $q = \eta \cdot \frac{Q \cdot H}{h}$

Débit moteur : $Q = \frac{q \cdot h}{\eta \cdot H}$



Exemple

On dispose d'un débit moteur de 18 l/min (le débit d'un robinet) et d'une hauteur de chute de 5 m. On pourra :

– élever de 20 m un débit de 3,15 l/min soit 4,5 m³ par jour :

$$q = 0{,}7 \cdot \frac{18 \times 5}{20} = 3{,}15$$

– ou élever de 5 m un débit de 12,6 l/min soit 18 m³ par jour :

$$q = 0{,}7 \cdot \frac{18 \times 5}{5} = 12{,}6$$

☐ **Principe de fonctionnement**

La tuyauterie de batterie doit avoir un diamètre supérieur à l'orifice du clapet de décharge.

Dans un premier temps, il faut amorcer le mécanisme en ouvrant le clapet de décharge situé sur la soupape d'évacuation. Lorsque le débit et la vitesse de l'eau sont suffisants, il faut relâcher le clapet pour provoquer le premier coup de bélier.

- La soupape d'évacuation se ferme, il y a formation d'un coup de bélier (la pression augmente fortement dans la tuyauterie de batterie), la soupape de refoulement s'ouvre.
- L'eau qui passe par la soupape de refoulement comprime l'air situé dans la cloche, la pression dans la cloche augmente et la vitesse de l'eau diminue, le clapet de refoulement se referme.
- La fermeture de la soupape de refoulement entraîne une chute de pression dans la tuyauterie de batterie et dans le corps du bélier hydraulique, ce qui permet l'entrée d'air par le reniflard.
- Sous l'effet de la dépression et du recul de l'eau, la soupape de décharge s'ouvre, l'eau avance à nouveau.
- L'eau s'écoule dans la tuyauterie de batterie et par la soupape de décharge jusqu'à ce que la différence de pression la referme à nouveau.

Pompes centrifuges

La pompe centrifuge est le modèle le plus utilisé dans nos installations. La pompe centrifuge est une pompe qui utilise la force centrifuge. Elle transforme l'énergie mécanique pour la transmettre à l'eau sous forme de débit et de pression (énergie cinétique et potentielle). La force centrifuge, est la force qui sous l'effet d'une rotation nous projette vers l'extérieur d'un manège, ou, maintient l'eau au fond du seau que l'on fait tourner). Dans le corps d'une pompe, le moteur relié par un arbre à la roue à aubes, met celle-ci en rotation. L'eau est mise en mouvement et projetée vers l'extérieur, dans la volute, puis dans la tuyauterie de refoulement. Ce mouvement provoque une dépression au centre de la volute, ce qui permet l'aspiration du liquide pompé (figure 3.24).

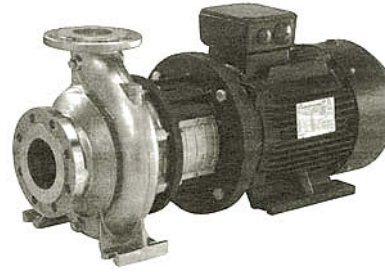
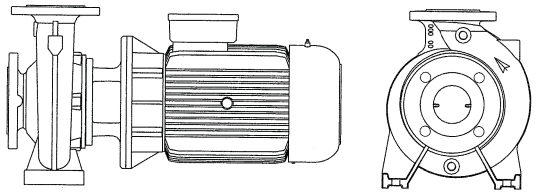


Figure 3.24 – Pompe NB GRUNDFOS

Pour augmenter le débit et la pression, on augmentera le diamètre de la roue.



Exemple NB 32 -125 -1 /142 A -F -A -BAQE

Gamme

Diamètre nominal de l'orifice de refoulement

Diamètre nominal de la roue (mm)

Performance réduite = .1

Diamètre réel de la roue

Code pour version pompe (les codes peuvent être combinés)
A = version de base
B = Moteur surdimensionné ou doublement surdimensionné
C = Sans moteur
D = Corps de pompe avec pied
E = Avec certificat ou rapport d'essai
X = Version spéciale

Code pour raccordement tuyauterie
F = Bride DIN

Code pour matériaux
A = Version de base
B = Roue bronze
S = Acier inoxydable

Code pour garniture mécanique et pièces en élastomère

Figure 3.24 – Pompe NB GRUNDFOS *(suite)*

Le terme pompe est utilisé lorsque l'on déplace de l'eau d'un endroit vers un autre, le terme circulateur (figure 3.25) est utilisé lorsque l'on fait circuler l'eau dans un circuit fermé (chauffage central, boucle d'eau chaude sanitaire...).

Pour bien comprendre les effets et le fonctionnement d'une pompe centrifuge et pouvoir la choisir correctement, il faut maîtriser quelques notions théoriques.



Figure 3.25 – Exemple de volute d'un circulateur

QUELQUES DONNÉES THÉORIQUES

■ Pression – hauteur manométrique

On peut rappeler les données contenues dans le mémento technique :

1 bar = 10,2 mCE

Si l'on souhaite faire monter de l'eau sur une hauteur de 10,2 m, il faudra que la pompe fournisse une pression supérieure à 1 bar.

Dans la pratique, pour simplifier le calcul on prendra le plus souvent :

1 bar = 10 mCE

De la même manière, si l'on souhaite aspirer de l'eau sur une hauteur de 5 m, il faudra que la pompe provoque à l'aspiration une pression négative inférieure à – 0,5 bar.



Remarque

Toutes les pressions indiquées par les documents techniques, les manomètres ou les vacuomètres sont des pressions relatives (qui ne tiennent pas compte de la pression atmosphérique).

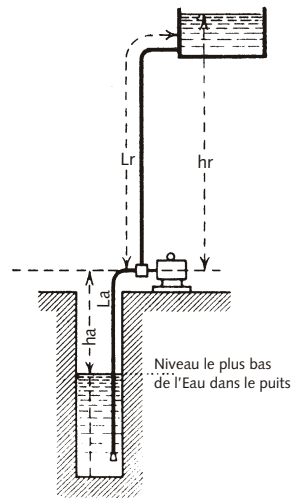
■ Hauteur d'aspiration – altitude

Variation de la hauteur d'aspiration en fonction de l'altitude : La pression atmosphérique varie en fonction de l'altitude, en conséquence, la hauteur d'aspiration d'une pompe diminue avec l'altitude.

Cette diminution est d'environ 0,12 m pour 100 m au-dessus du niveau de la mer.

Ainsi une pompe qui aspire correctement à 7 m de profondeur (au niveau de la mer) n'aspirera plus à 1 500 m d'altitude qu'à 5,2 m de profondeur :

$$7\ m - (15 \times 0{,}12) = 5{,}20\ m$$



ha : hauteur d'aspiration
La : longueur de la tuyauterie d'aspiration
Hr : hauteur de refoulement
Lr : longueur de la tuyauterie de refoulement

Figure 3.26 – Schéma d'installation d'une pompe

■ Relation débit-pression

La pression est la force qui, exercée sur l'eau, provoque son déplacement lorsqu'une robinetterie est ouverte (se reporter au paragraphe sur la relation débit-pression du chapitre 1, Mémento technique).

■ Vitesse – pertes de charge – $PdC = Z \cdot Q_v^2$

Les pertes de charge sont proportionnelles au carré de la vitesse. Pour un même débit, si on diminue le diamètre intérieur de la tuyauterie (ce qui a pour effet d'augmenter la vitesse), on augmente de manière importante les pertes de charge :

$$PdC = Z \cdot Q_v^2$$

avec :

Z : coefficient qui caractérise le réseau de tuyauteries ;

PdC : pertes de charge totales de l'installation en fonction du débit ;

Q_v^2 : carré du débit mesuré ou calculé dans l'installation.

(Se reporter au paragraphe : Les pertes de charge du chapitre 1, Mémento technique.)

Les pertes de charge des tuyauteries d'aspiration et de refoulement sont données dans le paragraphe suivant. Pour plus de précision, se reporter aux abaques de calculs ou aux abaques fournis par les constructeurs.

■ Pertes de charge dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement

Tableau 3.6 – Pertes de charge

Débit horaire en m³	**Pertes de charge en cm de colonne d'eau par mètre de tuyauterie pour une tuyauterie d'un diamètre intérieur en mm de**										
	20	25	27	30	35	40	45	50	55	60	65
0,5	4	1	1								
0,75	7	2	2								
1	11	4	3	2							
1,25	16	7	4	3	1						
1,5	26	10	6	5	2						
2	40	15	10	7	3	1					
2,5	60	22	15	11	4	2	1				
3		30	22	15	6	4	2	1			
4		45	33	21	10	6	3	2			
5		70	48	31	15	9	4	3	1		
6			66	46	22	12	6	4	2	1	
8				74	32	17	10	6	3	2	1
10					48	24	15	8	5	3	2
12					70	36	22	12	8	5	3
15						50	32	18	12	7	5
18						68	44	26	17	11	8
22							60	36	24	16	12

Les pertes de charge de ce tableau sont légèrement supérieures à celles de l'abaque pour tenir compte des rétrécissements accidentels.



Exemple

Si on considère une pompe qui alimente un réservoir comme dans la figure 3.26 et que l'on a :
– Hauteur d'aspiration ha = 6 m.
– Hauteur de refoulement hr = 10 m.
– Longueur de la tuyauterie d'aspiration La = 10 m.
– Longueur de la tuyauterie de refoulement Lr = 30 m.
Si la pompe doit fournir 2 m³/h soit 1/3 des besoins journaliers, on choisira dans le tableau :
– Diamètre intérieur de la tuyauterie d'aspiration :
30 mm – pertes de charge = 0,07 m/m
– Diamètre intérieur de la tuyauterie de refoulement :
27 mm – pertes de charge = 0,10 m/m
On obtient le calcul suivant :

Hauteur d'aspiration		6 m
Pertes de charge à l'aspiration	$10 \times 0{,}07$	0,7 m
Hauteur de refoulement		10 m
Pertes de charge au refoulement	$30 \times 0{,}1$	3 m
Pertes de charge singulières	$0{,}07 + (2 \times 0{,}1)$	0,27 m
	Total	**19,97 m**

On choisira donc une pompe pouvant fournir un débit de 2 m³/h avec une hauteur manométrique de 2 bar.
(Les pertes de charges singulières – coudes et accessoires – sont données par les fabricants, sinon on pourra prendre 1 ou 2 m d'équivalent en longueur de tuyauterie en fonction du rayon de courbure des coudes.)

■ Les courbes de pompe – courbes de réseau – point de fonctionnement

□ Courbe de pompe

La courbe de pompe détermine les performances hydrauliques de celle-ci (hauteur manométrique et débit). Le point de fonctionnement d'une installation (pertes de charges – débit) devra se situer sur la courbe de pompe.

Attention, les constructeurs de pompes donnent dans les caractéristiques une hauteur manométrique et un débit. Ceux-ci représentent les valeurs maximales que ne peut dépasser la pompe, les valeurs de fonctionnement

réelles de l'installation seront toujours inférieures à ces valeurs maximales et devront être contrôlées graphiquement sur la courbe de pompe.



Exemple

Une pompe ayant sur sa plaque comme caractéristiques : 22,4 m – 44,1 m³/h, aura une hauteur manométrique maximum de 22,4 m pour un presque débit nul et un débit de 44,1 m³/h pour une hauteur manométrique très faible.

Lorsque que l'installation offre une résistance (pertes de charge) faible, la pompe forcera peu et le débit sera important ; inversement, lorsque l'installation offre une résistance importante, la pompe forcera plus et le débit diminuera.

La représentation habituelle est la suivante (figure 3.27) :

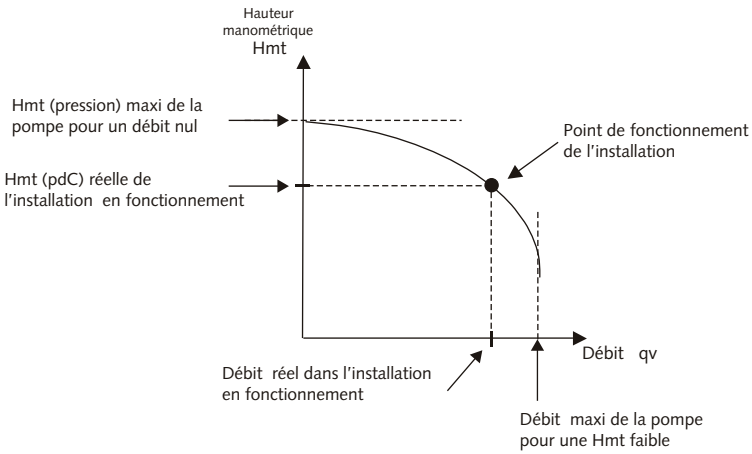


Figure 3.27 – Courbe caractéristique d'une pompe

En général, on choisi un point de fonctionnement situé sur le tiers de la partie centrale de la courbe, car elle correspond au fonctionnement de la pompe à son meilleur rendement (figure 3.28).

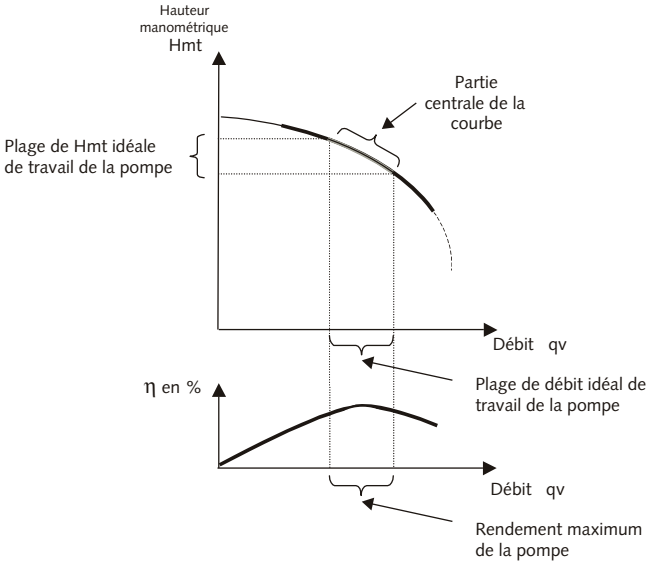


Figure 3.28 – Choix du point de fonctionnement

Il est souhaitable de choisir un point de fonctionnement situé dans la partie centrale (en gras) de la courbe, et préférable de choisir sa position dans le tiers central de la courbe en gras (en gris sur le graphique), c'est dans cette zone que le rendement est le meilleur.

- Si le point de fonctionnement se situe trop à gauche de la courbe, la pompe force trop, sa consommation d'énergie sera importante.
- Si le point de fonctionnement se situe trop à droite de la courbe, le débit dans l'installation sera trop important, on risquera d'avoir des bruits de fonctionnement importants et de faire caviter la pompe.

Pour faciliter la sélection, les constructeurs proposent des pompes ayant trois vitesses. Dans ce cas, il suffit de tourner un commutateur pour choisir la vitesse de la pompe et la courbe correspondante (figure 3.29).

Vitesse	P_1(W)	I_n(A)
3	50	0,23
2	45	0,20
1	35	0,16

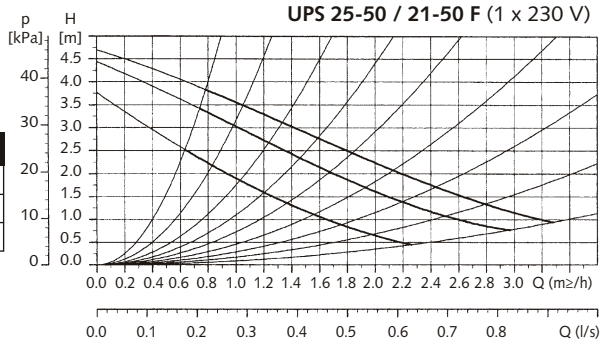


Figure 3.29 – Courbe de circulateur 3 vitesses UPS 25-50 GRUNDFOS

On trouvera aussi des courbes de pompe proportionnelles (figure 3.30) ou des courbes à pression constante (figure 3.31) pour les circulateurs de chauffage notamment, lorsque les besoins en débit varient de manière importante dans l'installation alors que la hauteur manométrique varie peu.

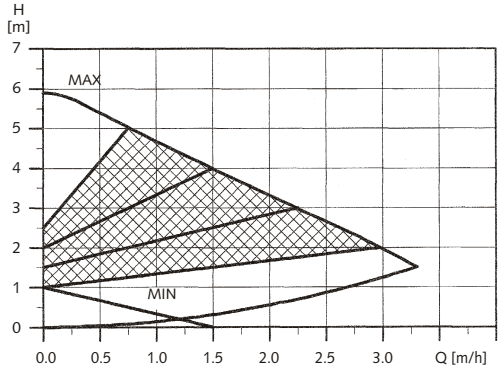


Figure 3.30 – Courbe pression proportionnelle UPE 25-40 GRUNDFOS

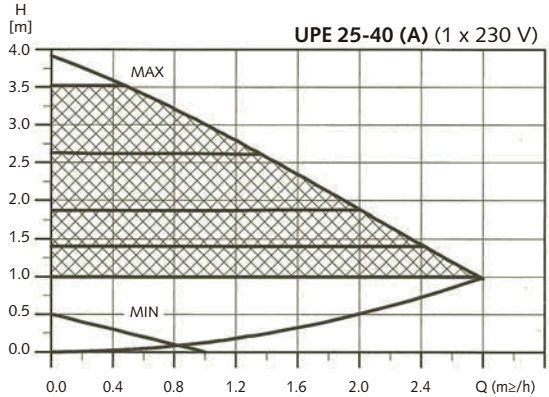


Figure 3.31 – Courbe pression constante
UPE 25-40 GRUNDFOS

☐ **Courbes de réseau**

Chaque installation (réseau) est caractérisé par ses pertes de charge, celles-ci évoluent en fonction de la vitesse de l'eau (donc du débit). Lorsque la vitesse augmente, les frottements et les pertes de charge augmentent aussi.

Les pertes de charge correspondent à une perte de pression dans l'installation, ce que devra compenser la pompe (pour plus de détails se reporter au chapitre 1, Mémento technique – Pertes de charge).

Un réseau très résistant est un réseau dont les pertes de charge augmentent de manière très importante lorsque le débit augmente peu.

Un réseau peu résistant est un réseau dont les pertes de charge augmentent peu lorsque le débit augmente de manière importante.

On peut représenter graphiquement l'évolution des pertes de charge dans une installation en fonction du débit par les courbes en pointillé situées sur la figure 3.32.

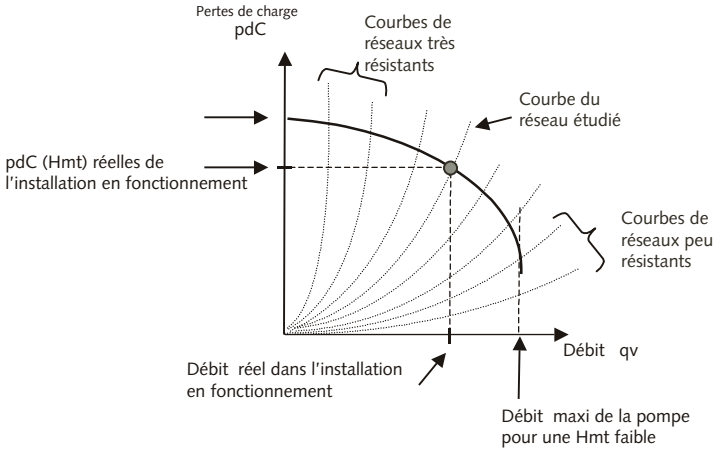
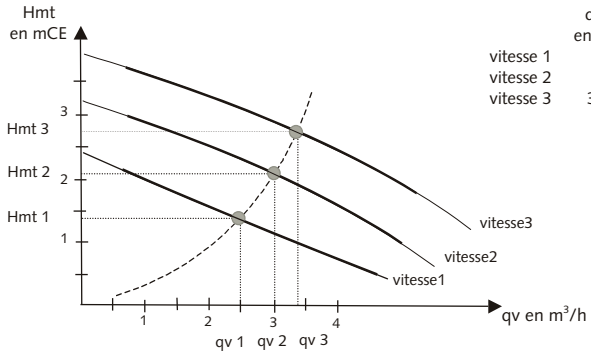


Figure 3.32 – Évolution des pertes de charge en fonction du débit

Ainsi, si l'on prend par exemple une installation particulière équipée d'un circulateur, l'intersection de la courbe réseau (qui caractérise l'installation) et de la courbe de pompe déterminera le point de fonctionnement de l'ensemble réseau-pompe (point gris sur la figure 3.32).

□ **Coefficient de la courbe de réseau**

À partir d'une seule mesure effectuée sur le manomètre situé sur l'installation (manomètre du circulateur, se reporter à la figure 3.67), on peut calculer le coefficient qui caractérise cette courbe de réseau (figure 3.33). Ce coefficient sert à recalculer le débit en fonction de la hauteur manométrique ou, la hauteur manométrique en fonction du débit dans l'installation. On peut donc prévoir à l'avance qu'elle sera la perte de charge dans l'installation si on fait varier le débit.



	débit en m³/h	Hmt = Z . q en mCE
vitesse 1	2,5	1,42
vitesse 2	3	2,05
vitesse 3	3,45	2,70

Figure 3.33 – Évolution du point de fonctionnement sur un circulateur à trois vitesses

On peut ainsi calculer le coefficient caractéristique du réseau :

$$Z = \frac{\Delta P}{q^2} = \frac{2{,}05}{3^2} = 0{,}2277$$

À partir de cette valeur de Z, on peut recalculer la valeur des pertes de charge de l'installation en fonction du débit (remplacement d'une pompe, augmentation de la puissance de l'installation et donc du débit…).



Exemple

Si on désire un débit de 4 m³/h dans cette installation, les pertes de charge seront de :

$$pdC = 0{,}2277 \times 4^2 = 3{,}64 \text{ mCE}$$

Il faudra choisir une pompe dont la courbe passe par ce point de fonctionnement (q_v = 4 m³/h – Hmt = 3,64 mCE).

Pour plus de précision dans le calcul, si le circulateur possède 3 vitesses, on effectuera plusieurs mesures et plusieurs calculs pour trouver une valeur plus précise du coefficient caractéristique du réseau, en effectuant une moyenne des valeurs trouvées.

Une méthode plus rapide consistera à utiliser le calcul suivant :

- on effectue une mesure de perte de charge (pdC_1) pour un débit donné (q_{v1}) ;
- pour connaître la perte de charge (pdC_2) au débit souhaité (q_{v2}), on utilisera la formule suivante :

$$pdC_2 = pdC_1 \times \left(\frac{Q_{v2}}{Q_{v1}}\right)^2$$



Exemple

Si la perte de charge du réseau est de 1,42 mCE pour un débit de 2,5 m³/h, la perte de charge (pdC_2) pour un débit de 3,45 m³/h sera de :

$$pdC_2 = 1{,}42 \times \left(\frac{3{,}45}{2{,}5}\right)^2 = 2{,}70\ mCE$$



Attention

Cette courbe de réseau caractérise l'installation à un moment donné. Si on modifie l'installation (ouverture ou fermeture de vanne manuelle ou thermostatique, modification de l'installation, embouage…), la courbe de réseau va être modifiée :
– Si des vannes se ferment sur l'installation, ou en cas d'embouage : l'eau va circuler plus vite dans le reste de l'installation, les pertes de charge vont augmenter et le réseau va devenir plus résistant.
– Au contraire, si des vannes s'ouvrent, l'eau aura plus de facilités pour s'écouler, les pertes de charge vont diminuer, le réseau va devenir moins résistant.

□ Courbe de réseau circuit ouvert

Il faut noter que pour un circuit ouvert, la courbe de réseau (figure 3.34) ne passe pas forcément par le zéro. Par exemple, si on considère une installation de pompage qui alimente un réservoir situé 10 m au-dessus, lorsque la pompe fournit une pression inférieure à 10 mCE, le débit sera nul car l'eau ne sortira pas de la tuyauterie.

L'eau ne circulera dans l'installation que lorsque la pression fournie par la pompe est supérieure aux 10 mCE nécessaires pour compenser la hauteur géométrique de l'installation.

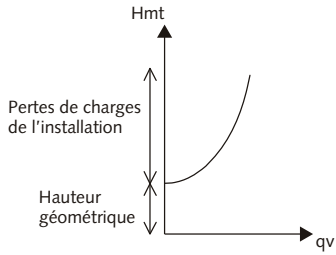
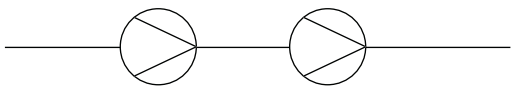


Figure 3.34 – Courbe du réseau circuit ouvert

■ Montage série – parallèle

□ Montage en série



Lorsque l'on monte plusieurs pompes identiques en série, le débit théorique au refoulement ne change pas et la pression maximum théorique est doublée (lorsque les pompes sont identiques), c'est le principe des pompes multicellulaires.

Les pompes monocellulaires ne sont montées en série que pour des applications très particulières (industrie, filtration...).

Dans la pratique, si l'on monte deux pompes en série, le point de fonctionnement va se décaler, le débit et la hauteur manométrique vont augmenter (se reporter au paragraphe précédent, Courbes de réseaux).

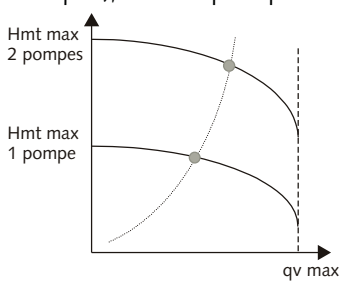
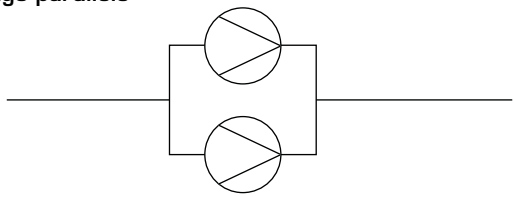


Figure 3.35 – Montage en série

☐ **Montage parallèle**



Lorsqu'on monte plusieurs pompes identiques en parallèle, la pression théorique au refoulement ne change pas et le débit maximum augmente.

Ce type de montage permet de faire varier le débit de l'installation par la mise en marche successive de pompes identiques selon les besoins (fonctionnant en cascade). Chaque pompe sera équipée d'un clapet anti-retour ou d'une électrovanne pour éviter la circulation parasite d'eau dans les pompes à l'arrêt,

On se rend compte sur la figure 3.36 que la variation de débit dépend de la courbe de réseau (réseau très résistant ou peu résistant), le débit n'est pas doublé.

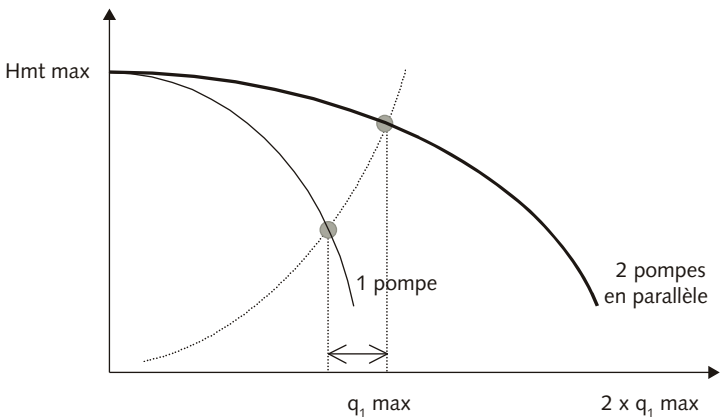


Figure 3.36 – Montage en parallèle

On considère que la variation de débit est de 20 à 40 % en fonction de l'allure des courbes de pompes et de la courbe de réseau.

Pour les circulateurs doubles de chauffage (figure 3.46) et pour les pompes d'assainissement, l'utilisation de pompe en parallèle permet souvent d'assurer le secours en cas de panne de l'une des deux pompes, on a un fonctionnement alterné (l'une ou l'autre).

■ Rendement et choix des courbes

Le rendement d'une pompe dépendra principalement de la position du point de fonctionnement. Il devra se situer dans la partie grise de la courbe de la figure 3.37, car c'est dans cette zone que le rendement est le meilleur.

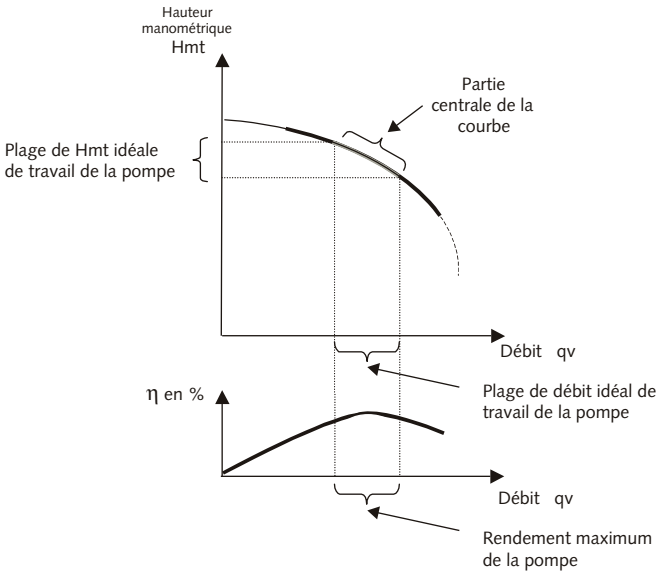


Figure 3.37 – Courbe caractéristique d'une pompe

Il est possible de calculer le rendement réel d'une pompe à partir de relevés hydrauliques et électriques effectués sur l'installation, mais les mesures restent peu précises et les calculs présentent une marge d'erreur importante.

L'utilisation de la méthode graphique ci-dessus reste la plus efficace, on se reportera aux courbes caractéristiques fournies par les constructeurs.

■ Cavitation – NPSH

La cavitation est un phénomène important dans le choix d'une pompe. Sous l'effet de la baisse de pression, l'eau se vaporise à l'aspiration de la pompe, ce qui provoque localement des variations de pression importantes qui vont provoquer un bruit important et endommager la pompe (destruction de la volute).

LES DIFFÉRENTS MODÈLES DE POMPES

■ Pompes monocellulaires : rotor noyé – moteur ventilé

Un moteur électrique est composé de deux parties :

- un stator (composés d'enroulement électrique fixes qui vont créer un champ magnétique mobile) ;
- un rotor ; sous l'effet du champ magnétique, il va tourner et entraîner l'arbre et la roue mobile de la pompe.

Pour refroidir un moteur électrique, il existe principalement deux solutions :

- refroidir le moteur grâce au fluide pompé, c'est le **rotor noyé ;**
- refroidir le moteur grâce à l'air environnant, c'est le **moteur ventilé.**

□ Rotor noyé

La technologie du rotor noyé est utilisée principalement dans les circulateurs. Une partie du fluide qui circule passe dans une chemise étanche autour du rotor pour limiter son échauffement (de l'eau à 90 °C limite l'échauffement du moteur qui peut supporter des températures dépassant les 120 °C).

Le circulateur à rotor noyé demande peu d'entretien et peut fonctionner plusieurs dizaines d'années, il reste moins bruyant qu'un moteur ventilé (figure 3.38).



Figure 3.38 – Pompe CIC à rotor noyé, GRUNDFOS

□ **Moteur ventilé**

Le moteur est refroidi par un « ventilateur » placé sur l'axe du moteur à l'extrémité opposée de la pompe, le ventilateur refroidi le moteur à ailettes (surface d'échange plus grande) en utilisant l'air de la pièce. Les constructeurs préconisent une température d'air maximale pour assurer le bon refroidissement du moteur (figure 3.39).



Figure 3.39 – Pompe TP à moteur ventilé, GRUNDFOS

■ Pompes en ligne ou pompe axiale

Une pompe est dite en ligne (*in line*) lorsque l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement sont situés sur le même axe, ce qui facilite le raccordement sur la tuyauterie. C'est le cas des circulateurs de chauffage (figure 3.40).

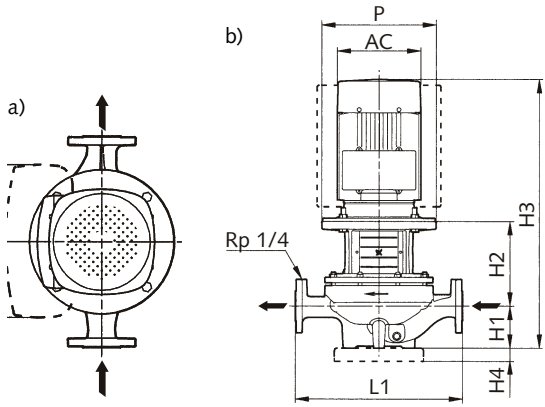


Figure 3.40 – Pompe TP en ligne,
vue de côté (b) et de dessus (a), GRUNDFOS

Les pompes axiales sont les pompes dont l'aspiration est axiale (au centre de la roue, dans l'axe du moteur) et le refoulement radial. Elles sont généralement plus compactes, et peuvent reposer sur le sol (figure 3.41).

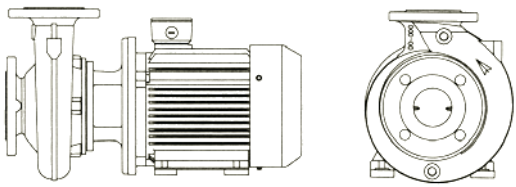


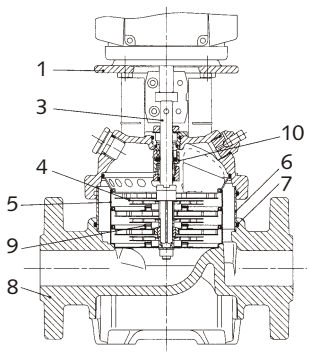
Figure 3.41 – Pompe axiale NB Grundos

■ Pompes multicellulaire ou à étage

Lorsque l'on veut augmenter la pression à la sortie d'une pompe sans augmenter son diamètre, il suffit de monter en série plusieurs roues de petit diamètre pour obtenir la pression voulue, on parle de pompes multicellulaires ou à étage. Ce type de pompe est utilisé pour les pompes à

haute pression ou pour les pompes immergées profondes qui nécessitent une Hmt importante (figure 3.42).





1 Tête de pompe
3 Arbre
4 Roue
5 Chambre
6 Chemise extérieure
7 Joint torique pour chemise extérieure
8 Pied
9 Bague d'étanchéité
10 Garniture mécanique
Composants en Élastomères

Figure 3.42 – Pompe multicellulaire CRE GRUNDFOS

■ Pompes à moteur séparé

Les pompes à moteur séparé sont des pompes de forte puissance, on les utilise sur de grosses installations de génie climatique (figure 3.43).

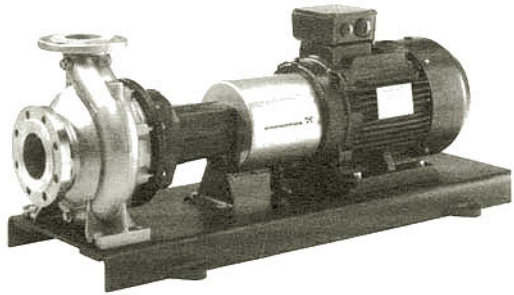


Figure 3.43 – Pompe NK à moteur séparé GRUNDFOS

■ Systèmes à courroie

Il existe différentes manières de positionner les courroies.
Le diamètre de la poulie motrice se détermine par la formule suivante :

$$Dm = 1{,}03 \times Dp \times \frac{vp}{vm}$$

avec :
Dm : diamètre de la poulie moteur ;
Dp : diamètre de la poulie pompe ;
vm : vitesse de rotation du moteur en tours par minute ;
vp : vitesse de rotation de la pompe en tours par minute.

■ Pompes à axe horizontal

Il faut veiller à ce que l'arbre du moteur et l'arbre de la pompe soient parfaitement parallèles pour que les poulies soient alignées, ce qui évite l'usure des courroies (figure 3.44).

Il ne faut pas dépasser un rapport de transmission de 6 à 7 (rapport entre les diamètres des deux poulies).

La distance entre les axes des poulies doit être d'au moins trois fois le diamètre de la plus grande. Les poulies et les courroies doivent être protégées de tout contact accidentel.

Pour faciliter le réglage de l'alignement des poulies, on montera le moteur sur des rails réglables.

On évitera les montages avec des courroies verticales ou croisées, il faudra veiller à ce que le brin tendu soit situé au-dessous.

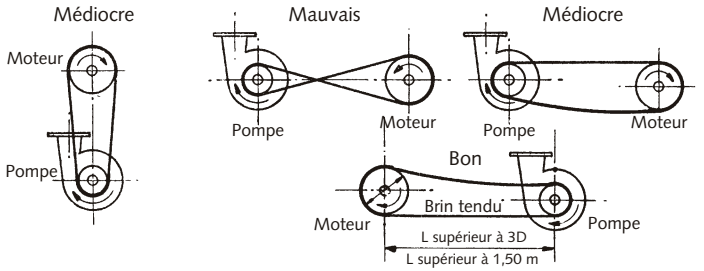


Figure 3.44 – Montage de courroie sur une pompe à axe horizontal

■ Pompe à axe vertical

Une pompe à axe vertical commandée par un moteur à axe horizontal exige l'emploi d'une courroie demi-croisée. Il faudra procéder à l'ajustage selon la figure 3.45, c'est-à-dire placer les poulies de façon que la courroie les aborde perpendiculairement à l'axe. La courroie quittera les poulies en biais.

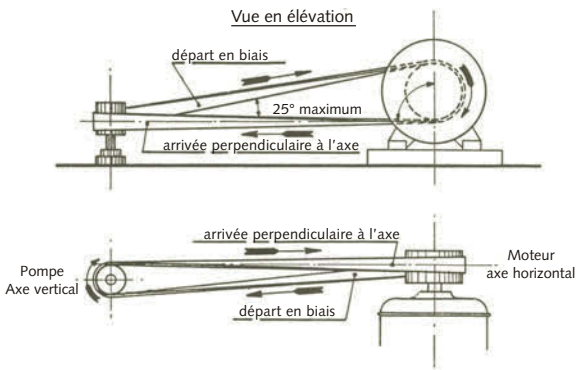


Figure 3.45 – Montage de courroie sur une pompe à axe vertical

■ Pompes simples – pompes doubles

L'utilisation des pompes doubles (figure 3.46) dans les circuits fermés se fait principalement dans le but d'assurer une continuité de service (une tête fonctionne en continu, l'autre est en secours).



Figure 3.46 – Circulateur double UPSD GRUNDFOS

■ Pompes auto-amorçantes

Les pompes auto-amorçantes sont souvent de petites pompes domestiques destinées à un usage ponctuel (arrosage des jardins, vidange d'une piscine...). Pour éviter la procédure d'amorçage de la pompe à chaque utilisation (remplissage complet de la tuyauterie d'aspiration, purge d'air...), les constructeurs ont fabriqué des pompes auto-amorçantes (figure 3.47).

L'auto-amorçage est la capacité de la pompe à créer dans la tuyauterie d'aspiration un vide suffisant pour faire monter le liquide pompé. La conception de la roue et du corps de pompe permet un recyclage de l'eau pompée à l'intérieur de la pompe jusqu'à ce que la tuyauterie d'aspiration soit entièrement remplie d'eau, cet amorçage peut durer plusieurs minutes.

La procédure d'amorçage consiste simplement à remplir le corps de pompe d'eau (moins de 1 l) afin de lubrifier et refroidir la pompe pendant la phase d'amorçage.

Ce recyclage d'eau à l'intérieur de la pompe la rend un peu plus bruyante et diminue ses performances techniques.

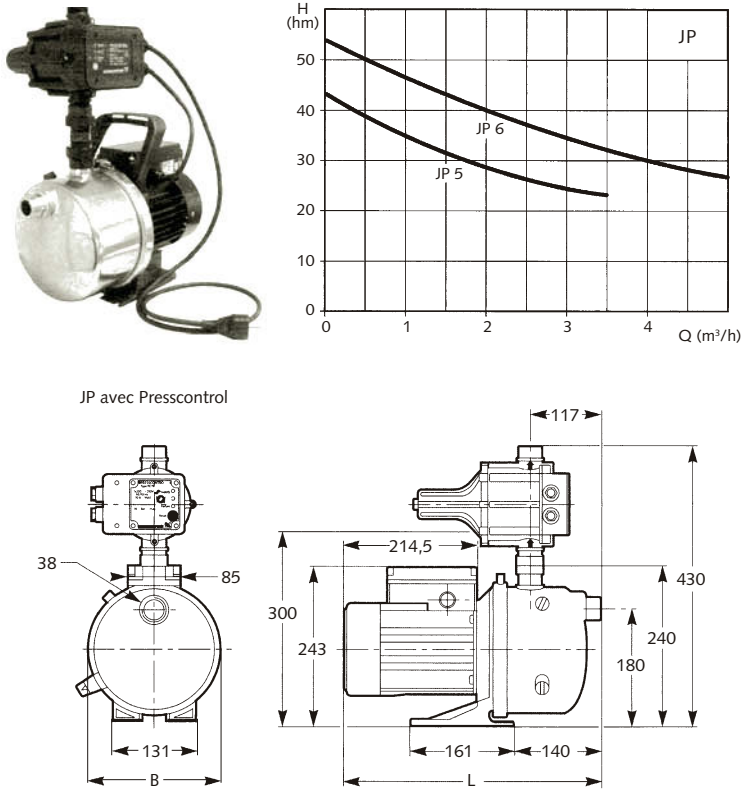


Figure 3.47 – Pompe auto-amorçante JP GRUNDFOS

Elles peuvent s'installer en poste fixe ou portatif, principalement pour une utilisation au jardin.

Les différents types d'installations

On trouvera principalement trois types d'installations :

- les installations de puisage, distribution d'eau et maintien de pression
- les installations d'assainissement et d'évacuation des eaux pluviales

- les installations en circuit fermé : circulateurs de chauffage ou d'eau chaude sanitaire

PUISAGE – DISTRIBUTION D'EAU – MAINTIEN DE PRESSION

Il existe différentes manières de réaliser une installation de puisage et de distribution d'eau.

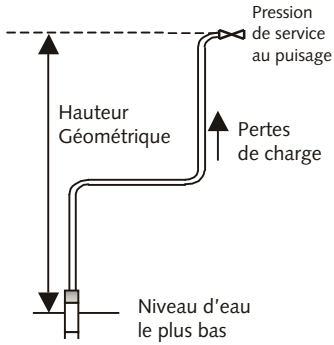


Figure 3.48 – Puisage d'eau – pompe immergée

■ Critères de choix

Le choix d'un type de pompe s'effectuera en fonction de 4 critères principaux :

1. La hauteur manométrique d'aspiration :

- inférieure à 7 m : pompe rotative ou pompe volumétrique ;
- de 7 à 8,50 m : pompe volumétrique à élément tournant ou pompe centrifuge à amorçage automatique ;
- de 8 à 25 m : pompes centrifuges immergées ou hydro-éjecteur ;
- plus de 25 m : pompe de puits profond.

En altitude, la perte de hauteur d'aspiration est d'environ 0,12 m pour 100 m.

2. La nature du liquide à pomper :

- eau sableuse : pompe centrifuge sans amorçage automatique ;
- eau chaude : lorsque la température de l'eau augmente, l'eau se vapo-

rise plus facilement dans la tuyauterie d'aspiration, en conséquence, on réduira d'environ 10 % les hauteurs d'aspiration calculées ;
- Pour les liquides particuliers (eau très calcaire, eau de mer, purin, huile…), il convient de se renseigner auprès des fabricants sur la compatibilité des modèles proposés.

3. Le prix d'achat et le coût de la maintenance

Le prix d'achat ne doit pas être le seul critère. Le coût de la maintenance reporté sur plusieurs années doit aussi être pris en compte. Un particulier préférera acheter une pompe performante sur laquelle il n'aura pas de maintenance à faire, une collectivité pourra acheter une pompe de qualité, mais devra quand même effectuer une maintenance pluriannuelle pour assurer une continuité de service.

Il faudra comparer le prix d'achat, le coût de la maintenance et la durée de vie du modèle choisi pour pouvoir définir son coût d'amortissement annuel.

4. Le débit et la hauteur manométrique totale suffisante

Une fois le type de pompe choisi, il faudra trouver le modèle dont le débit correspond au tiers de la consommation journalière et qui vérifie les conditions suivantes (figure 3.49) :

Hmt = Hauteur géométrique + pdC
+ Pression de service – Pression de charge

- **Hauteur géométrique :** hauteur entre le niveau d'aspiration de la pompe et le point de puisage le plus élevé.
- **Pertes de charge :** total des pertes de charge des tuyauteries d'aspiration et de refoulement et de tous les accessoires (pertes de charge linéaire et singulières).
- **Pression de service :** pression minimum au point de puisage :
  - 0,3 bar minimum pour un appareil sanitaire ;
  - 1 bar minimum à l'entrée d'un appartement ;
  - 1 à 2 bar pour un mitigeur ;
  - 1 à 3 bar pour un mitigeur thermostatique ;
  - 1 à 5 bar pour un arrosage…
- **Pression de charge :** pression due à la différence de niveau entre le réservoir et la pompe lorsque le réservoir est situé au dessus de la pompe (1 bar pour 10 m de hauteur d'eau).

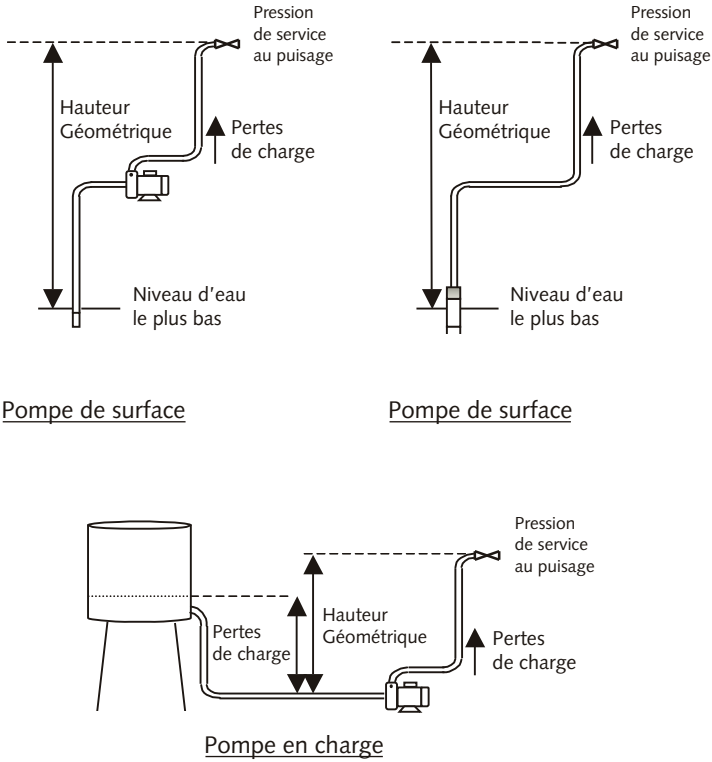


Figure 3.49 – Conditions de fonctionnement

Exemple

Si l'on souhaite alimenter une maison de deux étages par l'installation de la figure 3.50, on aura :
– Hauteur géométrique : 8 m.
– Pertes de charge : 3 m CE.
– Pression de service 2,5 bar.
On aura :

$$Hmt = 0,8 + 0,3 + 2,5 = 3,6 \text{ bar}$$

Si la consommation journalière est de 600 l/jour, on choisira un débit correspondant au tiers de cette valeur, soit 200 l/h.
La pompe devra avoir comme point de fonctionnement :
3,6 bar – 200 l/h.

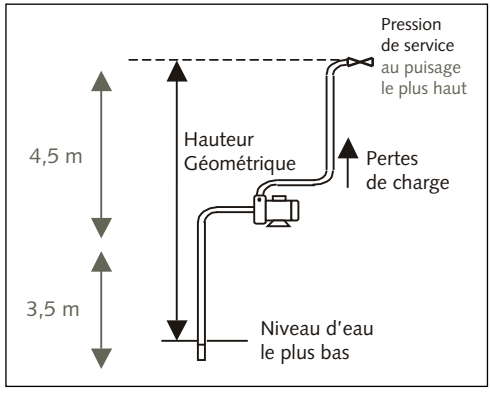


Figure 3.50

■ Pompes de surface

Elles restent accessibles facilement, la tuyauterie d'aspiration est fixe ou mobile (flexible annelé), un clapet antiretour est situé sur la crépine d'aspiration pour éviter le désamorçage de la pompe. Ce sont des pompes ayant une gamme de prix très large (quelques dizaines d'euros à plusieurs centaines d'euros) en fonction des performances souhaitées (débit, Hmt, durée de vie…).

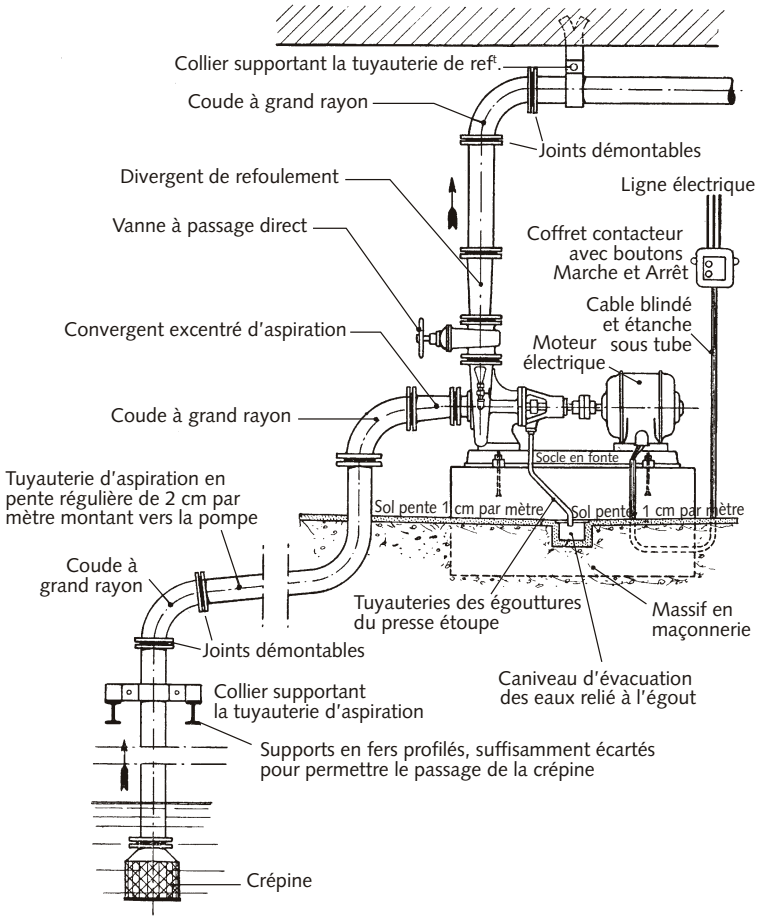


Figure 3.51 – Schéma général d'installation d'une pompe centrifuge à moteur séparé

☐ Incidents de fonctionnement

- **Impossible d'amorcer :** si l'eau disparaît, c'est-à-dire si l'on n'arrive pas à remplir la tuyauterie d'aspiration, c'est qu'il y a une fuite sur la tuyauterie ou que la crépine ferme mal. Parfois, des coups frappés sur la tuyauterie d'aspiration permettent de dégager le corps étranger logé sur le siège de la crépine, ou de débloquer le clapet.
- **Amorçage manqué :** il y a généralement des entrées d'air sur la tuyauterie d'aspiration qui désamorcent la pompe. Il faut quand même vérifier si les calculs ont été bien faits et si la hauteur d'aspiration n'est pas trop grande (ce qui provoque le phénomène de cavitation).
- **Débit insuffisant :** les causes peuvent être multiples :
  - mauvais calcul, les pertes de charge sont trop importantes ;
  - un chiffon, de la terre, des feuilles bouchent le clapet de la crépine ;
  - pour les moteurs triphasés, il faut vérifier si le moteur tourne dans le bon sens (se reporter au chapitre 17 sur l'électricité).
- **Débit irrégulier (pulsatoire) :** une petite entrée d'air à l'aspiration ou au presse-étoupe vient perturber le fonctionnement de la pompe.
- **Fuite au presse-étoupe :** la grande majorité des pompes présentent une étanchéité complète sur l'arbre moteur ; certains modèles encore munis de presse-étoupe nécessitent un entretien, dans ce cas, il faut refaire la garniture du presse-étoupe ou le resserrer.
- **Bruit exagéré :** une pompe qui tourne fait normalement du bruit, mais un bruit excessif est le signe d'un dysfonctionnement, il faudra en identifier la cause :
  - présence d'un corps étranger dans le corps de pompe (cliquetis) ;
  - usure du mécanisme de la pompe (roulements…).
- **Cavitation :** la pression à l'aspiration de la pompe est trop basse (dépression importante) et l'eau se vaporise dans le corps de pompe (bruit de coups de marteau ou de scie), il faut reprendre les réglages de l'installation sous peine de détruire la volute de la pompe.
- **Échauffement anormal :** les températures de fonctionnement sont données par les constructeurs, il arrive que des pièces mécaniques chauffent anormalement ou que le moteur présente une surchauffe. Dans ces deux cas, il y a lieu de se reporter aux indications du constructeur de la pompe. On pourra effectuer ce contrôle grâce à la thermographie (caméra thermique) en maintenance préventive (elle consiste à effectuer des images thermiques régulières des pompes afin d'identifier une modification dans leur fonctionnement).

■ Pompes immergées

Les pompes immergées ont remplacé les pompes à arbre en ligne (moteur en surface relié à la roue située au fond du puits par un arbre de transmission) car elles offrent de bien meilleures performances. Le corps de pompe est toujours immergé et refroidi par l'eau du puits.

Ce sont des pompes multicellulaires de faible diamètre qui permettent de réaliser des forages de taille réduite. Il faut prévoir un système de levage pour remonter la pompe et sa tuyauterie.

Elles sont généralement moins bruyantes que les pompes de surface (du fait de leur éloignement).

On trouvera principalement deux types d'étanchéité :

- Étanchéité par résines : elle permet une très bonne étanchéité, l'eau circule entre le rotor et la chemise et permet un bon refroidissement, mais en cas de surchauffe, elle ne permet pas la réfection du bobinage du moteur car celui-ci est noyé dans la résine, il faut dans ce cas changer la pompe.
- Étanchéité par bain d'huile : l'huile assure étanchéité et le refroidissement du moteur, elle est utilisée pour les fortes puissances et nécessite un contrôle périodique. Elle permet la réfection du bobinage du moteur en cas de surchauffe.

■ Surpresseurs

Les surpresseurs permettent de créer une pression dans une installation de distribution qui sera comprise entre une valeur haute (maximale) et une valeur basse (minimale). Le fonctionnement de la pompe est géré par un pressostat différentiel, l'eau est stockée dans un réservoir sous pression contenant de l'air.

Il est possible de faire :

- une surpression directe : du réseau vers le bâtiment, lorsque la pression du réseau n'a pas la puissance pour alimenter les étages supérieurs ;
- une surpression à partir d'une bâche de rupture : lorsqu'il n'est pas possible d'aspirer l'eau du réseau (réseau ancien, débit insuffisant…), on utilise un réservoir tampon entre le réseau et le surpresseur ;
- une surpression par réservoir en toiture : le réservoir en toiture permet de garantir l'alimentation en eau en cas de coupure électrique ;
- une surpression par zone : lorsque le bâtiment est de grande hauteur, on divisera le bâtiment en plusieurs zones, chaque zone sera gérée par un système de surpression.

On distinguera principalement deux types de surpresseurs :

- les surpresseurs à réservoir ouvert (sans membrane) ;
- les surpresseurs à réservoir fermé (à membrane ou à vessie).

L'eau puisée par la pompe est refoulée dans un réservoir en tôle, elle comprime l'air qui s'y trouve jusqu'à une pression haute définie par la régulation, la pompe s'arrête. Lorsqu'on ouvre un robinet de puisage, l'eau s'écoule sous l'effet de la pression fournie par l'air comprimé, la pression baisse progressivement jusqu'à atteindre la valeur de pression basse définie par la régulation, la pompe se remet en marche. La pression dans l'installation variera donc entre deux valeurs (minimale et maximale).

Ou trouve aujourd'hui des systèmes de surpression à pression constante.

Dans certains cas, on prévoira une pompe de secours pour garantir une continuité de service, on peut aussi prévoir parfois une pompe appelée pompe jockey pour compenser les fuites du réseau ou les soutirages à débit très faible, elle évite la mise en marche trop fréquente des pompes principales.

L'eau peut être puisée dans un réservoir ou directement sur le réseau si son fonctionnement ne met pas en dépression le réseau de distribution. Dans tous les cas, il conviendra de se renseigner auprès de la mairie ou du gestionnaire du réseau de distribution pour connaître les modalités de raccordement.

Les pompes étant des installations bruyantes, il faudra prendre les mesures nécessaires pour réduire la transmission du bruit dans le bâtiment.

☐ Surpresseurs à réservoir ouvert

Les surpresseurs à réservoir ouvert nécessitent un dispositif particulier qui renouvelle l'air contenu dans la cuve (figure 3.52). Ce dispositif injecte de l'air dans le réservoir. L'air étant soluble dans l'eau, il disparaît petit à petit du réservoir ; il faut le renouveler en permanence. Pour cela il existe différents moyens :

- vidange manuelle du réservoir pour reconstituer la réserve d'air ;
- installation d'un dispositif permettant l'apport d'air lors du fonctionnement de la pompe (injecteurs d'air) ;
- installation d'un compresseur d'air qui maintient une pression d'air défini par la régulation.

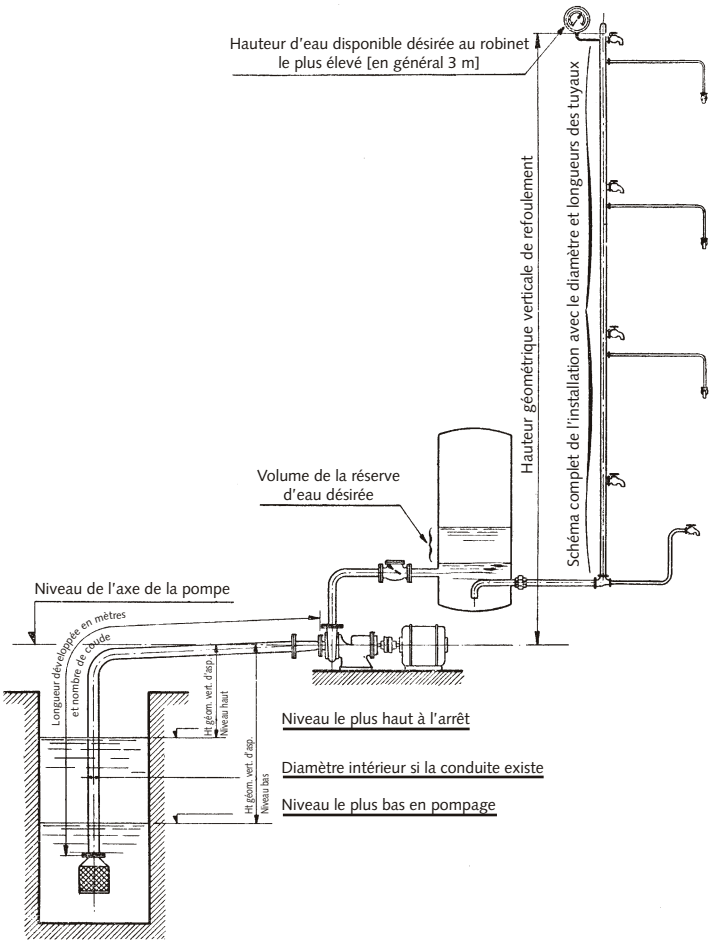


Figure 3.52 – Pompe refoulant dans un réservoir d'air sous pression. Caractéristiques à connaître pour déterminer les éléments de l'installation

Ce dispositif est de nos jours peu utilisé pour les installations domestiques car elle constitue un apport d'oxygène dans les réseaux de distribution qui va favoriser la corrosion, mais on le trouve encore sur des installations d'arrosage. On préférera l'utilisation de réservoirs à membrane.

☐ **Surpresseurs à réservoir fermé**

Un réservoir à membrane permet la gestion de la mise en marche des pompes, il évite l'apport d'oxygène du réservoir ouvert (figure 3.53). La pression va varier entre une valeur maximale et une valeur minimale ; un pressostat permet la mise en marche et l'arrêt de la pompe. Il faudra dimensionner correctement le volume du réservoir tampon pour éviter une mise en marche trop fréquente du moteur. En effet, les moteurs des pompes chauffent au démarrage. Si le nombre de démarrages est trop fréquent, le système de refroidissement ne permet pas de maintenir une température acceptable dans le moteur, il y aura usure prématurée du moteur. Chaque constructeur précise le nombre acceptable de démarrages par heure en fonction des modèles.

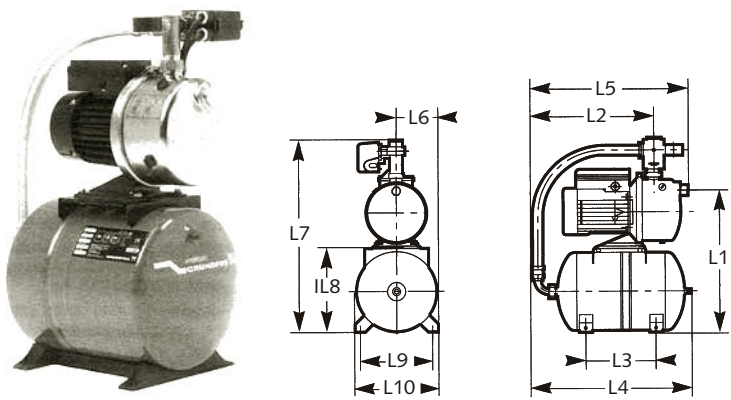


Figure 3.53 – Surpresseur JP Booster GRUNDFOS

La taille du réservoir tampon est très souvent définie par le constructeur en fonction des caractéristiques de la pompe.

Pour sélectionner un système de surpression, il faudra définir :
- la pression désirée,
- les pertes de charge du réseau,
- le débit maximal.

Les constructeurs proposent souvent dans leurs catalogues ou sur leurs sites Internet des logiciels ou des guides permettant le dimensionnement des installations, on pourra consulter leurs sites internet.

■ Groupes de maintien de pression

Pour les installations plus importantes, on utilisera des groupes de maintien de pression constitués de plusieurs pompes montées en parallèle et d'un gestionnaire (généralement électronique) qui permettra la variation de débit dans l'installation en maintenant une pression constante (figure 3.54).

Il est possible d'avoir plusieurs groupes de maintien de pression dans un même bâtiment. Les groupes de maintien de pression sont généralement livrés montés prêt à installer. Un ballon tampon est nécessaire. Les ballons tampons sont encadrés en pointillés sur la figure 3.55.

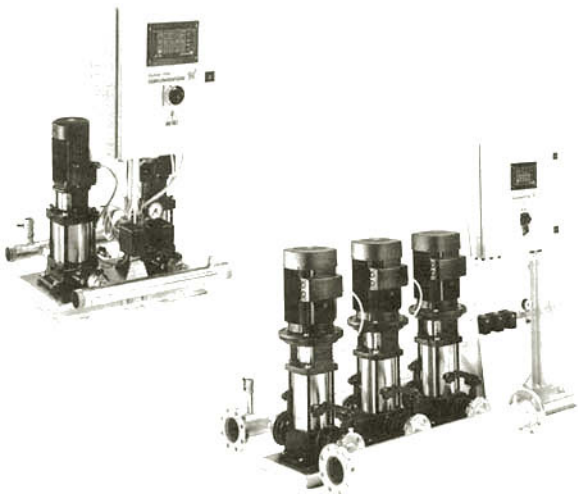


Figure 3.54 – Surpresseur Hygro 1 000 GRUNDFOS

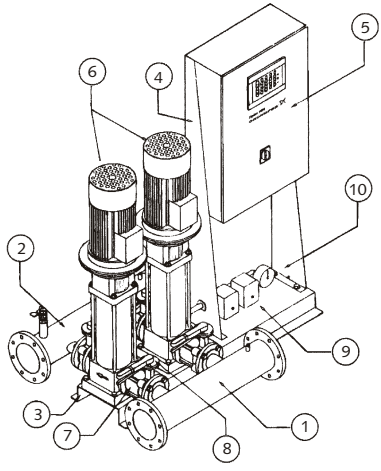


Figure 3.54 – Surpresseur Hygro 1 000 GRUNDFOS *(suite)*

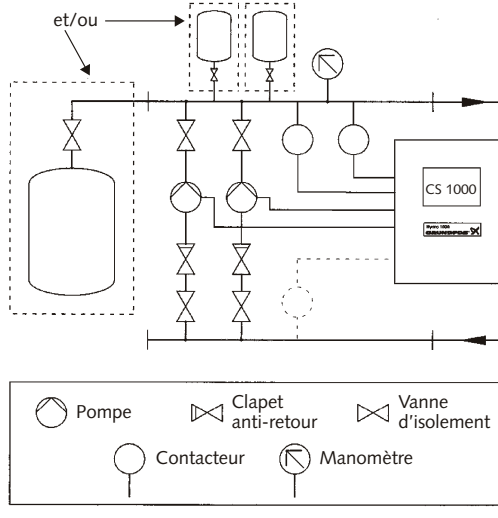


Figure 3.55 – Schéma de principe de l'installation

Il existe de nombreux systèmes en fonction des besoins, il conviendra de se renseigner auprès des constructeurs.

■ Gestion des eaux pluviales

La récupération des eaux pluviales se développe depuis quelques années (démarche écologique, économie d'impôt…). Elle peut servir pour l'arrosage du jardin, pour les WC, pour la machine à laver après traitement.

Certains systèmes permettent, lorsque la cuve est vide, de passer automatiquement sur le réseau d'eau potable pour alimenter la distribution habituellement raccordée sur la cuve d'eau pluviale.

Il doit exister un dispositif interdisant la mise en contact de l'eau pluviale avec l'eau du réseau d'eau potable.

Lorsque l'eau pluviale est utilisée pour l'alimentation des WC raccordés sur les réseaux de traitement des eaux usées, il est nécessaire de mesurer la quantité d'eau pluviale récupérée (à l'aide d'un compteur) et de déclarer cette quantité d'eau pour le calcul des taxes et redevances sur l'assainissement prélevées par la société qui gère le réseau de distribution d'eau publique et d'assainissement.

Un exemple de dimensionnement d'un réservoir d'eau pluviale est donné au tableau 3.2.

ASSAINISSEMENT

■ Relevage des eaux usées

Les pompes sont souvent immergées, ce qui nécessite un système de levage et parfois des barres de guidage pour les modèles importants. On les trouve parfois en fosse sèche (installées à l'extérieur du bassin et reliées à celui-ci par une tuyauterie de raccordement, elles nécessitent un refroidissement particulier).

Selon la granulométrie du liquide pompé, on utilisera des roues à aube semi-ouverte, monocanal, multicanal, vortex... Il faudra dans ce cas utiliser les tableaux de sélection fournis par les constructeurs.

On trouvera différents types d'installations.

■ Pompes eaux usées

La position, le nombre de pompes, le fonctionnement de l'armoire de gestion et éventuellement la présence d'alarme dépendra de la taille de l'installation et des risques de pollution.

On pourra prévoir une seule pompe sur les installations domestiques. Sur les installations collectives, il faudra prévoir deux pompes pour assurer une continuité de service. Pour les installations présentant des risques de pollution, on installera en plus une pompe de secours.

Le volume du réservoir et le débit des pompes se calcule en fonction des débits probables définis dans les DTU. On trouvera des systèmes tout équipés (cuve, pompe, tuyauterie, accessoires et armoire électrique) prêts à installer (figure 3.56).

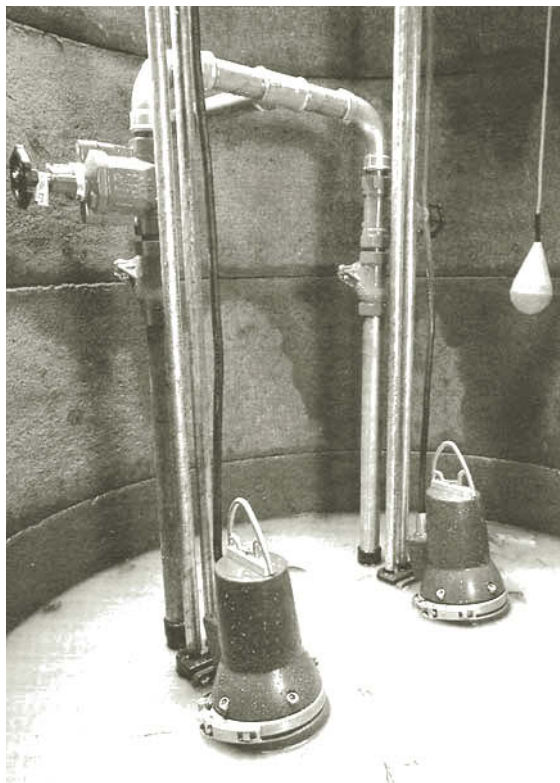


Figure 3.56 – Station de relevage Macrolift de GRUNDFOS

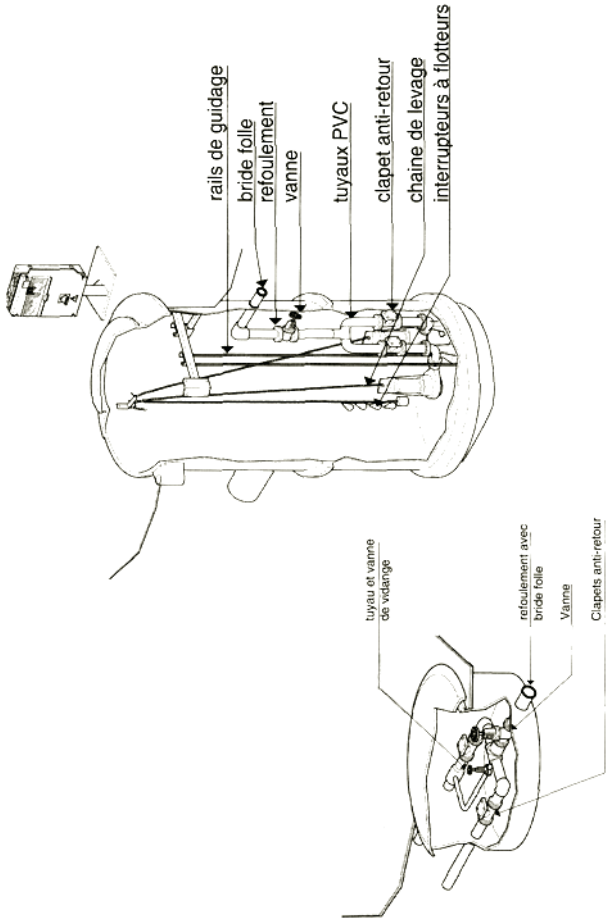


Figure 3.56 – Station de relevage Macrolift de GRUNDFOS *(suite)*

■ Broyeur sanitaire

Il est possible de raccorder un appareil (WC, douche, lavabo…), positionné dans une pièce située en dessous de la tuyauterie d'évacuation des eaux usées. On utilisera un broyeur sanitaire raccordé au reste de l'installation d'évacuation des eaux usées. La hauteur de refoulement est généralement de 4 à 5 m et peut atteindre une distance allant jusqu'à 100 m.

Le système est entièrement autonome, il suffit de le brancher sur une prise électrique et de raccorder la tuyauterie d'évacuation équipée d'un clapet antiretour. La tuyauterie d'allure horizontale doit présenter une pente d'au moins 1 % en direction de la tuyauterie d'évacuation.

Il existe des modèles adaptés à chaque usage (figure 3.57).

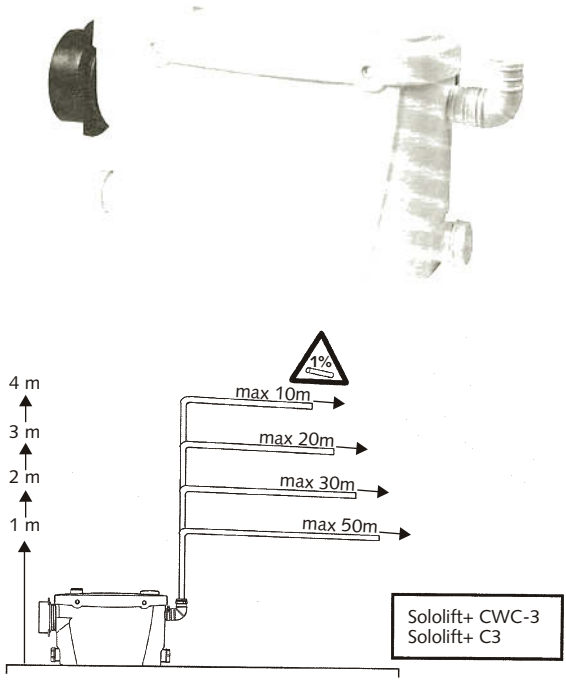


Figure 3.57 – Broyeur Solofit de GRUNDFOS

Type de pompe	Diamètre (mm)		Puis (W)	Dimension (mm)		
	Refoulement	Arrivée (connexions)		H	long.	larg.
SOLOLIFT+ WC	23/25/28/32	100	400	280	431	431
SOLOLIFT+ WC	23/25/28/32	100+1x40	400	280	431	431
SOLOLIFT+ WC	23/25/28/32	100+3x40	400	280	431	431
SOLOLIFT+ WC	23/25/28/32	3x40	400	280	431	431
SOLOLIFT+ WC	23/32	1x40+1x40/32	270	144	431	296

Q (l/min)	30	40	45	50	55	60
mCE	6,8	6,2	5,8	5,6	5,0	4,8
	6,8	6,2	5,8	5,6	5,0	4,8
	6,8	6,2	5,8	5,6	5,0	4,8
	4,8	4,2	3,8	3,4	3,0	2,4
	4,2	3,6	2,8	2,0	1,4	

Figure 3.57 – Broyeur Solofit de GRUNDFOS *(suite)*

■ Puisard – vide-cave

Les pompes d'évacuation des eaux d'infiltration dans les caves ou garages sont généralement des pompes avec flotteurs intégrés dans les petites installations (figure 3.58). Pour les installations plus importantes, on trouvera des pompes montées en parallèle avec une armoire de commande et des flotteurs indépendants.

La dimension de la fosse doit permettre le mouvement libre du flotteur et assurer une certaine réserve d'eau.



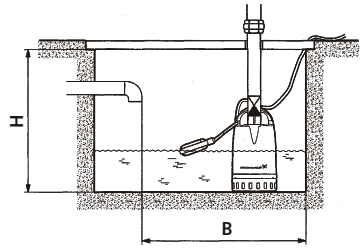


Figure 3.58 – Pompe de drainage Unilift CC de GRUNDFOS

■ Pompes en fosse sèche

Lorsque, pour des questions d'encombrement ou d'entretien, la pompe ne peut pas être posée dans la fosse, on l'installera à l'extérieur de la fosse à laquelle elle sera raccordée par une tuyauterie d'aspiration. On parle dans ce cas d'installation en fosse sèche (figure 3.59).

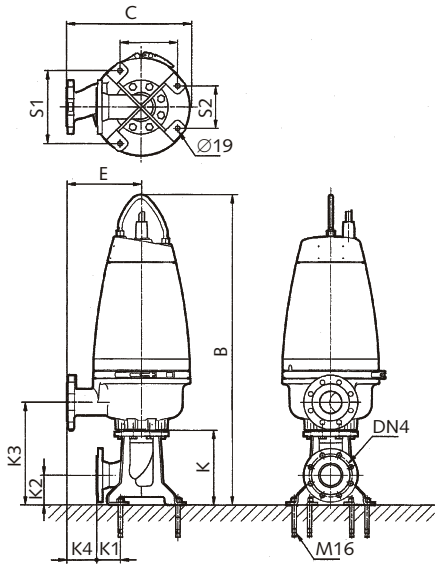


Figure 3.59 – Pompe en fosse sèche

CIRCULATEURS

On rencontrera principalement 2 types de circulateurs :

- les circulateurs de chauffage,
- les circulateurs d'eau chaude sanitaire.

La technologie des circulateurs (la gestion électrique et hydraulique) a fortement évoluée ces dernières années, afin d'améliorer les performances des appareils, des systèmes sur lesquels ils sont installés et de réduire fortement leurs consommations électrique.

■ Consommation électrique des circulateurs

Comme les appareils électroménagers, les circulateurs de chauffage font l'objet d'un classement en fonction de leur consommation électrique. Ainsi, un circulateur de label A consomme jusqu'à 80 % d'énergie en moins qu'un circulateur de label D (un circulateur domestique de label D consomme jusqu'à 550 kWh par an (sur la base d'une saison de chauffage de 285 jours) alors qu'un circulateur domestique de label A ne consommera que 115 kWh par an).

Le remplacement d'un circulateur permet de réaliser plus d'économies d'électricité que le remplacement d'un réfrigérateur. Le retour sur investissement est rapide, entre deux et quatre ans (source Grundfos).

L'apparition du label énergie en 2005 a permis de classer les circulateurs en fonction de leurs performances énergétiques (selon l'Association européenne des fabricants de pompes Europump, les circulateurs utilisent jusqu'à 15 % de l'électricité consommée dans un foyer européen moyen).

Cette classification ainsi que la réglementation thermique 2005 et la prise de conscience des utilisateurs sur la nécessité de réduire les consommations d'énergie ont, ces dernières années, profondément fait évoluer la conception d'une installation de chauffage. Des circulateurs à vitesse fixe (circulateurs classiques), on est passé aux circulateurs à pression proportionnelle, aux circulateurs à pression constante, puis au fonctionnement auto-adaptatif du circulateur.

□ Caractéristiques des circulateurs

Les circulateurs sont principalement caractérisés par :

- le type d'usage (eau chaude sanitaire, solaire, chauffage, climatisation...) ;
- la température du liquide (exemple : circulateurs UPS 25-50 : +2 °C à + 110 °C) ;

- la pression maximale de service ;
- la performance énergétique (label énergie A à G) ;
- la classe d'isolation (isolation électrique) ;
- l'indice de protection (protection contre les pénétrations de corps étrangers ou les projections d'eau dans les parties électriques) ;
- la présence d'une protection thermique (lorsque la protection thermique est intégrée au moteur, la protection externe n'est pas nécessaire) ;
- la puissance électrique et la densité nominale ;
- les caractéristiques hydrauliques (hauteur manométrique et débit) ;
- la présence de capteurs (capteurs de pression, capteurs de température...) qui permettent l'adaptation du fonctionnement du circulateur ;
- le type de raccordement (filetages, bride...) et l'entraxe entre les deux raccords.

La référence du circulateur permet souvent de connaître les caractéristiques principales (figure 3.60).

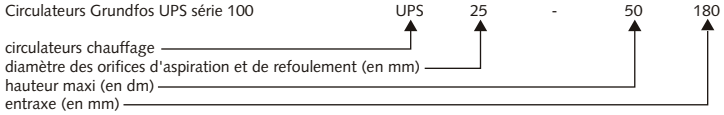


Figure 3.60 – Exemple de référence de circulateur

■ Circulateurs de chauffage

Le circulateur de chauffage permet de faire circuler l'eau dans un circuit fermé, de la production (chaudière, pompe à chaleur...) vers les émetteurs (radiateurs, ventilo-convecteurs, planchers chauffants...) par l'intermédiaire d'un réseau de distribution.

Pour plus d'informations sur les installations, se reporter au chapitre 18 sur les installations de chauffage.

□ Circulateurs simples

Les circulateurs simples représentent la grande majorité des circulateurs domestiques et collectifs encore en fonctionnement aujourd'hui ; ils ont 1, 2 ou 3 vitesses. Ce sont principalement des circulateurs à rotor noyé (refroidi par l'eau du circuit), le corps du circulateur est souvent en fonte et la roue est traitée anticorrosion.

Le circulateur doit toujours être installé avec l'arbre moteur en position horizontale ou selon les indications du constructeur.

Pour éviter le bruit de cavitation et l'usure des paliers, il faudra respecter les pressions minimales à l'aspiration du circulateur (tableau 3.7).

Tableau 3.7 – Pressions minimales à l'aspiration d'un circulateur

Température du liquide	85 °C	90 °C	110 °C
Pression d'entrée	0,5 mCE	2,8 mCE	11,0 mCE
	0,049 bar	0,27 bar	1,08 bar

Les courbes caractéristiques donnent le débit en fonction de la hauteur manométrique pour chacune des vitesses (figure 3.61).

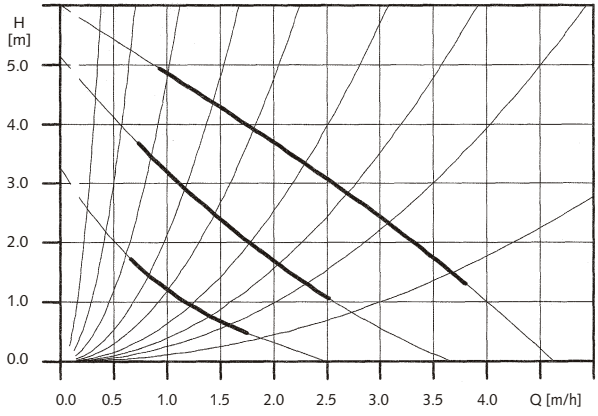


Figure 3.61 – Caractéristiques des circulateurs GRUNDFOS UPS série 100

Les caractéristiques électriques sont données dans le tableau 3.8.

Tableau 3.8 – Caractéristiques électriques du circulateur GRUNDFOS UPS 25-50

Vitesse	Puissance P (W)	Intensité In (A)
3	50	0,23
2	45	0,20
1	35	0,16

Sur ce type de circulateur, lorsque les caractéristiques de l'installation varient (fermeture de vannes thermostatiques...), le point de fonctionnement se décale (la hauteur manométrique et le débit changent).

Le choix de la vitesse se fera lors de la mise en service de l'installation afin de trouver le point de fonctionnement le plus adapté aux besoins de l'installation.

Circulateurs à pression proportionnelle ou à pression constante

On trouve aujourd'hui des circulateurs capables de s'adapter aux variations de débit dans l'installation. Lors de la fermeture des robinets manuels ou thermostatiques, le circulateur adapte sa vitesse ce qui réduit son bruit de fonctionnement et sa consommation électrique.

Le principe de la pression proportionnelle est d'adapter la hauteur manométrique de la pompe aux débits dans l'installation. Lorsque la demande augmente (ouverture de robinets de commande d'appareils), le débit total dans l'installation va augmenter, ce qui augmente les pertes de charge. Pour compenser cela, la hauteur manométrique de la pompe augmente proportionnellement (figure 3.62).

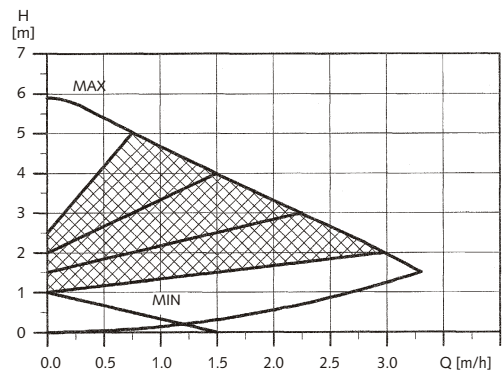


Figure 3.62 – Courbe de pression proportionnelle d'une pompe UPE GRUNDFOS

Lorsque l'installation présente un circuit ayant une perte de charge importante (radiateurs très éloignés de la chaudière, planchers chauffants...), il est nécessaire de fournir une pression de refoulement constante quel que soit le débit dans l'installation (afin de garantir la circulation d'eau dans le circuit le plus éloigné, ou celui présentant la plus forte perte de charge).

On choisira dans ce cas une pompe à fonctionnement à débit constant dont la courbe caractéristique est celle de la figure 3.63.

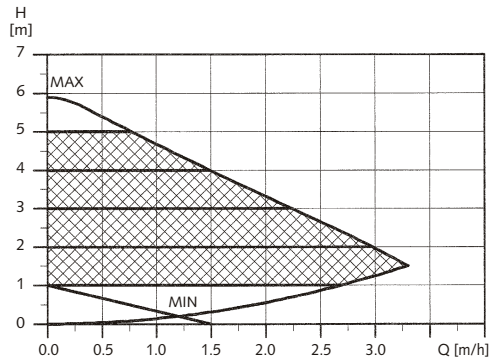


Figure 3.63 – Courbe de pression constante d'une pompe UPE GRUNDFOS

Circulateurs autorégulés ou auto-adaptatifs

La généralisation de l'électronique permet une gestion complète d'une installation.

En plus du contrôle de la Hmt et du débit (adaptation du point de fonctionnement à l'évolution du réseau), on peut réaliser un contrôle de température. Sur les réseaux où la température est fixe, il est possible de contrôler la température de retour de l'installation.

Si la température n'est pas conforme à la valeur de consigne, le fonctionnement de la pompe va évoluer pour corriger le défaut :

- Si la température retour est trop faible, cela signifie que l'eau circule trop lentement dans l'installation, la pompe augmente son débit.
- Si la température de retour est trop importante, cela signifie que l'eau circule trop vite dans l'installation, la pompe va diminuer son débit.

■ Circulateur d'eau chaude sanitaire (ECS)

Dans une installation sanitaire individuelle (lorsque la longueur de tuyauterie est supérieure à 8 m), et dans les installations collectives, les longueurs de tuyauteries importantes imposent la pose d'un circulateur sanitaire pour :

- réduire le temps d'attente lors d'un puisage (pour éviter d'avoir à vider la tuyauterie commune avant d'obtenir de l'eau chaude) ;
- maintenir en température la colonne d'eau et limiter les risques de légionnelle (température > 50 °C en tout point de l'installation).

Ces circulateurs sont conçus et installés spécialement pour cet usage, ils fonctionneront en continu, en régulation horaire ou en régulation thermostatique.

Le choix d'un circulateur d'ECS s'effectuera en fonction du point de fonctionnement choisi. Il devra permettre une vitesse de circulation d'eau dans l'installation de 0,2 m/s ; la température de l'eau devra toujours être supérieure à 50 °C en tout point du circuit.

Le CSTB propose des fiches d'aide au dimensionnement des bouclages d'eau chaude sanitaire.

La gestion du fonctionnement du circulateur pourra être effectuée en fonction de :

- la température : régulation thermostatique (le circulateur se met en route lorsque la température devient inférieure à la consigne) ;
- les horaires : régulation par programmateur (on peut par souci d'économie ne pas faire circuler l'eau dans la boucle la nuit).

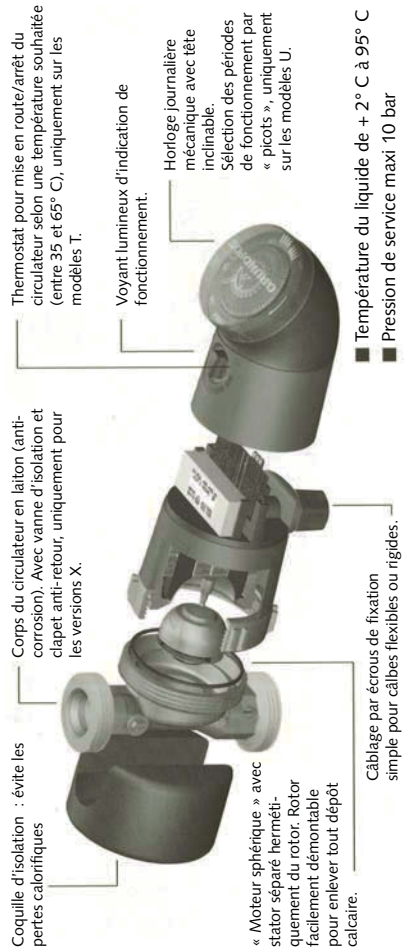


Figure 3.64 – Circulateur d'eau chaude sanitaire Comfort GRUNDFOS

Accessoires

Manomètres : type, position

Les manomètres sont gradués soit en mètres de colonne d'eau (mCE), soit en bar (10,2 m de hauteur d'eau correspond à une pression de 1 bar). On distingue (figure 3.65) :

- Les manomètres : ils indiquent une mesure de pression positive.
- Les vacuomètres : ils indiquent une mesure de pression négative (mesure du vide).
- Les manovacuomètres : ils peuvent indiquer à la fois une pression négative ou positive. Ils se montent sur les emplacements prévus à cet effet par le constructeur de la pompe, à défaut aux plus près de la pompe mais en aucun cas sur la volute elle-même. Ils ne doivent pas rester en permanence sous pression, pour cela on utilise un robinet à trois voies permettant la purge d'eau lors de la fermeture.

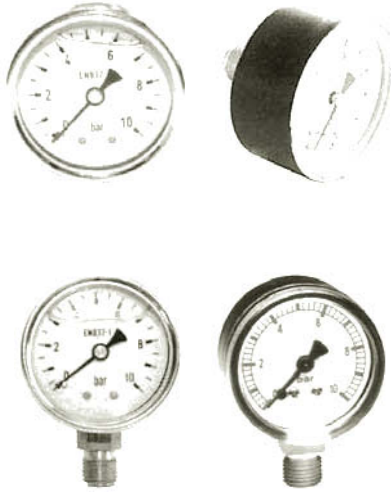


Figure 3.65 – Manomètres (document Thermador)



Figure 3.65 – Manomètres *(suite)* (document Thermador)

Pour les pompes de puisage, on installera un vacuomètre à l'aspiration et un manomètre au refoulement. La différence entre les deux valeurs permettra de calculer la hauteur manométrique (figure 3.66).

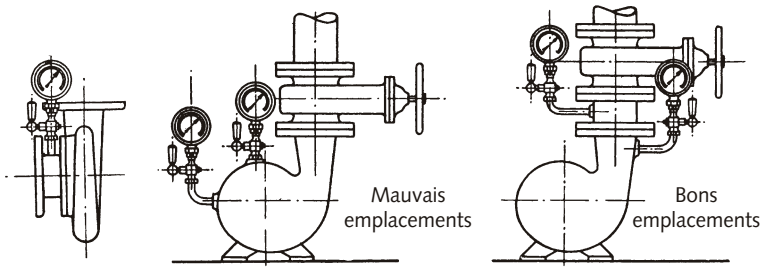


Figure 3.66 – Montages de manomètres



Exemple

Si l'on mesure – 0,5 bar à l'aspiration et + 1,2 bar au refoulement, la hauteur manométrique Hmt sera de : 1,2 – (–0,5) = 1,7 bar. Cette hauteur manométrique permettra de trouver sur la courbe de pompe le débit théorique de fonctionnement de la pompe.

Pour les circulateurs où la pression à l'aspiration doit être positive, on utilisera un kit de mesure de pression composé d'une tubulure, de deux vannes d'isolement, et d'un seul manomètre pour effectuer successivement la mesure de pression à l'aspiration puis au refoulement afin de calculer la hauteur manométrique (figure 3.67) ; l'utilisation d'un seul manomètre permet de réduire les erreurs de mesure dues à la précision de l'appareil.

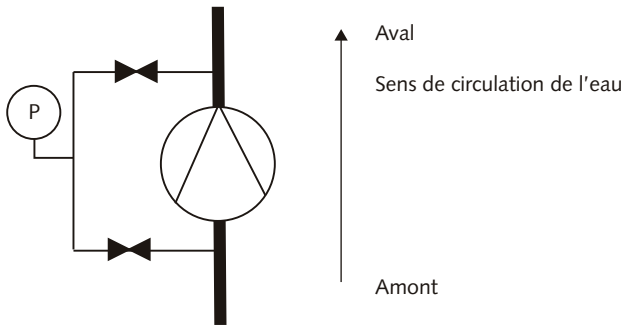


Figure 3.67 – Schéma de principe d'une prise de pression sur un circulateur

Pour effectuer les mesures de pressions en amont et en aval du circulateur on procédera de la manière suivante :

- ouverture de la vanne de la prise de pression située en amont du circulateur et lecture de la pression : par exemple : P amont = 0,4 bar ;
- fermeture de la vanne de la prise de pression située en amont et ouverture de la vanne de la prise de pression située en aval du circulateur, lecture de la pression : par exemple P aval = 1,6 bar ;
- fermeture de la vanne de la prise de pression située en aval du circulateur et ouverture du robinet de vidange du manomètre pour ne pas le laisser sous pression ;

- calcul de la hauteur manométrique fournie par le circulateur :

$$Hmt = P\ aval - P\ amont = 1,6 - 0,4 = 1,2\ bar$$

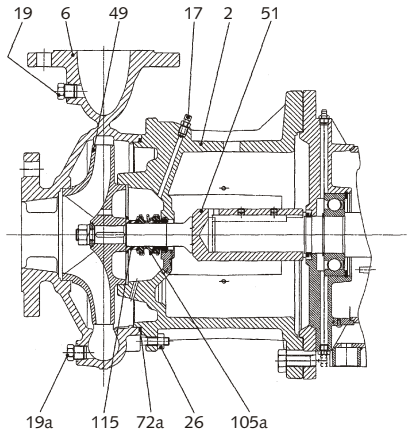
Cette hauteur manométrique permettra, à partir de la courbe de pompe, de lire graphiquement le débit de la pompe (voir courbe de pompe, figure 3.27).

ÉTANCHÉITÉ ET PRESSE-ÉTOUPE

Les joints utilisés pour l'étanchéité des parties fixes sont souvent en EPDM, en nitrile, en PTFE…, il faudra prendre soin de bien les positionner lors du remontage.

Le point le plus délicat pour l'étanchéité de la pompe est l'étanchéité autour de l'arbre qui est en mouvement.

La première technique utilisée a été le presse-étoupe. Pour réaliser l'étanchéité entre la partie fixe du moteur et l'arbre en mouvement, on bourrait d'étoupe de chanvre l'espace situé entre l'arbre et le corps de pompe, une bague métallique venait comprimer et garder en place cette étoupe. Une légère fuite subsistait et permettait la lubrification et le refroidissement du contact de la tresse avec l'arbre en mouvement. Il fallait évacuer cette eau à l'égout.



2	Lanterne moteur
6	Corps de pompe
6f	Plaque
17	Vis de purge
19	Bouchon
19a	Bouchon
26	Ecrou
27	Ecrou
49	Roue
51	Arbre pompe
72a	Joint torique
105a	Garniture mécanique
115	Entretoise pour garniture mécanique

Figure 3.68 – Circulateur NB GRUNDFOS

Aujourd'hui le presse-étoupe est remplacé par une **garniture mécanique** qui comprend une bague fixe (grain fixe ou siège) en contact avec une bague rotative (grain mobile) ; l'ensemble est lubrifié et refroidi par le liquide pompé.

Les matériaux utilisés pour réaliser ces garnitures dépendront des liquides pompés. Il faudra dans tous les cas respecter les consignes du constructeur (nature du liquide pompé, fonctionnement à sec...) sous peine d'endommager les garnitures et de provoquer une fuite.

Selon le type de pompe, on trouvera aussi des joints toriques, des joints à soufflet, des joints à lèvre...

Clapets antiretour

Les clapets antiretour se montent sur plusieurs types d'installations :

- installation de relevage des eaux usées,
- installation de pompe en cascade,
- installation de puisage…

Ils seront positionnés à différents endroits selon le type d'installation :

- dans la crépine d'aspiration pour éviter le désamorçage de la conduite d'aspiration ;
- au refoulement de la pompe pour éviter le retour d'eau dans la pompe lorsqu'elle s'arrête (les pompes rotatives ne sont pas étanches) et maintenir la pression dans l'installation ;
- au refoulement de chacune des pompes montées en cascade pour éviter la circulation d'eau dans les pompes à l'arrêt.

Les défauts constatés sur les clapets sont :

- Le blocage du clapet en position ouverte (plus rarement fermée). Le blocage est dû le plus souvent à l'apparition de dépôts sur le mécanisme permettant le mouvement du clapet. On contrôlera la position de la crépine d'aspiration (pour ne pas aspirer les dépôts qui se trouvent au fond du puisard) dans le cas d'une pompe de puisage ; ou l'on contrôlera la qualité d'eau (présence de calcaire) dans le cas d'une pompe de surpression.
- La fuite du clapet qui provoque lentement une baisse de pression dans l'installation ou le désamorçage de la tuyauterie d'aspiration. Il faudra nettoyer le clapet ou le remplacer.

Se reporter au paragraphe sur les coups de bélier au chapitre 21, Les désordres dans les installations de plomberie.

CRÉPINES

La crépine doit se trouver au moins 30 cm au-dessous du niveau des basses eaux et au moins 50 cm au-dessus du fond du puits pour éviter d'aspirer les dépôts situés au fond du puits (figure 3.69).

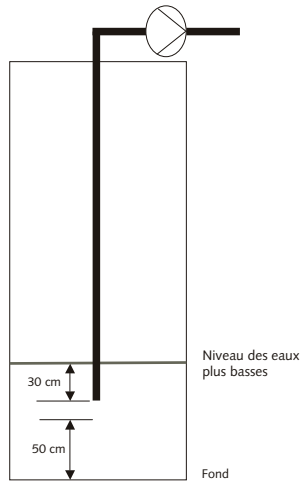


Figure 3.69 – Position d'un crépine

FLOTTEURS ET CONTACTEURS DE NIVEAU

Les flotteurs ou contacteurs de niveau sont utilisés pour gérer le fonctionnement des pompes dans toutes les installations dans lesquelles il faut vider ou remplir un réservoir.

On trouve différents modèles de flotteurs.

■ Flotteur contacteur à boule

- Une boule métallique mobile change de position et vient créer un contact entre deux conducteurs électriques.
- On a généralement des flotteurs à trois fils qui permettent d'avoir un contact en position haute et un contact en position basse. Ils peuvent être utilisés en contrôle de niveau pour remplir ou vider un réservoir. (Figure 3.70).

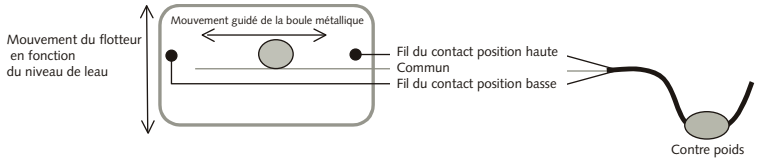




Figure 3.70 – Flotteur contacteur à boule

■ Le contacteur de niveau

Il existe différents modèles, une partie mobile contenant un aimant va changer de position en fonction du niveau d'eau. Lorsque l'aimant est positionné en face du contact, il va provoquer sa fermeture (contact à fermeture – normalement ouvert : NO) ou son ouverture (contact à ouverture – normalement fermé : NF ou NC) en fonction du modèle choisi.

Ils ont généralement deux fils, le sens de pose déterminera le mouvement possible (Figure 3.71).

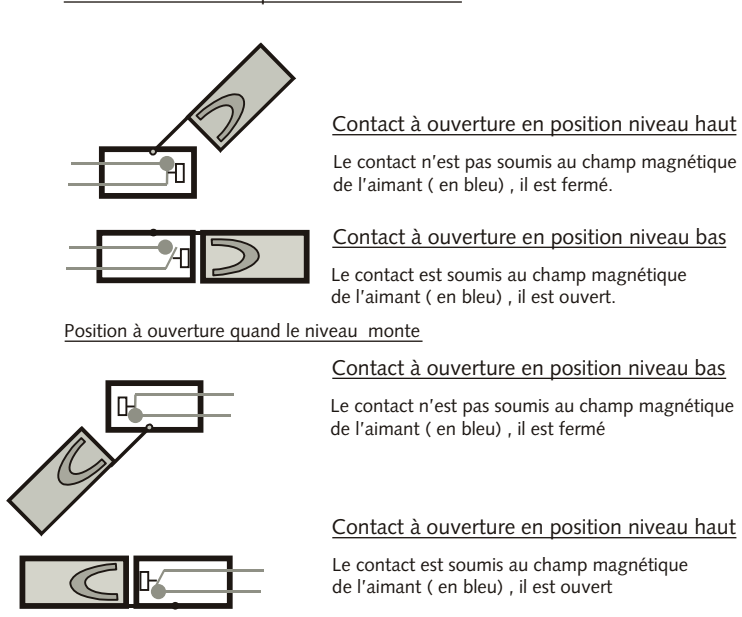


Figure 3.71 – Mouvements du contacteur

Le même principe s'applique aux contacts à fermeture, le sens de pose sera déterminé par la fonction attribuée au flotteur (commande de la pompe, flotteur de sécurité, flotteur d'alarme…).

Les flotteurs supportent un courant d'intensité faible ; ils peuvent être utilisés en commande directe lorsque l'intensité de la pompe est faible (inférieure à 10 A), mais sont de préférence utilisés dans les circuits de commande (très basse tension 24 V) pour limiter les risques électriques.

Lorsqu'ils sont utilisés en commande directe, il arrive que la boule métallique se soude au contact lorsqu'il y a formation d'un arc électrique à l'intérieur du flotteur (à l'ouverture d'un contact). Les contacts du flotteur restent figés, il faut remplacer le flotteur.



Figure 3.72 – Contacteurs de niveau

D'une manière générale sur les installations importantes, on assure le fonctionnement de l'installation à l'aide de plusieurs flotteurs pour limiter les risques de défaillance.

Pour plus de détails, un exemple de schéma est donné au chapitre 17 sur les installations électriques.

Il existe des électrodes raccordées à des cartes électroniques qui pourront assurer la même fonction que les flotteurs. Lorsque le niveau d'eau monte et entre en contact avec une électrode, le courant peut passer entre les deux électrodes. La carte électronique détecte la présence d'eau et adapte le fonctionnement de l'installation en fonction des consignes données.

Protections électriques

En fonctionnement normal, un moteur s'échauffe, il est refroidi par l'eau du circuit (rotor noyé) ou par l'air environnant (moteur ventilé). Lorsque le moteur force ou se bloque, l'intensité du courant circulant dans le moteur augmente, il chauffe davantage et n'est plus refroidi correctement, sa température augmente. Pour éviter la détérioration des isolants du moteur et la mise en court-circuit du bobinage, on équipe les moteurs d'une protection thermique. On parlera indifféremment de surchauffe (élévation de la température), de surcharge (augmentation du travail du moteur), de surintensité (augmentation de l'intensité circulant dans le moteur), les trois phénomènes étant liés.

La protection électrique des moteurs (surchauffe, surcharge, surintensité) peut être réalisée de trois manières :

- **Protection interne au moteur :** une sonde sensible à la température placée dans le moteur le met à l'arrêt lorsqu'il chauffe trop, il redémarre

automatiquement ou manuellement lorsqu'il refroidi. C'est le cas pour de nombreux circulateurs de chauffage et pompes de faible puissance. On parle de protection ipsotherme, on trouve aussi des Klixon intégrés dans le câblage électrique du moteur.

- **Protection par disjoncteur moteur:** le contact est soumis au champ magnétique de l'aimant, il s'ouvre lors d'une surintensité. Le disjoncteur moteur le protège des surchauffes (surintensité), l'intensité de déclenchement est réglable. Lorsqu'il y a surcharge électrique, le disjoncteur déclenche, il faut le réarmer manuellement. On utilise ce type de disjoncteur pour les installations simples (un moteur isolé).
- **Protection par protection thermique:** une protection thermique spécifique à chaque moteur est positionnée sur son alimentation électrique à la sortie du contacteur. Elle est réglable. En cas de surchauffe, un contact s'ouvre et interrompt l'alimentation du contacteur, ce qui provoque l'arrêt de la pompe. Le réarmement se fait manuellement.

MANCHETTES ANTIVIBRATILES

Lorsque la vibration de la pompe est importante, on prendra les précautions suivantes:

- installer des manchettes antivibratiles sur les tuyauteries de raccordement pour éviter que la vibration ne se transmette dans les bâtiments par celle-ci;
- installer la pompe sur des plots en caoutchouc pour éviter que le bruit ne se transmette par la maçonnerie.

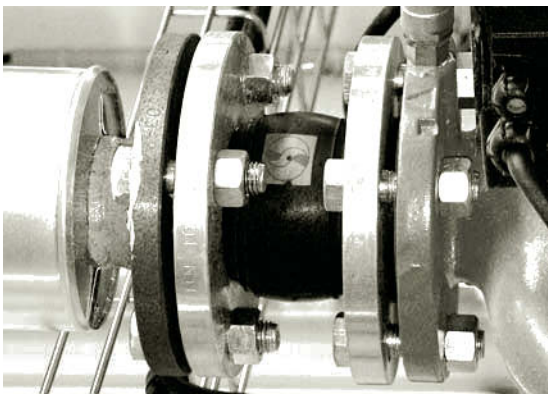


Figure 3.73 – Manchettes antivibratiles

Anticoup de bélier

Lorsqu'il y a un clapet antiretour installé sur la pompe, la fermeture brutale du clapet peut provoquer un coup de bélier. Pour éviter ce coup de bélier, on prendra les mêmes dispositions que pour les installations d'eau sanitaire (se reporter au chapitre 21 sur les désordres de la plomberie).

Vannes d'isolement

Placées sur la tuyauterie de refoulement, elles permettent le démontage et la maintenance de la pompe sans avoir à vidanger l'ensemble de l'installation. Il faut dans tous les cas interdire la fermeture d'une vanne pendant le fonctionnement de la pompe, par exemple, en démontant son volant.

Dans la pratique

Choix d'une pompe

Le choix d'une pompe s'effectue toujours de la même manière :

- Déterminer le débit (qv) nécessaire dans l'installation (en fonction de la puissance de chauffage, des besoins en en eau...).
- Déterminer les pertes de charge totales (pdC) qui correspondent aux débits choisis (à cette étape il faut aussi déterminer le diamètre de la tuyauterie et la vitesse d'écoulement, ainsi que les accessoires – vannes, clapets, coudes...).
- Déterminer les paramètres qui caractérisent installation pour définir le type de pompe :
  - type d'usage (relevage, assainissement…),
  - nature du fluide (eaux pluviales, eaux agressives…),
  - position de la pompe (immergée, sur socle…),
  - bruit (atténuation acoustique du local, proximité d'une chambre à coucher…),
  - maintenance (installation collective, réglementation…),
  - installation électrique (monophasé, triphasé…).
- Sélectionner la courbe de pompe qui correspond au point de fonctionnement (qv – pdC) de l'installation.
- Effectuer les essais pour contrôler le fonctionnement.

AMORÇAGE – PURGE D'AIR

Lorsque la pompe n'est pas auto-amorçante, il faudra veiller à respecter quelques règles simples :

- prévoir un orifice de remplissage comportant un entonnoir et une vanne isolement si l'amorçage doit être répété plusieurs fois dans l'année (mise hors d'eau de la pompe à cause des risques de gel), lorsque la pompe est utilisée le week-end par exemple ;
- respecter une pente sur la tuyauterie montante d'aspiration de 2 à 3 cm par mètre, sans contre-pente pour éviter le désamorçage de la tuyauterie (figure 3.74).

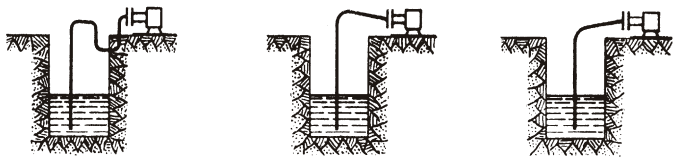


Figure 3.74 – Aspirations

Dans tous les cas, il faudra respecter les préconisations du constructeur.

REFROIDISSEMENT

Si la pompe est utilisée dans les cas prévus par le constructeur, il n'y aura pas de problème particulier de refroidissement.

Les problèmes de refroidissement apparaissent lorsque les dépôts de calcaire sont importants et empêchent la libre circulation de l'eau autour de la pompe, ce qui réduit son refroidissement notamment dans le cas d'une pompe immergée.

LUBRIFICATION – JOINTS – USURE – GOMMAGE

Il faudra dans tous les cas, lors du choix d'une pompe, vérifier que le liquide pompé correspond bien aux caractéristiques prévues par le constructeur, sinon la lubrification ne se fera pas dans de bonnes conditions.

L'entartrage ou incrustation de dépôts va provoquer une usure des bagues d'étanchéité de la pompe et des fuites sur la garniture mécanique.

Pour les circulateurs qui ne fonctionnent pas pendant quelques mois, les paliers du circulateur vont rester collés par les dépôts qui vont l'empêcher

de démarrer, c'est le gommage. Il faut dans ce cas ouvrir le bouchon situé dans l'axe du circulateur (attention : de l'eau chaude risque de s'écouler), et débloquer l'axe du circulateur avec un tournevis plat positionné dans la fente prévue sur l'arbre du circulateur (attention à la rotation lors du démarrage du moteur).

Étanchéité

Les problèmes d'étanchéité sont principalement dus à l'usure des joints lors de conditions de fonctionnement anormales de la pompe.

Sens et vitesse de rotation – contrôle

La vitesse de rotation s'exprime en tour par minute (t/min), ce qui correspond en fait, à une fréquence (en min^{-1}). Si un arbre moteur tourne à 500 t/min, cela signifie que un point quelconque de cet arbre passe 500 fois par minute au même endroit.

On pourra donc trouver indifféremment les deux écritures :

$$500 \text{ t/min} = 500 \text{ min}^{-1}$$

Pour les pompes triphasées, si on inverse les trois phases lors du branchement, la pompe tournera à l'envers. Ces performances hydrauliques seront différentes des performances données par le constructeur, mais la pompe fournira tout de même un débit et une hauteur manométrique (les valeurs seront plus faibles que celles du constructeur). Pour rétablir le bon sens de rotation, il suffit d'inverser deux fils de phase.

Surdimensionnement et sous-dimensionnement

Lorsque le point de fonctionnement se situe entre deux courbes de pompe, ou entre deux vitesses, on a le choix de surdimensionner ou de sous-dimensionner la pompe.

Un surdimensionnement va entraîner un débit plus important (bruits de circulation), une hauteur manométrique plus importante (qui peut perturber le fonctionnement des organes de régulation), une vitesse de passage dans les émetteurs plus importante (ce qui va réduire le $\Delta\theta$ et faire baisser le rendement global de l'installation), une surconsommation électrique du moteur de la pompe.

Un sous-dimensionnement de la pompe entraînera une légère baisse du débit et de la hauteur manométrique, ce qui se sera dans la plupart des

cas sans conséquences sur le fonctionnement de l'installation : le débit et la hauteur manométrique ont été le plus souvent surévalués.

Il faudra toutefois vérifier lors de la mise en service de l'installation que la hauteur manométrique est suffisante en contrôlant le bon fonctionnement de l'émetteur le plus défavorisé.

TEMPÉRATURE DE FONCTIONNEMENT – CONDENSATION – ISOLATION

Toutes les pompes ne sont pas prévues pour le même usage. Les moteurs sont conçus pour résister à différentes températures et environnements.

D'une manière générale, sur les installations de chauffage, on isolera les tuyauteries de distribution d'eau mais pas le corps de pompe qui doit refroidir.

Les pompes d'eau glacée ont des coffrets électriques prévus pour éviter les risques de condensation à l'intérieur du boîtier. Ils doivent être positionnés au-dessus de la pompe.

NOMBRE DE MISE EN MARCHE PAR HEURE – PAR AN

Lors du démarrage d'un moteur, il se produit une surintensité lors de la mise en mouvement du moteur. Cette surintensité provoque un échauffement important du moteur. Le nombre de démarrages par heure est déterminé par le constructeur en fonction des capacités du moteur à se refroidir. Il faudra dans tous les cas respecter les préconisations du constructeur et dimensionner l'installation pour éviter un nombre de démarrages trop importants.

Lorsqu'une pompe et plus particulièrement un circulateur restent à l'arrêt pendant une période prolongée (période de non-chauffage en été), il est fréquent que la pompe se bloque par « gommage ». Les joints se collent sur l'axe du moteur et empêchent son démarrage.

Pour éviter cela, de nombreux constructeurs de chaudières murales prévoient le démarrage et le fonctionnement de la pompe pendant quelques minutes pendant les périodes de non-utilisation pour éviter le gommage de la pompe.

BRUITS

Les sources de bruits sur une pompe sont multiples : pièces mécaniques en mouvement, turbulence de l'eau, frottements, cavitation… Il conviendra de choisir la pompe et de concevoir l'installation de manière à réduire les causes de bruits.

Quelques règles simples pour réduire les bruits :

- choisir une pompe de qualité ;
- effectuer un contrôle et un entretien régulier des pièces d'usure (roulements, roue à aube…) ;
- fixer la pompe sur des supports antivibratiles ;
- réduire la transmission du bruit par les tuyauteries en utilisant les manchons de dilatation sur les deux raccordements de la pompe ;
- respecter la règle des 5 D (longueur de tuyauterie droite supérieure à cinq fois le diamètre extérieur de la tuyauterie entre la pompe et un coude et entre deux accessoires) pour limiter les turbulences (figure 3.75).

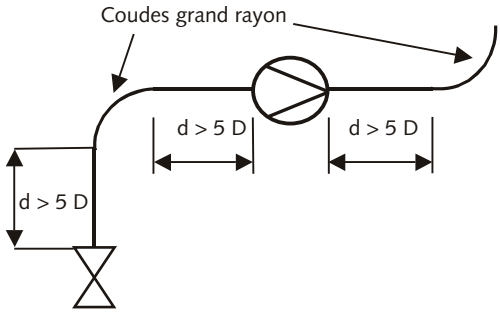


Figure 3.75 – Règle des 5 D

Contrôles à effectuer

Les contrôles dépendent essentiellement du type de moteur et du type d'installation, il faudra se reporter aux différents paragraphes (pompe de relevage, surpresseurs…) et aux recommandations des constructeurs.

Dysfonctionnements – dépannage

Lorsque l'on constate la baisse des performances hydrauliques d'une pompe, il est nécessaire de contrôler l'usure de la volute et éventuellement de la remplacer.

On pourra de manière préventive envisager le remplacement des joints d'usure pendant les périodes de non-utilisation.

THERMOGRAPHIE DES MOTEURS

La thermographie permet de détecter des zones anormalement chaudes sur les moteurs. Son utilisation est essentiellement préventive : on compare d'une année sur l'autre ou d'une visite à l'autre les images prises pour analyser le disfonctionnement du moteur et l'apparition de zones chaudes qui sont les signes d'un dysfonctionnement à venir (figure 3.76).

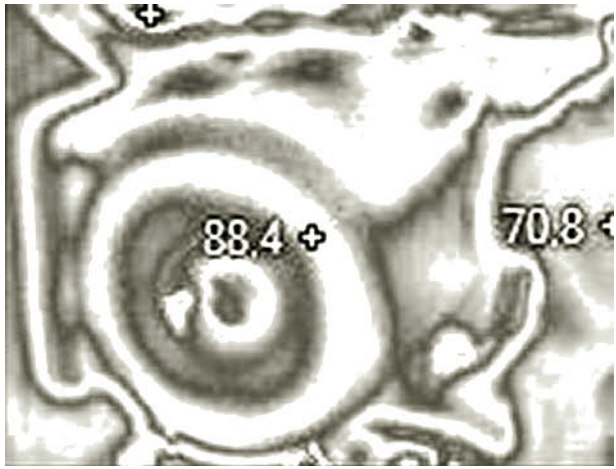


Figure 3.76 – Photographie infrarouge d'un circulateur

TENSION – INTENSITÉ – SECTION DES CÂBLES

Les câbles électriques sont choisis de manière à ce que la perte de voltage ne dépasse pas 5 %. On trouvera des guides de choix dans les catalogues des fabricants.

Le contrôle de l'intensité d'un moteur permet de détecter des anomalies de fonctionnement. Lorsqu'un moteur force, l'intensité absorbée augmente de manière importante, il suffit de mesurer l'intensité sur la phase du moteur et de la comparer à l'intensité marquée sur sa plaque signalétique pour détecter un éventuel dysfonctionnement sur la pompe.

Puissance électrique

La puissance d'un moteur s'exprime en kilowatt mais on trouve encore des plaques signalétiques ou la puissance est indiquée en cheval-vapeur :

1 CV = 736 W

1 kW = 1,36 CV

Il est difficile d'effectuer un contrôle de fonctionnement à partir de la puissance électrique et du rendement sur les petits moteurs.

Mesure des Hmt – évaluation des débits

Lorsque la pompe n'est pas trop « ancienne », on peut utiliser la courbe de pompe pour évaluer le débit à partir de la hauteur manométrique relevée au manomètre.

Si la pompe n'est pas trop usée, ses caractéristiques hydrauliques seront celles indiquées par le constructeur. À partir de la lecture de la hauteur manométrique (différence de pression entre la pression au refoulement et la pression à l'aspiration), on pourra graphiquement trouver la valeur du débit.

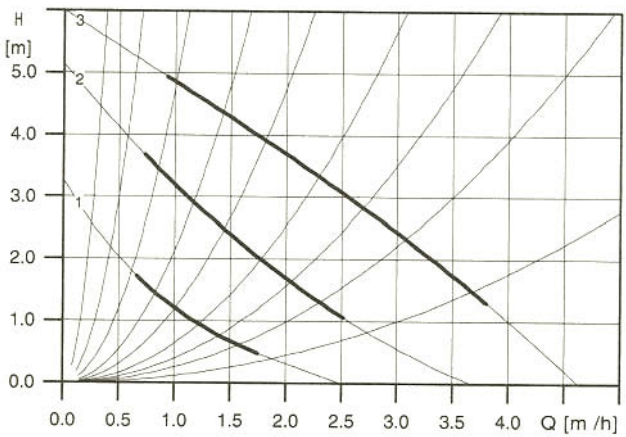


Figure 3.77 – Courbe de pompe UPS 25-60 GRUNDFOS



Exemple

Si, sur une pompe UPS 25-60 réglée sur la vitesse 3, la hauteur manométrique mesurée de la pompe est 3 mCE, le débit correspondant sur le graphique est de 2,5 m^3/h (figure 3.76).

MÉTHODES D'ÉVALUATION DES DÉBITS

Une autre méthode pour évaluer les débits d'une installation à température constante, consiste à utiliser des relevés de température. Par exemple, si un radiateur est prévu pour fonctionner à pleine puissance avec un écart de température de 20 °C entre l'entrée et la sortie, la mesure de cet écart de température permet de savoir si le débit qui circule à l'intérieur du radiateur est trop faible ou trop important. Si le débit est trop faible, l'écart de température sera plus important ; si le débit est trop important, l'écart de température sera plus faible.

On pourra de manière simple évaluer si le débit fourni par la pompe est trop faible ou trop important. Cette méthode reste applicable à des installations simples qui ne nécessitent pas un équilibrage important. Dans les autres cas, on utilisera une méthode d'équilibrage approprié.

Il existe des appareils qui permettent de mesurer des débits sans démontage des tuyauteries (mesure par ultrasons…).

GESTION DES INSTALLATIONS

■ Gestion de niveau : flotteurs – contacteurs

La gestion de niveau peut être effectuée de différentes manières. On aura en général un flotteur de commande qui provoquera la mise en marche ou l'arrêt de la pompe, un flotteur de sécurité qui interdira le fonctionnement de la pompe s'il n'y a pas suffisamment d'eau (pour interdire le fonctionnement à sec de la pompe), un flotteur d'alarme qui préviendra en cas de dysfonctionnement du système (débordement de la cuve). Lorsque de pompes sont installées, le tableau électrique ou le programmateur permettra le fonctionnement alterné des deux pompes et la mise en marche forcée de la deuxième pompe en cas de défaillance.

■ Gestion de pression : contacteur pressostatique

La gestion de niveau dans un réservoir d'eau propre peut être effectuée par des contacteurs pressostatiques (sur le même principe que le remplis-

sage des machines à laver). Un tube est relié à la cuve, lorsque le niveau d'eau monte, l'air contenu dans le tube est comprimé, la pression agit sur une membrane qui se déplace et vient fermer ou ouvrir un contact :

- **Sécurité manque d'eau :** la sécurité manque d'eau est un dispositif qui, lorsque le niveau d'eau est trop bas, interdit le fonctionnement de la pompe pour éviter son fonctionnement à sec, ce qui endommagerait ses joints d'étanchéité et provoquerait son échauffement anormal.
- **Sécurité de débordement :** la sécurité de débordement est un dispositif qui, lors du remplissage d'un réservoir, met à l'arrêt la pompe qui assure ce remplissage lorsque le niveau dépasse la valeur prévue (en cas de défaillance du flotteur de commande). Une alarme est actionnée pour signaler le défaut.

Sur les systèmes de vidange de réservoirs, lorsque celui-ci menace de déborder, le flotteur d'alarme va permettre la mise en marche d'une deuxième pompe (pompe de secours) et le signalement du défaut.

■ Télégestion et communication

L'évolution des appareillages électriques et notamment informatiques permet aujourd'hui la gestion des installations à distance. Si l'automate de contrôle est raccordé à une ligne téléphonique, éventuellement à un téléphone portable, le technicien de maintenance peut être averti directement sur son téléphone du défaut présent sur l'installation. Certains systèmes permettent même la prise en main de l'installation à distance à l'aide d'un ordinateur.

Des relevés peuvent être réalisés à distance (pression, débit, tension…) afin d'étudier le fonctionnement d'une installation, éventuellement de forcer son démarrage.

Dans tous les cas, la connaissance du défaut permettra aux techniciens de prévoir les pièces nécessaires à la réparation et parfois même d'être informés de la panne avant que le client ne constate un dysfonctionnement.

4
TRAITEMENT DES EAUX

L'eau, de formule H_2O, est formée d'un volume d'oxygène et de deux volumes d'hydrogène, son nom vient du latin *aqua*.

Le mot eau est fréquemment employé pour désigner des combinaisons dont certaines intéressent la profession. Ce sont principalement : eau naturelle, eau de source, eau de puits, eau de rivière, eau de pluie, eau de mer eau distillée, eau potable, eau non potable, eau bouillante, eau courante, eau vive, eau croupie.

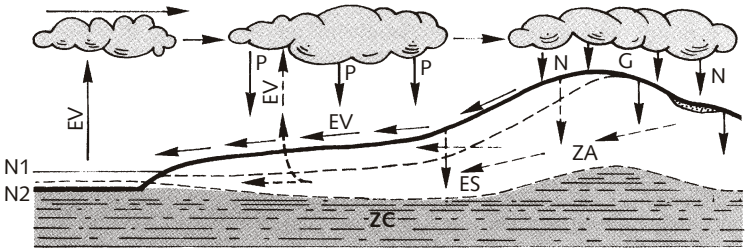
On trouve aussi :

- Eau forcée : eau distribuée sous pression.
- Eaux usées : eaux évacuées d'un bâtiment.
- Eaux ménagères : eaux usées des salles de bains, évier, etc.
- Eaux vannes : eaux usées des toilettes.
- Eau minérale : elle s'est chargée de sels minéraux dans son passage souterrain.
- Eau thermale : elle jaillit chaude du sol.
- Eau gazeuse : elle est chargée de gaz carbonique sous pression naturelle ou artificielle.
- Eau dure et incrustante : elle contient du calcaire en grande quantité qui se dépose dans les canalisations sous l'effet de la chaleur.
- Eau douce : elle contient très peu de calcaire et devient agressive vis-à-vis des matériaux qui constituent les canalisations.
- Eau de Javel : c'est une solution aqueuse d'hypochlorite et de chlorure de sodium qui décolore et désinfecte ; elle est employée pour la stérilisation de l'eau (javellisation).

Le cycle de l'eau

L'évaporation de l'eau contenue dans les mers, les fleuves, les lacs et la végétation crée les nuages qui donnent la pluie. Les nuages se forment lorsque la vapeur d'eau rencontre de l'air plus froid, il y a formation de microgouttelettes en suspension dans l'air. Lorsque les gouttes sont suffisamment grosses, elles tombent sous forme de pluie.

La pluie forme les eaux de ruissellement qui constituent les ruisseaux, les rivières, les fleuves qui se jettent dans la mer. Elle s'infiltre dans la terre, se charge de minéraux, et alimente les nappes souterraines et les sources.



N1 Niveau de la mer à marée haute.
N2 Niveau de la mer à marée basse.
ZA Zone d'altération où circulent les eau souterraines.
ZC Zone où la roche est imprégnée d'eau.
Ev Évaporation. Ec Eau courante de surface.
Es Eau souteraine. P Pluie. N Neige. G Glacier.

Figure 4.1 – Schéma du cycle de l'eau

L'eau est captée pour notre usage directement dans les rivières (40 %) ou dans les nappes phréatiques (60 %). Une fois usagée, elle est rejetée après traitement.

L'eau douce potable ne représente que 0,01 % de la quantité d'eau présente sur Terre.

En France, 75 % des consommateurs déclarent boire l'eau du robinet.

L'eau qui provient d'une distribution publique est déclarée potable par les services d'hygiène concernés. Elle doit être conforme aux prescriptions du Code de la Santé publique et des textes complémentaires qui définissent les qualités d'une eau potable et fixent les concentrations maximales de certains éléments contenus dans l'eau (directive européenne du 03/11/1998 transcrite dans le décret 2001-1220 du 20/12/2001).

Les normes définissent :

- la qualité microbiologique : l'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni élément pathogène ;
- la qualité chimique : les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites

« indésirables » ou « toxiques ». Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de gramme par litre). Ces normes sont établies sur la base d'une consommation journalière normale, pendant toute la vie, ce sont les doses maximales admissibles (DMA). L'eau est naturellement chargée en minéraux nécessaires à notre organisme, l'eau distillée ne peut convenir à l'alimentation car elle ne contient pas les sels minéraux nécessaires au bon équilibre de l'organisme.

- la qualité physique et gustative : l'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable. Cependant, une eau qui ne satisfait pas pleinement à ces critères ne présente pas forcément de risque pour la santé.

Tout procédé de traitement de l'eau du robinet doit faire l'objet d'une autorisation du ministère de la Santé et l'installation collective traitée fera l'objet de contrôles périodiques.

La qualité des eaux est un point important dans une installation d'eau sanitaire comme dans un circuit fermé, il faudra la contrôler. Le choix des matériaux dépendra de cette qualité d'eau (voir http://www.cieau.com).

Quelques rappels

Atomes

Ce sont les corps simples, ils sont classés en fonction de leurs caractéristiques dans un tableau appelé « tableau périodique ».

Ils sont composés de protons, de neutrons et d'électrons. Ce sont les électrons de la couche extérieure qui vont permettre les liaisons avec d'autres atomes.



Exemples

Métaux		Non métaux	
Sodium	Na	Oxygène	O
Potassium	K	Azote	N
Calcium	Ca	Soufre	S
Magnésium	Mg	Carbone	C
Fer	Fe	Chlore	Cl
Cuivre	Cu		

Les métaux associés à des non-métaux forment des sels.
Les métaux associés à l'oxygène O forment des oxydes.

MOLÉCULES

Elles sont formées d'assemblages d'atomes.



Exemples

Oxygène : O_2 carbonate de calcium : $CaCO_3$ soude : NaOH
Hydrogène : H_2 chlorure de sodium : NaCl eau : H_2O

IONS

Lorsqu'un atome gagne ou perd un électron (e^-) sur sa couche externe, sa charge électrique va changer. On aura ainsi des atomes ou des molécules chargés positivement ou négativement.



Exemples

Cations (+)	Anions (–)
$Na \rightarrow Na^+ + e^-$	$Cl + e^- \rightarrow Cl^-$
$H \rightarrow H^+ + e^-$	$O + 2\ e^- \rightarrow O^{2-}$
$K \rightarrow K^+ + e^-$	$OH + e^- \rightarrow OH^-$
$Ca \rightarrow Ca^{++} + e^-$	$SO_4 + e^- \rightarrow SO_4^{2-}$
$Mg \rightarrow Mg^{++} + e^-$	$CO_3 + e^- \rightarrow CO_3^{2-}$
$Fe \rightarrow Fe^{++} + e^-$	
$Fe \rightarrow Fe^{+++} + e^-$	

SELS, ACIDES ET BASES

Les sels sont formés par la liaison d'un anion (–) et d'un cation (+) :

$$Ca^{++} + 2\ Cl^- \rightarrow CaCl_2$$

$$Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$$

Les acides sont formés par la liaison d'un anion avec H^+ :

$$H^+ + Cl^- \rightarrow HCl$$

$$2\ H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow H_2SO_4$$

Les bases sont formées par la liaison d'un cation avec OH^- :

$$Na^+ + OH^- \rightarrow NaOH$$

Cas particulier : l'eau.

$$2\ H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

L'eau pure n'est ni acide, ni basique, elle sert de référence pour déterminer le pH.

CONCENTRATION D'UNE SOLUTION

Les concentrations des solutions ne sont pas toujours exprimées dans les mêmes unités, voici quelques rappels pour pouvoir effectuer des conversions.

Les éléments présents dans l'eau sont composés d'atomes ou de molécules. Chaque atome ou molécule est caractérisé par sa masse molaire (masse d'une mole de l'élément considéré).



Exemple

O représente 16 g d'oxygène (atome). O_2 représente $2 \times 16 = 32$ g d'oxygène (molécule).
$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$ représente $40 + 12 + (3 \times 16) = 100$ g de carbonate de calcium.

On définit :

- La **valence** : nombre de charges électriques mises en jeu : $CaCO_3$ valence = 2.
- L'**équivalent** : masse d'un corps qui ne met en jeu qu'une charge positive et qu'une charge négative. 1 équivalent de $CaCO_3 = 100/2 = 50$ g. Les concentrations étant faibles, on utilise des milliéquivalents :

équivalent = masse molaire / valence

- La **normalité** : une solution normale (ou équivalente) est une solution (solution N) qui contient un équivalent par litre (tableau 4.1). Une solution N de $CaCO_3$ contient 50 g de $CaCO_3$ par litre :

1 éq/l = 50 g/l 1 méq/l = 50 mg/l

Tableau 4.1 – Conversion méq/l et mg/l

		1 meq/l équivaut à la valeur ↓ en mg/l	**1 mg/l équivaut à la valeur ↓ en méq/l**
Cations			
Aliminium	Al^{++}	8,993	0,1112
Calcium	Ca^{++}	20,040	0,0499
Cuivre	Cu^{++}	31,770	0,0315
Fer	Fe^{++}	27,923	0,0358
Magnésium	Mg^{++}	12,156	0,0823
Sodium	Na^{+}	22,989	0,0435
Zinc	Zn^{++}	32,685	0,0306
Anions			
Bicarbonates	HCO_3^-	61,009	0,0164
Carbonate	CO_3^-	30,004	0,0333
Chlorues	Cl^-	35,453	0,0282
Nitrates	$NO3^-$	62,004	0,0161
phosphates	$HPO4^{--}$	47,990	0,0208
Silicate	$HSiO3^-$	77,085	0,0130
Sulfates	$SO4^-$	48,031	0,0209

- Le **degré français °f:** un degré français vaut un cinquième d'un milliéquivalent :

1 °f = 1/5 méq

1 °f de $CaCO_3$ représente 50/5 = 10 mg/l de $CaCO_3$.
Pour éviter les calculs, on peut utiliser le tableau 4.2.

Tableau 4.2 – Équivalences entre les °f et les mg/l

Formule	Nom	Valeur de 1 °f (mg/l)	Formule	Nom	Valeur de 1 °f (mg/l)
$Al_2(SO_4)_3$	Sulfate d'aluminium	11,4	$MgCl_2$	Chlorure de magnésium	9,5
$CaCO_3$	Carbonate de calcium	10	MgO	Magnésie	4
$Ca(HCO_3)_2$	Bicarbonate de calcium	16,2	$Mg(OH)_2$	Magnésie	5,8
$CaSO_4$	Sulfate de calcium	13,6	Na_2CO_3	Carbonate de sodium	10,6
$CaCl_2$	Chlorure de calcium	11.1	$NaHCO_3$	Bicarbonate de sodium	16,8
CaO	Chaux	5,6	Na_2SO_4	Sulfate de sodium	14,2
$Ca(OH)_2$	Chaux	7,4	NaCl	Chlorure de sodium	11,7
$FeCl_3$	Chlorure ferrique	10,8	NaOH	Soude	8
H_2SO_4	Acide sulfurique	9,8	CO_3^{--}	Anion carbonate	6
HCl	Acide chlorhydrique	7,3	HCO_3^-	Anion bicarbonate	12.2
K_2CO_3	Carbonate de potassium	13,8	Cl^-	Anion chlorure	7,1
$KHCO_3$	Bicarbonate de potassium	20	SO_4^{--}	Anion sulfate	9,6
K_2SO_4	Sulfate de potassium	17,4	SiO_3^{--}	Anion silicate	7,6
KCl	Chlorure de potassium	14,9	PO_4^{--}	Anion phosphate	6,3
KOH	Potasse	11,2	Na^+	Cation sodium	4,6
$MgCO_3$	Carbonate de magnésium	8,4	K^+	Cation potassium	7,8
$Mg(HCO_3)_2$	Bicarbonate de magnésium	14,6	Ca^{++}	Cation calcium	4
$MgSO_4$	Sulfate de magnésium	12	Mg^{++}	Cation magnésium	2,4

Pour connaître et comprendre la signification et l'importance d'une analyse d'eau, nous allons passer en revue quelques explications sur les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau.

COMPOSITION DES EAUX NATURELLES

Les eaux naturelles contiennent des matières solides, des matières dissoutes (des ions et des matières organiques), de la silice, des gaz dissous et des micro-organismes (algues, bactéries...).

Ces éléments vont provoquer des boues et des dépôts de tartre et des incrustations, des corrosions...



Exemple d'analyse d'eau

Ca^{++}	Calcium	38 mg/l
Mg^{++}	Magnésium	3,4 mg/l
Na^{+}	Sodium	18 mg/l
K^{+}	Potassium	2 mg/l
HCO_3^{-}	Bicarbonate	140 mg/l
NCO_3^{-}	Nitrates	1 mg/l
Cl^{-}	Chlorure	16 mg/l
SO_4^{--}	Sulphate	9,2 mg/l
Extraits sec à 180 °C : 210,2 mg/l		

Caractéristiques physiques de l'eau

TEMPÉRATURE : EN °C

Elle est de 10 à 15 °C pour l'eau de source, 4 °C pour les eaux très profondes, variable pour les eaux de surface (la très grande variabilité dans le temps de la température indique toujours des risques de pollution, lorsque l'eau est exposée aux variations de température, elle est aussi exposée à la pollution).

Trouble ou turbidité : en FTU

Elle représente la limpidité de l'eau, elle dépend de la présence de fines particules non organiques en suspension. Elle se mesure par comparaison à un étalon : goutte de mastic, formazine... La limite est de 2 FTU au robinet.

La couleur blanche de l'eau à la sortie du robinet est souvent due à la présence de bulles d'air en suspension dans l'eau (provoquées par le brise-jet), il suffit de la laisser reposer dans la carafe pour qu'elle retrouve sa clarté.

La couleur rouge de l'eau est souvent due à la présence de particules d'oxydes ferriques dues à la corrosion des tuyauteries en fer et à une eau douce et agressive. C'est la brusque variation de la vitesse de l'eau dans les tuyauteries qui soulève les dépôts qui s'étaient formés.

Résistivité électrique R : en Ω·cm

Elle exprime la résistance de l'eau au passage du courant électrique :

- eau du robinet : R = 2 000 à 10 000 Ω·cm ;
- eau chaude sanitaire : R = 1 à 5 MΩ·cm ;
- eau très pure : R = 20 MΩ·cm.

Le DTU fixe la valeur de résistivité de l'eau froide (considérée à 20 °C) à :

$$1\,500\ \Omega\cdot\text{cm} < R < 4\,500\ \Omega\cdot\text{cm}$$

Conductivité électrique : en µS/cm

La conductivité représente sa capacité à être conductrice, la résistivité représente l'inverse (son opposition au passage d'un courant électrique). Les deux valeurs sont liées. Si une eau à une forte conductivité, elle aura une résistivité très faible et inversement. On pourra trouver la correspondance suivante entre les deux valeurs :

- jusqu' à 200 µS/cm / plus de 5 000 Ω·cm ;
- plus de 1 000 µS/cm / moins de 1 000 Ω·cm.

Caractéristiques chimiques de l'eau

TITRE ALCALIMÉTRIQUE (TA) – TITRE ALCALIMÉTRIQUE COMPLET (TAC)

Il représente la teneur en hydroxyde OH^-, carbonates CO_3^{3-} et bicarbonates HCO_3. On distingue :

- titre alcalimétrique TA : $TA = OH^- + 1/2\ CO_3^{3-}$;
- titre alcalimétrique complet TAC : $TAC = OH^- + 1/2\ CO_3^{3-} + HCO_3^-$.

Pour l'eau naturelle, on a en général TA = 0.

Les eaux dont le TAC est supérieur à 20 °f sont généralement entartrantes ; celles dont le TAC est inférieur à 10 °f sont généralement corrosives.

DURETÉ DE L'EAU – TITRE HYDROTIMÉTRIQUE (TH)

C'est un indicateur important qui permet de déterminer les risques d'entartrage. Il représente la teneur en calcium Ca^{++} et en magnésium Mg^{++} est directement lié à la nature géologique des terrains.

1 °f représente 4 mg de Ca^{++} ou 2,4 mg de Mg^{++}		par litre d'eau.
	TH < 10 °f Eau douce et corrosive	Eau agressive
10 °f	< **TH** < 20 °f Minéralisation idéale 15 °f	Eau « normale »
20 °f	< **TH** < 30 °f Dureté moyenne	Eau calcaire
30 °f	< **TH** < 40 °f Eau dure (calcaire)	Traitement conseillé
	TH > 45 °f Eau très dure (très calcaire)	
	TH = 50 °f Dureté maximale	

Dans la majorité des cas, on a TH > TAC.

On peut distinguer la dureté temporaire (le TH est lié au TAC) et la dureté permanente (le TH est lié aux sels d'acide forts Cl^-, SO_4^{--}, NO_3^-).

Sous l'effet de la chaleur, les bicarbonates se décomposent en carbonates peu solubles qui provoquent la formation de tartre (dépôt blanchâtre), ce phénomène s'appelle l'entartrage.

Pour éviter l'entartrage, on évitera de chauffer l'eau à plus de 60 °C.

Le TH seul ne va pas déterminer l'entartrage, il faut aussi tenir compte de la conductivité (en µS : microsiemens) et du pH de l'eau, on distinguera :

- une eau **douce** ou **aggressive** (TH < 10 °f – pH < 6 et conductivité < 200 µS) ; elle va dissoudre le calcaire, le ciment et les métaux ;
- une eau **équilibrée** (15 °f < TH < 20 °f – 6,5 < pH < 9 et 200 < conductivité < 1 000 µS) ; elle restera neutre par rapport à son environnement ;

- une eau **entartrante** (TH > 30 °f – pH élevé – conductivité > 1 000 µS) ; elle favorisera des dépôts de calcaire.

On enlève les dépôts de calcaire visible, par brossage ou par trempage dans du vinaigre blanc. Pour les dépôts dans les tuyauteries, on effectuera un traitement par ultrasons ou avec des produits spécifiques (qualité alimentaire), suivi d'un rinçage des tuyauteries. Ces opérations devront être réalisées de préférence par une entreprise spécialisée, ou en respectant les consignes d'emploi des produits.

Pour éviter les dépôts, on traitera l'eau avec un adoucisseur ou un système antitartre (électrique ou magnétique) et on évitera les températures trop élevées.

Une eau trop dure provoquera des dépôts de calcaire sur les sanitaires, dans les tuyauteries, sur les éléments chauffants, elle cuit mal les légumes, les savons auront du mal à mousser (il faudra en utiliser plus).

Une eau trop douce favorisera les phénomènes de corrosion, et la dissolution du plomb et des métaux (cuivre…) contenus dans les tuyauteries, elle peut devenir impropre à la consommation. Dans ce cas, il est recommandé de laisser couler l'eau (pour évacuer le volume d'eau stagnant en contact avec les tuyauteries métalliques) avant de l'utiliser pour la consommation. Une eau douce aura du mal à rincer le savon.

Phénomènes d'entartrage

L'entartrage (précipitation de sels sous la forme solide) intervient principalement lorsque la température augmente. Les différents sels (carbonates de calcium, sulfates de calcium, silice…) contenus dans l'eau pourront précipiter (passer sous la forme solide) et former des dépôts plus ou moins durs et adhérents.

Le carbonate de calcium précipite selon la réaction suivante :

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

Dans un échangeur thermique (corps de chauffe, paroi de chaudière…), l'eau est en contact avec une paroi très chaude. Sa température au contact de la paroi est donc très élevée, ce qui favorise la formation de tartre et le dégagement de CO_2 sous forme de gaz (figure 4.2).

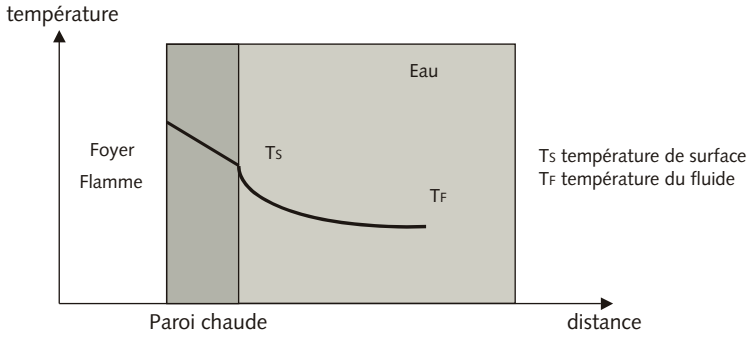


Figure 4.2 – Transfert thermique à travers une paroi chaude

Le tartre qui va se déposer sur la paroi se comporte comme un isolant, il va diminuer l'échange thermique. La température de surface diminue, donc la puissance de l'échangeur diminue, la température de l'eau produite est plus faible.

Tableau 4.3 – Perte d'efficacité due au tartre (documentation Frisquet) (diminution de la capacité d'échange thermique d'une canalisation)

Épaisseur du tartre (mm)	Perte d'efficacité (%)
0,4	4
0,8	7
1,6	11
3,2	18
4,8	27
6,35	38
9,53	48
12,7	60
15,9	74
19,05	90

De la même manière, le tartre réduit le diamètre de la tuyauterie ce qui réduira les performances de l'installation. Pour prendre un exemple, une canalisation de diamètre intérieur à 40 mm aura un débit de 1,3 l/s pour

une vitesse de 1 m/s (les pertes de charges seront de 0,06 mCE/m). Si le dépôt de tartre est de 5 mm, son diamètre intérieur sera réduit à 30 mm ; en supposant que la vitesse reste constante, le débit ne sera plus que de 0,7 l/s (les pertes de charges supérieures 0,08 mCE/m).



Figure 4.3 – Dépôts de couches calcaires par des eaux dures. Tuyaux en polvinyle de 32 mm (XII^{e} congrès de la plomberie, La Haye, 1972)

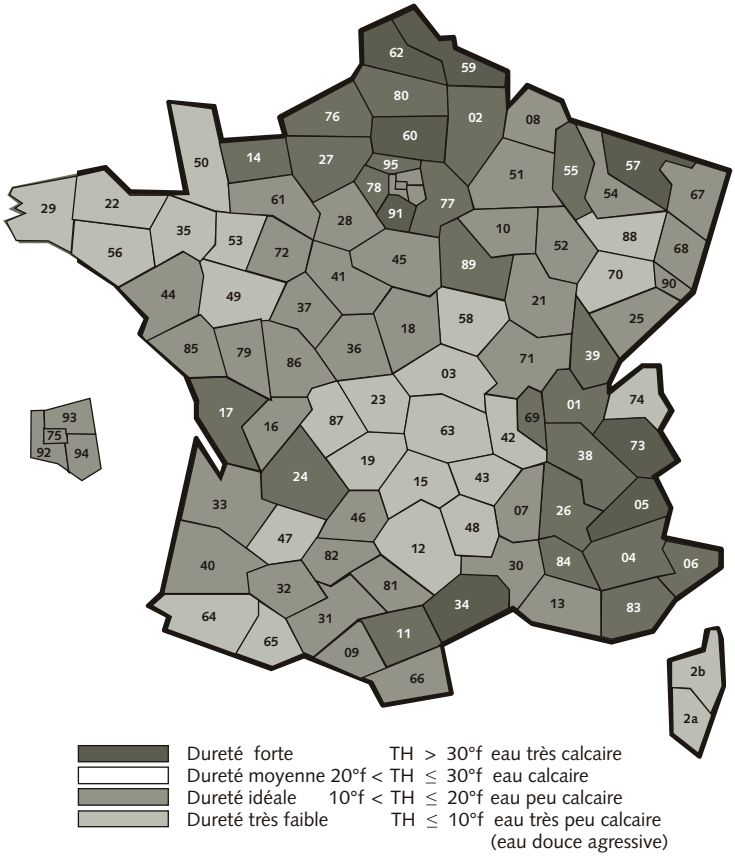


Figure 4.4 – Carte de la dureté de l'eau en France

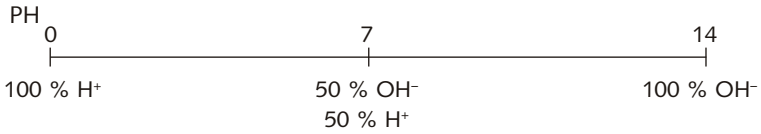
Les valeurs de la figure 4.4 sont des valeurs moyennes. Pour connaître la dureté de l'eau plus précisément, consultez les sites : www.sante.gouv.fr/DRASS/carte des régions/Votre environnement/L'eau potable/Bilan de la qualité d'eau distribuée/Dureté. Vous trouverez la qualité d'eau de votre commune.

Par exemple sur le département des Alpes-Maritimes, la dureté de l'eau selon les communes varient de très peu calcaire à très calcaires (source DRASS PACA).

On peut aussi réaliser un test avec un réactif liquide ou des bandelettes vendues en magasins spécialisés (piscine, aquariophilie, grossiste...) ou en pharmacie.

Acidité – pH

Le pH représente la concentration de H^+ et OH^-. Le pH d'une solution varie entre 0 et 14 :



Quand le pH augmente de 1, la concentration de H^+ est divisé par 10.

Une solution avec un pH de 3 est 1 000 fois plus acide qu'une solution avec un pH de 6.

Le pH idéal d'une eau d'alimentation doit être compris entre 6,5 et 6,8. La norme impose un pH compris entre 6,5 et 9.

Une eau trop acide attaque les métaux et matériaux qui se retrouvent dissous dans l'eau (c'est le cas notamment du plomb ce qui provoque le saturnisme).

Une eau trop basique est dite incrustante, elle dépose du calcaire dans les conduites.

Titre en chlorure (TCl)

Il représente la teneur en ions chlorure (de calcium, de sodium, de magnésium...), qui laissent supposer une pollution de l'eau par infiltrations d'eaux usées.

Titre en sels et acides forts (SAF)

Il représente la concentration en ions chlorures Cl^-, sulfates SO_4^{--} et nitrates NO_3^- :

$$SAF = Cl^- + SO_4^{--} + NO_3^-$$

TENEUR EN SILICE S_iO_2

La silice est à l'état dissous ou colloïdal, elle s'exprime en mg/l.

TENEUR EN PLOMB

Le plomb est un métal qui provoque par ingestion une maladie appelée le saturnisme. Sa concentration maximum est strictement réglementée (directive européenne du 03/11/1998) :

- Elle est actuellement de **25 µg/l** (depuis 2003) ;
- Elle devra être inférieure à **10 µg/l** à partir de 2013.

TENEUR EN FLUOR

Le fluor, présent dans les roches, va se dissoudre dans l'eau qui les traverse. Au-delà de 2 mg/l, il devient toxique et provoque des tâches sur l'émail des dents ainsi que des douleurs et des déformations osseuses et articulaires.

Sa teneur dans l'eau de consommation humaine doit être inférieure à **1,5 mg/l** (décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001). Lorsque la teneur en fluor est très faible (< 0,5 mg/l), un complément sous forme alimentaire peut être envisagé après avis médical.

TENEUR EN NITRATES

Les nitrates, qui proviennent principalement des engrais utilisés en excès, provoquent chez l'homme des problèmes sanguins qui réduisent l'oxygénation des tissus.

Leur teneur dans l'eau de consommation humaine doit être inférieure à **50 mg/l** (décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001).

TENEUR EN PESTICIDES

Les pesticides (produits phytosanitaires) sont dangereux à fortes doses, on connaît mal leurs actions à faibles doses sur la santé humaine. Ils proviennent de l'agriculture, mais aussi de l'utilisation massive faite par les particuliers.

Leur teneur dans l'eau de consommation humaine doit être inférieure à **0,1 µg/l** par substance et inférieurs à 0,5 **µg/l** pour l'ensemble des substances (décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001).

Corrosion

Une eau corrosive est une eau qui dissout les métaux (figure 4.5).



Figure 4.5 – Tuyauterie corrodée par l'eau douce

En règle générale, l'expérience a permis de faire les constatations suivantes :

- les eaux douces, surtout lorsqu'elles contiennent de l'acide carbonique, sont plus corrosives que les eaux dures ;
- les eaux souterraines sont plus corrosives que les eaux de surface ;
- les eaux filtrées sont plus corrosives que les eaux non filtrées ;
- la présence d'eau de mer, de chlorure ou de nitrates augmente l'action corrosive de l'eau ;
- l'eau chaude est plus corrosive que l'eau froide.

On distingue principalement deux types de réaction de corrosion :

- la corrosion de type électrolytique (c'est le type de réaction que l'on retrouve dans la corrosion galvanique lorsqu'il y a présence de deux métaux différents) ;
- la corrosion par aération différentielle.

Dans les deux cas, il va se former une pile électrochimique avec une cathode (formation de cations +) et une anode (formation d'anions –) qui vont progressivement se déplacer au fur et à mesure de l'évolution de la corrosion.

CORROSION DE TYPE ÉLECTROLYTIQUE

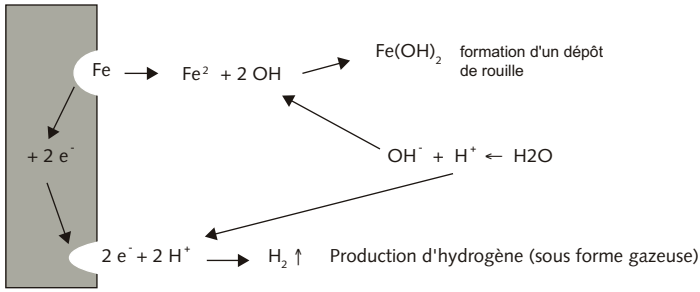
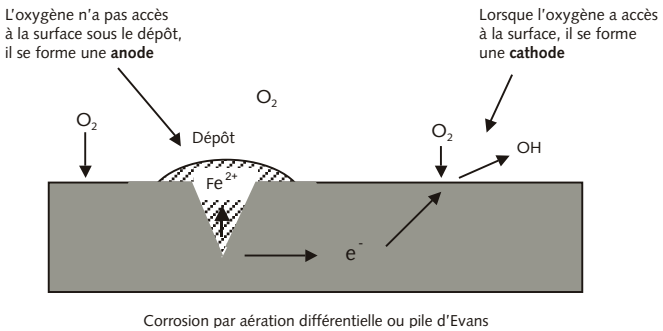


Figure 4.6 – Corrosion de type électrolytique

En cas de présence d'oxygène dissous, on aura : 4 e^{-} + O_2 + 2 H_2O → 4 OH^- ce qui accentuera le processus de corrosion.

Quel que soit le métal, le processus de corrosion est toujours le même (figure 4.6).

CORROSION PAR AÉRATION DIFFÉRENTIELLE



Corrosion par aération différentielle ou pile d'Evans

Figure 4.7 – Corrosion par aération différentielle ou pile d'Evans

Dans les réseaux ouverts, l'eau est saturée d'oxygène, il faut donc maintenir propre les surfaces métalliques pour éviter la corrosion par aération différentielle (figure 4.7).

En présence de différents métaux, il se formera une pile galvanique, le métal le moins « noble » (qui a le potentiel le plus faible) se comportera comme une anode et subira la corrosion (figure 4.8).



Figure 4.8 – Exemple d'oxydation sur une tuyauterie

On peut classer les métaux en fonction de leur potentiel (figure 4.9).

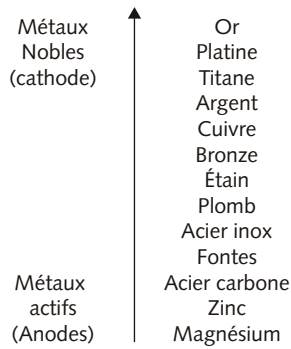


Figure 4.9 – Classement des métaux en fonction de leur potentiel

CAS PARTICULIERS

■ Acier galvanisé

C'est un acier au carbone recouvert de zinc. Le zinc, moins noble, se comporte comme une anode et se dégrade, il protège le fer.

Cette protection ne fonctionne pas au-dessus de 60 °C, il ne faut pas utiliser des tubes en acier galvanisé au-dessus de 60 °C sans contrôle de la qualité de l'eau.

■ Acier chromé (inox)

En cas de rayure, c'est l'acier qui se comporte localement comme une anode, il se forme des piqûres, il faut donc faire attention lors de la mise en œuvre des tuyauteries. En cas de raccordement entre une tuyauterie en acier galvanisé et une tuyauterie inox, la tuyauterie en acier galvanisé se dégradera plus rapidement (le zinc étant moins noble que l'inox).

■ Copeaux ou particules de cuivre dans les tuyauteries

La présence de cuivre en circulation dans l'eau va provoquer, en cas de dépôt sur une tuyauterie en fer, une pile localisée et la formation de piqûres. Il faut donc nettoyer les tuyauteries en cuivre lors de l'ébavurage et bien rincer l'installation.

Une tuyauterie en cuivre se place toujours en aval d'une tuyauterie en fer.

Les risques de corrosion impliquent une surveillance plus accrue des réseaux pour préserver la qualité de l'eau et l'ensemble de l'installation (notamment pour les tubes acier).

■ Protection

Le DTU 60.1 dit :

Une installation de distribution **d'eau froide** doit être protégée contre la corrosion si l'eau véhiculée, considérée à 20 °C, se trouve dans une ou plusieurs des conditions ci-dessous :

- Résistivité inférieure à 1 500 Ω·cm.
- Résistivité supérieure à 4 500 Ω·cm.
- Titre alcalimétrique complet ou TAC au méthylorange inférieur à 1,6 méq/l (8 °f).
- Oxygène dissous inférieur à 4 mg/l.
- CO_2 libre supérieur à 30 mg/l.

- CO_2 agressif supérieur à 5 mg/l.
- Calcium en Ca^{++} inférieur à 1,6 méq/l (8 °f).
- Sulfates en $SO4^-$ supérieurs à 3,12 méq/l (150 mg/l).
- Chlorures en Cl^- supérieurs à 2,82 méq/l (100 mg/l).

Une installation de distribution d'**eau chaude** doit être protégée contre la corrosion si l'eau véhiculée, considérée à 20 °C, se trouve dans une ou plusieurs des conditions ci-dessous :

- Résistivité inférieure à 2 200 Ω·cm.
- Résistivité supérieure à 4 500 Ω·cm.
- Titre alcalimétrique complet ou TAC au méthylorange inférieur à 1,6 méq/l (8 °f).
- CO_2 libre supérieur à 15 mg/l.
- Calcium en Ca++ inférieur à 1,6 méq/l (8 °f).
- Sulfates en $SO4^-$ supérieurs à 2 méq/l (96 mg/l).
- Chlorures en Cl^- supérieurs à 2 méq/l (71 mg/l).
- Sulfates et chlorures supérieurs à 3 méq/l.

Dans le cas d'une installation de distribution d'eau chaude, lorsque la protection de cette installation contre la corrosion est réalisée par un traitement de l'eau et lorsque l'eau chaude distribuée est obtenue par mélange, la totalité des eaux destinées à être mélangées doit être traitée.

On voit par ce rapide exposé que le problème du traitement de l'eau est difficile puisque l'excès ou le manque total de gaz carbonique n'est pas recommandé et que de nombreux facteurs interviennent dans les processus de corrosion. Il faudra donc dans tous les cas effectuer une analyse sérieuse de l'eau et consulter les constructeurs d'appareils de traitement pour trouver le modèle le plus adapté à l'eau présente dans l'installation.

Biologie des circuits ouverts ou fermés

Dans une grande majorité des cas, les organismes vivants (algues, bactéries, champignons) sont détruits par les hautes températures. Mais le développement de réseaux de chauffage à basse température ou les réseaux de refroidissements créent des conditions favorables au développement de ces micro-organismes.

Leur présence entraînera la formation de dépôts ou de boues qui vont favoriser l'encrassement et la corrosion par aération différentielle. Leurs activité provoquera une modification du milieu par apparition d'acides,

une modification du pH et des réactions chimiques nuisibles aux installations.

BACTÉRIES

Elles se développent dans presque tous les milieux : avec ou sans oxygène, pH acide ou basique, de 0 à plus de 45 °C, avec ou sans lumière...

Leurs interactions sont complexes. Elles seront à l'origine de dépôts vaseux noir ou rouge-brun, de la formation d'acide... On cherchera dans tous les cas à réduire ou supprimer leurs présence en protégeant les installations lors de la mise en œuvre (tuyauterie bouchonnées, protections, nettoyage...) ou en utilisant des produits de traitement adaptés.

■ Cas particulier : *Légionnella pneumophila*

La bactérie a été identifiée lors d'un congrès d'anciens combattants (des légionnaires) dans un hôtel en Amérique en 1976, où elle a provoquée plus de 200 pneumonies aiguës et de nombreux décès. On découvrit des bactéries dans le système de climatisation et on leur donna le nom de légionnelles.

La légionnelle se manifeste de deux manières :

- *la fièvre de Pontiac* : après une incubation de 1 à 4 jours, forte fièvre, douleurs musculaires, maux de tête et parfois troubles intestinaux ;
- *la maladie du légionnaire* : après 2 à 10 jours d'incubation, forte fièvre, douleurs musculaires, maux de tête, diarrhée, toux, insuffisance rénale, confusion et désorientation, léthargie… tous les symptômes de la pneumonie.

La bactérie va obstruer les alvéoles pulmonaires.

La maladie ne s'attrape pas en buvant de l'eau contaminée, ni par transmission d'homme à homme. Les microgouttelettes en suspension dans l'air (douche ou système de traitement d'air) vont être inspirées dans les poumons et provoquer une infection pulmonaire mortelle pour les personnes déjà affaiblies.

Le nombre de cas recensés ne cesse de croître, la prise en compte du risque légionnelle est à intégrer dans sa pratique professionnelle.

La déclaration des cas de légionnelle est obligatoire en France.

Les installations à risque sont toutes les installations qui comportent un chauffage modéré de l'eau et une nébulisation (formation de fines gouttelettes) c'est-à-dire : tous les bâtiments collectifs, d'hébergement ou de soins comportant des réseaux de climatisation (humidificateur, bac à

condensat, filtres, silencieux, séparateurs de gouttes…), les réseaux sanitaires (tuyauteries, réservoirs, flexibles et pommeaux de douche.), les réseaux de sécurité (système incendie, douche de décontamination…), les piscines, les spas, les thermes, les fontaines ou cascades, les tours de refroidissement (humide à circuit ouvert ou fermé : évapo-condenseurs…), les réseaux de refroidissement de machines outils… Bref, tous les lieux où les réseaux d'eau chaude sont importants et où l'eau peut être vaporisée en fines gouttelettes.

La légionnelle est naturellement présente dans l'eau. Elle se développe dans l'eau entre 25 et 45 °C, mais elle est présente dans toutes les eaux qui ont une température inférieure à 50 °C. Sa croissance est maximum à 37 °C (température d'une douche).

Elle est détruite par traitement chimique (choc chloré) ou par choc thermique :

- 50 °C : croissance stoppée, destruction de 90 % des bactéries en 2 heures.
- 55 °C : destruction en plusieurs heures.
- 60 °C : destruction en 32 minutes.
- 66 °C : destruction en 2 minutes.
- 70 °C : destruction instantanée des bactéries.

■ Mesures de prévention

Ce sont les plus importantes car l'efficacité des mesures curatives reste limitée dans le temps :

- Assurer une bonne circulation de l'eau dans tout le réseau (éviter les bras morts, maintenir des débits suffisants pour avoir un régime turbulent, éviter l'eau qui stagne...).
- Éviter l'entartrage des réseaux et la corrosion qui créent des « abris » favorables au développement de la bactérie (des bio-films).
- Mitiger l'eau au plus près du point de puisage.
- Maintenir des températures suffisantes sur tout le réseau :
  - > 50 °C en tout point du réseau d'ECS ;
  - sortie échangeur > 55 °C ;
  - stockage ballon > 60 °C au moins une fois par jour.

Le cuivre des tuyauteries limite naturellement le développement des légionnelles.

■ Mesures curatives

Il existe de nombreux procédés (chloration, ions de cuivre ou d'argent, bactéricides, ozone, filtrage, ultraviolets, chocs thermiques…), tous présentent des inconvénients, des risques lors de la mise en œuvre et sont coûteux, il faudra étudier la question avec des spécialistes du traitement de l'eau.

Les chocs chlorés ou thermiques n'auront qu'un effet ponctuel. Ils nécessitent beaucoup de main-d'œuvre pour éviter les brûlures durant les opérations et endommagent les réseaux (détachement du calcaire, concentration de chlore élevée…).

Il faut faire circuler l'eau dans toutes les parties du réseau à une température de 70 à 75 °C pendant une 1/2 heure et laisser couler l'eau à tous les points de puisage.

Des procédés de pasteurisation ont étés mis en place pour surchauffer l'eau à 70 °C et détruire systématiquement les légionnelles avant de distribuer l'eau dans les réseaux. L'eau introduite dans le réseau est ainsi débarrassée des légionnelles.

C'est donc à la conception de l'installation qu'il faut prendre en compte le risque de la légionnelle.

Dans la pratique, si l'eau est maintenue à une température supérieure à 50 °C en tout point du réseau, il y a destruction des légionnelles.

Le niveau d'alerte est fixé à 1 000 UFC/l (Unité Formant Colonie) dans le cas général et à 100 UFC/l pour les locaux à risque (hôpitaux...).

Toutes les installations susceptibles de provoquer le développement de cette bactérie doivent faire l'objet d'un contrôle régulier et d'une maintenance particulière, le personnel devra porter une protection respiratoire.

De nombreux textes, circulaires et décrets font référence sur le risque légionnelle et sont en constante évolution. Il faudra consulter les circulaires de la Direction générale de la Santé ainsi que les guides de bonnes pratiques et les recommandations.

Il faut noter :

- Décret n° 89-3 du 01/01/89, articles 2 et 35 :
  - « les propriétaires d'immeubles doivent maintenir les installations collectives de distribution d'eau en bon état d'entretien et de fonctionnement… Les dispositifs de protection et de traitement doivent être vérifiés et entretenus tous les six mois. »
  - « Au lieu de leur mise à disposition de l'utilisateur, les eaux destinées à la consommation humaine doivent satisfaire aux exigences de qualité défi-

nies par l'annexe I.1... elles ne doivent pas présenter de signe de dégradation de leur qualité. »

Les différentes circulaires de la direction générale de la santé précisent : « Quiconque offre au public de l'eau en vue de l'alimentation humaine… Sous quelque forme que se soit… est tenu d'assurer que cette eau est propre à la consommation. »

Il y a donc une obligation de diagnostic des réseaux, de mise en place de mesures d'entretien et de contrôle.

☐ **Rappel de la responsabilité du gestionnaire vis-à-vis de la qualité de l'eau au point d'usage**

La circulaire DGS 2002.243 du 22 avril 2002, fixe le taux maximum de légionnelles dans l'eau (1 000 UFC/l), elle comporte 9 fiches présentant des outils de gestion des risques.

Tous ces textes de référence doivent faire prendre conscience de la responsabilité civile et pénale de tous les intervenants. Le rôle et les responsabilités de chacun doivent être clairement définis (bureau d'étude, installateur, exploitant, propriétaire, technicien de maintenance…).

Une recherche en responsabilité pourra être engagée envers tous les intervenants sur la base du Code civil (responsabilité décennale, responsabilité pour risque connu, responsabilité pour faute dans l'entretien des installations, responsabilité pour obligation de sécurité à l'égard des utilisateurs…), du Code pénal (responsabilité pour atteinte involontaire à l'intégrité des personnes, responsabilité pour mise en danger d'autrui…), du Code de la consommation (obligation de sécurité, d'information et de conseil, délit de pollution de l'eau, délit de pollution de l'air…).

Le risque légionnelle est à prendre au sérieux.

Algues

Vertes ou brunes, elles vivent dans un milieu dont le pH est compris entre 4,5 et 9,5 pour des températures allant de 18 à 40 °C. Elles vont provoquer un encrassement et des dépôts qui pourront colmater les tuyauteries, elles favorisent parfois l'acidification du circuit.

Champignons et moisissures

Ils se développent dans des milieux humides dont le pH est compris entre 2 et 8 et ils détruisent la cellulose (papier, carton, bois...). Ils vont créer des corrosions par aération différentielle et vont rendre opaque le verre.

On les rencontrera aussi sur les surfaces extérieures sur lesquelles se produisent des condensations répétées (tuyauterie mal isolée, tuyauteries d'eau froide…).

Traitements physico-chimiques de l'eau

L'épuration naturelle (qui se fait en dehors de l'action de l'homme) consiste en l'exposition de l'eau à l'influence des rayons du soleil, la décantation et le dépôt au fond de matières en suspension, le brassage de l'eau dans les remous et les courants du fleuve, le passage des eaux de ruissellement au travers des différentes couches de terrain qui filtrent l'eau et la chargent en minéraux.

L'ébullition (qui consiste à porter l'eau à une température supérieure à 100 °C pour la faire bouillir) ne doit être employée qu'en dernier recours car elle rend l'eau indigeste et facilement putrescible. De plus, elle modifie la qualité (précipitation du bicarbonate).

Une notice d'exploitation doit être affichée à proximité de chaque appareil de traitement d'eau (DTU 60.1 additif n° 4)

FLOCULATION – DÉCANTATION – FILTRATION

Le choix du système de filtration dépendra des débits à traiter et des caractéristiques du filtre (matériaux, granulométrie, finesse de filtration…).

Une fois l'eau filtrée (pour les grosses particules), il reste des matières en suspension dans l'eau. Ces matières sont chargées négativement et se repoussent entre elles.

Pour neutraliser ces charges électriques négatives, on va introduire un produit de traitement (le floculant) fortement chargé positivement (chlorure ferrique ou sulfate d'alumine qui vont former des ions Fe^{3+} ou Al^{3+}). On aura une coagulation des particules entre elles pour former un amas filtrable. Cette opération s'appelle une **floculation.**

Les particules forment des amas plus lourd qui vont se déposer par **décantation** au fond du bassin où elles seront évacués par vidange des boues qui se sont formées. On réduit ainsi le temps de décantation qui sera compris entre 20 min et 6 h (figure 4.10).

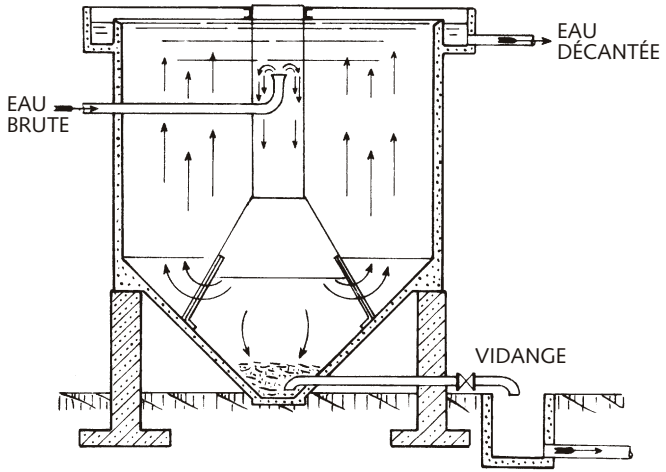
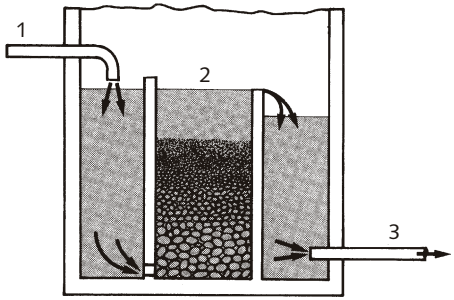


Figure 4.10 – Décanteur Dégremont : débit 20 m³/h, spécial pour épuration par voie chimique (cylindro-conique)

On filtre ensuite l'eau pour éliminer les particules restées en suspension et obtenir la turbidité souhaitée (figure 4.11).



Filtre 4.11 – Filtre calcaire

La filtration est une opération purement physique, elle ne modifie pas les caractères chimiques de l'eau. Les filtres se nettoient en inversant le sens de passage avec une évacuation à l'égout ou par insufflation d'air à basse pression.

FILTRATION INDIVIDUELLE

Lorsque la qualité de l'eau au robinet est insuffisante (présence de matières en suspension : sable, rouille...), on utilisera des filtres individuels à tamis ou à cartouche (figure 4.12) qui nécessitent un entretien régulier (nettoyage et/ou remplacement du filtre).

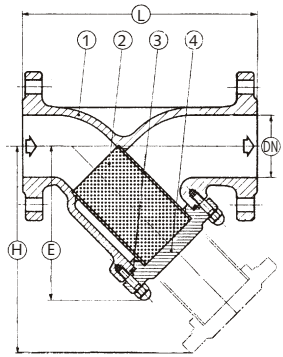


Fig. 4.12 Filtre à cartouche Piel.
1 Corps
2 Cartouche filtrante
3 Joint Chapeau
4 Chapeau à bride

Figure 4.12 – Filtre à cartouche Piel

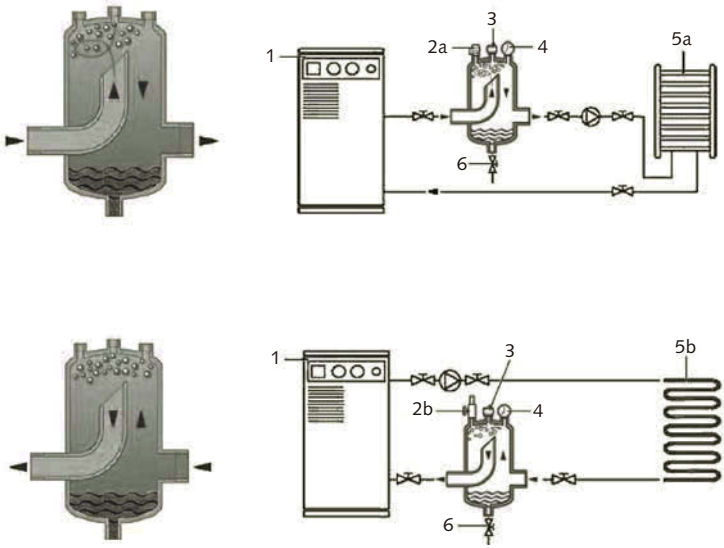
Toutes ces opérations de floculation, décantation et de filtration ne rendent pas pour autant l'eau potable. Il faudra stériliser l'eau par des processus adaptés (ultraviolet, osmose inverse, ozone…).

CIRCUITS FERMÉS

On utilise des décanteurs ou pots à boues pour piéger les particules en suspension et les évacuer par vidange manuelle.

En général, on réduit la vitesse de passage du fluide en augmentant le

diamètre dans le décanteur pour laisser le temps aux particules les plus lourdes de se déposer au fond (figure 4.13). Ils s'installent sur le départ (lorsqu'ils ont aussi la fonction purgeur d'air) pour les régimes d'eau 80-60 °C, sur le retour dans les autres cas.



Légende
1 chaudière
2a soupape
2b robinet de remplissages
3 purgeur automatique
4 manomètre
5a circuit radiateurs
5b circuit sol
6 robinet de vidange

Figure 4.13 – Pot à boues purgeur d'air Thermador

On peut utiliser aussi un effet cyclonique qui va projeter les particules contre les parois et leur permettre de se déposer au fond du pot. Ils s'installent sur le retour de l'installation et nécessitent un entretien régulier (vidange, nettoyage…).

Un filtre magnétique qui va piéger les particules métalliques en suspension est recommandé pour les installations de chauffage ou d'eau glacée, il nécessite un entretien plus particulier (figure 4.14).

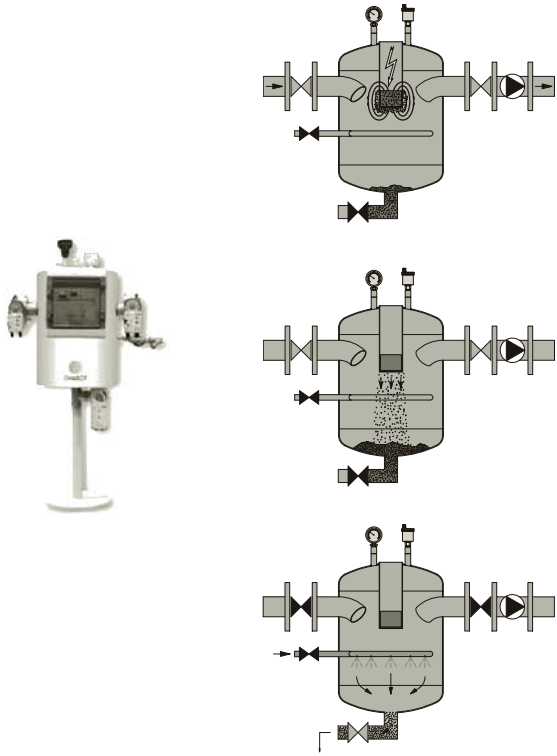


Figure 4.14 – Filtre magnétique Charot

Pour les grosses installations, afin d'éviter de créer des pertes de charge trop importantes sur le circuit. On utilisera des filtres montés en dérivation pour ne filtrer qu'une partie de l'eau en circulation, l'entretien s'effectuera sans arrêt de l'installation.

On pourra aussi utiliser des filtres à chaussette qui nécessitent un démontage et un lavage régulier.

Le phénomène d'embouage dans les installations de chauffage est principalement dû à la formation d'oxyde de fer (corrosion des tuyauteries en acier). Les dépôts vont provoquer une corrosion par aération différentielle. Il existe des techniques qui visent à augmenter le pH (alcalinisation de l'eau) pour créer une protection de surface (passivation du métal).

Quel que soit le traitement, il faudra prévoir un dispositif permettant d'évacuer les boues.

☐ **Élimination de l'oxygène**

Sur les réseaux d'eau chaude sanitaire, l'apport en oxygène est permanent, il faut prévoir des dispositifs pour évacuer l'oxygène dissous dans l'eau. On installera un dégazeur qui permettra aux microbulles d'oxygène de s'agglutiner pour grossir et être évacuées par le purgeur. Les dégazeurs seront placés à tous les endroits où l'oxygène dissous peut se vaporiser :

- lorsque la pression diminue : à la sortie d'un détendeur ;
- aux point hauts des ballons de production d'eau chaude et des colonnes de distribution ;
- lorsque la température augmente : à la sortie des réchauffeurs ou après la vanne thermostatique.

Les dégazeurs permettent de réduire la vitesse de l'eau et de laisser le temps aux microbulles de remonter vers le purgeur. Ces dispositifs sont décrits au chapitre 18 sur les installations de chauffage.

Traitement par résines – adoucisseur

Lorsque l'eau est trop dure, on réduit son TH par traitement dans un adoucisseur. L'adoucisseur est un appareil qui contient des **résines échangeuses d'ions** de type cationique qui se présentent sous la forme de bille de 1 mm de diamètre qui vont retenir les ions calcium et magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}) et limiter la formation de calcaire en baissant la dureté de l'eau (figure 4.15).

L'échange s'effectue avec des ion sodium (Na^{+}) contenus dans la saumure produite dans le bac à sel.

Lorsque les résines sont saturées en magnésium et en calcium, elles sont rincées à l'aide de la solution concentrée en sodium (saumure). Ce rinçage augmentera la consommation d'eau d'environ 10 %.

L'adoucisseur modifie les caractéristiques chimiques de l'eau, il doit faire l'objet d'un contrôle et d'un entretien rigoureux. La présence de sodium

rend cette eau déconseillée pour les personnes hypertendues, cardiaques, soumises à un régime sans sel, les femmes enceintes ou les nourrissons. Cette eau n'est donc pas recommandée pour la consommation humaine.

Pour les usages alimentaires, l'eau provenant du réseau public ne doit pas être modifiée (adoucissement, adjonction de produits...).

Une eau adoucie préservera l'installation d'eau chaude et les appareils électroménager des dépôts de calcaire (elle rendra le linge plus doux).

Attention

Dans un immeuble collectif d'habitation, il est obligatoire de disposer d'une eau froide non traitée. La pose d'un adoucisseur ne servira qu'a protéger l'installation d'eau chaude.

Schéma d'installation d'un adoucisseur

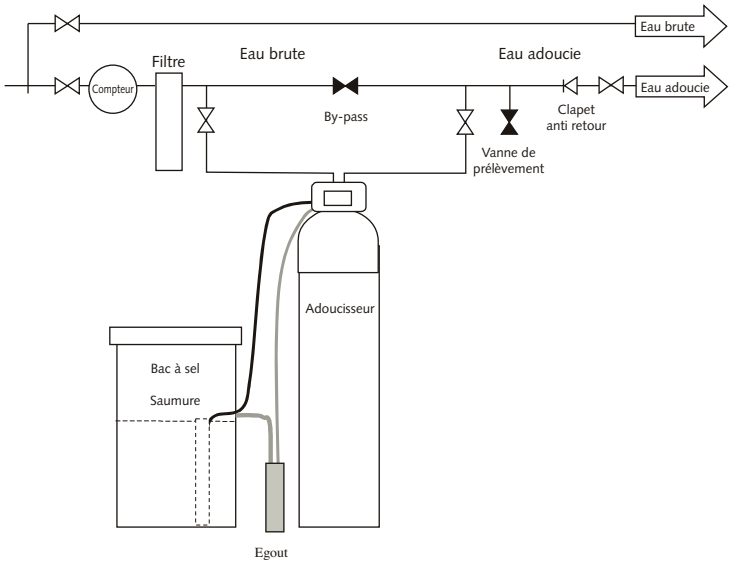


Figure 4.15 – Schéma d'installation d'un adoucisseur

On distingue les adoucisseurs :

- à cycle chronométrique : régénération régulière (horloge) ;
- à cycle volumétrique : régénération en fonction du volume consommé.

Aujourd'hui, on trouve des appareils « mixtes » qui gèrent à la fois le volume traité et les temps de fonctionnement pour maintenir la qualité de l'eau sur l'installation (pour éviter que l'eau stagne dans le bac à résine en cas de non-usage prolongé).

L'appareil se compose (figure 4.16) :

- d'une vanne de régulation ;
- d'une bouteille contenant les résines ;
- d'un compartiment pour le stockage du sel régénérant.

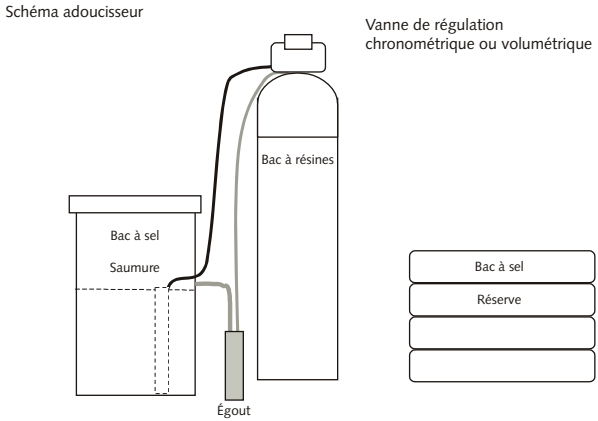


Figure 4.16 – Adoucisseur

Les différentes étapes dans le fonctionnement d'un adoucisseur sont gérées par un programmateur qui actionne les différentes vannes de l'appareil.

1. Détassage de la résine à contre-courant (il permet d'espacer les billes de l'adoucisseur).

2. Régénération de la résine par la saumure (solution salée fortement concentrée) qui est aspirée dans le bac à sel : les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sont évacués à l'égout et les ions Na^{+} apportés par la saumure viennent se fixer sur la résine. Cette opération dure environ 2 h et est effectuée la nuit (figure 4.17).

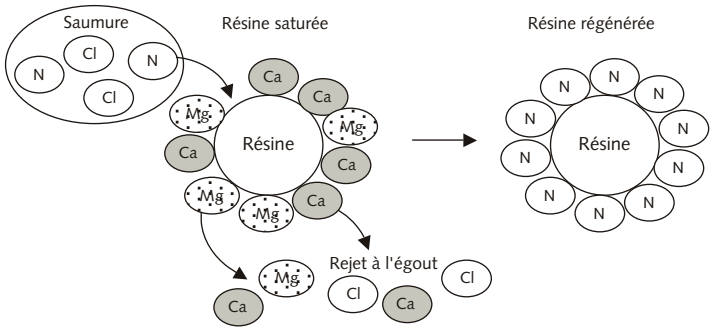


Figure 4.17 – Régénération de la résine

3. Rinçage rapide pour tasser la résine.

4. Rinçage lent pour éliminer toute trace de sel à l'intérieur de l'adoucisseur.

5. Envoi de l'eau dans le bac à sel pour reconstituer la **saumure**.

6. Traitement de l'eau: les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} se fixent sur la résine et libèrent des ions Na^{+} qui passent dans l'eau. Lorsque la résine est saturée, les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} restent dans l'eau (figure 4.18).0

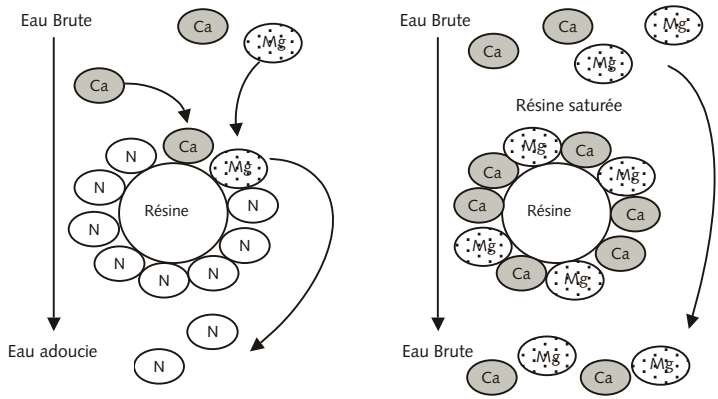


Figure 4.18 – Traitement de l'eau

Il faut éviter de saturer la résine lors du traitement, on devra donc dimensionner l'appareil en fonction du volume d'eau à traiter.

L'eau sort avec un TH = 0 °f de l'appareil. Une vanne mélangeuse (vanne de cépage) permet d'obtenir un TH compris entre 10 °f et 15 °f sur l'installation.

■ Choix d'un adoucisseur

Dans tous les cas il faudra se reporter aux préconisations du constructeur.

Il faut connaître :

- le **débit de pointe** d'eau à traiter (q_v en m^3/h) ;
- la **consommation journalière** d'eau adoucie ;
- le **TH** de l'eau à adoucir ;
- la **capacité d'échange** de la résine ou le **taux de régénération** (**TR**) en $°\cdot m^3$ (en général 1 l de résine peut retenir 5 à 6,5 $°\cdot m^3$) ;
- le **temps entre deux régénérations** : (**t**) supérieur à 8 h (temps de formation de la saumure).

À partir de ces éléments, on pourra calculer les éléments suivants.

Le volume de l'adoucisseur : V (l) :

$$V = \frac{TH \times qv \times t}{TR}$$



Exemple

Un hôtel traite son réseau d'eau chaude. L'eau brute a un TH = 35 °f, le débit de pointe est de 3 m^3/h, le temps entre 2 régénérations est de t = 8 h et le taux de régénération TR = 5 °f $\cdot m^3$. On aura :

$$V = \frac{35 \times 3 \times 8}{5} = 168 \textit{ litres}$$

On choisira le modèle ayant une capacité directement supérieure, par exemple 200 l.

Le cycle de l'appareil : C (m^3)

C'est le volume d'eau traité entre 2 régénérations :

$$C = \frac{V \times TR}{TH}$$



Exemple

Pour l'exemple précédent, le volume d'eau traitable entre 2 régénération sera de :

$$C = \frac{200 \times 5}{35} = 28{,}57\ m^3$$

Il faudra éviter de dépasser ce volume d'eau traité car cela sature la résine et rend plus difficile la régénération.

Ce volume doit être supérieur à la consommation sur 24 heures pour limiter le nombre de régénérations.

La quantité de sel consommée par régénération : Q sel (kg)

Il faut 25 g de sel pour régénérer 1 litre de résine de 1 °f TH :

$$Q\ sel = \frac{25 \times TR \times V}{1\,000}$$



Exemple

Dans notre exemple, on aura :

$$Q\ sel = \frac{25 \times 5 \times 200}{1\,000} = 25\ kg \text{ par régénération}$$

La périodicité d'entretien dépendra de la consommation de sel.

■ Entretien

L'entretien d'un adoucisseur est assez réduit mais indispensable. Au moins tous les 6 mois et au retour des grandes vacances :

- Vérifier le niveau de sel et en rajouter.
- Vérifier si la pendule est à l'heure.
- Faire une analyse de l'eau pour contrôler sa dureté (TH).
- Vérifier l'état d'encrassement de la cartouche du filtre à impuretés et la changer si nécessaire.
- Déclencher une régénération au retour des grandes vacances pour rincer l'eau qui a stagné dans l'appareil.

En résumé un adoucisseur n'est utile que s'il est entretenu.

Il existe de nombreuses manières de traiter l'eau. Il faudra contrôler la qualité de l'eau afin de choisir l'appareil est le plus adapté.

Conditions de prélèvement d'une eaux aux fins d'analyse :

- utiliser un récipient à fond plat et à bouchon hermétique d'un volume utile de 1 l ;
- le nettoyer et le rincer avec l'eau à analyser ;
- le protéger de la lumière et l'envoyer immédiatement au laboratoire.

Traitement magnétique

On trouve sur le marché des appareils de traitement du calcaire qui utilisent l'effet d'un champ magnétique. Leur efficacité dépend de la force du champ magnétique.

Sous l'effet du champ magnétique, les molécules de calcaire se « déforment », elles ne peuvent plus se lier entre elles pour former du calcaire incrustant. Le calcaire toujours présent dans l'installation s'écoule avec l'eau du robinet mais ne se dépose plus dans les tuyauteries.

L'effet du champ magnétique sur les molécules de calcaire est limité dans le temps, dans les ballons de production d'eau chaude (où l'eau stagne), cet effet peut se dissiper si le puisage n'est pas suffisant.

Le champ magnétique peut être produit par des aimants permanents ou par un bobinage électrique.

Traitement filmogène

L'introduction dans la canalisation de réactifs formant un film sur la surface intérieure (silicates ou polyphosphates alcalins, sels de zinc…) doit faire l'objet d'un dosage précis, une installation doit être contrôlée régulièrement.

Tout produit introduit dans une installation d'eau chaude sanitaire doit être conforme à la réglementation et avoir fait l'objet d'une autorisation.

Protection par électrolyse

La protection des matériaux métalliques est effectuée par la présence d'électrodes solubles ou non solubles :

- Électrode soluble : une électrode en aluminium ou en magnésium est introduite dans la cuve et reliée à un générateur de courant continu. L'électrolyse qui en résulte (dégradation de l'électrode) permet d'éviter la corrosion de la cuve. Les électrodes d'aluminium protègent l'installation contre les dépôts de calcaire et la corrosion, les électrodes en magnésium uniquement contre la corrosion.
- Électrode non soluble : des électrodes en titane sont soumises à un courant continu permanent ou par impulsion, ce courant électrique permet de protéger la cuve de la corrosion.

Tableau 4.4 – Modèle d'analyse d'eau selon NF T 90-000

Fiche de compte rendu d'analyse d'eau destinée à l'alimentation d'une habitation						
Nom : Adresse : Code postal : Ville : Origine de l'eau : rivière - barrage - forage - puits réseau public - autre à préciser :				Date du prélèvement : effectué par :		
				Date de l'analyse : effectuée par : Lieu :		
				Sur place	Laboratoire	
Température de l'eau			° C			
pH (à la température de l'analyse)						
Résistivité (à la température de l'analyse)			Ω cm			
Titre hydrotimétrique TH			°f			
Titre alcalimétrique complet TA à la phénolphtalèine			°f			
Titre alcalimétrique complet TAC au méthylorange			°f			
TAC après essais au marbre			°f			
pH après essais au marbre						
Oxygène dissous			mg/l			
CO_2 libre			mg/l			
CO_2 agressif calculé			mg/l			
Résistivité à 20 °C calculée			Ω cm			
Analyse ionique						
Cations				Anions		
		méq/l	mg/l		méq/l	mg/l
Calcium	Ca^{++}			Carbonate	CO_3^{--}		
Magnésium	Mg^{++}			Hydrogéno-carbonate	HCO_3^-		
Sodium	Na^+			Sulfates	SO_4^{--}		
Potassium	K^+			Chlorures	Cl^-		
Fer	Fe^{++}			Nitrates	NO_3^-		
Zinc	Zn^{++}			Silicates	$HSiO_3^-$		
Cuivre	Cu^{++}			Phosphates	HPO_4^{--}		
Aluminium	Al^{+++}						
Manganèse	Mn^{++}						
TOTAL				TOTAL			
Observation : Analyse complémentaire : ferro-bactéries – bactéries productrices H_2S – bactéries réductrices des sulfates						

5
RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

Les réseaux de distribution s'organisent de la manière suivante :

- le captage et l'adduction d'eau ;
- le traitement dans une usine ;
- le renvoi de l'usine vers des réservoirs de stockage ;
- la distribution à partir de ces réservoirs vers les installations des consommateurs.

Le captage s'effectue à partir de sources en surface que l'on canalise vers des réservoirs accumulateurs d'eau ou à partir de puisage par pompage directement dans les nappes phréatiques. La prise d'eau en rivière se fait de manière directe lorsque le cours d'eau est important ou par l'intermédiaire d'un barrage et éventuellement d'un bassin de réserve lorsque le débit est peu abondant.

L'eau ainsi récupérée est amenée par gravitation ou par pompage vers les installations de traitement : filtration, décantation... (se reporter au chapitre 4 sur le traitement des eaux).

L'eau est ensuite stockée dans des réservoirs qui servent à régulariser la distribution ; ils se remplissent aux heures creuses et se vident aux heures de pointe. Pour déterminer leurs capacités, on se reportera à l'étude réalisée au chapitre 2 pour déterminer la consommation d'eau en litres par habitant et par jour en fonction de la taille de l'agglomération.

Les réservoirs sont placés sur les hauteurs afin d'assurer la pression de charge sur le réseau. Lorsque le relief ne permet pas de placer ces réservoirs sur les hauteurs, l'eau sera stockée dans des réservoirs maçonnés surélevés que l'on appelle château d'eau. La distribution se fait ensuite par un réseau qui peut être ramifié ou maillé.

Organisation de la distribution

RÉSEAU RAMIFIÉ

On utilise ce type de réseau dans les agglomérations rurales où la densité de population est faible et les distances à parcourir importantes. Il est plus économique à réaliser que le réseau maillé, mais chaque intervention de réparations sur le réseau provoque l'arrêt total de la partie située en aval (figure 5.1).

L'eau ne parcourt les canalisations que dans un seul sens.

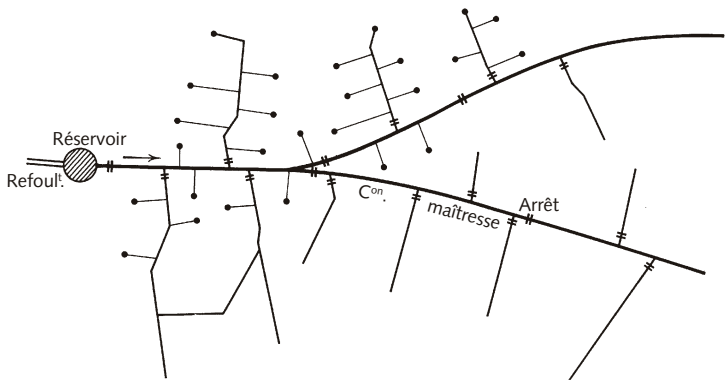


Figure 5.1 – Réseau ramifié

RÉSEAU MAILLÉ

C'est le type de réseau utilisé dans les grandes agglomérations. L'eau peut circuler dans les deux sens, ce qui permet de diminuer le diamètre des conduites. Les interventions de réparations ne nécessitent la coupure d'eau que sur la partie concernée du réseau ce qui diminue la gêne causée aux utilisateurs (figure 5.2).

L'écoulement est plus régulier ce qui amortit les coups de bélier.

Les conduites secondaires sont elles aussi reliées à leurs deux extrémités aux conduites principales pour assurer une continuité de service en cas d'intervention.

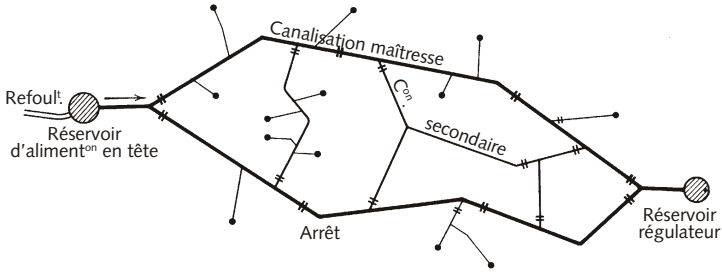


Figure 5.2 – Réseau maillé

Détermination du diamètre des canalisations de distribution des réseaux

Il s'agit d'amener la quantité d'eau nécessaire à tout point de puisage compte tenu de la position des réservoirs et des pertes de charge des tuyauteries. Chaque partie du réseau sera étudiée de manière précise afin de déterminer le débit d'eau nécessaire.

On prendra en compte les éléments suivants :

- **la vitesse** d'écoulement : elle sera comprise entre 0,30 m/s et 2 m/s (en dessous il faut craindre les dépôts dans les conduites, au-dessus les coups de bélier) ;
- **le débit de pointe** nécessaire : on calcule le débit sur 8 ou 10 heures au lieu 24 car on estime que l'on doit assurer toute la distribution pendant ces quelques heures, le débit de nuit n'étant pas significatif ;



Exemple

On prendra pour une commune de 3 000 habitants, sur la base de 150 l par habitant et par jour, un volume total de 3 000 × 150 = 450 000 l, soit un débit de :

$$\frac{450\,000}{10 \times 3\,600} = 12{,}5\ l/s$$

- le choix du **diamètre** de la tuyauterie : il se fera en fonction des **pertes de charge** calculées à partir de l'abaque de Daries.

Exemple

Sur l'abaque, pour un débit de 12,5 l par seconde et une vitesse de 1 m/s, le diamètre intérieur de la tuyauterie sera de 125 mm et la perte de charge de 0,015 mCE/m.

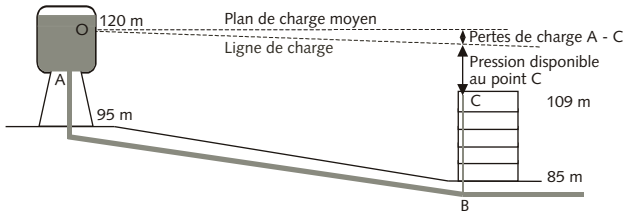


Figure 5.3 – Pression disponible au point B

Si l'altitude du plan de charge moyen (point O) est de 120 m, et que l'on souhaite avoir au point C (altitude 109 m) une pression de 1 bar (10 mCE), en fixant les pertes de charge de la distribution intérieure à 0,2 mCE, on effectuera les calculs suivant :
Pression au point C : 10 = Hmt OC – pdC AB – pdC BC = 11 – pdC AB – 0,2.
on trouve : pdC AB = 11 – 0,2 – 10 = 0,8 mCE.
La perte de charge totale entre A et B ne devra pas dépasser 0,8 mCE.
Si la longueur de AB est de 40 m, la perte de charge par mètre de tuyauterie ne devra pas dépasser :

$$\frac{0,8}{40} = 0,02\ mCE/m$$

Sur l'abaque, on tracera un trait entre les deux points : 12,5 l/s – 0,02 mCE/m et on effectuera la lecture de la vitesse : 1,1 m/s et diamètre intérieur de la tuyauterie : 120 mm.
La tuyauterie de distribution devra avoir un diamètre au moins égal à 120 mm. Si on choisi un diamètre supérieur, les pertes de charge et la vitesse diminueront.
Si la tuyauterie entre A et B a un diamètre intérieur de 90 mm (ancien réseau alimentant une zone urbaine en développement), les pertes de charge seront de 0,07 mCE/m (soit une perte de charge totale entre A et B de $0,07 \times 40 = 2,8$ mCE) et la vitesse de 2 m/s lorsque le débit sera de 12,5 l/s (demande maximum). La pression au point C sera alors de : 11 – 2,8 – 0,2 = 8 mCE soit 0,8 bar.

La réalisation d'un schéma tel que nous venons de le voir figure 5.3 permet de représenter graphiquement les lignes de charge et les pressions disponibles en tout point du réseau.

Tuyauteries utilisées pour le réseau de distribution

La nature des tuyauteries utilisées dépendra principalement de leur diamètre. On utilise des tuyauteries en polyéthylène ou en PVC pression pour les petits diamètres, des tuyauteries en fonte pour les gros diamètres (se reporter au chapitre 8 sur les canalisations d'eau sous pression).

Branchements d'immeubles

Chaque branchement sur la conduite de distribution sur le réseau public est réalisé par le service qui a en charge l'entretien de ce réseau.

Le branchement est réalisé à l'aide de colliers de prise en charge qui permettent le raccordement sur la conduite principale sans avoir à réaliser des modifications importantes sur le réseau. La tuyauterie est percée au diamètre approprié, le collier vient se fixer autour de la conduite principale et comprime le joint d'étanchéité.

Il est possible de réaliser cette opération « en charge » à l'aide d'un outillage spécialisé.

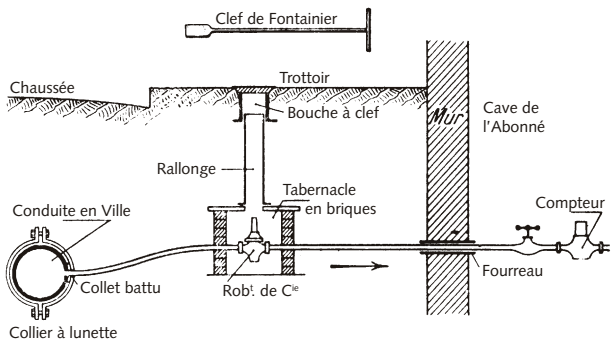


Figure 5.4 – Prise sur conduite en tranchée avec robinet sous bouche à clef

Le raccordement sur la conduite est équipé d'un robinet posé au fond de la tranchée qui se manœuvre à l'aide d'une clef de fontainiers.

Le compteur et le robinet d'arrêt pour l'utilisateur sont aujourd'hui placés en limite de propriété (mur de clôture, façades d'immeubles, voies de circulation). Ils étaient autrefois très souvent placés directement dans les caves de l'immeuble, ce qui complique le relevé des compteurs.



Figure 5.5 – Coffret compteur

DISTANCES AVEC LES AUTRES CANALISATIONS ENTERRÉES

Les conditions de pose des tuyauteries en tranchée sont réglementées, il faut respecter les distances de sécurité entre les différentes énergies : eau, gaz, électricité, téléphone…

La distance entre deux génératrices doit être au moins égale à 20 cm (trajectoires parallèles) et peut être dans certains cas de 5 cm pour les croisements (figure 5.6).

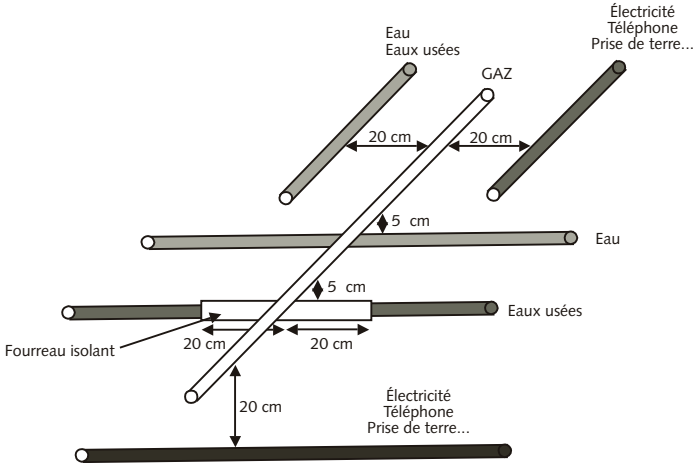


Figure 5.6 – Distances avec les autres canalisations enterrées

Le croisement des canalisations d'eau, de gaz et l'électricité avec les raccordements d'immeubles à l'égout se feront en principe en respectant une distance de 0,20 m. Si cette distance ne peut être respectée, la tuyauterie sera protégée par un fourreau étanche résistant et continu dépassant largement de chaque côté de la tuyauterie d'égout.

La pénétration des branchements des différentes distributions d'eau, de gaz, d'électricité, de téléphone, devra être rendu parfaitement étanche si elle est effectuée par passage direct du terrain au sous-sol de l'immeuble à travers un mur, afin d'empêcher le drainage de fuites éventuelles de gaz et d'eau vers l'intérieur de l'immeuble.

Le branchement d'abonnés doit être équipé d'un clapet antiretour ou d'un disconnecteur afin d'empêcher la possibilité de retour d'eau polluée vers le réseau public. Ce retour peut se produire lorsque la pression dans le réseau public baisse (travaux, utilisation de l'eau par les services d'incendie…).

Les ensembles coffrets compteurs en sont généralement équipés.

Compteurs

Il existe trois moyens de comptage et de facturation de l'eau consommée :

- **Le forfait :** il ne nécessite aucun instrument de mesurage. Pour un prix fixé pour une période donnée, chacun puisse l'eau autant qu'il veut. Ce système ne peut s'appliquer que lorsque l'eau est abondante et bon marché.
- **La jauge :** elle est encore utilisée pour l'arrosage lorsque le diamètre du réseau d'eau n'est pas suffisant pour fournir le débit demandé. L'eau passe à travers un diaphragme qui limite le débit d'eau (250 l, 500 l, 1 m^3… par jour). Cela implique pour le client l'utilisation d'une cuve de stockage et parfois d'un surpresseur.
- **Le compteur :** c'est le moyen de comptage et de facturation le plus utilisé car il mesure précisément la consommation d'eau individuelle (figure 5.7). Le plus souvent le compteur est la propriété du distributeur d'eau qui le loue aux clients en échange de son entretien, c'est le **compteur d'abonné.**

Dans le cas des copropriétés, la facturation s'effectue de manière forfaitaire sur la base des millièmes de copropriétés (répartition en fonction des surfaces habitables) ou du nombre d'habitants. Mais le plus souvent on trouve des compteurs divisionnaires qui permettent une facturation précise en fonction de l'utilisation de chacun.





Figure 5.7 – Compteurs

Pour les services généraux (arrosage, lavage des vide-ordures...), la répartition se fera sur la base des millièmes de copropriétés.

Les dispositifs pouvant mettre en communication différents branchements d'un même immeuble sont interdits (par exemple : compteurs domestiques et compteur d'arrosage). Il est également interdit d'établir des communications entre l'eau potable et l'eau non potable (par exemple : eau potable du réseau public et eau captée dans un puits ou une rivière).

Choix des compteurs

Le décret 76-130 du 29 janvier 1976 précise les caractéristiques des compteurs. Le choix des compteurs s'effectuera en fonction de caractéristiques suivantes :

- Qmax : débit le plus élevé que peut supporter un compteur sans détérioration pour une erreur de mesure inférieure à 2/100 (entre Qt et Qmax).
- Qn : débit égal à la moitié de Qmax, il désigne le compteur et s'exprime en m³/h
- Qmin : débit minimal à partir duquel le compteur doit présenter une erreur maximale de 5/100 (entre Qmin et Qt).
- Qt : débit de transition défini par le décret, qui sépare l'intervalle Qmin – Qmax en deux parties et permet de définir la précision de mesure.

Les compteurs sont répertoriés en 3 classes : A – B – C pour lesquelles le débit minimal et le débit de transition sont fixés par le décret n° 76-130.

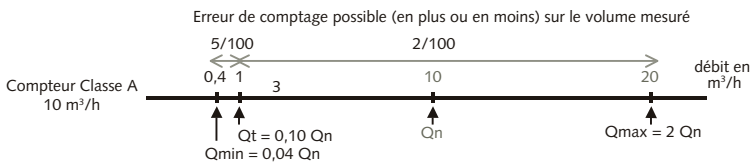


Figure 5.8 – Exemple d'un compteur 10 m³/h

Les compteurs de classe C sont les plus précis sur la mesure de petits débits. Pour un compteur de classe C – 10 m³ /h – l'erreur de 5 /100 n'est tolérée que sur l'intervalle 0,1 – 0,15 m³/h, alors que pour un compteur de classe B l'intervalle est de 0,2 – 0,8 m³/h et pour un compteur de classe A de 0,4 – 1 m³/h.

Pour choisir un compteur lorsque cela est nécessaire, on pourra utiliser le tableau 5.1.

Tableau 5.1 – Débit moyen de modèles courants de compteurs

Calibre nouvelle appellation	Diamètre ancienne appellation	Débit journalier maximal
m³/h	mm	m³/j
3	12	1,2
3	15	2
5	20	5
7	25	8
10	30	8
20	40	35
30	50	70
40	60	100
60	80	200
100	100	450
200	150	1000

La perte de charge des compteurs est donnée par les fabricants (figure 5.9).

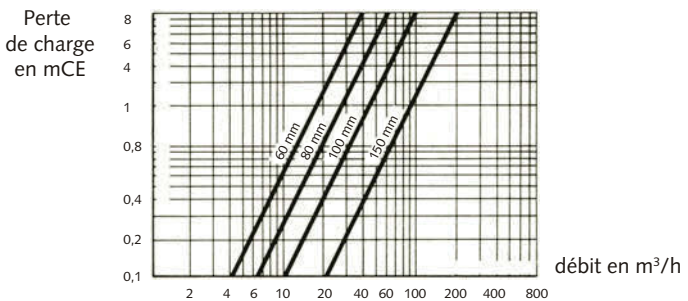


Figure 5.9 – Pertes de charge de compteurs Schlumberger PDT 1000

Types de compteur

On trouve différents types de compteur.

■ Compteur volumétrique

Il enregistre la quantité d'eau qui le traverse en comptant le nombre de remplissages d'un volume déterminé ou en comptant le nombre de rotations d'un mobile dont chaque tour laisse passer un volume connu (figure 5.10).

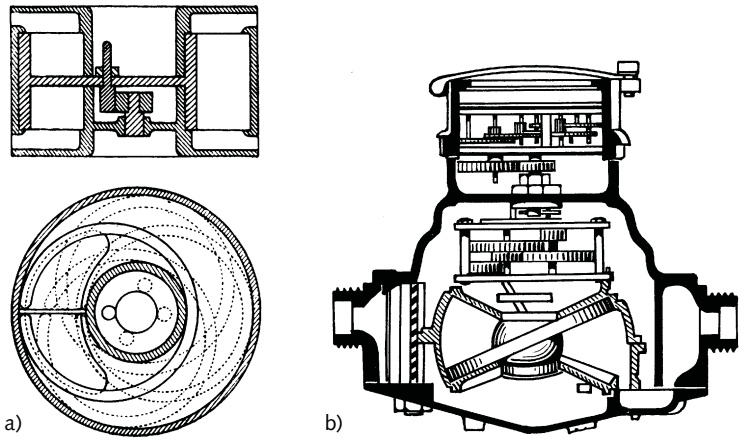


Figure 5.10 – Compteurs volumétriques :
a) principe du piston rotatif ; b) compteur à disque

■ Compteur de vitesse

Il compte le nombre de tours d'une turbine à ailettes entraînée par le courant de l'eau à une vitesse proportionnelle au débit dans la canalisation. Il est utilisé pour les débits importants et est peu précis pour les débits faibles (figure 5.11).

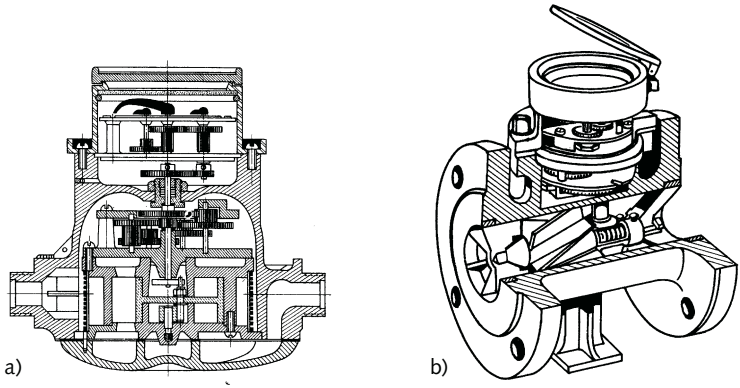


Figure 5.11 – Compteurs de vitesse :
a) compteur Stella à boîte d'injection à turbine ;
b) compteur à hélice pour gros débit

■ Compteur proportionnel

Il est utilisé pour le comptage des gros débits occasionnels (réseau d'incendie…). Une partie seulement du débit traverse le mécanisme de comptage en passant par un orifice calibré ce qui permet d'évaluer le débit total passant par le compteur.

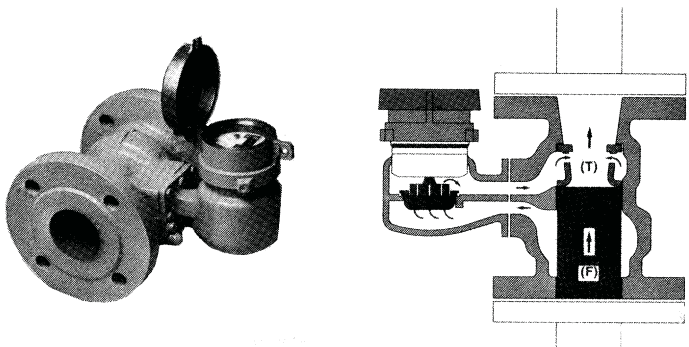


Figure 5.12 – Compteur proportionnel Schlumberger

■ Compteur d'eau froide et d'eau chaude

Le décret 76-130 du 29 janvier 1976 précise les caractéristiques des compteurs :

- Qmax : débit le plus élevé que peut supporter un compteur sans détérioration.
- Qn : débit égal à la moitié de Qmax, il désigne le compteur et s'exprime en m^3/h.

Lecture des compteurs

■ Compteurs à petits cadrans

La lecture s'effectue selon la méthode suivante.

Si l'aiguille se trouve entre deux chiffres, on prendra toujours le chiffre le plus petit (figure 5.13a).

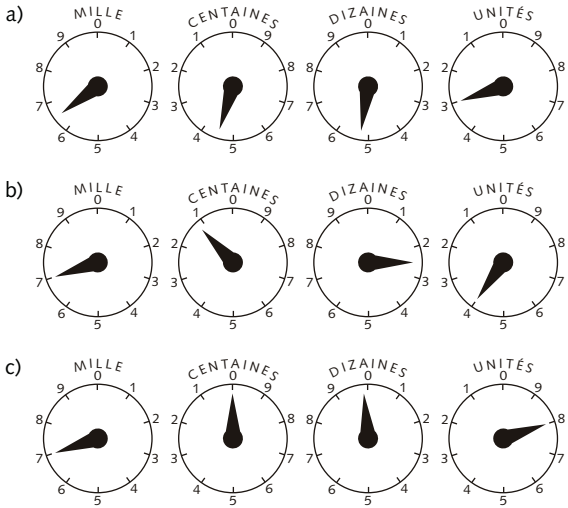


Figure 5.13 – a) Lecture d'un compteur à petits cadrans : 6453 ;
b) Lecture d'un compteur à petits cadrans : 7124 ;
c) Lecture d'un compteur à petits cadrans : 6998

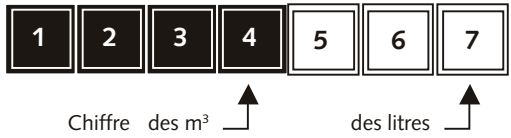
Si l'aiguille semble se trouver exactement sur un chiffre, il faudra considérer deux cas :

- l'aiguille du cadran immédiatement inférieur à dépassé le zéro et se trouve dans le voisinage de 1 ou 2. Dans ce cas, le chiffre sur lequel se trouve la première aiguille est bien celui à inscrire (figure 5.13b) ;
- l'aiguille du cadran immédiatement inférieur n'a pas encore atteint le zéro et se trouve dans le voisinage de 9 ou 8. Dans ce cas le chiffre à noter est le chiffre inférieur à celui sur lequel se trouve l'aiguille (9 si l'aiguille est sur le 0 ; figure 5.13c).

■ Compteurs courants

Pour les compteurs qui affichent des nombres en mètres cube, les chiffres rouges qui indiquent un volume en litres ne sont pas à prendre en considération lors du relevé de compteur. Seuls les chiffres noirs (m^3) sont pris en compte (figure 5.14)

Les chiffres en rouge servent à contrôler les fuites ou à effectuer des mesures lors d'un remplissage.



La lecture est : 1234,567 m^3

Figure 5.14 - Lecture d'un compteur courant

RACCORDEMENT DES COMPTEURS DIVISIONNAIRES

Lors de la réalisation des colonnes d'eau et les branchements d'appartement, pour ne pas abîmer les compteurs pendant les travaux et permettre la mise en eau des installations, on placera à la place une rallonge ou manchette généralement en matière plastique qui présente le même écartement et le même filetage que le compteur (figure 5.15).

On place les compteurs dès que le chantier est terminé, à la livraison.

Des capsules minces le protègent pour le transport et la manutention.

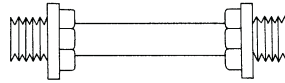


Figure 5.15 – Rallonge (ou by-pass) de compteur.
Le filetage est au pas des compteurs.

On choisira un compteur d'un calibre suffisant pour que sa perte de charge reste faible. Pour cela, il faut consulter les catalogues constructeurs pour déterminer la perte de charge en fonction du calibre et du débit.

Il existe aujourd'hui des compteurs électroniques capables de réaliser un enregistrement de la consommation d'eau sur une longue période, ils sont équipés d'une télésurveillance qui effectue des relevés réguliers. De la même manière, les compagnies qui gèrent le parc de compteurs installés ont tendance à équiper les compteurs de lecteurs à distance pour éviter à l'employé d'avoir à pénétrer dans les appartements lorsque les compteurs y sont encore installés. On voit apparaître, avec l'évolution de l'informatique et des techniques de communication, des compteurs ayant un émetteur intégré, l'employé chargé de relever les compteurs se présente dans le bâtiment équipé de son matériel informatique, il récupère les données de consommation par des liaisons sans fil.

Lorsque l'on doit réaliser des mesures de débit sans avoir à démonter les tuyauteries, il existe des appareils à ultrasons capables de mesurer le débit d'eau dans une tuyauterie (l'appareil se fixe en plusieurs points sur la tuyauterie pour effectuer une mesure).

6
DISTRIBUTION INTÉRIEURE

Règles de l'art

La réalisation d'une installation de plomberie doit être conforme aux règles de l'art et respecter les textes publiés (normes, DTU, textes législatifs, cahiers de prescriptions techniques, guides, règles de calculs, règlement sanitaire...).

Ces règles s'appliquent aux travaux neufs de plomberie et d'installation sanitaires pour les bâtiments à usage d'habitation ou de bureau.

Elles concernent la distribution d'eau, l'évacuation des eaux usées et les installations sanitaires situées à l'intérieur des bâtiments (et jusqu'à 0,5 m du mur extérieur).

Les travaux de plomberie et d'installations sanitaires doivent être exécutés conformément aux normes NF P 40-201, formant le code des conditions minima d'exécution des travaux de plomberie et installations sanitaires urbaines, cette norme est progressivement révisée et intégrée aux nouveaux DTU.

Les principaux textes applicables à ce jour sont :

- **Le DTU 60.1 (**NF P40-201), février 1977, mai 1993, janvier 1999, octobre 2000 : Plomberie sanitaire pour bâtiments à usage d'habitation *(installations neuves de plomberie destinées à la distribution de l'eau et à l'évacuation des eaux usées pour la partie à l'intérieur des bâtiments, dans un marché d'installations et sanitaires d'usage individuel dans les bâtiments d'habitation et de bureaux)* :
  - Cahier des charges + Amendements A1, A2.
  - Mise en œuvre des canalisations traversées des planchers, murs et cloisons – Additif 1.
  - Installations de distribution d'eau en tubes d'acier à l'intérieur des bâtiments – Additif 4 + Cahier des clauses spéciales de l'additif 4 + Mémento de l'additif.
- **Le DTU 60.11 (NF P 40-202)**, octobre 1988 : Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuations des eaux pluviales *(dimensionnement des tuyauteries d'eau froide et d'eau*

chaude, des canalisations d'eaux usées et d'eau pluviales, jusqu'à 0,5 m du mur extérieur).

- **Le DTU 60.5 (NF P 41-221)**, janvier 2008 : Travaux du bâtiment – Canalisations en cuivre – Distribution d'eau froide et d'eau chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- **Le DTU 65.10 (NF P52-305)**, mai 1993 : Travaux de bâtiment – Canalisations d'eau chaude ou froide sous pression et canalisations d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales à l'intérieur des bâtiments – Règles générales de mise en œuvre – Partie 1 : Cahier des clauses techniques – Partie 2 : Cahier des clauses techniques.
- Les **cahiers de prescriptions techniques** rédigés par des groupes spécialisés du CSTB.
- Les **DTU** propres à chaque type de matériaux ou de canalisations.
- Les **normes** de fabrication, d'essais, de classement, de traitement, de maintenance…
- La **RT 2005**…

On le voit, de très nombreux textes sont à prendre en compte pour la réalisation d'une installation. Le but principal de l'ensemble de ces règles est de créer des installations salubres qui permettent :

- d'assurer en tous points d'un bâtiment :
  - une alimentation en eau à température voulue, débit suffisant et continu, sans pollution possible, sans interruption, à une pression aussi constante que possible,
  - une évacuation rapide des eaux pluviales et eaux usées ;
- d'empêcher l'accès dans les locaux de l'air vicié provenant des égouts ou du système d'écoulement des eaux usées.

Une installation doit aussi être :

- commode,
- robuste,
- silencieuse,
- esthétique,
- économique.

Ce résultat sera atteint par le choix judicieux du schéma, du tracé des tuyauteries, des appareils, des matériaux et le soin apporté à la mise en œuvre.

Quand l'insuffisance ou l'irrégularité de la pression de l'eau ne permet pas l'alimentation continue des appareils en pression directe, il doit être fait usage de dispositifs particuliers (bassins en élévation, surpresseurs...).

Ces dispositifs doivent être établis de façon à éviter toute pollution de l'eau (disconnecteur, et discontinuité sur le raccordement à la tuyauterie de vidange).

La capacité des réservoirs sous pression ou en élévation doit être proportionnée en fonction des besoins et réduite au minimum, de manière à ce que l'eau se renouvelle fréquemment.

Les normes et DTU et textes en vigueur repris en partie dans cet ouvrage ainsi que les prescriptions des règles de l'art fixent les conditions d'exécution minima auxquelles doivent répondre obligatoirement toute installation sanitaire nouvelle et toute modification d'une installation existante pour être conformes aux règles de l'art.

Le présent ouvrage ne peut en aucun cas se substituer au règlement sanitaire en vigueur, ni aux textes réglementaires et législatifs existants.

Le présent ouvrage renferme aussi des recommandations de nature à améliorer la qualité et le fonctionnement des installations, mais dont l'application n'est pas obligatoire.

Terminologie : NF P 41-101 – Distribution d'eau chaude ou d'eau froide

Branchement d'eau général : Conduite amenant l'eau du réseau public sur l'appareil de mesure ou d'arrêt général.

Robinet d'arrêt général : Robinet placé sur le branchement d'eau général et commandant l'arrivée de l'eau de tout le bâtiment desservi.

Compteur général : Compteur placé sur le branchement d'eau général enregistrant la totalité de la consommation de ce branchement.

Conduite d'alimentation : Tout tuyau transportant l'eau de l'appareil de mesure ou d'arrêt général jusqu'à un appareil d'utilisation.

Ceinture principale ou conduite principale : Tuyauterie d'allure horizontale partant du compteur général, généralement placée au plafond du sous-sol et sur laquelle sont raccordées les prises partielles d'alimentation des divers services.

Nourrice : Renforcement du diamètre d'une tuyauterie d'alimentation d'eau, sur lequel sont groupées des prises partielles d'alimentation des divers services, ainsi que leurs robinets d'arrêt et de vidange, afin de centraliser en un point la manœuvre des robinets d'arrêt et de départ.

Colonne montante : Tuyauterie d'allure verticale partant soit de la ceinture principale, soit d'une nourrice et sur laquelle sont raccordés les branchements distribuant l'eau dans les étages.

Robinet de vidange : Robinet de puisage permettant après la fermeture d'un robinet d'arrêt, d'évacuer toute l'eau remplissant les tuyauteries commandées par ce robinet.

Compteur divisionnaire : Compteur placé sur un des branchements desservant une partie de l'installation et indiquant la consommation d'eau du ou des appareils situés sur ce branchement.

Antibélier : Dispositif situé généralement au point le plus élevé d'une colonne montante en vue d'atténuer les chocs produits par les brusques variations de pression de l'eau.

Ceinture d'étage d'appartement ou conduite d'étage d'appartement : Tuyauterie d'allure horizontale partant d'une colonne montante située généralement au niveau soit du sol, soit du plafond des pièces d'un appartement ou d'un étage et permettant l'alimentation en eau des appareils de cet appartement ou de cet étage.

Branchement d'appareil : Tuyauterie partant d'une conduite d'étage ou d'une colonne montante et amenant l'eau directement aux appareils d'utilisation.

Distribution dite « en parapluie » : Système de distribution dans lequel la ceinture principale est reportée à l'étage le plus élevé du bâtiment. Les colonnes alimentant les différents étages prennent alors le nom de « colonnes descendantes ».

L'entrepreneur de plomberie réalise son devis à partir du cahier des charges et des plans qui lui sont fournis avant l'exécution du gros œuvre.

Il doit :

- fournir ses notes de calculs ;
- préciser les caractéristiques du matériel qui ne figure pas dans le cahier des charges qui lui a été remis (types de tuyauteries, types d'assemblages, position des tuyauteries par rapport au gros œuvre, protections extérieures, appareils de traitement de l'eau ou de l'installation (avec le

numéro de l'Avis Technique), purge des gaz, appareils modifiant la pression de l'eau (surpresseurs, réducteurs de pression)...) ;
- réaliser les plans, coupes et schémas nécessaires pour l'exécution des travaux (tracé des canalisations à chaque niveau (en plan et en élévation), position des regards, vannes d'arrêt, clapets de retenue, antibéliers, passage des tuyauteries à travers le gros œuvre...).

Le cahier des charges type du lot plomberie remis à l'entreprise avant la réalisation du gros œuvre doit préciser les informations suivantes :

Distribution de l'eau :
- Pression du réseau de distribution (à moins de 20 m du branchement).
- Nature de l'eau : pH et TH.
- Locaux techniques (détente, surpression, traitement d'eau...).
- Type de distribution d'eau froide (colonnes, compteurs, robinets de chasse...).
- Type de distribution d'eau chaude (colonnes, compteurs, circulateur, calorifugeage...).
- Pression au point le plus défavorisé de l'installation.
- Précautions particulières contre le gel.
- Position des robinets d'arrêts.
- Type et les caractéristiques de la distribution d'eau chaude.
- Alimentation en eau de l'installation de chauffage et de la production d'ECS.
- Réseau d'incendie.
- Nature et tension du courant électrique.

Évacuation des eaux usées :
- Système d'évacuation et d'assainissement des eaux pluviales et ménagères.
- Cotes de raccordement aux réseaux publics.
- Système d'évacuation des eaux usées (chute unique, chutes séparées).
- Système de relevage éventuel des eaux usées (pompe, air comprimé).

Plans :
- Locaux de service (compteurs, transformateurs, ascenseurs...).
- Passages obligatoires pour les tuyauteries.
- Boîtes de coupure du courant électrique.

De plus il doit :
- préciser la nature des canalisations situées en amont de l'installation à réaliser (présence de cuivre ou d'alliage cuivreux) ;
- fournir une analyse d'eau de moins de 3 mois (selon le modèle qui se trouve au chapitre 4 sur le traitement de l'eau).

Dimensionnement des tuyauteries (application du DTU 60.11)

Avant d'aborder cette partie, il faut maîtriser les notions de débit, pression, pertes de charge traitées dans le mémento technique.

Il existe deux façons d'aborder le dimensionnement des installations.

- **Distribution individuelle :** pour la distribution intérieure courante sous une pression minimale de 3 bars :
  - **Raccordement des appareils :** respect des diamètres minimums.
  - **Parties de tuyauterie commune** : calcul des coefficients de simultanéité et détermination des diamètres.
- **Distribution collective :** pour les tuyauteries desservants plusieurs logements :
  - **Détermination des débits de base.**
  - **Calcul des coefficients de simultanéité.**
  - **Calcul des débits probables.**
  - **Détermination des diamètres des tuyauteries.**
  - **Vérification de la pression au point le plus défavorisé.**

Le Règlement sanitaire départemental type précise *(article 1.4 du titre 1er, Les eaux destinées à la* consommation humaine) « Le branchement et le réseau de canalisations intérieures ont une section suffisante pour que la hauteur piézométrique de l'eau au point le plus élevé ou le plus éloigné de l'immeuble soit encore d'au moins 3 m (correspondant à une pression d'environ 0,3 bar) à l'heure de pointe de consommation, même au moment où la pression de service dans la conduite publique atteint sa valeur minimale ».



Attention

Pour les immeubles collectifs d'habitation, on peut dimensionner l'installation pour obtenir à l'entrée de chacun des logements, une pression totale minimale de 1 bar, cette pression à l'entrée du logement permet dans la majorité des cas d'obtenir une pression de 0,3 bar au point de puisage (la perte de charge de devra donc pas être supérieure à 0,7 bar).

De nombreux facteurs viennent perturber ou modifier le fonctionnement d'une installation : variation des pressions d'alimentations, des débits en fonction des saisons, de l'heure et de l'usage, entartrage, extension de l'installation..., il faudra donc bien étudier les caractéristiques présentes et éventuellement envisager les caractéristiques futures d'une installation lors de son dimensionnement.

Quelques règles simples pour réaliser une bonne installation :

- Utilisation de robinetteries à passage intégral ou dont les pertes de charge sont connues.
- Prise en compte pour les calculs de la pression la plus faible disponible sur le réseau de distribution public (mesurée à l'aide d'un manomètre enregistreur).
- Analyse de l'eau pour prévoir un traitement éventuel.
- Mise en œuvre soignée (sans déformation ou obstruction des tuyauteries…).
- Prise en compte du mode de vie des habitants (simultanéité des puisages…).

Les diamètres déterminés au cours des études qui suivent correspondent à la pratique courante, le choix d'un diamètre supérieur rendra bien souvent l'installation plus performante.

■ Distribution individuelle (DTU 60.11)

Cette méthode permet de dimensionner les diamètres intérieurs des tuyauteries afin d'obtenir un débit minimum à la robinetterie sous une pression de 3 bar à l'entrée du logement *(lorsque la pression n'est pas de 3 bar à l'entrée du logement, on ne peut exiger ces débits minimums aux robinetteries)*.

■ Raccordement des appareils

Respect des diamètres intérieurs minimums pour l'alimentation d'*un seul appareil* (tableau 6.1).

Tableau 6.1 – Diamètres **intérieurs** minimaux

Type d'appareils	Diamètre minimal intérieur (mm)
Lavabo, bidet, lave-mains, vasque Lave-vaisselle, lave-linge WC avec réservoir de chasse	**10**
Évier Douche Poste d'eau 1/2	**12**
Baignoire Poste d'eau 3/4 Bac à laver	**13**
WC avec robinet de chasse	Au moins le diamètre du robinet

Une baignoire sera alimentée par une tuyauterie en cuivre 16x1 ou une tuyauterie PER 13-16.

■ Parties de tuyauterie commune

(Partie qui alimente 2 appareils ou plus)

Le diamètre de la tuyauterie est déterminé par lecture sur le graphique (figure 6.1) à partir de la somme des coefficients des appareils alimentés (tableau 6.2).

Tableau 6.2 – Coefficients de distribution individuelle

Type d'appareils	Coefficient
WC avec réservoir de chasse Lave-mains	**0,5**
Bidet Lave-vaisselle, lave-linge	**1**
Lavabo, vasque	**1,5**
Douche Poste d'eau	**2**
Évier	**2,5**
Baignoire jusqu'à 150 l	**3**
Baignoire de plus de 150 l	**3 + 0,1** pour chaque tranche de 10 l en plus

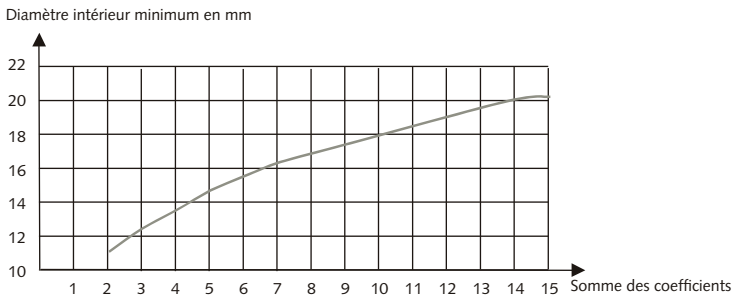


Figure 6.1 – Détermination des **diamètres intérieurs** des tuyauteries communes à partir de la somme des coefficients*

* Si la somme des coefficients est supérieure à 15, on utilisera la méthode de calcul des distributions collectives (formule de Flamant).



Exemple de dimensionnement d'une distribution individuelle

Pour une salle de bains qui comprend une baignoire de 200 l, 2 vasques, 1 WC avec réservoir et 1 bidet, on effectuera le choix de tuyauterie suivant :
Somme des coefficients = (3 + (5 × 0,1)) + (2 × 1,5) + 0,5 + 1 = 8
La lecture sur la courbe (figure 6.1) donne un diamètre intérieur minimal de 17. On pourra choisir :
– Tuyauteries cuivre 18-20 (dimension retirée des catalogues) ; on prendra 20-22 mm.
– Tuyauterie PER 20-25 mm.
– Tuyauterie en C- PVC 19,4-25 mm.
– Tuyauterie Acier galvanisé 22,3-26,9 mm…
Cette tuyauterie alimentera une nourrice située sous la baignoire ou sous le meuble de toilette. Les différents appareils seront alimentés ensuite séparément, par exemple en PER 10-12 pour les vasques, le bidet et le WC et en 13-16 pour la baignoire (selon le tableau des diamètres minimums).

Si cette canalisation alimente la production d'eau chaude individuelle, le diamètre jusqu'au piquage qui alimente cette production d'eau chaude sera calculé de la même manière que pour les distributions collectives. Après le piquage, nous sommes dans le cas d'une distribution individuelle, le calcul précédent s'applique.

■ Cas particulier de l'eau chaude

Pour le dimensionnement des tuyauteries d'eau chaude (tableau 6.3), il faut prendre en compte le temps d'attente de l'utilisateur (une étude de Gaz de France montre qu'une majorité d'usagers se satisfait d'un **temps d'attente inférieur à 10 s**).

Il est recommandé de réduire le volume d'eau des distributions d'eau chaude non maintenues en température pour réduire le risque de légionellose à un volume inférieur à 3 l.

Si le volume est supérieur à 3 l, il faudra que l'eau soit maintenue à une température supérieure à 50 °C en tout point du circuit.

Tableau 6.3 – Longueurs de tuyauterie maximum entre la production d'eau chaude et l'utilisation pour un temps d'attente* inférieur à 10 s

Tuyauterie cuivre		Tuyauterie PER	
10-12	11,5 m	10-12	12,5 m
12-14	8 m	13-16	7 m
14-16	6 m		
16-18	4,5 m	16-20	4,5 m
20-22	3 m	20-25	2,5 m

* Temps calculés en fonction du débit minimum (DTU 60.11) pour 1 douche, 1 lavabo, 1 évier, 1 lavabo ou un bidet (débit total 12 l/min = 0,2 l/s soit 0,1 l/s eau froide et 0,1 l/s eau chaude).

Ces distances sont réduites lorsque le débit est plus faible, ce qui est le cas dans de nombreuses installations (tableau 6.4).

Tableau 6.4 – Longueurs de tuyauterie maximum entre la production d'eau chaude et l'utilisation pour un temps d'attente* inférieur à 10 s pour de faibles débits

Tuyauterie cuivre		Tuyauterie PER	
10-12	8 m	10-12	9 m
12-14	6 m	13-16	5 m
14-16	4 m		
16-18	3 m	16-20	3 m
20-22	2 m	20-25	1,7 m

* Temps calculés en fonction d'un débit inférieur de 30 % par rapport aux débits minimum pour 1 douche, 1 lavabo, 1 évier, 1 lavabo ou un bidet (débit total 8 l/min soit 4 l/min eau froide et 4 l/min eau chaude).

■ Distribution collective (DTU 60.11)

Cette méthode est utilisée pour dimensionner les tuyauteries situées dans les parties communes d'eau chaude ou d'eau froide qui alimentent un ou plusieurs appartements.

On déterminera successivement :

- les débits de base,
- les coefficients de simultanéité,
- les débits probables,
- les diamètres des tuyauteries.

Puis on effectuera la vérification de la pression au point le plus défavorisé.

■ Détermination des débits de base

On calcul la somme des débits des appareils alimentés (tableau 6.5).

Tableau 6.5 – Débits des appareils alimentés

Type d'appareils	Débits minimums (l/s)		Équivalence en l/min
	Eau froide ou eau mitigée	Eau chaude	
Baignoire	0,33	0,33	*19,8*
Évier, Timbre d'office Lavabo, vasque, bidet Douche	0,20	0,20	*12*
WC avec réservoir de chasse	0,12		*7,2*
WC avec robinet de chasse	1,50		*90*
Poste d'eau 3/4	0,42		*25,2*
Poste d'eau 1/2	0,33		*19,8*
Lave-linge	0,20		*12*
Lave-mains Lave-vaisselle	0,10		*6*



Attention

Les débits du tableau 6.5 sont donnés pour une pression de 3 bar à la robinetterie. Cette pression n'est pas toujours disponible dans les appartements, les débits réels seront donc bien souvent inférieurs.

Les débits d'eau chaude ne servent qu'à dimensionner la distribution d'eau chaude. On peut ne pas les prendre en compte pour les parties de

canalisations qui alimentent un appartement en eau froide ainsi que la production d'eau chaude.

On peut considérer qu'un appareil est alimenté soit en eau froide, soit en eau chaude, soit en eau mitigée et dans ce cas le débit n'est pas doublé.



Exemple

Pour un lavabo, le débit d'eau mitigé est de 0,2 l/s soit 0,1 l/s en eau froide et 0,1 l/s en eau chaude. Lorsqu'on utilise un mitigeur, la cartouche ne laisse jamais passer l'eau chaude et l'eau froide à plein débit.

Toutefois, si l'on souhaite assurer un niveau de confort plus important (appartements de haut standing, nombreuses salles de bains…), on pourra prendre en compte les débits d'eau chaude dans le calcul de diamètres des tuyauteries.

De la même manière, si les robinetteries ne sont pas des mitigeurs ou des mélangeurs, mais des robinets séparés EC-EF, il faudra prendre en compte les débits d'eau chaude dans le calcul des diamètres des tuyauteries car les deux robinets pourront être ouverts en même temps (les robinetteries « rétro » reviennent à la mode, on retrouve parfois des robinetteries séparées).

Dans les exemples développés dans la suite de ce chapitre, on a considéré que tous les appareils étaient équipés de mélangeurs ou de mitigeurs, le débit d'eau chaude n'a pas été pris en compte en supplément du débit d'eau froide.

■ Calcul des coefficients de simultanéité

On effectue la somme des appareils installés, et on calcule le coefficient de simultanéité à partir de la formule :

$$coefficient = \frac{0{,}8}{\sqrt{x-1}}$$

dans laquelle x est le nombre d'appareils lorsque $x > 5$.

Si le nombre d'appareils est inférieur à 5, on utilise la méthode « distribution individuelle ».

On peut effectuer une lecture directe sur la figure 6.2.

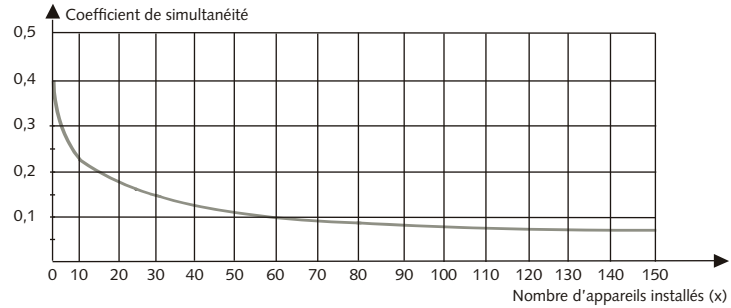


Figure 6.2 – Coefficients de simultanéité en fonction du nombre d'appareils installés pour les distributions collectives d'eau froide ou d'eau chaude

On trouvera dans le tableau 6.6 les valeurs approchées des coefficients de simultanéité.

Tableau 6.6 – Valeurs approchées des coefficients de simultanéité

Nombre d'appareils	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35
Coefficient de simultanéité	0,4	0,36	0,33	0,30	0,28	0,27	0,21	0,18	0,16	0,15	0,14

Nombre d'appareils	40	45	50	55	60	70	80	90	100	150
Coefficient de simultanéité	0,13	0,12	0,114	0,108	0,104	0,096	0,090	0,085	0,080	0,065

Ce coefficient est utilisable pour les immeubles d'habitation collective, les bureaux, les hôpitaux, les maisons de retraites.

Pour les hôtels, on multiplie généralement ce coefficient par 1,25, une étude est nécessaire.

Pour les stades, les écoles, les casernes, les gymnases..., il faut considérer que tous les lavabos ou douches peuvent fonctionner en même temps ou utiliser la formule :

$$coefficient = \frac{2}{\sqrt{x-1}}$$

L'utilisation de robinets temporisés nécessite une étude spécifique (la société Delabie donne les critères de calcul sur son site www.delabie.fr).

Pour les robinets de chasse (moins utilisés de nos jours) qui ne fonctionnent que pendant quelques secondes, il faudra respecter les règles suivantes. On ne prend en compte que :

- 1 robinet pour 3 installés ;
- 2 robinets pour 4 à 12 installés ;
- 3 robinets pour 13 à 24 installés ;
- 4 robinets pour 25 à 50 installés ;
- 5 robinets pour 50 ou + installés.

■ Calcul du débit probable

Débit probable = débit de base × coefficient de simultanéité

Le débit probable sera le débit pris en compte pour déterminer le diamètre intérieur de la tuyauterie à partir des abaques.



Exemple de dimensionnement d'une distribution collective d'eau froide

	Débits de base d'un appartement F2	
	Nombre d'appareils	Débits de base (l/s)
Douche	1	0,20
Lavabo	1	0,20
Évier	1	0,20
WC	1	0,12
Lave-mains	1	0,10
Lave-linge	1	0,20
Total	6	1,02

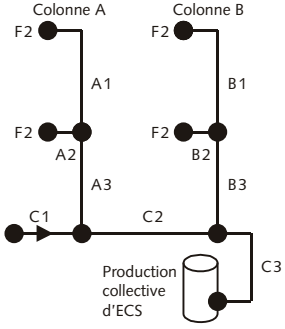


Figure 6.3 – Exemple de dimensionnement d'une distribution collective d'eau froide

Repère de la tuyauterie	Tuyauterie ou logement alimenté	Nombre d'appareils	Débit de base (l/s)	Coefficient de simultanéité	Débit probable (l/s)
A1 ou B1	F2	6	1,02	0,358	0,365
A2 ou B2	F2	6	1,02	0,358	0,365
A3 ou B3	A1+A2 ou B1+B2	12	2,04	0,241	0,492
C1*	A1 +B1	24	4,08	0,160	0,653
C2*	B3 et C3	20	3,44	0,184	0,633
C3*	ECS pour les 4 F2	16	2,80	0,207	0,578

* Lorsqu'une tuyauterie alimente une production d'eau chaude et une distribution d'eau froide, on ne compte les appareils qu'une seule fois. La formule utilisée dans ce tableau pour le calcul des coefficients de simultanéité est :

$$\text{coefficient} = \frac{0{,}8}{\sqrt{x - 1}}$$

Figure 6.3 – Exemple de dimensionnement d'une distribution collective d'eau froide *(suite)*

Pour C 1 : on ne tient pas compte de la production d'eau chaude.
Pour C 2 : on alimente en eau froide la colonne B3 (12 appareils) et en eau chaude les appartements de la colonne A3 (8 appareils), on pourra garder le même diamètre que C 1 ou le réduire.
Pour C 3 : tous les appareils ne sont pas alimentés en eau chaude, on a 4 appareils (douche, lavabo, évier et lave main) par appartement F2 :
– débit de base = 0,70 l/s.
– soit pour 4 F2 : 16 appareils, un débit de base de 2,8 l/s.
– débit probable = 2,8 × 0,207 = 0,578 l/s.

■ Détermination des diamètres des tuyauteries

Pour déterminer le diamètre de la tuyauterie, il faudra prendre en compte le plus souvent :

- la vitesse de l'eau maximale autorisée,
- le débit calculé précédemment.

■ Vitesses maximales de l'eau dans les tuyauteries :

Les vitesses maximales préconisées par le DTU et celles recommandées sont :

- **2 m/s :** tuyauteries en sous sol ou vide sanitaire.
- **1,5 m/s :** colonnes montantes.
- **1 m/s :** branchement d'étage ou alimentation appareil d'un débit supérieur à 3 l/min soit 0,05 l/s (zone d'habitation).
- **0,2 à 0,5 m/s :** tuyauteries de retour d'eau chaude (en l'absence de soutirage).
- **0,2 m/s :** débit minimum pour rester en régime turbulent.

À partir de ces deux valeurs et des abaques, on pourra lire les pertes de charge linéaires pour un diamètre de tuyauterie donnée.

Les pertes de charge totales permettront de calculer la pression disponible au point le plus défavorisé afin de vérifier si la pression minimale est suffisante (0,3 bar à 1 bar).

Pour les installations collectives, le DTU 60.11 précise qu'il faut utiliser la formule de Flamant qui permet de calculer les pertes de charge en fonction du diamètre et de la vitesse de l'eau. Les formules sont les suivantes :

$$\text{Pour l'eau froide} = \quad DJ = 0{,}00092 \cdot \sqrt[4]{\frac{v^7}{D}}$$

$$\text{Pour l'eau chaude} = \quad DJ = 0{,}00046 \cdot \sqrt[4]{\frac{v^7}{D}}$$

avec :

D : diamètre intérieur en m ;

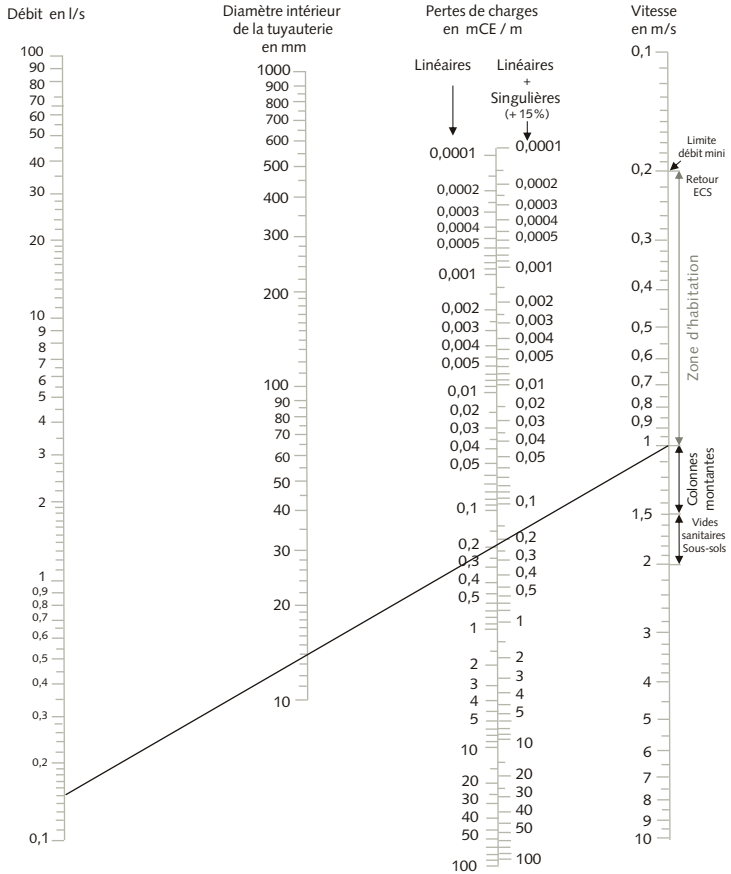
J : perte de charge en mCE/m ;

v : vitesse en m/s.

L'ingénieur Dariès a traduit cette formule sous la forme d'abaques dont l'usage est plus pratique (figure 6.4).

Il existe différentes manières et formules pour calculer les diamètres et les pertes de charge (Flamand, Colebrook…). Dans cet ouvrage nous garderons les formules préconisées par le DTU 60. 11.

Pour les tuyauteries d'eau chaude, parce qu'elle est plus fluide, les pertes de charges seront inférieures de 25 à 40 % selon la température. Attention toutefois à prendre en compte l'entartrage prévisible plus important.



À partir des valeurs connues (débit et vitesse, ou débit et pertes de charges), on trace un trait à l'aide d'une règle, les deux autres valeurs se lisent au point d'intersection du trait sur les échelles correspondantes. Exemple : pour un débit de 0,15 l /s et une vitesse maximum de 1 m /s, le diamètre intérieur de la tuyauterie sera le 14 mm et la perte de charge linéaire de 0,18 mCE par mètre de tuyauterie.

Figure 6.4 – Abaque de Daries pour le dimensionnement des tuyauteries d'eau froide et d'eau chaude

Les pertes de charge de ces abaques seront les pertes de charge d'une tuyauterie en acier. Elles seront plus faibles pour une tuyauterie en cuivre (de 10 à 15 %), en PVC (de 15 à 20 %), en matériaux de synthèse... En cas de doute, on utilisera des abaques fournis par les fabricants de tuyauterie.

Les débits utilisés pour les calculs sont des débits maximum souhaités aux robinetteries. L'évolution des robinetteries actuelles qui proposent des dispositifs d'économie d'eau (limitation du déplacement de la poignée du mitigeur, diaphragme installé dans le mousseur…), entraîne un débit réel à la robinetterie plus faible que celui calculé, sans perte de confort.

Mais ce n'est pas une raison pour sous-dimensionner les tuyauteries (ce serait contraire à la norme).

À l'inverse, la pose d'une colonne de douche ou d'accessoires de balnéothérapie nécessite un débit plus important ce qui implique un dimensionnement plus important du diamètre des tuyauteries. Certains équipements nécessitent une pression supérieure à 1 bar pouvant aller jusqu'à 3 bar (pression qui sert à caractériser les performances d'une robinetterie).

Toutes proportions gardées, à cause des erreurs de mesure et de lecture les abaques pourront être utilisés de différentes manières :

- *Dimensionnement d'une tuyauterie :* à partir du débit désiré et de la vitesse maximum autorisée, on détermine le diamètre intérieur minimum de la tuyauterie. Dans l'exemple tracé sur l'abaque d'eau froide, si l'on souhaite un débit de 0,15 l/s dans une zone d'habitation (vitesse maximum 1 m/s), le diamètre minimum intérieur de la tuyauterie devra être de 14 mm.
- *Calcul des pertes de charge :* à partir du débit souhaité et du diamètre de la tuyauterie sélectionné (en respectant les vitesses conseillées), on pourra calculer la perte de charge linéaire de la tuyauterie. En connaissant la pression à l'origine, on pourra donc calculer la pression au point de puisage. Dans l'exemple tracé sur l'abaque d'eau froide, la perte de charge pour une tuyauterie en cuivre 16 × 1 sera de 0,18 mCE/m, soit pour une tuyauterie de 20 m une perte de charge totale de 3,6 mCE = 0,36 bar. Si la pression à l'origine est de 1 bar, la pression au point de puisage (non comprise les pertes de charge de la robinetterie) sera de : 1 – 0,36 = 0,64 bar.
- *Contrôles d'une vitesse :* lorsque l'on souhaite contrôler la vitesse dans l'installation (en cas de dysfonctionnement : coup de bélier…), à partir du débit mesuré à la robinetterie et de son diamètre extérieur, on pourra lire

sur l'abaque la vitesse à l'intérieur de la tuyauterie. Dans l'exemple tracé sur l'abaque d'eau froide, pour un débit mesuré de 0,15 l/s, la vitesse dans la tuyauterie de diamètre intérieur 14 (cuivre 16 × 1) sera de 1 m/s.

- *Détermination d'un débit :* lorsque la tuyauterie est suffisamment longue et la prise de pression suffisamment précise, ou dans le cas de vannes d'équilibrage (pour lesquelles la qualité de fabrication permet de connaître précisément les pertes de charge en fonction du débit), on pourra, à partir de la mesure des pertes de charge et des diamètres de la tuyauterie (ou de la vanne), connaître le débit et la vitesse dans la tuyauterie. Dans l'exemple tracé sur l'abaque d'eau froide, si l'on mesure une perte de charge de 0,72 bar sur une longueur de tuyauterie de diamètre intérieur 14 mm et de longueur 40 m, la perte de charge linéaires sera de 0,018 bar, soit 0,18 mCE/m. On pourra en déduire le débit : 0,15 l/s et la vitesse dans la tuyauterie : 1 m/s.

Même si leurs usages semblent difficiles, ces abaques peuvent rendre de grands services. Il faut noter toutefois que les fabricants de tuyauteries proposent dans leurs catalogues les abaques correspondants à leurs produits. En effet, les pertes de charge varient en fonction de la rugosité intérieure des tuyauteries, les tuyauteries en acier, en cuivre, ou en PER n'ont donc pas les mêmes caractéristiques.

Lorsque l'on a déterminé le diamètre intérieur des tuyauteries, il faut s'assurer que la pression disponible au point le puisage le plus défavorisé reste acceptable (1 bar à l'entrée d'un appartement ou d'un immeuble, 0,3 bar à la robinetterie, plus pour des équipements particuliers).

■ Vérification de la pression au point le plus défavorisé

Pour connaître la pression au point le plus défavorisé, il faut connaître la **pression à l'origine** (pression au point de raccordement sur le réseau).

La compagnie qui a en charge le réseau de distribution fournira les renseignements nécessaires. Lorsque le réseau est « faible » ou présente une pression irrégulière (vieux réseaux sous-dimensionnés), il conviendra de placer un enregistreur de pression pendant au moins 24 heures (de préférence pendant une semaine) pour déterminer l'heure à laquelle la pression est la plus faible du réseau.

Il faudra dimensionner l'installation pour que la pression au point de puisage reste suffisante dans les conditions les plus défavorables.

Si malgré tout, la pression reste insuffisante, il faudra installer des surpresseurs pour augmenter la pression.

En cas de trop forte pression, il suffira de poser un détendeur (réducteur de pression) au point d'alimentation.

En règle générale on considère qu'une pression à l'origine est convenable si elle dépasse de 1 à 1,5 bar la pression nécessaire pour atteindre le dernier étage du bâtiment (pression statique) en tenant compte des pertes de charge du réseau.

$$P_{origine} = P_{statique} + pdC + 1{,}5$$

Dans l'exemple tracé sur l'abaque d'eau froide (figure 6.4), la perte de charge pour une tuyauterie en cuivre 16 × 1 sera de 0,18 mCE/m, soit pour une tuyauterie de 25 m une perte de charge totales de 4,5 mCE = 0,45 bar. Si le point le plus défavorisé se trouve au dernier étage d'une villa de 2 étages (hauteur statique 7 m).

La pression à l'origine doit être de : 0,7 + 0,45 + 1,5 = 2,65 bar. La pression au point de puisage (non comprises les pertes de charge de la robinetterie) sera de : 2,65 – 0,7 – 0,45 = 1,5 bar.

Cette pression est acceptable pour une installation courante, mais elle ne le sera pas forcément pour l'installation d'une cabine multijets qui nécessite une pression plus importante.

Dans le cas particulier des immeubles de grande hauteur (plus de 10 étages), il faudra prévoir l'installation de détendeurs dans les étages inférieurs pour limiter la pression à 3 bar (limitation des nuisances acoustiques).

Lorsque la pression au point d'origine n'est pas suffisante, on installera un dispositif de surpression (se reporter aux surpresseurs dans le chapitre 3 sur la captation et l'élévation de l'eau, p. 107).

☐ Ancienne installation

La pression et le débit des réseaux publics de distribution d'eau n'a pas été toujours suffisante. On trouve encore dans de vieux bâtiments des installations comportant des réservoirs de stockage alimentés par des robinets flotteurs. La distribution se fait par écoulement gravitaire dans des colonnes descendantes. Les réservoirs de stockage sont bien souvent en zinc, ils sont recouverts d'un couvercle protégeant l'eau d'une pollution éventuelle. Un dispositif de trop-plein est prévu pour évacuer l'eau à l'extérieur en cas de débordement du réservoir (figure 6.5).

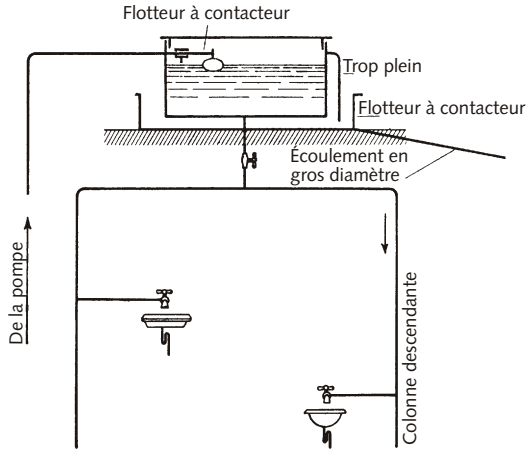


Figure 6.5 – Installation dite « en parapluie » par l'emploi d'un réservoir de combles

Ces colonnes sont bien souvent en plomb basse pression, il n'est pas toujours possible de les alimenter en direct sur le réseau lors d'une rénovation car leurs sections sont trop petites et elles ne résistent pas toujours à des pressions élevées. De plus les canalisations en plomb ne sont plus autorisées en installations neuves ou lors d'opérations de grosse rénovation, il faudra les remplacer entièrement.

☐ **Détendeurs**

Lorsque la pression du réseau est trop importante, il est nécessaire de la réduire. Pour cela on utilise un appareil appelé détendeur, régulateur de pression ou réducteur de pression. Ces trois termes désignent des appareils qui ont des caractéristiques légèrement différentes mais qui assurent tous la même fonction : la réduction de la pression.

Le modèle le plus couramment employé est le modèle suivant (figure 6.6).

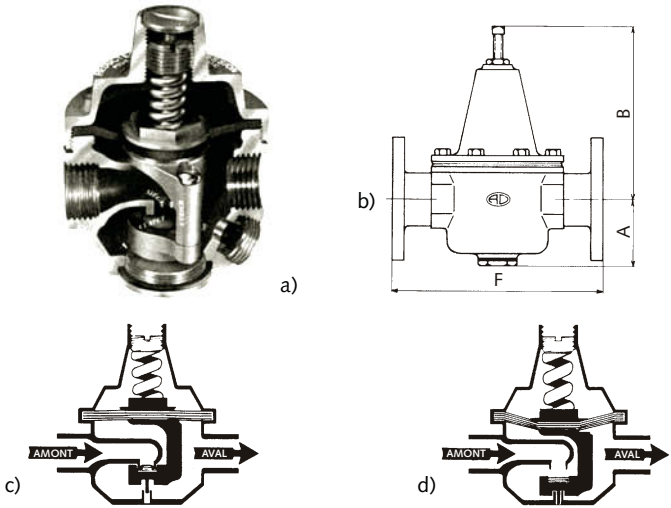


Figure 6.6 – Réducteur de pression. Sté Desbordes.

La pression en amont (la plus forte) s'exerce sur le clapet qui se trouve sur l'étrier (partie mobile du détendeur) et le pousse vers le bas.

La pression aval (la plus faible) s'exerce sur la membrane située au-dessus de l'étrier et la pousse vers le haut.

Le ressort et la vis de réglage situés au-dessus de la membrane vont permettre de régler la pression désirée à la sortie du détendeur (pression aval).

Sur la figure 6.6c, le robinet de l'installation est fermé, la pression aval pousse la membrane vers le haut et fait remonter l'étrier. Il y a équilibre entre la faible pression exercée sur la membrane (qui a une surface importante) et la forte pression exercée sur le clapet (qui a une surface faible) : le clapet est fermé, la pression aval est celle réglée par le ressort.

Sur le la figure 6.6d, le robinet de l'installation est ouvert, la pression aval diminue, la force exercée sur la membrane aussi, l'étrier descend et l'eau passe dans le détendeur pour rétablir la pression aval demandée.

Lorsque l'écart de pression entre la pression amont et la pression aval est trop important, il sera souhaitable de placer 2 détendeurs en cascade pour sécuriser l'installation (par exemple : pression amont 30 bar – pression aval 1 bar).

☐ **Choix du détendeur**

Dans la pratique, on choisira un détendeur d'un diamètre égal à celui de la canalisation sur laquelle il doit être monté. Pour limiter le bruit de l'appareil, on limitera la vitesse de l'eau dans le détendeur en choisissant un modèle à partir de l'abaque constructeur (figure 6.7).

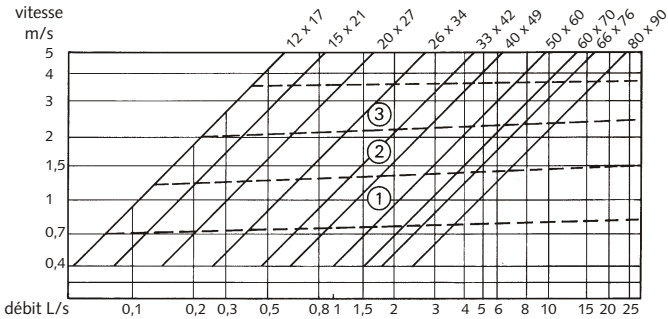


Figure 6.7 – Abaque de la société Desbordes, Lyon

Les trois zones représentées par les pointillés, définissent les niveaux de confort :

- zone 1 : zone d'habitation (pas de bruits, appartement…) ;
- zone 2 : zone d'activité (magasins, zone commerciale…) ;
- zone 3 : zone inoccupée ou industrielle (cave, entrepôts, industrie…).

D'une manière générale, on veillera à ce que la vitesse de l'eau dans le détendeur soit conforme à la vitesse recommandée pour la tuyauterie sur laquelle il est installé.



Attention

Il ne faut pas surdimensionner un détendeur.

Pendant le fonctionnement d'un détendeur, la pression se stabilise dans le corps du détendeur lors du mouvement de la membrane. Lorsque les débits sont faibles et que le détendeur est surdimensionné, on risque d'avoir un phénomène de « pompage » du détendeur. Le clapet s'ouvre

et se ferme sans arrêt, ce qui provoque une usure prématurée du détendeur.

☐ **Sectionnement, arrêt et vidange des tuyauteries**

- Le robinet d'arrêt général du bâtiment doit être placé en limite de propriété, il sera équipé d'un robinet ou d'un dispositif de vidange.
- Lorsque l'installation est importante (immeubles), chaque colonne devra être équipée d'une robinetterie d'arrêt permettant l'isolement et la vidange. Ces robinets devront être placés dans des parties communes facilement accessibles et pouvoir être identifiées.
- Lorsqu'il existe un branchement d'étage, il doit être muni d'un robinet d'arrêt, ce robinet doit être placé le plus près possible de la colonne, de préférence dans les parties communes, si ce n'est pas possible, dans le même local que les appareils desservis.
- Il est recommandé d'équiper chaque appareil d'un robinet d'arrêt individuel.
- Tous les appareils de chasse, les chauffe-bains, les chauffe-eau à accumulation, les compteurs, les machines à laver… et d'une manière générale tous les appareils spéciaux doivent être obligatoirement munis de robinets d'arrêt individuel.
- Les robinets d'arrêt doivent être normalisés (NF), de même diamètre que les tuyauteries sur lesquelles ils sont posés et facilement démontables.
- Les robinets installés sur les réseaux d'eau potable depuis le 31 décembre 2002 doivent faire l'objet d'une attestation de conformité sanitaire (ACS) qui garantit l'innocuité des matériaux vis-à-vis de l'eau transportée.

Toutes les robinetteries se ferment en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre et s'ouvrent en tournant dans le sens opposé des aiguilles d'une montre. Si ce n'est pas le cas, il faut l'indiquer par une étiquette qui précise le sens d'ouverture, fixée sur ou à côté de la robinetterie.

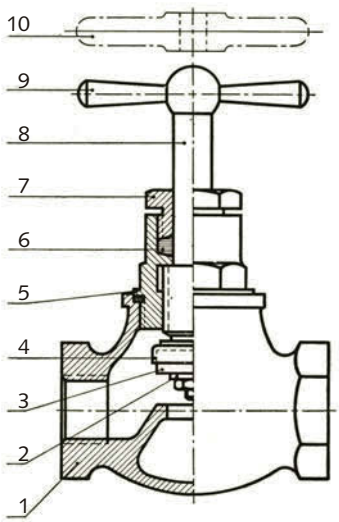
Il faudra respecter quelques règles simples de pose et d'usage :

- Positionner les outils sur les parties à pans prévus pour cet effet (il ne faut pas prendre le corps du robinet dans l'outil).
- Ne pas fileter les tubes sur une longueur trop longue, ils entreraient trop profondément dans le robinet et gênerait le mécanisme de fermeture.
- Ne pas introduire de filasses ou de résines d'étanchéité à l'intérieur des robinets.
- Lorsque la vanne est coincée, il ne faut pas forcer avec un levier sur la poignée de commandes. Il vaut la débloquer en agissant par mouvement de va-et-vient successif.

- Lorsque l'on ne sait pas si la vanne est ouverte ou fermée (vanne à opercule), il faut essayer de tourner le volant de commandes dans un sens. Si cela ne fonctionne pas, il faudra le tourner dans l'autre sens pour vérifier si l'opercule n'est pas déjà en position de butée.
- Lorsque la vanne fuit, un serrage excessif n'est pas la solution, il faut bien souvent remplacer le clapet.
- Une vanne doit être actionnée régulièrement sur toute sa course pour éviter qu'elle ne grippe (au moins une fois par an, plus sur les réseaux d'eau chaude).

Il existe de très nombreux modèles de robinetteries, en voici quelques-uns.

- **Robinetterie à clapet :** le corps de la robinetterie est généralement en laiton, la tête est démontable et il existe des modèles de tête à clef. Il est nécessaire de respecter le sens de passage de l'eau (figures 6.8 et 6.9). La tête de type duo (figure 6.10) présente un presse-étoupe que l'on peut resserrer en cas de fuite, la tête à joint torique (figure 6.11) est à remplacer en cas de fuite. Il est recommandé de monter des robinets à passage intégral (ou passage direct) sur les conduites collectives (figure 6.12).



1. Corps
2. Rondelle
3. Disque plastique
4. Porte-disque
5. Convercle
6. Garniture
7. Fouloir
8. Tige
9. Potence
10. Volant

Figure 6.8 – Robinet d'arrêt

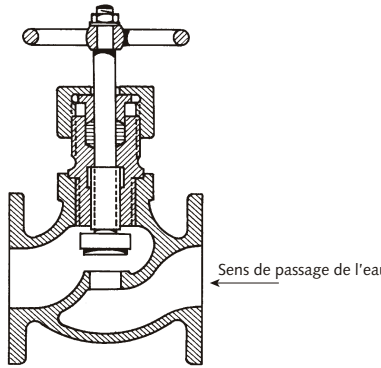


Figure 6.9 – Robinet à soupape. Tige montante à vis intérieure. L'eau doit exercer une pression sous le clapet en position fermée



Figure 6.10 – Tête « duo » (société Huot)

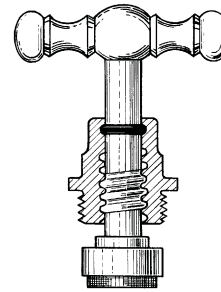


Figure 6.11 – Joint torique

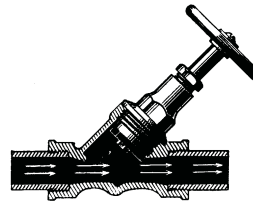


Figure 6.12 – Robinet d'arrêt à passage intégral

- **Robinetterie à opercule** : un opercule métallique vient fermer le passage de la tuyauterie. Ce type de robinetterie doit être actionné régulièrement pour éviter le dépôt de tartre qui empêche la fermeture complète de l'opercule lorsque cela est nécessaire (figures 6.13 et 6.14).

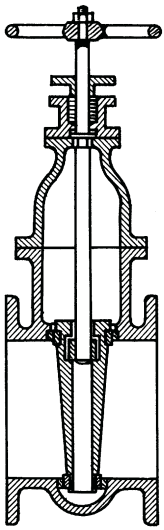


Figure 6.13 – Robinet vanne à tige fixe et à vis intérieure

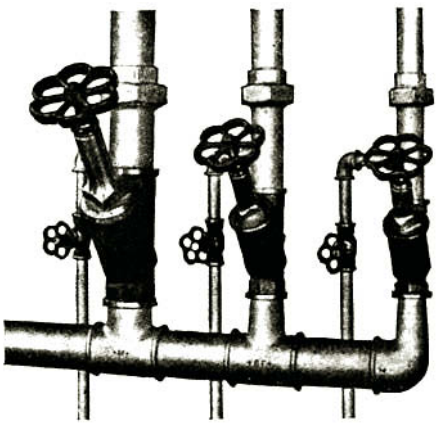
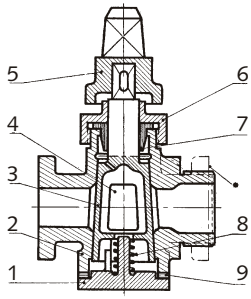


Figure 6.14 – Nourrice montée entièrement avec des raccords en fonte malléable Fischer (société des Raccords de France)

- **Vanne à boisseau :** les vannes à boisseau sont principalement utilisées sur les vannes de vidange, elles doivent être actionnées à l'aide d'une clef à molette. Le boisseau percé en son centre permet un passage intégral. La tête de l'axe est marquée d'une fente : lorsque la fente est dans un l'axe de la tuyauterie, la vanne est ouverte ; lorsque la fente est en travers de la tuyauterie (perpendiculaire à l'axe), la vanne est fermée (figure 6.15).



1. Plaque de fermeture et d'arrêt
2. Boisseau
3. Tournant
4. Lumière
5. Chapeau d'ordonnance
6. Chapeau presse-garniture
7. Garniture d'étanchéité
8. Ressort
9. Joint de la plaque de fermeture

Figure 6.15 – Robinet à boisseau tournant

- **Vannes à billes (à boisseau sphérique)**: ce type de vanne est le plus employé de nos jours. Elles nécessitent d'être actionnées régulièrement pour éviter que le boisseau ne se bloque. Lorsque la poignée est dans le sens de la tuyauterie, la vanne est ouverte ; lorsque la poignée est en travers de la tuyauterie la vanne est fermée. Il existe de nombreuses qualités de vannes, il faudra donc s'assurer que le modèle choisi convient bien à l'usage prévu (figure 6.16).

Schéma en coupe transversale d'une vanne à bille

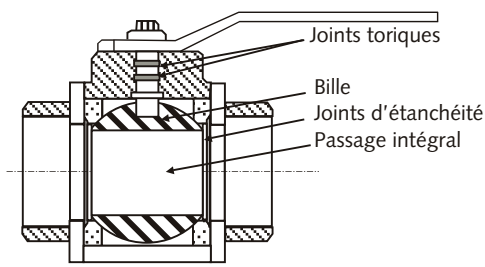


Figure 6.16 – Vanne à bille

- **Vanne à papillons :** les vannes à papillons sont principalement utilisées pour les gros diamètres, sur les installations de génie climatique ou sur les installations de gaz. Elles permettent un passage intégral (figure 6.17), elles se positionnent généralement entre 2 brides.

a)

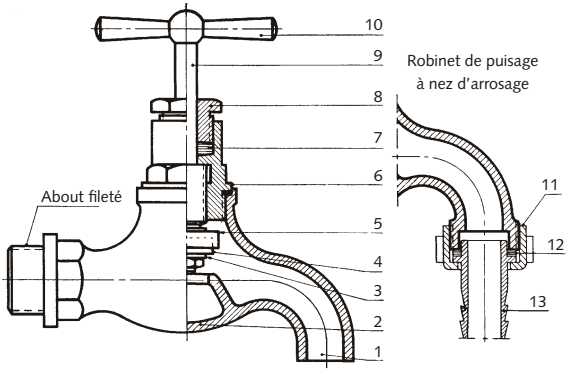


b)



Figure 6.17 – Vanne papillon
a) position fermée.
b) position ouverte.

- **Vanne à fonction particulière :** de nombreuse vannes ou robinetteries intègrent des fonctions supplémentaires :
  - clapets antiretour,
  - robinet de vidange,
  - prise de pression,
  - dispositifs antithermosiphon,
  - limiteur de débit…
- **Robinet de puisage :** le modèle le plus courant est le robinet à tête papillon, il existe aujourd'hui des têtes céramiques quart de tour adaptables sur ce type de robinets (figure 6.18).



1. Nez.
2. Corps.
3. Rondelle.
4. Disque plastique.
5. Porte-disque.
6. Couvercle.
7. Garniture.
8. Fouloir.
9. Tige.
10. Potence.
11. Écrou raccord.
12. Joint.
13. Douille cannelée.

Figure 6.18 – Robinets de puisage ou de purge (terminologie particulière à la robinetterie de bâtiment)

☐ **Dispositifs antiretour et antipollution**

Lorsque l'on veut s'assurer que l'eau ne circule que dans un seul sens dans l'installation, on installera un clapet antiretour. Il existe différents modèles : les clapets à boule ou à sphère, les clapets guidés à ressort, les clapets à battant (figure 6.19)… Ces clapets se referment sous leurs propre poids.

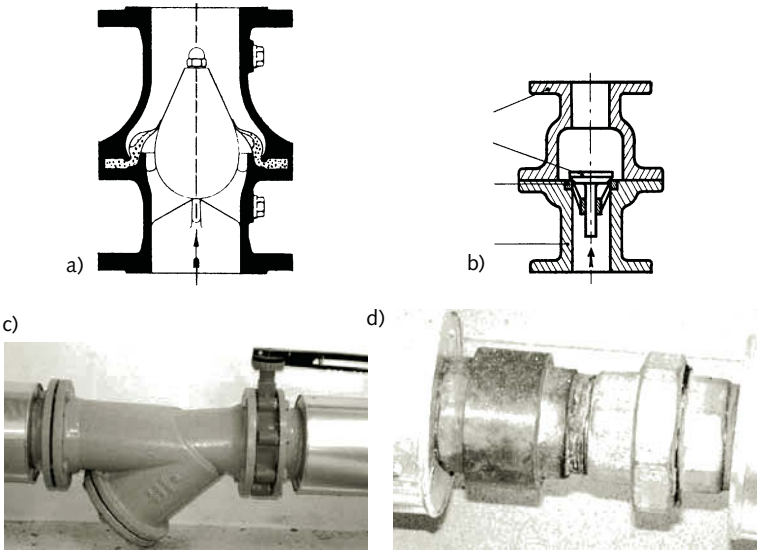


Figure 6.19 – Clapets antiretour :
a) clapet en néoprène de 40 mm et au-dessus (Métra) ;
b) clapet guidé pour conduite verticale ; c) clapet à boule fonte ;
d) clapet à clapet guidé York monté sur union galva.



Figure 6.20 – Vanne de compteur et clapet antiretour

Un simple clapet antiretour (figure 6.20) ne suffit pas toujours comme dispositifs antipollution. On les utilise comme clapet de non-retour sur les flexibles de douche, les tuyauteries d'arrosage, les coffrets compteurs...

Lorsque l'on veut interdire la pollution du réseau d'eau potable par une eau polluée, il faudra installer un disconnecteur. Le disconnecteur est un appareil qui comporte deux clapets antiretour. Un dispositif de mise à l'égout entre ces deux clapets interdit tout retour d'eau polluée sur le réseau d'eau potable (figure 6.21). Il est obligatoire dans de nombreux cas.

Selon les risques de pollution, le modèle de disconnecteur sera différent.



Figure 6.21 – Disconnecteur Scudo (Thermador)

Immeubles de grande hauteur (IGH)

Ce type de réalisation fait appel à des cabinets d'architectes et à des bureaux d'études, il faudra dans ce cas respecter le cahier des charges défini.

Quelques règles applicables aux immeubles de grande hauteur pourront parfois être utilisées sur des installations domestiques ou collectives particulières.

Le principal problème rencontré est lié à la hauteur de l'immeuble. La pression nécessaire pour atteindre le dernier étage dépasse bien souvent la pression disponible sur le réseau. Il faudra dans ce cas installer des systèmes de surpression ou de pompage.

S'il n'est pas possible de pomper directement l'eau dans les canalisations de la ville, il faudra installer après le compteur un réservoir tampon dans lequel les pompes aspireront l'eau. Le volume de ce réservoir sera calculé en fonction des besoins du bâtiment. Il existe deux méthodes pour calculer des besoins : en fonction du nombre d'usagers ou en fonction du nombre d'appareils.

Ces besoins varieront en fonction de la nature du bâtiment (bureaux, hôtels, salles de sport...). Ils seront définis par le bureau d'études, l'installateur n'aura qu'à respecter le cahier des charges.

Les surpresseurs ou groupes de maintien de pression sont détaillés au chapitre 3 Captation et élévation de l'eau.

Chaque installation de maintien de pression alimentera plusieurs étages de manière autonome. En effet, si l'on considère que la pression dans les installations sera comprise entre 1 bar (pression d'un branchement) et 3 bar (pression normale de service), chaque installation aura une hauteur de 20 m maximum (soit environ six étages).

Lorsque la distribution se fait à partir d'un réservoir situé dans les étages supérieurs, la pose de détendeur est possible, elle permettra de dépasser le nombre de six étages pour chacun des réseaux.

La présence de réservoirs, de différents réseaux de distribution, l'installation de pompage ou de surpression… nécessite le plus souvent la présence d'une équipe de maintenance sur site assistée d'une gestion technique centralisée qui permet le contrôle complet de l'installation.



N'oubliez pas !!!

Une entreprise devra fournir un devis détaillé qui permette de respecter les règles de l'art. Pour cela il est souhaitable de vérifier les points du tableau 6.7 avant la signature d'un marché.

Tableau 6.7 – Points à vérifier pour un devis détaillé

Distribution d'eau				
Pression de service et nature du réseau public à moins de 20 m du futur branchement				
Qualité de l'eau : pH, TH (titre hydrotimétrique)			pH	TH
Équipements techniques :	Détendeur : Pression amont et aval		P entrée	P sortie
	Dispositifs de protection contre le gel			
	Dispositif antipollution			
	Antibéliers			
	Autres équipements			
Nature des tuyauteries	EF		ECS	
Pression au point le plus défavorisé de l'installation : (aux heures de forte demande sur l'installation et de faible pression sur le réseau) P ≥ 0,3 bar				
Évacuation des eaux				
Système d'évacuation des eaux (extérieur) Nature de la tuyauterie et diamètre	Usées			Ø
	Pluviales			Ø
Système d'évacuation des eaux (intérieur) Nature de la tuyauterie et diamètre	Eaux vannes (WC)			Ø
	Eaux usées			Ø
Système de relevage des eaux usées (pompe, éjecteur…)				
Système d'assainissement				
Divers : Percements à réaliser				
Nature du courant distribué (mono 230 V, tri 400 V, 230 / 400 V)				
Observations :				

Bien entendu la position des différents locaux et ouvrages à réalisés devra faire l'objet de plans, coupes et schémas détaillés (compteurs, ceinture principale, robinets d'arrêt, nourrice, colonnes montantes, équipements spéciaux, passage des canalisations...) sur lesquels sera précisé le diamètre et le nature des tuyauteries, le diamètre des percements à réaliser...

L'entreprise de plomberie fournira au maître d'œuvre les plans de percements nécessaires à la réalisation de son installation afin que ceux-ci soient réalisés par l'entreprise de gros œuvre ou des entreprises spécialisées (parois porteuses d'épaisseur ≥ 15 cm).

Mise en service

Pendant la mise en œuvre, les canalisations sont nettoyées de tout corps étranger (au moment du façonnage : ébarbures de coupe, poussières...) puis par rinçage avant la mise en service.

Les coupes d'extrémité seront alésées au diamètre réel de la tuyauterie.

7
PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

La RT 2005 définit les besoins minimums d'eau chaude sanitaire à 40 °C en fonction du type d'usage, du taux d'occupation, du nombre de locaux ou de repas servis…, de la répartition horaire.

Mais les besoins restent très variables selon les habitudes de l'usager, il faudra donc se renseigner auprès du client pour pouvoir réaliser une installation ayant le niveau de confort qu'il désire.

L'utilisation des formules reste compliquée. Pour les installations, simples on se reportera aux prescriptions des normes et DTU ainsi qu'aux recommandations des organismes tels que Promotelec.

L'arrêté ministériel du 30 novembre 2005 impose les températures de production et de distribution d'eau chaude sanitaire dans les nouvelles installations (neuf ou rénovation importante) depuis le 15 décembre 2006 :

Limitation des risques de brûlure : températures maximales au point de puisage :

- 50 °C dans les pièces destinées à la toilette (salle de bains, douche, lavabo...) ;
- 60 °C dans les autres pièces (cuisine, buanderie...) ;
- jusqu'à 90 °C pour des cas particuliers (restaurant, cantine...) avec affichage de sécurité.

Limitation du risque de développement des légionelles : température en tout point du réseau de distribution en permanence égale ou supérieure à 50 °C si le volume contenu dans la tuyauterie entre le point de production et le point de puisage le plus éloigné est supérieur à 3 l (environ 20 m de tuyauterie diamètre 14 mm).

Si le volume de stockage est supérieur ou égal à 400 l, l'eau doit être :

- en permanence à une température supérieure ou égale à 55 °C ;
- **ou** portée à une température supérieure à :

- 70 °C pendant 2 min au moins une fois par 24 h ;
- 65 °C pendant 4 min au moins une fois par 24 h ;
- 60 °C pendant 60 min au moins une fois par 24 h.

Dans la pratique, il convient de placer des mitigeurs thermostatiques au plus près des points de puisage ou à défaut à la sortie de l'appareil de production d'eau chaude.

Les normes et DTU précisent les règles suivantes :

- Les dispositions doivent être prises pour que l'eau chaude arrive rapidement aux robinets (les enquêtes de satisfaction montrent qu'au-delà d'un temps d'attente supérieure à 8 à 10 s l'usager considère cela comme un inconfort).
- Les tuyauteries de distribution doivent être calorifugées, elles doivent pouvoir se dilater librement.
- Tout appareil de production doit être équipé d'un clapet antiretour et d'une soupape de sécurité.
- Les réseaux de distributions ne doivent pas comporter de « bras morts » (un bras mort est une tuyauterie dans laquelle l'eau ne circule pas ou peu).

On peut définir la production d'eau chaude selon la taille de l'installation. On distinguera :

- la **production individuelle :** d'un appartement, d'une villa… ;
- la **production collective** : d'un immeuble, un hôtel…

Installation de production individuelle d'eau chaude

Avant toute réalisation d'une production d'eau chaude, il faudra déterminer les besoins.

Les critères principaux de dimensionnement sont les suivants :

- le débit instantané ;
- le débit de pointe pendant 10 minutes ;
- le débit horaire maximal ;
- la consommation globale journalière ;
- les consommations ponctuelles exceptionnelles ;
- le nombre de personnes, de points de puisage, de logements… ;
- le type de confort souhaité.

Voici le détail de chacun des critères de dimensionnement :

DÉBIT INSTANTANÉ

Le débit instantané est important pour tous les appareils de production d'eau chaude instantanée. Il déterminera le débit spécifique de l'appareil (débit d'eau chaude en l/min à la sortie de l'appareil pour un écart de température entre l'eau froide et l'eau chaude de 30 °C).

Il se détermine à partir des débits et des calculs de simultanéité utilisés lors du dimensionnement des tuyauteries (se reporter au chapitre 6 sur la distribution intérieure).



Exemple

Pour alimenter une baignoire en eau chaude sanitaire, il faudra un débit instantané de 0,33 l/s soient 19,8 l/min.

Dans la pratique l'eau chaude est mélangée avec l'eau froide, son débit réel est donc plus faible.

DÉBIT DE POINTE PENDANT 10 MINUTES

On considère qu'un temps de 10 minutes correspond à un usage normal (temps pendant lequel on laisse couler l'eau avant de refermer le robinet pour se savonner, faire la vaisselle…).

DÉBIT HORAIRE MAXIMAL

On l'appelle parfois débit continu, il correspond aux besoins d'eau chaude sur une plage horaire de 1 heure, il se calcule à partir les préconisations de la RT 2005.

CONSOMMATION GLOBALE JOURNALIÈRE

Les formules de calcul définies par la RT 2005, utilisables pour le logement individuel ou collectif, sont les suivantes :

$$V\,m = a \cdot ah \cdot S$$

avec :

Vm : volume d'eau chaude mitigée (à 40 °C) ;

a : besoins unitaires exprimés en litres d'eau à 40 °C ;

ah : coefficient horaire ;

S : surface habitable en mètres carrés.

La valeur de a est donnée dans le tableau 7.1.

Tableau 7.1 – Besoins unitaires (a) exprimés en litres d'eau à 40 °C

Type de construction	Surface habitable	Besoins unitaires a	Légende
Logements individuels	Surface < 27 m²	17,7	ln = logarithme népérien S = surface habitable totale en m² nb Log = nombre de logements Sm = surface habitable moyenne en m² $Sm = \frac{S}{nb\ Log}$
	Surface ≥ 27 m²	$a = \frac{470{,}9 \ln(S) - 1\,075}{S}$	
Logements collectifs	Surface < 27 m²	17,7	
	Surface ≥ 27 m²	$a = \frac{470{,}9 \ln(Sm) - 1\,075}{Sm}$	

Tableau 7.2 – Coefficient horaire (ah) – Bâtiments d'habitation

Plages horaires	Coefficient horaire (ah)
de 7 à 8 h	0,028
de 8 à 9 h	0,029
de 9 à 18 h	0
de 18 à 19 h	0,029
de 19 à 20 h	0
de 20 à 21 h	0,028
de 21 à 23 h	0,029

On peut, à l'aide de ces coefficients, calculer les besoins de production d'eau chaude pour chaque tranche horaire de la journée. Ces besoins permettent de calculer la puissance minimum des appareils de production instantanée.

Dans la pratique, on pourra aussi calculer la puissance instantanée nécessaire à partir du débit de l'appareil et du nombre de robinets à alimenter.



Exemple

Pour un logement individuel de 120 m², les besoins en eau chaude sanitaire se calculeront de la manière suivante :

Calcul du coefficient a :

$$a = \frac{470{,}9 \ln(120) - 1\,075}{120} = 9{,}83$$

Tableau 7.3 – Calcul des volumes d'eau mitigée en fonction des plages horaires

Volumes d'eau mitigée à 40 °C pour un logement individuel de 120 m²	
Plages horaires	**Volumes horaires d'eau mitigée**
de 7 à 8 h	9,83 × 0,028 × 120 = 33
de 8 à 9 h	9,83 × 0,029 × 120 = 34
de 18 à 19 h	9,83 × 0,029 × 120 = 34
de 20 à 21 h	9,83 × 0,028 × 120 = 33
de 21 à 22 h	9,83 × 0,029 × 120 = 34
Total	168 litres

La consommation de base d'eau chaude sanitaire de ce logement sera de 168 l d'eau à 40 °C par jour (sur la base de 7 jours par semaine).

Si la production d'eau chaude sanitaire est une production par accumulation à 70 °C, le ballon de stockage devra avoir une capacité minimum de 84 l soit un modèle de 100 l. (Pour le détail de ce calcul se reporter au chapitre 1, Mémento technique ; transfert de chaleur par mélange). Dans la pratique, pour garantir un meilleur confort, on tiendra compte du nombre de personnes (voir le tableau 7.5).

CONSOMMATIONS PONCTUELLES EXCEPTIONNELLES

Ces consommations constituent des cas particuliers sur une période de la journée, une période de l'année (occupation saisonnière)… Elles sont liées à l'usage des locaux et aux modes de vie des utilisateurs, il sera donc nécessaire de demander aux utilisateurs, s'ils sont connus, de préciser leurs utilisations de l'eau chaude sanitaire.



Exemple

Présence de toute la famille pendant 15 jours en été. Dans ce cas, il sera souhaitable de prévoir une production d'eau chaude complémentaire pour cette période.

NOMBRE DE PERSONNES, DE POINTS DE PUISAGE, DE LOGEMENTS...

Le nombre de personnes, plus que la surface de l'habitation, détermine les besoins quotidiens. Pour les habitations individuelles, on consultera le tableau des préconisations données par Promotelec.

Le nombre de points de puisage, comme nous l'avons vu plus haut détermine le débit instantané. Il faudra définir le nombre de points de puisage susceptibles de fonctionner en même temps.

Pour les logements collectifs, le détail des calculs est précisé plus loin au paragraphe sur la production collective d'eau chaude.

CONFORT SOUHAITÉ

Le dimensionnement détermine les limites de la quantité d'eau chaude disponible. Il est difficile, une fois l'installation réalisée, d'augmenter cette capacité de production.

Le dimensionnement initial est donc primordial, on tiendra compte des conseils suivants :

- L'augmentation du volume de stockage n'est pas toujours judicieuse (à part pour les systèmes solaires qui ont un mode de fonctionnement limité aux apports solaires), on préférera augmenter la puissance de la production, ce qui permettra de renouveler plus souvent le volume d'eau chaude stockée.
- Les habitudes particulières des utilisateurs doivent permettre d'adapter la production d'eau chaude aux besoins réels (douche le matin, bain le soir…).
- Lorsque les distances entre les différents points d'utilisation sont importantes, plusieurs solutions sont possibles :
  - production délocalisée pour les points les plus éloignés ;
  - ballon tampon de maintien en température (équipé d'une résistance de faible puissance), il permet de réduire le temps d'attente au point de puisage ;
  - réalisation d'un bouclage d'eau chaude sanitaire à l'aide d'un circulateur

qui maintient une température supérieure à 50 °C dans la boucle de distribution ;
- pose d'un cordon chauffant pour maintenir la tuyauterie d'eau chaude en température.

Nous voyons que le dimensionnement d'une installation de production d'eau chaude dépend de nombreux critères. L'utilisation des recommandations données par Promotelec permet, pour les petites installations, en fonction du type de confort souhaité de réaliser un dimensionnement rapide pour les accumulateurs électriques. Pour les autres modes de production, il faudra tenir compte de la puissance de l'appareil.

On pourra classer les appareils en fonction de leurs modes de production :

- **Production instantanée** : l'eau est produite au moment du puisage.
- **Production semi-instantanée** ou micro-accumulation : un faible volume d'eau est stocké dans un ballon (de 0,5 l à 15 l), il permet une réponse rapide de l'appareil le temps que la production commence, et un débit d'eau chaude satisfaisant pendant 10 min.
- **Production semi-accumulation** : un volume d'eau de 30 à 50 l est stocké et permet de satisfaire à la demande pendant 1 à 2 h.
- **Production par accumulation** : l'eau est stockée dans un ballon (de 50 à 300 l) et permet de satisfaire à la demande ; le volume d'eau stocké correspond à la consommation journalière.

Pour le dimensionnement d'une installation, on pourra utiliser plusieurs méthodes. En fonction des différents critères choisis, on se reportera dans la plupart des cas aux recommandations des constructeurs.

Appareils de production individuelle d'eau chaude

La production d'eau chaude individuelle peut être réalisée par des appareils à gaz, des accumulateurs électriques, des fourneaux de cuisine, des appareils eau chaude, des ballons réchauffeur couplés au chauffage central, des installations solaires, des pompes à chaleur… Il existe aujourd'hui de très nombreux moyens et systèmes permettant de produire de l'eau chaude sanitaire.

PRODUCTION D'EAU CHAUDE – APPAREILS GAZ

■ Chauffe-eau et chauffe-bains gaz instantanés

Débit instantané : la question du débit instantané se pose principalement pour les appareils au gaz instantanés (figure 7.1). Il faut vérifier que l'appareil ait un débit suffisant par rapport au débit instantané probable que l'on calculera selon les règles de calcul du DTU 60.11 (chapitre 6, Distribution intérieure page 252).

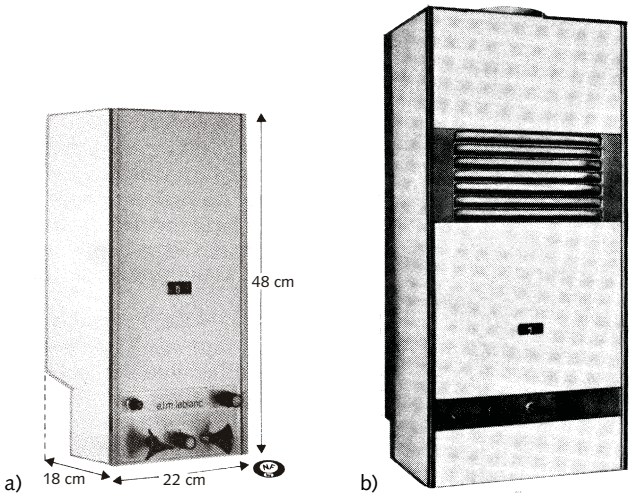


Figure 7.1 – Anciens chauffe-eau à gaz instantané Leblanc :
a) à régulation automatique de 125 mth avec thermo-couple et coupe-tirage antirefouleur intégrés ;
(b) de puissance variable de 150 à 400 mth/min

On trouve encore de nombreux chauffe-eau et chauffe-bains gaz dans les appartements ayant des points de puisage éloignés. Le matériel a évolué ces dernières années, la veilleuse permanente est progressivement remplacée par une gestion électronique de l'allumage. Il existe à ce jour de très nombreux modèles en fonctionnement principalement destinés à un marché de remplacement des appareils existants.

☐ Principes de fonctionnement

Un appareil gaz instantané est équipé d'un dispositif de sécurité qui permet le contrôle de la flamme (veilleuse permanente et thermocouple, sonde d'ionisation …), d'un dispositif qui permet l'allumage du brûleur dès l'ouverture du robinet d'eau (valves à eau, débitmètre...). Lorsqu'il y a puisage, le dispositif mécanique ou électronique va gérer l'allumage du brûleur et pourra dans certains cas en moduler la puissance.

☐ Appareil gaz à veilleuse permanente

L'allumage de la veilleuse se fait manuellement à la mise en service de l'appareil (figure 7.2). En appuyant sur le bouton de commande, l'utilisateur provoque l'ouverture du clapet gaz de sécurité, ce qui permet l'alimentation en gaz de la veilleuse, mais interdit l'alimentation en gaz du brûleur principal.

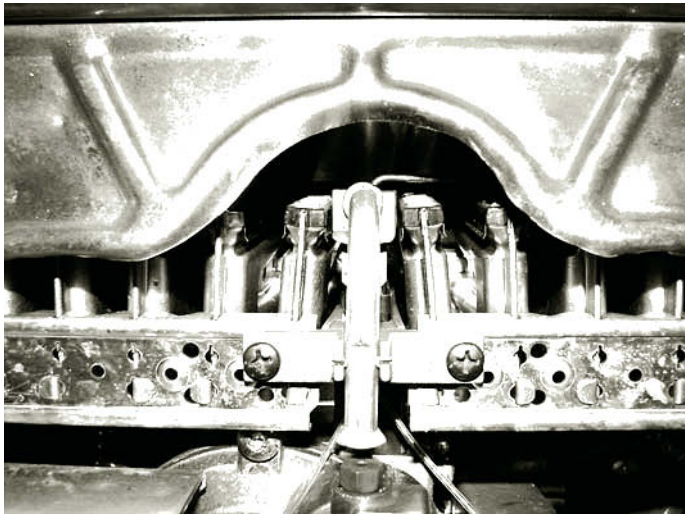


Figure 7.2 – Veilleuse de chauffe-eau

L'allumage de la veilleuse s'effectue à l'aide d'un dispositif piézo-électrique. Lorsque la flamme de la veilleuse est allumée, elle chauffe un ther-

mocouple. Sous l'effet de la chaleur, un courant électrique s'établit dans le thermocouple et alimente une bobine magnétique qui maintiendra le clapet de sécurité gaz ouvert.

Lorsque l'utilisateur relâche le bouton de mise en service, il permet l'alimentation en gaz du brûleur principal. Le clapet de sécurité restera ouvert tant que la flamme de la veilleuse restera allumée.

Si la flamme de la veilleuse s'éteint, le thermocouple refroidi en quelques secondes, le courant électrique disparaît, la bobine n'est plus alimentée, son champ magnétique n'est plus suffisant pour maintenir ouvert le clapet gaz de sécurité, le ressort de rappel ferme le clapet.

L'appareil ne fonctionne plus, il faudra recommencer la procédure d'allumage pour remettre l'appareil en service.

Lorsque l'appareil est en fonctionnement (veilleuse allumée), l'ouverture du robinet d'eau chaude de l'installation provoque le mouvement de la membrane située dans la valve à eau. Cette membrane va actionner l'ouverture progressive du clapet gaz de régulation du brûleur principal et provoquer l'allumage de la flamme. En fonction du débit d'eau chaude demandé, la position de la membrane peut varier ce qui permettra de moduler la puissance de la flamme en fonction des débits d'eau qui passent dans le corps de chauffe pour obtenir une température d'eau chaude stable à la sortie de l'appareil.

Lors de l'arrêt du puisage, la fermeture du clapet gaz (B) est rapide et permet l'arrêt immédiat de la flamme pour éviter l'ébullition dans le corps de chauffe (figure 7.4).

Il existe aujourd'hui d'autres systèmes de régulation que la valve à eau : détecteurs de débit, systèmes thermostatiques…

Les veilleuses et les thermocouples sont des dispositifs « fragiles », toute intervention doit être réalisée par un technicien qualifié.

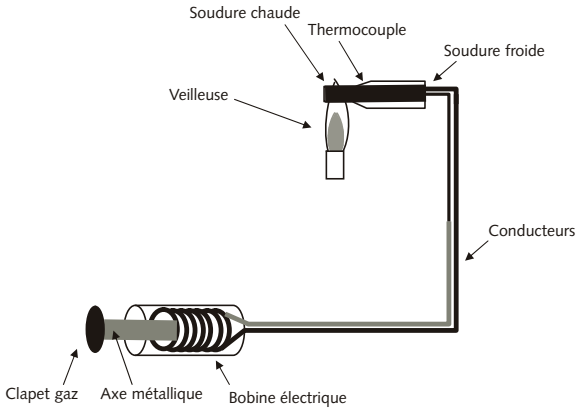
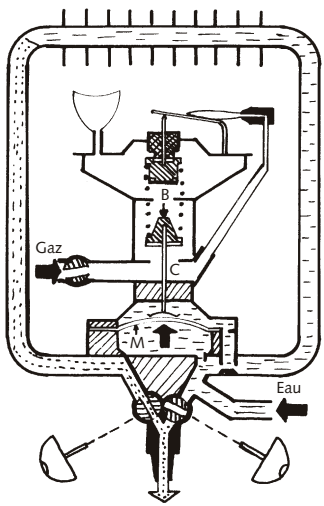


Figure 7.3 – Thermocouple

Pour mémoire : l'ancien dispositif de sécurité utilisée sur les appareils gaz, le bilame, n'est plus fabriqué depuis 1978. Les appareils qui en étaient équipés ont l'obligation d'être remplacés depuis 1996. On trouve pourtant encore quelquefois ce type d'appareils dans les campagnes (figure 7.4).



Coupe du mécanisme et du bloc de sécurité

Figure 7.4 – Ancien dispositif bilame

□ Allumage piézo-électrique

Le procédé piézo-électrique utilise une lame de quartz entourée de plaques métalliques (A et B sur la figure 7.5), elle forme un condensateur.

Sous l'effet d'une pression provoquée par un marteau et un ressort, une charge électrique est produite pendant quelques microsecondes, une tension électrique de plusieurs milliers de volts se produit aux bornes du dispositif (l'intensité reste très faible). Cette tension est utilisée pour créer une étincelle qui permettra l'image de la veilleuse.

En appuyant sur le bouton (F), on arme le ressort qui libère brutalement le marteau.

Le dispositif est généralement relié à la masse de l'appareil, le fil isolé haute tension à l'électrode allumage.

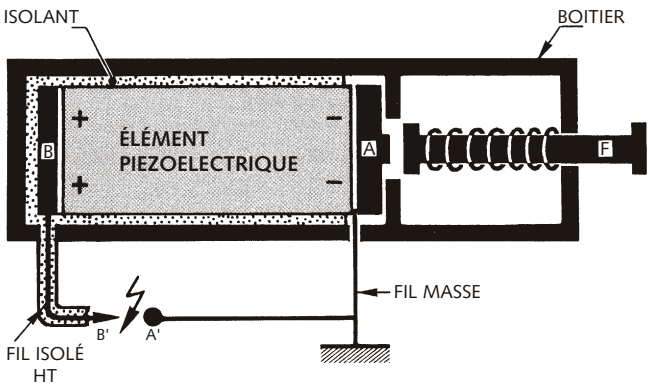


Figure 7.5 – Allumage piézo-électrique

□ Appareils à contrôle de flamme électronique

Pour limiter la maintenance imposée par le vieillissement des thermocouples, les constructeurs ont imaginé des dispositifs électroniques de contrôle de flamme qui permettent de supprimer la flamme de veilleuse permanente (et par là même occasion de réaliser une petite économie sur sa consommation de gaz).



Figure 7.6 – Sonde d'ionisation

Ces dispositifs nécessitent une alimentation électrique qui est assurée selon le modèle par les piles ou par un générateur à turbine placée sur l'arrivée d'eau froide.

Lors d'un puisage (détecté par une valve à eau ou un détecteur de débit), le dispositif de contrôle électronique alimente en gaz la veilleuse d'allumage et met sous tension des électrodes d'allumage qui produisent un arc électrique ; la flamme de la veilleuse s'allume, elle est détectée par une sonde d'ionisation (figure 7.6). Lorsque la sonde d'ionisation a détecté la flamme de la veilleuse, le dispositif de contrôle autorise l'ouverture du gaz au brûleur principal, la flamme du brûleur s'allume pour produire de l'eau chaude.

Le principal reproche qui est fait aux chauffe-eau ou chauffe-bains instantanés à gaz est la difficulté d'obtenir une température stable à la sortie de l'appareil. Lorsque la pression et le débit varient dans l'installation (ouverture d'une autre robinetterie) l'appareil va moduler la puissance de la flamme ce qui va entraîner des variations de température au point de puisage et obliger l'utilisateur à modifier en permanence son réglage au mélangeur. L'utilisation de mitigeur thermostatique n'est possible qu'en choisissant un mitigeur thermostatique spécial gaz qui, lors de son réglage de température, ouvrira d'abord l'eau chaude (ce qui permet la mise en marche de l'appareil instantané gaz) puis réglera le débit d'eau froide pour obtenir la température désirée.

On trouve des appareils :

- à **puissance fixe** (le réglage de la température à la sortie de l'appareil se fait manuellement par mélange de l'eau chaude produite avec de l'eau froide, à l'aide d'un bouton situé en façade de l'appareil) ;
- à **puissance ajustable** (il est possible de régler manuellement la puissance de la flamme et donc la température de l'eau chaude à la sortie de l'appareil) ;
- à **puissance modulable** (la puissance de la flamme varie en fonction du débit d'eau qui circule dans l'appareil ou de la température, il permet d'obtenir une température d'eau chaude stable à la sortie de l'appareil).

On pourra trouver encore en service d'anciens chauffe-eau non raccordés à un conduit d'évacuation des gaz brûlés (CENR). Ils doivent être munis obligatoirement depuis 1978 (interdits à l'usage depuis 1996) d'une triple sécurité (sécurité de flamme (thermocouple), sécurité d'atmosphère (CO inférieur à 100 ppm), sécurité d'encrassement du corps de chauffe, et font l'objet de conditions d'installation et de fonctionnement réglementées.

La différence entre un chauffe-eau et un chauffe-bain se fait principalement sur la puissance et le débit d'eau chaude à la sortie de l'appareil :

- les chauffe-eau d'une puissance de 8,72 kW (les anciens 125 mth/min) sont capables de produire 5 l/min pour un écart de température de 25 °C, ils sont conçus pour alimenter un point de puisage (lavabo, évier) ;
- les chauffe-bains d'une puissance supérieure à 17,4 kW peuvent produire plus de 10 l/min, ils sont conçus pour fonctionner lors de puisage plus important (douche, bain).

■ Chaudières gaz mixtes double service

Les chaudières mixtes sont des appareils capables d'assurer les fonctions de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire.

Dans ce type d'appareils, la priorité est toujours donnée à la production d'eau chaude sanitaire.

□ Appareils à production d'eau chaude sanitaire instantanée

On distinguera principalement deux manières de produire de l'eau chaude instantanée :

Production d'eau chaude par bain-marie dans le corps de chauffe du circuit de chauffage

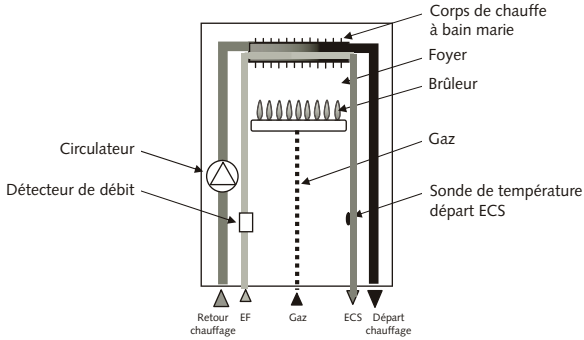


Figure 7.7 – Schéma de principe d'une production d'eau chaude à bain marie. Chaudière gaz mixte à production d'ECS instantanée

Lorsque le puisage d'eau chaude sanitaire est détecté, le brûleur s'allume, chauffe le corps de chauffe du circuit chauffage dans lequel passe la tuyauterie d'eau froide. Par bain-marie, elle va se réchauffer pour produire de l'eau chaude sanitaire (figure 7.7).

Production d'eau chaude par l'intermédiaire d'un échangeur à plaques

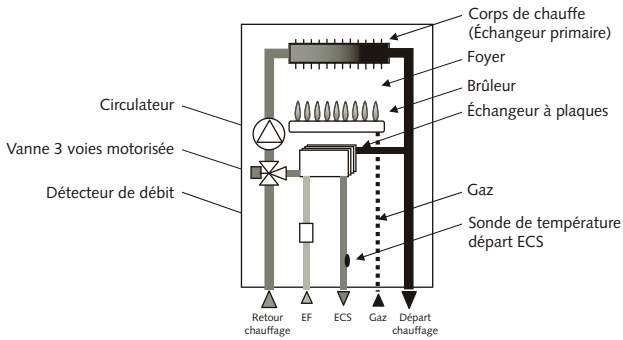


Figure 7.8 – Schéma de principe d'une production d'ECS par échangeur à plaque. Chaudière gaz mixte à production d'ECS instantanée

Lorsque le détecteur de débit indique à la régulation de la chaudière la présence d'un puisage d'eau chaude sanitaire, la vanne trois voies ferme le retour de l'installation de chauffage pour ouvrir la voie du retour de l'échangeur à plaques. L'eau circule alors dans la chaudière grâce au circulateur, en circuit fermé entre l'échangeur à plaques et le corps de chauffe (figure 7.8).

La puissance du brûleur sera régulée de manière à produire l'eau chaude à la température désirée.

☐ **Appareil gaz de production d'eau chaude sanitaire semi-instantanée ou à micro-accumulation**

La présence d'un petit ballon tampon dans l'appareil permet de disposer d'une réserve d'eau chaude (maintenue en température par une résistance chauffante), l'eau chaude sort de l'appareil dès l'ouverture d'un robinet, avant même que le brûleur ne s'allume (figure 7.9).

L'eau chaude est produite par l'échangeur à plaques de la même manière que pour une chaudière à production instantanée et stockée dans le ballon tampon.

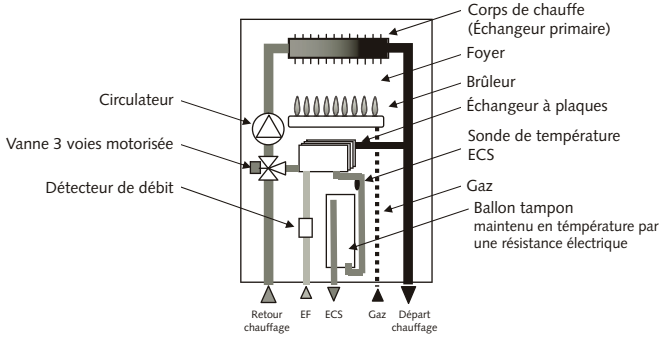


Figure 7.9 – Schéma de principe d'une production d'ECS par échangeur à plaque. Chaudière gaz mixte à micro-accumulation et ballon tampon

On peut aussi produire l'eau chaude et la stocker directement dans un miniballon à serpentin (figure 7.10).

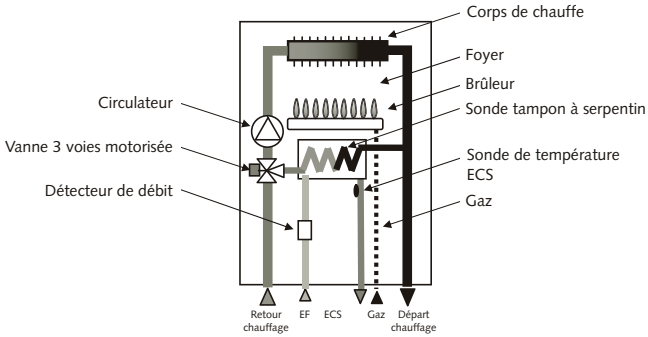


Figure 7.10 – Schéma de principe d'une production d'ECS par échangeur à plaque. Chaudière gaz mixte à micro-accumulation et ballon serpentin

☐ Appareil gaz de production d'eau chaude par semi-accumulation

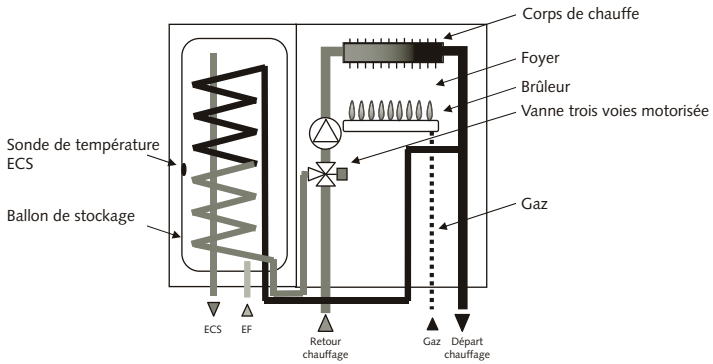


Figure 7.11 – Schéma de principe d'une production d'ECS par semi-accumulation. Chaudière gaz mixte à micro-accumulation et ballon serpentin

La sonde située sur le ballon de stockage de 30 à 50 l permet à la régulation de maintenir le ballon à la température désirée (figure 7.11).

Lorsque la température baisse (puisage d'eau chaude sanitaire), la vanne trois voies change de position et envoie l'eau du circuit de chauffage dans le serpentin situé dans le ballon pour le réchauffer jusqu'à ce que la température de consigne soit atteinte.

Pendant ce temps, les radiateurs ne sont plus alimentés.

Ce volume tampon plus important permet d'assurer un débit horaire important.

On trouvera le même type d'appareil équipé d'un réservoir plus important, on parlera alors de production par accumulation. La réserve d'eau chaude importante permettra dans certains cas d'autoriser le fonctionnement de l'installation de chauffage pendant le réchauffage du ballon (qui dans ce cas durera plus longtemps).

☐ **Appareils gaz de production d'eau chaude par accumulation**

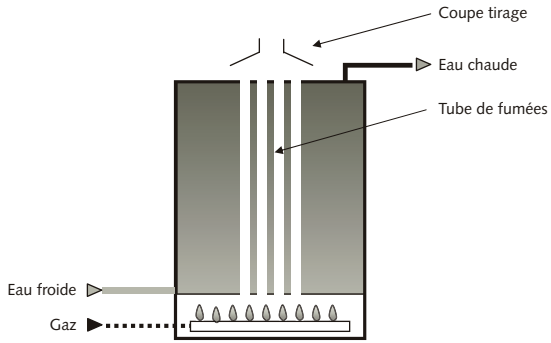


Figure 7.12 – Schéma de principe d'une production d'ECS par accumulation. Chauffe-eau gaz à accumulation

Les fumées traversent le réservoir de stockage et permettent une montée en température rapide du volume d'eau (figure 7.12). Ce type d'appareil est souvent utilisé dans les campings, il est capable de fournir, en 1 heure, 200 à 300 l d'eau chaude.

L'entartrage des corps de chauffe des appareils gaz provoquant une très forte perte d'efficacité, il est nécessaire de contrôler la qualité de l'eau ou de détartrer périodiquement les appareils à l'aide de produits ayant reçu une attestation de conformité sanitaire.

Lors du détartrage chez le client, on utilisera des appareils spécifiques permettant de faire circuler la solution détartrante dans le corps de chauffe.

D'une manière générale les appareils fonctionnant au gaz devront être raccordés en conformité avec les DTU et règlements en vigueur. Il faudra notamment veiller aux ventilations, à l'évacuation des gaz brûlés, à l'étanchéité du circuit d'alimentation gaz…

Ces points réglementaires sont traités dans le chapitre 16, Installations gaz.

Appareils au fioul

On ne trouvera pratiquement que des appareils de production par accumulation, le plus souvent des chaudières mixtes.

■ Appareils au fioul – production d'eau chaude par accumulation

Ces appareils ont généralement une puissance inférieure à 50 kW, ils assurent le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire d'une habitation. Ils sont capables de produire en une demi-heure 150 à 350 l d'eau chaude.

Comme pour les chaudières au gaz, la priorité est toujours donnée à l'eau chaude sanitaire.

Le chauffage de l'eau sanitaire peut se faire de différentes manières :

- Par **bain-marie :** le réservoir sanitaire est à l'intérieur de la chaudière, l'eau du circuit le chauffage l'entoure dans sa totalité (figure 7.13).
- Par échangeur **serpentin :** l'eau du circuit chauffage circule dans un serpentin pour réchauffer la cuve d'eau chaude sanitaire (figure 7.14). L'eau est prélevée sur le circuit chauffage :

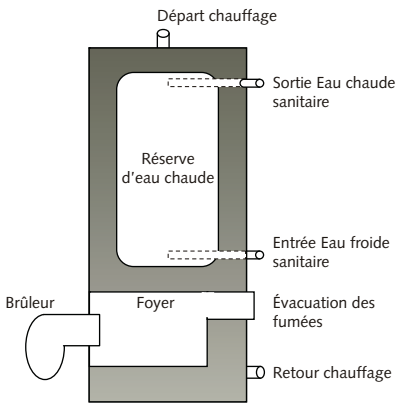


Figure 7.13 – Chaudière au fioul à bain marie

- directement à l'aide d'un circulateur spécifique, son fonctionnement est commandé par le thermostat de régulation de la cuve d'eau chaude sanitaire. Pendant son fonctionnement, le circulateur de chauffage peut être arrêté ou continuer de fonctionner ce qui augmentera le temps nécessaire pour réchauffer le ballon d'eau chaude sanitaire ;
- à l'aide du circulateur de chauffage et d'une vanne trois voies. Dans ce cas la vanne trois voies fonctionne en tout ou rien, l'appareil fonctionne en mode chauffage ou en réchauffage du ballon d'eau chaude sanitaire.

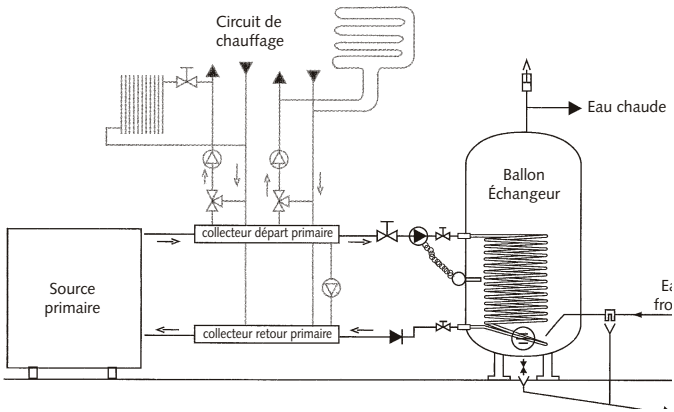


Figure 7.14 – Chaudière échangeur à serpentin, Pacific

On trouve le même type de montage pour les chaudières gaz au sol.

CHAUFFE-EAU ÉLECTRIQUES

Les chauffe-eau électriques permettent de produire de l'eau chaude à partir d'une résistance électrique chauffante. Il existe principalement 3 modèles :

- **Chauffe-eau à accumulation** : ils nécessitent un volume important, la quantité d'eau disponible est limitée et le temps de chauffe est long (6 à 7 h). Ils permettent de bénéficier du double tarif jour/nuit d'EDF pour les volumes supérieurs à 100 l (figures 7.15 et 7.16).
- **Chauffe-eau de faible capacité** : ils sont destinés à des points de puisage éloignés et peuvent fournir une petite quantité d'eau chaude (10, 15, 30 et 50 l). Le temps de chauffe est plus court (30 min à 4 h 30 selon la capacité).

- **Chauffe-eau instantanés** : ils permettent de produire l'eau chaude au moment du puisage, mais nécessitent une grosse puissance électrique.



Figure 7.15 – Chauffe-eau horizontal (document Atlantic)

Chaque appareil correspond à des situations et des besoins particuliers. Il faut donc dans chaque cas évaluer les avantages et les inconvénients des solutions envisagées en fonction du mode de vie de l'utilisateur et des recommandations faites sur les niveaux de confort (Promotelec…).



Figure 7.16 – Chauffe-eau vertical sur trépied (document Atlantic)



Figure 7.17 – Chauffe-eau sous évier (document Atlantic)

■ Normes des appareils électriques

Ces appareils doivent être conformes aux normes :

- NF C 73-106 et additif pour les chauffe-eau à accumulation ;
- NF C 73-117 pour les chauffe-eau à chauffage accéléré ;
- NF C 73-139 pour les chauffe-eau instantanés.

Ils doivent porter la marque NF Électricité (sécurité électrique du produit, protections des utilisateurs) ou NF Électricité Performance (sécurité,

performance et fiabilité plus importante) et doivent être de catégorie B ou C (tableau 7.4).

Les appareils conformes à la norme NF Électricité Performance catégorie C ont des niveaux de performance supérieurs à ceux imposés par la RT 2005.

Tableau 7.4 – Catégories de la Norme NF Électricité Performance

Catégorie B ***depuis 2002 (conforme à la RT 2005)***	1,7 fois son volume d'eau en eau chaude à 40 °C pour la même consommation d'énergie Temps de remise en température (50 °C) : 7 h Pertes statiques par refroidissement (sans soutirage d'eau) : – Vertical = 0,22 + 0,0057 × Volume en kWh / 24 h – Horizontal = 0,75 + 0,008 × Volume en kWh / 24 h
Catégorie C ***depuis le 1er juillet 2006 (supérieure à la RT 2005)***	1,75 fois son volume d'eau en eau chaude à 40 °C pour la même consommation d'énergie 10 % d'isolant en plus que la catégorie B. Système de protection anticorrosion permanent et sans entretien Surface de chauffe à 6 W/cm² pour limiter l'entartrage (charge thermique faible) Voyant de chauffe Précision du thermostat : amplitude < 8 °C.



Exemple

Pour un chauffe-eau de 150 l catégorie B vertical, on dispose de 150 × 1,7 = 255 l d'eau à 40 °C.
Sa consommation pour se maintenir en température sera de 0,22 + (0,057 × 150) = 8,77 kWh par jour.

Ils doivent être installés en respectant la norme NF C 15-100 et être munis d'un dispositif de sécurité.

Ils doivent avoir un indice de protection au moins **IP 24**.

La réglementation thermique 2005 (RT 2005) applicable depuis le 1er septembre 2006 a permis d'améliorer les performances des appareils de production d'eau chaude dans le cadre d'une réduction globale de 15 % de la consommation d'énergie.

La directive R. O H. S., applicable depuis le 1er juillet 2006, interdit l'usage aux fabricants de certains matériaux nuisibles à l'environnement (plomb, mercure, chrome, mousse sans CFC ni H CFC, etc.).

Le DPE (diagnostic de performance énergétique) est exigé depuis le 1er novembre 2006 pour les appartements anciens et depuis le 1er juillet 2007 pour les logements neufs et les locations. Il reste valable pendant 10 ans.

■ Tarifs électriques

On pourra choisir d'alimenter le chauffe-eau électrique entre 230 V ou en 400 V selon l'abonnement souscrit auprès d'EDF.

Lorsque le chauffe-eau a une capacité de stockage de plus de 100 l, il est économiquement plus intéressant de souscrire un abonnement double tarif (le prix du kWh en heures creuses est inférieur de 40 % au tarif normal mais l'abonnement est plus cher). Un contacteur jour/nuit permet le fonctionnement automatique du chauffe-eau pendant le tarif heures creuses. Dans tous les cas il faut vérifier que la puissance souscrite est suffisante pour alimenter le chauffe-eau et les gros appareils électroménagers (pour plus d'informations se reporter au chapitre 17 sur les installations électrique).

COMPOSITION D'UN CHAUFFE-EAU

Un chauffe-eau est toujours composé de la même manière :

- un réservoir (on dit aussi cuve ou ballon) ;
- un corps de chauffe composé d'une résistance électrique et d'un thermostat ;
- un isolant et son habillage extérieur ;
- un système de fixation ;
- un dispositif de protection contre la corrosion ;
- deux tuyauteries de raccordement.

Il doit toujours être équipé d'un groupe de sécurité et de manchons diélectriques (figure 7.18).

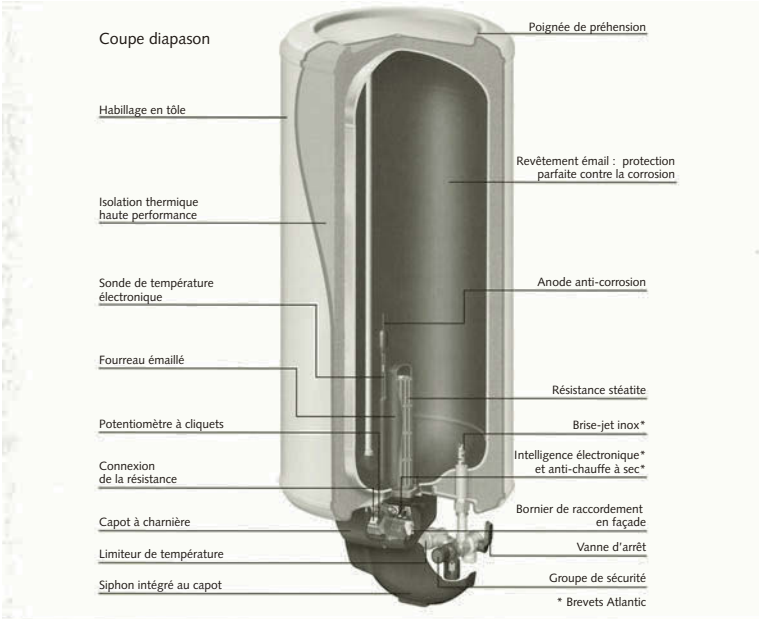


Figure 7.18 – Coupe chauffe-eau électrique Atlantic

Il existe pour chaque élément qui le compose des possibilités différentes.

Le **réservoir** est composé d'une plaque d'acier soudée, il reçoit en fin de fabrication une couche de protection (revêtement minéral, émail cuit au four, inox). Il reste toujours sous pression, l'eau chaude plus légère s'accumule dans la partie supérieure où elle est puisée par la tuyauterie départ eau chaude.

Le **corps de chauffe** est composé de deux parties :

- Le **thermostat** qui est positionné dans un doigt de gants et qui permet la régulation du chauffe-eau, il est préréglé en usine à 65 °C. Les modèles électroniques permettent de régler la température de l'eau au degré près. Il est composé d'un double thermostat : un **thermostat de régulation** qui gère la température de l'eau dans l'appareil et un **thermostat de sécurité** à réarmement manuel qui met à l'arrêt l'appareil en cas de surchauffe (température supérieure à 95 °C). Il faudra appuyer sur le petit bouton

de réarmement pour permettre la remise en chauffe de l'appareil, mais surtout il faudra rechercher la cause de cette mise en sécurité.

- La **résistance électrique.** Elle peut être de deux sortes. La **résistance électrique stéatite,** en céramique, est placée dans un fourreau métallique et n'est pas en contact avec l'eau, elle se remplace très facilement. La **résistance électrique blindée** (ou thermoplongeante) est placée dans la cuve, il est nécessaire de vidanger la cuve pour la remplacer. Ces résistances peuvent être en monophasé ou mixtes mono-triphasé. Lorsque l'eau est fortement calcaire, il est conseillé d'utiliser une résistance stéatite car elle a une charge thermique plus faible.

Certains modèles sont dotés d'une sécurité qui interdit la mise en chauffe du chauffe-eau si celui-ci n'est pas plein d'eau

L'**isolation** est réalisée par l'injection d'une mousse polyuréthane entre la cuve et l'enveloppe extérieure.

Le **système de fixation** comprend deux ou quatre boulons selon la taille du chauffe-eau, il faudra dans tous les cas s'assurer de la solidité de la paroi (voir les règles de pose).

Le **dispositif de protection contre la corrosion.** On trouve principalement deux systèmes de protection :

- La protection par anode en magnésium ou en aluminium qu'il faut contrôler tous les deux ou trois ans. L'anode est dites soluble, elle se dégrade au cours du temps par électrolyse pour protéger la cuve.
- La protection permanente par anode en titane et un dispositif électronique qui ne nécessite pas d'entretien. Dans ce cas, il y a généralement un voyant lumineux pour signaler le bon fonctionnement du dispositif. Le dispositif maintient un courant électrique de faible intensité continu ou par impulsion dans la cuve pour la protéger de la corrosion et parfois pour éviter la formation de calcaire.

Les tuyauteries de raccordement sont toujours placées de la même manière : l'eau froide à droite (bague bleue) et l'eau chaude à gauche (bague rouge). La tuyauterie d'eau froide est équipée d'un brise-jet pour ne pas créer de remous dans la cuve. La tuyauterie d'eau chaude remonte jusqu'en haut de la cuve pour puiser l'eau à l'endroit où elle est la plus chaude.

Certains modèles intègrent sous le capot de protection un mitigeur thermostatique qui permet de régler la température de l'eau distribuée (cette température doit toujours être supérieure à 50 °C).

■ Modèles et guide de choix d'un chauffe-eau électrique

On évalue les besoins journaliers moyens d'une personne à 50 l d'eau chaude à 60 °C, mais il faut pendre en compte le mode de vie des habitants et les caractéristiques de l'installation (nombre de salles de bains, utilisation particulière, évolution du nombre d'occupants, chambres d'amis, résidence principale ou résidence secondaire...).

Dans les régions où l'eau est agressive, on prendra soin de choisir un chauffe-eau avec un groupe de sécurité et une cuve inox.

On trouve différents modèles de chauffe-eau :

- **Sous évier petite capacité** : un pour un point de puisage isolé de la production centrale, ils ont une capacité de 10 à 50 l (figure 7.17).
- **Sur évier petite capacité** : un pour un point de puisage isolé, ils ont les mêmes capacités que les sous évier, ils se placent dans les placards hauts des cuisines.
- **Pose à écoulement libre :** les appareils sont équipés d'une robinetterie spéciale à écoulement libre dans laquelle est intégrée une soupape de sécurité, il n'y a donc pas de raccordement du chauffe-eau à la vidange car l'eau de la soupape s'évacue dans le lavabo, ils s'installent n'importe où. Les autres appareils sous pression peuvent être installés dans tout endroit où se trouve une alimentation électrique, une alimentation en eau, et une tuyauterie de vidange (le raccordement à la vidange est obligatoire, on peut malgré tout dans quelques cas particuliers trouver une solution lorsque la vidange n'est pas disponible : pompe de relevage des eaux d'écoulement ou vase d'expansion sanitaire).
- **Vertical mural :** de 50 l à 200 l, ils se posent sur un mur capable de supporter leurs poids, c'est le modèle le plus répandu (figure 7.18).
- **Horizontal mural :** 100 l à 200 l, ils s'installent sous le plafond lorsque la place manque (figure 7.15).
- **Multiposition** : leur conception permet de les poser indifféremment à la verticale ou à l'horizontale, ils sont généralement plus chers que les autres modèles.
- **Sur socle :** de 150 à 300 l, ils se posent directement au sol lorsque les cloisons ne sont pas suffisamment solides pour supporter le poids de l'appareil (figure 7.16).

Il existe aussi des chauffe-eau électriques à double puissance pour des besoins irréguliers, ils permettent de réchauffer l'eau plus rapidement en cas de besoins importants mais, dans ce cas, la consommation d'électricité sera plus élevée car on ne bénéficie pas du tarif heures creuses.

On pourra utiliser les recommandations des constructeurs et de Promotelec pour réaliser le choix du volume de stockage.

Tableau 7.5 – Recommandations Atlantic

Équipement												
Occupation du logement												
Type de logement			F1	F2	F3		F4		F5 et plus			
Besoins journaliers – simple tarif	VM + VS HM	15 à 30 L	30 à 50L	50 à 75 L	75 à 100L	75 à 100L	100 à 150L	150 à 200L	200 L	200 à 250 L	300 L	
Besoins journaliers – double tarif	VM + VS HM			100 L	150 L		200 L		250 L	300 L	500 L	
	VM accéléré				100 L		150 L		200 L	200 L*		
Points de puisage éloignés		15 L sur ou sous évier				30 L		50 L accéléré				

: Préconisation Promotelec

VM = Vertical Mural VS = Vertical sur Socle HM = Horizontal Mural
* Implique la mise en œuvre d'un chauffe-eau électrique complémentaire de faible capacité.
Nouveau : les HM catégorie B répondent aux mêmes besoins que les VM.

■ Accessoires d'un chauffe-eau électrique

□ Groupe de sécurité

La pose d'un groupe de sécurité est obligatoire (figure 7.19). Il doit être conforme à la norme NF D 36-401. Le groupe de sécurité regroupe plusieurs fonctions :

- robinet d'arrêt,
- clapet antiretour,
- soupape de sécurité taré à 7 bar,
- robinet de vidange.



Figure 7.19 – Groupe de sécurité Thermador

Il doit être monté sur l'arrivée d'eau froide. Il permet, lors de la mise en chauffe du chauffe-eau électrique, de maintenir une pression inférieure à 7 bar dans l'installation.

Lorsque l'on chauffe 100 l d'eau, le volume augmente d'environ 3 %, ce volume d'expansion ne peut pas être contenu dans la cuve (qui se déformerait sous l'effet de la pression). La pression augmente et la soupape de sécurité s'ouvre pour laisser couler l'eau goutte-à-goutte. Lorsque le temps de chauffe est terminé, la soupape du groupe de sécurité ne doit plus couler.

Il est conseillé d'actionner manuellement la soupape de sécurité une fois par mois pour éviter un dépôt de calcaire sur le joint.

Le clapet antiretour permet d'éviter le retour d'eau chaude dans la tuyauterie d'eau froide. Sans ce clapet, toute l'eau chaude du chauffe-eau se vidangerait dans l'installation d'eau froide en cas de baisse de pression ou de coupure d'eau sur celle-ci.

Aucun robinet ne doit être installé entre le chauffe-eau et le groupe de sécurité. Le raccordement à la vidange est indispensable.

□ **Raccord diélectrique**

Un raccord diélectrique doit être posé sur la tuyauterie d'eau chaude pour éviter les phénomènes d'électrolyse entre la cuve et les tuyauteries (figure 7.20).

Ce raccord peut être composé en résine : il est dans ce cas généralement fourni par le constructeur, ou être composé de deux pièces métalliques séparées par un double joint isolant permettant la rupture de continuité électrique entre la cuve en acier et les tuyauteries en cuivre.



Figure 7.20 – Raccord diélectrique

■ Règles de pose d'un chauffe-eau électrique

Il est souhaitable d'installer le chauffe-eau dans un volume chauffé pour réduire les pertes par refroidissement.

La longueur des tuyauteries ne doit pas dépasser 8 m (temps d'attente trop long, volume d'eau dans les tuyauteries trop important qui provoque des pertes d'énergie et un risque de développement des légionelles).

Dans tous les cas, on veillera à laisser un espace minimal de 50 à 60 cm face au thermostat ou à la résistance électrique pour permettre le démontage et l'accès au raccordement électrique, il faudra consulter les documentations constructeurs.

Quelques règles de base sont données par le DTU 60.1.

- Espaces libres autour des appareils verticaux :
  - 10 cm au-dessus ;
  - 40 cm en dessous ;
  - 12 cm sur les côtés.
- Fixations chauffe-eau de capacité jusqu'à 50 l :
  - murs de 20 cm au moins ; boulons de 10 mm ;
  - cloisons de 12 à 20 cm (capacités de 30 à 50 l) ; boulons avec contre-plaque à travers la cloison ;
- Cloisons minces (carreaux de plâtre, briques...), capacité jusqu'à 15 l ; boulons avec contre-plaque à travers la cloison.
- Fixation des chauffe-eau de plus de 50 l :
  - murs pleins de 20 cm au moins ; boulons de 10 mm ;
  - murs creux de 20 cm et cloisons pleines de 12 à 20 cm ; boulons à travers la paroi solidarisés 2 à 2 par une contre-plaque métallique.
- Fixation sur socle :
  - espace de 75 cm sous le capot de la résistance ;
  - contrôle de la résistance du plancher pour les chauffe-eau de plus de 150 l.

Lorsque la cloison ne vérifie pas les conditions du DTU, il y a deux solutions :

- utiliser un trépied ;
- utiliser un kit de fixation (figure 7.21) qui permet de s'accrocher au plafond (attention de vérifier qu'il n'y a pas de canalisations encastrées dans le plafond : gaine électrique, planchers chauffants, etc.).

Lorsque l'espace autour du chauffe-eau ne permet pas une fixation correcte (serrage du boulon de fixation), il existe des plaques de fixation rapide qui répondent aux exigences de la norme.

Lorsque l'on ne veut pas percer la cloison, il existe des consoles de fixation universelle qui permette de réutiliser les anciennes fixations des chauffe-eau sans percements.

La pose des chauffe-eau horizontaux de 75 à 200 l peut se faire sur la cloison ou directement au plafond en utilisant un kit de cerclage (figure 7.22).

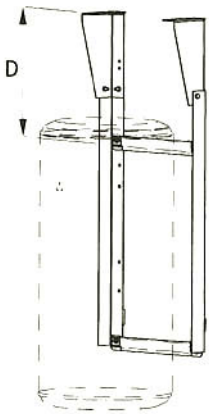


Figure 7.21 – Kit d'accrochage au plafond chauffe-eau vertical mural Atlantic

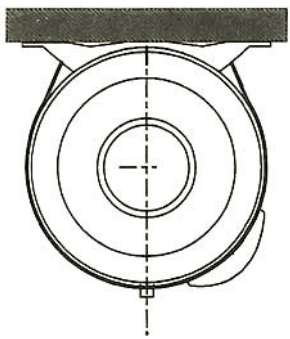


Figure 7.22 – Kit de cerclage pour chauffe-eau horizontal Atlantic

■ Raccordement électrique d'un chauffe-eau électrique

L'installation d'un chauffe-eau électrique dans une salle d'eau doit respecter la norme NF C 15-100 :

- Le raccordement électrique s'effectuera avec un câble rigide de section 2,5 mm^2.
- La mise à la terre de l'appareil est obligatoire.
- Le chauffe-eau électrique à accumulation doit être installé dans le volume 3 ou hors volume.
- Si les dimensions de la salle de bains ne permettent pas de le placer dans

ces volumes, il peut être installé dans le volume 2 ou dans le volume 1 (appareil horizontal placé le plus haut possible) à deux conditions (figure 7.23) :

- les canalisations d'eau sont en matériaux conducteur ;
- le chauffe-eau est protégé par un disjoncteur différentiel résiduel de 30 mA.

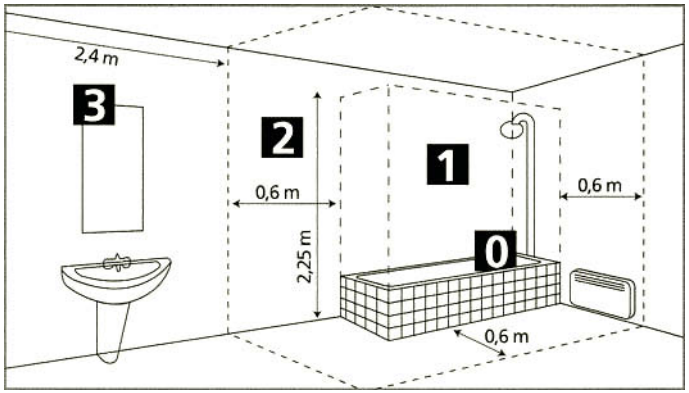


Figure 7.23 – Volumes des salles de bains (documentation Atlantic)

Pour connaître la tension de l'installation, il faut relever les indications du compteur ou de la facture EDF. On trouve deux types de tension : 230 V ou 400 V (220 V ou 380 V si l'installation est ancienne), mais on peut encore trouver sur de très vieilles installations du triphasé 220 V.

Le chauffe-eau électrique doit être raccordé et protégé individuellement au tableau d'abonné.

Le raccordement électrique du thermostat et de la résistance électrique devra être conforme aux indications données par le constructeur.

Dans tous les cas la résistance ne peut être câblée en direct, il est obligatoire de la raccorder au thermostat de régulation. Le non-respect de cette consigne entraînera la mise en chauffe de la résistance sans aucune possibilité de l'arrêter, cela entraînerait la destruction de l'appareil.

La cuve du chauffe-eau est toujours raccordée au fil de terre.

La réalisation du câblage électrique s'effectuera en fonction du type de résistance, il en existe principalement deux :

- la résistance monophasée ;
- la résistance triphasée ou tous courants.

La résistance monophasée ne peut être posée que sur un réseau EDF 230 V, les deux bornes de la résistance sont raccordées au réseau (une au neutre, l'autre à la phase).

La résistance triphasée peut être raccordée sur le réseau EDF 230 V ou 400 V, le raccordement électrique s'effectuera alors différemment. Ces résistances sont composées de trois résistances chauffantes indépendantes, le câblage devra être conforme aux prescriptions du constructeur pour éviter une puissance qui ne serait pas conforme aux capacités de l'appareil.

☐ **Câblage d'une résistance monophasée en 230 V**

La résistance est raccordée au thermostat par des fils électriques. Parfois pour éviter les erreurs de raccordement, les constructeurs fabriquent des modèles à broches sur lesquelles viennent se raccorder directement le thermostat de régulation (figure 7.24).

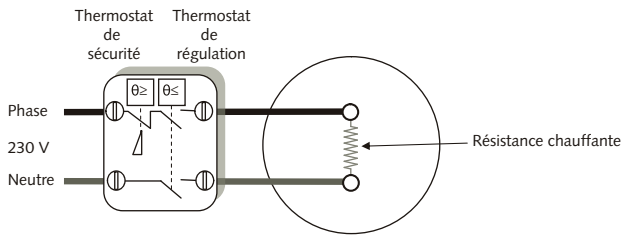


Figure 7.24 – Schéma de câblage d'une résistance monophasée

□ Câblage d'une résistance tous courants en triphasé 400 V

Le câblage de la résistance est un câblage en étoile, chaque résistance chauffante est soumise à une tension de 230 V. On crée un neutre artificiel en raccordant une des bornes de chaque résistance en commun (figure 7.25).

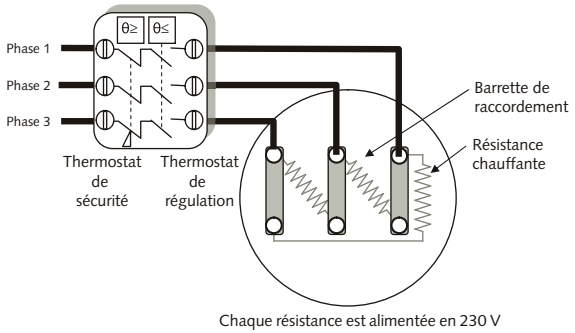


Figure 7.25 – Schéma de câblage d'une résistance triphasée

□ Câblage d'une résistance tous courants en monophasé 230 V

Une des bornes de chaque résistance est raccordée à la phase, l'autre au neutre (figure 7.26), on parle d'un câblage en triangle.

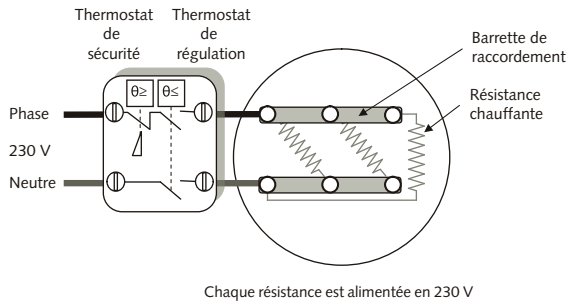


Figure 7.26 – Schéma de câblage d'une résistance tous courants monophasée

■ Mise en route et incidents de fonctionnement des appareils électriques

□ Remplissage

Il faut remplir le chauffe-eau en ouvrant le robinet d'arrêt du groupe de sécurité et en ouvrant un robinet d'eau chaude pour purger l'air qui se trouve dans le chauffe-eau. Quand l'eau commence à couler, le chauffe-eau est plein, fermer les robinets, le chauffe-eau se trouve sous pression.

Vérifier le bon fonctionnement du groupe de sécurité : aucun goutte-à-goutte ne doit se produire à la soupape de sécurité, sinon vérifier la pression (elle doit être inférieure à 5 bar).

Remplir le siphon du groupe de sécurité pour éviter les remontées de mauvaises odeurs.

Contrôler l'étanchéité des raccords et mettre en chauffe l'appareil.



Attention

Il ne faut jamais mettre en chauffe un chauffe-eau vide.

Si la différence de pression entre l'eau froide et l'eau chaude est trop importante il faut installer un détendeur ou un régulateur de pression ou un égalisateur de pression de type Twinbar.

Surveiller les fuites au groupe de sécurité ou aux robinets : un goutte à goutte peut représenter 4 à 100 l par jour soit 1,5 à 36 m^3 par an.

□ Eau tiède

Si l'eau n'arrive plus à chauffer et reste tiède, il faut contrôler le fonctionnement de la résistance électrique (contrôle d'intensité avec une pince ampèremétrique, contrôle de rotation du compteur lors de la mise en chauffe ou tout simplement écoute du bruit en fonctionnement de la résistance). Si l'intensité mesurée et la puissance sont conformes aux données du fabricant, cela veut dire que la résistance est entartrée : la résistance chauffe normalement mais le tartre maintient la chaleur autour de la résistance et du thermostat, la température atteint très vite 65 °C et le thermostat coupe l'alimentation de la résistance alors que l'eau n'a pas eu le temps de chauffer. Il est possible dans ce cas de figure que le thermostat se mette en sécurité (lorsque la surchauffe est trop rapide).

Il faut vidanger le chauffe-eau puis ouvrir la cuve par la trappe de visite située sur le dessous ou le côté de l'appareil et détartrer la cuve (le joint d'étanchéité est à remplacer lors de cette opération).

☐ **Eau froide**

Si l'eau ne chauffe plus du tout, il faudra rechercher une panne électrique :

- Disjoncteur ou fusible de l'installation hors service : on remplacera le fusible ou on réenclenchera le disjoncteur.
- Thermostat défectueux : on contrôlera le thermostat avec un ohm-mètre (courant coupé et câble débranché) pour vérifier l'ouverture et la fermeture des contacts en agissant sur la vis de réglage de température.
- Résistance défectueuse : on contrôlera la résistance avec un ohm-mètre (courant coupé et câble débranché) pour vérifier si la résistance chauffante n'est pas coupée (pas de valeur de résistance dans ce cas). Il est possible que le défaut n'apparaisse qu'au moment de la chauffe (la dilatation des matériaux provoque le défaut).
- Contrôles d'isolement de la résistance : la partie sous tension de la résistance ne doit pas être en continuité avec la masse métallique de l'appareil, on contrôlera à l'aide d'un ohm-mètre (courant coupé et câble débranché) qu'il n'y a pas de valeur de résistance entre la partie normalement sous tension et la masse métallique du chauffe-eau.

■ Calculs des puissances et des températures

La quantité d'énergie nécessaire pour chauffer, à 65 °C, 100 l d'eau froide à 10 °C est de :

$$\text{Énergie} = 1{,}163 \times \text{Volume} \times \text{Écart de température}$$

$$E = 1{,}163 \times 0{,}1 \times 55 = 6{,}39 \text{ kWh}$$

C'est à partir de cette puissance que l'on pourra calculer le temps de réchauffage et donc la puissance de la résistance électrique.

Si l'on souhaite réchauffer ces 100 l d'eau en 1 h, il faudra donc une résistance ayant une puissance de 6,4 kW. Si la puissance de la résistance est de 1,2 kW, il faudra 5 h 20 pour réchauffer la totalité des 100 l d'eau.

Le calcul est le suivant :

$$\text{Temps de réchauffage} = \frac{\textit{quantité d'énergie nécessaire}}{\textit{puissance de la résistance}}$$

■ Volume d'eau disponible

Quand on puise 1 l d'eau chaude, il entre 1 l d'eau froide dans la cuve du chauffe-eau. La température varie à chaque instant alors que le volume reste constant. On peut calculer en fonction du puisage la température de l'eau encore disponible dans le chauffe-eau.

De plus en plus, on trouve des réservoirs à stratification dans lesquelles on favorise (en réduisant la vitesse d'entrée de l'eau froide dans le chauffe-eau) la stratification (l'eau se répartit dans le chauffe-eau en couches successives : l'eau la plus froide en bas et l'eau la plus chaude en haut).

Cette stratification permet de disposer d'un volume d'eau chaude plus important car le mélange d'eau à l'intérieur du réservoir reste très faible. Cela permet, pour un chauffe-eau vertical, de n'avoir une baisse de température sur la sortie d'eau chaude qu'après le soutirage de 70 % de sa capacité en eau (et de 57 % pour un chauffe-eau horizontal, mais il existe aujourd'hui des chauffe-eau horizontaux qui ont, grâce à leur conception, les mêmes performances que les chauffe-eau verticaux).



Exemple

Un chauffe-eau de 200 l vertical permettra d'obtenir 140 l d'eau à 65 °C ce qui représente, si l'on installe un mitigeur thermostatique raccordé sur de l'eau froide à 20 °C, environ 340 l d'eau à 40 °C.

■ Montage en relève de chaudières

Lorsqu'une salle de bains est très éloignée (plus de 8 m de l'appareil de production d'eau chaude), il est conseillé d'installer un deuxième chauffe-eau indépendant pour cette salle de bains.

Lorsque la production d'eau chaude se fait par une chaudière instantanée gaz ou fioul, on peut installer dans la salle de bains située à plus de 8 m un chauffe-eau électrique dans le meuble lavabo par exemple pour maintenir en température un volume d'eau comprise entre 10 et 30 l. Ce volume d'eau située dans la salle de bains permet de ne plus avoir de temps d'attente. L'eau contenue dans ce chauffe-eau est maintenue en température par une résistance de faible puissance (200 ou 300 W). L'eau chaude est toujours produite par la chaudière instantanée gaz ou fioul car

cela est plus économique et permet de garder un débit horaire satisfaisant malgré la faible capacité de stockage (figure 7.27).

Ce chauffe-eau devra être équipé d'une soupape de sécurité.

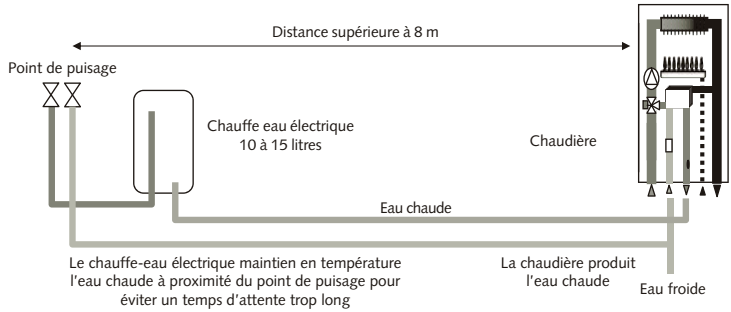


Figure 7.27 – Relève de chaudière

PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRE

Il existe de nombreux systèmes. La production d'eau chaude solaire est généralement appelée CESI (chauffe-eau solaire individuel).

Chaque système a des caractéristiques qui lui sont propres (mise en œuvre, régulation, gestion des températures…). Il conviendra dans tous les cas de respecter les consignes du fabricant.

Une installation solaire de production d'eau chaude sanitaire doit être réalisée par un professionnel agréé Qualisol pour garantir le dimensionnement de l'installation (et bénéficier d'un éventuel crédit d'impôt).

Les premiers chauffe-eau solaires installés ont parfois produit des contre-performances. La surface de panneaux solaires installés étant trop importante, il y avait surchauffe en été ce qui endommageait les installations (dégradation du fluide caloporteur, montées en pression…).

De nos jours, on pourra faire confiance plus facilement aux fabricants ayant une dimension internationale (l'installation de systèmes solaires est pratiquée depuis de nombreuses années en Allemagne et dans d'autres pays), le matériel proposé ayant déjà fait ses preuves.

L'évolution de la régulation porte essentiellement sur la gestion des surchauffes de l'installation en été. Plusieurs solutions sont proposées :

- élévation de la température du ballon jusqu'à 90 °C, puis circulation nocturne pour refroidir l'eau contenue dans le ballon à 60 °C ;
- protection des panneaux en été de manière manuelle ou automatique par une couverture (volets roulants…) ;
- vidange des panneaux lorsque le ballon est en température pour éviter la surchauffe du fluide caloporteur…

Chaque constructeur propose sa solution et la régulation adaptée.

Le principe d'une installation solaire reste toujours le même : un capteur positionné sur le sol ou en toiture récupère l'énergie solaire pour la transmettre au ballon de stockage à l'aide d'un fluide caloporteur. Une des principales limites à ce système est la garantie d'étanchéité donnée par le fabricant de panneaux solaires qui impose une pente minimum 10°, 15° ou 30° pour une pause intégrée à la toiture en fonction du type de couverture utilisé.

On trouvera des installations entièrement autonomes, la circulation du fluide se fait par thermosiphon, aucune régulation électrique n'est nécessaire (figure 7.28).

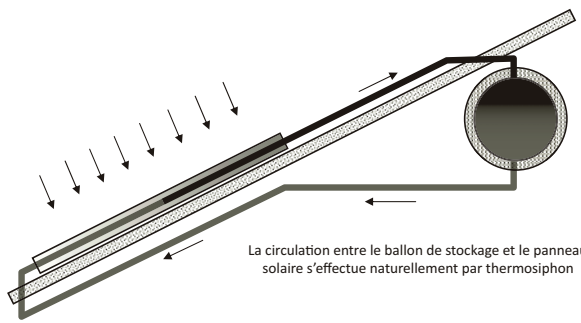


Figure 7.28 – Chauffe-eau solaire à thermosiphon

Ce type d'installation est peu utilisé en France car le ballon de stockage se situe à l'extérieur ce qui provoque d'importantes déperditions en hiver. Lorsque le ballon est situé en dessous du capteur, il faut utiliser un circulateur électrique et une régulation (figure 7.29). C'est le système utilisé en France car le ballon de stockage est dans une partie habitable de l'habitation.

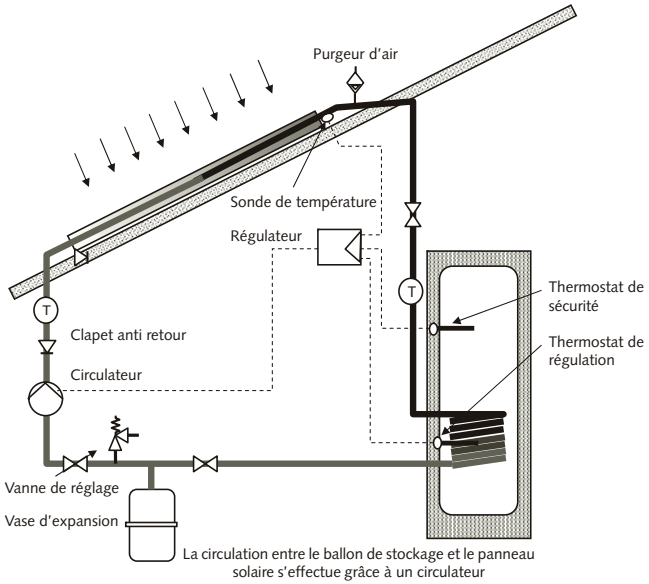


Figure 7.29 – Chauffe-eau solaire à circulateur

Les accessoires utilisés sur une installation solaire doivent être prévus pour cette utilisation car les températures de fonctionnement sont beaucoup plus importantes que sur une installation de chauffage classique.

On préférera installer un système complet fourni par un seul constructeur.

La relève du système qui permet le chauffage de l'eau lorsque la puissance solaire est insuffisante peut être assurée par différentes énergies : gaz, fioul, électricité, pompe à chaleur… (figure 7.30)

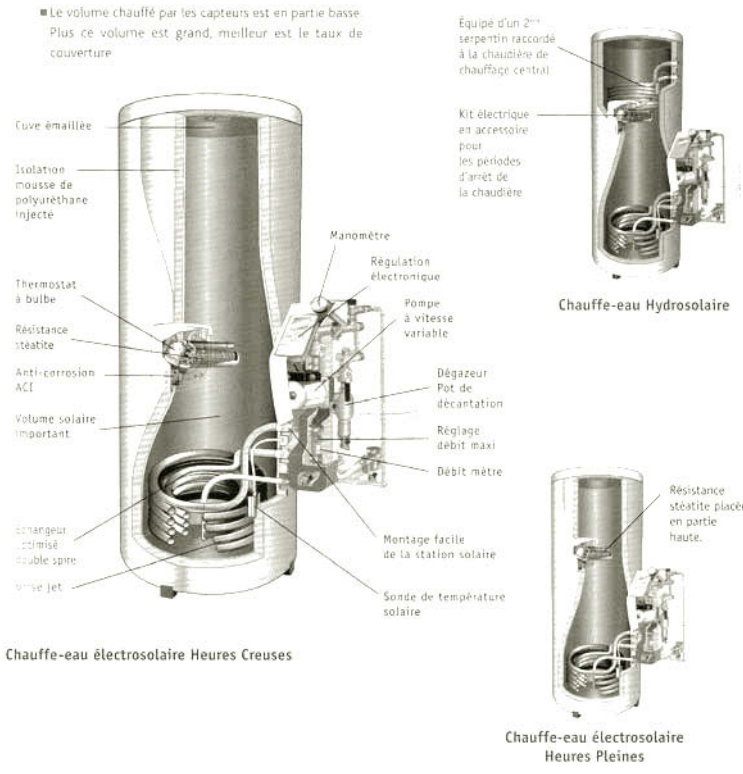


Figure 7.30 – Chauffe-eau solaire Atlantic

Les panneaux solaires peuvent aussi être utilisés pour compléter l'installation de chauffage basse température. Dans ce cas, le ballon de stockage est beaucoup plus important.

Le dimensionnement de l'installation solaire se fera à partir des préconisations fournies par les constructeurs.

Installation de production collective d'eau chaude

Le dimensionnement d'une installation de production d'eau chaude collective est généralement réalisé par un bureau d'études.

Les ballons de stockage ayant un volume important devront subir un choc thermique au moins une fois par jour. On pourra installer une pompe de brassage afin d'éviter la stratification dans le ballon (pour éviter le développement des légionelles dans les parties basses et plus froides du ballon).

La température à l'intérieur du ballon devra toujours être supérieure à 60 °C.

Le système de chauffage est généralement disponible toute la journée, seules les installations électriques de forte puissance chauffent l'eau la nuit pour une utilisation le jour.

On distinguera de la même manière que pour les installations individuelles des systèmes de production instantanée, semi-instantané (stockage inférieur à 20 l par logement), semi-accumulé (stockage supérieur à 20 l par logement), par accumulation (stockage des besoins journaliers).

DÉTERMINATION DES BESOINS EN EAU CHAUDE COLLECTIVE

Deux méthodes sont possibles pour le dimensionnement d'une installation d'eau chaude collective :

- le dimensionnement à partir des recommandations ;
- le dimensionnement à partir de la RT 2005.

■ Recommandations de dimensionnement

On trouvera dans les lignes suivantes quelques indications sur les besoins en eau chaude sanitaire à 60 °C tirées des normes, des recommandations ou des consommations probables.

□ Logements résidentiels

Besoins d'eau chaude en fonction du nombre de pièces :

- F1 : 50 à 75 l
- F2 : 100 l
- F3 : 100 à 150 l
- F4 : 150 à 200 l
- F5 : 200 à 300 l
- F6 : 300 l

☐ **Restaurants**

- restaurants collectifs : 5 l par couvert
- restaurant commercial : 12 l par couvert

La consommation d'eau chaude d'un restaurant dépendra de son nombre d'étoiles.

☐ **Hôtellerie (sans restauration)**

Les consommations d'eau chaude se feront en fonction du nombre d'étoiles (attention, le classement des hôtels devrait être modifié à partir de 2009).

- Pas d'étoiles 50 l
- 1 étoile 70 l
- 2 étoiles 100 l
- 3 étoiles 120 l
- 4 étoiles 150 l

Il faudra dans tous les cas, pour le dimensionnement de l'installation d'eau chaude, tenir compte des débits horaires.

☐ **Campings**

La consommation des campings dépendra du nombre de douches, du nombre de lavabos et du nombre d'étoiles. On peut considérer que les besoins en eau seront d'environ 15 l d'eau chaude à 60 °C par personne et par jour pour un camping de plaine et d'environ 20 l pour un camping en bord de mer ou de plan d'eau.

Dans tous les cas on réalisera une étude complète des besoins journaliers et des besoins horaires.

☐ **Autres utilisations**

- Salon de coiffure : 7 à 8 l par client
- Écoles : 5 l par élève et par jour
- Casernes : 3 l par personne et par jour
- Foyer : 60 l par chambre et par jour (restauration comprise)
- Bureau : 6 l par personne et par jour
- Maisons de retraites : 40 l par personne et par jour + 10 l pour les repas
- Hôpitaux : 60 l par jour et par lit + 12 l pour les repas
- Stades : 25 l par personne (douches temporisées)
- Gymnases : 17 l par personne (douches temporisées)

Une fois que le volume journalier est calculé, on peut calculer le temps de chauffe nécessaire pour obtenir la température d'eau chaude sanitaire désirée à partir de la formule suivante :

$$\textit{Temps de chauffe} = \frac{\textit{Volume} \times \Delta\theta}{860 \times P}$$

avec :
Temps en h ;
Volume en l ;
Δθ : écart de température en °C ;
P : puissance en kW.

On trouvera différents types d'installations en fonction du mode de production de chaleur et du type d'échangeurs utilisés pour la production d'eau chaude.

■ Dimensionnement à partir de la RT 2005

Il faut prendre en compte comme pour une installation individuelle :

- **le débit instantané :** il déterminera notamment le dimensionnement des tuyauteries (se reporter au chapitre distribution intérieure) ;
- **le débit horaire maximal :** il est défini par la réglementation thermique 2005 (débit minimal), le niveau de confort des bâtiments fixera sa valeur maximale ;
- **la consommation globale journalière :** elle est définie par la réglementation thermique (Vm : volume d'eau mitigée à 40 °C), le ballon de stockage sera dimensionné en fonction de cette consommation et de la puissance de la production d'eau chaude ;
- **les consommations ponctuelles exceptionnelles :** elle concerne les établissements particuliers (thalassothérapie, sauna, hammam…) ;
- **le nombre de personnes, de points de puisage, de logements… :** ces éléments seront pris en compte dans le dimensionnement des tuyauteries ;
- **le type de confort souhaité**… : ces éléments seront pris en compte dans le dimensionnement des tuyauteries et du volume de stockage.

La production de chaleur peut être effectuée par n'importe quelle type de chaudière (au bois, au mazout, au gaz, électrique, solaire…). On peut utiliser des chaudières de forte puissance (de 70 à plus de 1 000 kW) ou des chaudières de puissance plus faible, montées en cascade (chaudières murales).

□ **Débit instantané**

Il est utilisé pour déterminer le diamètre de tuyauterie. Il n'est pas utilisé pour le dimensionnement du volume de stockage dans l'installation collective.

□ **Débit horaire maximal**

Il est défini par la réglementation thermique 2005 (débit minimal). Les formules de calcul définies par la RT 2005, utilisables pour le logement collectif sont les suivantes :

$$Vm = a \cdot ah \cdot Nu$$

avec :

Vm : volume d'eau chaude mitigée (à 40 °C) ;

a : besoins unitaires exprimés en litres d'eau à 40 °C (tableau 7.6) ;

ah : coefficient horaire (tableau 7.7) ;

Nu : surface habitable en m^2, nombre de repas par service, nombre de chambres, nombre de douches… selon les cas.

Tableau 7.6 – Besoins unitaires (a) exprimés en litres d'eau à 40 °C*

Type de construction	Surface habitable	Besoins unitaires a	Légende
Logements collectifs	Surface < à 27 m²	17,7	ln = logarithme népérien S = surface habitable totale en m² Sm = surface habitable moyenne en m² $Sm = \frac{S}{nb\ Log}$ nb Log = nombre de logements
	Surface ≥ à 27 m²	$a = \frac{470{,}9 \ln(Sm) - 1\,075}{Sm}$	
Restauration 1 repas par jour cuisine traditionnelle		125	Nombre de repas par service
Restauration 1 repas par jour self		45	
Restauration 2 repas par jour cuisine traditionnelle		255	
Restauration 2 repas par self		95	
Hôtel 1 étoile sans blanchisserie		665	Nombre de chambres
Hôtel 1 étoile avec blanchisserie		830	
Établissements sportifs		1 200	Nombre de douches installées

* Pour plus de précision, il conviendra de consulter la réglementation thermique 2005.

Tableau 7.7 – Coefficient horaire (ah)*

Type de bâtiment	Coefficient horaire maximum	Coefficient horaire total sur une journée	Nombre de jours à prendre en compte
Logement collectif	0,029	0,143	7
Hôtellerie	0,043		
Restauration 1 repas par jour	0,12	0,2	5 du lundi au vendredi
Restauration 2 repas par jour	0,06		
Établissements sportifs	0,05		

* Pour plus de précision, il conviendra de consulter la réglementation thermique 2005.

On peut calculer les besoins de production d'eau chaude pour chaque tranche horaire de la journée à l'aide de ces coefficients. Ces besoins permettent de calculer la puissance minimum des appareils de production d'eau chaude.



Exemple

Pour un restaurant de 35 couverts, 2 services, cuisine traditionnelle, les besoins en eau chaude sanitaire se calculeront de la manière suivante (tableau 7.8) :

Coefficient a : 255.
Coefficient horaire ah maximum : 0,06.
Coefficient horaire ah total : 0,2.

Tableau 7.8 – Calcul des volumes d'eau mitigée à 40 °C en fonction des plages horaires pour un restaurant 35 couverts, 2 services, cuisine traditionnelle

	Volumes horaires d'eau mitigée
Volume horaire maximum	$255 \times 0{,}06 \times 35 = 535$ l
Volume journalier total	$255 \times 0{,}2 \times 35 = 1\,785$ l

Le débit horaire maximum est de 535 l d'eau mitigée à 40 °C. Si la production d'eau chaude sanitaire est une production à 70 °C, elle devrait être capable de fournir 267,5 l d'eau à 70 °C en une heure.

☐ **Consommation globale journalière**

Elle est définie par la réglementation thermique (Vm : volume d'eau mitigée à 40 °C), le ballon de stockage sera dimensionné en fonction de cette consommation et de la puissance de la production d'eau chaude.



Exemple

Dans l'exemple précédent, la consommation de base d'eau chaude sanitaire de ce restaurant sera de 1 785 l d'eau à 40 °C par jour (sur la base de 5 jours par semaine).
Si la production d'eau chaude sanitaire est une production par accumulation à 70 °C, et l'eau froide à 10 °C, le ballon de stockage devra avoir une capacité minimum de 892 l, soit un modèle de 1 000 l (avec réchauffage électrique nocturne) ou un modèle de 300 l avec une capacité de réchauffage en 3 heures. (Pour le détail de ce calcul se reporter au chapitre 1, Mémento technique, transfert de chaleur par mélange).

☐ **Consommations ponctuelles exceptionnelles**

Elle concernent les établissements particuliers (thalassothérapie, sauna, hammam…). L'étude hydraulique prendra en compte les caractéristiques des appareils installés (débit, quantité d'eau chaude nécessaire...) ainsi que l'usage prévu (nombre de clients par heure, par jour…) pour déterminer précisément les besoins de production horaire et de production journalière. C'est à partir de ces données que l'on pourra dimensionner la puissance de la production et le volume de stockage.

☐ **Nombre de personnes, de point de puisage, de logements…**

Ces éléments seront pris en compte dans le dimensionnement des tuyauteries. Ils sont indiqués dans la réglementation thermique 2005 pour la détermination des volumes horaires et des volumes journaliers en fonction du type d'établissement. Ces calculs sont réalisés à partir de valeurs standard. Si le nombre de personnes (fréquentation) est particulièrement élevé, il faudra revoir ces prévisions à la hausse.

De la même manière, le nombre de points de puisage susceptibles de fonctionner en même temps déterminera le débit instantané de l'installation et le diamètre des tuyauteries. Le choix du coefficient de simultanéité défini dans le chapitre 6, Distribution intérieure, est primordial.

Le nombre de logements sera pris en compte dans le calcul des besoins unitaires (a) de la réglementation thermique 2005 (voir les tableaux 7.6 et 7.7).



Exemple

Pour un immeuble de 50 appartements d'une surface habitable totale de 5 000 m², le calcul des consommations journalières d'eau chaude à 40 °C sera le suivant (tableau 7.9) :

Surface moyenne : $Sm = \frac{5\,000}{50} = 100$

Besoins unitaires : $a = \frac{470{,}9 \ln(100) - 1\,075}{100} = 10{,}936$

Tableau 7.9 – Volumes d'eau mitigée à 40 °C pour un immeuble collectif de 50 appartements, surface habitable totale 5 000 m²

	Volumes horaires d'eau mitigée
Volume horaire maximum	$10{,}936 \times 0{,}029 \times 5\,000 = 1\,585$ l
Volume journalier total	$10{,}936 \times 0{,}143 \times 5\,000 = 7\,820$ l

La production d'eau chaude de cet immeuble devrait être capable de fournir 1 585 l d'eau à 40 °C en une heure et 7 820 l d'eau chaude à 40 °C par jour, les capacités de production à 70 °C seront de 792 l en une heure et 3 910 l par jour.
Le dimensionnement de cette installation prendra en compte ces valeurs pour déterminer la puissance du générateur et le volume de stockage.



Rappel

La RT2005 détermine les valeurs réglementaires (minimales).

☐ **Le type de confort souhaité**

Ces éléments seront pris en compte dans le dimensionnement des tuyauteries et du volume de stockage. Comme pour les installations individuelles, il faudra veiller à ce que les limites de l'installation de production d'eau chaude correspondent bien aux niveaux de confort souhaité.



Exemple

Dimensionnement d'une production d'eau chaude collective.
En reprenant les valeurs calculées précédemment, on obtient le tableau 7.10.

Tableau 7.10 – Volumes d'eau mitigée à 40 °C pour un immeuble collectif de 50 appartements, surface habitable totale 5000 m²

Volume horaire maximum	10,936 × 0,029 × 5000 = 1585 litres
Volume journalier total	10,936 × 0,143 × 5000 = 7820 litres

Soit :

Tableau 7.11 – Volumes d'eau à 70 °C pour un immeuble collectif de 50 appartements, surface habitable totale 5000 m²

Volume horaire maximum	793 l
Volume journalier total	3910 l

On pourra calculer la puissance du réchauffeur en fonction du volume de stockage.
C'est de la détermination initiale du volume de stockage que va dépendre le reste des calculs. Pour cela il faudra tenir compte des plages horaires correspondant aux besoins du bâtiment. Pour ce logement collectif, les plages horaires sont :

Tableau 7.12 – Volumes d'eau à 70 °C pour un logement individuel de 50 appartements

Plages horaires	**Volumes horaires d'eau à 70 °C (l)**
de 7 à 8 h	765
de 8 à 9 h	793
de 18 à 19 h	793
de 20 à 21 h	765
de 21 à 22 h	793
Total	3910 litres

Ce tableau de répartition des consommations montre que l'installation doit être capable de fournir 1 558 l d'eau à 70 °C en 2 heures (765 + 793). On pourra donc choisir un stockage de 1 000 l et un générateur capable de le réchauffer en une heure ou à stockage de 2 000 l et un générateur capable de produire 1 000 l d'eau chaude en 2 heures.



Exemple

Si l'on choisit un volume de stockage de 1 000 l pour pouvoir assurer le débit horaire demandé, on aura à partir des formules données dans le mémento technique (chapitre 1) :
Température de l'eau froide : 10 °C.
Température de l'eau chaude : 70 °C.
Écart de température : 60 °C.
Volume d'eau à chauffer en 1 heure : 765 l soient 0,765 m^3. (On considère que le volume d'eau disponible est de 1 000 l, la première heure on prélève 765 l, il faut donc élever à nouveau la température de ces 765 l d'eau froide pour reconstituer la réserve d'eau chaude à 70 °C.)
Temps disponible pour chauffer l'eau : 1 heure.
Pour calculer l'énergie nécessaire, on utilisera la formule suivante :

$$E = C_p \cdot V \cdot \Delta\theta = 1{,}163 \times 0{,}765 \times 60 = 53{,}4 \text{ kWh}$$

La puissance de la chaudière devra donc être de 53 kW.
À cette étape du calcul, il faut prendre en considération les besoins de chauffage de l'installation. Dans ce cas, ils seront compris entre 300 et 400 kW.
Les besoins en production d'eau chaude correspondent donc à environ 15 % de la puissance de l'installation. Pendant le réchauffage du ballon (1 h) l'installation de chauffage dispose d'une puissance réduite de 15 %, ce qui n'a pas d'incidence sur le confort.
Il faut bien entendu ajouter à ces calculs les pertes liées au refroidissement du ballon, au refroidissement des tuyauteries, au rendement des appareils… pour obtenir un calcul précis des consommations d'énergie.
Le choix de l'échangeur (échangeur annulaire, échangeur à plaques…) se portera sur un modèle ayant une puissance utile d'au moins 53 kW. Le débit d'eau dans l'échangeur devra être de (formules de puissance du mémento technique) :

$$P = qv \cdot C_p \cdot \Delta\theta$$

qui donne :

$$qv = \frac{P}{1{,}163 \times \Delta\theta}$$

Si l'échangeur a les caractéristiques suivantes :
Puissance du réchauffeur : 60 kW
Écart de température entrée-sortie : 20 K
son débit d'eau devra être de :

$$qv = \frac{P}{1{,}163 \times \Delta\theta} = \frac{60}{1{,}163 \times 20} = 2{,}56 \text{ m}^3/\text{h}$$

En consultant la documentation du constructeur, on trouvera une perte de charge de 8 mCE. Si l'on rajoute les pertes de charge de la tuyauterie, par exemple 2 mCE, on trouvera une perte de charge totale de 10 mCE.
Le circulateur devra donc avoir comme point de fonctionnement : 2,56 m³/h – 10 mCE.

L'usage d'un circulateur permet de réduire le diamètre des tuyauteries du circuit primaire (circulation d'eau entre la chaudière et le réchauffeur). Il est possible de dimensionner une installation sans circulateur, la circulation d'eau se fait alors par thermosiphon. Le diamètre des tuyauteries devra dans ce cas être plus important (se reporter à la page 341, dimensionnement d'une production d'eau chaude sanitaire par thermosiphon).

Appareils de production collective d'eau chaude

On trouvera différents types d'installations en fonction du mode de production de chaleur et du type d'échangeur utilisé pour la production d'eau chaude collective.

■ Échangeur serpentin

Lorsque la puissance de la production d'eau chaude du circuit de chauffage est suffisante, il est possible d'installer une production d'eau chaude sanitaire en utilisant l'eau du circuit de chauffage. L'eau circule dans un serpentin placé à l'intérieur du ballon échangeur. Une sonde de température commande le fonctionnement de la pompe de circulation pour maintenir cette eau en température (figure 7.31).

Le raccordement du serpentin (circuit chauffage) devra être équipé d'un clapet antiretour, l'alimentation d'eau froide d'un groupe de sécurité.

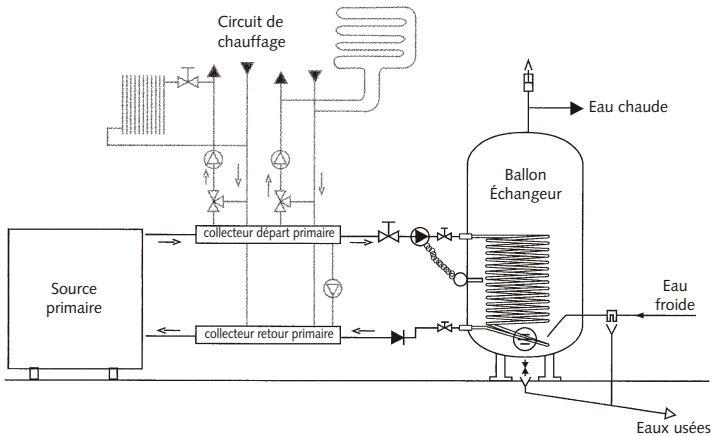
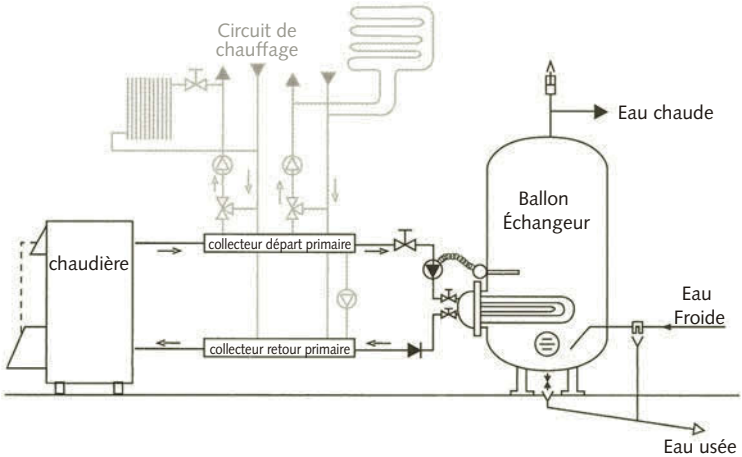


Figure 7.31 – Échangeur serpentin (documentation PACIFIC)

■ Échangeur tubulaire

Sur le même principe que l'échangeur serpentin, le ballon peut être équipé d'un échangeur tubulaire. Le fonctionnement de l'installation est le même que pour l'échangeur serpentin (figure 7.32).



Groupe de sécurité
Purgeur d'air
Point de puissage (robinets, douches...)
Clapet anti-retour
Pompe de charge
Vanne normalement ouverte
Vanne normalement fermée
Vanne 3 voies (régulations)

Figure 7.32 – Échangeur tubulaire (documentation PACIFIC)

Les échangeurs tubulaires sont des réchauffeurs ayant une grande surface d'échange, ce qui permet d'avoir une grande puissance de production d'eau chaude sanitaire dans un faible volume.

■ Échangeur à plaques

L'échangeur à plaques est composé d'un nombre variable de plaques en acier inoxydable ou en titane, ce nombre de plaques déterminera sa puissance.

Le principe de fonctionnement est le suivant : l'eau du circuit primaire circule entre la première et la deuxième plaque, l'eau du circuit secondaire

(eau chaude sanitaire) circule entre la deuxième et la troisième plaque et ainsi de suite en alternance. Il n'y a aucune communication entre les deux circuits (figure 7.33).

Les plaques sont ondulées ce qui augmente leurs surfaces d'échange, elles permettent d'obtenir une puissance importante dans un volume restreint.

La production par échangeur à plaques peut être instantanée, semi-instantanée ou semi-accumulée. La production d'eau chaude est plus rapide et permet de répondre à des besoins ponctuels plus importants

Une vanne 3 voies sur le circuit chauffage permet d'adapter la puissance de l'échangeur pour maintenir une température d'eau chaude sanitaire stable à la sortie de l'échangeur.

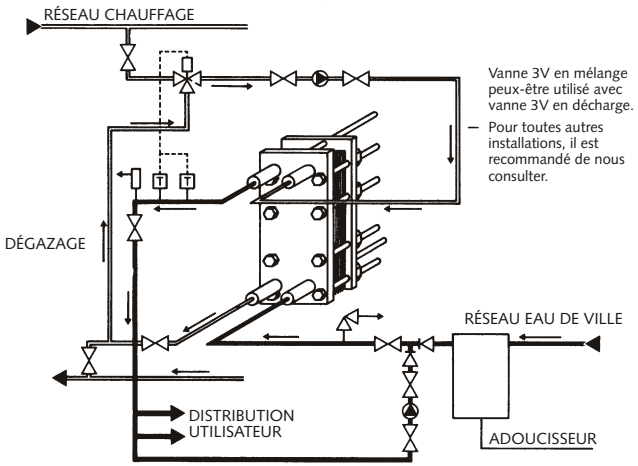


Figure 7.33 – Échangeur à plaques pour eau chaude sanitaire Alfa-Laval

■ Résistance électrique

Il existe des chauffe-eau de grande capacité (plus de 300 l, pouvant aller jusqu'à 5000 l). Ces chauffe-eau comportent plusieurs résistances électriques qui assurent le maintien en température du volume d'eau chaude. Pour avoir une température homogène dans l'ensemble du réservoir,

on peut être amené à installer un circulateur de brassage qui va brasser l'eau contenue dans la cuve pour éviter le phénomène de stratification (figure 7.34).

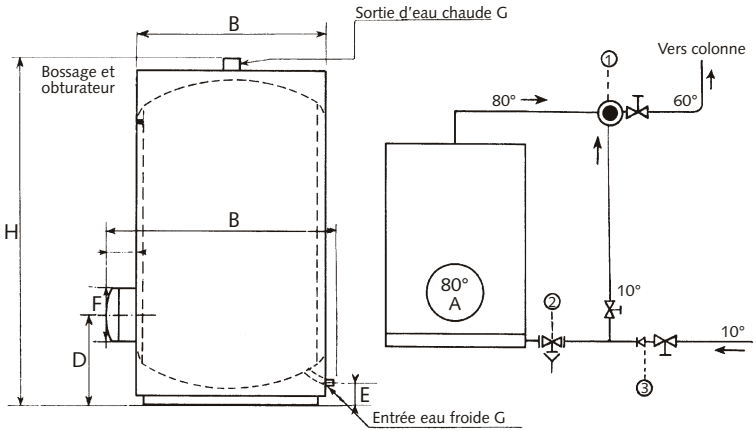


Figure 7.34 – Cote et montage direct d'un chauffe-eau de grande capacité Rhonelec. Le mélangeur est facultatif lorsque la température de l'eau dans le chauffe-eau est réglée au plus à 60 °C

La protection des cuves est réalisée de façon différente selon les constructeurs (tôles d'acier traité, tôle émaillée, le zingué, plastifié, galvanisé, revêtements en ciment, anode de protection en magnésium, en aluminium…).

Le calorifugeage est réalisé en laine de verre, laine de roche, ou en revêtements polyéthylène.

L'accès à la cuve est réalisé à partir d'un trou d'homme qui permet l'inspection complète de l'intérieur de la cuve et les travaux de détartrage et d'entretien.

On installera un ou plusieurs groupes de sécurités de diamètre 26 × 34 en fonction du volume d'eau et de la puissance installée.

Il est possible de monter plusieurs chauffe-eau de grande capacité en série ou en parallèle (figure 7.35).

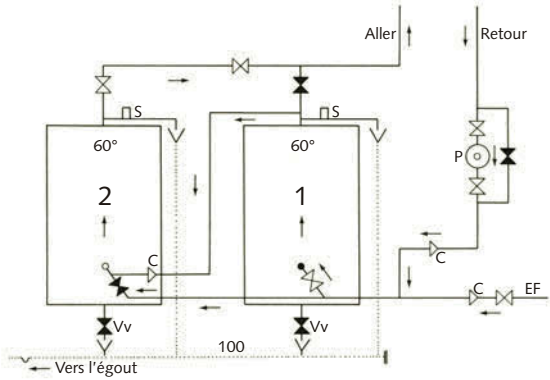


Figure 7.35 – Montage de plusieurs chauffe-eau en circulation

Les vannes en noir sont des vannes normalement fermées, les vannes en clair sont des vannes normalement ouvertes. Chaque chauffe-eau est équipé de son propre groupe de sécurité. Les résistances pourront être des résistances blindées ou des résistances stéatite. La présence de vannes supplémentaires permet, en cas de défaillance de l'un des deux appareils, d'assurer une continuité de service sur l'appareil restant.

La prise en charge du risque légionelles a fait apparaître ces dernières années de nombreux systèmes de chauffage de l'eau, de réchauffage de la boucle circulation… Il conviendra de consulter les recommandations des différents constructeurs.

L'important volume des ballons de stockage provoque un phénomène de stratification. Il est indispensable de s'assurer que la totalité du ballon se trouve à une température supérieure à 60 °C (destruction des légionelles).

■ Réchauffeurs de boucle

Les pertes sur le réseau de distribution et sur la boucle de circulation étant importantes, on pourra installer un réchauffeur de boucle dont la seule fonction est de maintenir la boucle en température, indépendamment de la production d'eau chaude (figure 7.36).

Les réchauffeurs doivent être équipés d'un groupe de sécurité.

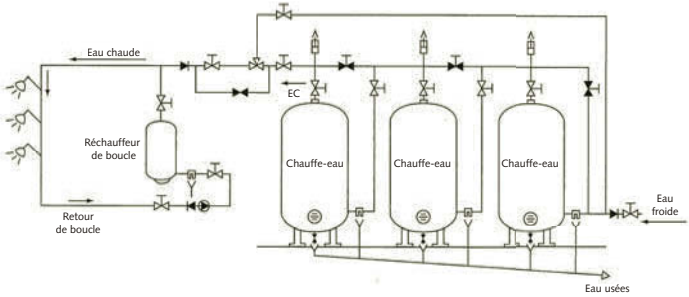


Figure 7.36 – Réchauffeur de boucle Pacific

Lorsque l'installation d'une boucle d'eau chaude sanitaire n'est pas possible (rénovation…), il est possible d'installer sur la tuyauterie de distribution un cordon chauffant qui maintiendra la colonne en température. Ce cordon est placé sous l'isolant, une signalisation doit être mise en place pour prévenir de la présence d'un câble électrique sur la tuyauterie.

Les cordons sont généralement autorégulés (seule la partie qui n'est pas à la température de consigne chauffe).

■ Isolation des boucles d'eau chaude sanitaire

Lorsque les points de puisage sont éloignés, on réalisera un bouclage d'eau chaude sanitaire permettant de maintenir en température toute la tuyauterie de distribution d'eau chaude jusqu'au point le plus éloigné pour limiter les temps d'attente.

Ce type d'installation provoque des déperditions de chaleur, l'eau qui circule dans les tuyaux se refroidit.

La norme précise que la température doit être en tout point du réseau supérieur à 50 °C, il faudra donc dimensionner correctement le bouclage d'eau chaude sanitaire. Le calcul des déperditions se fera de manière très précise pour s'assurer que la température du retour de la boucle n'est pas inférieure à 50 °C.

On pourra installer des pompes de bouclage d'eau chaude sanitaire régulées en fonction de la température de l'eau.

■ Dimensionnement d'une production d'eau chaude sanitaire par thermosiphon

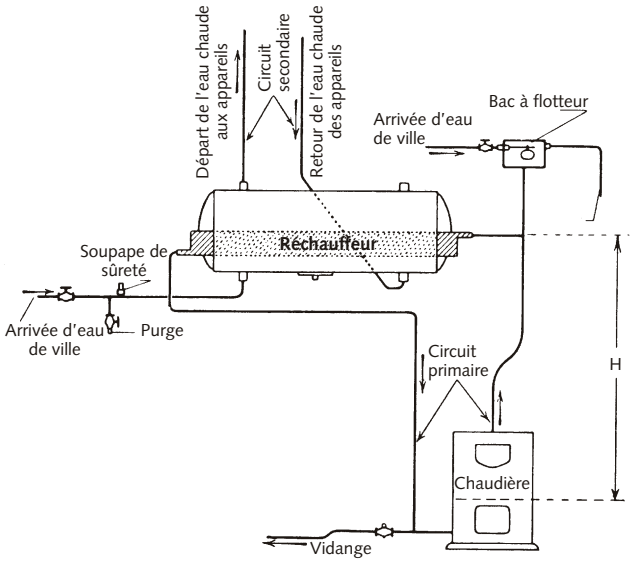


Figure 7.37 – Service d'eau chaude sous pression de ville
Le bac à flotteur sert d'expansion, la boule se trouve dans l'eau chaude.



Exemple

Les calculs de la puissance de l'échangeur restent les mêmes que précédemment, nous garderons comme exemple 53 kW nécessaire pour réchauffer 765 l d'eau de 60 °C avec un temps de réchauffage de 1 heure.

Considérons la chaudière de la figure 7.37. En tenant compte des pertes liées à la tuyauterie du circuit primaire et en gardant une marge de sécurité, sa puissance utile sera de 60 kW, son écart de température entrée-sortie sera de 20 °C, on aura :

Débit d'eau dans la chaudière :

$$qv = \frac{P}{1{,}163 \times \Delta\theta} = \frac{60}{1{,}163 \times 20} = 2{,}56 \text{ m}^3/\text{h}$$

La force hydromotrice responsable du phénomène de thermosiphon est liée à la variation de la masse volumique de l'eau en fonction de sa température (l'eau chaude se déplace sous l'effet de la différence de chaleur – et donc de masse volumique – entre deux points du circuit). Elle dépend de la différence de hauteur (H) entre les deux points du circuit. On prend généralement comme valeur 0,6 mm CE/m pour un écart de 1 °C.

Dans le cas d'une installation par thermosiphon, il ne faut pas isoler les tuyauteries, la force hydromotrice n'est possible que s'il y a une différence de température entre deux points du circuit.



Exemple

Dans l'exemple précédent (figure 7.37) la hauteur d'eau entre la chaudière et le réchauffeur est de 1,5 m, l'écart de température de 20 °C, la force hydromotrice sera de :

$$0{,}6 \times 20 \times 1{,}5 = 18 \text{ mm CE}$$

La perte de charge totale du circuit primaire ne devra pas être supérieure à cette valeur sinon, la force hydromotrice sera insuffisante pour provoquer le déplacement de l'eau.
Longueur de la tuyauterie :
Si la longueur de la tuyauterie du circuit primaire est de 8 m et que l'on connaît les pertes de charge du réchauffeur et de la chaudière pour un débit de 2,56 m^3/h :
Pertes de charge du réchauffeur : 2,5 mmCE.
Pertes de charge de la chaudière : 3,5 mmCE.
Les pertes de charge maximales admissibles pour les 8 m de tuyauterie sont de :

18 – (2,5 +3,5) = 12 mmCE

soit une perte de charge par mètre de :

Pertes de charge linéaires : $\frac{12}{8} = 1{,}5$ mmCE/m

Le choix s'effectuera à partir du tableau 7.13.

Sur le tableau 7.13, on trouve que la tuyauterie ayant un débit de 2560 l /h et une perte de charge maximale de 1,5 mm CE /m devra avoir un diamètre intérieur supérieur ou égal à 66 mm.

Tableau 7.13 – Circuits de réchauffage à employer pour une perte de charge et un débit donnés (diamètres intérieurs en mm)

Débit (l/h)	Pertes de charge en mmCE par mètre												
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2	3	4	6	7	8
20	20	20	15	15	15	12	12	12	12	12	12	12	12
30	20	20	20	15	15	15	12	12	12	12	12	12	12
60	26	26	20	20	20	20	15	15	15	15	12	12	12
100	33	33	26	26	20	20	20	20	20	20	15	15	15
150	33	33	33	26	26	26	20	20	20	20	20	20	20
200	40	40	33	33	26	26	26	26	20	20	20	20	20
350	50	50	40	33	33	33	33	33	26	26	26	26	20
500	60	50	50	40	40	40	40	333	33	33	26	26	26
700	66	60	50	50	50	50	40	40	33	33	33	33	33
900	72	66	60	50	50	50	40	40	40	33	33	33	33
1250	80	72	66	60	60	60	50	50	40	40	33	33	33
1700	90	80	72	66	66	60	60	50	50	50	40	40	40
2200	102	90	80	72	66	66	60	60	50	50	50	50	50
3000	115	102	90	80	72	72	66	66	60	60	50	50	50
4000	127	115	102	90	80	80	72	72	66	66	60	60	50
5000	127	127	115	102	90	90	80	80	72	72	66	60	60
8000	152	152	127	115	115	102	102	90	80	80	72	72	66
10000	–	152	127	127	115	115	102	102	90	90	80	80	72
12500	–	152	152	127	127	127	115	102	102	102	90	90	90

Les installations en thermosiphon sont peu utilisées de nos jours car le mouvement de l'eau créé par la force hydromotrice reste faible.

Dans cet exemple, on a :

$$qv = 2{,}56 \text{ m}^3/\text{h}$$

soit :

$$qv = \frac{2{,}56}{3\,600} = 0{,}000711 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = \frac{\pi \times (0{,}066)^2}{4} = 0{,}00342 \text{ m}$$

À partir de la formule du mémento technique (chapitre 1) : $qv = v \times S$, on trouve :

$$v = \frac{0{,}000711}{0{,}00342} = 0{,}208 \text{ m/s}$$

À la mise en marche de la chaudière, l'écart de température est faible, la force hydromotrice est donc très faible, le « démarrage » d'une installation au thermosiphon est lent. C'est pour cette raison que l'on préfère utiliser un circulateur.

Mais, une fois que l'écart de température est établi, les performances du système sont celles qui ont été calculées précédemment.

■ Régulation de température par mitigeur thermostatique

La réglementation imposant des températures maîtrisées ou point de puisage dans les installations domestiques et dans les tuyauteries en acier galvanisé pour les installations collectives, on trouvera de plus en plus sur les installations des mitigeurs thermostatiques permettant de régler la température de l'eau distribuée dans l'installation.

Le principe général de fonctionnement d'un mitigeur thermostatique est d'effectuer un mélange entre l'eau chaude produite et l'eau froide pour obtenir la température désirée.

Pour éviter un retour d'eau chaude dans les tuyauteries d'eau froide, tous les mitigeurs devront être équipés de clapets antiretour sur les arrivées d'eau froide et d'eau chaude.

Bien entendu il est possible d'effectuer ce réglage manuellement à l'aide d'une vanne trois voies, mais la température de l'eau froide n'est pas stable sur une année, elle augmente en été et diminue en hiver. De la même manière la température de production de l'eau chaude peut varier en fonction des consommations. C'est pour toutes ces raisons que l'on préférera l'usage d'un mitigeur thermostatique qui adapte le mélange entre l'eau froide et d'eau chaude en fonction de la température contrôlée à la sortie du mitigeur.

Le principe de fonctionnement d'un mitigeur thermostatique est toujours le même : un élément sensible à la température (bulbes, cartouche de cire…) se déforme sous l'effet de la température et commande mécaniquement le déplacement des clapets qui autorisent l'entrée d'eau froide et d'eau chaude dans les mitigeurs. Ils permettent une régulation de température au degré près ou au dixième de degré près (figure 7.38).

On trouvera de petits mitigeurs thermostatiques à installer aux plus près des points de puisage, par exemple pour toute l'eau chaude d'une salle de bain. Ils intègrent souvent une fermeture automatique en cas de coupure de l'arrivée l'eau froide et une sécurité antibrûlures lorsque la température

dépasse 48 °C. Pour les mitigeurs de collectivités, il faudra pouvoir momentanément modifier le fonctionnement du mitigeur thermostatique pour permettre une désinfection thermique des réseaux (élévation de la température pendant un temps donné avec écoulement à l'appareil de puisage).



Figure 7.38 – Mitigeur thermostatique Thermador

On peut aussi installer des robinetteries thermostatiques, elles sont équipées de filtres et de clapets antiretour, une poignée permet le réglage de la température, l'autre l'ouverture du robinet (figure 7.39).

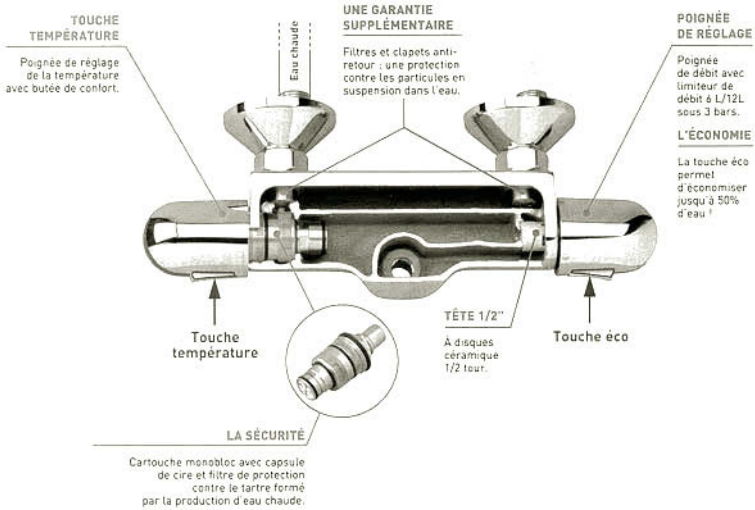


Figure 7.39 – Mitigeur thermostatique (Ideal Standard)

Pour les installations de dimensions plus importantes, on trouvera des modèles de mitigeurs thermostatiques adaptés pouvant aller jusqu'à des diamètres supérieurs à 2''.

On trouve aujourd'hui des mitigeurs thermostatiques électroniques (équipés d'une vanne trois voies de régulation) qui permettent de programmer des montées en température sur des cycles de 24 heures. Ces montées en température permettent de désinfecter les réseaux et sont souvent accompagnées de dispositifs de sécurité pour éviter la brûlure d'un usager pendant les montées en température du réseau.

Les fabricants de robinetteries temporisées et de mitigeurs thermostatiques proposent des solutions clefs en main qui intègrent des dispositifs de lutte contre la légionelle pour équiper des installations collectives publiques.

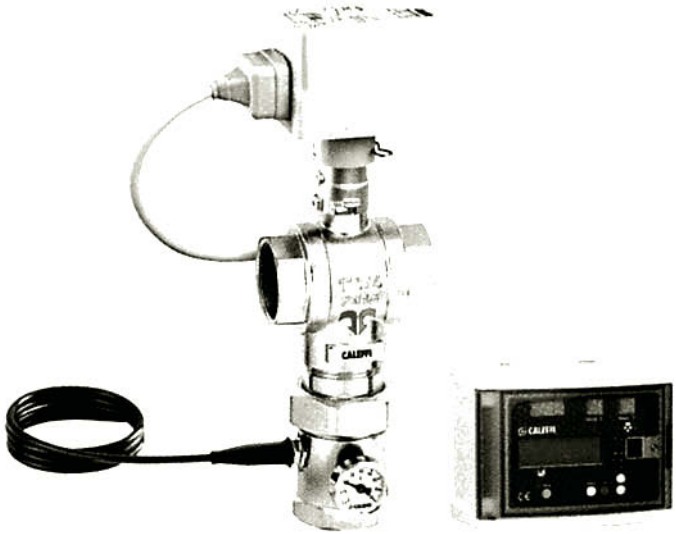


Figure 7.40 – Mitigeur thermostatique permettant de programmer des chocs thermiques Thermador

On trouvera également des dispositifs anti-brûlure pour les mitigeurs thermostatiques respectant les normes NF.

Rappel

Pour éviter la corrosion de l'installation, l'eau chaude ne doit pas être distribuée dans les réseaux d'acier galvanisé à une température supérieure à 60 °C.



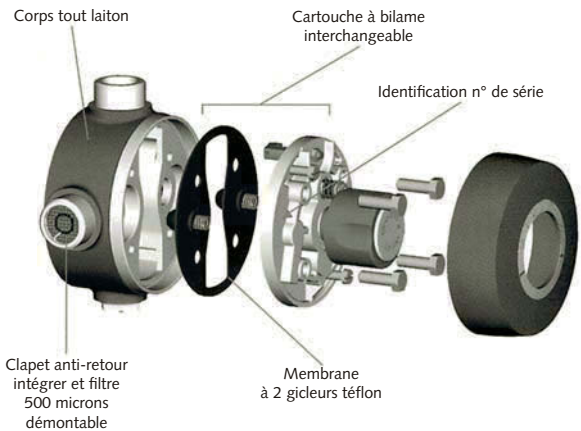


Schéma du modèle livré nu, sans accessoire.

Figure 7.41 – Mitigeur thermostatique collectif Thermeram IV, Idéal Standard

Comparaison entre production collective et production individuelle d'eau chaude sanitaire

Chaque système présente ses avantages et inconvénients :

- La distribution collective nécessite parfois un investissement moins important que de nombreuses installations individuelles.
- Le confort d'une installation collective est « collectif », les décisions de régulation (horaires, température…) sont valables pour tous les usagers.
- La distribution collective présente plus de pertes en ligne dues au réseau de distribution important.
- La production individuelle permet « d'individualiser » les charges liées à l'eau chaude sanitaire (coûts de production, maintenance...). Le choix est souvent réalisé par le promoteur et non par l'utilisateur.

La production d'eau chaude collective solaire est aujourd'hui une technologie maîtrisée, de nombreuses installations voient le jour, elles permettent de réaliser d'importantes économies sur les coûts de production de l'eau chaude sanitaire.

8
CANALISATIONS D'EAU SOUS PRESSION

La réalisation des réseaux d'eau sous pression est soumise à de nombreux DTU, principalement le DTU 60.1 (NF P 40-201) et le DTU 60.5 (NF P 41-221). Plus généralement, les DTU de la série 60 et 65 définissent les règles de l'art, il conviendra de les consulter dans tous les cas. Les cahiers techniques du CSTB, les recommandations, les normes et règlements définissent eux aussi les contraintes réglementaires des installations d'eau sous pression.



Remarque

Il est important, lors du choix d'une tuyauterie en métal, de prendre en compte la nature de l'eau ; selon la qualité de l'eau distribuée, l'utilisation de certains métaux pourra être interdite.

Règles de pose et de fixation des tuyauteries

Généralités

Il faudra consulter les règles de poses spécifiques à chaque type de réseau (eau froide, eau chaude, eaux usées…) ou à chaque type de tuyauteries (acier, cuivre fonte…), mais certaines règles de base s'appliquent dans la plupart des cas.

Le passage des tuyauteries dans les locaux normalement non protégés du gel doit être évité dans toute la mesure du possible.

L'isolement et la purge des tuyauteries obligatoirement exposées au gel doivent être prévus. Plus généralement il est recommandé de calorifuger toutes les tuyauteries exposées au gel, mais cette protection n'est pas suffisante.

La pose en vide sanitaire est réglementée et fait l'objet d'interdictions ou de conditions particulières.

Vides sanitaires inaccessibles : seule la pose de canalisations d'eau froide sans accessoires ni assemblages (soudure, collage, raccords…) est autorisée.

Les tuyauteries doivent être éloignées des locaux où le bruit est le plus gênant (chambres principalement). Il est recommandé, pour éviter la transmission du bruit de l'installation dans les locaux habités, d'utiliser des dispositifs spéciaux pour réduire les bruits produits par les appareils et la transmission des bruits résiduels.

L'installation doit être telle que la réparation ou la transformation d'une de ses sections apporte un minimum de trouble au fonctionnement de l'ensemble.

Les fixations doivent être compatibles avec les matériaux de la paroi, l'espace entre la tuyauterie et la paroi ne doit pas être calfeutré. Elles sont interdites dans les poutrelles en béton précontraint.

Lors du raccordement des appareils, on veillera à laisser accessibles les raccords, joints et parties démontables.

Tous les accessoires d'une tuyauterie (réducteur de pression, clapets, filtre, manchon souple…) doivent rester accessibles.

On évitera les coudes brusques, les contre-pentes ; les tuyauteries d'allure horizontales doivent avoir une légère pente de 2 mm/m pour permettre la vidange de la tuyauterie au point bas.

Lorsque l'installation est terminée, des essais doivent être réalisés pour contrôler son étanchéité, un examen visuel sera réalisé :

- à une pression de 10 bar ou de 1,5 fois la pression de service (la plus forte des deux valeurs) :
  - pour toutes les parties communes qui seront rendues inaccessibles (avant qu'elles ne le deviennent),
  - pour toutes les parties communes visitables à la réception.

  Il doit durer :
  - 30 min + le temps d'inspecter la totalité des tuyauteries,
  - ou 2 h sans baisse de pression.

- à la pression de service :
  - pour les parties privatives apparentes,
  - pour les parties privatives inaccessibles sans raccords,
  - pour les appareils munis d'une soupape,
  - pour les modifications inférieures à 3 m.

Le passage des tuyauteries est interdit dans :
- les conduits de fumée ou leurs parois ;
- les conduits de ventilation ou leurs parois (la traversée peut être autorisée s'il n'y a pas de risque de gel) ;
- dans l'épaisseur de l'isolant d'un mur de façade (l'alimentation d'un robinet de puisage extérieur est autorisée si un dispositif permet sa vidange en hiver).

Les canalisations ne doivent pas se toucher entre elles. La libre dilatation des tuyauteries doit être réalisée par :
- des changements de direction,
- des lyres,
- des compensateurs de dilatation.

Les canalisations d'eau chaude installées dans les vides sanitaires ou les parties non chauffées doivent être calorifugées, les boucles d'eau chaude sanitaire le seront dans tous les cas.

D'une manière générale, les tubes doivent porter un marquage indélébile qui comprend :
- le nom ou le sigle du fabriquant,
- le diamètre extérieur,
- la référence à la norme du tube ou à l'avis technique.

Les tuyauteries laissées en attente pour le raccordement par une autre entreprise devront dépasser des dalles ou planchers de 8 cm (minimum) ou 15 cm (recommandé).

L'installateur doit faire les essais de la première mise en service.

Le DTU 65.10 – P2 précise le cahier des clauses spéciales (administratives) relatives aux travaux de canalisations à l'intérieur d'un bâtiment.

Percements et traversées

■ Vocabulaire

Il faut définir les termes employés dans ce chapitre.

Canalisation enrobée : Canalisation d'une longueur supérieure à 1 m, noyée dans un élément du gros œuvre, la mise en place du matériau d'enrobage (béton, mortier…) a lieu après la pose de la canalisation.

Canalisation encastrée : Canalisation d'une longueur supérieure à 1 m, mise en place dans un emplacement réservé (au moment de la réalisation

du gros œuvre). Le remplissage est réalisé par la suite avec un matériau de même nature que celui utilisé pour le gros œuvre.

Canalisation engravée : Canalisation installée dans une saignée réalisée dans un ouvrage, le remplissage est réalisé avec un matériau de même nature. Si elle est métallique, elle sera obligatoirement protégées contre la corrosion. La pose est interdite dans les cas suivants :

- murs en béton caverneux,
- vide intérieur de parois composites,
- murs extérieurs de bâtiments d'épaisseur inférieure à 20 cm.

Quelle que soit l'épaisseur de la paroi, la réalisation d'engravure horizontale est interdite à moins de 50 cm au-dessous des appuis de poutres ou solives d'un plancher.

Les canalisations d'eau chaude de plus de 1 m doivent pouvoir se dilater (mousses...) et seront de préférence isolées.

Ravoirage : Opération consistant à réaliser une mise à niveau à l'aide de sable, de pouzzolane… avec éventuellement du ciment, sur le plancher porteur afin de recouvrir les tuyauteries et de permettre la réalisation du revêtement de sol.

Élément porteur : Élément du gros œuvre (vertical, horizontal…) qui participe à la stabilité du bâtiment.

Gainage : Enveloppe (continue, non fendue, non solidaire de la tuyauterie) dont le but est de permettre la dilatation de la tuyauterie et de l'isoler par rapport à l'extérieur (humidité, liquide, contact avec d'autres matériaux…).

Fourreau : Tube dans lequel passe une tuyauterie pour traverser un plancher, un mur ou une cloison, dans le but de désolidariser la tuyauterie du gros œuvre ou du remplissage et d'assurer son isolement vis-à-vis de extérieur (humidité, liquide, contact avec d'autres matériaux…). Ils doivent dépasser de :

- 5 mm du plafond
- 10 mm des sols finis
- 30 mm des sols finis dans les pièces d'eau

En cas de risques de condensation ou pour l'isolation acoustique des locaux, l'espace entre le fourreau et la tuyauterie doit être rendu étanche dans sa partie supérieure.

■ Règles d'usage

Par convention, les percements et scellement sont réalisés par l'entreprise de gros œuvre (sauf pour les murs porteurs et cloisons de moins de 15 cm d'épaisseur qui restent à la charge de l'entrepreneur de plomberie – sauf convention particulière).

Le maître d'œuvre s'assure que les percements (percement interdit dans les poutrelles), enrobages, encastrements ne nuisent pas à la résistance mécanique d'ensemble, et qu'il reste possible d'effectuer la réparation ou le remplacement de tout ou partie d'une tuyauterie enrobée ou encastrée sans nuire à cette résistance.

Pour les matériaux spéciaux (cloisons métalliques, verre...), un accord sera nécessaire entre les différentes entreprises.

Les percements et scellements dans un ouvrage comportant une étanchéité sont interdits.

Les matériaux qui sont en contact avec les tuyauteries doivent être chimiquement neutres ; si ce n'est pas le cas, la tuyauterie doit être protégée (par une bande adhésive, une peinture… ou par un fourreau).

Les tuyauteries métalliques doivent être séparées par un isolant (du point de vue électrique) des parties métalliques de la construction (poutrelle, fer à béton, autres tuyauteries...).

La canalisation doit être séparée du gros œuvre par un fourreau lorsqu'il y a risque de mouvement (vibration ou dilatation de la tuyauterie ou du gros œuvre).

Aucun joint de tuyauteries ou soudure ne doit être placé dans la traversée des murs, cloisons et planchers.

La réglementation incendie s'applique à toutes les traversées de cloisons et de parois.

Lorsque les tuyauteries pourront être encastrées ou enrobées (se reporter aux différents paragraphes), l'épaisseur minimale entre le tube (ou sa gaine) et la surface finie sera d'au moins 2 cm.

Dans le cas de passage dans le seuil d'une porte pour laquelle doit être fixée une barre de seuil (revêtements de sol plastique), cette épaisseur sera portée à 4 cm.

Dans les éléments du gros œuvre qui assurent la stabilité du bâtiment (poutres, murs porteurs...), les canalisations ne pourront être qu'encastrées.

Les piquages sur les tuyauteries incorporées dans la maçonnerie sont interdits, sauf ceux situés à la verticale d'un appareil sanitaire (pour le

piquage qui l'alimente), les seuls assemblages autorisés sont les assemblages soudés ou collés (tuyauteries en PVC).

L'enrobage d'une canalisation dans l'épaisseur d'une chape flottante est interdit.

☐ **Engravement des canalisations dans les cloisons**

Cloisons en carreaux de plâtre : seul l'engravement avec fourreau est autorisé en respectant les conditions suivantes :

- l'usage du burin est interdit, il faudra utiliser une rainureuse ;
- si plusieurs saignées sont réalisées, elles seront toutes du même côté de la cloison ;
- épaisseur du carreau de plâtre supérieur ou égal à 70 mm (l'engravement dans les carreaux de 50 ou 60 est donc interdit) ;
- diamètre extérieur maximal du fourreau : 21 mm ;
- épaisseur minimale de chaque côté de la gaine : 15 mm ;
- enrobage à l'aide colle à carreaux ou d'un mélange 50-50 colle + plâtre fin après nettoyage et humidification de la saignée ;
- espace minimal entre deux canalisations d'appareils différents : 700 mm ;
- espace minimal entre deux canalisations d'un même appareil :
  - 150 mm au moins dans 2 saignées différentes,
  - dans la même saignée (largeur maximale 50 mm) ;
- le tracé oblique est interdit ;
- le tracé horizontal d'une même saignée est limité à 40 cm ;
- le tracé vertical d'une même saignée est limité à :
  - 1,2 m pour les carreaux d'épaisseur 70 mm,
  - 1,5 m pour les carreaux d'épaisseur 100 mm.

Cloisons en briques plâtrières : seul l'engravement avec fourreau est autorisé en respectant les conditions suivantes :

- l'usage du burin est toléré, il est conseillé d'utiliser une rainureuse ;
- si plusieurs saignées sont réalisées, elles seront toutes du même côté de la cloison ;
- épaisseur de la brique supérieure ou égale à 50 mm (l'engravement dans les briques de 35 mm est donc interdit) ;
- diamètre extérieur maximal du fourreau : 24 mm ;
- épaisseur minimale de chaque côté de la gaine : 15 mm ;
- enrobage à l'aide de plâtre serré (40 kg de plâtre pour 20 l d'eau) ;
- espace minimal entre deux canalisations d'appareils différents : 700 mm ;
- espace minimal entre deux canalisations d'un même appareil :
  - 150 mm au moins dans 2 saignées différentes,
  - dans la même saignée (largeur maximale 50 mm),

- le tracé oblique est interdit ;
- le tracé horizontal d'une même saignée est limité à 40 cm ;
- le tracé vertical d'une même saignée est limité à :
  - 1,2 m pour les carreaux d'épaisseur 50 mm,
  - 1,5 m pour les carreaux d'épaisseur 70 mm.

- *Cloisons en plaques de plâtre :* plaques posées sur support alvéolé cartonné ou sur ossature. Les canalisations sont considérées comme non accessibles, les accessoires, raccords mécaniques, robinets… doivent rester accessibles (trappes démontables…).

CANALISATIONS ENTERRÉES

Les canalisations d'eau froide seront posées sans fourreau sur un lit de pose damé constitué de sable ou de terre sans pierre ; le remblayage s'effectue de la même manière sur 20 cm, un grillage avertisseur peut être posé au-dessus. Le remblayage final est réalisé par couches successives damées.

Les raccords mécaniques sont autorisés.

Les canalisations d'eau chaude présentant un calorifuge doivent être protégées des effets de la compression pour maintenir en place l'isolant. On trouve aujourd'hui des canalisations pré-isolées protégées par une gaine extérieure (canalisations en PER ou autre matériaux de synthèse). Des dispositions particulières devront être prises pour tenir compte des phénomènes de dilatation aux points de pénétration dans les bâtiments.

FIXATIONS ET SCELLEMENTS

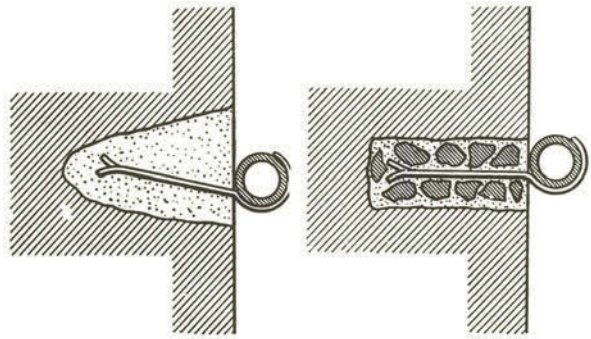
L'écartement entre deux supports est défini pour chaque type de tuyauterie (cuivre, acier, PVC…) et pour chaque usage (eau sous pression, évacuation…).

Les règles générales sont les suivantes.

■ Scellements

Même si les scellements sont de plus en plus rares, en voici les règles principales.

Le trou de scellement doit permettre la mise en place facile du collier dans sa position définitive et le remplissage complet du trou avec les matériaux de scellement. La section du trou doit être régulière sur toute sa profondeur (figure 8.1).



Mal fait. Trou plus large à l'orifice qu'au fond. Trou bourré avec un simple liant sans interposition de fragments, durs (débris de briques, pierrailles, etc.). Organe de fixation mal placé dans le scellement.

Bien fait. Trou de même largeur à l'orifice qu'au fond. Trou bourré avec des fragments durs (débris de briques, de pierraille, etc.). comprimant le liant et aidant à sa prise. Organe de fixation bien placé dans le trou de scellement.

Figure 8.1 – Scellements

Les scellements sont réalisés au plâtre :

- dans les cloisons en carreaux de plâtre ;
- dans les murs intérieurs en briques ou en pierre.

Ils sont réalisés au ciment à prise rapide (ciment prompt) :

- dans les maçonneries en ciment ;
- sur les murs extérieurs ou dans les locaux humides.

Il faudra s'assurer lors d'un scellement que l'ensemble du trou réalisé est propre (dépoussiéré) et qu'il est correctement rebouché.

Pour gagner du temps et limiter le temps de séchage, on réalise aujourd'hui des scellements chimiques avec des résines époxy à prise rapide qui nécessitent simplement le percement d'un trou au diamètre calibré en fonction de la fixation. Pour les cloisons creuses, on utilise une « chaussette » qui permet de contenir la résine.

La pièce à fixer est introduite dans le trou dépoussiéré et rempli de résine, elle est calée jusqu'à la prise définitive de la résine.

Le temps de séchage est très bref (quelques minutes à une heure en fonction de la température). La résistance de ces fixations est très importante.

■ Fixations

La fixation à l'aide de chevilles adaptées permet dans la plupart des cas de fixer les tuyauteries correctement.

Le percement doit être d'une profondeur légèrement supérieure à la longueur de la cheville ; la cheville doit être d'une longueur supérieure de 5 à 10 mm à celle de la vis qu'elle doit recevoir.

Il existe de nombreuses marques et de nombreux types de chevilles ; il faudra choisir en fonction des supports (parois pleines, cloisons creuses, plaques de plâtre…).

- Le choix d'une cheville s'effectue en fonction de l'effort à l'arrachement et au sectionnement, ces caractéristiques sont précisées par le fabricant en fonction du type de cloison (figure 8.2). Elle s'écarte lors du vissage du tire-fond, ce qui permet son blocage dans le mur.

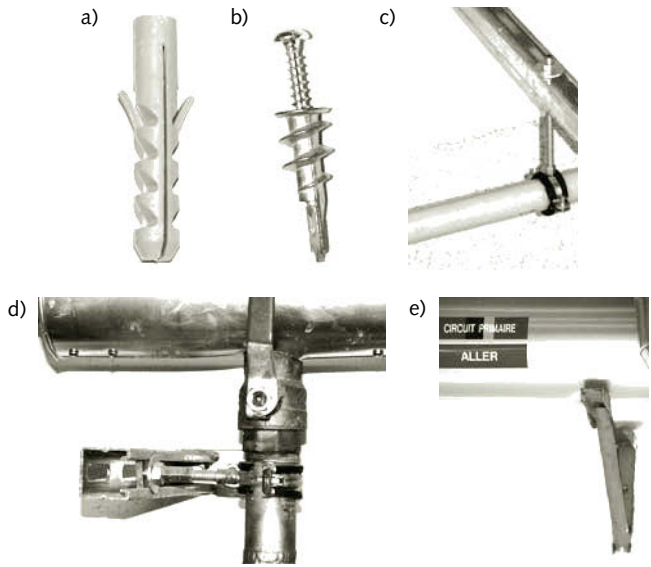


Figure 8.2 – Fixations : a) Cheville plastique ; b) Fixation pour plaque de plâtre, charge légère ; c) Support de tuyauterie avec collier isophonique ; d) Support de tuyauterie verticale – point fixe ; e) Support pour tuyauteries lourdes

Tuyauteries en plomb

Les circulaires de la Direction générale de la Santé, les guides de bonnes pratique et les recommandations, le décret n° 89-3 du 01/01/89 rendent l'usage des tuyauteries en plomb problématique. L'eau délivrée au point de puisage doit être de bonne qualité (elle ne doit pas contenir de plomb) durant la période de non-soutirage de l'eau (la nuit). Le plomb se dissout dans l'eau, l'eau qui s'écoule à l'ouverture du robinet le matin est considéré comme non potable (la concentration en plomb est trop importante).

Pour ces raisons :

- le plomb est interdit sur les installations neuves ;
- le plomb est interdit pour les canalisations d'eau chaude.

Interdites d'usage sur les tuyauteries d'eau potable en installation neuves, on en trouvera encore dans les installations existantes d'eau froide, elles résistent généralement à des pressions pouvant aller de 1 à 8 bar selon l'épaisseur.

Les tuyauteries en plomb existantes doivent correspondre aux spécifications de la norme NF A 55-505 : 1re catégorie : « plomb doux raffiné à 99,9 % pour eau sous pression et gaz » pour les alimentations.

En rénovation, on préférera remplacer la totalité des tuyauteries en plomb plutôt que d'effectuer une réparation. En effet, interposer une tuyauterie en cuivre entre deux tuyauteries en plomb pour effectuer une réparation revient à constituer une pile galvanique qui provoquera la détérioration de la partie de tuyauterie en plomb conservée située en aval de la réparation.

Pour les réparations ponctuelles, on effectuera des soudures à l'étain (se reporter au chapitre 2), en faisant attention d'éviter les surchauffes (le vieux plomb se désagrège très rapidement en cas de forte chaleur). Le raccordement plomb-cuivre s'effectue (après étamage du cuivre à l'étain) par soudure sur des tubes en cuivre emboîtés dans la tuyauterie en plomb.

Il existe des raccords mécaniques qui permettent de reprendre une tuyauterie en plomb par compression et de repartir sur un raccord fileté.

Tuyauteries en cuivre

Les tubes sont conformes à la norme NF EN 1057 d'août 2006, applicable en juillet 2007 : Tubes ronds sans soudure en cuivre pour eau et

gaz dans les applications sanitaires et de chauffage, ils sont lisses sans défauts.



Attention

Toute trace de limage est une cause de refus.

Dimensions

On les trouve :

- en barres :
  - tubes dur (écroui), état métallurgique R 290 ;
  - tubes demi-dur, état métallurgique R 250 marquage ||| ;
- en couronnes :
  - tube recuit, état métallurgique R 220.

Ils sont livrés en couronnes de 25 ou 50 m, ou en tubes droits de 3, 4 ou 5 m, dans les DN 6 à 54 en recuit, DN 6 à 159 en demi-dur et DN 6 à 267 mm en écroui, en 12 épaisseurs de 0,5 à 3 mm selon les diamètres, nu, gainé ou isolé.

Le tube doit comporter un marquage indélébile reprenant les caractéristiques suivantes dans l'ordre : Marque NF – Marque du fabricant – Code de l'usine (2 chiffres) – Code du pays d'origine (FR) – Diamètre extérieur × épaisseur (en millimètre) – EN 1057 – Indice de classement de la norme – États métallurgique – Date de fabrication (année, trimestre) – Marque commerciale.

Tableau 8.1 – Caractéristiques des tuyauteries en cuivre selon NF EN 1057

Diamètre extérieur	Épaisseur (mm) Principales dimensions européennes recommandées	Volume intérieur (l/m)	Section de passage (mm^2)	Surface extérieure (m^2/m)	Poids (kg/m)
6	0,6 - 0,8 - **1**	Valeurs pour une épaisseur de 1 mm			
		0,0126	13	0,0188	0,140
8	0,6 - 0,8 - **1**	0,0283	28	0,0251	0,196
10	0,6 - 0,8 - **1**	0,0503	50	0,0314	0,252
12	0,6 - 0,8 - **1**	0,0785	79	0,0377	0,308
14	0,8 - **1**	0,1131	113	0,0440	0,363
15	0,8 - **1**	0,1327	133	0,0471	0,391
16	**1**	0,1539	154	0,0503	0,419
18	0,8 - **1**	0,2011	201	0,0565	0,475
22	**1** - 1,2 - 1,5	0,3142	314	0,0691	0,587
28	**1** - 1,2 - 1,5	0,5309	531	0,0880	0,755
35	**1** - 1,2 - 1,5	Valeurs pour une épaisseur de 1,5 mm			
		0,8042	804	0,1100	1,405
42	**1** - 1,2 - 1,5	1,1946	1 195	0,1319	1,699
54	1,2 - 1,5 - **2**	2,0428	2 043	0,1696	2,202
64	**2**	Valeurs pour une épaisseur de 2 mm			
		2,8274	2 827	0,2011	3,467
66,7	1,2 - 2	3,0876	3 088	0,2095	3,618
76,1	1,5 - 2	4,0828	4 083	0,2391	4,144
88,9	2	5,6612	5 661	0,2793	4,859
108	1,5 – 2	8,4949	8 495	0,3393	5,928
133	1,5 - 3	Valeurs pour une épaisseur de 3 mm			
		12,6677	12668	0,4178	10,904
159	2 - 3	18,3854	18385	0,4995	13,085
219	3	35,6328	35633	0,6880	18,118
267	3	53,5022	53502	0,8388	22,145

On trouvera encore des tuyauteries et raccords pour les diamètres 20 × 1 qui ne se posent plus en installations neuves et 32 × 1 qui s'utilisent encore pour les évacuations.
En **gras** les séries courantes.

On pourra trouver d'autres dimensions qui ont été utilisées : 3 × 5, 40 × 44… En cas de doute, il faut mesurer le diamètre du tube au pied à coulisse.

Les parties des tubes devant être façonnées devront être recuites (collet battu, emboîture…), le recuit d'un tube s'obtient en le chauffant jusqu'à obtenir une couleur « rouge sombre ».



Attention

Un chauffage trop long ou trop important (couleur rouge vif) risque de rendre le cuivre cassant ou poreux d'une manière irréversible.

☐ **Tube cuivre pré-gainé : couronne de 25 m**

Tube cuivre NF (NF EN 13349) recuit, d'épaisseur 1 mm, revêtu d'une gaine en PVC. Il permet :

- une protection mécanique (transport, stockage, installation…) ;
- une protection chimique (produits de nettoyage…) ;
- un amortissement des bruits et vibrations ;
- la suppression de la condensation sur les tuyauteries apparentes.

Il peut être encastré sans fourreau pour les fluides dont la température ne dépasse pas 60 °C.

☐ **Tube cuivre pré-isolé : 10 à 22 mm**

Tube cuivre NF recuit d'épaisseur 1 mm, recouvert d'une gaine isolante en mousse de polyéthylène revêtue d'un film extérieur qui sert de pare vapeur.

« Il permet d'économiser jusqu'à 5 % par an sur la facture de gaz ou de fioul, soit une économie d'un litre d'eau chaude par puisage et par personne. La gaine isolante limite la chute de température entre deux puisages : après 20 minutes, la température d'un tube nu est d'environ 20 °C, celle d'un tube pré-isolé de 39 °C » (Source : *la lettre du cuivre* n°77).

Un avis technique du CSTB précise :

- que la mousse isolante fait office de fourreau ;
- qu'il peut être encastré en dalle ou en chape sans gainage supplémentaire, même pour des températures supérieures à 60 °C.

☐ **Tube pré-calorifugé**

Tube en cuivre pour le chauffage ou la climatisation à eau (ventilo-convecteurs, planchers chauffants rafraîchissants… :

- passage en dalle des canalisations d'eau glacée ;
- isolation continue.

OUTILLAGE

On utilisera des outils adaptés aux tubes.

Coupe des tubes :

- **scie à métaux** ou disqueuse pour les gros diamètres, en respectant un trait de coupe perpendiculaire à l'axe de la tuyauterie et en éliminant les copeaux en fin de coupe ;
- **coupe-tubes à molette**, il en existe plusieurs tailles.

Ébavureur (souvent intégré au coupe-tubes – figure 8.3) : il permet d'enlever la « bavure » laissée par la coupe (métal poussé vers l'intérieur lors de la coupe).



Figure 8.3 – Coupe-tubes Virax avec ébavureur

Pince multiprise : elle permet de tenir les tubes lors du chauffage des tubes, il faut prendre la précaution de ne pas trop serrer pour ne pas écraser le tube.

Matrice à collet battu : elle permet de réaliser les collets battus sur les tubes pour le raccordement avec un écrou sur une pièce filetée en laiton. On prendra soin de ne pas trop écraser le collet pour ne pas le fragiliser. L'étanchéité se fait par compression d'un joint entre deux surfaces plates. Il existe des raccords à joint toriques qui assurent la même fonction (étanchéité et démontage), l'écrou est maintenu en place par des picots réalisés sur le tube à l'aide d'une pince spéciale (la même que pour les picots de positionnement des piquages).

Pince à emboîter : elle permet après recuit de réaliser des emboîtures jusqu'au diamètre 40 pour raccorder deux tubes par brasure capillaire. Pour les diamètres importants, on tournera la pince une ou deux fois pour éviter l'aspect parfois « hexagonal » de l'emboîture nuisible à la qualité de la soudure (les brasures ont une tolérance sur la profondeur de l'espace à combler entre les deux tubes).

Outils à piquage : ils permettent, après le percement d'un trou calibré, de réaliser un piquage sur une tuyauterie d'un diamètre supérieur. Le recouvrement doit être d'au moins 2 mm.

CINTRAGE DES TUBES EN CUIVRE

Le façonnage d'un tube dépendra de son état (recuit, demi-dur, écroui). On pourra réaliser une collerette, un cintrage sur les tubes recuits de diamètres 6 à 18, un cintrage uniquement sur les tubes demi-durs. Dans les autres cas, il faudra recuire le tube avant façonnage.

On utilisera des pinces à cintrer (cintrettes), des cintreuses arbalètes (figure 8.4), ou des cintreuses d'établi.



Figure 8.4 – Cintreuses

Il est toujours possible d'utiliser pour les pièces particulières :

- le **cintrage au ressort** : on introduit le tube recuit à l'intérieur d'un ressort pour conserver sa section ronde lors du cintrage (figure 8.5) ;
- le **cintrage au sable** : on pince une extrémité du tube, on remplit le tube de sable très fin et sec, en le tassant régulièrement en donnant de petits coups avec le manche du marteau, on ferme la deuxième extrémité pour que le sable reste tassé, puis on réalise le cintrage. On laisse refroidir lentement puis on vide le sable et on rince l'intérieur de la tuyauterie.



Figure 8.5 – Ressort de cintrage

- Dans ces deux cas, on respectera les rayons de cintrage minimums du tableau 8.2.

Tableau 8.2 – Rayons de cintrage minimums en fonction du diamètre et du mode de cintrage

Tube recuit ou en couronne (DN en mm)	Rayon de cintrage à la fibre neutre (mm)	Outils utilisés
6	30	Pince à cintrer Cintreuse d'établi (pour les tubes demi-durs)
8	35	
10	40	
12	45	
14	50	
15	55	
16	60	
18	70	
≥ 22	80	Cintreuse d'établi Recuit préalable
La fibre neutre est la partie de la surface qui correspond à l'axe du tube.		

ASSEMBLAGE PAR SOUDAGE

On peut assembler les tuyauteries en cuivre et leurs raccords à souder en réalisant :

- une brasure tendre (à l'étain) ;
- une brasure forte (cuivre- phosphore) ;
- une soudobrasure pour les diamètres importants.

Pendant une brasure, le métal en fusion devient liquide, il remplit l'espace laissé entre les deux tubes par capillarité (figure 8.6).

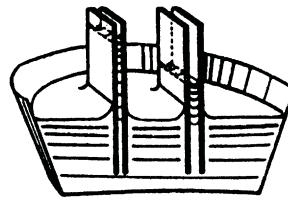


Figure 8.6 – Mise en évidence du principe de capillarité au moyen de plaques de verre et d'eau colorée

On respectera quelques précautions :

- lors de la brasure entre le cuivre et les raccords en laiton ou en bronze, il faut toujours utiliser un décapant approprié et éviter la surchauffe qui endommagerait le raccord ;
- à la fin d'une brasure, il faut nettoyer l'excédent de décapant pour éviter que le raccord ne s'oxyde ;
- les brasures tendres sont toujours réalisées à l'aide d'un décapant, on ne les refroidit jamais sous l'eau.

Dans tous les cas on s'assurera de l'attestation de conformité sanitaire de la brasure utilisée (compatibilité avec l'eau potable).

On se reportera pour plus de détails sur le matériel et les règles de soudage au chapitre 2 Outillage).

On trouvera de nombreux raccords à souder : souches mâle ou femelle en laiton ou en bronze, raccords 2 pièces (cuivre avec collet et écrou), raccords 3 pièces (union en laiton)…

ASSEMBLAGES PAR RACCORDS

Il existe de nombreux raccords pour les tuyauteries en cuivre :

- raccords par collet battu : fabriqués sur place ou en usine, le collet permet l'étanchéité par compression d'un joint sur une surface plate (collet ou raccords filetés en laiton ou en plastique) ;
- raccords à compression : un joint, une bague en plastique ou métallique conique (raccord bicône) est comprimé par un écrou autour du tube en cuivre ; la compression vient écraser la pièce d'étanchéité sur le tube et le maintient en position pour éviter son déboîtement ;
- joints américains (appelés aussi joints Gripp) : un joint caoutchouc et une bague de blocage métallique sont placés dans un écrou ; lors du serrage sur les raccords filetés en laiton, le joint est comprimé et assure l'étanchéité, la bague de blocage maintient le tube en position. Il faut respecter le sens de montage de la bague et le couple de serrage du raccord ;
- raccords à joint torique : un joint torique calibré assure l'étanchéité entre deux tuyauteries, le blocage est assuré par une pièce mécanique ;
- raccords par sertissage : les raccords sont munis d'un joint torique intégré, l'étanchéité se fait par le sertissage à l'aide d'une pince manuelle ou électrique qui vient comprimer le joint sur la tuyauterie et assurer son blocage.

Quel que soit le type de raccords, il faut s'assurer de sa compatibilité avec la nature du tube en cuivre (écroui, demi-dur, recuit). En effet, si l'on utilise des bagues d'étanchéité métalliques sur un tube recuit, il aura tendance à s'écraser ce qui va nuire à l'étanchéité du raccord.

Pour les raccords à compression, il faut s'assurer de la bonne tenue mécanique du raccord, notamment lors de la présence de flexibles. En cas de coup de bélier, la surpression pourrait provoquer le déboîtement du raccord.

MODE DE POSE

Les tuyauteries en cuivre peuvent être enrobées ou encastrées avec fourreau, ou sans fourreaux s'il s'agit de tuyauterie gainée selon la norme NF EN 13349. Dans tous les cas, il est souhaitable de poser les tubes sous gaine pour les protéger mécaniquement et chimiquement (gaine NF EN 1057).

Les saignées devront être correctement rebouchées pour éviter la vibration du tube.

☐ **Pose en apparent**

On utilisera des tubes écroui ou demi-dur pour des question d'esthétique. Les fixations doivent être compatibles avec la nature de la paroi, les percements dans les poutrelles précontraintes sont interdits.

Tableau 8.3 – Distance entre deux colliers pour une tuyauterie en cuivre sous pression

Diamètre extérieur (mm)	≤ 22	25 à 42	≥ 54
Distance entre deux colliers (m)	1,25	1,80	2,50

En cas de pose inaccessible ou en gaine verticale accessible, l'écartement des supports est au maximum de 2,5 m (pour tous les diamètres).

Assemblages avec des tuyauteries de natures différentes

Assemblage des tuyauteries en cuivre sur les installations de chauffage :

- pas d'acier galvanisé ;
- pas de contact direct entre deux tubes fabriqués en métaux différents.

Les raccords d'assemblage doivent être conformes aux indications suivantes :

- Assemblage cuivre-acier noir :
  - pas de brasage ou de soudobrasage,
  - assemblage par raccord laiton ou bronze, à visser, à brides ou raccord mécanique mixte.
- Assemblage cuivre- inox :
  - pas de brasage ou de soudobrasage,
  - assemblage par raccord laiton, bronze ou inox, à visser, à compression, à sertir ou raccord mécanique mixte.
- Assemblage cuivre-aluminium :
  - pas de brasage ou de soudobrasage,
  - pas de contact direct entre cuivre ou alliage de cuivre et aluminium ou alliage d'aluminium,
  - assemblage par raccord isolant en fonte ou en acier.

Pour séparer les tubes électriquement, on utilisera un raccord diélectrique.



Figure 8.7 – Raccord diélectrique

Tuyauteries en acier noir

Remarques

L'usage des tuyauteries en acier non traitées contre la corrosion est interdit dans les installations sanitaires.
Les tuyauteries en acier noir ne sont utilisées que pour les installations de chauffage ou de climatisation.

La désignation symbolique du tube se définit de la manière suivante :

- P pour service sous pression ;
- limite d'élasticité en MPa ;
- Marquage TR1 ou TR2 en fonction de la présence d'aluminium.

Exemple

P195TR1 – P235TR2 – P265TR2

TYPES DE TUBES

Il existe différentes sortes de tubes en acier.

■ Tubes filetables dits « tubes gaz »

□ Tubes sans soudure filetables finis à chaud

NF A 49-115, septembre 1978 repris dans la norme NF EN 10255 +A1 juillet 2007 : Tubes en acier non alliés soudables et filetables (tableau 8.4). Les tubes EN 10255 – S P 195 T correspondent à l'ancien tarif 3.

Tableau 8.4 – Tubes sans soudure filetables finis à chaud : NF A 49-115

Diamètre nominal DN (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur (mm)		Dénomination des filetages (pouces)	Pas du filetage	Longueur utile du filetage (mm)	Longueur totale du filetage (mm)
		Série moyenne M	Série forte H				
6	10,2	2,0	2,6	1/8			
8	13,5	2,3	2,9	1/4	1,337	9,7	13,0
10	17,2			3/8		10,1	13,4
15	21,3	2,6	3,2	1/2	1,814	13,2	17,7
20	26,9			3/4		14,5	19,0
25	33,7	3,2	4,0	1	2,309	16,8	22,5
32	42,4			1 ¼		19,1	24,8
40	48,3			1 ½		19,1	24,8
50	60,3	3,6	4,5	2		23,4	29,1
65	76,1			2 ½		26,7	33,6
80	88,9	4,0	5,0	3		29,8	36,7
100	114,3	4,5	5,4	4		35,8	42,7
125	139,7	5,0		5		40,1	47
150	165,1			6		40,1	47
	On pourra trouver sur d'anciennes installations les diamètres suivants						
60	70	3,6	-	2 ¼	2,309	26,7	33,6
90	101,6	4,0	4,9	3 ½		31,4	38,3

Les tubes sans soudure sont repérés par la lettre S, ils sont généralement livrés en longueur de 6 ou 6,4 m. La température d'emploi est comprise entre – 10 °C et +110 °C.

Ils peuvent être livrés avec des extrémités lisses, ou filetés au pas gaz aux deux extrémités, avec ou sans manchon, un manchon de protection en plastique peut être posé pour éviter les pénétrations de corps étrangers ; dans tous les cas le filetage devra être protégé contre la rouille.

La pression nominale est de 16 bar pour les tubes filetés et de 25 bar pour les tubes lisses. Ils sont fabriqués à chaud ou par étirage à froid puis recuits. Ils sont marqués au moins tous les 1,5 m : nom du fabricant – 115.

□ Tubes soudés filetables finis à chaud

NF A 49-145 remplacée par la norme NF EN 10255 +A1 juillet 2007 : Tubes en acier non alliés soudables et filetables. Elle concerne les tubes en contact avec l'eau non destinée à la consommation humaine (chauffage, gaz, mazout, climatisation…).

Les tubes EN 10255 – W-ST195T correspondent à l'ancien tarif T1 et T2.

Les tubes soudés sont repérés par la lettre W.

Les tubes sont marqués au moins tous les 1,5 m de la marque du fabricant – Symbole pour indiquer la série (M série moyenne – couleur bleu ; H série forte – (couleur rouge) – Désignation symbolique – Processus de fabrication (S sans soudure ; W soudé) – Référence à la norme (EN 10255).

Les tubes présentant une épaisseur différente des séries H ou M sont marquées L (couleur : vert), L1 (couleur : blanc) ou L2 (couleur : brun).

On les trouve dans les dimensions : 10,2 ; 13,5 ; 17,2 ; 21,3 ; 26,9 ; 33,7 ; 42,4 ; 48,3 ; 60,3 ; 76,1 ; 88,9 ; 114,3 ; 139,7 ; 165,1 (tableau 8.4).

Les extrémités de ces tubes peuvent être filetées ou lisses.

■ Tubes à extrémités lisses

- Les extrémités de ces tubes ne peuvent être filetées que si leur épaisseur est au moins égale à celle des tubes de la série légère (NF A 49-145 remplacé par EN 10255) de même diamètre extérieur.

□ Tubes sans soudure à extrémités lisses

- Les tubes sans soudure à extrémités lisses du commerce pour usages généraux à moyenne pression, NF A 49-111, et les tubes sans soudure à extrémités lisses laminés à chaud avec conditions particulières de livrai-

son, NF A 49-112, sont remplacés par la norme NF EN 10216-1 décembre 2002 : Tubes sans soudure en acier pour service sous pression.
- Ils sont formés à chaud.
- Les tubes EN 10216 – 1 P 235 TR1 correspondent à l'ancien tarif 10.
- On les trouve dans les dimensions : 10,2 ; 13,5 ; 17,2 ; 21,3 : 26,9 ; 33,7 ; 42,4 ; 48,3 ; 60,3 ; 6,1 ; 8,9 ; 14,3 ; 39,7 ainsi que dans les dimensions du tableau 8.5.

Tableau 8.5 – Dimensions complémentaires des tubes sans soudure : NF EN 10216

Diamètre nominal DN (mm)	Diamètre extérieur De (mm)	Dimensions en pouces
150	168,3	6
200	219,3	8
250	273	10
300	323,9	12
350	355,6	14
400	406,4	16
450	457	18
500	508	20
600	610	24
700	711	26

- Ils sont marqués au moins tous les 1,5 m : Nom du fabricant (W) – Norme EN 10216 – Désignation symbolique – Numéro de coulée (X) – Marque de l'inspecteur (Y).



Exemple

W – 76,1 × 3,6 – EN 10216-1 – P235TR1 – X – Y

☐ Tubes soudés à extrémités lisses

Tubes soudés à extrémités lisses du commerce pour usages généraux à moyenne pression NF A 49-141, septembre 1978. Diamètres extérieurs

compris entre 26,9 et 168,3 mm, pression maximale : 36 bar à température ambiante, températures d'emploi comprises entre – 10 °C et +200 °C.

Ils sont marqués au moins tous les 1,5 m : Nom du fabricant – 141.

Ils sont fabriqués par rapprochement à chaud ou par soudage électrique par résistance.

☐ **Tubes soudés à extrémités lisses avec conditions particulières de livraison**

Les tubes soudés à extrémités lisses avec conditions particulières de livraison ; la NF A 49-142 est remplacée par la norme NF EN 10217-1 – Tubes soudés en acier pour service sous pression.

Les tubes EN 10217-1 P235 TR1 correspondent à l'ancien tarif 19.

Ils sont soudés électriquement, livrés en longueurs de 6 ou 12 m.

On les trouve dans les dimensions identiques à ceux de la norme NF EN 10216 -1 augmentée des dimensions suivantes : 813 ; 914 ; 1016 ; 1067 ; 1118 ; 1219 ; 1422 ; 1626 ; 1829 ; 2032 ; 2355 ; 2540.

Il existe de nombreuses variantes (températures élevées, basses températures, acier inox…) définies dans les normes NF EN 10216 et 10217 parties 1 à 7. Il conviendra de les consulter en cas de besoins spécifiques.



Exemple

Tubes acier sans soudure pour service sous pression à température élevée (< 450 °C), en longueur de 6 ou 12 m.

Les tubes EN 10216 P 265 GH TC1 correspondent à l'ancien TUE 250 B.

OUTILLAGE

On utilisera des outils adaptés aux tubes.

Pour couper les tubes :

- scie à métaux ou disqueuse pour les gros diamètres en respectant un trait de coupe perpendiculaire à l'axe de la tuyauterie et en éliminant les copeaux en fin de coupe ;
- coupe-tubes à deux rouleaux et une molette (figure 8.8a) ;
- coupe-tubes à trois molettes (figure 8.8b) ;
- coupe-tubes à molettes à chaîne (figure 8.8c).

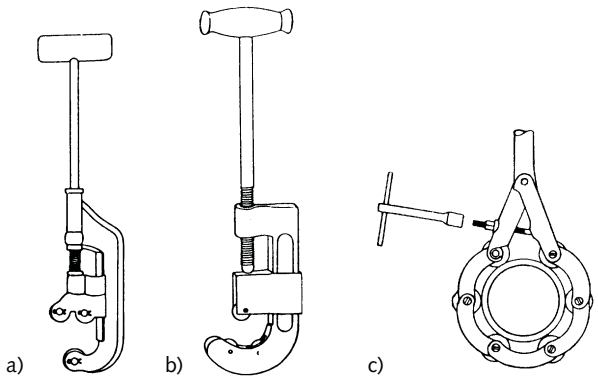


Figure 8.8 – Coupe-tubes : a) à deux roulettes et une molette ; b) à trois molettes ; c) à molettes et à chaîne

Pour façonner les tubes :

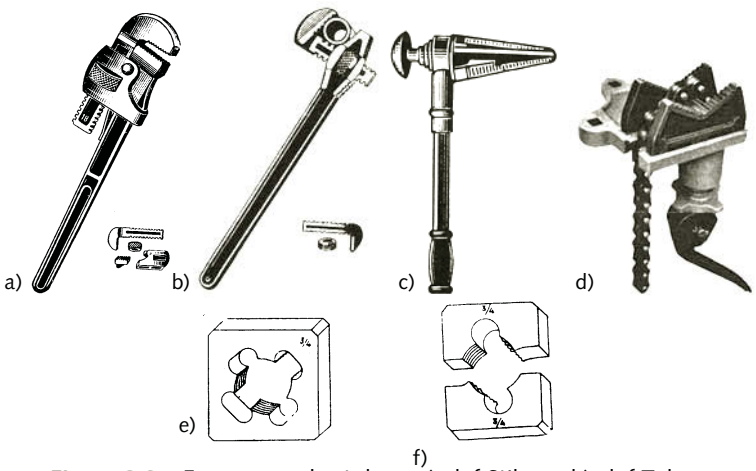


Figure 8.9 – Façonnage des tubes : a) clef Stilson ; b) clef Tubax ; c) fraise et alésoir ; d) étau à serrage rapide ; e) coussinet en une pièce ; f) coussinet en deux pièces

- clefs Stilson, clef Tubax, clef à chaîne qui permettent de serrer les tubes sans les écraser (figures 8.9a et b) ;
- alésoir pour redresser le métal refoulé à l'intérieur en utilisant un coupe-tubes (figure 8.9c) ;
- étau de serrage pour bloquer les tubes sans les écraser (figure 8.9d) ;
- coussinets pour le filetage des petits diamètres (figures 8.9e et f) ;
- filières manuelles ou électriques pour tous les diamètres (figure 8.10). Un homme seul peut fileter des tubes à la main jusqu'au ¾ ou 1'', au-dessus il faut être deux, au-dessus de 2'', cela devient très difficile, on utilisera des filières électriques. Pendant la réalisation du filetage, on prendra soins d'huiler régulièrement les filets pour éviter l'échauffement et la rupture des filets du tube et des peignes de la filière ;

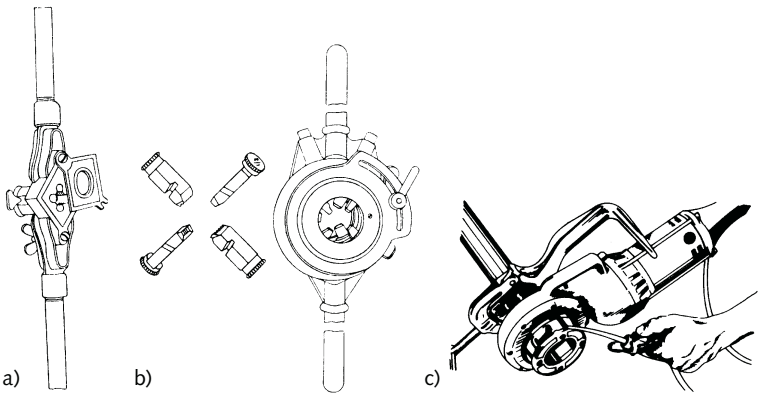


Figure 8.10 – a) Filière à coussinet fixe ou à lunettes ;
b) filière réglable et jeux de peigne ;
c) entraîneuse à inversion droite-gauche (filetage jusqu'à 2'',
avec démultiplicateur jusqu'à 4'' et 6'' ; Emerson)

- scies à trou ou scie cloche, elles permettront de réaliser les percements pour les piquages, on préférera réaliser les percements à l'aide d'un foret ou d'une scie à trou plutôt que d'utiliser un chalumeau oxycoupeur (figure 8.11).

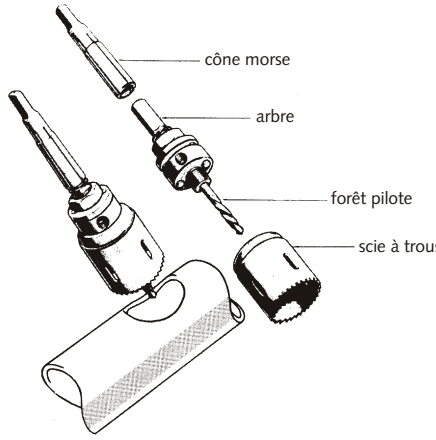
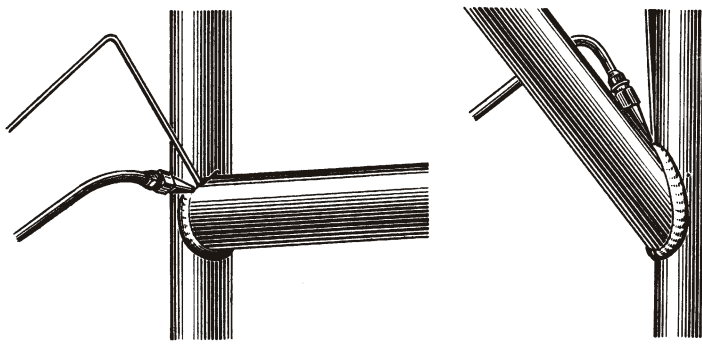


Figure 8.11 – Scie à trou

- chalumeaux oxyacétyléniques : ils permettront de réaliser les soudures autogènes (avec ou sans métal d'apport) sur les tuyauteries en acier noir et les soudobrasures sur les tuyauteries en acier galvanisé (figure 8.12).



1re phase : Sondage sur le devant du tube, départ sur la génratrice basse du tube et soudure d'une seule passe jusqu'à la génératrice haute.

2e phase : Fermeture du cordon de soudure à la partie haute du raccordement.

Figure 8.12 – Soudure au chalumeau oxyacétylénique

CINTRAGE DES TUBES

Les tubes ayant des dimensions comprises entre 3/8 et 2'' pourront être cintrés à 90° en respectant les rayons de cintrage du tableau 8.6). Le cintrage peut s'effectuer à froid ou à chaud (à l'aide d'un chalumeau).

Tableau 8.6 – Rayon de cintrage au fond de la gorge de la forme (mandrin)

Dimensions ('')	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
Diamètre extérieur (mm)	17,2	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3
Rayon de cintrage (mm)	50	65	85	100	150	170	220

Pour les tubes soudés, la soudure doit être placée à l'extérieur de la courbure. Après cintrage, les tubes ne doivent pas présenter de fissure visible.

On préférera le cintrage à l'utilisation de coudes (moins de raccords, moins de pertes de charge).

RACCORDS

Ils sont généralement en fonte malléable, mais ils peuvent être aussi en acier forgés. Le marquage des raccords s'effectuera selon la norme EN 10241 de la manière suivante :

- type de raccords (Té réduit, coudes, réducteur…)
- norme (EN 10241)
- dimensions : DN ou filetage



Exemple

Croix – EN 10241 – DN 32
Réducteur mâle femelle – EN 10241 – ¾ × ½

Il existe une gamme étendue de raccords qui se vissent sur les tubes. L'étanchéité est assurée par de la filasse enduite de pâte à joint, par du téflon (mais cela est peu recommandé pour les raccords acier) ou par une résine d'étanchéité adaptée (en fonction de la nature de la tuyauterie et de la nature du fluide).

Chaque type de raccord est identifié par un numéro. La figure 8.12 en donne des exemples.

Figure 8.13 – Raccord pour tubes en acier noir

	n° 1 Courbe 90° mâle-femelle (coude grand rayon)
	n° 2 Courbe 90° femelle-femelle (coude grand rayon)
	n° 3 Courbe 90° mâle (coude grand rayon)
	n° 40 Courbe grand rayon 45° mâle-femelle
	n° 41 Courbe grand rayon 45° femelle-femelle
	n° 51 Courbe 30° femelle-femelle
	n° 60 Courbe double 180°
Documentation GEORG FISCHER	

	n° 85 Dos d'âne
	n° 87 Té dos d'âne uniquement en 1/2
	n° 90 Coude à 90° égal
	n° 90R Coude à 90° réduit femelle-femelle
	n° 92 Coude à 90° égal mâle-femelle
	n° 94 Coude mâle-mâle 90°
	n° 95 Coude union femelle-femelle à joint plat
	n° 96 Coude union femelle-femelle à joint conique
Documentation GEORG FISCHER	

	n° 97 Coude union mâle-femelle à joint plat
	n° 98 Coude union mâle-femelle à joint conique
	n° 100 Coude union femelle-mâle à joint plat
	n° 130 Té à trois extrémités femelles
	n° 131 Té à trois extrémités femelles avec embranchement cintré à 90°
	n° 133 Té à 2 extrémités femelles avec embranchement mâle
	n° 135 Té à trois extrémités mâles

Documentation GEORG FISCHER

	n° 180 Croix égale
	n° 220 Té à fourche ou distributeur Y (deux bifurcations à 45°)
	n° 221 Distributeur à coude femelle égal
	n° 240 Manchon droit réduit femelle-femelle
	n° 241 Mamelon réduit droit mâle-femelle
	n° 245 Mamelon réduit droit mâle-mâle
Documentation GEORG FISCHER	

	n° 260 Manchon excentré réduit femelle-femelle
	n° 270 Manchon double femelle
	n° 281 Manchon double mâle droite-gauche
	n° 290 Bouchon mâle avec collet
	n° 330 Manchon union droite femelle-femelle à joint plat
	n° 332 Manchon union droite femelle-mâle à joint plat
	n° 338 Manchon union à joint plat pour distribution
Documentation GEORG FISCHER	

	n° 526 Allonge
	n° 534 Longue vis
	n° 537 Manchon longue vis complète
Documentation GEORG FISCHER	

Les longues vis ou manchons longue vis permettent de raccorder des tuyauteries en position à l'aide d'un manchon. On pourra aussi pour plus de facilité utiliser des raccords unions.

Pour éviter les erreurs de commande, les tés et les croix sont numérotés dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en commençant par le raccord du bas.

Lors du raccordement des raccords, on évitera de réaliser des étranglements intérieurs (figure 8.14).

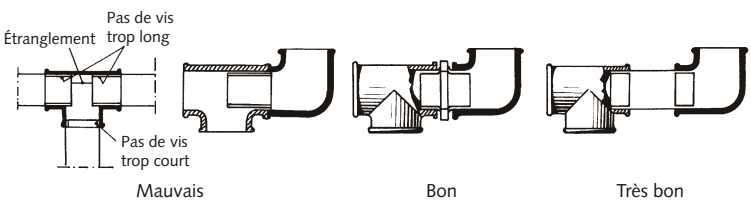


Figure 8.14 – Éviter les étranglements intérieurs

On trouve aussi des pièces à souder dans les différentes séries (figure 8.15).

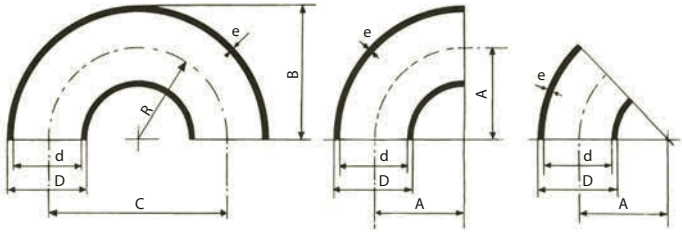


Figure 8.15 – Courbes Vallourec pour tubes Tarif Gaz

Tuyauteries en acier galvanisé

Les séries, raccords et dimensions seront identiques à celles des tubes en acier noir.

Il existe des restrictions à l'usage des tuyauteries en acier galvanisé définies dans le DTU 60.1 additif 4, elles sont liées à la corrosion et seront développées en fin de paragraphe.

Les tubes en acier galvanisés sont revêtus de zinc à l'intérieur et à l'extérieur par immersion dans du zinc fondu selon la norme NF A 49-700.

Règles de pose

- Les tubes galvanisés de diamètre extérieur inférieur à 21,3 mm sont interdits.
- Le cintrage à chaud est interdit.
- Les tuyauteries d'eau froide peuvent être protégées par des bandes adhésives, des bandes imprégnées dans les conditions prévues dans le DTU 60.1 additif 4.
- La pose en vide sanitaire n'est autorisée que s'il existe un espace de 60 cm entre la tuyauterie et le sol.
- Une tuyauterie d'eau froide installée dans un espace non ventilé doit être calorifugée pour éviter la condensation et la corrosion.
- L'utilisation d'un fourreau est obligatoire pour les traversées des planchers et pour la traversée d'un mur ou cloison par une tuyauterie d'eau chaude.

- Les tuyauteries placées dans les parties communes doivent être protégées des chocs qui pourraient endommager son revêtement.

La canalisation peut être installée :

- Dans un élément porteur vertical, la tuyauterie peut être encastrée.
- Dans un élément porteur horizontal, elle peut être encastrée ou enrobée. Les assemblages doivent être des soudobrasures (raccords mécaniques interdits).
- Dans un élément non porteur, elle peut être enrobée, encastrée ou engravée, les assemblages doivent être soudobrasés ou vissés. En cas de pose dans un ravoirage, la tuyauterie devra être protégée par une bande imprégnée ou adhésive ou par un gainage.
- Dans une gaine technique visitable à chaque niveau ou dans chaque local (fuite éventuelle localisée à 3 m près).
- Dans un coffrage ou faux plafond visitable – trappes de visite ou ensemble démontable (fuite éventuelle localisée à 3 m près).
- Dans un vide sanitaire ayant une hauteur de 60 cm sur le passage de la tuyauterie et ayant une trappe d'accès d'au moins 50 cm de largeur de passage et d'une surface d'au moins 0,6 m².

FIXATION DES TUYAUTERIES

On respectera les règles du tableau 8.7.

Tableau 8.7 – Distance entre deux colliers : tuyauterie acier sous pression

Diamètre intérieur (mm)	≤ 20	21 à 40	≥ 41
Distance entre deux colliers (m)	1,50	2.25	3,00

CORROSION

Conditions d'emploi des tubes acier en distribution sanitaire.

■ Contrôles à effectuer

Une analyse d'eau sera réalisée tous les 3 mois la première année, puis 1 fois par an.

Les tubes acier doivent être galvanisés ou en acier ayant reçu un traitement faisant l'objet d'un avis technique

Les tubes d'acier galvanisés ne doivent pas être parcourus par de l'eau à une température supérieure à 60 °C. Si la production ou le stockage

s'effectuent à une température supérieure, il conviendra d'installer un mitigeur thermostatique (à moins de 15 m de l'appareil de production ou de stockage) pour abaisser la température dans les tubes de distribution.

Il est déconseillé d'installer un adoucisseur sur une distribution d'eau froide, alors que cela peut être nécessaire sur l'eau chaude. L'installation d'un adoucisseur doit être complétée par un traitement anticorrosion.

Lorsque la qualité de l'eau n'est pas satisfaisante, un traitement d'eau ou un traitement de l'installation doit être réalisé et des contrôles réguliers doivent être effectués. Il est nécessaire de confier, par contrat, à une entreprise compétente, dès la mise en service du traitement, la surveillance et l'entretien de l'équipement de traitement.

Tableau 8.8 – Conditions de traitement contre la corrosion si 1 ou plusieurs conditions sont remplies*

Élément mesuré	Eau froide (analysée à 20 °C)	Eau chaude (analysée à 20 °C)
Résistivité (Ω·cm)	< 1 500 Ω cm > 4 500 Ω cm	< 200 Ω cm > 4 500 Ω cm
TAC au méthylorange (méq/l ou °f)	1,6 méq/l ou 8 °f	1,6 méq/l ou 8 °f
Oxygène dissous (mg/l)	< 4	/
CO_2 libre (mg/l)	> 30	>
CO_2 agressif (mg/l)	> 5	/
Calcium en Ca^{++} (méq/l ou °f)	< 1,6 méq/l ou 8 °f	< 1,6 méq/l ou 8 °f
Sulfates en SO_4 (méq/l ou mg/l)	> 3,12 méq/l ou 150 mg/l	> 2 méq/l ou 96 mg/l
Chlorures en Cl^- (méq/l ou mg/l)	> 2,82 méq/l ou 100 mg/l	> 2 méq/l ou 71 mg/l
Sulfates et chlorures (méq/)	/	> 3 méq/l

* Extrait du DTU 60.1 additif n° 4, Pour plus de détails consulter le chapitre « Traitement d'eau ».

Le contrôle de l'installation s'effectue (tous les trois mois la première année au moins une fois par an ensuite) à partir :

- de tube témoin sur l'**eau froide** installé sur des parties accessibles et démontables : il est déposé et son état intérieur est contrôlé (figure 8.16) ;
- de tube témoin installé sur la boucle d'**eau chaude** : il est déposé et son état intérieur est contrôlé (figure 8.17).
- de prises d'eau pour les prélèvements : une en amont, l'autre en aval de chaque appareil de traitement ; une sur le retour du bouclage d'ECS.

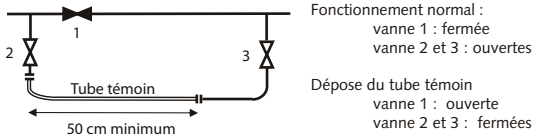


Figure 8.16 – Tube témoin sur eau froide

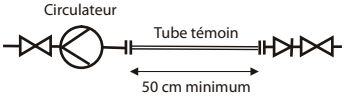


Figure 8.17 – Tube témoin sur eau chaude

■ Dispositions complémentaires

La purge des gaz par un dispositif automatique ou manuel comportant une chambre de réduction de la vitesse est obligatoire sur le réseau de distribution d'eau à tous les points suivants :

- points où la pression de l'eau dans la tuyauterie en acier galvanisé subit une diminution brusque de 3 bar ou plus ;
- point haut d'un dispositif de réchauffage par mélange ou par échange ;
- points hauts des colonnes montantes d'eau chaude ;
- point de retour d'un circuit d'eau chaude raccordé sur une tuyauterie d'eau froide.

D'une manière générale à tous les points de l'installation où il y a une diminution de la pression ou une augmentation de la température (ce qui libère les gaz dissous), leur contrôle doit être régulier.

Les surpresseurs doivent être munis d'une membrane de séparation entre l'air et l'eau.



Remarque

Les éléments en cuivre ou métal cuivreux (tuyauteries, appareils de production...) ne peuvent être placés en amont des tubes d'acier galvanisés. Mais les éléments en cuivre ou métal cuivreux peuvent être placés en aval des tubes d'acier galvanisés, sous réserve de certaines précautions pour l'exécution des piquages.

FAÇONNAGE

□ **Coupe**

La coupe se fait par sciage, tronçonnage ou par coupe-tubes à molette ou à couteau. La coupe au chalumeau peut s'effectuer sur les tuyauteries d'un diamètre supérieur ou égal à 108 mm si le revêtement en zinc est reconstitué après brossage par métallisation (à l'intérieur et l'extérieur).

□ **Filetage**

Le filetage extérieur doit être un filetage gaz conforme aux normes NF E 03-004 ou NF E 03-005. Les filets doivent être propres et réguliers, le taraudage est interdit (filet à l'intérieur du tube).

□ **Cintrage**

Uniquement cintrage mécanique à froid.

□ **Perçage**

Perçage à froid uniquement pour les petits diamètres.

□ **Contrôles et finitions**

Les bavures et limailles doivent être éliminées. Il conviendra de contrôler le revêtement en zinc intérieur aux extrémités, piquages… et sur toute la surface extérieure. Si le revêtement est endommagé, il faudra le reconstituer par brossage et métallisation.

ASSEMBLAGE PAR SOUDAGE

■ Par soudobrasage

- Température de fusion comprise entre 500 °C et 875 °C (volatilisation du zinc à 910 °C.
- Assemblage bord à bord.

- Assemblage par emboîtement (*slip-joint*).
- Assemblage angulaire (piquage), le tube ne doit pas dépasser à l'intérieur du tube principal.

Le cordon de soudobrasage doit être sans angle vif sur les pièces assemblées, la surface intérieure de l'assemblage ne doit présenter ni saillie, ni cavité, ni porosité.

La soudure autogène et les brasages capillaires sont interdits sur les tubes galvanisés.

On trouvera des raccords à soudobraser en acier galvanisé :

- courbes : 2d, 3d, 5d ;
- réductions concentriques ;
- fonds à souder ;
- Tés.

■ Par piquage

Le piquage direct d'une tuyauterie cuivre d'eau froide peut être réalisé, mais pour un bouclage d'eau chaude, il est nécessaire d'interposer un raccord ou une tuyauterie galvanisée d'au moins 5 cm entre la tuyauterie principale et la tuyauterie en cuivre.

Il est possible de réaliser le piquage d'une tuyauterie en acier galvanisé sur une tuyauterie (qui n'est pas en cuivre) à l'aide d'un collier de prise en charge.

ASSEMBLAGE PAR RACCORDS

Les accessoires non cités dans la liste suivante devront avoir fait l'objet d'un avis technique (flexible, compensateurs de dilatation…).

On trouvera différents types de raccords :

Raccords à visser :

- en fonte malléable galvanisés ;
- en acier galvanisés (les manchons de protection livrés avec les barres sont interdits d'usage) ;
- en bronze.

Raccords à bague : ils permettent d'assembler des tubes non filetés entre eux ou des tubes filetés avec des tubes non filetés (raccords mixtes). Ils sont en fonte malléable galvanisée, en acier galvanisé, en bronze, en acier inoxydable (figure 8.18).



Figure 8.18 – a) Raccord à compression galvanisé GEORG FISCHER
b) Raccord mixte à compression GEORG FISCHER

L'étanchéité est assurée par compression ou déformation d'une bague sur les tuyauteries en acier galvanisé, en cuivre, en PVC, en polyéthylène et en fonte… (figure 8.19).



Figure 8.19 – Bague de compression pour raccord galvanisé

Raccords spéciaux : ils permettent le démontage ou l'ajustage des tuyauteries et sont coniques ou sphériques. Ils sont en fonte malléable galvanisée, en acier galvanisé, en bronze, en acier inoxydable. L'étanchéité se fait par vissage ou par bagues.

Raccords par brides ou collets : Il existe 3 séries : PN 10 ; PN 16 ; PN 25 pour les brides rondes et PN 6 ; PN 10 ; PN 16 pour les brides ovales. On distingue :

- les brides à collerette à souder en bout- acier galvanisé ;
- les brides à collerette emmanchées filetées – acier galvanisé ou fonte galvanisé ;

- les brides à collerette emmanchées soudées – acier galvanisé ;
- les brides plates à souder – acier galvanisé ;
- les brides plates tournantes – acier ;
- les collets plats à souder pour brides tournantes ;
- les collets à collerette à souder pour brides tournantes.

Les brides en acier ou en fonte, à l'exception des brides tournantes, ainsi que les collets à collerette doivent être galvanisées.

- **Assemblages mixtes :** PVC, polyéthylène, cuivre, plomb, fonte. Par vissage de raccords spéciaux avec le PVC et le polyéthylène… (étanchéité par téflon ou pâte adaptée aux matières plastiques, pas de filasse qui en gonflant casserait le raccord plastique).

SÉRIES ACIER EXTÉRIEUR

Il existe des séries de tuyauteries acier prévues spécialement pour l'extérieur (tubes soudés ou étirés sans soudure) en longueurs de 6 à 12 m, utilisant des raccords à bague de blocage ou à bride que l'on installait pour les réseaux extérieurs (arrosage, tuyauterie de refoulement…). Elles sont aujourd'hui bien souvent remplacées par des tuyauteries polyéthylène.

Voici les principaux types de raccordements :

- Assemblage par joints soudés (figure 8.20 a, b, c) ;
- Assemblage par bride et contre-bride (figure 8.20 d, e, f) ;
- Assemblage par brides soudées (figure 8.20 g, h).

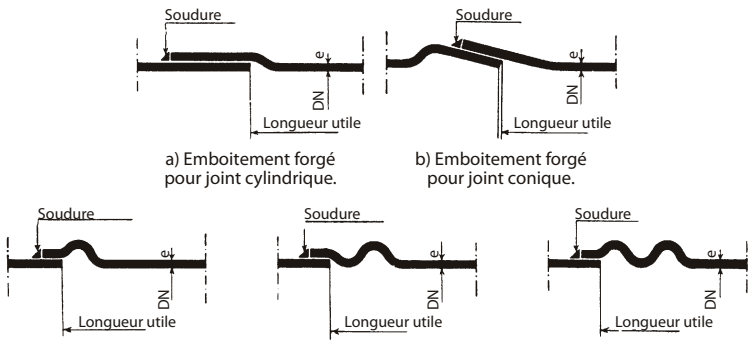
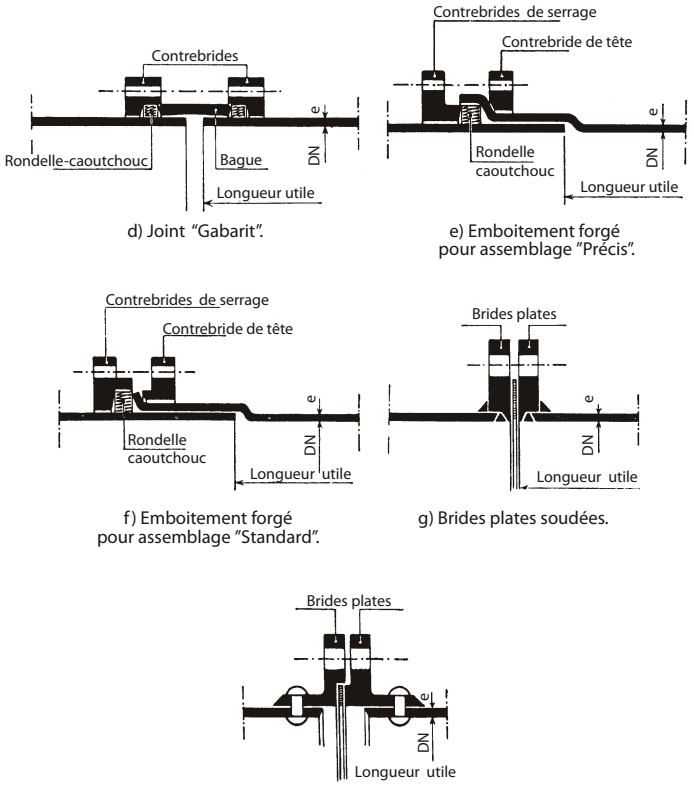


Figure 8.20 – Joints des tubes en acier



d) Joint "Gabarit".

e) Emboitement forgé pour assemblage "Précis".

f) Emboitement forgé pour assemblage "Standard".

g) Brides plates soudées.

h) Brides cornières rivées.

Figure 8.20 – Joints des tubes en acier *(suite)*

On pourra trouver aussi des raccordements à compression ou tout système de bague spécialement conçu pour un type d'usage particulier.

Tubes en acier inoxydable

Les tubes inox 304 L ou 316 L se trouvent dans les dimensions des tubes acier (de 10,2 à 609) ou dans les dimensions des tubes à sertir (de

15 à 304). Ils peuvent être utilisés pour les eaux potables, les eaux traitées adoucies et présentent une forte résistance à la corrosion.

Il est important, lors de la manipulation et de la pose des tuyauteries inox, de ne pas rayer le revêtement inox.

On utilisera pour les couper un coupe-tubes spécial inox.

Le façonnage sera réalisé à froid ou par des soudeurs spécialisés.

Tubes acier à sertir

On trouve aujourd'hui des tubes à sertir chez différents fabricants. Chaque système à sa forme de sertissage, les pinces à sertir sont manuelles ou électriques. Les tubes sont en acier électrozingués, en inox…

Le diamètre des tubes est différent. Il conviendra de respecter les consignes des fabricants (tableau 8.9).

Tableau 8.9 – Exemples de dimensions de tubes à sertir

Diamètre extérieur (mm)	Épaisseur (mm)
12	1,2
15	1,2
18	1,2
22	1,5
28	1,5
35	1,5
42	1,5
54	1,5
76	1,5
89	1,5
108	1,5

Il existe de nombreux systèmes comprenant leurs propres dimensions, leurs formes de sertissage…

Tuyauteries en fonte

Tableau 8.10 – Dimensions des tuyauteries en fonte sous pression selon NF EN 545

Diamètre nominal DN (mm)	Diamètre extérieur De (mm)	Remarques
40	56	L'épaisseur varie de 4,8 à 25 mm selon les diamètres. La pression de fonctionnement est de 27 à 64 bar selon les diamètres. La tolérance sur les dimensions extérieures dépend du diamètre, on pourra trouver des valeurs variant de 1 mm selon les catalogues (par exemple 57 – 67 – 78…).
50	66	
60	77	
65	82	
80	98	
100	118	
125	144	
150	170	
200	222	
250	274	
300	326	
350	378	
400	429	
450	480	
500	532	
600	635	
700	738	
800	842	
900	945	
1 000	1 048	
1 100	1 152	
1 200	1 255	
1 400	1 462	
1 500	1 565	
1 600	1 668	
1 800	1 875	
2 000	2 082	

Les tuyauteries en fonte seront conformes à la norme NF EN 545 février 2007. On contrôle la qualité de la fonte en frappant délicatement le tuyau avec le manche d'un marteau, il doit émettre un son clair au choc.

Les tuyaux en fonte épaisse ductile pour eau forcée sont assemblés par joint métallique ou par joint plastique.

La fonte épaisse est réservée en principe aux installations sous pression.

La fonte mince du diamètre 50 à 150 est réservée à l'écoulement des eaux usées (se reporter au chapitre 13 sur l'évacuation des eaux usées).

On trouvera différentes séries de fontes (eau potable, irrigation, industrie…), des séries isolées contre le gel (isolant en mousse polyuréthane et gaine polyéthylène), des séries très hautes pressions pouvant aller jusqu'à 100 bar…

Le revêtement intérieur des tuyauteries dépendra de l'usage (mortier de ciment, polyuréthane pour les eaux douces ou agressives…).

D'une manière générale, on laissera un jeu de 1 à 1,5 cm pour les DN 40 à 300, de 2 cm pour les DN 350 à 600 et de 3 cm au-dessus (tableau 8.10), entre deux tuyauteries dans les raccords pour permettre la dilatation des tubes et une flexibilité de l'ensemble.

On trouve encore d'anciennes dimensions (tableau 8.11).

Tableau 8.11 – Anciennes dimensions des tuyauteries en fonte sous pression

Diamètre nominal (mm)	Diamètre extérieur (mm)
40	52 - 58
50	62 - 68
60	72 - 79 - 83,4
80	93 - 96 - 100 - 104
100	114 - 120 - 125
125	141 - 146 - 151
150	167 - 172 - 177
175	193 - 196 - 203
200	220 - 229
225	248 - 249
250	275 - 281
300	333
Ces dimensions sont données à titre indicatif, il faudra dans tous les cas effectuer une mesure de diamètre.	

FONTE À BRIDES

Les tuyauteries en fonte se fabriquent avec des brides moulées, soudées ou vissées dans des diamètres DN 40 à 2 000 pour des pressions PN 10, 16, 25 et 40 jusqu'à PN 100 selon les diamètres ; elles sont vendues en longueurs de 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7 m en fonction du diamètre.

Le serrage des brides s'effectue toujours de la même manière, en étoile, pour éviter que le joint ne glisse lors du serrage. On serre d'abord les boulons à la main, puis à la clef, il est recommandé d'utiliser une clef dynamométrique pour respecter le couple de serrage des boulons vendus avec la bride (la qualité de résistance du boulon dépendra de la pression de service de l'installation). Le serrage des boulons s'effectue dans l'ordre de la numérotation (figure 8.21).

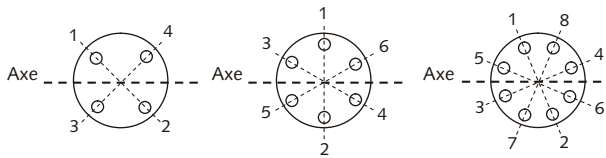
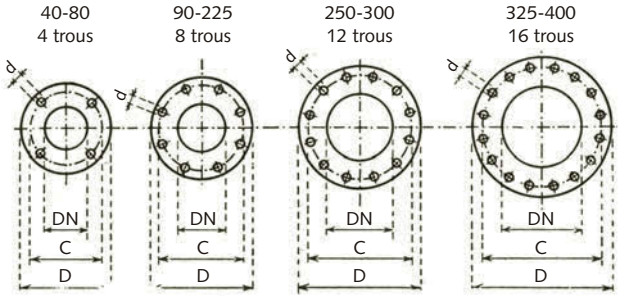


Figure 8.21 – Ordre de serrage des boulons

Et ainsi de suite pour les brides à 12, 16, 20, 24 et 28 trous, les brides normalisées ont un nombre de trou multiple de 4 (figure 8.22).

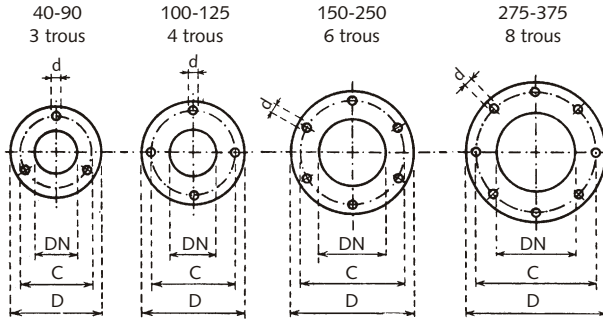
On ne place pas les trous sur l'axe de la tuyauterie.



Diamètre nominal DN	D mm	C mm	Trous	
			Nombre	Diamètre d mm
40	150	110	4	20
50	165	125	4	20
60	175	135	4	20
80	200	160	4	20
100	220	180	8	20
125	250	210	8	20
150	285	240	8	24
175	315	270	8	24
200	340	295	8	24
250	395	250	12	24
300	445	400	12	24
400	565	515	16	28

Figure 8.22 – Brides « Standard International », gabarits de perçage et dimensions

On trouvera encore des brides 3, 4, 6 et 8 trous ayant un gabarit différent (figure 8.23).



Diamètre nominal DN	D mm	C mm	Trous	
			Nombre	Diamètre d mm
40	176	125	3	18
50	188	147	3	18
60	210	165	3	21
(70)	220	175	3	21
80	230	185	3	21
(90)	240	195	3	21
100	250	205	4	21
(110)	262	215	4	21
125	279	232	4	21
150	306	257	6	21
175	338	287	6	21
200	358	306	6	21
(225)	376	323	6	21
250	411	358	6	21
(275)	442	388	8	21
300	474	418	8	21
(325)	501	443	8	21
350	528	468	10	24
(375)	555	495	10	24

Figure 8.23 – Brides « Ville de Paris », gabarits de perçage et dimensions

Les anciens joints pourront être en cuir, caoutchouc naturel, amiante, klingérite, plomb durci…

Lors de la coupe d'une tuyauterie à l'aide d'une tronçonneuse à disque, d'un coupe-tubes à chaîne ou d'une scie pneumatique, le chanfrein devra être reconstitué ainsi que la protection de surface.

RACCORDEMENT

On trouvera encore des tuyauteries raccordées par des joints coulés, ils étaient réalisés de la manière suivante :

- Joints au plomb : une corde goudronnée est matée à chaque tour au fond de l'emboîture sur 2 à 4 cm selon les diamètres, l'espace entre l'emboîture et le tube est garni de terre glaise. Puis, les joints sont coulés au plomb et matés à refus (figure 8.24).
- Joints Thiolit : une corde sèche, non huilée, non goudronnée est matée au fond de l'emboîture, l'espace entre l'emboîture et le tube est garni de terre glaise. Puis, les joints sont coulés à 135 °C et matés à refus (figure 8.25).

De nos jours, on emploiera des joints rapides adaptés selon les usages, la composition du joint varie selon le fluide véhiculé.

On trouve différents types de joints.

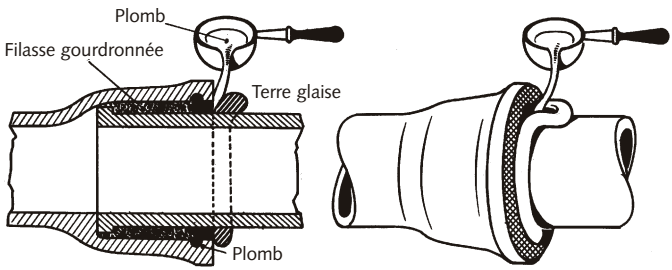


Figure 8.24 – Confection d'un joint en filasse goudronnée et plomb coulé

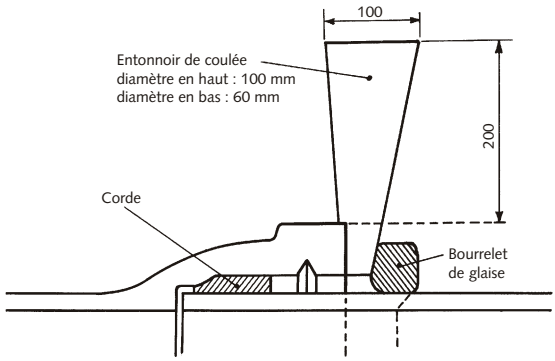


Figure 8.25 – Cordoir

■ Joints automatiques standard

La tuyauterie et le joint doivent être enduits de pâte lubrifiante.

La partie mâle doit être repérée par un trait pour marquer la longueur à emboîter (profondeur de l'emboîture – jeu de dilatation), l'extrémité doit être chanfreinée, les deux parties seront assemblées en respectant l'alignement (figure 8.26).

On contrôlera la position du joint à l'aide d'un réglet métallique pour s'assurer qu'il est à la même position sur toute la périphérie.

Les tuyauteries équipées de joints sans blocage doivent être maintenues en position par des massifs de butée qui empêchent les tuyauteries de se déboîter sous l'effet de la pression.

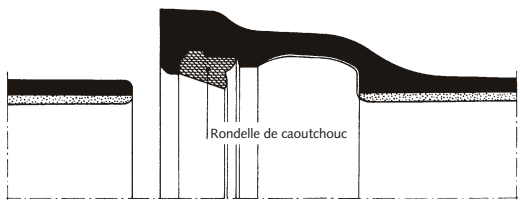


Figure 8.26 – Joint automatique flexible

■ Joints mécaniques express

Le joint express est équipé d'une bague de serrage qui permet une meilleure résistance à la pression, le blocage de la tuyauterie s'effectue indépendamment de l'étanchéité. L'emboîtement sert de point d'appui aux boulons de serrage de la contre-bride qui viennent bloquer mécaniquement la tuyauterie (figures 8.27 et 8.28).

L'utilisation de joints mécaniques express permet d'éviter la réalisation de massifs de butée.

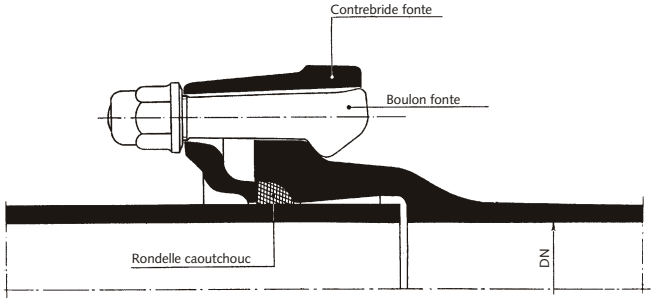
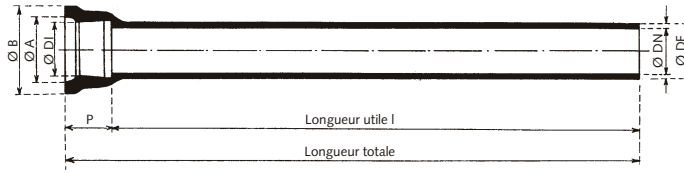


Figure 8.27 – Joint express



Diamètre intérieure nominal DN	Fût	Emboîtement	Longueur utile l	Masse métrique
	Diamètre extérieure DE	Diamètre extérieure B		
	Mm	mm	m	kg
60	78	139	6	11
80	99	162	6	15
100	119	188	6	19,5
125	145	215	6	25
150	171	243	6	31
175	196	271	6	37,5
200	222	298	6	45
250	273	353	6	61
300	325	410	6	78,5

Figure 8.28 – Tuyaux en fonte centrifugée à joints express, dimensions principales

■ Autres types de joints

Il existe de nombreux types de joints : fonte-fonte, fonte-PVC, fonte-fer… Il conviendra dans tous les cas de contrôler s'ils sont équipés de pièces de blocage qui assurent la tenue du raccord et empêchent les tuyauteries de se déboîter sous l'effet de la pression.

Lorsque le joint est composé de deux demi-coquilles en fonte placées autour du tube, il peut comporter un système de blocage (figure 8.29a) adapté à la tuyauterie ou ne pas en comporter (figure 8.29b).

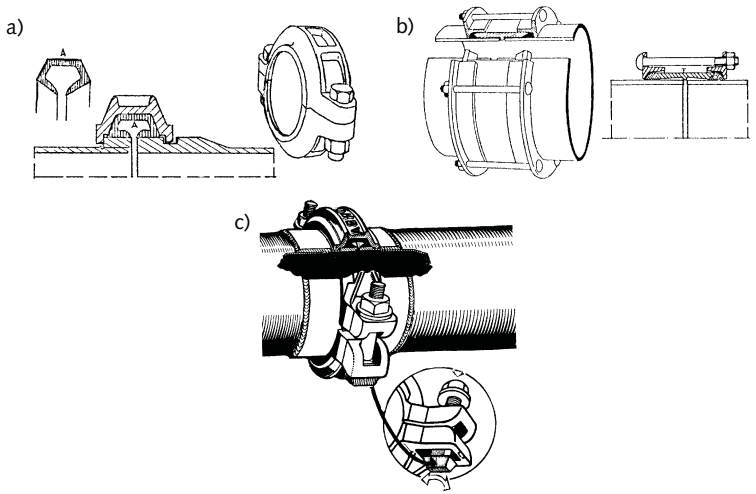


Figure 8.29 – a et b) Joint Victaulic
c) Joint Prestolic

Des raccords composés de deux ou trois parties permettent le raccordement entre deux tuyauteries en fonte ou entre des tuyauteries de nature différentes par compression d'un joint en élastomère (figure 8.30).

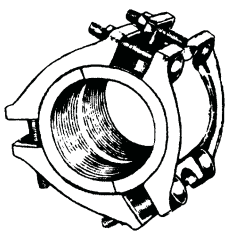


Figure 8.30 – Joint n° 110

Ce type de joint peut aussi servir de joint de réparation sur des tuyauteries (fonte, acier, PVC…) sous pression. L'ensemble se monte par l'extérieur sans démontage de la tuyauterie.

Accessoires

■ Robinetteries

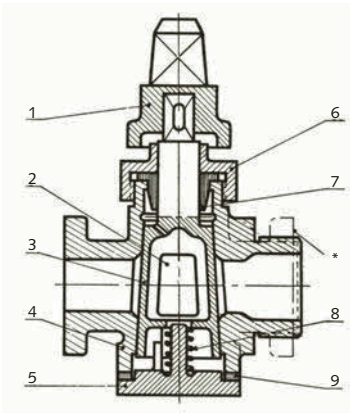
On parle pour ce type de robinets de robinets-vannes. Attention : il existe 2 séries :

- les robinets-vannes à fermeture dans le sens horaire (FSH) ;
- les robinets-vannes à fermeture dans le sens anti-horaire (FAH).

Il conviendra de ne pas forcer sur une robinetterie sans s'être assuré du sens d'ouverture.

Les robinetteries sont équipées d'une tête à section carrée qui sera manœuvrée par une clef à béquille (clef de fontainier) pour les canalisations enterrées ou par un volant pour les canalisations aériennes.

Pour les canalisations enterrées, la robinetterie sera prolongée par un tube en fonte ou en PVC pour atteindre le niveau de la chaussée, une bouche à clef sera installée pour permettre d'introduire la clef de fontainier et de manœuvrer la robinetterie (figure 8.31).



1. Plaque de fermeture et d'arrêt.
2. Boisseau.
3. Tournant.
4. Lumière.
5. Chapeau d'ordonnance.
6. Chapeau presse-garniture.
7. Garniture d'étanchéité.
8. Ressort.
9. Joint de la plaque de fermeture.

Figure 8.31 – Robinet à tournant

L'opercule assurant la fermeture sera en caoutchouc ou métallique (cupro-alliage).

■ Appareils de régulation et accessoires

Il existe toute une gamme d'appareils de régulation et d'accessoires semblables aux équipements des installations domestiques : régulateur de pression, limiteur de débit, électrovanne, soupape de décharge, clapets antiretour, filtres, robinets à flotteurs… qui s'adaptent directement sur les tuyauteries.

■ Raccords en fonte

Il existe de nombreux types de raccords permettant des changements de direction (coudes 1/4, 1/8, 1/16, 1/32), manchons, cônes de réduction, té, brides…

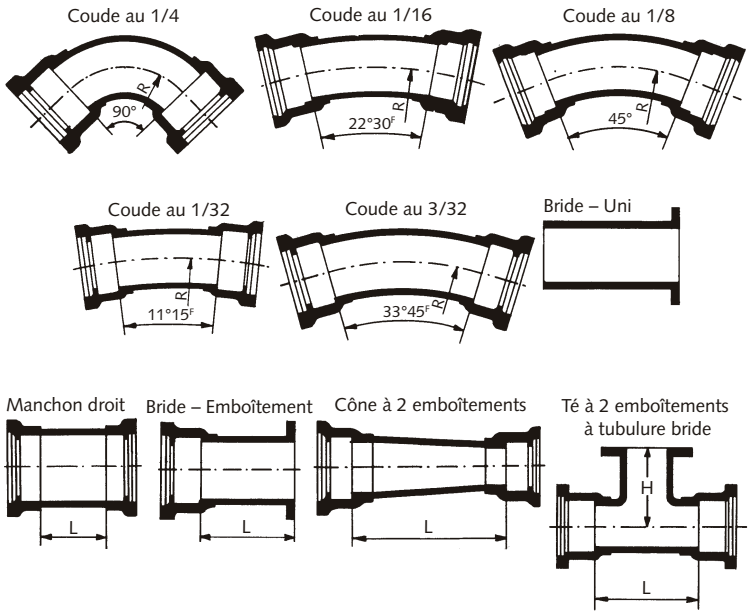


Figure 8.32 – Raccords en fonte

Pose des tuyauteries en fonte

■ Pose en tranchée

La profondeur de la tranchée dépendra de la région, D'une manière générale, une profondeur comprise entre 0,70 et 1,2 m assure une bonne protection contre le gel.

Le fond de fouille doit être bien nivelé, des niches sont préservées au niveau des emboîtures pour permettre à la tuyauterie de reposer sur toute la longueur.

On évitera les contre-pentes, l'air emprisonné provoque des coups de bélier et réduit le débit. On évitera aussi les parties horizontales. On disposera aux points hauts des ventouses ou des purgeurs, aux points bas des vannes ou cuves de vidange.

La ventouse permet l'évacuation de l'air à grand débit pendant le remplissage de la canalisation, le dégazage pendant le fonctionnement normal et l'admission d'air à grand débit lors de la vidange de la tuyauterie.

Le purgeur est prévu pour le dégazage pendant le fonctionnement normal de l'installation (figure 8.33).

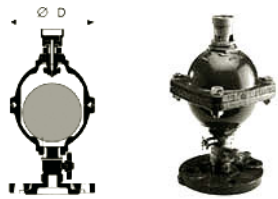


Figure 8.33 – Purgeur fonte DN 60
(documentation PAM Saint-Gobain)

La vanne de vidange permet de vider complètement l'installation, la tuyauterie de vidange devra permettre l'écoulement libre de l'eau (figure 8.34).

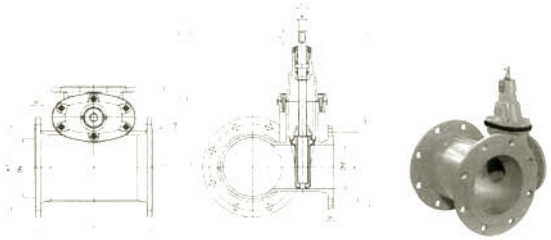


Figure 8.34 – Vanne de purge DN 80 à 200
(documentation PAM Saint-Gobain)

Le remblayage s'effectuera par couches successives de 20 cm damées, un grillage avertisseur pourra être positionné au-dessus de la tuyauterie.

■ Pose en élévation

Pour les diamètres courants, ils seront soutenus par des colliers ou des corbeaux (se reporter au chapitre 13 sur l'évacuation des eaux usées).

Pour les diamètres plus importants (supérieurs à 200 mm), ils seront soutenus par des consoles.

■ Mise en service des canalisations en fonte

Les essais de mise en pression seront effectués avant de remblayer les tranchées ou de rendre inaccessible les tuyauteries. Le remplissage et la montée en pression s'effectueront progressivement. Une mise en pression à la pompe d'épreuves permettra de contrôler l'étanchéité des tuyauteries. Tous les accessoires et robinets seront contrôlés et de manœuvrés si nécessaire.

Tuyauteries en amiante-ciment

La fabrication a été interdite en 1999.

On trouvera d'anciennes dimensions (diamètres extérieurs) dans les tuyauteries amiante-ciment pression (tableau 8.12).

Tableau 8.12 – Anciennes dimensions des tuyauteries en amiante-ciment pression

Diamètre nominal	Diamètre extérieur
40	60
50	74
60	84 - 88
80	105 - 108
100	130 - 137
125	154 - 161
150	184 - 198
175	214 - 229
200	246 - 256
250	306 - 315
300	368 - 375
350	410 - 419
400	468 - 480
450	526 - 538
500	584 - 596
600	668
700	780
Ces dimensions sont données à titre indicatif, il faudra dans tous les cas effectuer une mesure de diamètre.	

Le démontage des tuyauteries en amiante-ciment et le retraitement des déchets doivent être effectués par les entreprises spécialisées.

Les tuyauteries seront remplacées par des tuyauteries d'une autre nature en fonction du diamètre extérieur et de la pression de service à l'aide de raccords d'adaptation.

Tuyauteries en matière plastique

On trouve de très nombreux types de tuyauteries en matière plastique, il conviendra de s'assurer des conditions d'emploi prévu par le fabricant. Ils se présentent principalement sous trois formes :

- rigide : barres à coller ou à souder (PVC, PVCC, polypropylène…) ;
- semi-rigide : tuyauteries à coller ou à sertir (PER, polyéthylène…) ;
- souple : flexibles divers.

Les tuyauteries rigides sont livrées en barres allant de 3 à 6 m, les tuyauteries souples ou semi rigides sont livrées en couronnes de différentes longueurs.

Les tuyauteries pression portent une marque indiquant la pression nominale (PN…).



Attention

Lorsque la température augmente, la résistance à la pression de la tuyauterie diminue, il faudra donc maîtriser la pression et la température de l'installation.

TUYAUTERIES EN PVC (CHLORURE DE POLYVINYLE NON PLASTIFIÉ)

Elles doivent faire l'objet d'un avis technique du CSTB. On les trouve dans les diamètres extérieurs suivants : 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 11, 125, 140, 160, 180, 200, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800…

Il existe trois types de tuyauterie PVC :

- tuyauteries pour eau glacée ;
- tuyauteries pour eau froide ;
- tuyauteries pour eau chaude : PVC C.

Les règles de pose générale sont les mêmes pour ces trois types de tuyauteries. Pour les tuyauteries d'eau glacée ou les tuyauteries d'eau chaude, il faudra prendre des précautions particulières (isolation, dilatation, colles spéciales et temps de séchage…).

Certains PVC doivent être protégés du soleil (des UV) par un revêtement complémentaire.

Comme pour les tuyauteries PVC d'évacuation, le formage (emboîture, cintrage…) des tubes sur chantier est interdit.

La coupe des tuyauteries PVC s'effectue à l'aide d'une scie à métaux (en respectant le plan de coupe perpendiculaire à l'axe du tube), d'une pince coupante ; le chanfrein doit être reconstitué après la coupe.

■ Règles de pose

Les règles d'assemblage d'une tuyauterie PVC (façonnage, collage…) sont les mêmes que pour les tuyauteries d'évacuation. Seul le temps de séchage avant la mise sous pression va changer, il conviendra de consulter les notices figurant sur les pots de colle.

La mise en forme des tuyauteries s'effectuera à l'aide de raccords préfabriqués en usine.

Seuls les collages et les raccords mécaniques adaptés sont autorisés sur chantier.

Lors de la pose des tuyauteries PVC, il convient d'éviter les efforts de flexion et de torsion. En cas de présence de pièces lourdes (robinetteries, accessoires…), elles devront être fixées indépendamment de la tuyauterie.

Les tuyauteries ne devront pas être posées dans une ambiance supérieure à 50 °C, si c'est le cas, une ventilation sera nécessaire.

En cas de pose en gaines inaccessibles, seuls les collages sont autorisés.

La pose en encastré ou en enrobé est autorisée si le tube est en contact direct avec le matériau de remplissage (minimum 2 cm autour du tube), et si les assemblages sont réalisés par collage.

La traversée de murs, cloisons ou planchers s'effectue à travers un fourreau en PVC.

Les assemblages peuvent être réalisés par collage, bagues d'étanchéité, raccords unions, collets ou brides, raccords mixtes PVC-métal. L'assemblage par collage peut s'effectuer jusqu'au DN 160.

Il existe une très large gamme de raccords à coller et d'accessoires (vanne, clapet, filtre...).

Lorsque l'assemblage est réalisé par des bagues d'étanchéité intégrées dans l'emboîture des tubes, la pâte lubrifiante utilisée devra être adaptée à la nature de la bague d'étanchéité, des butées devront être réalisées pour éviter les efforts dus à la pression (déboîtement des tubes).

L'assemblage des raccords filetés et taraudés (PVC-PVC ou PVC-métal) sera réalisé à l'aide de ruban en Téflon (polytétrafluoréthylène) ou d'une pâte d'étanchéité spécialement adaptée aux tuyauteries PVC ; l'usage de la filasse est interdit (figure 8.35).

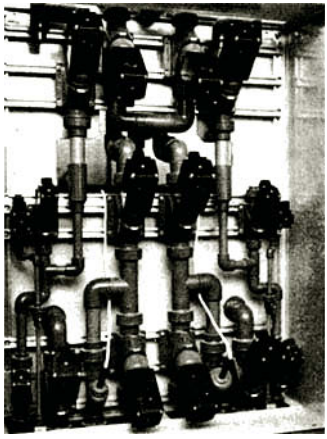


Figure 8.35 – Montage en PVC collé. Batterie mélangeuse de traitement des eaux (documentation Raccords suisses)

■ Fixations

Les colliers seront posés sur les parties droites et ne seront pas serrés pour permettre la dilatation des tubes (sauf si la pente est importante : supérieur ou égal à 20 %).

Les seuls colliers qui seront serrés seront les colliers constituant des points fixes (tableau 8.13).

Tableau 8.13 – Distance entre deux colliers : tuyauterie PVC sous pression*

Diamètre extérieur (mm)		12 à 20	25 à 32	40 à 50	63 à 160
Distance entre deux colliers (m)	**Canalisations horizontales**	0,75	1	1,5	2
	Canalisations verticales	1	1,5	2	2

* Valeurs données par le DTU 60. 31 P1.

Il conviendra d'étudier avec sérieux la dilatation des tubes.

Les colliers peuvent être en métal ou en plastique, les tuyauteries d'allure horizontale peuvent être placées sur un corbeau.

En cas de calorifugeage des tuyauteries par collage d'un isolant, il conviendra de vérifier si l'adhésif est compatible avec la nature de la tuyauterie.

TUYAUTERIE EN POLYÉTHYLÈNE

Elles doivent être conformes à la norme NF T 54-072. Les tuyauteries en polyéthylène sont des tuyauteries semi-rigides de couleur noire. On les trouve dans les mêmes diamètres que les tuyauteries en PVC : 16, 20, 25, 32, 40…

Il existe différentes séries en fonction de la pression de service (4, 6, 10 bar…)

Les tubes se coupent à la scie à métaux ou à la pince coupe-tubes. L'assemblage se fait à l'aide de raccords mécaniques à compression ou à joints toriques. Ces raccords sont en plastique ou métalliques ; ils possèdent tous une bague de serrage mécanique qui empêche le déboîtement du tube.

Lors du raccordement par raccords mécaniques, la surface extérieure du tube sera propre et sans rayures ; un chanfrein sera réalisé sur l'extrémité du tube pour éviter d'accrocher le joint, il sera emboîté jusqu'au fond du raccord.

Lors de la mise en forme des tuyauteries, on respectera un rayon de courbure inférieure à 15 fois le diamètre de la tuyauterie.

Il faudra maintenir en place la tuyauterie par des colliers et tenir compte de la dilatation qui peut provoquer l'arrachement des raccords ou des colliers de fixation. La bande de couleur précise l'usage : jaune = gaz, bleu = eau potable, sans couleur = eau non potable basse pression.



Attention

Les tuyauteries polyéthylène comportant une bande rouge servent de gaines de protection pour les câbles électriques.

TUYAUTERIE EN POLYÉTHYLÈNE RÉTICULÉ (PER) ET POLYBUTYLÈNE (PB)

Le polyéthylène réticulé est plus souple que le polyéthylène. Il peut être de différentes couleurs (généralement bleu pour l'eau froide et rouge pour l'eau chaude), mais les caractéristiques sont les mêmes. Il est utilisé dans la distribution sanitaire (dite distribution hydrocâblée) et pour la réalisation de réseaux de chauffage (alimentation de radiateurs, planchers chauffants).

Les tuyauteries polybutylène présentent des caractéristiques voisines. Elles sont généralement plus souples. La résistance à la température en fonction de la pression est légèrement différente. On consultera les caractéristiques fournies par les fabricants.

On respectera quelques règles de mise en œuvre :

- les tuyauteries doivent être protégées par une gaine ou un fourreau résistant à l'écrasement ;
- le raccordement s'effectue à l'aide de raccords à compression ou de bague à sertir ;
- la coupe est réalisée à l'aide d'une pince ;
- les tuyauteries seront fixées en tenant compte de la dilatation des tubes ;
- les pièces d'extrémité encastrée (douille de raccordement des robinetteries murales) permettent le démontage de la tuyauterie ;
- le cintrage s'effectue à l'aide d'un ressort introduit à l'intérieur du tube pour éviter sa déformation ;
- la tuyauterie ne doit pas être exposée au soleil sans protection.

Les raccords à sertir utilisés doivent être agréés par le fabricant du tube, ce qui permettra de garantir l'étanchéité du raccord. Les pinces à sertir doivent être maintenues propre et entretenues. L'usure de la forme permettant le sertissage peut provoquer un manque de pression au moment du sertissage, ce qui provoquera une fuite du raccord (goutte à goutte).

La qualité du sertissage d'une pince doit être contrôlée par le fabricant. Il conviendra dans tous les cas de respecter les règles d'emploi définies par les fabricants (figures 8.36 et 8.37).

La tuyauterie étant démontable (elle peut être retirée de son fourreau et remplacée par une nouvelle), ce type de tuyauterie bénéficie généralement d'une garantie de deux ans au lieu de la garantie décennale pour les tuyauteries encastrées.



Figure 8.36 – Raccord et pince à sertir Acome

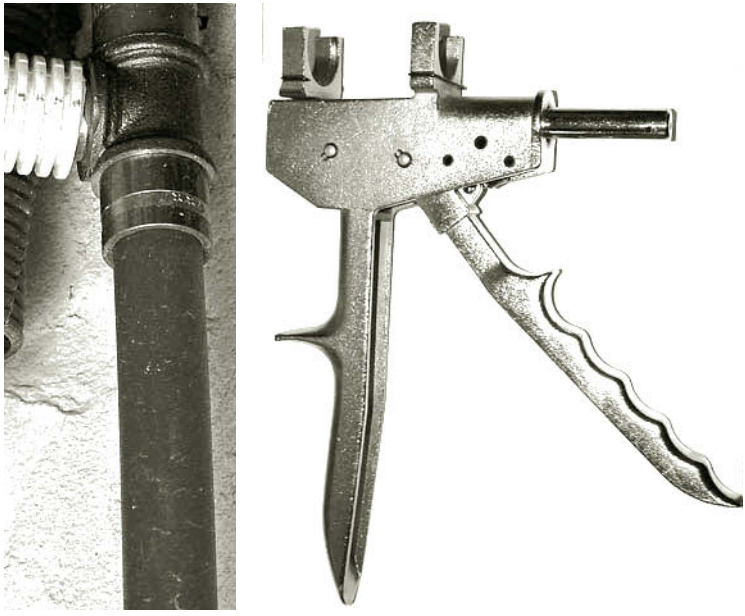


Figure 8.37 – Raccord à bague (à glissement) laiton et pince Roth

TUYAUTERIE MULTICOUCHE

Les tuyauteries multicouches utilisent les caractéristiques des tuyauteries PER. Une feuille d'aluminium est intercalée entre deux couches de matières synthétiques, cette feuille d'aluminium donne à la canalisation une plus grande rigidité qui permet un façonnage semblable à celui du cuivre (cintrage).

Les raccords sont semblables à ceux utilisés pour les tuyauteries PER, mais il faut souvent « déshabiller » le tube pour enlever le revêtement extérieur et la feuille d'aluminium, le sertissage s'effectuant sur la partie intérieure de la tuyauterie.

La couche extérieure de ce type de tuyauteries permet le plus souvent une protection contre les ultraviolets ce qui autorise sa pose en apparent.

Tuyauteries thermosoudables

On trouve une large gamme de tuyauteries thermosoudables par fusion chez différents fabricants (figure 8.38).



Figure 8.38 – Montage en tuyauteries thermosoudables – Appareil pour thermosoudage

Les tubes sont en polybutylène, polypropylène, polyéthylène… Ils sont vendus en barres droites, rigides, de 4 à 6 m de longueur. Les diamètres sont : 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90 et 110.

Le principe est toujours le même. La gamme de raccords est composée de raccords mâles et femelles, la partie mâle du tube ou du raccord et la partie femelle sont chauffés sur un élément chauffant recouvert d'une surface antiadhésive. Le temps de chauffage dépendra de la taille du raccord. Lorsque le temps de chauffage est atteint, on emboîte les deux pièces à souder, il y a fusion de matière entre les deux raccords.

Il existe aussi pour ce type de tuyauterie une gamme de raccords électrosoudables. Le raccord qui comprend un bobinage en fils de cuivre intégrés

est branché sur un générateur de courant pendant un temps donné en fonction de la taille du raccord. Le courant provoque l'échauffement des fils, il y a fusion entre le raccord et le tube.

Cette gamme de tuyauterie rigide est généralement complémentaire avec une gamme de tuyauteries polybutylène semi-rigides équipées de raccords à sertir.

L'ensemble de ces deux gammes permet la réalisation complète d'une installation sanitaire et de chauffage.

Des pièces particulières ont été mises au point, notamment sur le bouclage d'eau chaude sanitaire : la tuyauterie de retour passe à l'intérieur de la colonne de distribution d'eau chaude afin de réduire les pertes de chaleur et de simplifier la pose et la quantité d'isolant nécessaire.

Robinetteries du bâtiment

Les robinetteries du bâtiment ont des dimensions normalisées en fonction du diamètre nominal (diamètre de passage) ou du diamètre de raccordement (filetage) ; NF E 29-141 et NF E 29-144 à 149 (tableau 8.14).

On trouve des robinets d'arrêt DN 8 à 40, des robinets de puisage DN 8 à 25, des robinets d'arrosage DN 12 à 40…

La technologie des différents types de robinetteries est décrite au chapitre 6, Distribution intérieure.

Il conviendra dans tous les cas de vérifier pour les robinetteries, et plus généralement pour tous les accessoires posés sur un réseau sanitaire, s'ils bénéficient d'une attestation de conformité sanitaire (compatibilité avec l'eau potable).

Tableau 8.14 – Correspondance entre le diamètre nominal et le filetage des robinetteries du bâtiment

Filetage	DN
¼	8
3/8	10
½	15
¾	20
1	25
1 ¼	32
1 ½	40
2	50
2 ½	65
3	80

9
SALLE DE BAINS

Règles générales de pose

Lors du passage des tuyauteries en apparent ou en encastré, il conviendra de respecter les différents DTU ainsi que les règles de pose des constructeurs.

Quelques règles simples sont à respecter :

- Le passage des tuyauteries encastrées dans le sol se fait généralement par le seuil des portes prévues pour chaque pièce, il faudra toutefois vérifier le type de revêtement de sol prévu (parquet avec seuils fixés au sol...). De la même manière si les tuyauteries passent sous une cloison prévue, il faudra s'assurer que la fixation de la cloison ne nécessitera pas de percements dans le sol (fixation de rail pour cloisons légères).
- Les tuyauteries encastrées au sol ne passeront pas à l'emplacement prévu pour les WC et les bidets lorsque ceux-ci sont fixés au sol.
- Les nourrices de distribution seront placées à un endroit qui restera accessible (sous un meuble vasque, dans un placard...). Le placement d'une nourrice sous une baignoire rend bien souvent impossible toute intervention ultérieure et impose la casse du tablier et parfois même la dépose complète de la baignoire pour permettre l'intervention.
- Les appareils sanitaires sont posés horizontalement pour permettre le bon écoulement de l'eau. Ils sont fixés au mur (par consoles, goujons filetés, vis sur taquets, scellement...) ou au sol (par vis inoxydables sur chevilles plastiques).
- Les raccordements permettront la libre dilatation des tuyauteries pour éviter d'endommager les céramiques (les raccordements directs en tubes fer sont donc à éviter).
- Les tuyauteries en attente seront bouchonnées à l'aide d'un manchon plastique pour permettre la réalisation des finitions (figure 9.1).

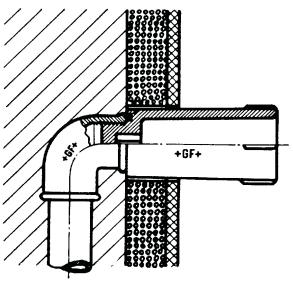


Figure 9.1 – Bouchon d'attente en plastique G. Fischer. Il sera remplacé une fois le carrelage posé par le raccord ou le robinet définitif

- Lors de la fixation des appareils, **la tête de la vis ne doit pas toucher la céramique** (il faut l'isoler par une rondelle en plastique ou en caoutchouc) pour éviter de casser la céramique.

Le diamètre des raccordements pour chaque appareil est fixé par le DTU (voir chapitre 6 sur la distribution intérieure). Toutefois pour éviter les bruits dus à la vitesse excessive dans les canalisations, il est souhaitable de réaliser l'étude complète : diamètre, débit, vitesse, pertes de charge pour chaque réalisation.

L'apparition d'un plus grand confort dans les salles de bain (baignoire balnéothérapie, douche multijets…) rend nécessaire la pose de tuyauterie de diamètres plus importants.

Seuls sont normalisés les appareils suivants :

- **Éviers :** caractéristiques générales (NF D 10-101). Les meubles d'évier sont prévus pour résister à l'eau, les charnières aussi, elles sont en laiton, acier inoxydable, matière plastiques...
- **Éviers en céramique** (NF D 11-102).
- **Lavabo en céramique** (NF D 11-101).

Les côtes d'interchangeabilité de ces appareils ainsi que les tolérances sont obligatoires. Les autres côtes sont seulement préférentielles.

Appareils sanitaires

APPAREILS SANITAIRES EN CÉRAMIQUE

Les appareils sanitaires en céramique sont fabriqués soit :

- en faïence émaillée : pièces de petites dimensions (pâte blanche cuite à 1 200 °C, puis recouverte d'un émail déposé par trempage et fondu au four à 1 000 °C) ;
- en grès émaillé : pièces de grandes dimensions (pâte jaunâtre recouverte de plusieurs couches d'une porcelaine opaque dite « engobe » et d'un émail transparent dit « couverte ». L'ensemble est cuit en même temps à 1 300 °C) ;
- en porcelaine vitrifiée : pièces de dimensions moyennes (pâte blanche recouverte d'un émail dit « couverte » et cuite à 1 400 °C. La pâte devient imperméable dans la masse).

Les appareils sanitaires en céramique font l'objet d'un classement selon les défauts constatés (caractéristiques détaillée dans la norme NF P 40-201 /DTU 60.1) :

- Défauts nuisant à la **pose** (déformations des surfaces et arêtes).
- Défauts concernant l'**utilisation** (vidage complet, sans aspérités).
- Défauts concernant **l'hygiène** (sur les surfaces visibles ou en contact avec l'eau) :
  - filage : fêlures très fines,
  - écaillage : écailles qui se détachent,
  - tressaillage : fentes dans l'émail,
  - bouillonnage : petits reliefs dans l'émail,
  - piqûres : trous sans reliefs dans l'émail,
  - manque d'émail : manque de brillant,
  - grains de chaux : grains de calcaires incorporés à la pâte.
- Défauts concernant l'**aspect** (sur les surfaces visibles ou en contact avec l'eau) :
  - coulure d'émail,
  - grain de four aspérités formées lors de la cuisson,
  - manque d'engobe : pâte visible (non émaillée),
  - moutonnage : ondulation de la surface,
  - tâches : de sels ou d'oxydes.

Les écailles, fêlures provoquées à la pose ou en service, entraînent la mise au rebus de l'appareil.

On distingue 3 types de choix :

- Choix A : pièces comportant un petit nombre de défauts très peu visibles. *Au plus 2 défauts Pose ou Hygiène et 2 défauts Aspect.*
- Choix B : pièces comportant un petit nombre de défauts ne nuisant pas à la bonne présentation. *Au plus 2 défauts de Pose ou Hygiène et 3 défauts Aspect.*
- Choix C : pièces comportant des défauts ne nuisant pas au bon usage. *Au plus 3 défauts Pose - Utilisation - Hygiène et 3 défauts Aspect.*

Toute pièce doit porter l'indication du choix de manière indélébile qui doit rester autant que possible visible après la pose.

Une pièce qui ne comporte pas d'indication de choix est considérée comme **déclassée.** Elle présente bien souvent trop de défauts pour appartenir aux classes A, B ou C, ce sont ces pièces que l'on trouve généralement lors des promotions à très bas prix (tableau complet des défauts : chapitre II, DTU 60.1, NF P 40-201).

APPAREILS SANITAIRES EN FONTE ÉMAILLÉE

La fonte doit être de la qualité Ft 14 de la norme NF A 32-101. Les parties non émaillées seront recouvertes d'une couche de masse ou d'une peinture antirouille venant d'usine.

L'émail doit recouvrir toutes les surfaces pouvant être mouillées. Il sera lisse, brillant, opaque de couleur régulière, sans soufflures, et appliqué et cuit en 2 couches successives.

Les éclats d'émail provoque la mise au rebus de l'appareil.

Le classement (choix A, B, C) est identique à celui des appareils en céramique.

APPAREILS EN ACIER INOXYDABLE

Les aciers inoxydables admis sont des aciers ferritiques à 17 % de chrome ou des aciers austénitiques du type chrome-nickel 18/8.

Les appareils sont livrés polis (satinés ou brillants) sans traces. Ils doivent avoir subi en usine un traitement de déferrisation et de passivation.

L'épaisseur du métal dépend de la plus grande dimension de la pièce.

Les paillasses et les égouttoirs doivent être insonorisés (revêtement en sous-face).

Toutes les pièces doivent être marquées pour identifier la nuance et indiquer le nom du transformateur.

APPAREILS EN TÔLE GALVANISÉE

Les deux faces de la tôle sont émaillées entièrement. Toutefois, les parties non apparentes peuvent ne comporter qu'une couche de masse.

Les qualités de l'émail doivent être les mêmes que pour les appareils en fonte.

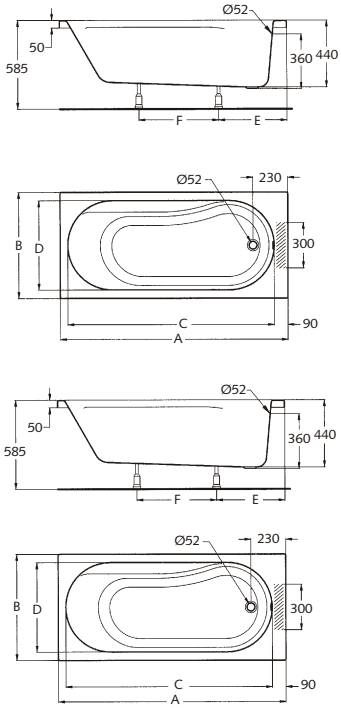
Le moutonnage ou peau d'orange et les points noirs ou dorés ne sont acceptés que s'ils sont pratiquement invisibles (ils ne doivent pouvoir être détectés que par un examen précis de l'appareil).

CABINES DE DOUCHES AMOVIBLES

Ces installations sont soumises une procédure d'agrément du CSTB.

Baignoires

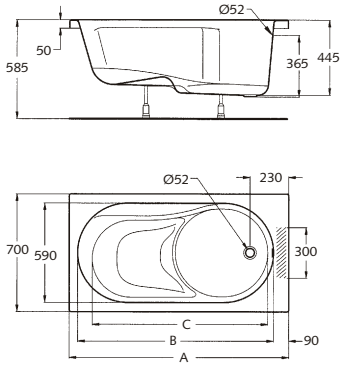
Il existe de nombreuses tailles, formes et couleurs. La variété des matériaux utilisés, permet toutes les audaces. La capacité utile de la bonde au trop-plein est généralement comprise entre 160 l (baignoire sabot) et 250 l. Mais on trouve de plus en plus de nos jours des modèles grands formats dépassant les 300-350 l (figure 9.2).



Réf.	A	B	C	D	E	F
T8016	1600	700	1480	590	575	600
T8017	1700	700	1580	590	575	700
T8018	1700	750	1580	540	575	700
T8019	1700	800	1580	690	575	700

Réf.	A	B	C	D	E	F
T8014	1400	700	1280	590	525	450
T8015	1500	700	1380	590	575	500

Figure 9.2 – Exemples de dimensions de baignoires acryliques à encastrer. Modèle Praxis d'Idéal Standard



Réf.	A	B	C
T8013	1300	1160	1040
T8012	1200	1060	940
T8011	1050	910	790

Figure 9.2 – Exemples de dimensions de baignoires acryliques à encastrer. Modèle Praxis d'Idéal Standard *(suite)*

On trouvera des dimensions allant jusqu'à 190 × 90 dans les séries courantes et des profondeurs pouvant atteindre 48,5 cm.

BAIGNOIRES EN FONTE

D'un poids pouvant aller de 80 à 200 kg, à encastrer ou à poser, la baignoire en fonte a perdu de nombreuses parts de marché (poids trop important pour l'installateur, prix trop élevé pour le client). Les modèles « fontes » reviennent à la mode comme élément de décoration pour les salles de bains de « luxe » mais l'apparition de modèles en résines sur pied autoportantes laisse l'avantage aux baignoires « modernes » (figure 9.3).



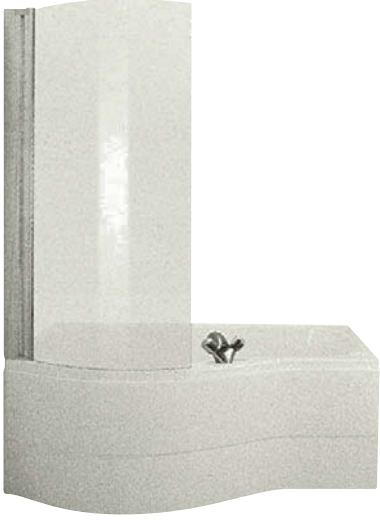
Figure 9.3 – Baignoire Bocage Porcher

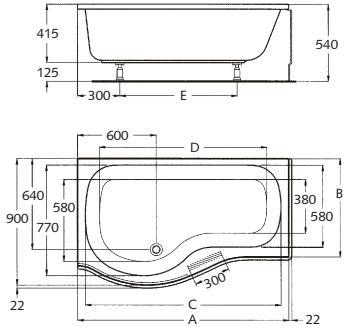
Baignoires en acier

D'un poids de 40 à 75 kg, la baignoire en acier, plus légère que la baignoire en fonte, présente comme principal inconvénient d'être bruyante et froide au toucher.

Baignoires en résines

Les résines, le faible poids et la liberté des formes ont donné naissance à des modèles différents des modèles standard en acier et en fonte. On trouve des courbes, des baignoires d'angle, des cabines de douche intégrées (figures 9.4)…





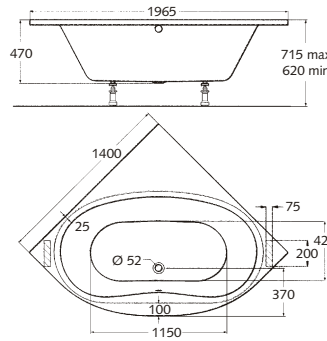
REF.	A X B	C	D	E
E 7324	1700 X 750/700	1600	1325	1030
E 7064	1500 X 750/700	1400	1125	830

SMALL+

En acrylique. A encastrer ou à poser avec tablier(s) et pare-douche en option.
ESPACE DOUCHE, largeur 900 mm
Livrées non percées pour la robinetterie.
Livrées sans vidange Ø 52 mm.
Piétements métalliques à vérins réglables.

Figure 9.4 – a) Baignoires d'angle (SMALL+ Idéal Standard)





SAN REMO AQUA

En acrylique.
Livrée sans vidange Ø 52 mm.
Ne peut pas se monter sans pieds.
Pour chaque baigoire, veuillez commander le set correspondant de 4 pieds et 2 barres (hauteur réglable).

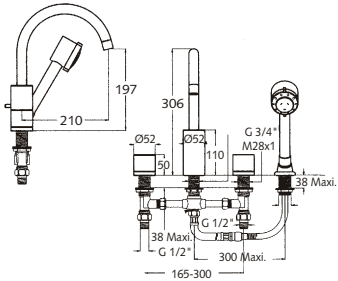
Figure 9.4 – b) Baignoires d'angle (SAN REMO AQUA Idéal Standard) *(suite)*

Il existe des baignoires en matériaux de synthèse à poser autoportantes comme le modèle en Idealcast (résine acrylique renforcée d'Idéal Standard).

ROBINETTERIES DE BAIGNOIRE

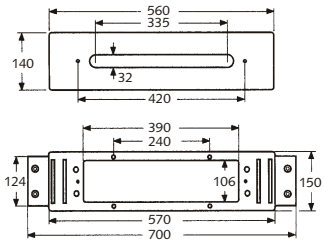
Les robinetteries bain-douche traditionnelles, posées sur le mur, sur gorge, ou encastrées restent toujours d'actualité, mais de nouveaux types de robinetteries sont apparus ces dernières années : des robinetteries décoratives (formes épurées, utilisation du verre comme déversoir…), des robinetteries techniques (gestion de la température au 1/10 de degrés par touche à effleurement, lumière intégrée…). Le choix dépendra essentiellement du prix, même si ceux-ci baissent régulièrement.

L'entraxe de la robinetterie est 150 mm mais on trouvera d'anciennes dimensions à 80 mm, les robinetteries sont vendues avec des douilles contre-coudées pour rattraper un écart faible et permettre la mise au niveau de la robinetterie (figure 9.5).



BAIN

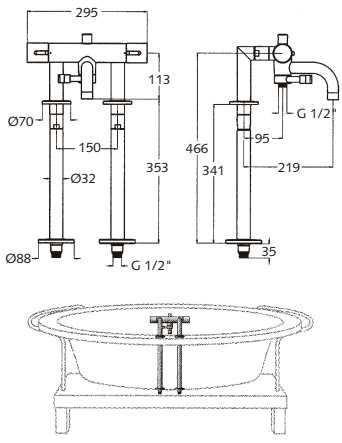
Set mélangeur 4 trous.
Bec orientale avec aérateur. Inverseur B/D manuel.
Douchette latérale 3 jets easy clean avec support et flexible.
Têtes 1/2" à disques céramique.
Saillie 210 mm.



CHASSIS

Chassis seul pour combiné 4 trous avec support de robinetterie et bâti en inox.
Largeur 150 mm. Longueur 700 mm.

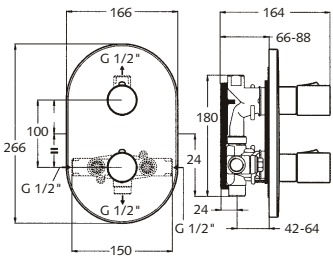
Figure 9.5 – a) Robinetterie 4 trous pour pose sur gorge ou sur tablette carrelée – Renfort pour pose sur tablette (Celia, Idéal Standard)



BAIN-DOUCHE SUR PIEDS

Mitigeur THERMOSTATIQUE sur colonnes.
Se monte uniquement sur la baignoire, réf. K6727.
Arrivées 1/2" au socle de la baignoire.
Encastrement 35 mm.
Équipé d'un flexible gainé plastique IDEAFLEX, longueur 1,25 m, d'un support de douchette intégré et d'une douchette 1 jet anti-calcaire.
Clapets anti-retour.
Inverseur B/D à retour automatique.
Sortie de douche 1/2" par le dessous.
Cartouche monobloc à cire.
Tête 1/2" à disques céramique.
Limiteurs de débit et de température déverouillables.
Saillies 219 mm. Entraves 150 mm.

Figure 9.5 – b) Robinetterie pour baignoire sur pied, fixation au sol (Celia, Idéal Standard)



KIT DÉCORATION AVEC ROBINET D'ARRÊT

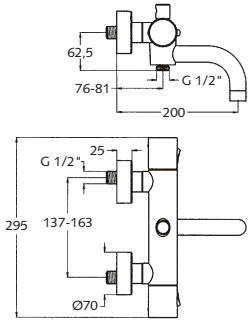
Réglage du débit et de la température.
Saillie 76 à 98 mm.
À équiper du corps à encastrer réf. A2353.NU.

CORPS POUR THERMOSTATIQUE À ENCASTRER

Corps avec capot de protection amovible.

Corps seul 1/2" 1/2"
Encastrement de 66 à 88 mm
Débit : 23 l/mn sous 3 bars

Figure 9.5 – c) Robinetterie encastrée (Celia, Idéal Standard)



KIT DÉCORATION AVEC ROBINET D'ARRÊT

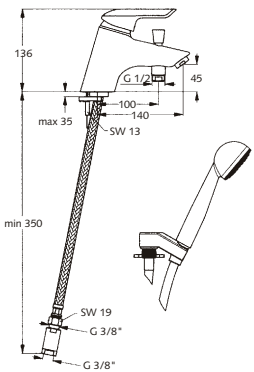
Réglage du débit et de la température.
Saillie 76 à 98 mm.
Á équiper du corps à encastrer réf. A2353.NU.

CORPS POUR THERMOSTATIQUE À ENCASTRER

Corps avec capot de protection amovible.

Corps seul 1/2" 1/2"
Encastrement de 66 à 88 mm
Débit : 23 l/mn sous 3 bars

Figure 9.5 – d) Mitigeur thermostatique bain-douche mural (Celia, Idéal Standard)



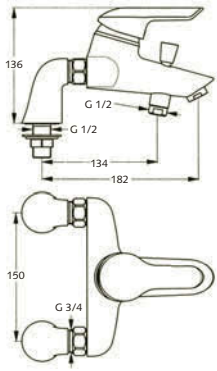
MITIGEURS MONOTROU

Bec fixe avec aérateur cascade
Inverseur à retour automatique avec clapet anti-retour
Alimentation : flexibles inox 350 mm
Avec raccords silencieux

Sans ensemble de douche

Avec ensemble de douche,
1 jet pluie anticalcaire
Flexible laiton double agrafage 180 cm
avec support douchette orientable

Figure 9.5 – e) Mitigeur bain-douche monotrou (Okyris 2, Porcher)



MITIGEUR SUR COLONNETTES

Bec fixe avec aérateur cascade
Inverseur à retour automatique avec clapet anti-retour
Écrous prisonniers 3/4"
Entraxe 150 mm

Figure 9.5 – f) Mitigeur bain-douche sur colonnettes (Okyris 2, Porcher)

VIDAGES DES BAIGNOIRES

L'évolution sur les mécanismes de vidage porte principalement sur l'utilisation de flexibles plastiques pour relier le trop-plein à la bonde et sur la manière de fermer le clapet (fermeture au pied par pression sur le clapet). Les modèles sont adaptables à la forme des baignoires (figure 9.6).

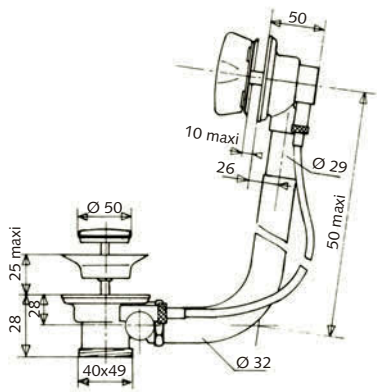


Figure 9.6 – Vidage Valentin à commande par câble

On trouvera encore en service d'anciens modèles (figure 9.7).

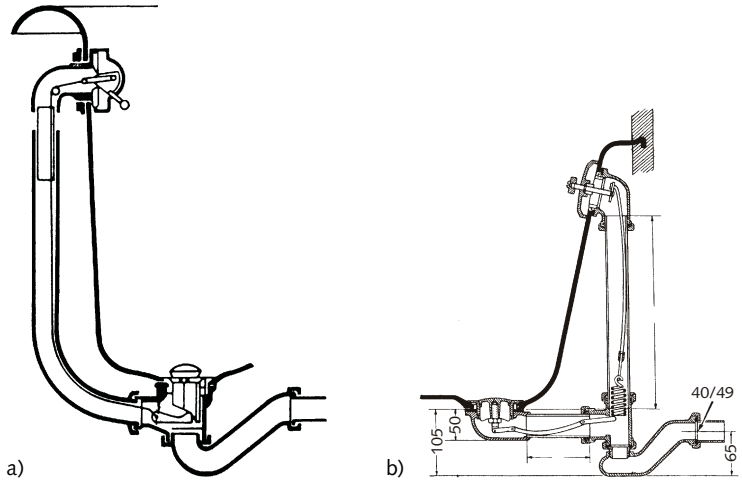


Figure 9.7 – Anciens mécanismes de vidage :
a) Rubano Morisseau ; b) Idéal Standard

Le diamètre de la tuyauterie d'évacuation déterminera la vitesse de vidange de la baignoire (tableau 9.1).

Tableau 9.1 – Temps de vidange d'une baignoire

Diamètre mm	Pente du tuyau (cm/m)	150 l d'eau	100 l d'eau
40	1	5'	3'20
	2	4'10	2'46
	3	3'28	2'18
	4	2'40	1'41
50	1	2'46	1'50
	2	2'18	1'30
	3	1'50	1'13
	4	1'25	0'56

RÈGLES DE POSE D'UNE BAIGNOIRE

La trappe de visite (ou le tablier de façade démontable) reste obligatoire. Qu'elle donne dans la salle de bain ou dans une autre pièce (placard, buanderie), elle permet le contrôle de la bonde et du siphon (parties démontables) sans casse du carrelage.

La baignoire doit être posée à l'horizontale sur tous ses bords, elle doit reposer au fond sur des pieds et sur les bords. Dans tous les cas, un double joint souple sera réalisé en périphérie pour permettre la dilatation indépendamment des cloisons : un joint avant la pose du carrelage, l'autre après la pose du carrelage baignoire pleine.

Seuls les percements pour les robinetteries sont autorisés.

On retrouvera les recommandations de pose d'une baignoire de l'Association française des industries de céramiques sanitaires (schémas expliqués) dans de nombreux catalogues fabricants ainsi que sur le site www.salledebainspro.fr.

RÉPARATIONS

Des sociétés spécialisées proposent la réfection de l'émail de la baignoire sans démontage ou la pose d'une coque en résine réalisée sur mesure qui permet d'éviter d'avoir à refaire toute la salle de bain.

BAIGNOIRES BALNÉO

On trouve de nombreux modèles de baignoires balnéo dans une large gamme de prix (figure 9.8). Les différences se feront sur le bruit de la pompe, le nombre de jets, les programmes, les systèmes combinés air-eau…

L'eau est aspirée dans la baignoire et envoyée sous pression aux buses de refoulement pour permettre un effet massant, de l'air peut être injecté dans le circuit pour permettre un effet relaxant.

La partie électrique doit être raccordée selon la norme NF C15-100.

Le circuit de circulation de l'eau doit être désinfecté régulièrement pour éviter la prolifération de bactéries.

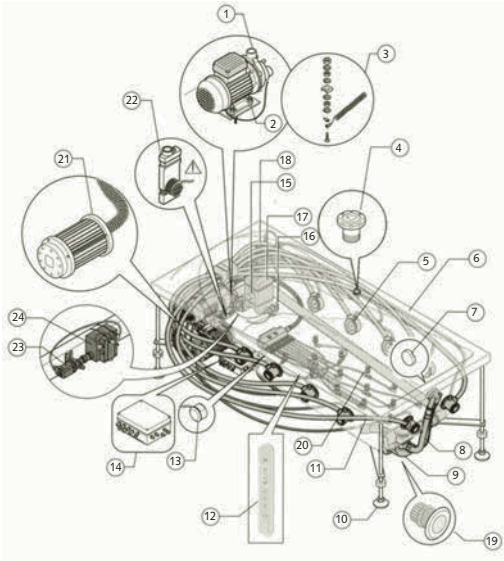
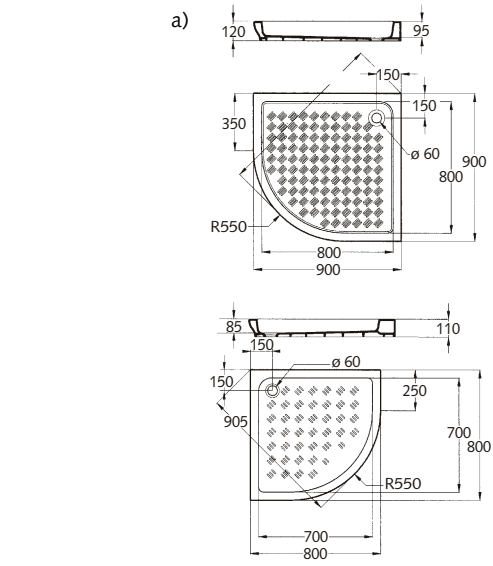


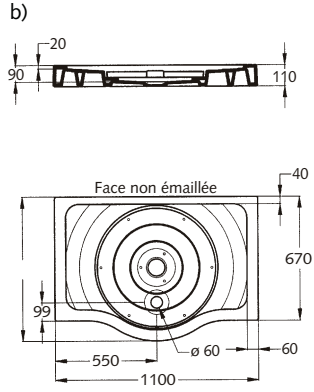
Figure 9.8 – Baignoire balnéo suprême Wellness, Idéal Standard

Douches

La cabine de douche est très employée en complément ou en remplacement d'une baignoire. Le receveur de douche sera en matériaux de synthèse, en céramique et plus rarement en tôle émaillée (figure 9.12).

Les dimensions vont de 70 à 140 cm avec des formes variées (courbes). On trouvera des modèles à poser ou à encastrer, leur poids sera de 10 à 15 kg pour les receveurs acrylique et de 25 à 60 kg pour les receveurs en grès.





SUMMUM

En grès fin.
A poser.
Fourni avec caillebotis cerisier.
Fourni sans vidange ø 60 (voir page 217).

RECEVEUR 110 X 78 cm
hauteur 11,5 cm
poids : 52,5 kg

Peut être équipé de la cabine AQUARIAN DE LUXE C
ou DE LUXE C + LF

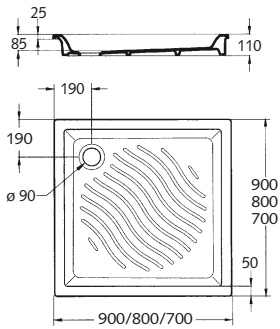
Figure 9.9 – a) Receveur d'angle à poser en grès fin Toscana, Idéal Standard ;
b) Receveur en grès fin à poser extra large Summum, Idéal Standard

Le receveur doit être posé à l'horizontale sur tous ses bords, il doit reposer au fond sur des pieds ou sur des cales (au moins 4) et sur les bords.

Les receveurs céramiques pourront être scellés au mortier maigre alors que les cales des receveurs acryliques ne devront être collés qu'avec de la colle de type MAP.

Dans tous les cas un joint souple sera réalisé autour du receveur pour permettre la dilatation indépendamment des cloisons.

Il y a 3 types de pose : à encastrer, à poser, à poser surélevé, certains bacs à douches permettent les 3 types de pose.



SAN REMO

RECEVEUR
En grès émaillé.
Fond à relief.
Rebord large 5 cm.
Bonde ø 90 mm non fournie (voir page 217).
Hauteur 11 cm.
Profondeur 8,5 cm.

MODÈLES 3 POSES
A ENCASTRER, Á POSER, Á POSER SURÉLEVÉ.
Passage possible d'une évacuation 32 mm.
4 rebords émaillés.

RECEVEUR 90 x 90 cm NF
Poids : 49 kg

RECEVEUR 80 x 80 cm NF
Poids : 49 kg

RECEVEUR 70 x 70 cm NF
Poids : 49 kg

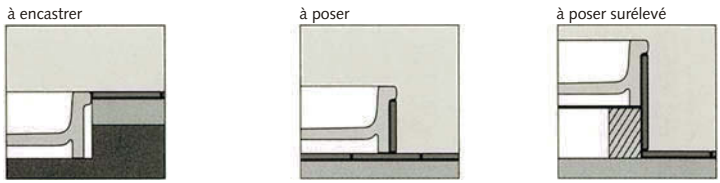


Figure 9.10 – Receveur San Remo en grès émaillé 3 poses, Idéal Standard

On retrouvera les recommandations de pose des receveurs de douches de l'Association française des industries de céramiques sanitaires (schémas expliqués) dans de nombreux catalogues fabricants ainsi que sur le site www.salledebainspro.fr.

La douche « à l'italienne », directement intégrée dans le sol est de plus en plus employée depuis l'apparition de systèmes d'étanchéité complets intégrants les bandes antifissuration et des résine d'étanchéité que l'on utilise à la place du plomb. Ce système est plus facile à mettre en œuvre, et ne nécessite pas les compétences indispensables à la réalisation d'une étanchéité à la feuille de plomb (pillage, façonnage, soudage, encastrement...). Il faut bien entendu respecter les recommandations de pose des membranes (figure 9.11).



Figure 9.11 – Douche à l'italienne

La technologie et l'esthétique des bondes et les siphons ont beaucoup évolué ces dernières années. Des bondes extra plates sont apparues ainsi que des bondes à gros débit adaptés au receveur de douches plat et aux installations multijets qui nécessitent un gros débit d'évacuation.

Il existe aujourd'hui 2 diamètres de bondes de receveur de douches : 60 et 90 mm.

Certains fabricants proposent des caniveaux que l'on place en bordure lorsque l'on réalise une douche à l'italienne, ou sont intégrés directement dans certains receveurs en matériaux de synthèse. Il est possible dans certains cas de réaliser un caniveau invisible (sous le doublage), l'eau s'évacuant par une fente prévue entre le sol et le mur (on gardera dans tous les cas une possibilité d'y accéder pour les opérations de nettoyage ou de débouchage de l'évacuation).

L'évacuation d'un receveur de douches est raccordée à la tuyauterie d'évacuation par un joint préformé ou un joint bourré au mastic ou à la résine synthétique ; une tuyauterie d'allure horizontale inférieure à 1 m peut être tolérée.

Le choix des accessoires est important, on trouve aujourd'hui les traditionnelles douchettes montées sur flexibles, les colonnes de douche, les colonnes multifonction avec jets de massage, les faux plafonds reproduisant la sensation de pluie...

Robinetteries de douches

Les robinetteries de douche standard ont un écartement de 150 mm et se posent à une hauteur de 110 cm ; on trouvera d'anciennes dimensions à 80 mm. Les robinetteries sont vendues avec des douilles contre-coudées pour rattraper un écart faible et permettre la mise au niveau de la robinetterie.

On trouve des mélangeurs, des mitigeurs, des colonnes de douche, des robinetteries encastrées…

On trouvera des mitigeurs ayant des débits de 20, 36 ou 60 l/min fonctionnant à une pression minimum de 2 bar (il faudra prévoir dans ce cas un vidage grande capacité).

Cabines de douches

On trouve un important choix de modèles allant de la cabine de douches premier prix à assembler soi-même à la cabine haut de gamme intégrant

de multiples fonctions (multijets, hammam, sauna, luminothérapie, musique…).

Certains modèles nécessitent des débits d'eau important, il conviendra de contrôler la pression disponible ainsi que la taille des tuyauteries alimentant l'ancienne robinetterie pour pouvoir garantir un débit suffisant sur l'installation (les constructeurs de cabines de douches précise les caractéristiques hydrauliques nécessaires pour le fonctionnement de leurs installations).

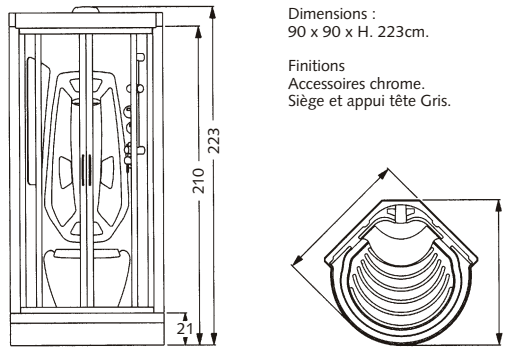


Figure 9.12 – Cabine de douches Idea 2, Idéal Standard 90 × 90 × 223 cm équipée de 8 jets latéraux, 5 jets brumisateurs visage, 1 douchette de tête, une douchette de main, possibilité : hammam, branchement audio…

Lavabos

Tous les matériaux et toutes les formes sont possibles (figure 9.17). L'installateur aura l'embarras du choix et devra se préoccuper dans son rôle de conseil des points suivants :

- le type d'usage (présence d'enfants, usage quotidien ou salle de bain pour chambres d'amis…) ;
- l'entretien (vasques en verre nécessitant un nettoyage quotidien…) ;
- la place disponible ;
- l'esthétique et le style souhaité (forme rétro, forme moderne…).

a)



b)

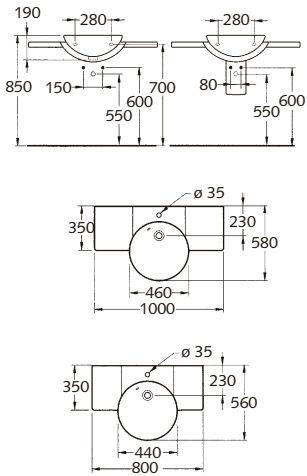


Figure 9.13 – a) Vasque en verre sur meuble en teck
b) lavabo plan en grès fin Venice, Idéal Standard

Dans tous les cas, il faudra, lors du montage des robinetteries métalliques et des bondes sur les parties en verre ou en céramique, contrôler la présence de joints souples ou de bagues plastiques qui permettent

d'éviter le contact direct du métal sur le sanitaire pour éviter la fissuration lors de serrage. Il faudra de plus respecter les cotes d'implantation des tuyauteries (écartement, hauteur, encastrement…).

La fixation réalisée sur le mur ou la cloison devra être adaptée à la nature du support. Dans le cas notamment de cloisons en plaques de plâtres, il faudra prévoir un renfort (tasseau de bois) dans la cloison au moment de sa réalisation pour permettre la fixation du lavabo (figure 9.14).



LAVABOS-PLANS
En grès fin.
Percés 1 trou central pour la robinetterie.
Fixation murale par 2 tire-fonds non fournis.

LAVABO 100 x 58 cm
Poids : 27,5 kg

LAVABO 80 x 56 cm
poids : 22 kg

A monter avec ou sans :

Cache-siphon, poids : 7,5 kg

Peuvent s'installer avec meuble (voir ci-dessous).

Figure 9.14 – Lavabo plan Vénice, Idéal Standard

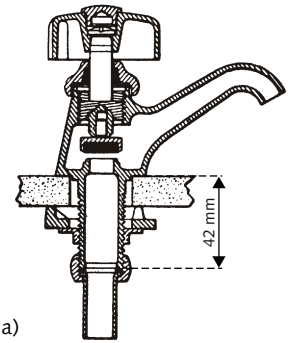
On retrouvera les recommandations de pose des lavabos de l'Association française des industries de céramique sanitaires (schémas expliqués) dans de nombreux catalogues fabricants ainsi que sur le site www.salle-debainspro.fr.

Les tuyauteries de vidange et d'alimentation seront laissées en attente avant la pose des lavabos :

- Alimentations : hauteur, 60 cm (cela peut varier de 55 à 65) ; écartement, 8 ou 15 cm.
- Évacuation : hauteur : 50 cm (cela peut varier de 46 à 56).

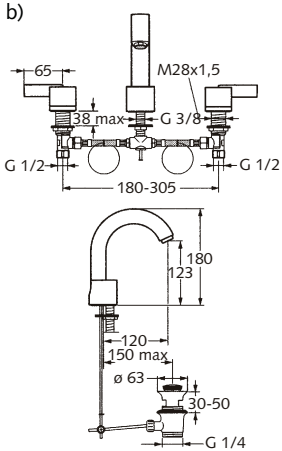
On trouve toutes les formes de vasques qui peuvent être posées, encastrées, intégrées dans un plan de travail, des bols à poser dans presque tous les matériaux. Dans le cas des bols sans trop-plein, la bonde ne peut pas être fermée pour éviter les risques de débordement.

On trouvera encore des robinets simples dans les installations de style rétro ou des robinetteries 2 ou 3 trous ainsi que des robinetteries surélevées pour les bols (figure 9.15).



a)

b)



LAVABOS
Mélangeur 3 trous.
Bec fixe avec aérateur.
Entraxe réglable de 180 à 305 mm.
Diamètre de perçage 33 mm pour le bec et 30 mm pour les corps latéraux.
Raccordement des corps latéraux au bec par flexibles.
Têtes 1/2" à disques céramique.
Saillie 120 mm.
Hauteur sous aérateur 123 mm.
Hauteur totale 180 mm.

Figure 9.15 – a) Montage d'un robinet simple ; b) Mélangeur Pearl Idéal Standard

Le vidage sera réalisé à l'aide d'une bonde à clapet commandée par une tirette ou d'une bonde à clapet automatique. Le siphon devra avoir une garde d'eau réglementaire d'au moins 5 cm.

On trouve encore des vidages à tirette indépendantes de la robinetterie (figure 9.16).

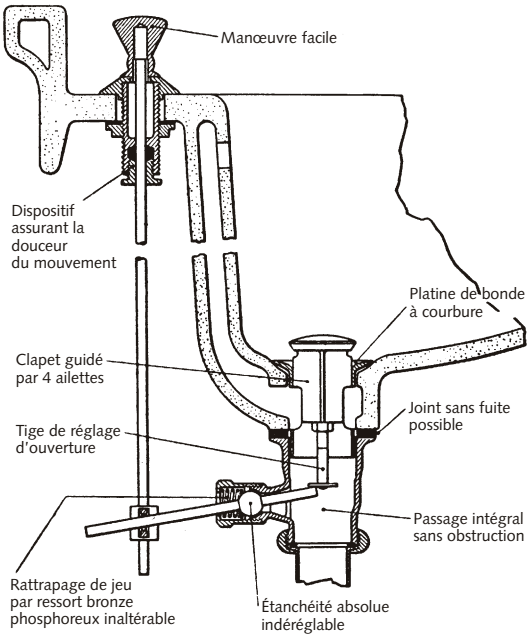


Figure 9.16 – Anciens vidages lavabo Idéal Standard

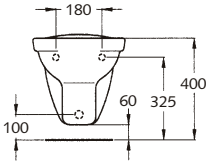
Pour les bols sans trop-plein, les vidages n'ont pas de clapet pour éviter le débordement (figure 9.17).



Figure 9.17 – Bols sans trop-plein

Bidets

On trouve encore dans de nombreuses salles de bains des bidets posés au sol (sur pied) ou suspendus. Ils sont fixés au sol par un kit de fixation intégrant une collerette plastique pour éviter le contact de la vis sur la porcelaine du bidet et un cache-vis ou suspendus au mur, fixés sur un support intégré à la cloison (figure 9.18).

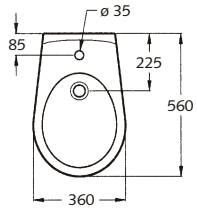


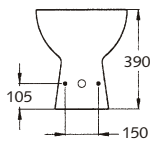
BIDET SUSPENDU
En porcelaine vitrifiée.
Percé 1 trou central pour la robinetterie.

BIDET SUSPENDU 56 x 36 cm NF
poids : 15 kg

A monter avec pair de tire-fonds à sceller non fournis, ou bâti-support :

Bâti-support seul à encastrer.





BIDET SUR PIED
En porcelaine vitrifiée.
Percé 1 trou central pour la robinetterie.
Fixation au sol par 2 vis non fournis.

BIDET 53 X 35,5 CM NF
poids : 17,5 kg

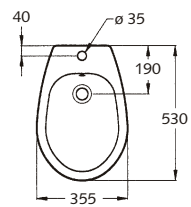


Figure 9.18 – Bidets :
a) Bidet sur pied et bidet suspendu Gemma, Idéal Standard

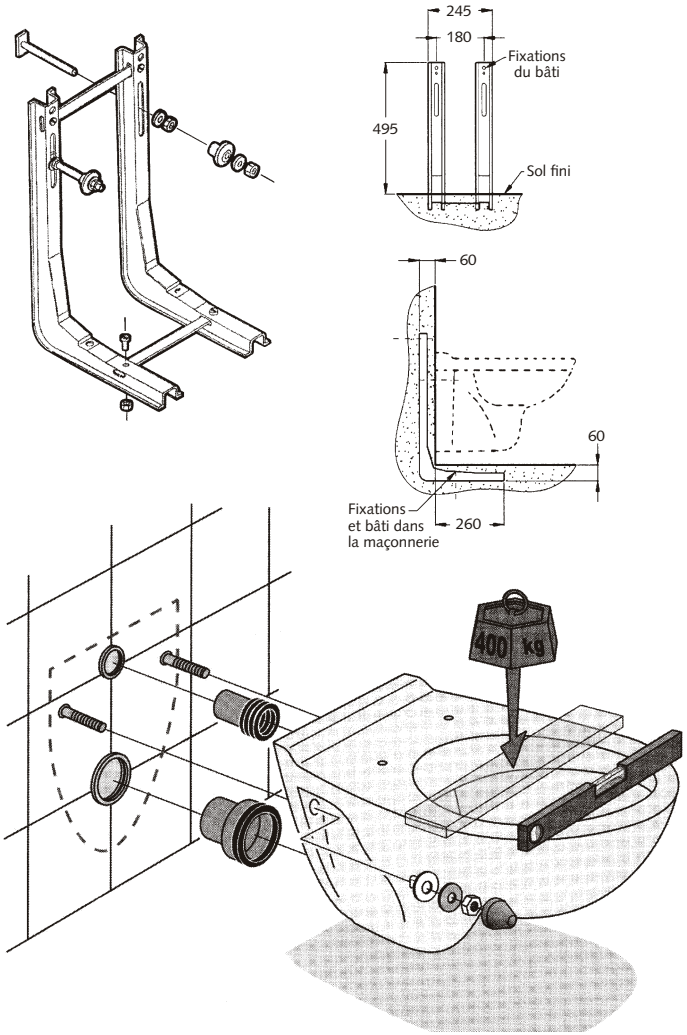


Figure 9.18 – Bidets : b) Bâti support pour bidet ou WC à fixer au sol (documentation Idéal Standard)

Les tuyauteries d'alimentation encastrées ne doivent jamais passer sous un bidet sur pied.

On laissera un espace de 3 à 5 cm entre le bidet sur pied et le mur ou entre le bidet suspendu et le sol pour permettre le nettoyage.

On trouve encore parfois des bidets pivotants dans les petites salles de bains, le mécanisme qui permet le mouvement du bidet est fixé au sol ou au mur, les alimentations et la vidange sont raccordés par des flexibles souples (figure 9.19).

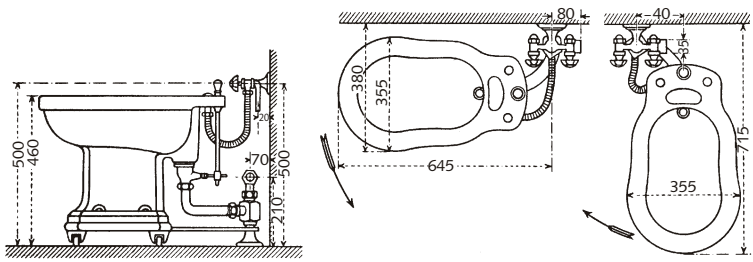
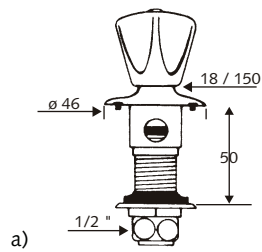
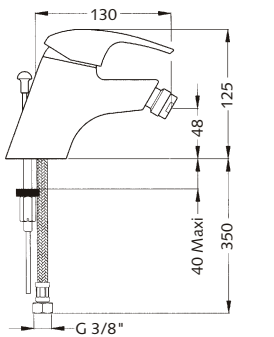


Figure 9.19 – Ancien bidet pivotant Idéal Standard

Les robinets sur gorge sont remplacés par des robinetteries avec bec déverseur, avec douchette ou avec un mousseur orientable. On trouvera des mélangeurs ou des mitigeurs monotrous, 2 ou 3 trous (figure 9.20).



a)



b) Bec fixe avec aérateur cascade à rotule.
Alimentation : flexibles inox 350 mm.
Débit : 12,6 l/mm sous 3 bars.

Figure 9.20 – a) Robinet sur gorge Delabie ;
b) mitigeur monotrou Ophelio Porcher

Lave-mains

Les lave-mains, de taille plus petite que les lavabos, s'installent dans les WC. Ils s'équipent de robinetteries murales ou sur gorge souvent identiques aux robinetteries pour bidet.

Les tuyauteries sont généralement apparentes, on préférera des robinetteries équipées de tuyauteries chromées pour une finition plus soignée.

Robinetteries sanitaires

Elles sont testées à une pression de 20 bar et ne doivent pas produire de bruits ou vibrations en fonctionnant à une pression comprise entre 3,5 et 4 bar pour une vitesse d'écoulement d'eau inférieure à 2 m/s.

Robinets simples

Ils sont filetés au pas gaz 15/21 et se fixent sur la tablette dans la céramique du bidet ou du lavabo ou sur une alimentation murale (Figure 9.21).

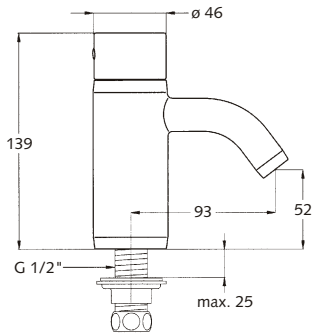


Figure 9.21 – Robinet simple lavabo CéraMix Style, Idéal Standard

Robinets mélangeurs

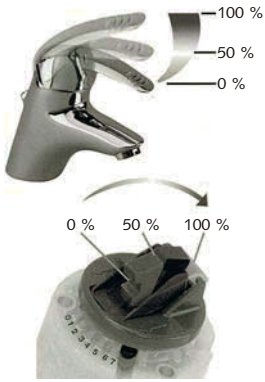
Ils doivent permettre un mélange d'eau chaude satisfaisant pour des écarts de pression entre l'eau froide et l'eau chaude pouvant aller jusqu'à 2 bar.

- Mélangeur lavabo : raccords en 15/21 ou 12/17, la tige de commande du vidage doit être étanche.
- Mélangeur de baignoire : raccords en 15/21 ou 20/27, l'eau doit couler au fond ou sur la gorge de raccordement avec les parois (parties arrondies au fond de la baignoire).

Robinets mitigeurs

Équipés généralement de cartouches céramique, ils permettent à partir d'une seule poignée de commande de gérer l'ouverture de l'eau et le réglage de température (figure 9.22).

L'ouverture de la cartouche se déplace entre les arrivées d'eau froide et d'eau chaude. Le réglage de l'eau mitigée s'obtient à partir d'une position intermédiaire qui autorise la moitié du débit en eau froide et la moitié du débit en eau chaude. Le débit total ne change pas.



Lors de l'ouverture du mitigeur, un point de résistance limite le débit à 50 % soit 6 litres par minute afin de réaliser des économies d'eau, il suffit de forcer légèrement pour obtenir 100 % du débit.

La course de la cartouche peut être limitée en sélectionnant une des 7 positions afin de réduire les risques de brûlure et de réaliser des économies d'énergie. La température de l'eau mitigée dépendra de la température de la production d'eau chaude et de la température de l'eau froide. Le graphique permet de déterminer la température de l'eau mitigée en fonction de ces paramètres.

Figure 9.22 – Mitigeur de lavabo Porcher, détails des réglages de la cartouche

ROBINETS MITIGEURS THERMOSTATIQUES

Équipés de cartouches thermostatiques, ils permettent de régler la température à l'aide d'une poignée de commande et le débit à l'aide de la deuxième poignée de commande (figure 9.23).

On trouve des mitigeurs thermostatiques pour les douches, les baignoires, les lavabos…

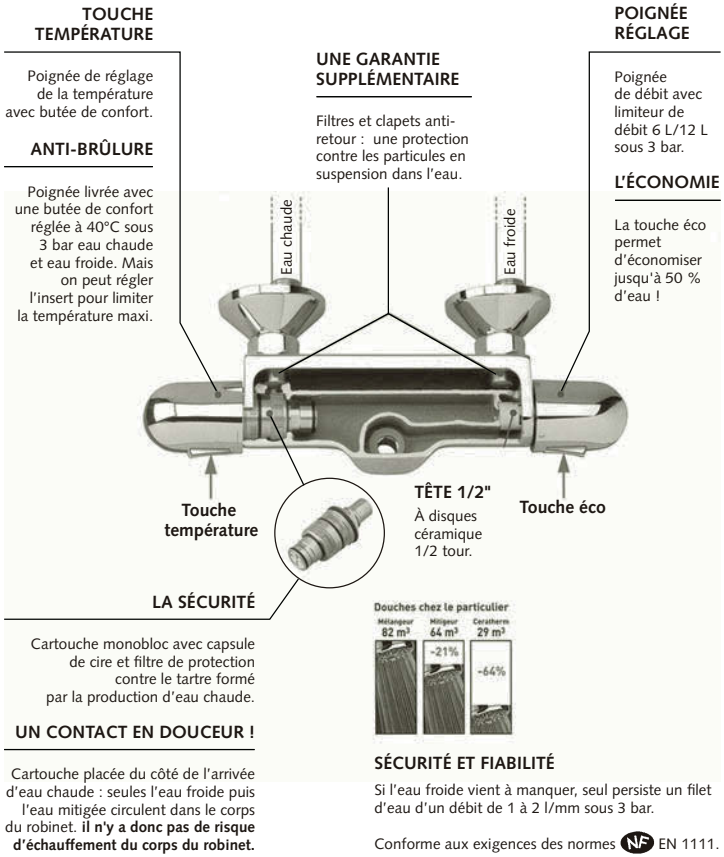


Figure 9.23 – Mitigeur thermostatique (documentation Idéal Standard)

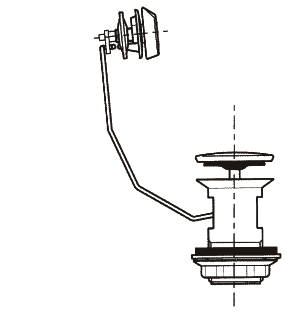
L'utilisation de mitigeurs thermostatiques permet de réaliser des économies sur la consommation d'eau (jusqu'à 64 %).

Vidages et siphons

Ils seront conformes à la norme NF P 41-201. Tous les siphons d'appareils sanitaires doivent avoir une garde d'eau d'au moins 50 mm. Ils ont un diamètre sensiblement constant de 30 mm pour les lavabos et bidets et de 40 mm pour les éviers, bac à laver, cabines de douches.

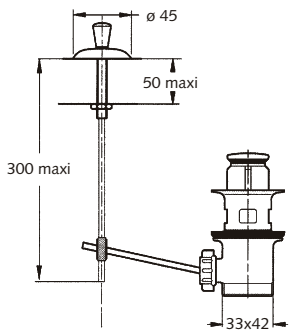
Il existe de nombreux modèles de bondes, elles doivent toutes être associées à un dispositif de trop-plein (figure 9.24).

Pour les lavabos et bidets, les pertes d'eau dues aux fuites sur le joint d'étanchéité de la bonde ne doivent pas dépasser 0,1 l/min.



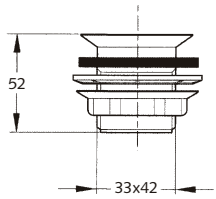
Vidange intérieur à bouton tournant
pour ancien lavabo trop-plein ø 30 mm.

Bouton ABS.
Bonde acétal.
Clapet inox recouvrant.

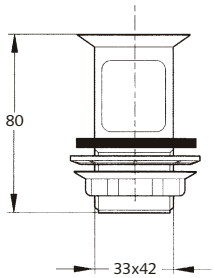


Tirette verticale, (logo NF)
Bonde polypropylène.
Clapet inox rentrant.

Figure 9.24 – a) vidage à clapet Porcher.

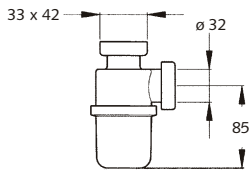


Pour lave-mains et lavabos
sans trop-plein H. 52 mm.

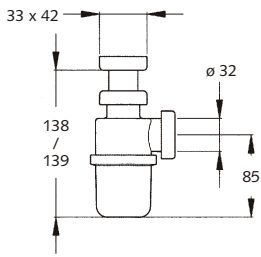


Pour lavabos et lave mains avec trop-plein H. 80 mm.

Figure 9.24 – b) bonde à grille sans trop plein et bonde avec trop plein (documentation Porcher)



Siphon polypropylène blanc
Pour bidet.



Siphon polypropylène blanc
Réglable pour lavabo.

Figure 9.24 – c) Siphons tubulaires

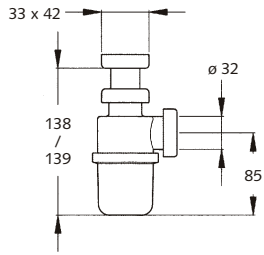


Figure 9.24 – d) Siphons à culot vertical (Porcher)

Cotes d'encombrement et disposition des appareils

Chaque appareil nécessite un espace minimum pour permettre une utilisation confortable. Il faudra veiller au sens ouverture des portes, notamment pour les toilettes ainsi qu'à l'espace nécessaire aux personnes âgées ou aux personnes à mobilité réduite en fauteuil roulant.

On trouvera ci-dessous quelques exemples d'implantation d'appareils sanitaires permettant un bon usage.

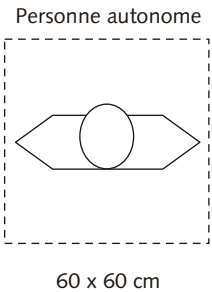


Figure 9.25 – Espace disponible devant un appareil

L'espace disponible devant un appareil doit être d'au moins 60 cm (figure 9.25). L'espace de confort devant une baignoire est plus important (figure 9.26).

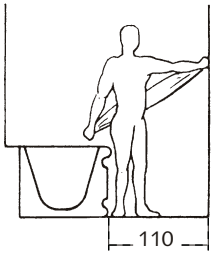


Figure 9.26 – Espace disponible devant une baignoire

L'espace disponible de chaque côté d'un appareil sanitaire doit être d'au moins 15 cm, et de 20 cm lorsqu'il se trouve contre un mur (figure 9.26).

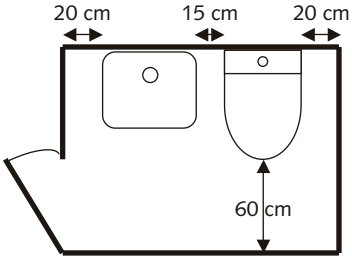


Figure 9.27 – Espace disponible de chaque côté d'un appareil sanitaire

On trouvera de plus grandes précision dans le Neufert (*Les éléments des projets de construction*, 9e édition, Éditions Dunod, 2006).

10
CUISINE

La réalisation des cuisines est un marché fortement concurrentiel, effectuée par des cuisinistes, des menuisiers, des entreprises tout corps d'état, des plombiers, des poseurs travaillant avec des grandes surfaces du bricolage...

La pose des meubles nécessite des compétences et un outillage spécialisé. De la même manière, la réalisation des parties techniques (eau, gaz, évacuation, électricité…) nécessite un savoir-faire particulier. L'installateur sanitaire a son rôle à jouer pour conseiller le client et réaliser une installation conforme et durable.

L'alimentation générale en eau se fait le plus souvent sous le meuble évier, on alimente ensuite les machines à laver, machine à glaçons... Cet espace accessible est malheureusement souvent l'endroit que choisit l'électricien pour placer sa boîte de dérivation. Il est donc souhaitable de préciser en début du chantier avec l'entreprise d'électricité les positions possibles pour les boîtes de dérivation (derrière la machine à laver, derrière le réfrigérateur...) pour éviter la proximité trop importante du réseau d'eau et du réseau électrique.

Il est souhaitable de connaître à l'avance les meubles et équipements choisis pour permettre la réalisation d'un réseau adapté à l'usage prévu.

La hauteur des meubles de cuisine se situe généralement entre 85 et 90 cm du sol. L'espace nécessaire devant chaque appareil pour permettre sa bonne utilisation est de 1,20 m à 1,50 m devant les fourneaux et 0,60 m à 0,75 m devant l'évier.

On trouvera des plans de travail situés plus bas pour permettre une meilleure utilisation, comme pour les plaques de cuisson, ce qui permet un meilleur contrôle du contenu des casseroles…

On trouve des plans de travail à hauteur adaptable manuellement ou électriquement en fonction de l'usage prévu.



Remarque

Il est important de réduire les distances entre les trois postes principaux d'une cuisine : évier, plaque de cuisson, réfrigérateur, afin de limiter les déplacements.

On trouve de plus en plus des îlots de cuisine qui intègrent la partie cuisson et la hotte d'aspiration, parfois même l'évier.

Raccordement des machines à laver

Le robinet d'arrêt de l'appareil doit toujours rester accessible, on le place généralement sous l'évier. Il est possible, lorsque la machine est trop éloignée, de réaliser une partie de la tuyauterie en cuivre jusqu'à l'emplacement prévu pour la machine afin de permettre le raccordement d'un flexible d'alimentation.

La tuyauterie de vidange ainsi que le haut du siphon doivent être placés à une hauteur minimum de 60 cm car, placés trop bas, ils empêchent le remplissage de la machine (qui se vide par siphonage au fur et à mesure du remplissage).

Si le flexible d'évacuation de la machine est fixé sur une douille de raccordement, il faut que la tuyauterie d'évacuation soit d'un diamètre suffisamment grand (40 mm) pour éviter l'effet siphon (figure 10.1).

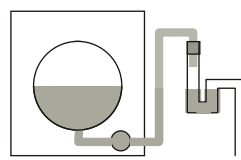


Figure 10.1 – Évacuation d'une machine à laver

Pose des éviers

Lorsque l'évier touche le mur, on préférera d'une manière générale réaliser un joint d'étanchéité qui sera recouvert par la suite par la faïence de finition (figure 10.2).

De la même manière lorsque l'évier est encastré dans un plan de travail en bois, on prendra soin de réaliser sur la partie non visible en sous-face un joint d'étanchéité au silicone entre la céramique et le bois pour éviter toute infiltration d'eau qui détériorerait le plan de travail.

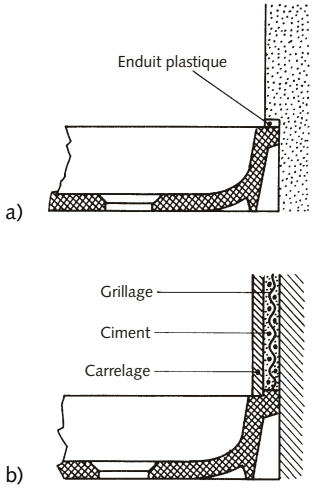
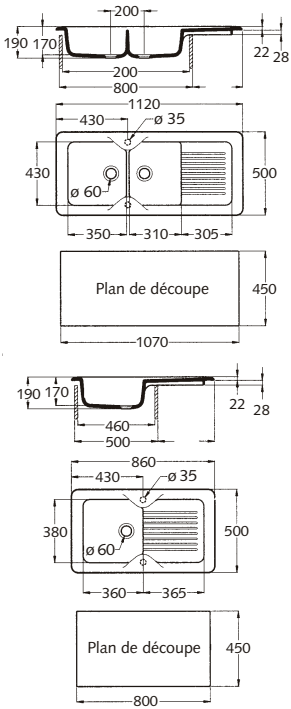


Figure 10.2 – a) Évier courant ; b) Évier à feuillure

Dans le cas de la pose d'éviers en acier inoxydable en cours de travaux, il faudra s'assurer de leurs protection pour éviter qu'ils ne soient endommagés par les autres corps d'état (par exemple : vidage de colle réalisé par les entreprises de peinture, d'acide utilisé par les carreleurs pour le nettoyage du sol...). Dans ce cas, on couvrira l'évier par des bâches plastiques, pour le condamner.

On trouvera des éviers 1, 1 ½, 2 cuves, des éviers d'angle, des éviers vasques (figure 10.3)…



En grès émaillé.
A encastrer.
Réversible.
Prépercé 1 trou ø 35 mm à l'avant et à l'arrière.
Trop-plein latéral à rapporter.
Fourni avec vidage manuel complet, Réf. : R4585.AA

En grès émaillé.
A encastrer.
Réversible.
Prépercé 1 trou ø 35 mm à l'avant et à l'arrière.
Trop-plein latéral à rapporter.
Fourni avec vidage manuel complet, Réf. : R4584.AA

Figure 10.3 – Éviers en grès émaillé Tango 1 et 2 cuves, Idéal Standard

Robinetteries d'évier

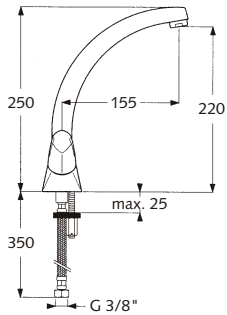
Comme pour les autres appareils sanitaires, il existe des mélangeurs ou des mitigeurs. La présence de fenêtres devant les éviers a obligé les fabricants à proposer des robinetteries ayant un bec mobile pour permettre l'ouverture des fenêtres.

On trouvera des robinetteries avec douchette intégrée, des robinetteries murales, des mélangeurs monotrou, 2 ou 3 trous…

Les raccordements seront en flexibles 3/8 F ou en raccords 1/2 M, le jet doit couler au moins à 8 cm du bord de la cuve.

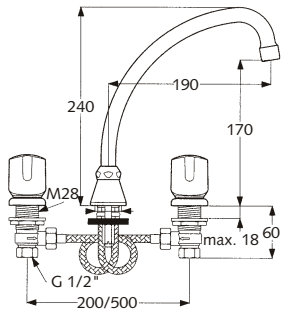


Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier :
a) Coupe d'un mitigeur d'évier Porcher



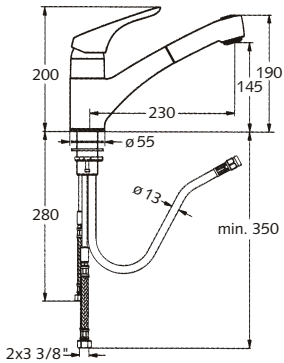
Bec orientable. Alimentation flexibles.
Plage d'encombrement ø 53mm.
Têtes 1/2" à disques céramiques.

Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier :
b) Mélangeur évier Euroflow 3 trous, Idéal Standard



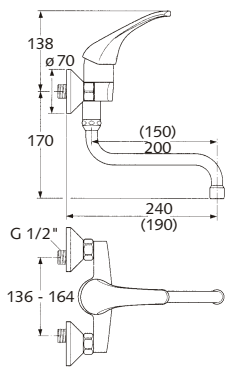
Bec orientable. Alimentation flexibles.

Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier :
c) Mélangeur évier Euroflow monotrou, Idéal Standard



Bec orientable à douchette amovible bi-jets (moussant, pluie). Flexible 1,5 m.
Cartouche à 2 disques céramique avec limiteur de débit dévérouillable.
Rosace d'embase métal.
Plaque de renfort pour évier inox.
Saillie : 230 mm
Hauteur hors tout : 200 mm
Hauteur sous aérateur : 145 mm

Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier :
d) Mélangeur évier Cerasprint à douchette, Idéal Standard



Mitigeur mural 1/2".
Bec orientable.
Manette longue 110 mm. Avec raccords muraux.
Entraxe 150 ± 14 mm.
Saillie : 240 mm dont bec 200 mm.
Hauteur hors tout : 306 mm.
Débit : 15 l/m sous 3 bars.

Figure 10.4 – Mélangeurs d'évier :
e) Mélangeur évier Cera B 50 mural, Idéal Standard

Broyeur d'évier

On trouvera en service des broyeurs d'évier, ils fonctionnent sur le même principe que les broyeurs sanitaires. Une lame broie finement les déchets alimentaires pour les évacuer (avec l'eau) à l'égout (figure 10.5). Le broyeur se raccorde sur un siphon, le moteur se situe en partie basse.

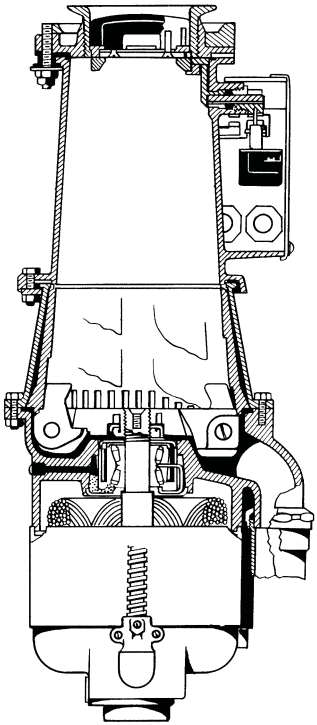


Figure 10.5 – Broyeur en coupe

Plaque de cuisson au gaz

Lors de la réalisation de l'alimentation en gaz d'une plaque de cuisson, il convient de respecter la réglementation gaz en vigueur. De nombreuses non-conformités des installations sont dues au mauvais positionnement du robinet d'arrêt de commande d'appareils qui doit dans tous les cas rester accessible.

Le robinet d'arrêt, le ROAI (robinet à obturation automatique intégré) ou le DDS (détendeur déclencheur de sécurité), de manière à être facilement accessible, doit être placé :

- à une hauteur comprise entre 10 et 170 cm ;
- à une distance de l'appareil inférieure à 80 cm ;
- à une distance inférieure à 60 cm derrière une porte de placard.

On distingue 3 catégories de flexibles :

- les tuyauteries flexibles caoutchouc, garantis 5 ans pour le gaz en réseau – NF 36.100 ;
- les tuyauteries flexibles armature plastique armé, garantis 10 ans – NF 36.103 et NF 36.112 ;
- les tuyauteries flexibles métalliques, à vie – NF 36.121 et NF 36.125.

RACCORDEMENT

Le raccordement d'une **plaque de cuisson** doit être réalisé par une tuyauterie rigide (cuivre), il est admis par flexible dans les cas suivants :

■ Gaz naturel

- Présence d'un ROAI obligatoire.
- Tuyau flexible NF D 36.100 durée de vie 5 ans, visitable.
- Tuyau flexible NF D 36.103 durée de vie 10 ans, visitable.
- Tuyau flexible métallique NF D 36.121 durée de vie non limitée, visitable.

■ Propane

- Présence d'un DDS obligatoire.
- Tuyau flexible XP D 36.112 durée de vie 10 ans, visitable.
- Tuyau flexible métallique NF D 36.125 durée de vie non limitée, visitable.

L'utilisation d'un tuyau souple XP D 36-110, durée de vie 5 ans, n'est autorisé dans les **installations existantes** que lorsque les embouts (tétines)

ne sont pas démontables, en remplacement d'un flexible existant, il doit être visible et visitable.

■ Butane

- Présence d'un DDS obligatoire.
- Tuyau souple XP D 36.110 durée de vie 5 ans, visitable
- Tuyau flexible XP D 36.112 durée de vie 10 ans, visitable
- Tuyau flexible métallique NF D 36.125 durée de vie non limitée, visitable

CAS PARTICULIER DE LA CUISINIÈRE GAZ

La **cuisinière gaz** devra être raccordée par un tuyau d'alimentation flexible (**le raccordement par une tuyauterie rigide est interdit**) qui devra vérifier les conditions suivantes :

■ Gaz naturel

- Présence d'un ROAI obligatoire.
- Tuyau flexible NF D 36.100 durée de vie 5 ans.
- Tuyau flexible NF D 36.103 durée de vie 10 ans.
- Tuyau flexible métallique NF D 36.121 durée de vie non limitée.

L'utilisation d'un tuyau souple NF D 36.102 durée de vie 5 ans n'est autorisée que dans les installations existantes.

■ Propane

- Présence d'un DDS obligatoire.
- Tuyau flexible XP D 36.112 durée de vie 10 ans.
- Tuyau flexible métallique NF D 36.125 durée de vie non limitée.

L'utilisation d'un tuyau souple XP D 36-110 n'est autorisée que dans les installations existantes.

■ Butane

- Présence d'un DDS obligatoire.
- Tuyau souple XP D 36.110 durée de vie 5 ans
- Tuyau flexible XP D 36.112 durée de vie 10 ans
- Tuyau flexible métallique NF D 36.125 durée de vie non limitée



Remarque

Les appareils de cuisson ont un filetage en 1/2, ainsi que les robinets et accessoires en gaz naturel, les robinets et accessoires GPL ont un filetage en 20 × 150. Il faudra dans tous les cas contrôler la compatibilité du filetage des raccords (car il est possible de visser un écrou 1/2 sur un filetage 20 × 150 en forçant, dans ce cas l'installation n'est pas conforme).

Cuisines collectives et cuisines industrielles

Les cuisines collectives se trouvent généralement dans des locaux recevant du public. Elles font l'objet d'une réglementation particulière qui ne sera pas développée dans le présent ouvrage. Les appareils de cuisson ou de lavage utilisés sont des appareils professionnels qui auront des caractéristiques techniques particulières (alimentation en eau chaude pour les lave-vaisselle, diamètre d'évacuation plus important...).

Pour les installations gaz, une vanne de barrage doit être installée dans chaque cuisine ainsi qu'un arrêt d'urgence.

La ventilation ou l'extraction dépendront de la puissance des fourneaux installés. Chaque cuisine collective ou industrielle devra faire l'objet d'une étude particulière.

Si cette étude a été réalisée par un cabinet d'architecte ou un bureau d'études, l'installateur pourra utiliser le cahier des charges. Mais bien souvent il engage sa responsabilité sur la conformité de l'installation qu'il va réaliser (le bureau d'études émettant des réserves sur le respect des réglementations en vigueur par les entreprises qui réalisent des travaux). Il convient donc de vérifier si l'étude et donc le cahier des charges fourni respecte bien toutes les règles de l'art et les réglementations en vigueur.

Il est souhaitable de travailler avec un constructeur d'équipements pour cuisine professionnelle qui garantira la conformité des équipements installés et réalisera les plans d'implantation, l'installateur n'aura plus qu'à réaliser le raccordement des appareils.

Ventilation

Comme les salles de bains, la cuisine doit être ventilée par une ventilation naturelle ou une ventilation mécanique.

La présence d'un appareil gaz (plaque de cuisson, chauffe-eau, chaudière…) nécessite la vérification de la conformité gaz de l'installation.



Remarque

Un appareil à tirage naturel ne peut pas être installé dans une pièce ayant une hotte aspirante raccordée sur un conduit évacuant sur l'extérieur. La hotte doit être à recyclage interne.

Il est fortement déconseillé d'installer un appareil à tirage naturel dans un logement équipé d'une VMC car il faudrait garantir les conditions de tirage du conduit d'évacuation des gaz brûlés (DTU 61.1). Le DTU 68.1 impose d'installer l'appareil dans un local non soumis à la VMC, le règlement sanitaire départemental précise que les dispositifs mécaniques sont interdits.

11
WC ET APPAREILS DE CHASSE

Les appareils normalisés sont les suivants :

- **Cuvette de W-C** en céramique : (Siphon caché) NF D 11-105 ; (Siphon apparent) NF D 11-106.
- **Abattants** (norme NF D 11-109). En bois vernis ou en matière plastiques, ils doivent résister à la flexion, aux chocs et aux produits d'entretien.
- **Réservoir de chasse** (norme D 10-301 en attente d'homologation). Marque ou contenance du fabricant, d'une capacité utile de 9 l.
- **Chasse haute :** la partie basse de la chasse doit se situer à 1,5 m du haut de la cuvette.

On trouvera différents types de WC que l'on pourra classer en fonction de différents critères :

Le type de pose :

- cuvettes fixés au sol,
- WC suspendu,
- WC à la turque.

Le type de réservoirs ou d'appareils de chasse :

- les réservoirs hauts,
- les réservoirs bas fixés à la cuvette,
- les réservoirs encastrés ou en gaines techniques,
- les robinets de chasse,
- les réservoirs à compression d'air.

Le mode d'évacuation :

- les WC à chasse directe,
- les WC à action siphonique,
- les WC broyeurs.

Règles de raccordement

D'une manière générale, aucun joint ne doit être réalisé dans un mur ou plancher à l'exception des joints de pipe de raccordement des cuvettes de WC.

Le DTU 60.1 admet quelques dérogations lorsque le raccordement ne peut se faire que dans l'épaisseur du plancher :

- Lorsque le raccordement est direct entre l'appareil et la tuyauterie d'évacuation, l'assemblage peut être réalisé au moyen d'un joint préformé, d'un joint réalisé au mastic ou à la résine synthétique.
- Dans tous les cas le joint ne doit pas être à une profondeur supérieure à 10 cm du sol fini.
- Pour les sièges à la turque, tout type de joints peut être réalisé, une tuyauterie unique ne dépassant pas 1 m peut être autorisée.

On évitera le raccordement sur les colonnes à 90° pour préférer un raccordement à 30 ou 45° (figure 11.1).

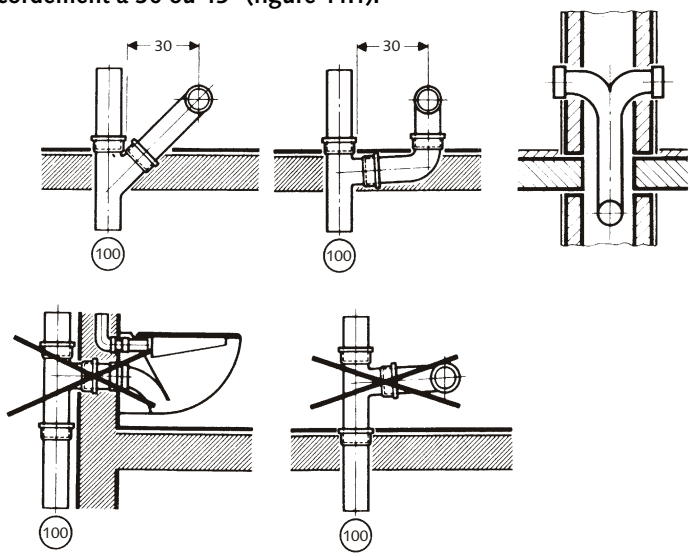


Figure 11.1 – En haut, bons montages. En bas, rayés, montages à ne pas employer s'il y a des appareils situés au-dessus de la cuvette que l'on raccorde, leurs eaux pouvant s'y répandre accidentellement

WC posés au sol

Cuvettes

On trouve différents modèles de cuvettes.

■ Cuvettes indépendantes

Pour réservoirs hauts, réservoirs indépendants ou robinets de chasse (figures 11.2 et 11.3). Elles se raccordent à la chasse à l'aide d'un joint spécialement conçu pour réaliser l'étanchéité entre le tube PVC et la cuvette. Elles seront à évacuation arrière horizontale ou verticale ou à évacuation cachée.

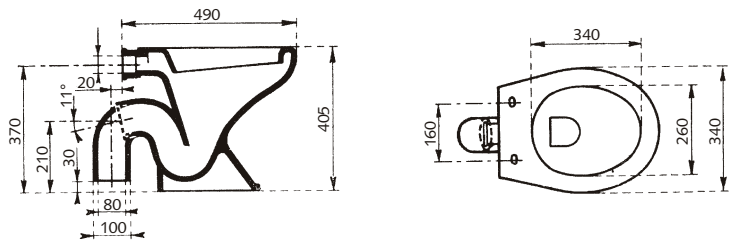


Figure 11.2 – Modèle de cuvette très courant, fonctionne avec un réservoir haut ou robinet de chasse

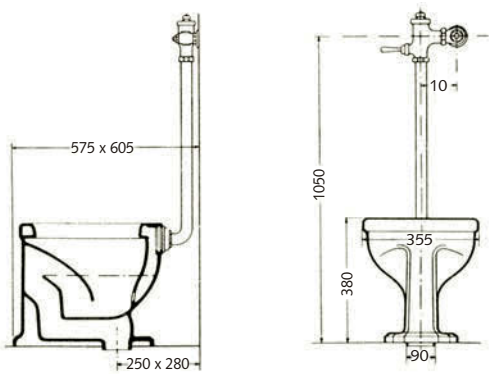


Figure 11.3 – Cuvette Modernus à action siphonique avec robinet de chasse

■ Les cuvettes avec réservoir attenant

La chasse est fixée à la cuvette à l'aide d'un kit de fixation de chasse comprenant des boulons, écrous papillons et des joints d'étanchéité.

La chasse est généralement spécialement fabriquée pour un modèle de cuvette donné mais il existe des chasses universelles capables de s'adapter à la majorité des cuvettes.

On trouve des réservoirs de chasse avec tube de trop plein intégré (figure 11.4).

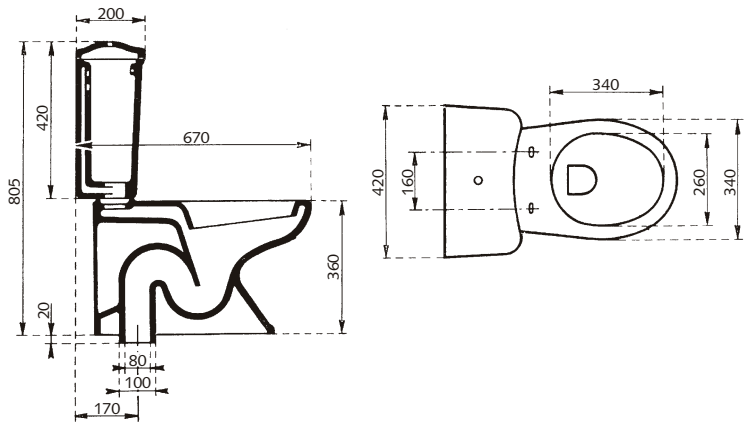


Figure 11.4 – Réservoir bas sur cuvette à chasse directe

POSE DES CUVETTES

Les cuvettes se fixent au sol à l'aide de 2 ou 4 vis de fixation à collerettes en plastique pour éviter le contact direct entre le métal et la porcelaine.

La fixation au mortier est interdite car elle rend la cuvette indémontable.

Pour les cuvettes indépendantes, on laissera l'écartement nécessaire entre la cuvette et le mur pour la pose de la tuyauterie de raccordement de la chasse. Pour les cuvettes avec réservoir attenant, on laissera un espace de 5 à 10 mm entre la chasse et le mur pour éviter la transmission des bruits solidiens.

La tuyauterie d'évacuation de la cuvette sera raccordée sur une pipe d'évacuation en plastique comprenant un joint à lèvre large. Cette pipe sera droite ou coudée selon le type de cuvette.

Dans tous les cas, il faudra, lors de la réalisation des tuyauteries d'évacuation, tenir compte des cotes de raccordement de la cuvette.

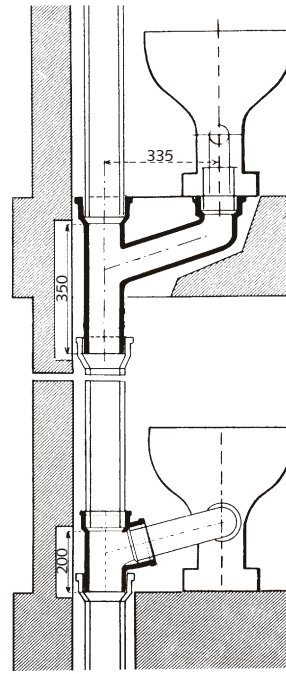


Figure 11.5 – Tuyauterie d'évacuation

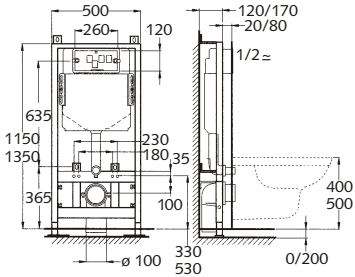
WC suspendus

La baisse des prix a rendu les systèmes suspendus plus courants dans les installations domestiques.

Un bâti-support est fixé au mur ou sur le sol (bâti autoportant), il comprend une structure métallique capable de supporter 400 kg dans laquelle est intégré le réservoir de chasse.

Lorsque la cloison n'est pas capable de supporter le poids du WC suspendu (c'est généralement le cas de toutes les cloisons ayant une épaisseur inférieure à 10 cm), on préférera utiliser un bâti-support autoportant (figure 11.7d).

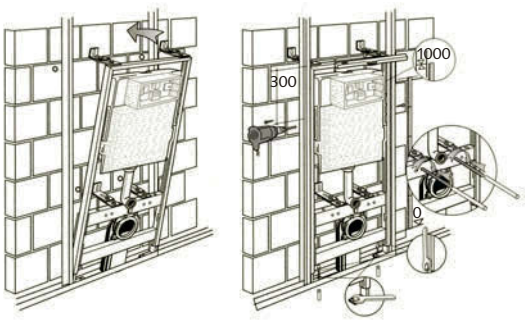
Une fois installé, l'accès au mécanisme de chasse reste possible par la trappe de commande (figure 11.6).



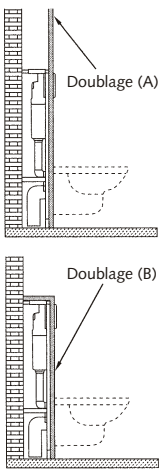
Pré-montés, livrés avec une plaque double commande et 2 manchons de raccordement.

Figure 11.6 – Bâti-support Idéal Standard

a)



b)



Doublage avec :
• 2 plaques de BA13 carrelée ou 1 BA18 hydrofuge.
• Contreplaqué marine 22 mm.
Le doublage peut se faire :
• jusqu'au plafond (A).
• jusqu'au dessus du bâti (B).

Figure 11.7 – Pose d'un bâti-support (documentation Idéal Standard) : a) et b) sur mur porteur

La cuvette est surélevée par rapport au sol de 4 cm pour permettre un nettoyage plus facile, aucune tuyauterie n'est visible (figure 11.7b). Le bâti support se fixe au mur, il peut être entièrement habillé (jusqu'au plafond) ou simplement autour du bâti support.

Une pose est possible en cloison sèche, il faut dans ce cas la renforcer pour résister à la charge, la fixation se fait par le côté (figure 11.7c).

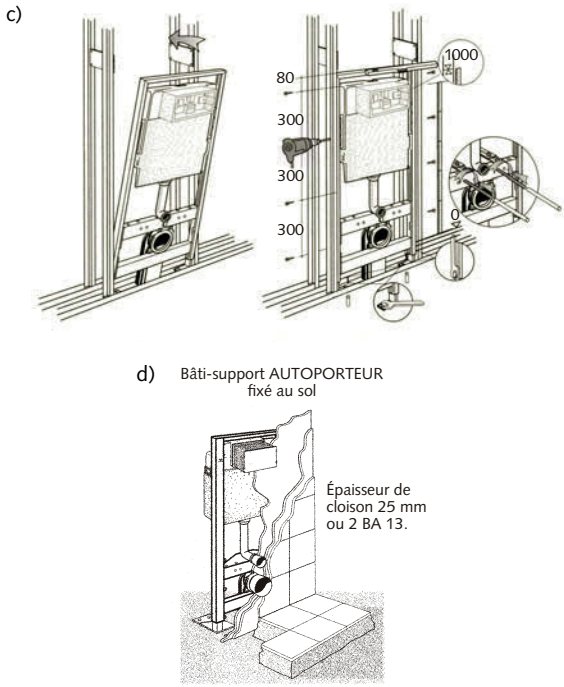


Figure 11.7 – Pose d'un bâti-support (documentation Idéal Standard) :
c) sur cloison sèche ;
d) Fixation uniquement par le sol d'un bâti support autoportant

WC à la turque

Les WC à la turque sont utilisés dans certains lieux publics, dans les campings… (figure 11.8). Le raccordement à la tuyauterie d'évacuation est réalisé au moment de la pose par un joint au mastic.

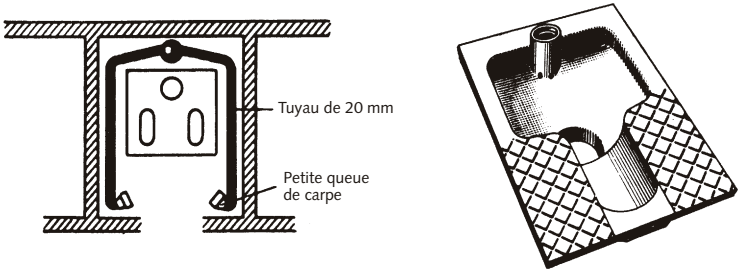


Figure 11.8 – WC à la turque

Généralement équipés de réservoirs hauts, l'extrémité de la tuyauterie est équipée d'un diffuseur en queue de carpe qui permet à l'eau de nettoyer toute la surface du WC.

Réservoirs ou appareils de chasse

Il existe de nombreux types de réservoirs et mécanismes de chasse. Le principe est généralement toujours le même : constituer une réserve d'eau (3 à 10 l) qui permettra, le moment venu, le nettoyage et l'évacuation du contenu de la cuvette.

RÉSERVOIRS HAUTS

Les réservoirs en fonte ou en plastique permettent, grâce à la différence de hauteur entre le réservoir et la chasse, de créer un effet d'eau permettant le nettoyage et l'évacuation du contenu de la cuvette (figure 11.9).

Le tube de chasse doit avoir un diamètre de 30 ou 35 mm selon la hauteur (35 mm lorsque le réservoir est situé à une hauteur inférieure à 1,65 m par apport à la cuvette).

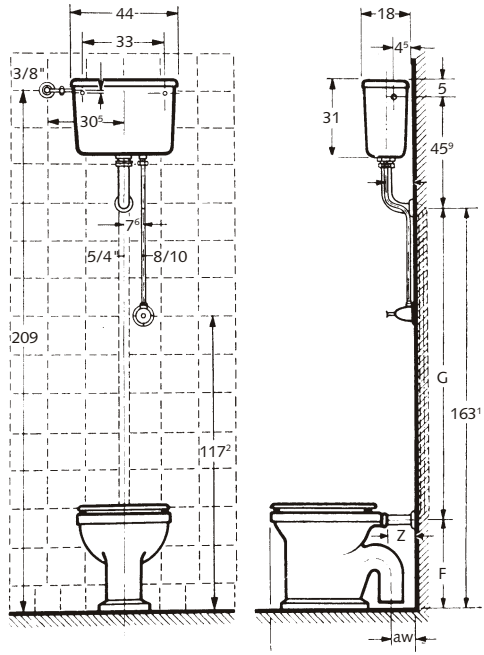


Figure 11.9 – Réservoir haut Gébérit
à commande par bouton poussoir, cotes en cm

■ Réservoirs en fonte

Les réservoirs en fonte sont équipés d'une cloche qui se soulève lorsque l'on tire sur la chaîne de la tirette. Le clapet en caoutchouc (A sur la figure 11.10) repose sur la sortie de chasse (G). Le poids du siphon assure l'étanchéité.

Lorsque l'on soulève le siphon, l'eau pénètre dans la tuyauterie d'écoulement. Lorsque l'on relâche la chaîne et que le siphon retombe sur son siège, l'eau contenue dans la colonne de chasse provoque en s'écoulant l'aspiration de l'air contenu dans le siphon et amorce celui-ci, l'écoulement continue jusqu'à ce que l'air entre à nouveau et désamorce le siphon (S).

Le robinet flotteur permet le remplissage du réservoir.

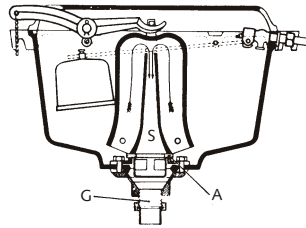


Figure 11.10 – Réservoir en fonte

Il est souvent préférable d'installer un guide-chaîne qui force le tirage à s'effectuer verticalement car bien souvent la cloche « saute » et ne retombe pas sur son siège quand le tirage a été fait de travers.

■ Réservoirs en matière plastique

Les réservoirs de chasse peuvent être réalisés en matière plastique, ils sont généralement isolés pour éviter la condensation et le bruit. Une chaîne ou un poussoir permet d'actionner le mécanisme de chasse (figure 11.11).

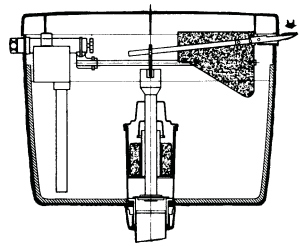


Figure 11.11 – Réservoir Gébérit 10 litres en matière plastique à isolation anticondensation et antibruit

■ Réservoirs incongelables

Pour éviter le gel, on trouvera ce type de réservoir qui est généralement vide et ne se remplit qu'au tirage de la chaîne. Le vidage se fait de

matière automatique. Lorsque le niveau d'eau atteint le flotteur, celui-ci soulève le mécanisme de chasse et condamne le robinet d'alimentation (figure 11.12).

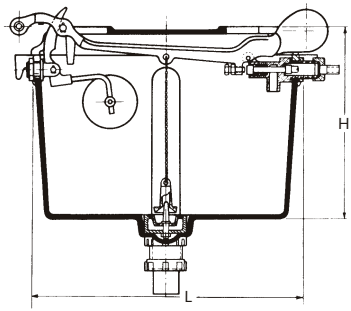


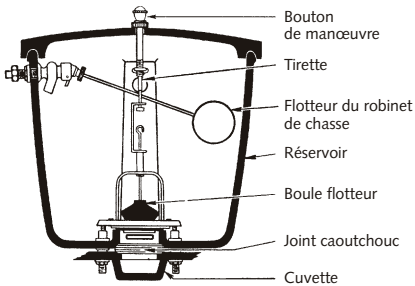
Figure 11.12 – Réservoir incongelable Durenne

Réservoirs bas fixés à la cuvette

Le diamètre de passage entre le réservoir et la cuvette est important, ce qui permet de réduire les pertes de charge et de maintenir l'effet d'eau souhaité. Ils sont plus silencieux que les réservoirs hauts (figure 11.13).

L'alimentation du robinet flotteur se fait par le dessous ou par le côté.

a)



b)



Figure 11.13 – Mécanisme de réservoir de chasse bas : a) Société Générale de Fonderie ; b) Cloc-toc

Il existe de nombreuses sortes de mécanismes de chasse : à tirette, à poussoir, double chasse… Il faudra dans tous les cas respecter les règles de montage préconisées par le constructeur.

Tous les mécanismes seront équipés d'un tube de trop-plein permettant d'éviter le débordement de la chasse en cas de fuite du robinet flotteur. Cette surverse est parfois intégrée dans la chasse.

Les robinets flotteurs utilisent l'effet de levier décrit dans le mémento technique (chapitre 1) : le flotteur situé à l'extrémité d'une tige métallique permet au mécanisme d'exercer une pression sur l'arrivée d'eau lorsque le niveau monte ce qui provoque la fermeture l'alimentation de la chasse (figure 11.14).

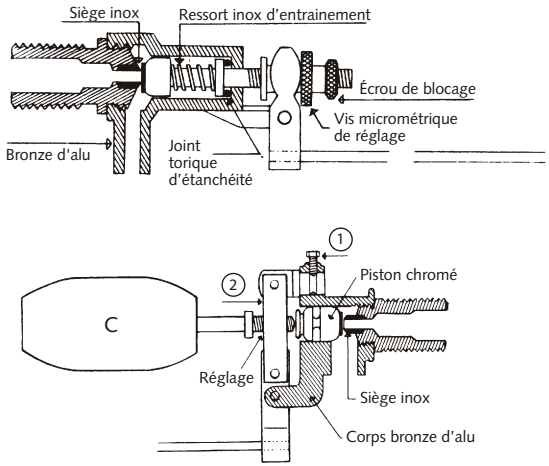


Figure 11.14 – Flotteurs Delabie

Des robinets flotteur silencieux permettent le remplissage des réservoirs sans sifflement. La fermeture est progressive ce qui évite le coup de bélier.

RÉSERVOIRS ENCASTRÉS OU EN GAINES TECHNIQUES

On trouvera des modèles de WC ayant des réservoirs de chasse encastrés ou situés en gaine technique pour des raisons esthétiques ou dans les

lieux recevant du public pour éviter une dégradation des mécanismes. Les cuvettes seront généralement fixées au mur (figure 11.15).

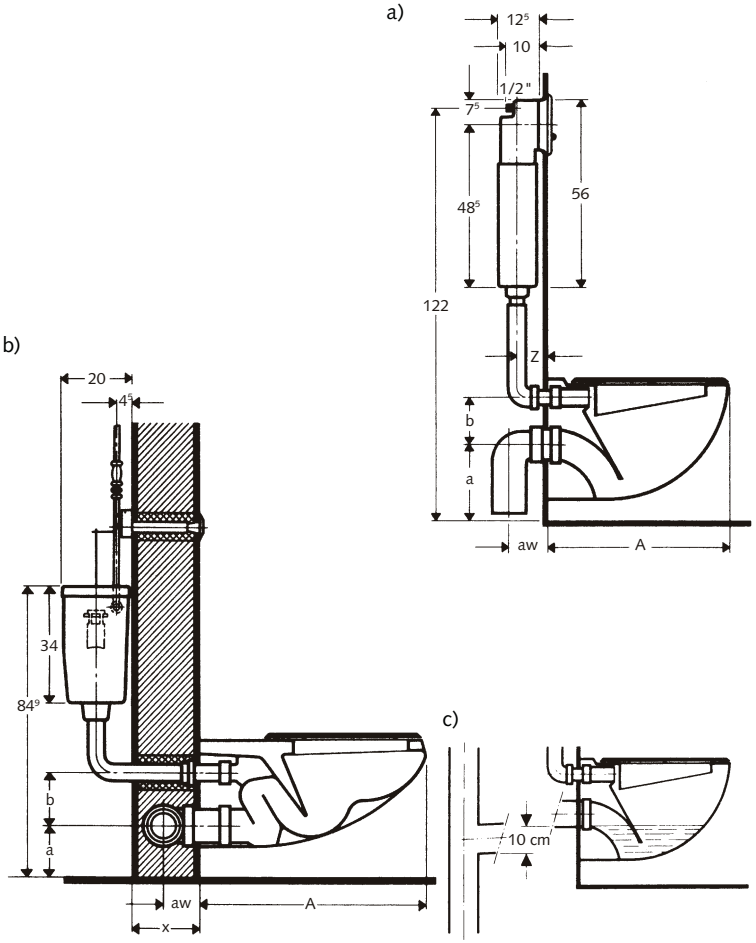
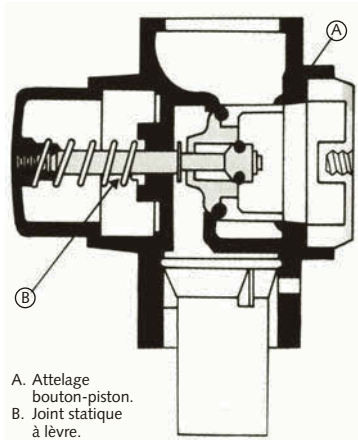


Figure 11.15 – Cuvettes Gébérit : a) réservoir encastré ; b) réservoir encastré à poussoir ; c) raccordement sur une chute

ROBINETS DE CHASSE

Appelées valves de chasse, elles doivent avoir une pression d'alimentation d'au moins 0,5 à 0,7 bar. Pour réduire le bruit, on utilisera des colliers isophoniques et on placera les robinets de chasse dans des gaines techniques avec une commande à distance. La pression ne devra pas être trop importante.

La tuyauterie de raccordement devra au moins avoir le même diamètre que celui du robinet.



a) b)

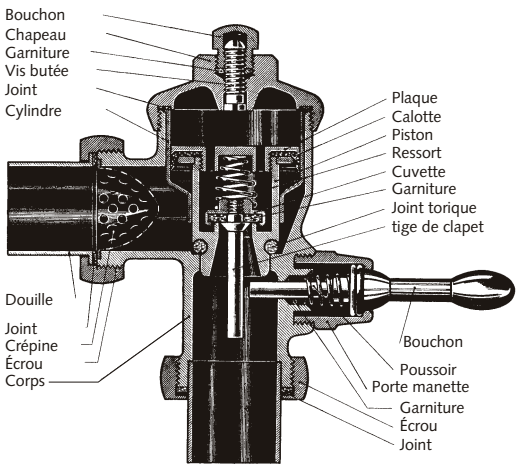


Figure 11.16 – a) Valve Presto ; b) Robinet de chasse compact Frisquet

Pour le calcul des coefficients de simultanéité, on se reportera au chapitre 6, Distribution intérieure.

Réservoirs à compression d'air

On trouve des réservoirs à compression d'air appelé trombes de chasse d'un volume de 10 à 20 l. Un réservoir d'air est comprimé par l'eau sous pression. Lorsque le mécanisme de chasse est actionné, l'eau est libérée et poussée par l'air comprimé.

De forme allongée, ce réservoir est moins large que les réservoirs classiques et peut s'installer dans des endroits plus exigus.

Modes d'évacuation

Le contenu d'une cuvette peut être évacué de différentes manières.

WC à chasse directe

Le contenu de la cuvette est évacué par un siphon et une tuyauterie de même diamètre que la tuyauterie d'évacuation. L'effet d'eau provoqué par la chasse permet l'évacuation du contenu de la cuvette et le renouvellement de l'eau du siphon.

L'évacuation se fait par le dessous de la cuvette, par l'arrière à l'horizontale ou à la verticale.

WC à action siphonique

Dans les WC à action siphonique, l'évacuation du contenu de la cuvette est provoquée par l'écoulement de l'eau dans une tuyauterie d'un diamètre inférieur qui va créer une aspiration et permettre le vidage du siphon, c'est le cas de certains WC Porcher.

Ce type de WC ne peut donc pas se raccorder sur une tuyauterie d'un diamètre 100 mm qui ne permettrait pas de créer une aspiration. Une pipe à boule doit être installée à la sortie de l'appareil pour permettre le fonctionnement de l'effet siphon (figure 11.17).

Le niveau d'eau dans la cuvette monte, ce qui permet de remplir le siphon, lorsque celui-ci se vide, l'eau s'écoule dans la tuyauterie de diamètre réduit ce qui provoque l'aspiration du contenu de la cuvette ; un « tourbillon se forme dans la cuvette ».

Il faudra faire attention lors du remplacement d'un WC à action siphonique de contrôler le diamètre de la tuyauterie d'évacuation car on trouve parfois des tuyauteries en plomb de diamètre réduit (75) ayant des longueurs importantes.

Si c'est le cas, et que le remplacement de la tuyauterie n'est pas possible, le WC à chasse directe devra être raccordé lui aussi à l'aide d'une pipe à boule pour créer un effet siphonique et permettre son évacuation. L'utilisation de simples réductions serait la source de nombreux débouchages en perspective.



Figure 11.17 – Évacuation WC à action siphonique

WC broyeurs

Le broyeur est intégré à l'appareil ou indépendant, il permet d'installer un WC dans n'importe quelle pièce, l'évacuation s'effectue sous l'effet de la pompe à l'aide d'une tuyauterie 20 ou 32 mm équipée d'un clapet antiretour sur une hauteur pouvant atteindre 4 m et sur une longueur pouvant aller jusqu'à 100 m.

Le principal défaut de ce type d'appareil est la présence de lames qui se bloquent en présence de fibres (tampons hygiéniques) et oblige le démontage et le nettoyage de l'appareil.

Il existe des appareils à effet cyclonique qui n'ont pas de lames, le mouvement de l'eau permet de désagréger les matières fécales et de les évacuer sur une tuyauterie de diamètre plus petit.

WC secs

La démarche développement durable a remis à l'ordre du jour les WC secs. Les excréments sont recueillis dans un récipient et recouverts de sciure de bois (il n'y a donc pas d'eau). Le récipient doit être vidé régulièrement et mis en compost sur plusieurs mois, certains modèles sont équipés de cuves permettant une visite d'entretien annuelle.

12
SANITAIRES DES COLLECTIVITÉS

Le dimensionnement, l'installation des sanitaires des collectivités dépendra de l'usage affecté au bâtiment.

Dimensionnement de l'installation

Le dimensionnement se fera d'une manière similaire au dimensionnement d'une distribution d'habitation.

Distribution d'appareil (DTU 60.11)

Pour dimensionner les diamètres intérieurs des tuyauteries afin d'obtenir un débit minimum à la robinetterie sous une pression de 3 bar *(lorsque la pression n'est pas de 3 bar, on ne peut exiger ces débits minimums aux robinetteries*), on respectera les diamètres intérieurs minimums (tableau 12.1).

Tableau 12.1 – Diamètres intérieurs minimums pour l'alimentation d'un seul appareil.

Type d'appareils	Diamètre minimal intérieur (mm)
Lavabo, vasque Lave-vaisselle, lave-linge WC avec réservoir de chasse **Urinoir avec robinet individuel**	**10**
Évier, **timbre d'office** Douche Poste d'eau 1/2	**12**
Poste d'eau 3/4 **Bac à laver**	**13**
WC avec robinet de chasse Urinoir à action siphonique	Au moins le diamètre du robinet

DÉTERMINATION DES DÉBITS DE BASE

On calcul la somme des débits des appareils alimentés (tableau 12.2).

Tableau 12.2 – Débits de base

Type d'appareils	Débits minimums (l/s)		*Équivalence en l/min*
	Eau froide ou eau mitigée	Eau chaude	
WC avec robinet de chasse	1,50		*10,5 l en 7 s*
Urinoir à action siphonique	0,50		*3,5 l en 7 s*
Poste d'eau 3/4	0,42		*25,2*
Poste d'eau 1/2	0,33		*19,8*
Évier, timbre d'office Lavabo, vasque, douche	0,20	0,20	*12*
Lave-linge	0,20		*12*
Urinoir avec robinet individuel	0,15		*1,05 l en 7 s*
WC avec réservoir de chasse	0,12		*7,2*
Lave-vaisselle	0,10		*6*
Lavabo collectif	0,05	0,05	*3*

Ces débits sont donnés pour une pression de 3 bar à la robinetterie, cette pression n'est pas toujours disponible dans les installations, les débits réels seront donc bien souvent inférieurs.

Les débits d'eau chaude ne servent qu'à dimensionner la distribution d'eau chaude.

CALCUL DES COEFFICIENTS DE SIMULTANÉITÉ

On effectue la somme des appareils installés et on calcule le coefficient de simultanéité à partir des formules suivantes.

■ **Utilisation normale :**

Bureaux, hôpitaux, maisons de retraites, coefficient de simultanéité normal :

$$coefficient = \frac{0,8}{\sqrt{x-1}}$$

dans laquelle x est le nombre d'appareils lorsque x > 5.

Lorsque x < 5 on se reportera au tableau 12.3.

Pour les hôtels, on multiplie généralement ce coefficient par 1,25, une étude est nécessaire.

On trouvera dans le tableau 12.3 les valeurs approchées des coefficients de simultanéité.

Tableau 12.3 – Valeurs approchées des coefficients de simultanéité normaux

Nombre d'appareils	1-3	4	5	6	7	8	9	10	15
Coefficient de simultanéité normal	1	0,46	0,4	0,36	0,33	0,30	0,28	0,27	0,21

Nombre d'appareils	20	25	30	35	40	50	60	80	100
Coefficient de simultanéité normal	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,114	0,104	0,090	0,080

Pour les robinetteries temporisées, certains constructeurs utiliseront la formule :

$$coefficient = \frac{1}{\sqrt{x-1}}$$

■ Utilisation forte

Stades, écoles, casernes, gymnases, piscines, campings… On utilisera le coefficient suivant :

$$coefficient = \frac{2}{\sqrt{x-1}}$$

dans laquelle x est le nombre d'appareils lorsque x > 5.

Lorsque x < 5 on se reportera au tableau suivant

On trouvera dans le tableau 12.4 les valeurs approchées des coefficients de simultanéité.

Tableau 12.4 – Valeurs approchées des coefficients de simultanéité forts

Nombre d'appareils	1-5	6	7	8	9	10	15	20
Coefficient de simultanéité fort	1	0,90	0,82	0,76	0,71	0,67	0,53	0,46

Nombre d'appareils	25	30	35	40	50	60	80	100
Coefficient de simultanéité fort	0,41	0,37	0,34	0,32	0,29	0,26	0,22	0,20

La société Delabie préconise un coefficient de simultanéité de 0,6 ou 0,7 pour les douches temporisées. L'utilisation de robinets temporisés nécessite une étude spécifique

La société Delabie donne les critères de calcul sur son site www.delabie.fr, la société Presto sur le site www.presto.fr.

Pour les robinets de chasse qui ne fonctionnent que pendant quelques secondes (7 à 10 s), il faudra respecter les règles suivantes ; ne prendre en compte que :

- 1 robinet pour 3 installés ;
- 2 robinets pour 4 à 12 installés ;
- 3 robinets pour 13 à 24 installés ;
- 4 robinets pour 25 à 50 installés ;
- 5 robinets pour 50 ou + installés.

Les robinets temporisés nécessitent une pression d'alimentation minimale, cette pression dépendra du choix de la robinetterie (tableau 12.5).

Tableau 12.5 – Pression en fonction de la robinetterie

Lavabos	Douches	Urinoirs	Urinoirs à action siphonique	WC avec robinet de chasse
0,5 à 1,5 bar	0,8 à 1 bar	0,5 à 1 bar	0,6 à 1 bar	0,5 à 1 bar

CALCUL DU DÉBIT PROBABLE

Débit probable = Débit de base × Coefficient de simultanéité

Le débit probable sera le débit pris en compte pour déterminer le diamètre intérieur de la tuyauterie à partir des abaques.

Détermination des diamètres des tuyauteries

Pour déterminer le diamètre de la tuyauterie, il faudra prendre en compte le plus souvent :

- la vitesse de l'eau maximale autorisée ;
- le débit calculé précédemment.

Vitesses maximales de l'eau dans les tuyauteries

Les vitesses maximales préconisées par le DTU et celles recommandées sont :

- **1,5 m/s à 2 m/s** en zone non habitée ;
- **1 m/s** en zone d'habitation.

À partir de ces deux valeurs et des abaques, on pourra lire les pertes de charge linéaires pour un diamètre de tuyauterie donnée.



Exemple de dimensionnement

Alimentation d'un bloc sanitaire dans un lycée comportant 10 WC avec robinet de chasse et 20 urinoirs simples. Longueur de la tuyauterie d'alimentation 20 m. Pression au compteur 2 bar, pression nécessaire aux robinets 1 bar. Vitesse admise : 2 m/s.
Débits probables des WC : 2 × 1,5 = 3 l/s (on en compte 2 pour 10).
Débits probables des urinoirs : 20 × 0,15 × 0,46 = 1,38 l/s.
Débit probable total = 3 + 1,38 = 4,38 l/s.
À partir de l'abaque de Daries, pour une vitesse de 2 m/s et un débit de 4,38 l/s la perte de charge linéaire sera de 0,13 mCE/m soit une perte de charge totale de 0,13 × 20 = 2,6 mCE = 0,26 bar.
Le diamètre intérieur sera de 50 mm soit une tuyauterie de 2'', la pression à la robinetterie sera de 1,74 bar.

Appareils

Les sanitaires des collectivités sont soumis à rude épreuve, les formes seront adaptées à l'usage. On trouvera chez les différents fabricants des conseils de choix.

La pente des tuyauteries d'évacuation recommandée est de 5 cm/m, les hauteurs de pose recommandées sont données dans le tableau 12.6.

Tableau 12.6 – Hauteurs de pose recommandées

Appareils	Pose standard (cm)	Pose pour accès fauteuil roulant (cm)
WC	40	48
Lavabo	80	80 à 85

Pour les maternelles, la hauteur des lavabos sera de 50 cm ; pour les enfants elle sera de 60 cm.

L'espace minimum disponible devant un appareil ou pour le déplacement est défini pour les personnes autonomes (figure 12.1).

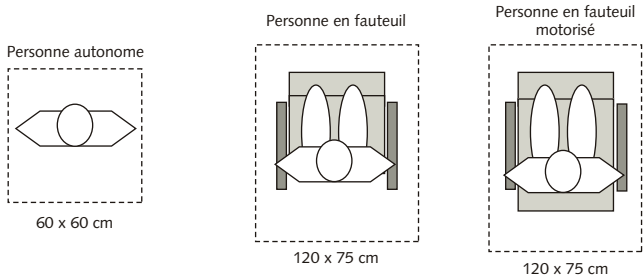


Figure 12.1 – Espace minimum disponible devant un appareil

L'espace nécessaire pour le retournement d'un fauteuil roulant est au minimum un cercle de 1,50 m et 2,10 m pour plus de confort.

Il existe un large choix de modèles.

WC ET SIÈGES À LA TURQUE

On trouvera les mêmes modèles de WC que pour les WC domestiques, ainsi que des modèles adaptés aux enfants et aux handicapés (figure 12.2).

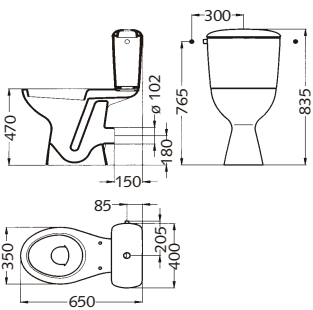


Figure 12.2 – Cuvettes Ulysse 2 Porcher : a) rehaussée à sortie horizontale ;

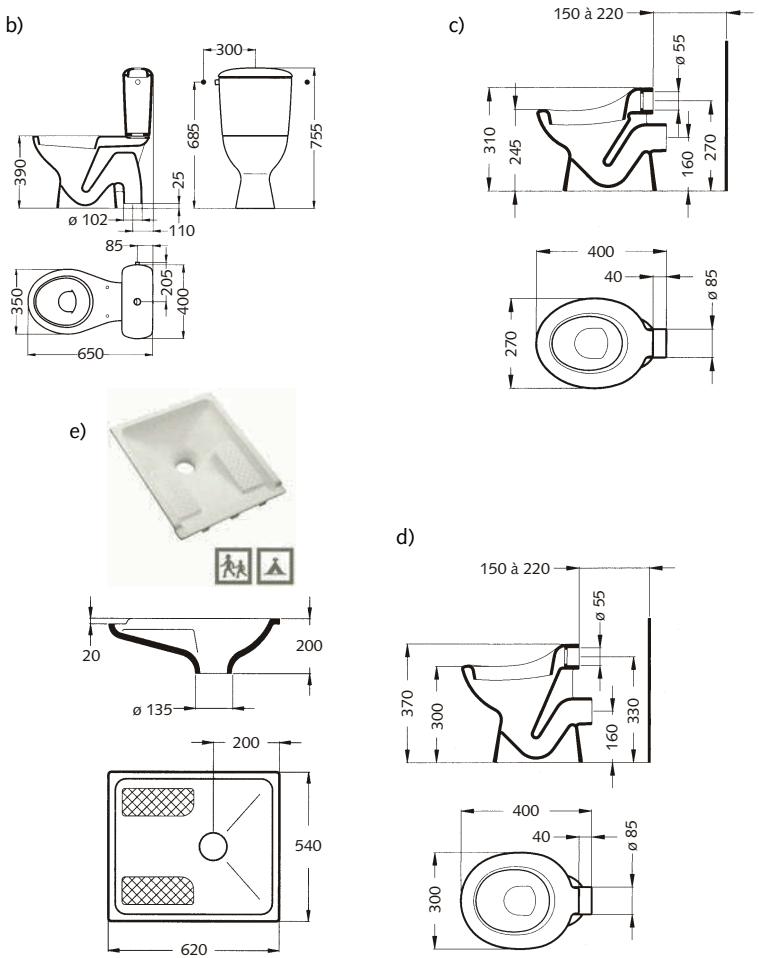


Figure 12.2 – Cuvettes Ulysse 2 Porcher : b) à sortie verticale ; c) cuvette crèche ; d) cuvette maternelle à hauteur réduite, à équiper d'une chasse basse ou d'un robinet de chasse encastré ¾ ; e) siège à la turque Turco, Porcher

URINOIRS

On trouvera des urinoirs posés en stalle ou individuels. Les stalles d'urinoirs sont posées sur un caniveau avec évacuation intégrée (figure 12.3).

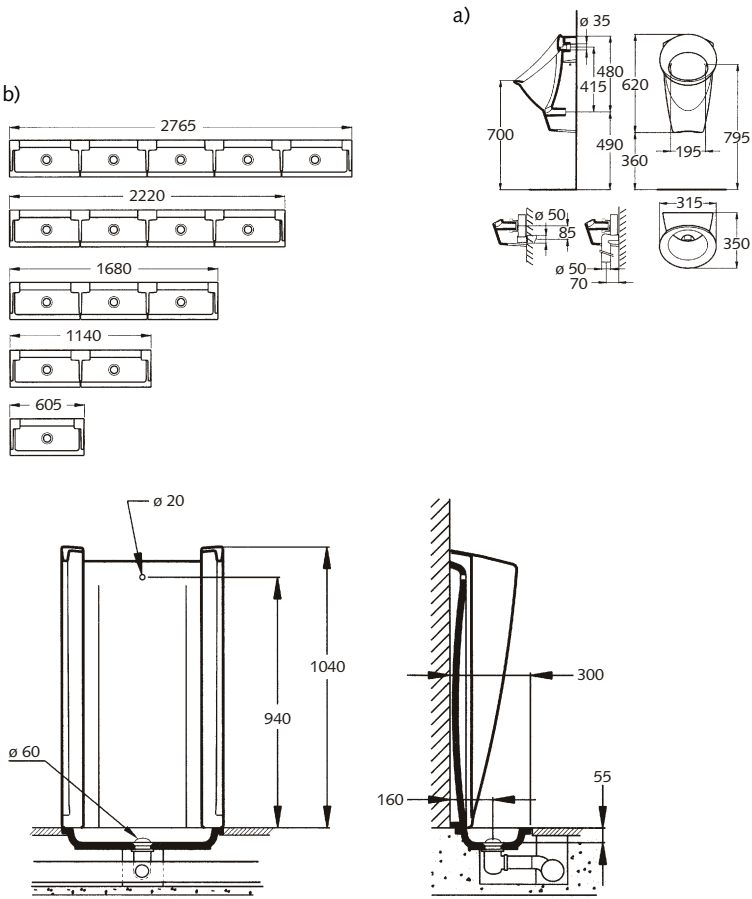


Figure 12.3 – a) Urinoir à action siphonique ; b) stalle d'urinoir Idéal Standard

Les diamètres d'évacuation ne doivent pas être sous-dimensionnés ; on utilisera du 50 ou 60 mm pour les siphons et au moins du 60 ou du 80 pour les collecteurs.

Le rinçage des urinoirs peut s'effectuer par chasse automatique (figure 12.4 ; dispositif en voie de disparition car il consomme beaucoup d'eau même lorsque les urinoirs ne sont pas utilisés) ou par détection infrarouge individuelle ou collective.

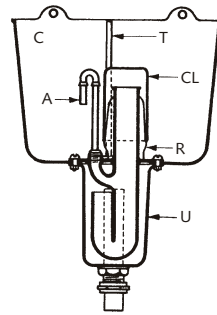


Figure 12.4 – Réservoirs de chasse automatique

Les réservoirs de chasse automatique s'emploient aussi dans les installations collectives ou pour les tuyauteries ayant une faible pente et qui nécessitent des chasses de lavage régulières.

Ils fonctionnent « à la goutte », c'est-à-dire que le robinet qui les alimente coule à très faible débit. En réglant le robinet pour un débit déterminé, on obtient des chasses régulières espacées dans le temps. Les chasses automatiques peuvent avoir des contenances de 10 à 500 l. Lorsque la chasse se remplit et que l'eau atteint le niveau de débordement du siphon, celui-ci s'amorce et vidange entièrement la chasse.

La société Porcher propose des urinoirs sans eau équipés d'une cartouche contenant un liquide occlusif permettant 7 000 utilisations avant son remplacement (soit l'équivalent de 17 m^3 d'eau). Ce système permet sur une année, sur la base de 2,5 l pour 6 utilisations par heure, 7 jours sur 7, 365 jours par an, une économie de 131 m^3 par urinoir (figure 12.5).

Les urinoirs sont raccordés uniquement à la vidange, l'absence d'eau permet d'éviter l'entartrage des canalisations d'évacuation et de réduire

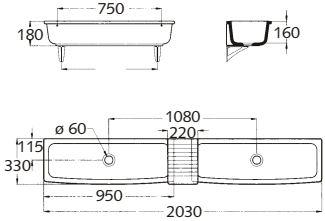
les mauvaises odeurs dues au mélange eau-urine. L'urinoir se nettoie à l'aide du même produit de nettoyage que les urinoirs classiques.



Figure 12.5 – Cartouche Aridian pour urinoir sans eau, Porcher

LAVABOS COLLECTIFS

En plus des lavabos et vasques, on trouve des lavabos collectifs à poser sur consoles, avec ou sans dosseret. Les robinetteries sont posées indépendamment sur une sortie murale ou sur une rampe de distribution (figure 12.6).



En grès fin. Hauteur 16 cm.
Fixation murale par 2 tire-fonds non fournis.

Figure 12.6 – Lavabos collectifs Idéal Standard

Pour les écoles, on pourra installer des lavabos collectifs circulaires dont l'alimentation s'effectue par le centre à l'aide d'une tuyauterie en acier (figure 12.7).

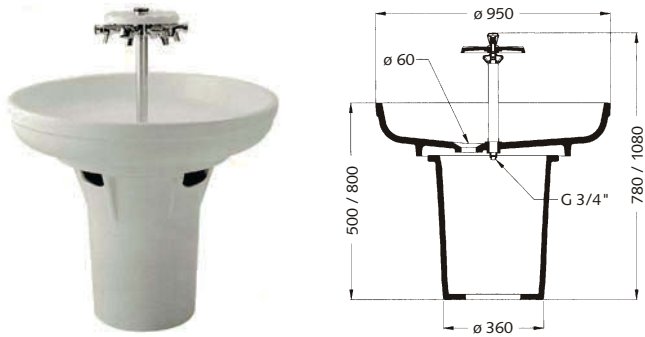


Figure 12.7 – Lavabo circulaire Porcher pour écoles et collectivités

Les lavabos pour personnes en fauteuil roulant ont des formes adaptées pour permettre un usage plus facile (figure 12.8).

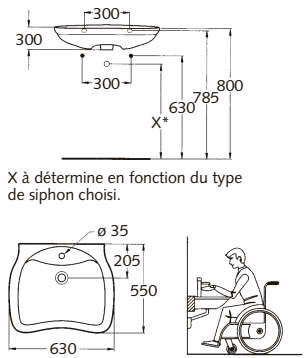


Figure 12.8 – Lavabo pour personnes à mobilité réduite Idéal Standard

Robinetteries

Les robinetteries équipant les collectivités doivent pouvoir subir des montées en température prolongées lors de la désinfection des réseaux sanitaires dans le cadre de la lutte contre les légionnelles.

Dans un souci d'économie d'eau, on utilisera des robinetteries temporisées, la temporisation est fixée par la norme EN-NF 816 :

- 15 s ± 5 s pour les lavabos ;
- 30 s + 5 s – 10 s pour les douches.

Le réglage s'effectue à l'aide d'une clé Allen.

Les robinets temporisés permettent de fractionner le puisage et de contrôler le débit. L'économie réalisée est de 60 à 70 % sur la consommation d'eau (figure 12.9).

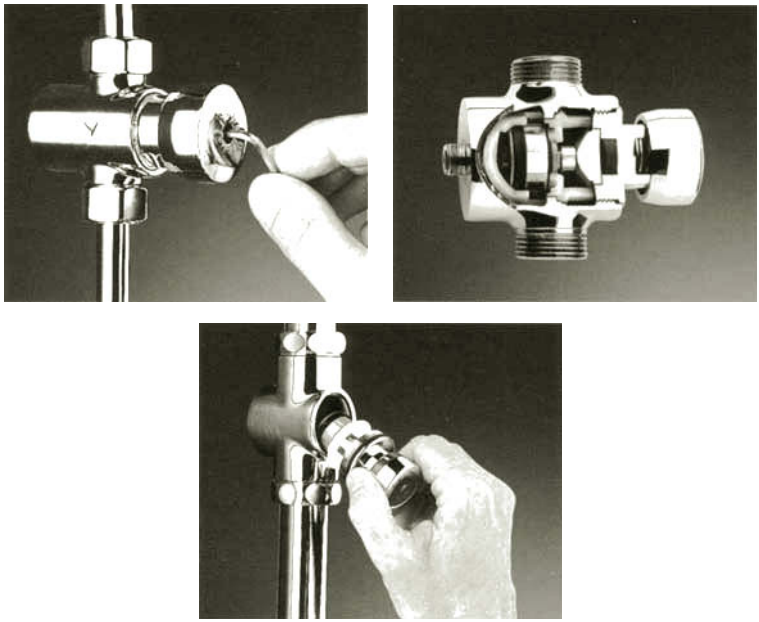


Figure 12.9 – Robinetterie temporisée Delabie

Partout où cela sera nécessaire, on installera des robinetteries temporisées à détection automatique, elles permettent d'améliorer l'hygiène des sanitaires (figure 12.10).

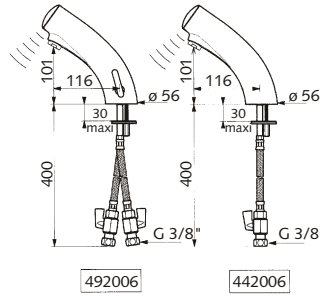


Figure 12.10 – Mitigeur temporisé Tempomatic Mix 3 Delabie

Les robinetteries pourront être équipées de dispositifs antivandalisme.

Gestion de la température

L'arrêté du 30 novembre 2005 relatif à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public définit les températures minimales pour limiter les risques liés au développement des légionnelles et les températures maximales pour limiter le risque de brûlures.

- La température en tout point du système de distribution doit être supérieure ou égale à 50 °C (à l'exception des tubes de raccordement des points de puisage).
- Les tubes de raccordement des points de puisage ne doivent pas contenir plus de 3 l d'eau.
- La température à la sortie des équipements de production d'eau chaude doit être en permanence supérieure à 55 °C.
- La température à l'intérieur des équipements de stockage d'eau chaude doit être à une température suffisante au moins une fois par 24 heures : 2 min à 70 °C, 4 min à 65 °C ou 60 min à 60 °C.
- La température maximale de l'eau au point de puisage est de :
  - 50 °C dans les pièces destinées à la toilette ;
  - 60 °C dans les autres pièces ;
  - 90 °C avec une signalisation particulière dans les cuisines collectives.

Le risque de brûlures s'accroît avec la température :

- à 50 °C, on se brûle en 7 secondes, on se brûle au troisième degré en 1 min 40 s ;

- à 60 °C, on se brûle au troisième degré en 1 à 2 s pour un enfant, en 5 s pour un adulte (source : centre des brûlés CH Saint-Joseph-et-Saint-Luc de Lyon).

L'utilisation de mitigeurs thermostatiques permet la gestion des températures sur le réseau de distribution. Ils sont généralement équipés de sécurités antibrûlures qui coupent l'alimentation d'eau chaude sanitaire en cas d'interruption de l'alimentation d'eau froide et permet de limiter mécaniquement la température maximale de sortie.

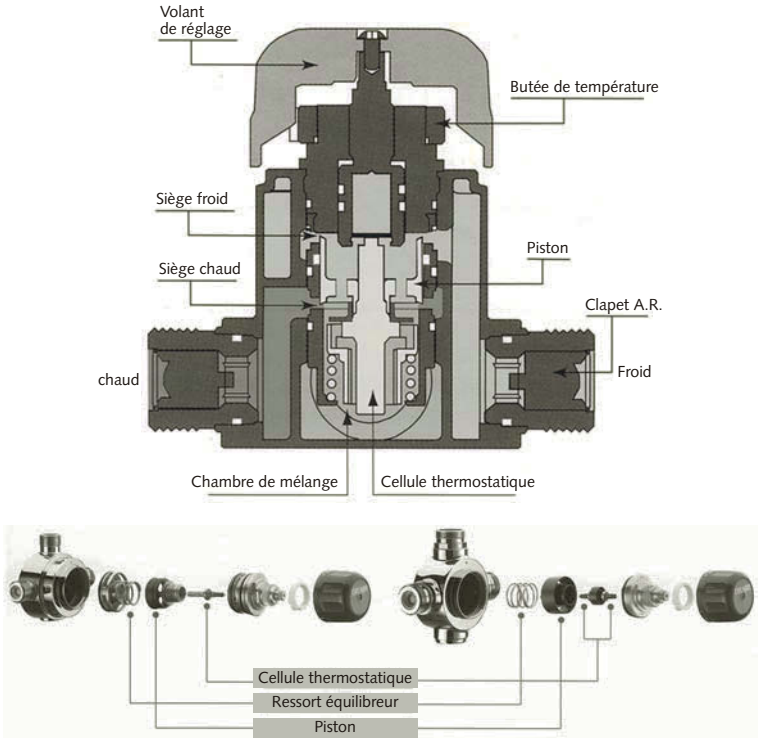


Figure 12.11 – Cellule thermostatique Delabie

La cellule thermostatique située dans la chambre de mélange se dilate et se rétracte en fonction des variations de température, elle entraîne le piston qui règle les entrées d'eau chaude et d'eau froide (figure 12.11).

Si la température augmente, la cellule se dilate et pousse le piston vers le bas ce qui réduit le passage d'eau chaude et augmente le passage d'eau froide.

Si la température diminue, la cellule se rétracte, le piston est poussée vers le haut par le ressort équilibreur ce qui limite le passage d'eau froide et augmente le passage d'eau chaude.

Si l'alimentation d'eau froide est coupée, la cellule se dilate et l'arrivée d'eau chaude est fermée, l'écoulement est stoppée pour éviter tout risque de brûlure.

Les entrées d'eau chaude et d'eau froide sont équipées de clapets anti-retour.

Lorsqu'il y a des enfants en bas âge, on préfère régler le mitigeur à 42 °C pour limiter les risques de brûlure (lorsque le volume d'eau des tuyauteries situées après le mitigeur ne contient pas un volume d'eau supérieur à 3 litres).

13
ÉVACUATION DES EAUX USÉES

Les eaux usées sont d'une manière générale les eaux qui, ayant servi, sont évacuées à l'extérieur de l'habitation. Ces eaux sont collectées dans les différentes pièces d'eau (cuisine, salle d'eau, WC, salle de bains...), évacuées dans les étages par les conduites verticales appelées chutes ou descentes, puis collectées dans les caves ou sous-sol dans des tuyauteries d'un diamètre plus important appelées collecteurs.

Généralités

La réalisation des réseaux d'évacuation devra entre autres être conforme aux DTU 60.1, 60.11, 65.10 et au règlement sanitaire départemental type.

Vocabulaire

Pour plus de compréhension, il est nécessaire de définir le vocabulaire suivant.

Eaux usées: l'ensemble des eaux provenant des habitations (eaux ménagères et eaux vannes).

Eaux ménagères: l'ensemble des eaux provenant des salles de bains, cuisine, lavabo… (sauf les WC).

Eaux vannes: eaux provenant des WC, on distingue parfois les eaux noires (eaux usées avec matières fécales) et les eaux grises (eaux usées sans matières fécales).

Eaux pluviales: eaux provenant de toiture et des surfaces imperméables.

Chute: canalisations verticales utilisées pour l'évacuation des eaux usées.

Chute d'eaux ménagères: canalisation verticale utiliséespour l'évacuation des lavabos, bidets, éviers…

Chute unique: canalisation verticale utilisées pour l'évacuation des WC et des eaux ménagères, ce système doit faire l'objet d'un avis technique.

Descente: canalisation verticale utilisée pour évacuer les eaux de pluie.

Collecteur d'appareils : canalisation d'allure horizontale raccordant les appareils sanitaires ou tuyaux de chute.

Collecteur principal : canalisation d'allure horizontale recueillant les différentes chutes et tuyaux de descente d'un bâtiment pour les amener à l'égout public.

Égout : canalisations ou galeries souterraines permettant une évacuation des eaux usées vers la station de traitement.

Siphon : obturateurs hydrauliques dont le rôle est de permettre l'évacuation des eaux usées et d'empêcher la communication de l'air vicié des égouts avec l'air des locaux.

Garde d'eau : hauteur d'eau dans les siphons, elle doit être d'au moins 50 mm.

Ventilation primaire : tuyauterie prolongeant les tuyaux d'évacuation pour les mettre en communication avec l'air libre.

Ventilation secondaire : tuyauterie permettant un apport d'air aux collecteurs d'appareils pour éviter l'aspiration de la garde d'eau des siphons.

Réseau d'assainissement : ensemble des ouvrages et réseaux d'égouts assurant le transport des eaux usées et/ou de ruissellement vers une installation de traitement.

Réseau séparatif : réseau d'assainissement comportant deux canalisations, l'une pour les eaux usées, l'autre pour les eaux de surface (eaux pluviales, eaux de ruissellement). On parle aussi de réseau séparatif ou de réseau d'évacuation à chute séparée pour distinguer les systèmes ayant deux colonnes d'évacuation (une pour les eaux usées, une pour les eaux vannes) des systèmes à chute unique.

Réseau unitaire : réseau d'assainissement conçu pour transporter à la fois des eaux usées et les eaux de surface dans une même canalisation (ce type de réseau a pour désavantage de provoquer le débordement des stations d'épuration en cas de fortes précipitations).



Attention

Lorsque le réseau est séparatif, il est strictement interdit de raccorder les eaux pluviales sur le réseau d'évacuation des eaux usées. Lorsqu'il existe une seule canalisation d'évacuation sur le réseau d'assainissement, il convient de se renseigner auprès de la mairie pour savoir si on dispose d'un réseau unitaire ou si les eaux pluviales doivent faire l'objet d'un dispositif particulier de stockage et de drainage.

Dispositions générales

Les canalisations d'évacuation doivent permettre l'évacuation rapide, sans stagnation des eaux usées ou des eaux pluviales. Pour cela, il faudra les dimensionner pour que la vitesse d'écoulement soit suffisante pour entraîner les matières en suspension (un débit trop important entraînera le désamorçage des siphons, un débit trop faible entraînera le colmatage des tuyauteries, on considère qu'une vitesse comprise entre 1 et 2 m/s est convenable).

Les mairies ou les communautés d'agglomération ont en charge l'entretien des réseaux de collecte des eaux usées et des eaux pluviales. À ce titre, elles effectuent des contrôles d'étanchéité sur les réseaux à l'aide de fumigènes afin de détecter les éventuelles fuites sur leurs réseaux, mais aussi pour permettre de contrôler le raccordement individuel. Si le réseau d'évacuation des eaux usées est l'objet d'un test d'étanchéité à l'aide de fumigènes, la fumée ne doit pas sortir dans les habitations ou sur les branchements d'eaux pluviales. Si c'est le cas, cela signifie qu'il n'y a pas de siphon disconnecteur ou que les eaux pluviales ont étés branchées sur le réseau d'eaux usées ce qui n'est pas conforme à la réglementation.

De la même manière à partir de 2012, les mairies devront contrôler le bon fonctionnement des fosses septiques.

Le raccordement des canalisations sur l'égout public doit être effectué par l'entreprise qui a en charge l'entretien du réseau. Celui-ci est constitué d'égouts collecteurs de grande dimension, de tuyauterie en grès, en ciment, en PVC…, parallèles aux axes des rues.

Un égout public doit avoir une pente minimale de 0,01 m par mètre on trouvera dans certaines villes des branchements d'égouts particuliers qui vont du mur de façade de la maison à l'égout public sur laquelle il se raccorde. Ce branchement est muré, identifié par une plaque à l'intérieur de l'égout, seule la tuyauterie d'évacuation se déverse dans l'égout public.

Le déplacement à l'intérieur d'un égout public est interdit sans autorisation (il y a des risques de montée brutale du niveau des eaux, d'intoxications dues aux vapeurs toxiques...).

La pente des collecteurs d'immeubles doit être de 3 cm par mètre au minimum. Dans les cas exceptionnels où elle ne pourrait être obtenue, il faut provoquer l'entraînement des matières en suspension à l'aide de chasses automatiques, ou respecter les vitesses d'écoulement lors de la sélection des diamètres des tuyauteries des collecteurs.

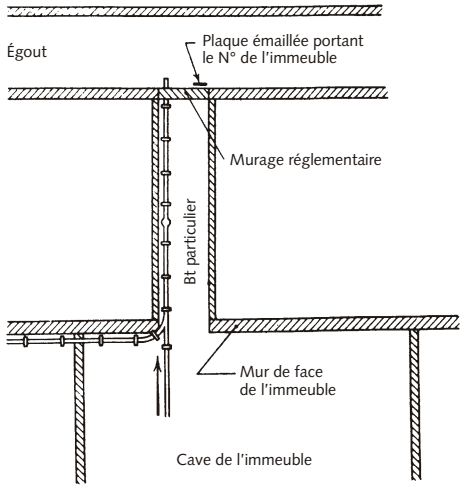


Figure 13.1 – Branchement d'immeuble

Les tuyauteries d'évacuation sortant d'un bâtiment devront être laissées en attente jusqu'à 50 cm en vue du raccordement par une autre entreprise au réseau d'assainissement.

Les règles de raccordement des tuyauteries de ventilation traversant une toiture étanche sont définies dans le DTU 43.1 – Cahier des clauses techniques.

L'installateur doit les essais de la première mise en service.

Le DTU 65.10 – P2 précise le cahier des clauses spéciales (administratives) relatives aux travaux de canalisations à l'intérieur d'un bâtiment.

Étude d'une installation

L'étude se fera en plusieurs parties :

- étude du diamètre des siphons et branchements d'appareils ;
- étude du diamètre des tuyaux de chute, descente et colonne de ventilation ;
- étude des collecteurs d'eaux usées et des raccordements à l'égout ;
- étude des descentes d'eaux pluviales et raccordements au réseau d'évacuation (dans le cas d'un réseau séparatif. Si les descentes d'eau pluviale

sont raccordées au collecteur principal, il faudra en tenir compte dans le calcul du collecteur).

Diamètre des siphons et branchements d'appareil

Le diamètre intérieur de la tuyauterie de vidange doit être au moins égal à celui des siphons qu'il reçoit (exception faite pour le raccordement d'une baignoire sur une longueur inférieure à 1 m).

■ Évacuation individuelle d'appareils

Lavabo, lave-mains, bidets : diamètre intérieur minimal 30 mm (tableau 13.1).

Tableau 13.1 – Diamètre des tuyauteries d'appareils d'allure horizontale*

Appareils	Diamètre intérieur minimal pour une pente comprise entre 1 et 3 cm/m (mm)	Diamètre extérieur utilisé dans la pratique (mm)
Lavabo, lave-mains, bidet	30	32
Évier, poste d'eau, douche, urinoir	33	40
Baignoire	33 si la longueur est inférieure à 1 m 38 si la longueur est supérieure à 1 m	40 50 parfois
Groupe de sécurité	20 s'il y a une partie verticale dont la longueur est supérieure à 1 m 25 s'il n'y a pas de partie verticale d'une longueur supérieure à 1 m	32
Lave-linge, lave-vaisselle	33	40
WC à action siphonique	60 pour le premier mètre de la partie horizontale 77 pour la partie horizontale supérieure à 1 m	80 90 100
WC à chasse directe	80 pour les tuyauteries horizontales	100

* D'après le DTU 60. 11 règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales.

■ Raccordement de plusieurs appareils

La pente des tuyauteries d'allure horizontale devra être de 1 cm/m à 3 cm/m.

Il faudra respecter les règles simples suivantes :

- La baignoire ou la douche se raccordent de préférence seules :
  - on peut raccorder une baignoire (ou une douche) + un appareil (lavabo, bidet, machines à laver) en choisissant un diamètre de tuyauterie immédiatement supérieur (par exemple PVC 50) ;
  - lorsqu'il y a dans la même pièce une baignoire (ou une douche) + 2 appareils, la baignoire ou la douche doivent être raccordées séparément.
- Lorsqu'on raccorde un lavabo et un bidet sur une tuyauterie commune, on peut conserver le diamètre intérieur de 30 mm.
- Lorsqu'on raccorde un évier et une machine à laver, on peut conserver le diamètre intérieur de 33 mm.
- Le débit d'un groupe de sécurité n'est pas pris en compte dans le calcul d'un collecteur.

En dehors de ces cas de figure, les appareils doivent être raccordés séparément aux collecteurs ou aux chutes d'eaux.

DIAMÈTRE DES CHUTES ET VENTILATION

Le diamètre des tuyauteries verticales (chute ou descente) dépendra du nombre d'appareils raccordés. On utilisera le tableau 13.2 pour effectuer son choix.

Tableau 13.2 – Diamètre des chutes ou descentes d'eaux usées ou d'eaux vannes*

Appareils	Nombre total d'appareils	Diamètre intérieur minimal (mm)	Diamètre extérieur utilisé dans la pratique (mm)
WC	1 et +	90	100
Baignoire, douche, évier, lavabo, bidet, lave-mains, urinoir, machine à laver	1 baignoire ou douche ou 1 à 3 appareils	50	63
	4 à 10 appareils dont 2 baignoires au plus	65	80
	11 appareils et +	90	100

* D'après le DTU 60. 11 : Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales.

■ Chute unique

Pour l'installation de chutes unique, il faudra prendre des précautions particulières : installer des ventilations secondaires (ce qui est techniquement et économiquement peu intéressant), ou utiliser des systèmes faisant l'objet d'un avis technique.

La société Nicoll a breveté un système appelé Chutunic. La paroi interne de la tuyauterie comporte des nervures hélicoïdales qui mettent en rotation les flux évacués, ce qui les plaque contre les parois et empêche la formation du piston hydraulique en préservant au centre une colonne d'air. Le système bénéficie d'un avis technique (Atec 14/01 – 615).

Les pièces de raccordement de grand volume jouent le rôle de chambre de décompression, on ne peut donc pas employer des culottes standard. Il faut respecter les règles de pose fixées par l'avis technique et les DTU en vigueur.

Le système est utilisable dans tous les bâtiments sans limite de hauteur, le diamètre de la chute est de 100 mm. Il est possible de raccorder à chaque niveau, au maximum 2 WC, 2 baignoires et un nombre quelconque de sanitaire courant (lavabos, bidets, douches, éviers).

La chute sera prolongée en toiture par une ventilation primaire. En cas de regroupement de plusieurs chutes, celui-ci s'effectuera avec une tuyauterie de diamètre 125 mm extérieur.

Les tuyauteries doivent être fixées avec des colliers isotoniques, un manchon de dilatation doit être mis en place à chaque étage.

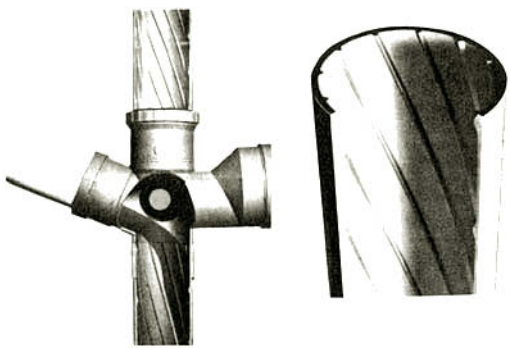


Figure 13.2 – Système Chutunic, Nicoll

La société Geberit a développé un système de chute unique en DN 110 appelé Geberit Sovent faisant l'objet d'un avis technique pour une hauteur de 7 étages. Des pièces de raccordement d'étage spécifiques permettent de supprimer ou de réduire la dépression causée par les tampons hydrauliques. Le pied de colonne doit être réalisé de manière à obtenir une désaération.

■ Ventilation primaire

Lorsque l'eau d'un lavabo, d'un bidet, d'un évier, ou d'une baignoire s'écoule dans une descente d'eaux usées, elle ruisselle le long des parois en laissant au centre un vide d'air. Par contre, dans une chute recevant l'eau des WC, le volume d'eau remplit souvent toute la tuyauterie et forme un « piston hydraulique » qui crée un mouvement d'air à l'intérieur de la tuyauterie. Ce piston provoque une surpression dans la tuyauterie devant lui et une dépression dans la tuyauterie derrière lui. Ces variations de pression provoquent des gargouillements dans les siphons d'appareils et peuvent les désamorcer. C'est pour cela que l'on doit ventiler les tuyauteries d'évacuation des eaux usées.



Remarque

Tous les tuyaux de chute d'eaux usées doivent se prolonger par une tuyauterie de ventilation primaire de même diamètre jusqu'à l'air libre au-dessus de la toiture..

Il est possible de regrouper plusieurs ventilations primaires pour les sortir de la toiture en utilisant un diamètre immédiatement supérieur au diamètre le plus grand des ventilations avant leur regroupement.

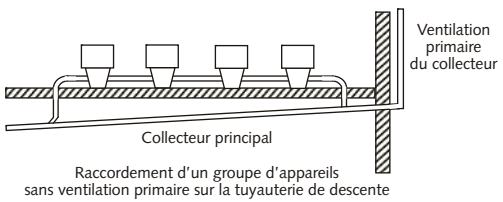


Figure 13.3 – Raccordement d'un groupe d'appareils sans ventilation primaire sur la tuyauterie de descente

Lorsque les tuyaux de descente d'un groupe d'appareils (école, casernes, bureaux...) ne peuvent pas être prolongés par une ventilation primaire, le collecteur du groupe d'appareils doit être ventilé par une canalisation de même diamètre raccordée à la partie supérieure du collecteur ventilé (figure 13.3).

■ Clapets aérateurs

L'utilisation de clapets aérateurs peut permettre de remplacer la mise à l'air libre en toiture d'une ou plusieurs ventilations primaires à condition de respecter l'avis technique du matériel et les conditions suivantes.

□ Conditions d'utilisation

- Il doit exister au moins une descente d'eaux usées par bâtiment ventilée par un évent en toiture.
- Il doit exister au moins une descente d'eaux usées ventilée par un évent en toiture par groupe de 20 logements ou locaux situés dans le même bâtiment.
- Toute descente d'une hauteur comprise entre 15 et 24 m qui ne dispose pas d'une entrée d'air intermédiaire doit être ventilée par un évent en toiture.
- Toute descente de plus de 24 m doit être ventilée par un évent en toiture.
- La descente située à l'extrémité du collecteur principal (en amont) doit être ventilée par un évent en toiture.

□ Conditions de pose

Les dispositifs peuvent être installés dans :

- les combles ou espaces inhabités et ventilés ;
- les pièces de service (WC, salle d'eau, salle de bains, etc.) ventilées de manière permanente exception faite des cuisines ;
- ils doivent rester accessibles sans démontage d'éléments de construction ;
- ils ne peuvent servir à la ventilation des fosses sceptiques.

Les clapets aérateurs peuvent être placés au bout des collecteur d'appareils de grande longueur pour éviter que le tampon hydraulique qui s'y forme (par exemple lors de vidange d'une baignoire ou d'un lavabo) ne désamorce le siphon. Il existe dans les dimensions 32,40, 50, 63, 75, 80, 100 et 110.



Figure 13.4 – Fonctionnement d'un clapet aérateur

Le clapet est positionné sur la partie haute, son poids maintient l'étanchéité, en cas de surpression l'étanchéité est renforcée par la pression qui s'exerce sur le clapet. En cas de dépression, le clapet se soulève, l'air entre dans la tuyauterie ce qui évite de désamorçage des siphons (figure 13.4).

■ Ventilation secondaire et chute unique

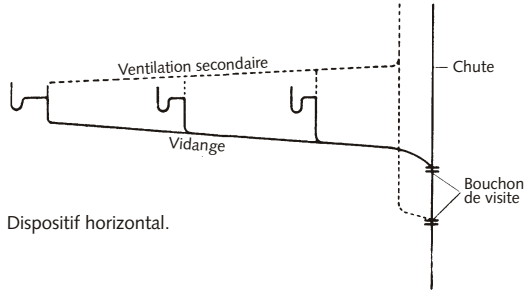
Lorsqu'on réalise une chute unique (évacuation des eaux vannes et des eaux ménagères dans la même descente), il est nécessaire d'utiliser des tuyauteries et des accessoires de raccordement adaptés bénéficiant d'un avis technique ou de réaliser une ventilation secondaire.

Dans la pratique, les ventilations secondaires ne sont réalisées que dans de très rares cas de nos jours car elles rendent plus compliqué la mise en œuvre de l'installation.

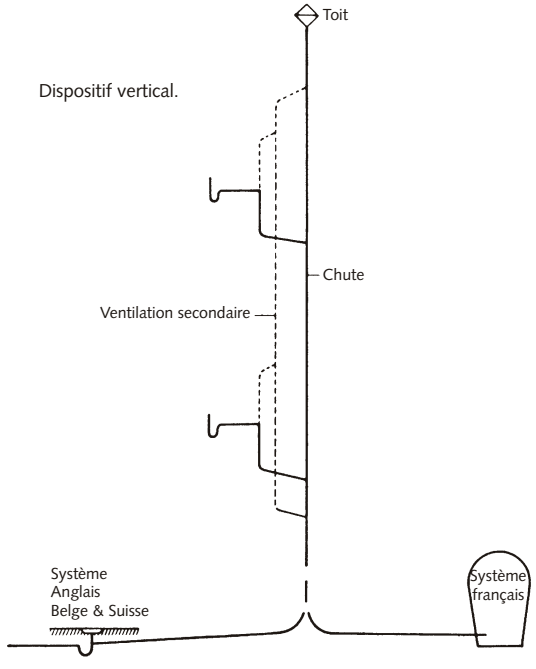
Lorsque l'on réalise une ventilation secondaire d'appareil, son diamètre doit être égal à la moitié de celui du branchement d'écoulement.

Lors d'interventions dans d'anciens bâtiments comportant des ventilations secondaires, il est primordial de conserver ces ventilations si l'ensemble du réseau d'évacuation n'est pas complètement rénové.

Vous trouverez ci-dessous les principes de réalisation d'une ventilation secondaire sous la forme de schémas récapitulatifs.



Dispositif horizontal.



Dispositif vertical.

Figure 13.5 – Schéma de principe d'une ventilation secondaire

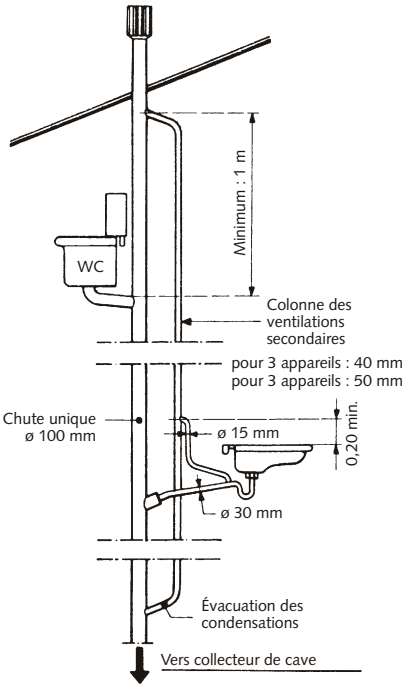


Figure 13.5 – Schéma de principe d'une ventilation secondaire *(suite)*

DIAMÈTRE DES COLLECTEURS

■ Réseau séparatif

Le collecteur récupérera les chutes d'eaux ménagères ainsi que les chutes eaux vannes. Les eaux pluviales seront évacuées séparément.

Lorsque le calcul du collecteur donne un diamètre inférieur à celui de la chute, il faudra le dimensionner pour qu'il soit au moins égal à celui de la chute.

Dans les autres cas on appliquera la méthode suivante :

- calculer la somme des débits individuels des appareils raccordés ;
- multiplier ce chiffre par le coefficient de simultanéité déterminé à partir de la courbe ;

- calculer le diamètre du collecteur à l'aide de la formule de Bazin ou des tableaux proposés.

☐ **Calcul de la somme des débits individuels des appareils**

On utilisera les débits de base fournis par le DTU 60.11 (tableau 13.3).

Tableau 13.3 – Débits de base, DTU 60.11

Appareils	Débit de base	
	l/min	l/s
Baignoire	72	1,2
Douche	30	0,5
Lavabo, évier, bac à laver	45	0,75
Bidet, lave-mains, appareils avec bonde à grille	30	0,5
Urinoirs	30	0,5
Urinoirs à action siphonique	60	1,0
WC à chasse directe, WC à action siphonique	90	1,5
Lave-linge	40	0,65
Lave-vaisselle	25	0,4

Attention toutefois pour les douches, si l'installation comporte plusieurs jets, le débit d'évacuation sera au moins égal aux débits d'alimentation.



Exemple

Pour un immeuble comprenant 25 appartements équipés chacun d'une baignoire, d'une douche, de trois lavabos, d'un évier, de deux WC, d'un lave-linge et d'un lave-vaisselle : la somme des débits d'appareils sera de :

$$1,2 + 0,5 + (3 \times 0,75) + 0,75 + (2 \times 1,5) + 0,65 + 0,40 = 8,75 \text{ l/s}$$

soit pour les 25 appartements, un débit total simultané de :

$$25 \times 8,75 = 218,75 \text{ l/s}$$

☐ Coefficient de simultanéité

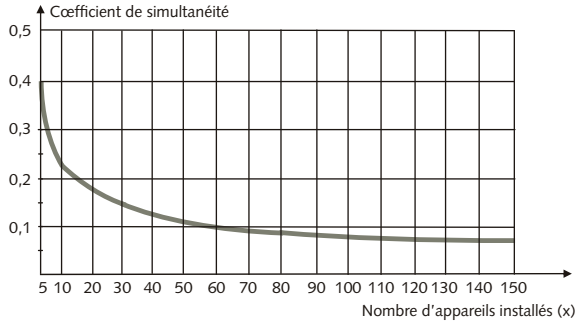


Figure 13.6 – Coefficients de simultanéité en fonction du nombre d'appareils installés pour les collecteurs d'évacuation des eaux usées

En dessous de 5 appareils, on se trouve dans le cas d'une habitation individuelle, le collecteur à généralement pour diamètre intérieur minimum 90 mm (diamètre de la tuyauterie du WC).

Pour les hôtels, il faudra réaliser une étude particulière (on multiplie généralement le coefficient de simultanéité trouvé par 1,25).

Pour les maisons de retraites, hôpitaux, bureaux…, le coefficient de simultanéité est celui fourni par la courbe (figure 13.6) ou la formule.

Pour les écoles, internat, casernes, gymnases, etc. on considère que tous les lavabos ou douches peuvent fonctionner en même temps sauf si l'installation est munie de robinets fermeture temporisée (il faudra réaliser une étude particulière à l'aide des données fournies par les fabricants des robinets temporisés).

Au-dessus de 150 appareils, on utilisera la formule suivante qui correspond à cette courbe :

$$\textit{Coefficient de simultanéité} = \frac{0{,}8}{\sqrt{x-1}}$$

On trouvera dans le tableau 13.4 les valeurs approchées des coefficients de simultanéité.

Tableau 13.4 – Valeurs approchées des coefficients de simultanéité

Nombre d'appareils	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35
Coefficient de simultanéité	0,4	0,36	0,33	0,30	0,28	0,27	0,21	0,18	0,16	0,15	0,14

Nombre d'appareils	40	45	50	55	60	70	80	90	100	150
Coefficient de simultanéité	0,13	0,12	0,114	0,108	0,104	0,096	0,090	0,085	0,080	0,065



Exemple

Le nombre d'appareils est 10 par appartements soit : $25 \times 10 = 250$ appareils.

$$\textit{Coefficient de simultanéité} = \frac{0,8}{\sqrt{250-1}} = 0,051$$

Le débit probable pris en compte sera donc de :

$$218,75 \times 0,0\,51 = 11,16 \text{ l/s}$$

□ Choix du diamètre du collecteur

Réseau séparatif

Pour déterminer le diamètre intérieur du collecteur, on pourra utiliser la formule de Bazin que l'on trouvera dans les règles de calcul du DTU 60.11, où l'on utilisera le tableau 13.5.

La vitesse d'écoulement doit être comprise entre 1 et 2 m/s. Seuls les débits permettant une vitesse d'écoulement comprise entre ces deux valeurs ont été reportés dans ce tableau. Les pentes 2 cm/m et 3 cm/m sont les pentes recommandées.



Exemple

Dans notre exemple, on choisira une tuyauterie ayant un diamètre intérieur de153 mm et une pente de 2 cm/m.

Tableau 13.5 – Réseau séparatif : débits de tuyaux coulant à 1/2 pleins*

Diamètre intérieur (mm)	Débit (l/s) pour une pente de				
	1 cm/m	2 cm/m	3 cm/m	4 cm/m	5 cm/m
69				1,93	2,15
77				2,61	2,92
84			2,88	3,32	3,71
94			3,92	4,53	5,06
104			5,18	5,98	6,69
119		6,12	7,50	8,66	9,68
129		7, 64	9,35	10,80	12,07
134		8,47	10,38	11,98	13,40
153		12,17	14,90	17,21	
154		12,38	15,17	17,51	
191	15,72	22,24	27,23		
203	18,55	26,23	32,12		
238	28,51	40,31			
266	38,47	54,40			
300	53,15				
317	61,62				

* D'après la formule de Bazin en supposant un coefficient de frottement égal à 0,16, DTU 60.11.

Réseau unitaire

Lorsque le réseau d'évacuation est commun aux eaux usées et aux eaux pluviales, il faut tenir compte, en plus du débit d'eaux usées (calculé comme on vient de le voir), du débit des eaux pluviales. On considère, sauf indications particulières, que le débit en cas de gros orage est de 3 l/min/m^2 de projection de toiture. On admet que la tuyauterie d'évacuation peut se remplir sur une hauteur égale au 7/10 du diamètre.

Dans ce cas, on utilisera le tableau 13.6 pour déterminer le diamètre intérieur des collecteurs.

Tableau 13.6 – Réseau unitaire : débits de tuyaux coulant à 7/10 pleins*

Diamètre intérieur (mm)	Débit (l/s) pour une pente de				
	1 cm/m	2 cm/m	3 cm/m	4 cm/m	5 cm/m
69	1,64	2,32	2,84	3,28	3,67
77	2,22	3,14	3,85	4,44	4,97
84	2,82	3,99	4,89	5,65	6,31
94	3,85	5,44	6,66	7,69	8,60
104	5,07	7,18	8,79	10,15	11,35
119	7,33	10,37	12,70	14,67	16,40
129	9,14	12,92	15,83	18,28	20,44
134	10,14	14,34	17,56	20,27	22,67
153	14,54	20,56	25,18	29,07	32,50
154	14,80	20,92	25,63	29,59	33,08
191	26,50	37,48	45,91	53,01	59,27
203	31,24	44,18	54,11	62,49	69,86
238	47,95	67,81	83,05	95,90	107,21
266	64,63	91,40	111,95	129,27	144,52
300	89,20	126,15	154,50	178,40	199,45
317	103,36	146,17	179,02	206,72	231,12

* D'après la formule de Bazin en supposant un coefficient de frottement égal à 0,16, DTU 60.11.

La vitesse d'écoulement doit être comprise entre 1 m/s et 2 m/s. Les débits permettant une vitesse d'écoulement comprise entre ces deux valeurs ont été reportés en gris dans ce tableau. Les pentes 2 cm/m et 3 cm/m sont les pentes recommandées.

Une vitesse d'écoulement trop lente provoque le dépôt des matières en suspension, une vitesse d'écoulement trop importante provoque la formation de « tampon hydraulique » et le désamorçage de siphons.

On pourra, pour les tuyauteries PVC, pour les valeurs qui ne se trouvent pas dans ce tableau, se servir de l'abaque réalisé d'après la formule de Stricker. Cet abaque donne des valeurs de débit plus importants.

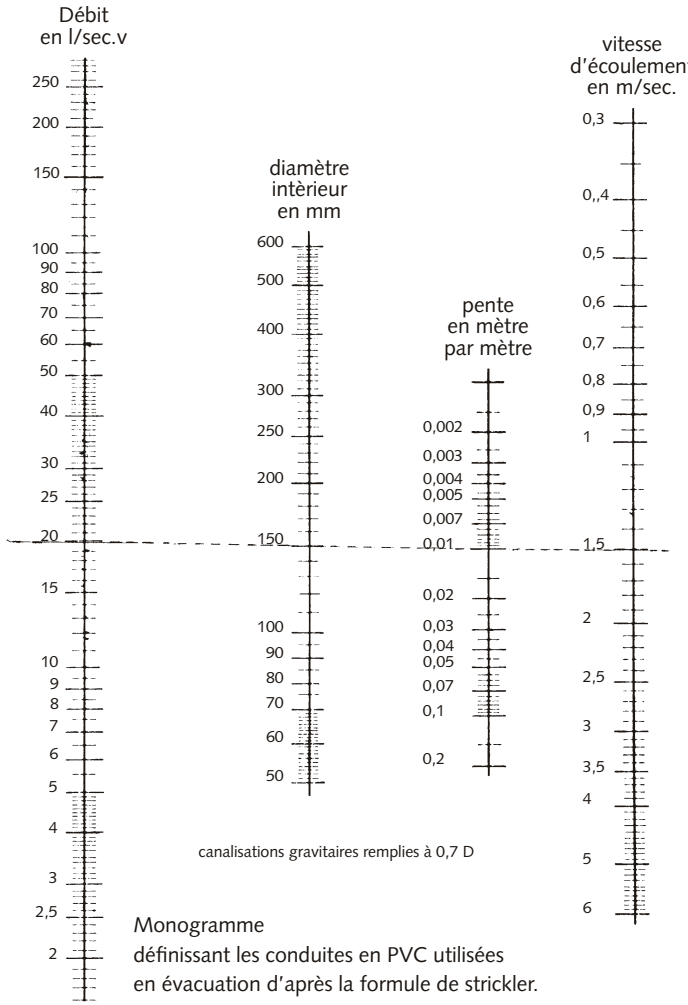


Figure 13.7 – Débits des tuyaux en PVC en fonction de la pente

Étude des installations d'évacuation des eaux pluviales

La section des gouttières et chéneaux se calcule à l'aide de la formule Bazin que l'on trouvera dans le DTU 60.11.

Les calculs sont effectués pour un débit maximal de 3 l/min par mètre carré de projection horizontale, soit 0,05 l/s.m².

■ Projection horizontale d'une toiture

La projection horizontale d'une toiture correspond à sa surface projetée au sol (partie en gris sur la figure 13.8).

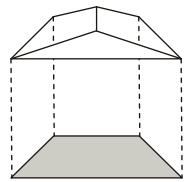


Figure 13.8 – Projection horizontale d'une toiture

Les caractéristiques des gouttières, la position des naissances, les longueurs maximum de gouttières, le nombre et la position des manchons de dilatation… sont donnés en fonction du DTU 60.11 et des avis techniques.

On aura par exemple :

- Pour une gouttière de développé 25 cm en PVC (section 66,4 cm²) :
  - une surface maximum de 65 m² par descente diamètre 80 ;
  - une longueur maximale de 12 m de gouttière par naissance ;
  - une longueur maximale de 12 m de chaque côté d'un joint de dilatation ;
  - une pente minimale de 3 mm/m.
- Pour une gouttière de développé 33 cm en PVC (section 143 cm²) : :
  - une surface maximum de 100 m² par descente diamètre 100 ;
  - une surface maximum de 160 m² par descente diamètre 125 ;
  - une longueur maximale de 12 m de gouttière par naissance ;
  - une longueur de 12 m de chaque côté d'un joint de dilatation ;
  - une pente minimale de 3 mm/m.

Les crochets se posent au cordeau, l'espacement entre 2 colliers est de 50 cm maximum, les colliers d'extrémités se trouvent au moins à 5 cm des naissances ou fonds de gouttière.

On trouvera des catalogues en ligne précisant les règles de pose et les accessoires sur le site www.nicoll.fr.

■ Descentes d'eau pluviale

Le DTU 60.11 précise les surfaces maximum de toitures desservies en fonction des diamètres intérieurs des tuyauteries de descente d'eau pluviale pour un débit d'au maximum de 3 l/min.m² (tableau 13.7).

Il conviendra de consulter également les DTU de la série 40 pour des informations complémentaires et le DTU de la série 43 pour les toitures comportant un revêtement d'étanchéité.

Tableau 13.7 – Correspondance entre les diamètres intérieurs des tuyauteries de descente d'eau pluviale et les surfaces de toiture desservie, DTU 60.11

Diamètre intérieur des tuyauteries de descente (cm)	Surface de toiture (projection horizontale) (m²)
6	40
7	55
8	71
9	91
10	113
11	136
12	161
13	190
14	220
15	253
16	287

Tableau 13.7 – Correspondance entre les diamètres intérieurs des tuyauteries de descente d'eau pluviale et les surfaces de toiture desservie, DTU 60.11 (suite)

Diamètre intérieur des tuyauteries de descente (cm)	Raccordement par moignon cylindrique		Raccordement par un large cône ou cuvette	
17	287	1 cm² de tuyauterie de descente évacue 1 m² de surface de toiture projetée.	324	0,7 cm² de tuyauterie de descente évacue 1 m² de surface de toiture projetée.
18	287		363	
19	287		406	
20	314		449	
21	346		494	
22	380		543	
23	415		593	
24	452		646	
25	490		700	
26	530		758	
27	570		815	
28	615		880	
29	660		945	
30	700		1 000	
31	755			
32	805			
33	855			
34	908			
35	960			
36	1 000			



Exemple

Pour une toiture de 190 m² en 2 versants, on aura deux parties de toiture de 95 m² chacune que l'on pourra raccorder (d'après les tableaux 13.7) sur une tuyauterie de diamètre intérieur compris entre 90 et 100 mm. On choisira par exemple une tuyauterie PVC 100 × 3.

☐ Regroupement de descentes

Lorsque l'on regroupe plusieurs descentes, le diamètre sera déterminé à partir de la formule de Bazin ou du tableau 13.8. Si le tableau donne un diamètre inférieur au diamètre de l'une des descentes, on conservera le diamètre le plus grand.

Tableau 13.8 – Détermination pour un regroupement de descentes d'eaux pluviales des diamètres intérieurs de la tuyauterie, DTU 60. 11

Diamètre intérieur (mm)	Débit (l/s)*
69	3,67
77	4,97
84	6,31
94	8,60
104	11,35
119	16,40
129	20,44
134	22,67
153	32,50
154	33,08
191	59,27
203	69,86
238	107,21
266	144,52
300	199,45
317	231,12

La vitesse d'écoulement doit être comprise entre 1 m/s et 2 m/s. Les débits permettant une vitesse d'écoulement comprise entre ces deux valeurs ont été reportés en gris dans ce tableau.



Exemple

Si on regroupe les descentes évacuant les eaux pluviales d'une toiture de 320 m², le débit dans la tuyauterie sera de :

$$\frac{320 \times 3}{60} = 16\ l/s$$

Le tableau 13.8 nous donne un diamètre intérieur minimal de 119 mm, on pourra choisir par exemple une tuyauterie PVC 125.

■ Collecteur d'eaux pluviales

Pour déterminer le diamètre intérieur d'un collecteur d'eaux pluviales, on utilisera le même tableau que pour les collecteurs de réseau unitaire (tableau 13.5).

Pour les toitures terrasses, il conviendra de se reporter aux DTU correspondants.

Tuyauteries et accessoires

Siphons d'appareils

L'installation de siphons d'appareil est obligatoire. Ils permettent de séparer l'air des locaux de l'air vicié des canalisations d'évacuation (figure 13.9).

La garde d'eau doit être d'au moins 5 cm (elle est de 6 cm en Allemagne et de 7 cm dans certains pays nordiques).

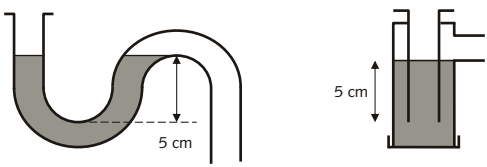


Figure 13.9 – Siphons

Pour les siphons, il faudra respecter des règles simples :

- le siphon doit être placé immédiatement à la sortie de l'appareil ;
- les siphons non démontables doivent avoir un bouchon de dégorgement permettant le nettoyage ;

- il doit y avoir un siphon par appareil et non un siphon pour un groupe d'appareils ;
- le siphon doit être raccordé sur une conduite ventilée (ventilation primaire).



Remarque

Le point le plus important du raccordement d'un siphon sera la pente et le diamètre de la tuyauterie d'évacuation située juste après.

Plus la pente est importante, plus la vitesse sera importante et plus la dépression provoquée par le tampon hydraulique sera importante, ce qui risquera de désamorcer le siphon. Si le diamètre est trop faible, la formation du tampon hydraulique sera favorisée.

Pour les tuyauteries de raccordement, il faudra respecter les règles suivantes (la pente recommandée par le DTU est comprise entre 1 et 3 cm/m) :

- Lorsque la tuyauterie de raccordement à la descente d'évacuation est supérieure à 1,50 m, la pente devra être de 2 cm/m.
- Lorsque la tuyauterie de raccordement à la descente d'évacuation est inférieure à 1,50 m, la pente ne devra pas dépasser 3 cm/m.
- Si la pente doit être supérieure à 3 cm/m, il est préférable d'augmenter le diamètre de la tuyauterie pour éviter la formation de tampon hydraulique.
- Le raccordement d'un WC sur la descente d'évacuation se fera de préférence à l'aide d'une culotte à 67°30 ou 87°30 plutôt qu'à 45° (l'angle à 45°, angle aigu, favorise la formation de piston hydraulique).

RÈGLES GÉNÉRALES DE POSE

Les tuyauteries d'allures horizontales doivent avoir une pente d'au moins 2 cm/m.

Des ouvertures (bouchons de dégorgement, tampons...) doivent être disposées pour permettre le nettoyage des parties horizontales de plus d'un mètre.

Les tuyauteries en fonte peuvent être sous certaines conditions posées en gaines inaccessibles, encastrées ou enrobées.

☐ Contrôles d'étanchéité et mises en pression accidentelles

Il faut réaliser un contrôle visuel sur l'ensemble des canalisations d'eaux usées et d'eaux vannes afin d'en vérifier l'étanchéité (l'eau s'écoulant dans l'ensemble des tuyauteries raccordées).

Les tuyauteries d'un diamètre intérieur supérieur à 110 mm devront être mises en charge à l'eau froide dans les conditions fixées par le DTU 60.1 (0,1 bar de pression, 1 m de hauteur d'eau, ou la hauteur possible en fonction des exutoires).

Si les tuyauteries risquent d'être soumises à une mise en pression accidentelle (due à une obstruction de la conduite) de plus de 0,2 bar (2 m de hauteur d'eau), il y a un risque de déboîtement de la tuyauterie, des tampons de visite, bouchons... Il faudra prévoir des dispositifs de fixation supplémentaires : butées amovibles, raccords d'ancrage, colliers à griffes...

De manière plus générale, il est souhaitable de poser de tels dispositifs sur les changements de direction, les pieds de chute, ainsi que sur toutes les tuyauteries et accessoires qui risquent de se trouver sous le fil d'eau du réseau public d'évacuation en cas de crue ou d'obstruction, cela jusqu'à la hauteur du premier exutoire.

Vides sanitaires inaccessibles : la pose de canalisations d'évacuation est autorisée.

L'**épaisseur minimale d'enrobage** des canalisations d'évacuation est de 25 mm (elle peut être localement de 10 mm dans des opérations de rénovation).

Tuyauteries en fonte

Texte de référence : DTU 60.2 – NF P 41-220 P1-1 et P1-2, octobre 2007 : Travaux de bâtiment – Canalisations en fonte, évacuations d'eaux usées, d'eaux vannes et d'eaux pluviales.

Utilisées par le passé pour toutes les évacuations d'eaux usées des bâtiments, elles ont été partiellement remplacées par les tuyauteries PVC plus légères à mettre en œuvre et moins coûteuses.

Leur utilisation reste néanmoins d'actualité dans tous les cas de figure où le PVC ne peut pas être utilisé, ou est moins performant :

- résistance aux chocs (lieux de passage, parkings…) ;
- résistance au feu (ERP : établissements recevant du public, chaufferies…) ;
- atténuation acoustique des bruits aériens et structuraux ;
- résistance chimique ;
- résistance à la pression et aux contraintes mécaniques (immeubles de grande hauteur).

Les caractéristiques des tuyauteries en fonte, et leurs modes de raccordement ont évolué dans le temps. Leur grande longévité fait que l'on en trouve encore beaucoup aujourd'hui dans les chantiers de rénovation et dans le neuf.

Les séries Métallit L.E fabriquées jusqu'en 1963 présentaient des diamètres nominaux et des diamètres extérieurs différents des séries actuelles.

Les séries Métallit S.A fabriquées jusqu'en 1974 présentaient des diamètres identiques aux séries actuelles, mais les emboîtements étaient plus profonds.

Les séries actuelles (fabriquées selon la norme NF EN 877, novembre 1999, Tuyaux et raccords en fonte, leurs assemblages et accessoires destinés à l'évacuation des eaux des bâtiments, qui a remplacé la norme NF A 48-720) existent en 2 gammes :

- **SMU** : Super Métallit à bouts Unis, série UU ;
- **SME** : Super Métallit à Emboîtement, série EU.

Tuyauteries en fonte ayant un revêtement :

- intérieur : en époxy bicomposants de couleur ocre ;
- extérieur : peinture d'apprêt acrylique de couleur brun-rouge.

Une gamme supplémentaire existe, elle est fabriquée par la société Saint-Gobain PAM, et est destinée aux rejets agressifs (cuisines collectives, hôpitaux, laboratoires, industries…), et aux tuyauteries enterrées.

- **SMU Plus :** Super Métallit à bouts Unis HB

Tuyauteries en fonte ayant un revêtement :

- intérieur : en époxy bicomposants appliqué en 2 couches de couleur ocre ;
- extérieur : zingage anti-corrosion par métallisation à la flamme + peinture d'apprêt acrylique de couleur gris anthracite.

Les caractéristiques principales données par la norme NF EN 877 sont :

- résistance à des pH compris entre 2 et 12 inclus ;
- résistance au brouillard salin (350 h minimum) du revêtement intérieur ;
- tenue à des températures allant jusqu'à 80 °C en utilisation ponctuelle et 95 °C en pointe (usage domestique courant) ;
- tuyauteries enterrées : protection extérieure par zingage métallique ≥ 130 g/m^2 avec couche de finition (SMU PLUS) ;
- coudes : 15° ; 22° ; 30° ; 45° ; 68° ; 88° :
- embranchements et culottes : 45° ; 68° ; 88° ;
- identification des produits : marquage lisible et indélébile comprenant :
  - nom ou marque du fabriquant,
  - lieu de production,
  - période de fabrication,
  - NF EN 877,
  - DN : diamètre nominal d'un tube en fonte (diamètre intérieur),
  - angles pour les raccords,
  - organisme de contrôle éventuel.

Le tableau 13.9 reprend les anciennes caractéristiques de ces séries ainsi que celles des séries actuelles.

Tableau 13.9 – Dimensions des tuyauteries en fonte

Fontes anciennes				Fontes actuelles			
Métallit L.E		Métallit S.A		SMU et SMU Plus		SME	
DN Diamètre nominal (intérieur)	DE Diamètre extérieur	DN Diamètre nominal (intérieur)	DE Diamètre extérieur	DN Diamètre nominal (intérieur)	DE Diamètre extérieur	DN Diamètre nominal (intérieur)	DE Diamètre extérieur
41				40	48		
54	64	50	58	50	58	50	58
67	77	75	82	75	83	75	83
81	91						
94	104	100		100	110	100	110
108	118						
135	145	125		125	135	125	135
162	172	150	170	150	160	150	160
189	197	175		200	210	Les diamètres 200 et 300 ne se fabriquent plus depuis 1976. Les diamètres 175 ne se fabriquent plus non plus.	
216	226	200	222				
243		350	378	250	274		
300				300	326		
				400	429		
				500	532		
				600	635		

Des pièces de raccordement sont vendues par les différents fabricants pour permettre la connexion avec les anciennes tuyauteries lors des travaux de rénovation.

■ Fonte SMU – Super Métallit à bouts Unis

Elle existe dans les diamètres nominaux 40 à 600 en longueur de 3 m (figure 13.10). Les raccordements s'effectuent par **joints SMU** (figure 13.11) constitués d'un collier de serrage avec une vis M 8 et d'une manchette d'étanchéité en élastomère (EPDM ou nitrile NBR en cas de traces d'hydrocarbures dans les effluents).

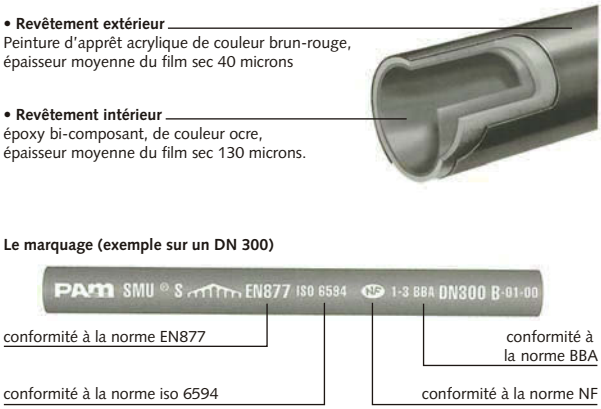


Figure 13.10 – Tuyau en fonte SMU (documentation Saint-Gobain PAM)

D N Diamètre Nominal en mm	D E Diamètre extérieur en mm	Masse longueur 3m en Kg
40	48	8,9
50	58	12,5
75	83	18,3
100	110	24,3
125	135	34,3
150	160	40,9
200	210	67,4
250	274	97,3
300	326	126,8
400	429	177,7
500	532	244,9
600	635	321,9

Joint SMU

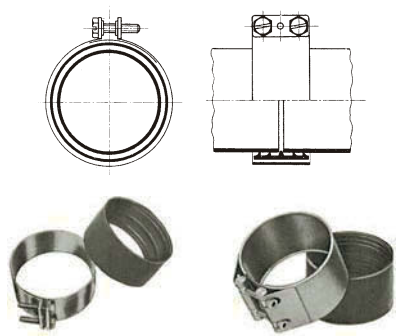


Figure 13.11 – Joints en fonte SMU

Il est nécessaire de vérifier la tenue à la pression interne des joints en fonction des données constructeurs et de la réglementation car la pression admissible peut varier de 3 à 10 bar selon l'utilisation et le diamètre de la tuyauterie.

☐ Raccords et accessoires

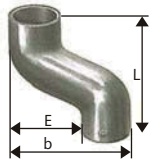
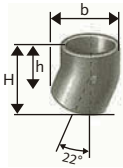
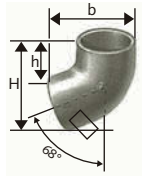
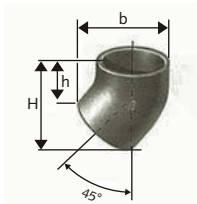
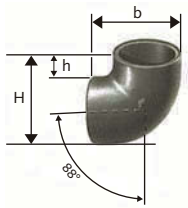
<table>
<tr><th colspan="3">Esses coudes d'étage : DN 50 à 200</th></tr>
<tr><td>De longueurs L
allant
de 185 à 350 mm</td><td colspan="2" rowspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>D'écartement E
allant
de 65 à 200 mm</td></tr>
<tr><th colspan="3">Coudes</th></tr>
<tr><td>à 22° et 68°
pour
les DN 50 à 300</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>à 45°
pour
les DN 40 à 400</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>à 88°
pour
les DN 40 à 300</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

Figure 13.12 – Raccords en fonte SMU (documentation Saint-Gobain PAM)

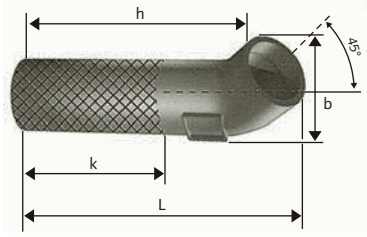
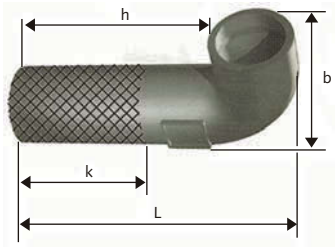
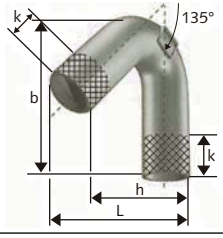
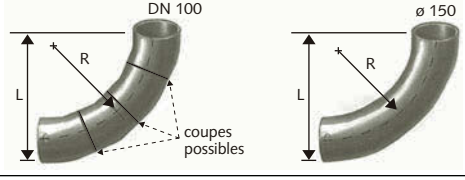
Coudes *(suite)*	
à 45° et 88° allongés en DN 100. La zone k est la partie qui peut être coupée.	 
à 135° en DN 100	
Coudes grands rayons 88°	
Ils sont utilisés pour permettre une meilleure évacuation des eaux (autocurage), lors des changements de direction (on peut utiliser aussi 2 coudes à 45°).	DN 100 avec coupes possibles ou DN 150 

Figure 13.12 – Raccords en fonte SMU (documentation Saint-Gobain PAM) *(suite)*

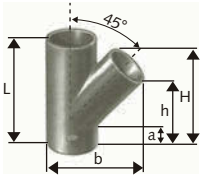
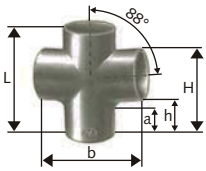
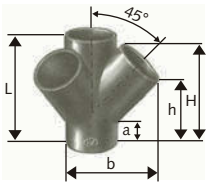
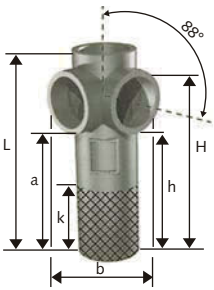
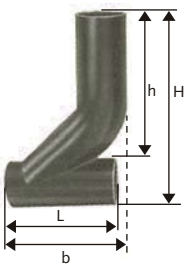
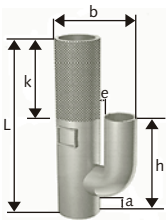
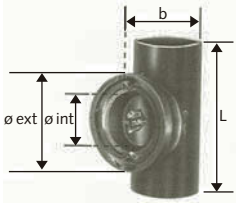
<table>
<tr><th colspan="3">Embranchement-culottes</th></tr>
<tr><td>Il existe des culottes simples, doubles et d'équerre à 45°- 68° et 88°</td><td>Culotte simple
 
</td><td>Culotte double
 
</td></tr>
<tr><td>Les branchements sont de même diamètre ou de diamètre réduit.
Il existe des culottes allongées (de 17 à 32 cm plus longues) coupables sur la partie k pour le passage des dalles.</td><td>Culotte double d'équerre
 
</td><td>Culotte double allongée
 
</td></tr>
<tr><td>Des culottes pied de chute allongées DN 100 et des embranchements parallèles DN 100 (raccordement des ventilations, espace réduit).</td><td>culotte pied de chute
 
</td><td>embranchement parallèle
 
</td></tr>
</table>

Figure 13.12 – Raccords en fonte SMU (documentation Saint-Gobain PAM) *(suite)*

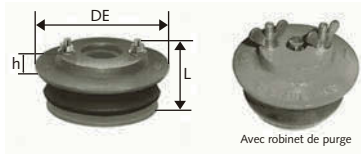
On trouve des pièces spécialisées pour réaliser les réseaux en fonte SMU (figure 13.13).



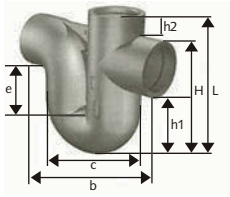
Cônes excentrés



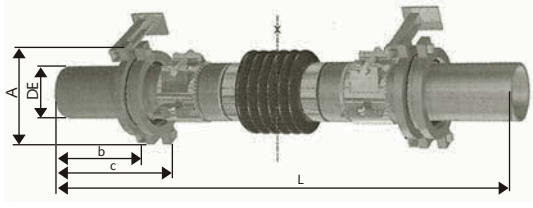
Tés de visite



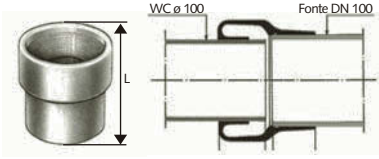
Bouchons expansibles



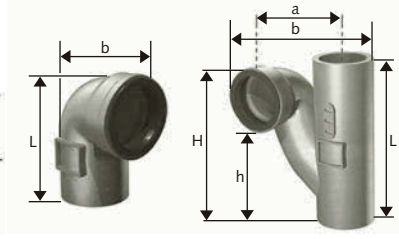
Siphons de parcours



Compensateurs de dilatation

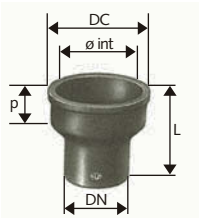


Raccordement WC par manchon spécial

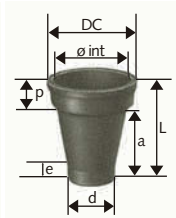


Raccordement WC direct simple, double, sur culotte horizontale ou verticale en DN 100

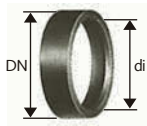
Figure 13.13 – Autres accessoires (documentation Saint-Gobain PAM)



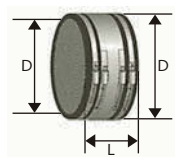
Pièce de liaison
DN 100 à 300



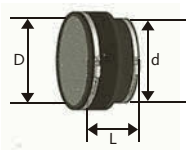
Cône concentrique
d 58 à 200 mm



Bague de compensation
DN 50 à 250



Manchons d'adaptation
DN 75 à 200



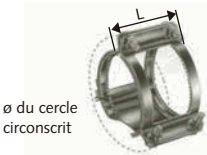
Raccords d'adaptation
Diamètre ajustable



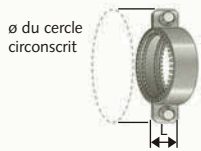


Tampons EPDM 1, 2 ou 3 trous de 32 à 54
avec ou sans collier de serrage

Figure 13.13 – Autres accessoires (documentation Saint-Gobain PAM) *(suite)*



Collier à griffe pour raccords fonte SMU



et pour bouchon expansible

Mise en œuvre du collier à griffes

Le colliers à griffes se place sur le joint SMU Rapid® ou le bouchon expansible.

Couvrir le joint SMU Rapid® ou le bouchon avec le collier à griffes.

Positionner le dernier segment et insérer les boulons de serrage.

Serrer progressivement en croisant.

Documentation SAINT GOBAIN PAM



Montage sur joint SMU Rapid®

Figure 13.14 – Colliers à griffe (documentation Saint-Gobain PAM)

En cas risque de mise en pression accidentelle du réseau, on peut utiliser des colliers à griffe pour assurer la stabilité mécanique de l'ouvrage (figure 13.14).

■ Fonte SME – Super Métallit à Emboîtement

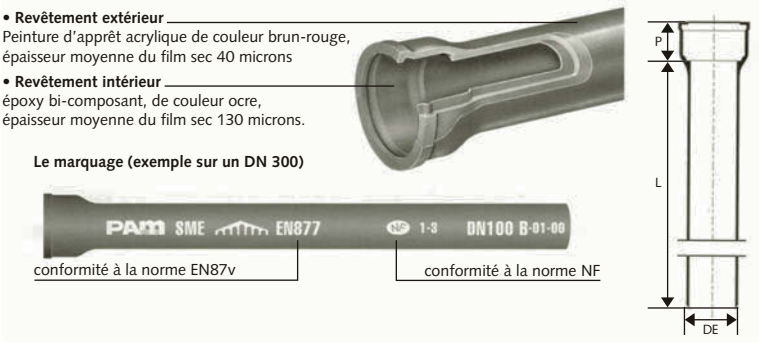
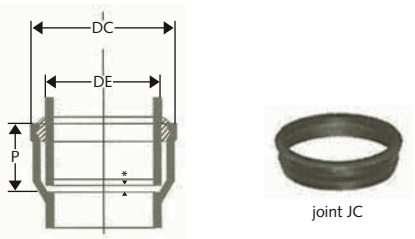


Figure 13.15 – Fonte SME Super Métallit à Emboîtement (documentation Saint-Gobain PAM)

Elle existe dans les diamètres nominaux : **DN 50 à 150** en longueurs **L** : de 3 m ; 2,5 m ; 2 m ; 1 m ; 0,5 m (demi) ; et en raccords droits de 0,25 m (quart) et 0,15 m (huitième).

Les tuyauteries et raccords présentent un emboîtement de profondeur **P** (figure 13.16), permettant l'étanchéité grâce à un joint JC qui nécessite l'utilisation d'une pâte lubrifiante lors du raccordement (on peut la remplacer par du savon ou de la glycérine).

Il faudra toujours laisser un espace au fond du raccord pour permettre la dilatation des tubes.



* Important : L'extrémité de la tuyauterie emboîtée doit être remontée pour ne pas toucher le fond du raccord.

Figure 13.16 – Joint JC

☐ **Raccords et accessoires**

Un joint spécial WC permet le raccordement direct sur une tuyauterie ou un raccord fonte SME (figure 13.17).

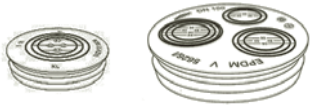


Joint JL pour WC

Source SAINT-GOBAIN PAM

Figure 13.17 – Joint JC

Des tampons en EPDM permettent le raccordement de tuyauteries de diamètres extérieurs 32 ; 40 ; 42 ; 50 (figure 13.18).



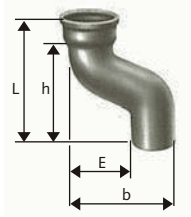
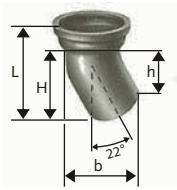
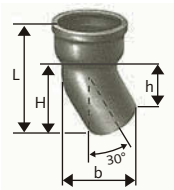
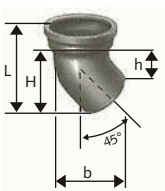
Tampons en EPDM

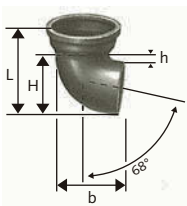
Figure 13.18 – Tampons en EPDM

Tableau 13.10 – Dimensions des fontes SME

DN Diamètre nominal (mm)	DE Diamètre extérieur (mm)	P Profondeur d'emboîtement (mm)	DC (mm)	L Longueur (m)	Masse (kg)
50	58	62	90	3	13,7
				2,5	11,6
				2	9,5
				1	4,7
				0,5	2,7
				0,25	2,0
				0,15	1,4
75	83	64	116	3	19,4
				2,5	16,4
				2	13,4
				1	6,6
				0,5	3,8
				0,25	2,4
				0,15	1,7
100	110	66	145	3	26,3
				2,5	22,2
				2	18,2
				1	9,1
				0,5	5,6
				0,25	3,3
				0,15	2,3
125	135	68	173	3	37,2
				2,5	31,4
				2	25,7
				1	11,7
				0,5	8,0
				0,25	5,7
				0,15	4,4
150	160	70	202	3	44,3
				2,5	37,5
				2	30,8
				1	14,3
				0,5	8,6
				0,25	5,8
				0,15	7,6

<table>
<tr><th colspan="2">Esses coudes d'étage DN 75 à 125</th></tr>
<tr><td>de longueurs L
allant
de 289 à 350 mm

d'écartement E
allant
de 75 à 150 mm</td><td> 
</td></tr>
<tr><th colspan="2">Coudes</th></tr>
<tr><td>à 22°
pour
les DN 75 et 100</td><td>Coudes à 22°
 
</td></tr>
<tr><td>à 30°
pour
les DN 100 à 150</td><td>Coudes à 30°
 
</td></tr>
<tr><td>à 45°, 68° et 88°
pour
les DN 50 à 150</td><td>Coudes à 45°
 

Coudes à 68°
 

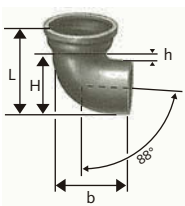
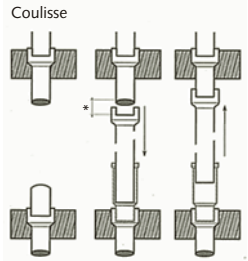
Coudes à 88°
 
</td></tr>
</table>

Figure 13.19 – Raccords en fonte SME (documentation Saint-Gobain PAM)

Coulisses

Les coulisses permettent d'effectuer des travaux de réparation sur des chutes existantes.
Il existe des culottes simples à coulisses à 68° en DN 100





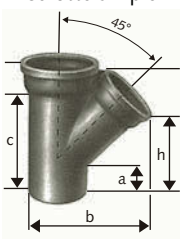
* débattement

La coulisse facilite le remplacement d'un tronçon de tuyau.
Débattement nécessaire = 220 mm

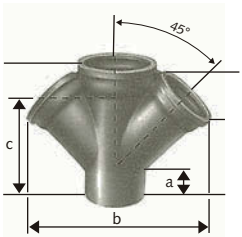
Embranchement-culottes

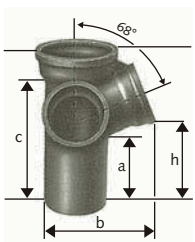
Il existe des culottes simples à 45°, 68° et 88°, doubles à 45° et 68° et d'équerre à 68°.
Les branchements sont de même diamètre ou de diamètre réduit.
Il existe des culottes allongées (environ 20 cm plus longues) pour les traversées de dalle.

Culotte simple



Culotte double





Culotte double d'équerre

Figure 13.19 – Raccords en fonte SME (documentation Saint-Gobain PAM) *(suite)*

☐ Autres accessoires

On trouve des pièces spécialisées pour réaliser les réseaux en fonte SME (figure 13.20). On trouvera sur les collecteurs placés en sous-sol des joints avec contre-bride de serrage par boulons.

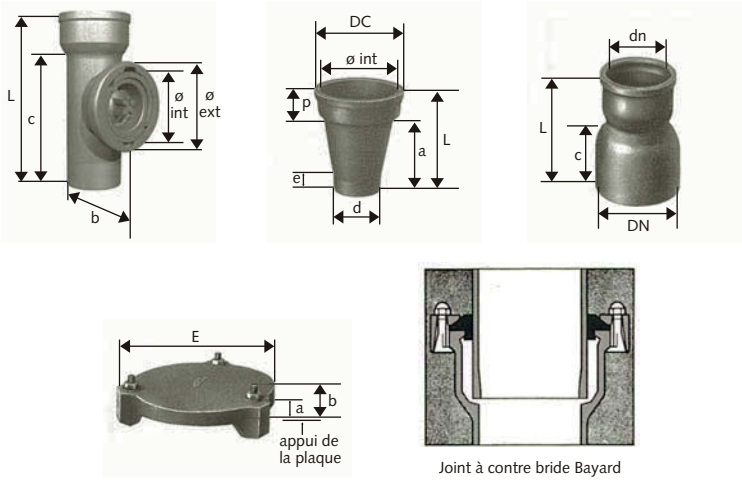


Figure 13.20 – Pièces spécialisées pour réseaux en fonte SME (documentation Saint Gobain PAM)

☐ Accessoire de raccordement

Le raccord le plus utilisé pour le raccordement sur une tuyauterie existante est le raccord Bourdin (figure 13.21). Le percement de la fonte s'effectue avec un outil à percer spécial pour ce type de raccord. L'étanchéité est réalisée avec une pâte d'étanchéité de type Filgum. Le filetage est en 1'1/2, la douille à souder en cuivre en 36-38 mm.

On peut utiliser les raccords de prise en charge prévus pour la fonte sous pression, mais il faut dans ce cas s'assurer de la compatibilité du raccord par rapport au diamètre extérieur de la fonte.

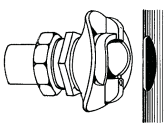


Figure 13.21 – Raccord Bourdin

■ Fontes et travaux public

Il existe des fontes spécialement prévues pour les réseaux enterrés pour les réseaux publics en DN 80 à 2000, en longueurs de 6, 7 et 8 m, leurs dimensions sont différentes des fontes bâtiment (SME et SMU). Il existe de nombreuses gammes en fonction de la nature des réseaux (eaux usées, eaux pluviales...), de la nature du terrain (série standard, terrain accidenté...) et du type de pose (on peut même trouver une série isolée pour les réseaux à protéger du gel).

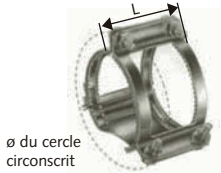
Certaines séries possèdent des raccords verrouillables pour éviter le déboîtement en cas de mise en pression accidentelle.

Pour plus d'information vous pouvez consulter le site internet de Saint-Gobain PAM à l'adresse suivante : http://www.pamline.fr ainsi que le site fonte du bâtiment à l'adresse : http://www.pambatiment.fr.

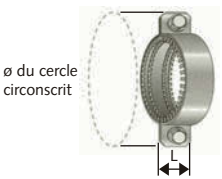
■ Règles de pose spécifiques aux tuyauteries en fonte

Les règles de pose doivent notamment respecter les DTU 60.1, 60.2, 30.32 et 60.33 ainsi que les recommandations des constructeurs.

Si les tuyauteries risquent d'être soumises à une mise en pression accidentelle, il faudra prévoir des dispositifs de fixation supplémentaires : butées amovibles, raccords d'encrage, colliers à griffes...



Collier à griffe pour raccords fonte SMU



et pour bouchon expansible

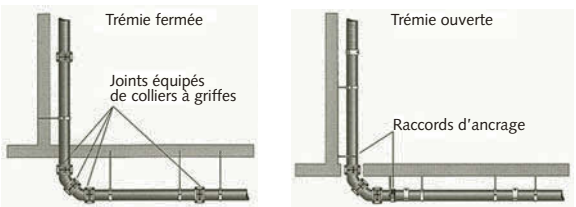


Figure 13.22 – Dispositifs de fixation supplémentaires pour tuyauteries en fonte (documentation Saint Gobain PAM)

Les pieds de chute, ainsi que toutes les tuyauteries et accessoires qui risquent de se trouver sous le fil d'eau du réseau public d'évacuation en cas de crue ou d'obstruction doivent être équipés de dispositifs de fixation supplémentaires (figure 13.22).

Les siphons, clapets... et toutes les pièces lourdes doivent être fixées de manière indépendante.

☐ **Coupes et outillage**

Seules les coupes sur les tuyauteries et les parties allongées des raccords prévus par le constructeur sont autorisées. Il faut, dans ce cas, employer une scie à métaux, un coupe-tubes fonte ou une tronçonneuse électrique (coupe au chalumeau interdite) et réaliser les chanfreins à la lime, à la meule ou avec un outillage adapté.

Après usinage, les parties mises à nu doivent être à nouveau protégées (en respectant les consignes du fabricant).

Lorsqu'une partie de tuyauterie est endommagée, elle doit être retirée et mise au rebut sur une longueur supérieure d'au moins 10 cm de chaque côté de la partie endommagée.

☐ **Assemblages**

Les assemblages sont réalisés principalement par des joints SMU (bague d'étanchéité UU) et des joints JC (SME) avec de la pâte lubrifiante, ce qui permet de réduire les efforts lors de l'emboîtement du raccord (selon les indications des constructeurs), sur des raccords nettoyés. Il faut vérifier le bon positionnement du joint lors de la mise en place.

Les assemblages par joints bourrés (mortier de ciment, mastics – silicone, polyuréthane –, laine de plomb…) ou coulés (plomb fondu) sont toujours autorisés à titre exceptionnel (dans les opérations de rénovation) lorsqu'ils sont réalisés en respectant les prescriptions du fabricant par une personne compétente (qui maîtrise ces techniques particulières).

Les assemblages particuliers (WC, anciennes fontes, grès...) sont réalisés à partir de raccords spéciaux prévus par les fabricants (voir paragraphes précédents).

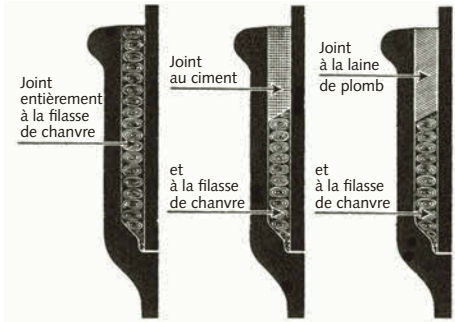
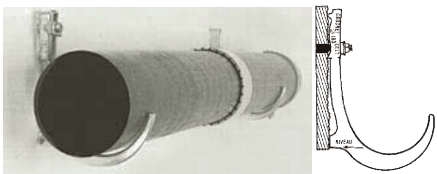


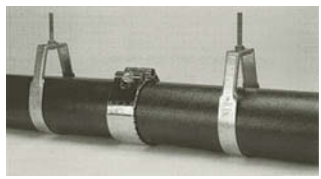
Figure 13.23 – Joints des anciennes séries LE et SA

☐ Fixation des tuyauteries apparentes, accessibles ou inaccessibles

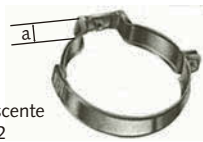
Les fixations ou supports sont réalisées à l'aide de colliers, de corbeaux, de suspentes... disposés à intervalles réguliers (les scellements, encastrements, traversées de plancher... sont considérés comme des fixations).



Crochet support mural (corbeau)
Type 101



Crochet de suspension (collier poire)
Type 401



Collier de descente
Type 802

a = distance entre génératrice
du tuyau et mur : 20 mm

Figure 13.24 – Dispositifs de fixation pour tuyauteries apparentes : a) Crochet support mural (corbeau) Type 101 ; b) Collier de suspension (collier poire) Type 401 ; c) Collier de descente Type 802 (documentation Saint Gobain PAM)

Le choix de la position et du nombre de supports s'effectuera en fonction du tableau 13.11.

Tableau 13.11 – Choix du nombre de supports pour les tuyauteries d'évacuation en fonte

Prescriptions du DTU 60.2 NFP 41-220		Nombres de supports	
		intérieur des bâtiments	extérieur des bâtiments
Tuyauteries et raccords d'allures verticales	L ≥ 2,7 m	1	1 SME et 2 SMU
	L ≥ 1 m		1
	L ≤ 1 m	1	
	Culottes et embranchements	1	1
	Changements de directions > 45°	1	1
Tuyauteries horizontales	L ≥ 2 m	2	2
	Raccords ou L < 2 m	1	1

L'installateur veillera à respecter la NRA : nouvelle réglementation acoustique (transmission des bruits aériens et structuraux). Pour cela, il est souhaitable dans certains cas d'utiliser des colliers isophoniques (c'est le cas notamment des installations d'évacuation des eaux pluviales par effet siphoïde).

☐ **Tuyauteries encastrés, enrobées, traversées de plancher ou de mur**

Les tuyauteries en fonte sont les seules qui peuvent être posées sans fourreau dans la traversée des murs et planchers. Toute partie de tuyauterie supérieure à 1 m, noyée dans le gros œuvre est considérée comme **encastrée** ou **enrobée** :

- les assemblages par joints élastomères sont autorisés ;
- les assemblages par joints bourrés, coulés, ou au mastic sont interdits ;
- les tuyauteries doivent être enrobées d'au moins 2,5 cm en tout points.

Les tuyauteries posées dans les éléments porteurs doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

Toute partie de tuyauterie inférieure à 1 m et noyée dans le gros œuvre est considérée comme une **traversée de plancher ou de mur**:

- les assemblages par joints élastomères sont autorisés;
- les assemblages par joints bourrés, coulés ou au mastic sont interdits, ils sont tolérés sur certains types de WC à la turque ou de siphons de sol.

Dans tous les cas, il faudra éviter le contact direct avec les armatures métalliques de la structure en béton.

La pose de coudes ou raccords ayant des angles supérieurs ou égaux à 88° est interdite dans les parties inaccessibles, exception faite des coudes à grands rayons.

☐ **Tuyauteries enterrées**

Elles sont posées sur un lit de pose constitué de terre fine damée et reposent sur toute leur longueur. Les joints sont réalisés dans des niches aménagées pour leurs confections.

Le remblayage s'effectue sur 20 cm à l'aide de sable ou de terre tamisée (la pose d'un grillage avertisseur 20 cm au-dessus du tube est souhaitable), puis par couches successives damées.

En cas de faible profondeur, les tuyauteries peuvent être recouvertes directement de béton ou de revêtements goudronnés.

Tuyauteries en grès

On trouvera encore de nombreuses tuyauteries en grès au cours des opérations de rénovation; il sera parfois nécessaire d'en remplacer une partie. Ils sont résistants aux acides (car ils sont vitrifiés à l'intérieur).

Si les règles de pose sont bien respectées, elles ont une durée de vie indéfinie (supérieure à 100 ans).

On trouve fréquemment des collets cassés sur les tuyauteries en service pour deux raisons principales: mauvaise pose ou nombre de supports insuffisants, joints au ciment mal dosés qui « poussent » sur le collet. La grande longévité des tuyauteries en grès en fait un matériau encore utilisé de nos jours, il coûte un peu plus cher à l'installation d'une tuyauterie en PVC ou en béton mais a une durée de vie de deux à trois fois supérieure.

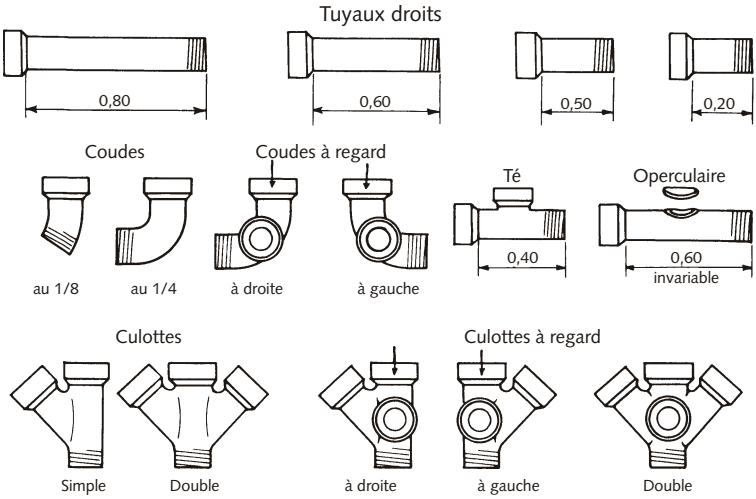


Figure 13.25 – Tuyaux en grès

On contrôle la qualité d'une tuyauterie en grès en la frappant délicatement avec le manche d'un marteau, elle doit émettre un son clair au choc. Elles sont marquées en creux et en caractère lisses de la marque du fabricant. Elles résistent à une pression de 0,5 bar et sont livrées en longueurs allant de 1 à 2 m.

On trouve principalement deux séries :

- grès à collerette,
- grès à manchons.

Les différents diamètres sont donnés dans le tableau 13.12.

Tableau 13.12 – Dimensions des tuyauteries en grès

Diamètre nominal (ovalisation) (mm)	Diamètre extérieur (mm)
50 ± 3 mm	
75 ± 3 mm	
100 ± 4 mm	**122**, **131** ou 134
125 ± 4 mm	**159**
150 ± 5 mm	177, **178** ou **186**
175 ± 5 mm	
200 ± 6 mm	234, **237**, **242** ou 262
250	**296, 322** ou 318
300	350, **357** ou **374**

* En caractères gras des dimensions que l'on trouve de nos jours.

On utilisera rarement des diamètres supérieurs à 200 mm dans le bâtiment.

Leur emploi comme chute ou descente doit être évité.

La coupe des tuyauteries s'effectue à l'aide d'une cisaille à chaîne ou d'une disqueuse munie d'un disque diamanté pour les grands diamètres. Il faut ensuite réaliser un chanfrein sur l'embout, nettoyer l'ensemble et enduire d'une pâte lubrifiante le bout du tuyau et le chanfrein.

Le calage des tuyauteries en apparent ou dans les tranchées par des cales en bois ou en pierres est interdit.

La fixation en pose verticale s'effectue par colliers galvanisés ou par des fers plats 25 × 3 à double scellement.

La fixation en pose horizontale s'effectue à l'aide de corbeaux en fer carré.

Les tuyaux en grès vernissé utilisés pour l'évacuation des eaux usées sont de préférence installés avec une faible pente en pose enterrée ou en élévation.

Lors d'une pose enterrée, il faudra s'assurer que les tuyauteries reposent bien sûr toute leur longueur (pour cela il faudra réaliser des niches à l'emplacement des collerettes) et se reporter aux indications du fabricant pour réaliser les opérations de compactage.

Lorsque le sol est peu portant, il faudra réaliser, sous le lit de pose, la mise en place d'un matériau filtrant (gravier...) sur une épaisseur de 15 cm minimum. Lorsque la présence d'eau est importante, on disposera en fond de fouilles un film géotextile.

Les joints sur les tuyauteries à collerette étaient exécutés de la manière suivante :

- Joint au bitume pour les eaux acides : 1/3 en corde goudronnée pour ménager un jeu de 5 mm ou fond de l'emboîtement ; 2/3 en bitume coulé dans l'espace annulaire en respectant les mêmes précautions que pour le joint coulé au plomb.
- Joint au ciment dosé à 500 kg/m^3 de sable fin : 1/3 en corde goudronnée ; 2/3 en mortier de ciment maté à refus, formant solin sur l'emboîtement.

Il existe aujourd'hui des joints d'étanchéité en élastomères intégrés aux tuyauteries qui assurent étanchéité par compression, ou des joints par manchons du même type que ceux utilisés pour les PVC assainissement.

Ces systèmes d'étanchéité font l'objet d'un avis technique.

TUYAUTERIE EN AMIANTE-CIMENT

Leur utilisation n'est plus autorisée dans les installations neuves.

Les tuyauteries en amiante-ciment existent en 2 séries :

- la série bâtiments : pour les descentes d'eaux pluviales, ventilation, aération, fourreau, descentes d'ordures ménagères... ;
- la série assainissement et sanitaire : pour les descentes d'eaux usées, les chutes de WC, les égouts...

Ces deux séries se fabriquaient dans des diamètres allant de 60 à 400 mm et dans des longueurs allant de 0,50 à 4 m (tableau 13.13).

La société Eternit, qui a commercialisé pendant des années les tuyauteries en fibres-ciment, a arrêté la production en 1997 (les dernières tuyauteries contenant de l'amiante ont été produites en 1994). Elle continue à fabriquer les gaines de ventilation de section rectangulaire sans amiante.

Lors des chantiers de rénovation, il faudra prendre toutes les dispositions nécessaires pour éviter la propagation de fibres d'amiante dans l'air et assurer la protection des personnes présentes sur les lieux des travaux.



Attention

Les déchets contenant de l'amiante font l'objet d'une procédure particulière de neutralisation. Ils sont considérés comme des déchets spéciaux et font l'objet d'une collecte spécifique, ils devront être identifiés.

Toutes les personnes présentes sur un chantier de désamiantage devront être équipées pour assurer leur protection individuelle (combinaison jetable type 5-6, masques respiratoires de type FFP3 ou masques à cartouche SR 100, confinement des locaux et installation d'un extracteur d'air avec filtration, aspirateur spécialisé, sacs de collecte identifiés amiante, signalisation chantier amiante...). Pour toutes ces raisons, le désamiantage est confié à des entreprises spécialisées.

Tableau 13.13 – Dimensions des anciennes tuyauteries en amiante-ciment (Société Eternit)

Diamètre intérieur	Épaisseur	Diamètre extérieur
100	7,5	115
125	8	141
150	8	166
175	8	191
200	9	218
250	11	272
300	11,5	323

On pourra trouver dans d'anciennes constructions les dimensions extérieures suivantes 115, 116, 141, 144, 166, 167,191, 218, 223, 272, 278, 323, 332... Il faudra dans tous les cas trouver un manchon d'adaptation pour pouvoir se raccorder sur ces tuyauteries.

La société Norham propose une gamme de raccords d'adaptation en caoutchouc EPDM et colliers inox résistant à des températures comprises entre – 30 °C et + 140 °C pour une pression maximale de 0,6 bar. Vous trouverez plus d'informations sur le site www.Norham.fr.

TUYAUTERIES EN PLOMB

Le plomb n'est plus employé que pour les tuyauteries d'évacuation et les pièces d'étanchéités.

Les tuyauteries d'évacuation doivent être de 2e catégorie selon la norme NF A 55-505 : plomb refondu dulcifié, et ne pas présenter de traits de filage d'une profondeur supérieure à 0,5 mm.

On trouve encore des tuyauteries au détail pour effectuer des réparations sur les installations existantes, les dimensions sont données dans le tableau 13.14.

Tableau 13.14 – Dimensions des tuyauteries en plomb pour évacuations

Diamètre (mm)	Épaisseur (mm)	Masse au mètre (kg)	Diamètre (mm)	Épaisseur (mm)	Masse au mètre (kg)
10	1,5	0,61	50	4,5	8,74
13	1,5	0,77	60	5	11,58
16	1,5	0,93	80	3	8,55
20	2	1,56	80	5	15,15
27	2,5	2,45	90	5	16,93
30	3	3,52	100	3	10,68
35	3,5	4,80	100	5	18,72
40	4	6,27	110	5	20,50

■ Cintrage des tuyaux en plomb

Les tuyaux se cintrent généralement à vide, à froid ou à chaud, en prenant appui sur le genou sur un sac de plâtre. Il est parfois nécessaire d'utiliser une coquille (figure 13.26) ou un chapelet de billes (figure 13.27) que l'on place à l'intérieur de la tuyauterie pour éviter sa déformation lors du cintrage.

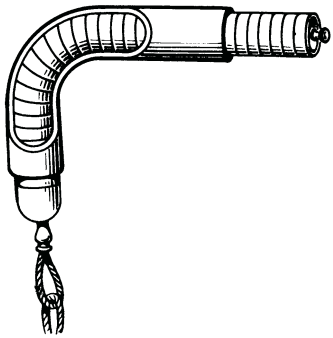


Figure 13.26 – Coquille pour cintrage

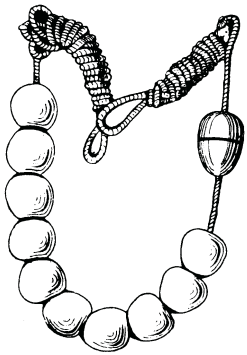


Figure 13.27 – Chapelet de bille

■ Soudure du plomb

Les soudures sur les tuyauteries en plomb s'appellent des nœuds. Les nœuds de jonction doivent être emboîtés dans le sens de la direction de l'eau, le bout à prolonger est taillé en biseau, l'autre bout est évidé en entonnoir à l'aide d'une toupie (figure 13.28).

Les parties de métal qui doivent être soudées seront nettoyées au grattoir.

On chauffe le plomb à l'aide d'un chalumeau propane, on le frotte avec un pain de stéarine, on y applique le bout de la baguette de soudure qui fond au contact du plomb et étame toute la surface, on charge ensuite la soudure en épaisseur. On donne la forme à la soudure à l'aide d'un porte-soudure (pièce fabriquée avec un tissu de coton épais et serré, immergé à chaud dans du suif liquide).

Il ne faut surtout pas bouger la soudure avant qu'elle ne soit complètement refroidie, cela entraînerait sa rupture.

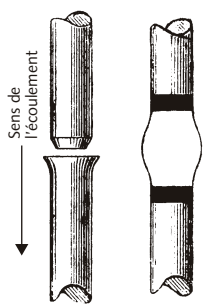


Figure 13.28 – Nœud de jonction

Si la tuyauterie est recouverte de peinture, il faudra la gratter sur une longueur d'environ 10 cm, un chiffon humide permettra d'éviter la transmission de chaleur sur la tuyauterie. Un écran de soudure permettra d'éviter de brûler la peinture des murs.

Le façonnage des tuyauteries en plomb étant une opération délicate, on préférera l'utilisation de tuyauterie en cuivre ou en PVC.

Le soudage d'une tuyauterie ou de raccords cuivre sur une tuyauterie en plomb nécessite une opération supplémentaire : il faut étamer la pièce en cuivre à l'aide d'un fil d'étain et de décapant. C'est seulement une fois que la pièce en cuivre est étamée que l'on peut effectuer la soudure sur la tuyauterie en plomb à l'aide de la stéarine et d'une baguette de soudure.

■ Soudure autogène du plomb

La soudure autogène du plomb est possible mais la flamme étant beaucoup plus localisée qu'avec un chalumeau propane, il faudra faire attention aux surchauffes pour éviter de percer la tuyauterie.

La tubulure femelle est évasée à 45° pour former un godet dont la hauteur est sensiblement égale à l'épaisseur de son bord. Le bord du cône sera fondu au chalumeau, il constituera le métal d'apport.

On emploie les buses suivantes (tableau 13.15).

Tableau 13.15 – Buses pour soudure autogène du plomb

Épaisseur à souder (mm)	Buse à employer
2	25
3	50
4	75
5	75
6	100

TUYAUTERIES EN CUIVRE

Les tuyauteries en cuivre sont utilisées pour les installations d'évacuation des eaux usées principalement dans les petits diamètres lorsque les tuyauteries en PVC ne peuvent être utilisées (cloisons coupe-feu…).

Les tuyauteries sont soudées à la brasure tendre (fil d'étain) ou à la brasure forte (baguette cuivre-phosphore) par capillarité.

Les techniques de façonnage et d'assemblage sont les mêmes que pour les tuyauteries d'eau sous pression.

Le tableau 13.16 précise les principales dimensions utilisées.

Tableau 13.16 – Dimensions des tuyauteries en cuivre

Dimensions (mm)
24 × 25
30,4 × 32
34,4 × 36
38,4 × 40
48 × 50
60,6 × 63
76,8 × 80
96 × 100

Tuyauteries en acier

En France, on emploie assez peu le tube acier pour les vidanges. Néanmoins son emploi est conseillé ou toléré par certains DTU. De plus, son usage est recommandé dans certains cas (ERP, immeubles de grande hauteur, évacuations de toitures terrasses...).

Les techniques de façonnage et d'assemblage sont les mêmes que pour les tuyauteries d'eau sous pression.

Tuyauteries d'évacuation PVC

Les tuyauteries PVC sont très employées de nos jours. Néanmoins le non-respect des règles de pose provoque souvent des dysfonctionnements ou des sinistres.

Les tubes sont vendus en longueur de 1 à 5 m dans les diamètres 32, 40, 50, 63, 75, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 200, 250, 315 pour les séries eaux usées – EU (attention il a existé le diamètre 80, on trouve encore des raccords et des tubes pour les opérations de rénovation) et dans les diamètres

50, 80, 100, 125 pour les séries eaux pluviales – EP (elles ont une épaisseur plus faible et ne peuvent pas être utilisées pour les réseaux d'eaux usées). On trouve aussi pour des raisons de décoration des tuyauteries carrées, ovales ou rectangulaires associées aux gouttières (tableau 13.17).

La couleur des tubes est gris clair, parfois gris foncé, on trouve aussi des tubes et raccords blancs dans les diamètres 32, 40, 50 et 100 pour les tuyauteries d'évacuation d'eaux usées, grises ou beige (sable) pour les tuyauteries d'évacuation d'eaux pluviales.

De nouveaux types de tuyauteries apparaissent pour satisfaire la nouvelle réglementation acoustique. Les fabricants proposent des gammes de tuyauterie ayant de meilleures performances acoustiques que la série standard. Elles nécessitent le respect de règles de pose particulières et l'utilisation de la gamme d'accessoires prévue pour diminuer les nuisances acoustiques.

Tableau 13.17 – Dimensions des tuyauteries d'évacuation en PVC – EU

Diamètre nominal (mm) (diamètre extérieur)	**Dimensions (mm) (diamètre extérieur × épaisseur)**
32	32 × 3
40	40 × 3
50	50 × 3
63	63 × 3
75	75 × 3
(80)	*80 × 3*
90	90 × 3
100	100 × 3
110	110 × 3,2
125	125 × 3,2
140	140 × 3,2
160	160 × 3,2
200	200 × 3,9
250	250 × 4,9
315	315 × 6,2

Les tuyauteries de la série évacuation doivent être identifiées par un marquage indélébile qui comporte :

- la marque commerciale ou le sigle du fabricant ;
- le numéro de l'avis technique ;
- le logo NF qui précise la famille du tube (E : évacuation, A : assainissement, P : pression) ;
- le symbole du matériau utilisé ;
- les dimensions du tube (diamètre extérieur × épaisseur) ;
- l'application prévue (EU : eaux usées, EP : eaux pluviales) ;
- un numéro d'identification (traçabilité).

Il existe de nombreuses pièces de raccordement : coudes mâle-femelle ou femelle-femelle à 20°, 30°, 45°, 67° 30, 87° 30, des culottes et embranchements simples, parallèle, d'équerre, oblongue, des tés pied de biche…

Les raccords de la série évacuation certifiées par la marque NF sont identifiés par un marquage indélébile qui comporte :

- le classement au feu M1 (NF M1) ;
- la marque du fabricant ;
- les valeurs d'angles ;
- le diamètre nominal (diamètre extérieur) ;
- le logo NF (qui peut apparaître sur l'emballage pour les petits raccords).

L'emploi du PVC (polychlorure de vinyle non plastifié) pour la réalisation d'évacuation d'eaux usées, d'eaux vannes, de réseaux enterrés, de ventilations, chutes, collecteurs, vidanges… nécessite le respect de quelques règles (NF DTU 60.33 P 1.1 et P 1.2, octobre 2007).

Le façonnage ou formage à chaud du PVC est interdit (exception faite pour le façonnage d'emboîtures sur les parties apparentes ou accessibles), on préférera l'utilisation de manchons.

Les opérations d'usinage ne sont autorisées, à la lime, à la meule ou à l'aide d'un outil adapté, que pour la réalisation de chanfrein à l'extrémité des tubes après la coupe.

Le soudage à chaud n'est autorisé que lorsqu'il est réalisé en usine.

Les tuyauteries qui présentent des traces sombres (traces de carbonisation) ou des traces claires (traces de choc, de torsion ou de flexion) ou des entailles profondes doivent être mises au rebut.

Le raccordement par collage bout à bout de deux pièces est interdit.

Les installations d'évacuation des eaux usées des laveries, cuisines industrielles ou collectives ne doivent pas être réalisées à l'aide de tuyauterie en

PVC (en amont du bac dégraisseur). Il faudra utiliser du PVC-C bénéficiant d'un avis technique favorable.

■ Assemblages par collage des tuyauteries et raccords PVC

L'assemblage des tuyauteries et raccords PVC par collage s'effectuera sur des éléments propres en respectant les consignes suivantes (figure 13.29) :

- Utiliser une colle titulaire d'un avis technique et respecter son mode d'emploi (température d'utilisation, hygrométrie, date de péremption, etc.).
- Lorsque la tuyauterie est coupée, ébavurer et reconstituer un chanfrein avec un angle compris entre 15 et 30°.
- Nettoyer la tuyauterie si cela est nécessaire.
- Dépolir les parties à assembler à l'aide d'une toile émeri fine ou d'un papier de verre.
- Tracer sur la partie mâle la longueur de la partie à coller (profondeur de l'emboîture).
- Essuyer les parties à assembler avec un chiffon propre puis dégraisser la tuyauterie à l'aide du décapant compatible avec la colle et laisser évaporer le décapant.
- Appliquer la colle à une température comprise entre 5 et 35 °C en moins de 60 s à l'aide du pinceau, sans excès sur l'ensemble des deux parties à encoller (à l'entrée de l'emboîture et sur la partie mâle dans le sens longitudinal). Il ne doit pas y avoir de projections d'eau sur la colle, cela rendrait le collage inefficace.
- Emboîter immédiatement les deux parties encollées jusqu'au repère tracé, sans mouvement de torsion. Sauf précision particulière du fabricant de la colle, les collages ne doivent pas être manipulés pendant une heure.
- À l'aide d'un chiffon propre, on nettoiera la colle en excès à l'extérieur du collage.
- S'assurer que les pots de colle et de décapants restent fermés après chaque usage (un pot contenant de l'eau de pluie doit être jeté).

En cas de pose de tuyauterie enterrée, si de la colle ou du décapant ont été renversés dans la terre, il faudra enlever la terre souillée.

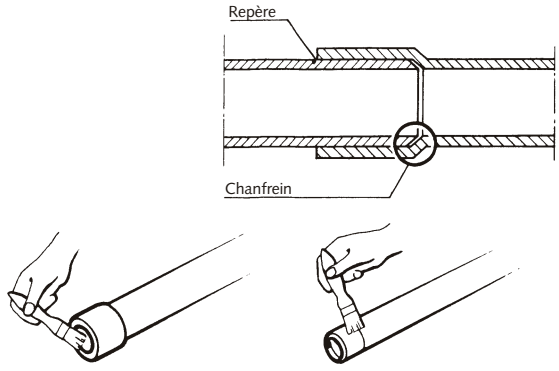


Figure 13.29 – Encollage de tubes PVC

■ Assemblage par bagues étanchéité des tuyauteries et raccords PVC

On distingue deux types d'assemblages :

- les **assemblages fixes** (raccords à joints) qui assurent l'étanchéité ;
- les **assemblages coulissants** (manchon de dilatation) qui assurent l'étanchéité et permettent le mouvement longitudinal de la tuyauterie (dilatation ou retrait).



Attention

Les manchons de dilatation sont différents pour les tuyauteries verticales et les tuyauteries horizontales.

L'assemblage des tuyauteries et raccords PVC par bagues d'étanchéité s'effectuera sur des éléments propres en respectant les consignes suivantes :

- Lorsque la tuyauterie est coupée, ébavurer et reconstituer un chanfrein avec un angle compris entre 15 et 30°.
- Nettoyer la tuyauterie si cela est nécessaire.
- Tracer sur la partie mâle la longueur de la partie à emboîter (profondeur de l'emboîture).

- Lubrifier le chanfrein et le tube de la partie mâle (attention, il faut utiliser des huiles ou graisses compatibles avec le joint en élastomère).
- Contrôler la bonne position de la bague étanchéité ainsi que sa propreté.
- Emboîter le tube dans l'emboîture jusqu'au repère tracé, laisser un espace entre le tube et l'emboîture pour permettre la dilatation éventuelle.
- Fixer la tuyauterie.

■ Assemblage d'une tuyauterie PVC sur une tuyauterie d'une autre nature

Il existe de nombreuses manières de raccorder une tuyauterie PVC sur une autre tuyauterie : raccords à joints américains, raccords à joint torique, raccords à joints coniques, raccords à joints plats, assemblage par brides et collets, assemblage par raccords trois-pièces, assemblage par manchette spéciale (pipe de WC par exemple), assemblage par bagues à compression (par exemple : raccords fonte SMU)… Ces raccords font l'objet d'une norme ou d'un avis technique.

Lorsque la partie mâle du tube PVC n'est pas adaptée à l'emboîture du tube d'une autre nature, et qu'il n'existe pas de pièces d'adaptation, on pourra colmater l'espace qui subsiste de mastic silicone.

■ Pose des canalisations PVC dans les bâtiments

Les percements dans les poutrelles précontraintes sont interdits.

Les crochets doivent être serrés légèrement afin de permettre le glissement de la tuyauterie. Seuls les crochets constituant **un point fixe** seront serrés complètement.

Les pièces lourdes (siphons,…) seront fixées séparément.

Les tuyauteries ne devront pas être soumises de manière permanente à une température dépassant les 50 C, il faudra prendre les mesures nécessaires pour les protéger de la chaleur (ventilation, isolation…) ou utiliser du PVC C.

Les tuyauteries seront protégées des chocs par des dispositifs appropriés.

Pour les poses en gaines inaccessibles, seuls les assemblages par collage et les manchons de dilatation sont autorisés.

■ Écartement des colliers

L'écartement maximum entre les colliers est donné dans le tableau 13.18.

Tableau 13.18 – Écartement maximum entre 2 colliers supportant une tuyauterie PVC d'évacuation en fonction du diamètre extérieur

Écartement entre 2 colliers (m)	Diamètre extérieur (mm)		
	32, 40, 50, 63	**75, 90, 100, 110, 125, 140**	**160, 200, 250**
Canalisations d'allure horizontales	0,5	0,8	1
Canalisations d'allure verticales	2,70		

Il faudra définir les colliers constituant des supports et les colliers constituants des points fixes en fonction des indications suivantes.

■ Dilatation des tubes PVC – points fixes

Les tuyauteries PVC présentent une dilatation qui peut atteindre 1 % de leur longueur (0,8 mm par mètre pour un écart de 10 °C).

Toute partie droite de canalisation d'une longueur supérieure à 1 m entre deux points fixes doit comporter un joint de dilatation.

Un point fixe est constitué par :

- un collier serré,
- un encastrement,
- un scellement.

Les branchements situés à une distance supérieure à 2 m d'un point fixe doivent être fixés de manière à constituer eux-mêmes des points fixes, un joint de dilatation doit donc être installé entre les deux.

La distance entre deux points fixes ne doit jamais être supérieure à :

- 3 m : vidanges individuelles, collecteurs d'appareils ;
- 4 m : canalisations verticales ;
- 8 m : canalisations ou collecteurs principaux allure horizontale.

Les colliers constituants les points fixes doivent être positionnés à une distance d'au moins 20 cm des tés, coudes, culottes, manchons de dilatation…

Manchons de dilatation verticaux : Chaque manchon de dilatation constituera un point fixe. Dans la pratique pour les parties verticales, on installera un manchon de dilatation par étage (figure 13.30).

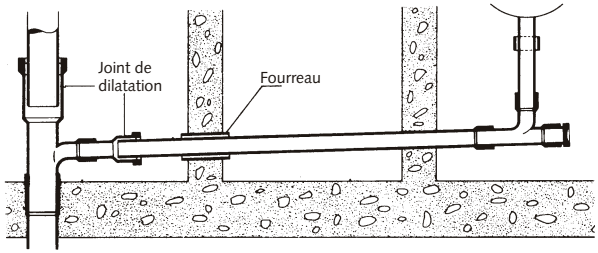


Figure 13.30 – Montage des manchons de dilatation

■ Pose en enrobé ou en encastré

Lors d'une pose en encastré, la dilatation est bloquée, il faut réaliser des points fixes au moins tous les 2 mètres et au moins à 10 cm des sorties des tubes.

La réalisation de points fixes se fait par collage d'une surépaisseur (coquille), le tube doit être au contact du matériau de construction, il doit y avoir une épaisseur d'au moins 2,5 cm autour du tuyau.

■ Traversée de mur ou de plancher

Toute partie de moins de 1 m rendue inaccessible doit être considérée comme une traversée de mur ou de plancher.

La traversée des murs et cloisons se fera en fonction des points fixes déterminés dans l'étude. On réalisera :

- des points fixes : tuyauteries prises dans la maçonnerie ;
- des traversées avec jeu, sous fourreau ; réalisés en tubes PVC, ils permettent la libre dilatation du tube dans le sens longitudinal, l'espace entre le tube et le fourreau doit être rempli de matériau isolant phonique.

■ Pose de canalisations PVC enterrées

Dans l'emprise du bâtiment ou à l'extérieur, les canalisations PVC utilisées pour une pose enterrée doivent être des tubes TEE (tubes d'évacuation enterrée) ou des tubes de la série assainissement pour la pose sous les voiries ou parkings.

Ces deux séries de tubes ont une résistance à la compression plus importante que les séries de tubes PVC EU standard.

Pour les maisons individuelles, l'assemblage doit se faire par collage.

■ Pose d'une canalisation enterrée (hors voiries et parkings)

Tuyauterie posée avec une pente minimale de 2 cm par mètre (figure 13.31).

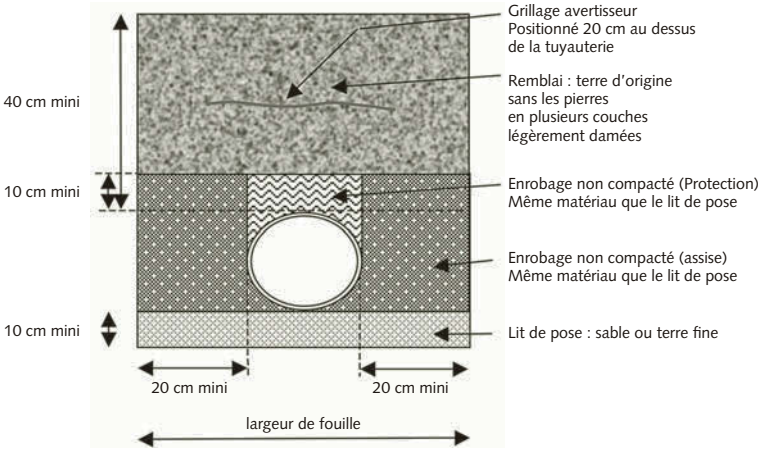


Figure 13.31 – Pose d'une canalisation enterrée (hors voiries et parkings)

L'épaisseur du remblayage au-dessus de la tuyauterie peut être réduite ; dans ce cas, la tuyauterie sera recouverte de béton.

Les catalogues proposés aujourd'hui par les fabricants permettent d'avoir une vision complète de l'offre proposée. De la même manière, on trouvera en ligne des renseignements techniques et commerciaux (www.nicoll.fr, www.girpi.fr, www.wawin.fr… et plus généralement sur le site du syndicat des tubes et raccords plastiques www.str-pvc.org).

Évacuation des eaux pluviales

TUYAUTERIES EN ZINC

Elles ne peuvent être posées qu'à l'extérieur des bâtiments.

SYSTÈMES D'ÉVACUATION DES EAUX PLUVIALES PAR EFFET SIPHOÏDE

Il conviendra de respecter les avis techniques de chaque système. Un document reprenant les prescriptions techniques communes (Cahier 3600 du CSTB) reprend les caractéristiques générales.

L'évacuation par effet siphoïde concerne les toitures comportant des chéneaux extérieurs, les toitures terrasses inaccessibles… (il conviendra de se reporter au cahier 3600). L'ensemble de la toiture doit être équipé du même dispositif d'évacuation des eaux pluviales (siphoïde ou gravitaire).

L'évacuation des eaux pluviales par effet siphoïde est un dispositif qui crée une dépression dans la tuyauterie d'évacuation, la vitesse d'évacuation de l'eau y est plus importante que dans un système gravitaire, les naissances d'évacuation sont des pièces spécialement conçues pour cet usage.

Les caractéristiques de l'installation (nombre de descentes, surfaces desservies, collecteurs, trop-plein…) sont définies pour chaque système.

Le raccordement au réseau gravitaire devra permettre la décompression, il sera décrit dans l'avis technique du système proposé.

L'utilisation d'un système siphoïde nécessite une visite et un nettoyage au moins deux fois par an (automne et printemps). Dans certains cas, il pourra être effectué tous les trois mois la première année.

FIXATION DES DESCENTES D'EAUX PLUVIALES

Les colliers sont fixés en tête des tuyauteries (partie haute), il doit y avoir au moins 1 collier par élément. L'espacement maximum entre 2 colliers est de 2 m, sauf pour :

- les tuyauteries en fonte : 2,70 m ;
- les tuyauteries en cuivre : 2,50 m.

Lorsque les tuyauteries sont lisses, il conviendra de souder des bagues de blocage.

14
INSTALLATION D'ASSAINISSEMENT AUTONOME

Les installations d'assainissement autonome pour les maisons individuelles allant jusqu'à 10 pièces principales sont réglementées par la norme XP P 16-603 reprise dans le DTU XP DTU 64.1 de mars 2007.

Elles ont pour but de traiter et d'éliminer les eaux usées domestiques lorsqu'il n'y a pas de possibilité de se raccorder au réseau public d'assainissement.

Les anciennes installations (avant 1982) ne traitaient que les eaux vannes (eaux des WC). Depuis l'apparition des fosses « toutes eaux », toutes les eaux usées d'une habitation sont traitées dans le système d'assainissement autonome.

En aucun cas, les eaux pluviales ne seront raccordées au système d'assainissement. Dans certaines régions, en fonction de la nature du terrain et de la géographie, il est prévu une cuve tampon et un épandage spécifique aux eaux pluviales.

À compter de 2012, les communes seront dans l'obligation d'effectuer des contrôles sur les installations d'assainissement autonome (diagnostic et contrôle de bon fonctionnement et d'entretien).

Le propriétaire a l'obligation de disposer d'une installation en bon état de fonctionnement et d'effectuer l'entretien nécessaire.

Structure d'une installation d'assainissement autonome

Les eaux usées sont collectées dans l'habitation en respectant les règles du DTU 60.1, elles sont canalisées vers la fosse toutes eaux par une tuyauterie ayant une pente comprise entre 2 et 4 %.

La fosse septique assure un prétraitement de l'eau qui est ensuite canalisée vers le système d'épandage souterrain, celui-ci assure l'épuration des eaux usées avant leur retour dans la nature (figure 14.1).

Il existe différentes manières de réaliser une installation d'assainissement autonome, le choix final sera effectué en fonction de la nature du terrain et de l'étude hydrogéologique qui aura éventuellement été réalisée.

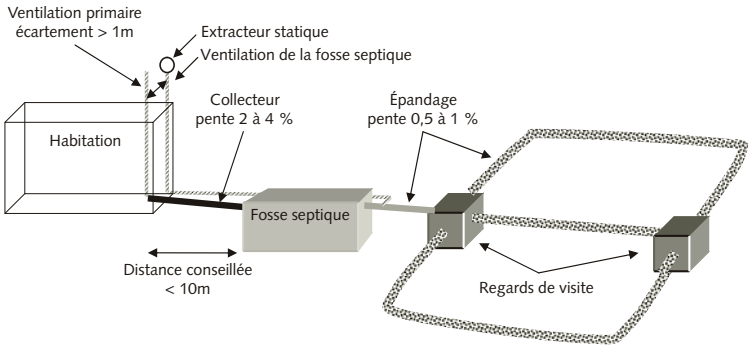


Figure 14.1 – Installation d'assainissement autonome

Le réseau d'épandage doit se situer à une distance :

- d'au moins 5 m d'une habitation ;
- d'au moins 3 m d'une limite de propriété ;
- d'au moins 35 m d'un puits ou captage d'eau potable ;
- d'au moins 3 m d'un arbre.

Lorsque le terrain ne permet pas l'utilisation d'un épandage souterrain, on utilisera un dispositif équivalent (filtre à sable…).

Le choix du système d'assainissement dépendra de la nature du sol (pente, perméabilité, présence de couches rocheuses, de nappes phréatiques…), de la topographie du terrain (servitudes, clôtures, arbres, surface disponible…).

TUYAUTERIES DE RACCORDEMENT

Le diamètre doit être d'au moins 100 mm et de préférence du diamètre de raccordement de la fosse, la pente doit être comprise entre 2 et 4 %.

Un té ou un regard d'inspection sera installé avant le raccordement à la fosse.

Bac dégraisseur

Il est facultatif mais conseillé lorsque la fosse est éloignée de la maison. Il permet d'éviter le dépôt de graisse dans les tuyauteries et doit rester accessible pour son entretien (écrémage des graisses). Il doit être inspecté tous les six mois, nettoyé, vidé et curé.

Son volume minimal est de 200 l lorsqu'il ne collecte que les eaux de cuisine et de 500 l lorsqu'il collecte des eaux ménagères. En aucun cas, les eaux vannes ne doivent être raccordées sur le bac dégraisseur.

Fosse septique toutes eaux

La fosse septique permet un prétraitement des eaux usées par le dépôt des parties lourdes qui se désagrègent lentement au fond de la fosse et l'évacuation des parties liquides clarifiées vers le réseau d'épandage. Elle peut être en béton ou en matière plastique (dans ce cas, il faudra respecter les préconisations du constructeur pour effectuer le remblayage cuve pleine).

Son volume minimum est de 3 m^3 + 1 m^3 par pièce principale supplémentaire.

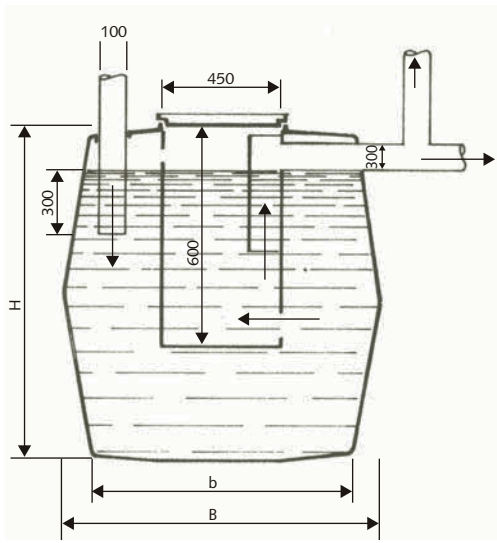


Figure 14.2 – Fosse septique en polyéthylène Sebico



Remarque

La fosse doit être inspectée au bout de 4 ans et vidangée lorsque la hauteur des boues dépasse la moitié de la hauteur totale.

Elle est munie d'au moins un regard tampon de visite permettant l'accès à la totalité du volume de la fosse ; les regards doivent rester accessibles et visibles.

La fosse septique peut être remplacée par des **systèmes de traitement à boues activées** (les micro-organismes introduits dans la fosse dégradent la pollution en présence d'oxygène) et des **systèmes de traitement à cultures fixées** (les micro-organismes fixés sur un support sont capables de dégrader la pollution en présence d'oxygène). Pour ces deux dispositifs, les boues doivent être vidangées au moins tous les ans.



Attention

Les fosses septiques ont un sens de pose (entrée et sortie) qu'il faut respecter.

PRÉFILTRE

Facultatif mais fortement recommandé, le préfiltre peut être intégré à la fosse ou séparé. Il se situe en aval de la fosse septique et permet de retenir les particules solides pouvant s'échapper de la fosse afin de limiter les risques de colmatage de l'épandage. Il doit rester accessible pour les opérations de contrôle et de nettoyage.

Il doit être contrôlé une fois par an et lavé tous les huit ans.

VENTILATIONS

L'amenée d'air est assurée par la ventilation primaire de l'installation sanitaire. Le processus de décomposition des matières organiques produits du méthane, de l'hydrogène sulfuré et du dioxyde de carbone. Il faut évacuer ces gaz à l'extérieur de la fosse à l'aide d'une ventilation secondaire de la fosse septique raccordée en aval de la fosse (d'un diamètre minimum de 100 mm) posée sans contre-pente en utilisant des coudes inférieurs ou égaux à 45°.



Remarque

La distance entre la ventilation primaire et la ventilation secondaire doit être supérieure à 1 m. Cette dernière devra se situer ou moins à 40 cm au-dessus du faîtage.

L'extrémité de la ventilation secondaire sera équipée d'un extracteur statique ou éolien. Il faudra prendre soin de munir les ventilations de dispositifs antimoustiques (moustiquaire) afin d'éviter la ponte dans la fosse.

Épandage

La disposition, la constitution et la longueur de l'épandage dépend essentiellement de la nature du terrain et de son dénivelé. On pourra réaliser une tranchée d'infiltration, un lit d'épandage à faible profondeur, un filtre à sable vertical drainé ou non drainé, un tertre d'infiltration non drainé.

Les réseaux de distribution et d'épandage devront être curés tous les 4 ans.

D'une manière générale aucun revêtement imperméable à l'air ne doit recouvrir la surface d'épandage, l'épaisseur de terre ne doit pas dépasser 20 cm et doit être séparé du drain par un feutre géotextile.

Le tuyau d'épandage sera entouré de gravier d'une granulométrie comprise entre 10 et 40 mm sur une largeur et une profondeur qui variera en fonction du type d'épandage choisi.

La longueur d'une tuyauterie ne devra pas dépasser 30 m.

Les longueurs totales de tranchées dépendront de la perméabilité du sol et pourront varier de 45 m à 80 m au plus pour une habitation de cinq pièces principales.

Regards

Les regards de répartition, de bouclage, ou de contrôle seront équipés de tampons étanches à l'air et à l'eau. Les fonds devront être lisses et éviter la stagnation de l'eau.

Géotextiles

Les feutres géotextiles placés au-dessous et au-dessus du filtre n'auront pas les mêmes caractéristiques. Le géotextile de séparation situé entre le

sable et de gravier (celui du bas) devra avoir une résistance à la traction supérieure à 12 kN/m et une maille comprise entre 400 et 600 µm.

Le géotextile de protection située entre le sable et la terre végétale (celui du haut) devra avoir une résistance à la traction supérieure à 12 kN/m et une maille comprise entre 63 et 100 µm.

FILM IMPERMÉABLE

Lorsqu'il est nécessaire de séparer le système filtrant du sol naturel, on utilisera un film en polyéthylène basse densité d'une épaisseur de 200 µm.

TUYAUTERIES D'ÉPANDAGE

Elles sont rigides ou flexibles, les orifices sont toujours dirigés vers le bas.

D'une manière générale, la zone d'épandage ne doit pas être compactée, les engins de terrassement ne doivent pas circuler sur cette zone avant et après la réalisation de l'épandage. L'épandage doit être réalisé par temps sec pour éviter que la pluie ne tasse les fonds de fouilles.

POSTE DE RELEVAGE

Lorsque le réseau d'épandage se situe au-dessus de l'habitation, il sera nécessaire d'installer un poste de relevage capable d'évacuer les eaux usées vers le système de traitement.

Le poste de relevage sera installé après la fosse septique et le préfiltre, son volume sera de 100 l (moins de cinq pièces principales) + 25 l par pièce principale supplémentaire, il sera ventilé.

Un accès devra permettre l'intervention sur la pompe, la tuyauterie d'évacuation sera équipée d'un clapet antiretour.

Le volume pompé à chaque fonctionnement de la pompe ne devra pas dépasser 1/8 de la consommation journalière soit 80 l pour une habitation de moins de cinq pièces principales + 20 l par pièce principale supplémentaire.

La tuyauterie de refoulement devra avoir un diamètre d'au moins 50 mm, son extrémité devra déboucher dans un bac de répartition pour une bonne répartition du fluide dans le réseau d'épandage.

Le débit hydraulique journalier précisé dans la norme XP DTU 64.1 P1.2 est donné dans le tableau 14.1. Le débit de base est de 150 l/habitant/jour.

Tableau 14.1 – Débit hydraulique journalier, norme XP DTU 64.1 P1.2

Nombre d'habitants	Débit hydraulique (m^3/j)
4	0,6
6	0,9
8	1,2
10	1,5
12	1,8
14	2,1
16	2,4

Règles de pose

La fosse septique est implantée de manière à permettre une pente comprise entre 2 et 4 % de la canalisation de raccordement. Elle est posée sur un lit de sable de 10 cm d'épaisseur (lorsque le sol est instable, le sable sera mélangé à du ciment à sec dosé à 200 kg/m^3 sur une épaisseur de 20 cm.

D'une manière générale, on prendra les dispositions nécessaires pour éviter la circulation des engins de chantier sur la future zone d'épandage.

Le remblayage autour de la fosse se fera simultanément des deux côtés avec du sable en maintenant la cuve pleine d'eau.

Pour le choix et la disposition des réseaux d'épandage, on se reportera au DTU.

Fosse chimique

Elle ne concerne que les eaux vannes.

Fonctionnant sans eau ou avec très peu d'eau (le volume de la chasse ne doit pas dépasser 2 l), la dissolution se fait dans la fosse sous l'action d'un produit spécial versé par la cuvette. La ventilation se fait par une tubulure située sur la cuvette ou sur la pipe de raccordement de WC.

L'utilisation des fosses chimiques est réglementée par des arrêtés préfectoraux dont les principales dispositions sont les suivantes :

- Les volumes d'eau introduits dans la fosse doivent être aussi faibles que possible.
- Les substances autorisées sont définies par arrêté préfectoral : soude, potasse, hypochlorite de sodium, de calcium et de potassium. Les additifs seront des parfums naturels ou synthétiques non toxiques.

- Le propriétaire ou le locataire est tenu à une déclaration en préfecture ou en mairie.
- Les fabricants sont tenus de faire remplir un imprimé réglementaire par l'acheteur qu'ils devront retourner aux services d'hygiène. Les fabricants délivreront une instruction d'emploi et d'entretien.
- Tout appareil dont l'installation a été autorisée devra porter une plaque d'identification de construction avec la mention du nombre d'usagers.
- Les appareils ne peuvent être placés qu'au niveau du sol ou du sous-sol.

Il existe des modèles de WC chimiques pour caravanes bungalows… fonctionnant sans eau.

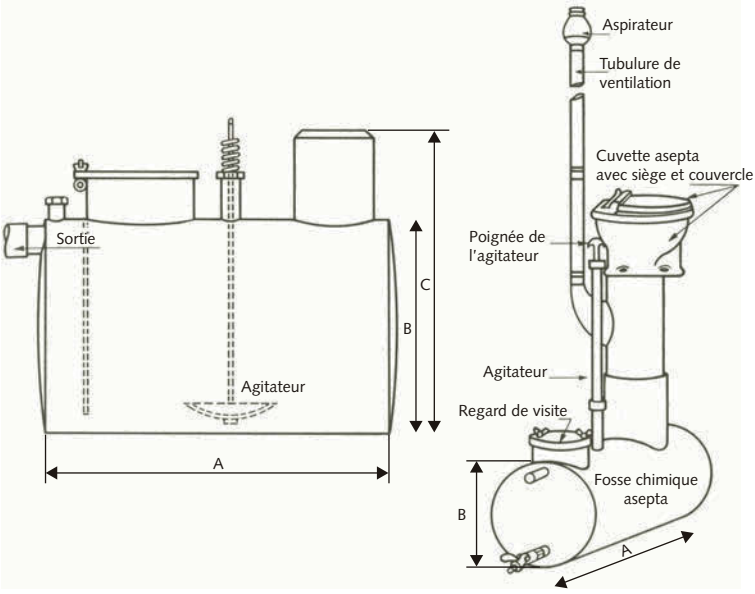


Figure 14.3 – Fosse Asepta

Pour les bâtiments autres que les maisons individuelles, une étude particulière devra être réalisée pour justifier la conception, l'implantation, le dimensionnement et les caractéristiques de l'installation.

15
RÉSEAUX D'INCENDIE

Les règles de protection contre l'incendie dépendent de la nature du bâtiment : habitation individuelle, habitation collective, établissements recevant du public (ERP), immeubles de grande hauteur (IGH)…

Il existe de nombreux textes : des normes, NF EN 671.3, NF EN 12416.2, NF EN 12845, NF S 61.900, NF S 61.933…, des règles APSAD éditée par le CNPP, l'arrêté du 10 septembre 1970, l'arrêté du 31 janvier 1986, relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation, du 3 août 1999 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et ouvrages, l'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement, le Code de la construction et de l'habitation – Titre II : Sécurité et protection contre l'incendie qui détermine le classement des immeubles de grandes hauteurs et des établissements recevant du public

Voici quelques points importants extraits de ces textes et réglementations.

Classement des immeubles de grande hauteur

Un immeuble de grande hauteur est un immeuble dont la hauteur de plancher est supérieure à la hauteur utilisable par les engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie soit 28 m pour tous les bâtiments et 50 m pour les immeubles à usage d'habitation :

- GHA : immeubles à usage d'habitation ;
- GHO : immeubles à usage d'hôtel ;
- GHR : immeubles à usage d'enseignement ;
- GHS : immeubles à usage de dépôts d'archives ;
- GHU : immeubles à usage sanitaire ;
- GHW1 : immeubles à usage de bureaux hauteur de plancher comprise entre 28 et 50 m ;

- GHW2 : immeubles à usage de bureaux hauteur de plancher supérieur à 50 m ;
- GHZ : immeubles à usage mixte.

Classement des établissements recevant du public

Les établissements recevant du public sont classés en 5 catégories en fonction de l'effectif du public et du personnel pouvant se trouver dans les locaux :

- 1re catégorie : effectifs supérieurs à 1 500 personnes ;
- 2e catégorie : effectifs compris entre 701 et 1 500 personnes ;
- 3e catégorie : effectifs compris entre 301 et 700 personnes ;
- 4e catégorie : effectifs inférieurs à 300 personnes ;
- 5e catégorie : établissement particulier à faible capacité d'accueil.

Réaction au feu des matériaux

La réaction au feu des matériaux représente son aptitude à s'enflammer ou à contribuer au démarrage et à la propagation d'un incendie. Il existe 2 classements.

Classement M

Il est progressivement remplacé par le classement Euroclasse européen :

- M0 : Matériaux incombustibles.
- M1 : Matériaux non inflammables.
- M2 : Matériaux difficilement inflammables.
- M3 : Matériaux moyennement inflammables.
- M4 : Matériaux facilement inflammables.
- M5 : Matériaux très facilement inflammables.

Classement Euroclasse

L'arrêté du 21 novembre 2002 met en application le classement européen des Euroclasses – NF EN 13501.1.

Les classes M0 à M4 sont remplacées par les classes A1 à F, pour les produits ayant un marquage CE.

Le verre, la brique, le plâtre et le plâtre armé de fibres de verre, les bétons, mortier de ciment et de chaux, la vermiculite, le ciment, la pierre

et l'ardoise, le fer, la fonte, l'acier, l'aluminium, le zinc, le plomb…, les produits céramiques… sont classés conventionnellement A1.

Tableau 15.1 – Réaction au feu des matériaux

Euroclasses – NF EN 13501.1			**Classement M**
A1			Incombustible
A2	s1	d0	M0
A2	s1	d1	M1
A2	s2	d0	
	s3	d1	
B	s1	d0	
	s2	d1	
	s3		
C	s1	d0	M2
	s2	d1	
	s3		
D	s1	d0	M3
D	s2	d1	M4 sans gouttes
	s3		
Autres classes que E-d2 et F			M 4

L'indice s représente le taux de développement des fumées (accélération de la production) et la production totale des fumées en 10 min (s pour *smoke*) :

- s1 : faible taux de développement et production de fumée ;
- s2 : taux de développement et production de fumée plus importante ;
- s3 : tous matériaux ayant des caractéristiques différentes de s1 ou s2.

L'indice d représente la formation de gouttelettes ou de particules enflammées (d pour *droplets*).

- d0 : aucune gouttelette avant 10 minutes ;
- d1 : les gouttelettes produites avant 10 min ne persistent pas plus de 10 s ;
- d2 : matériaux ayant des caractéristiques différentes de d0 et d1.

On parlera aussi de résistance au feu d'une cloison ou d'une paroi en précisant son temps de résistance au feu. La **résistance au feu** indique le temps pendant lequel un élément de construction conserve ses propriétés physiques et mécaniques lors d'un feu. On a le classement suivant :

- SF : stable au feu – résistances mécaniques conservées ;
- PF : pare-flamme – évite en plus la propagation du feu, des gaz de combustion et des fumées ;
- CF : coupe-feu – il est par-flamme et évite la propagation de chaleur ;

Le temps est indiqué en fraction d'heures (1/4 h, 1/2 h, 3/4 h, 1 h… 6 h) ou en minutes PF 90 pour 90 min.

La réglementation européenne propose trois classes :

- R : résistance mécanique ;
- E : étanchéité au gaz et aux flammes ;
- I : isolation thermique.

Ces indices sont suivis d'un chiffre correspondant aux minutes.

Lors du passage d'une tuyauterie à travers une cloison, un mur ou un plancher, il faudra s'assurer de la résistance au feu des fourreaux et tuyauteries utilisés.

Branchements intérieurs

Le branchement d'incendie est généralement réalisé séparément du reste de l'installation. Des compteurs proportionnels permettent d'éviter le blocage du compteur en cas de soutirage important.

L'installation est constituée d'une vanne d'isolement générale, d'un disconnecteur, parfois d'un clapet antiretour supplémentaire (figure 15.1) et d'une vanne d'isolement (figure 15.2) après le disconnecteur (pour permettre la maintenance).

Le réseau d'eau resté sous pression alimentera des dévidoirs équipés de lances d'incendie. Le réseau RIA (robinets d'incendie armés) est repéré par des plaques précisant le mot « incendie », les tuyauteries et robinets sont de couleur rouge (figure 15.3). L'alimentation en eau des RIA doit être permanente, ils doivent être accessibles à tous pour permettre une action immédiate. On les trouve dans les bâtiments industriels, commerciaux, agricoles ou tertiaires.

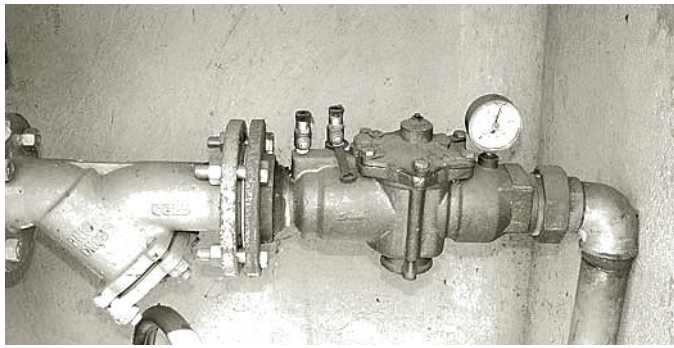


Figure 15.1 – Clapet antiretour et disconnecteur

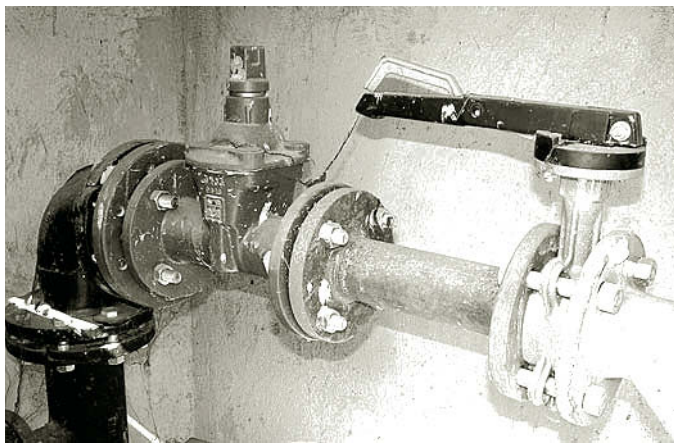
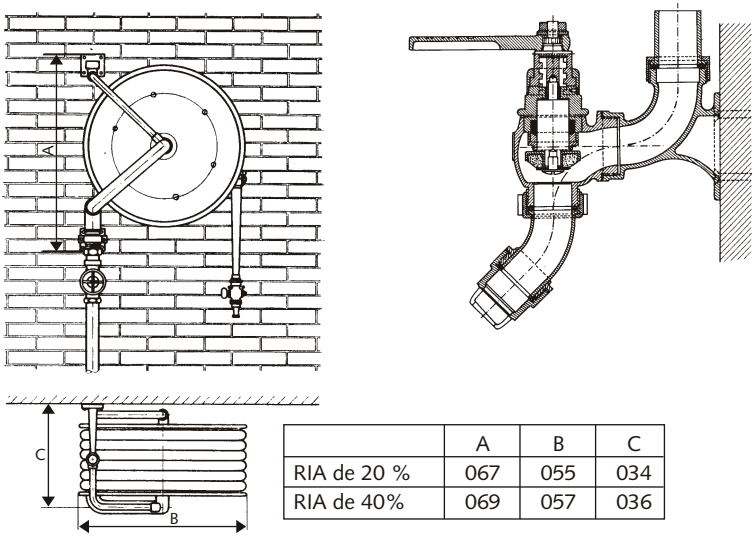


Figure 15.2 – Vanne d'abonné et vanne à papillon



	A	B	C
RIA de 20 %	067	055	034
RIA de 40%	069	057	036

Figure 15.3 – Dévidoir pivotant et robinet d'incendie armé (RIA) à 1/4 de tour de 40 mm

On trouve aussi des colonnes sèches dans les établissements recevant du public, les bâtiments d'habitation ou les parcs de stationnement couverts qui seront mises en eau par les pompiers lors d'une intervention.

Bouches et poteaux d'incendie

On distingue principalement deux modèles : les modèles ordinaires et les modèles incongelables (figure 15.4). Dans une bouche incongelable, la soupape du robinet est placée en bas d'un tube de rallonge d'environ 1 m (à cette profondeur, le gel des conduites est quasiment impossible). Le tube est vidangé à chaque fermeture de la soupape. Les raccords d'extrémité sont des raccords normalisés.

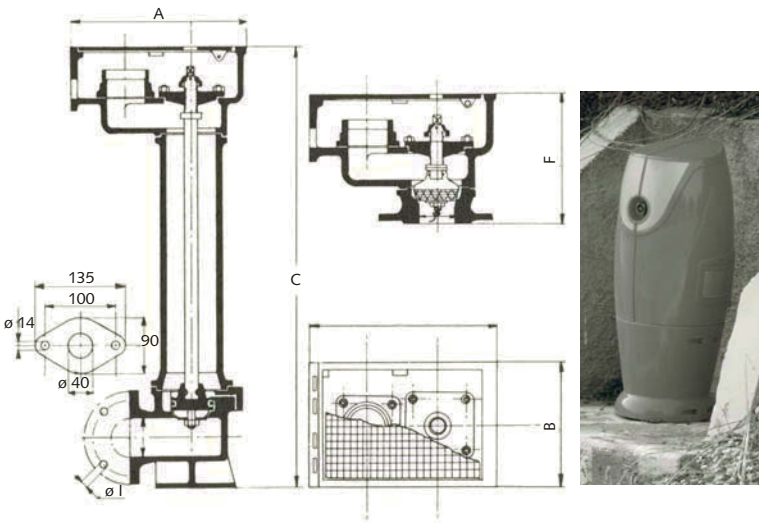


Figure 15.4 – Bouches d'incendie Piel

Les poteaux d'incendie doivent pouvoir fournir un débit de 60 m³/h sous une pression de 1 bar.

Extincteurs

RÉSEAU D'EXTINCTION AUTOMATIQUE SPRINKLER

Dans certains établissements recevant du public, les réseaux d'extinction automatique sont obligatoires ; une ampoule de quartz se brise sous l'action de la chaleur dégagée par le feu et libère la soupape. L'eau est pulvérisée avec violence et grande vitesse sur le feu. Ce type d'installation est réglementé et fait l'objet d'une étude particulière.

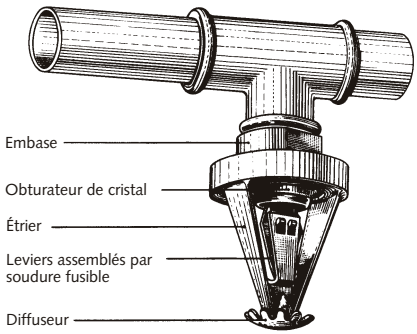


Figure 15.5 – Extincteur automatique sprinkler, Ledoux SPI



Rappel

Dans les établissements commerciaux recevant du public, toute utilisation de flamme doit être signalée au service de sécurité et d'incendie et nécessite une autorisation de feu.

EXTINCTEURS À POUDRE

On trouvera dans certaines installations (brûleur fioul) des extincteurs automatiques à poudre positionné au-dessus des brûleurs et destinés à éteindre automatiquement un départ de feu.

Extincteur manuel

De la même manière, un extincteur manuel devrait être à disposition lors de l'utilisation d'une flamme. Il existe des petits modèles d'extincteurs que l'on peut fixer facilement sur un chalumeau portable.

Les extincteurs manuels sont classés par catégorie en fonction du type de feu sur lequel ils peuvent être utilisés :

- classe A : feu de solides (papiers, cartons, bois, tissus, etc.) ;
- classe B : feu de liquide ou solide liquéfiable (hydrocarbures, peinture, huile, etc.) ;
- classe C : feu de gaz ou d'origine électrique ;
- classe D : feu de métaux.

Les feux de gaz ne doivent jamais être éteints avant d'avoir fermé l'arrivée de gaz.

Agents extincteurs

On trouvera principalement trois sortes d'agents extincteurs :

- l'eau (couleur bleue) ;
  - l'eau pulvérisée est utilisée sur les feux de classe A,
  - l'eau pulvérisée avec additif est utilisée sur les feux de classe A ou B ;
- les poudres (couleur jaune) sont utilisées sur les feux de classe A, B ou C ;
  - les gaz (CO_2) (couleur rouge) sont utilisés sur les feux de classe B.

Pour les feux de classe D, on utilise des poudres spéciales.

Sur les feux d'origine électrique, on préférera utiliser des extincteurs au CO_2 qui permettent de ne pas détériorer le matériel.

Il faudra dans tous les cas consulter le mode d'emploi des extincteurs (avant un incendie).

Détection

On distingue trois grands groupes de détecteurs : les détecteurs de fumée, de chaleur et de flamme.

Dans les habitations individuelles, on utilise principalement des détecteurs de fumée rendus obligatoires par la loi du 13 octobre 2005 qui prévoit un délai maximum de cinq ans pour sa mise en application.

On doit installer également des détecteurs de CO dans toutes les pièces ayant un appareil à combustion (chaudière, chauffe-eau, poêle, cheminée, etc.).

16
INSTALLATIONS GAZ

Les règles de l'art des installations gaz sont définies dans :

- le DTU 61.1 – P 45-204 – Août 2006 – Installations de gaz dans les locaux d'habitation – Parties 1 à 6, qui remplace ou modifie les textes de 1982 ;
- le NFDTU 61.1 – P 7 – Décembre 2008 – Règles de calculs qui remplace l'additif n° 4 (novembre 1997 – ATGB84) ;
- le DTU 24.1 – P 51-201 – Février 2006 – Travaux de fumisterie – systèmes d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils – Parties 1 à 3 ;
- le DTU 65.4 – Chaufferies aux gaz et hydrocarbures liquéfiés ;
- le DTU 68.2 – VMC Gaz ;
- les spécifications ATG B 171 – Dimensionnement des canalisations après compteur ;
- le cahier des charges ATG C.321.4 – Mini-chaufferies à combustibles gazeux ;
- la norme XP P 45-500 – Mars 2007 – Diagnostic des installations gaz situées à l'intérieur des bâtiments d'habitation ;
- la norme NF X 50-010 – Novembre 2007 – Contrats d'entretien chaudières ;
- l'arrêté du 2 août 1977 modifié ;
- l'arrêté du 24 mars 1982 – Aération des logements ;
- l'arrêté du 12 août 1993 – Chauffe-eau sans triple sécurité ;
- l'arrêté du 30 mai 1989 – VMC gaz ;

complétées pour les chaufferies de :

- l'arrêté du 23 juin 1978 ;
- le DTU 65-4 – Chaufferies.

La totalité de ces textes réglementaires ne peut être traitée dans le présent chapitre, il faudra se reporter à des ouvrages spécialisés sur la réglementation gaz, de la même manière, la partie chaufferie et mini-chaufferie ne sera pas traitée dans le détail.

Il est bon de rappeler que l'entretien des installations intérieures gaz est de la responsabilité de l'usager.

Définitions

On trouvera ci-dessous quelques définitions de termes techniques utilisés dans les installations gaz.

POUVOIR CALORIFIQUE SUPÉRIEUR (PCS)

Le pouvoir calorifique supérieur représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1 m^3 de gaz dans les conditions normales (1 013 mbar et 15 °C), toute la vapeur d'eau provenant de la combustion étant condensée. Dans les chaudières à condensation, une partie de la vapeur d'eau est condensée, on récupère la chaleur latente contenue dans la vapeur d'eau.

Il est exprimé en kWh/$m^3_{(n)}$ ou en kWh/kg.

Le rapport PCI/PCS est de 0,90 pour les gaz naturels, de 0,92 pour les GPL, 0,93 pour le fioul domestique et 0,95 pour le charbon.

POUVOIR CALORIFIQUE INFÉRIEUR (PCI)

Le pouvoir calorifique inférieur représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1 m^3 de gaz dans des conditions normales (1 013 mbar et 15 °C), la vapeur d'eau provenant de la combustion n'étant pas condensée. C'est le cas des chaudières classiques : PCI = PCS – chaleur latente.

Il est exprimé en kWh/$m^3_{(n)}$ ou en kWh/kg. Il permet de calculer la quantité d'énergie contenue dans une bouteille, par exemple : une bouteille de 13 kg de propane contient $13 \times 12{,}8 = 165$ kWh.

LIMITE INFÉRIEURE D'INFLAMMABILITÉ OU D'EXPLOSIVITÉ (LIE)

Elle correspond au pourcentage minimal de gaz dans l'air pour qu'il y ait combustion ou explosion. En dessous de cette valeur, le mélange est trop pauvre.

LIMITE SUPÉRIEURE D'INFLAMMABILITÉ OU D'EXPLOSIVITÉ (LSE)

Elle correspond au pourcentage de gaz maximal au-delà duquel le mélange est trop riche en gaz. Il n'y a plus de combustion ou d'explosion possible par manque d'air.

La combustion ne peut se produire qu'entre ces deux limites. Chaque gaz possède des valeurs différentes, le gaz utilisé ayant la plus large plage de combustion est l'acétylène (2,5 à 80 %).

Point de rosée

Il correspond à la température de condensation de la vapeur d'eau contenue dans les produits de combustion. Si la température des fumées ou une surface en contact avec les fumées est à une température inférieure ou égale à la température du point de rosée, la vapeur d'eau va se condenser à l'intérieur du conduit de fumée.

Le point de rosée varie en fonction de l'excès d'air (tableau 16.1)

Tableau 16.1 – Température du point de rosée des fumées en fonction de l'excès d'air

Excès d'air de la combustion* (%)	Température à laquelle la vapeur d'eau se condense (°C)
0	62
50	56
100	50
200	44
300	38
500	22
infini	10

* % d'air en plus par rapport à la combustion stœchiométrique.
10 °C correspond à la température à laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air se condense.

Rendement

Le rendement d'un appareil correspond au rapport entre la puissance absorbée et la puissance utile.

$$Rendement\ \eta = \frac{Puissance\ transmise\ à\ l'eau}{Puissance\ absorbée} = \frac{P\ Utile}{P\ Calorifique}$$

On distingue le rendement sur PCI et le rendement sur PCS. Quel que soit le type de chaudière, l'énergie disponible ne dépend que du combustible utilisé et de son pouvoir calorifique. En France on effectue les calculs de rendement sur le PCI.

Exemples

Si on brûle 9,5 m³ de gaz naturel de type H, la puissance absorbée sur PCS est de 110 kW et la puissance absorbée sur PCI de 100 kW, on peut calculer le rendement (figure 16.1).

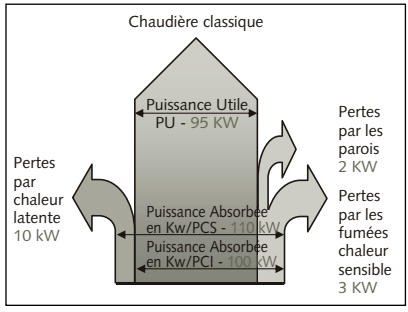


Figure 16.1 – Chaudière classique

Pour une chaudière classique (figure 16.1), le rendement sur PCI est de :

$$\frac{95}{100} = 0{,}95 = 95\ \%$$

Le rendement sur PCS est de :

$$\frac{95}{110} = 0{,}864 = 84{,}6\ \%$$

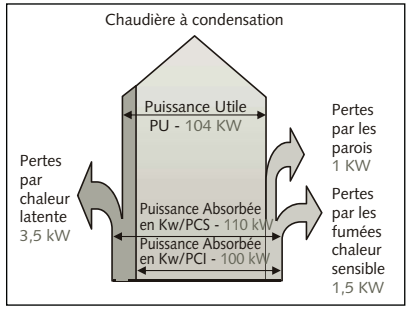


Figure 16.2 – Chaudière à condensation

Pour une chaudière à condensation (figure 16.2), le rendement sur PCI est de :

$$\frac{104}{100} = 1{,}04 = 104\ \%$$

Le rendement sur PCS est de :

$$\frac{104}{110} = 0{,}945 = 94{,}5\ \%$$

On précise rarement le type de rendement calculé, il suffit de rechercher la valeur du pouvoir calorifique utilisée pour déterminer si c'est un rendement sur PCI ou sur PCS.

TEMPÉRATURE DE VAPORISATION

Elle correspond à la température à laquelle le gaz se vaporise. La température de vaporisation du propane commercial est de – 40 °C ce qui permet de laisser les bouteilles à l'extérieur ; celle du butane commercial est de 0 °C ce qui oblige à laisser les bouteilles à l'intérieur de l'habitation.

La vaporisation d'un gaz est un phénomène qui absorbe de la chaleur, elle dépend de l'équilibre température-pression à l'intérieur de la bouteille. La capacité du gaz contenu dans une bouteille à se vaporiser est donc limitée, ce qui limite aussi la puissance de l'installation raccordée :

- bouteille de butane 13 kg à 20 °C : 7 kW ;
- bouteille de propane 13 kg à 10 °C : 14 kW ;
- bouteille de propane 35 kg à 10 °C : 17 kW ;
- citerne de propane 1 tonne à 10 °C : 70 kW.

Si l'on veut augmenter la puissance d'une installation raccordée sur bouteille, il faudra augmenter le nombre de bouteilles.

Caractéristiques générales des gaz

COMBUSTIBLES GAZEUX DISTRIBUÉS EN FRANCE

On trouve principalement 7 combustibles gazeux distribués en France répartie en 3 familles (tableau 16.2) :

- 1re famille : les gaz manufacturés ayant un pouvoir calorifique inférieur à 4,9 kWh/$m^3_{(n)}$; ce sont des gaz de cokerie non utilisés dans les installations domestiques. L'air propané et l'air butané distribués en Corse font partie de cette famille.

- 2e famille : le gaz naturel, on distingue :
  - les gaz de type H (haut pouvoir calorifique) de type Lacq,
  - les gaz de type L (bas pouvoir calorifique – *Low* en anglais) distribués uniquement dans le nord de la France.
- 3e famille : les gaz de pétrole liquéfiés (GPL), butane et propane et mélanges d'air.

Gaz de France distribue du gaz naturel partout où son réseau le permet, du propane dans les régions où le réseau n'existe pas, de l'air propané 15,7 dans les régions où il est prévu une extension du réseau gaz naturel, en Corse de l'air propané 7,5 (Bastia) et de l'air butané 7,3 (Ajaccio).

Tableau 16.2 – Caractéristiques des gaz utilisés dans les installations domestiques

	Gaz naturel H	**Gaz naturel L**	**Butane**	**Propane**	**Air butané 7,3**	**Air propané 7,5**	**Air propané 15,7**
Symbole	G 20	G 25	B	P	AB 7,3	AP 7,5	AP 15,7
Formule chimique	CH_4	CH_4	C_4H_{10}	C_3H_8			
LIE (%)	4,5	4,5	1,8	2,4	10,5	8,7	4,2
LSE (%)	15	15	8,4	9,5			
Densité	0,5 à 0,7	0,6 à 0,7	2	1,5	1,2	1,1	1,3
PCS (kWh/$m^3_{(n)}$)	11,5	10,3	35,6	27,5	7,3	7,5	15,7
PCI (kWh/$m^3_{(n)}$)	10,5	9,3	32,9	25,4	6,7	6,9	14,4
PCS (kWh/kg)			13,7	13,8			
PCI (kWh/kg)			12,7	12,8			
Température de vaporisation (°C)	– 162		0	– 44			
Pression de distribution (mbar)	20 300	25	29	37	8		
Pression Mini-Maxi	17 - 25	20 - 30	20 - 35	25 - 45	6 - 15		
Température d'inflammation (°C)	650	670	410	500	410	500	500
Odorisation	Tétrahydrotiopène				Mercaptan		

PRESSIONS DE DISTRIBUTION

La pression dans une habitation ne doit pas dépasser 4 bar, la pression dans le réseau de distribution est définie en classes de pression :

Pour le réseau gaz naturel :

- Basse pression : jusqu'à 50 mbar inclus, 20 mbar pour le gaz naturel de type H et 25 mbar pour le gaz naturel de type B.
- Moyenne pression A : de 50 mbar à 400 mbar inclus.
- Moyenne pression B : de 0,4 bar à 4 bar inclus.

On trouve des pressions supérieures sur le réseau de transport de Gaz de France et il existe encore quelques réseaux particuliers où l'on trouve une pression de 50 mbar.

Des limiteurs de pression doivent être installés avant l'alimentation de l'installation intérieure.

Pour le réseau GPL :

- Basse pression : inférieure à 200 mbar.
- Moyenne pression : de 200 mbar à 1,75 bar (la pression de la première détente est de 1,5 bar).

VARIATION DE LA PRESSION DANS LES RÉSEAUX EN FONCTION DE L'ALTITUDE

Les gaz distribués ne sont pas purs à 100 %, ils sont souvent constitués de mélange de gaz. La densité des gaz varie de 0,5 à 2, ils sont soit plus légers soit plus lourds que l'air. Il en résulte une augmentation de la pression statique dans les points hauts pour les gaz légers et dans les points bas pour les gaz lourds.

La pression varie de $0{,}1293 \times (1 - d)$ mbar quand l'altitude varie d'1 m (d étant la densité du gaz par rapport à l'air).

Le tableau 16.3 indique les variations de pression dues à une différence d'attitude de 1 m pour les gaz de densité comprise entre 0,40 et 2.

Tableau 16.3 – Variation de la pression en fonction de l'altitude

Densité du gaz	Variations de pression pour une élévation de 1 m (mbar)	Densité du gaz	Variations de pression pour une élévation de 1 m (mbar)
0,4	+ 0,0776	1,1	– 0,0130
0,5	+ 0,0647	1,2	– 0,0260
0,6	+ 0,0518	1,3	– 0,0389
0,7	+ 0,0389	1,4	– 0,0518
0,8	+ 0,0260	1,5	– 0,0647
0,9	+ 0,0130	1,6	– 0,0776
1	0	2	– 0,1293



Exemple

Pour un gaz naturel de densité 0,5, la différence de pression entre le rez-de-chaussée et le cinquième étage d'un immeuble (soit une élévation de 15 m) est de :

$$0{,}0647 \times 15 = 0{,}97 \text{ mbar}$$

Si la pression au rez-de-chaussée est de 20 mbar, au cinquième étage, elle sera de :

$$20 + 0{,}97 = 20{,}97 \text{ mbar}$$

Pour éviter ce phénomène, on installe un limiteur ou écrêteur de pression qui sera positionnée soit à l'entrée des compteurs individuels, soit sur la conduite montante.

MESURE DE PRESSION

Les mesures de pression s'effectuent à l'aide d'un manomètre à aiguilles ou d'un manomètre électronique. Il faudra veiller à ne pas soumettre un manomètre à une pression supérieure à sa pression maximale car cela endommagerait son mécanisme de mesure (figure 16.3).

Les manomètres électroniques permettent de mesurer aujourd'hui de très faibles valeurs, l'utilisation de manomètres à eau reste possible même si leur utilisation est délicate.

Il faut relier l'appareil à l'aide d'un tuyau flexible à la tuyauterie sous pression et ouvrir progressivement le robinet. La lecture s'effectue en mesurant à l'aide de la réglette graduée la différence de hauteur entre A' et B'.

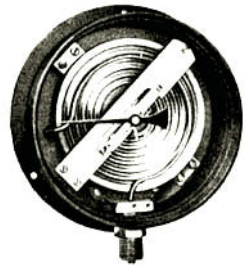


Figure 16.3 – Manomètre à capsule Bourdon

COMBUSTION DES GAZ

La combustion correspond à une réaction chimique oxydante qui dégage de la chaleur, elle n'est possible que si l'on réunit 3 conditions :

- un combustible ;
- un comburant : l'oxygène contenu dans l'air (20,8 % O_2 + 78,1 % d'azote N_2 + 0,1 % gaz rares) ;
- une énergie d'activation (source de chaleur, étincelle…).

Il faut que le mélange air-gaz soit de bonne qualité (mélange homogène, pourcentage compris entre LIE et LES). Chaque type de combustible a des caractéristiques de combustion qui lui sont propres, on peut caractériser une équation en parlant de volume équivalent.

■ Combustion du gaz naturel

Équation **stœchiométrique** (équation neutre ou parfaite) :

$$CH_4 + \overbrace{2O_2 + 8N_2}^{\text{Air}} \rightarrow CO^2 + 2H_2O + 8N_2 + \text{Chaleur}$$

1 m³ 10 m³ 1 m³ 2 m³ 8 m³

La combustion de 1 m³ de gaz naturel avec 10 m³ d'air dégage 1 m³ de CO_2, 2 m³ de vapeur d'eau et 8 m³ d'azote. Le volume des fumées sèches (sans la vapeur d'eau) est de 9 m³.

■ Combustion du propane

Équation stœchiométrique (équation neutre ou parfaite) :

$$\overbrace{C_3H_8 + 5O_2 + 20N_2}^{\text{Air}} \rightarrow 3CO^2 + 4H_2O + 20N_2 + \text{Chaleur}$$

1 m³ 25 m³ 3 m³ 4 m³ 20 m³

La combustion de 1 m³ de propane avec 25 m³ d'air dégage 3 m³ de CO_2, 4 m³ de vapeur d'eau et 20 m³ d'azote. Le volume des fumées sèches (sans la vapeur d'eau) est de 23 m³.

Dans la pratique, on ne réalise jamais la combustion stœchiométrique qui reste une combustion théorique.

On distingue **4** autres **types de combustion** :

- La **combustion incomplète en manque d'air :** il y a un manque d'oxygène ou un mauvais mélange. On retrouve dans les fumées du CO, de l'H_2 de l'O_2.
- La **combustion incomplète en excès d'air** : il y a trop d'air et un mauvais mélange (passage trop rapide dans le foyer), la tête de combustion est mal réglée. On retrouve dans les fumées du CO, de l'H_2 de l'O_2.
- La **combustion complète en manque d'air** : il n'y a pas assez d'air pour brûler tout le gaz mais tout l'oxygène a réagit, on trouve du monoxyde de carbone CO et de l'hydrogène H_2 dans les fumées.
- La **combustion complète en excès d'air :** tout le gaz brûle, il n'y a que du CO_2 de l'O_2 en excès dans les fumées.

On ne doit pas trouver de CO dans les fumées (gaz instable, explosif, toxique), sa valeur doit être inférieure à 100 ppm.

La seule combustion acceptable est la **combustion complète en excès d'air**.

L'excès d'air entraîne une perte de chaleur (augmentation de la température des fumées), il faudra donc trouver l'excès d'air optimal pour la combustion (pas de risque de CO, peu de pertes de rendement).

Lorsque la combustion produit du monoxyde de carbone (CO), c'est le signe d'un mauvais réglage ou d'un manque d'entretien.

■ Valeurs de la combustion

□ % CO_2 maximum (CO_2 max)

C'est le pourcentage maximum de CO_2 possible pour un combustible donné contenu dans les fumées sèches (dans la combustion stœchiométrique).

Pour le gaz naturel GN 20, dans les 9 m³ de fumées sèches, il y a 1 m³ de CO_2 :

$$1/9 \times 100 = 11{,}1\ \%$$

En prenant les proportions réelles, on trouve 11,8 %.

CO_2 max = 11,8 % pour le gaz naturel de type H.

Lorsqu'on est en excès d'air, le volume des fumées augmente, et le pourcentage de CO_2 dans les fumées sèches diminue.



Attention

Si on trouve une valeur de % CO_2 supérieure lors des mesures, c'est qu'il y a une erreur ou que l'appareil est mal paramétré.

Tableau 16.4 – Valeurs de la combustion

	% CO_2 max
Gaz naturel GN 20 – GN 25	11,8
Propane G 31	14,1
Butane G 30	14,3
Air propané	14,1
Air butané	14,3

□ **Taux d'aération – facteur d'air (n ou λ)**

C'est le rapport entre l'aération réelle et l'air stœchiométrique. Il s'exprime en m³ d'air réel par m³ d'air stœchiométrique.

On pourra retenir les valeurs suivantes :

- Combustion neutre : **n = 1 ou λ = 1.**
- Combustion en excès d'air : **n > 1.**
- Combustion en défaut d'air : **n < 1.**

□ **Excès et défaut d'air (e)**

C'est la proportion d'excès ou de défaut d'air par rapport à l'air stœchiométrique.

Dans la pratique, on utilise seulement λ et e pour effectuer le réglage d'un brûleur.

On aura les correspondances suivantes :

$$\lambda = 1,15$$

e = 0,15 = 15 % d'air en plus que la combustion stœchiométrique.

Détermination des diamètres des tuyauteries d'une installation domestique après compteur

Les règles de calcul permettant de déterminer le diamètre intérieur d'une tuyauterie d'alimentation en gaz domestique (après compteur) sont définies dans le nouveau DTU 61.1 – P 7 – Décembre 2008 (règles de calculs).

La partie de l'installation située après compteur ou après l'organe de coupure est appelée **installation intérieure** (même si une partie se situe à l'extérieur de l'habitation).

La méthode sera similaire à la méthode employée pour les tuyauteries d'eau. On déterminera le diamètre de la tuyauterie en fonction :

- des pertes de charge admissibles ;
- de la longueur totale de la tuyauterie ;
- du débit gaz (et donc de la puissance) à fournir ;
- du type de gaz et de sa pression de service.

Les installations de gaz susceptibles d'être converties ultérieurement au gaz naturel doivent être calculées pour l'utilisation du gaz naturel.

PERTES DE CHARGE ADMISSIBLES

Les pertes de charge admissibles entre la sortie du compteur et un appareil d'utilisation sont les suivantes :

- **Immeubles individuels :**
  - 1 mbar lorsque le compteur est en limite de propriété ;
  - 0,5 mbar lorsque le compteur est dans le logement.
- **Immeubles collectifs :**
  - 1 mbar lorsque le compteur est dans un local technique ;

- 0,5 mbar lorsque le compteur est dans le logement, une coursive ou une gaine.

DÉTERMINATION DES LONGUEURS

On déterminera la tuyauterie principale (communes à plusieurs appareils) qui alimente l'appareil le plus éloigné à partir du compteur et les tuyauteries secondaires qui sont branchées sur la tuyauterie principale et qui alimentent un ou plusieurs appareils.

Exemple

Dans la figure 16.4, la tuyauterie OABCDE représente la tuyauterie principale, les tuyauteries BG, CH, DF et AI sont des tuyauteries secondaires.

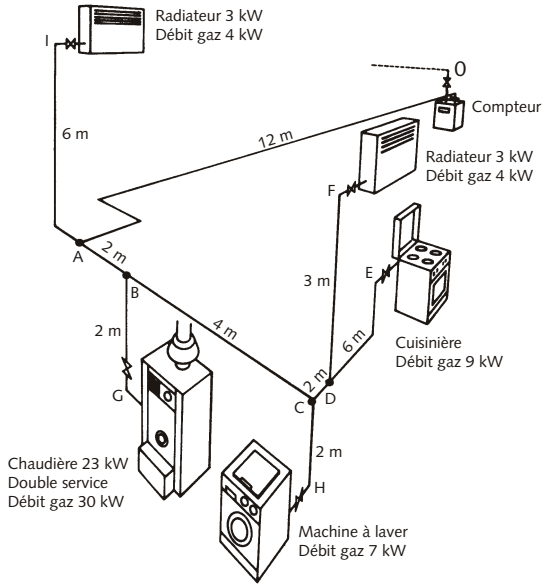


Figure 16.4 – Détermination de la longueur des tuyauteries gaz pour un pavillon dont le compteur est en limite de propriété

Pour prendre en compte les accidents de parcours (coudes, tés, croix, robinets etc.) occasionnant des pertes de charge singulières, on majore forfaitairement de 20 % la longueur réelle afin de simplifier calcul.

DÉTERMINATION DES DÉBITS

Le calcul des débits de chaque tronçon sera déterminé en fonction du nombre d'appareils qu'il alimente :

1 appareil : débit de l'appareil ;

2 appareils : somme des débits des deux appareils ;

> 2 appareils : somme des débits des deux appareils les plus puissants + la moitié des débits des autres appareils.

On tiendra compte des débits forfaitaires donnés par le DTU 61.1 – P7 pour le calcul du calibre des tuyauteries :

Cuisine :	9 kW
Chauffe-eau 8,72 kW :	12 kW
Chauffe-eau 17 kW :	23 kW
Chauffe-eau 23 kW :	30 kW
Chauffe-eau 28 kW :	37 kW
Accumulateur à chauffe normale :	2 kW
Accumulateur à chauffe rapide :	6 kW
Chauffage :	1,3 × Puissance de l'appareil en kW

DÉTERMINATION DES CALIBRES DES TUYAUTERIES EN FONCTION DU TYPE DE GAZ

Une installation gaz est définie par son calibre, celui-ci correspond au diamètre intérieur ou au diamètre nominal d'une tuyauterie ou d'un accessoire. Par exemple : tubes acier 26,9 × 2,6 ou cuivre 22 × 1 = DN 20.

Le diamètre intérieur nominal de la tuyauterie raccordée à la sortie du compteur pour les gaz en réseau doit être d'au moins 20 mm (DN 20).

■ Détermination des calibres pour les installations gaz naturel

On utilisera l'abaque de dimensionnement du DTU 61.1 – P7 – règles de calculs. On trouvera ci-dessous les puissances maximales autorisées en fonction du calibre et de la longueur de la tuyauterie (tableaux 16.5 à 16.8).

Tableau 16.5 – Puissances maximales autorisées en fonction du calibre et de la longueur de la tuyauterie – installation gaz naturel 21 mbar autorisant **une perte de charge maximale de 0,5 mbar**:

– Logement individuel : compteur dans le logement
– Logement collectif : compteur dans le logement, une coursive ou une gaine

Gaz naturel – 21 mbar																						
Calibre de la tuyauterie		Longueur de la tuyauterie en m																				
		1,5	2	3	4	5	7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	100	150
6	Cuivre 8 x 1	2,7	2,3	1,9	1,6	1,4	1,2	1										
8	Cuivre 10 x 1 Acier 13,5 x 2,9	7,5	6,5	5	4,4	3,8	3,2	2,7	2,1	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2		
10	Cuivre 12 x 1	15	13	10	8,5	7,5	6	5	4	3,5	3	2,7	2,5	2,3	2,2	2	1,3	1,1
12	Cuivre 14 x 1 Acier 3/8''	22	19	15	13	12	9	7,8	6	5,1	4,5	4,1	3,8	3,5	3,2	3,1	2,1	1,7
15	Cuivre 16 x 1 – 18 x 1 Acier 1/2'' Polyéthylène 20 x 3	35	30	23	20	18	14	12	9,7	8,2	7,5	6,7	6	5,6	5,3	5	3,4	2,7
20	Cuivre 22 x 1 Acier ¾'' Polyéthylène 25 x 3	70	60	48	41	36	30	25	20	18	16	14	13,5	13	12	11	7,5	6
25	Cuivre 28 x 1 Acier 1'' Polyéthylène 32 x 3						70	60	49	41	36	33	30	28	26	25	17	13
32	Cuivre35 x 1 Acier 1''1/4 Polyéthylène 40 x 3,7										70	60	55	52	48	46	31	25
40	Cuivre 42 x 1 Acier 1''1/2 Polyéthylène 50 x 4,6															80	55	45
50	Cuivre 54 x 1,2 Acier 2'' Polyéthylène 63 x 5,8																	70
Les tuyauteries dans les cases grises correspondent aux tuyauteries autorisées à la sortie du compteur Il faut tenir compte des débits forfaitaires d'appareils donnés au paragraphe « Détermination des débits» Les valeurs de puissances maximales de ce tableau sont calculées à partir du DTU 61.1 – P 7 Ces valeurs tiennent compte des pertes de charge singulières (+ 20 %)																		

Dans l'exemple de la figure 16.4, pour un compteur situé dans le logement (perte de charge maximale admissible 0,5 mbar), on effectuera les déterminations de diamètres suivants :

Tuyauterie principale OA :

- les 2 appareils les plus puissants sont :
  - Chaudière : 30 kW
  - Cuisinière : 9 kW
- les autres appareils ont une puissance totale de 15 kW (2 radiateurs à 4 kW et une machine à laver à 7 kW), on ne prendra en compte que la moitié de cette valeur.

Le calcul de la puissance du tronçon OA sera :

30 + 9 + 7,5 = 46,5 kW pour une longueur de 12 m,

à l'aide du tableau 16.5 on peut déterminer le diamètre de la tuyauterie : DN 25 (capable de fournir une puissance allant jusqu'à 49 kW) soit par exemple une tuyauterie en cuivre 28 x 1

Le calcul de la tuyauterie AB sera :

Puissance = 30 + 9 + ((4 + 7)/2) = 44,5 kW pour une longueur de 2 m, le tableau 16.5 nous donne DN 20, soit par exemple une tuyauterie cuivre 22 x 1.

Tuyauterie BC :

Les deux appareils les plus puissants sont 9 kW et 7 kW, le calcul de la puissance sera de :

Puissance = 9 + 7 + (2/2) = 17 kW pour une longueur de 4 m, on trouve un DN 15, soit par exemple une tuyauterie cuivre 18 x 1.

De la même manière, on trouvera :

- Tuyauterie CD : puissance 13 kW pour 2 m soit DN 10 d'après le tableau
- Tuyauterie DE : puissance 9 kW pour 6 m soit DN 12

Dans ce cas les diamètres sont incompatibles, il faut en fait considérer la tuyauterie CE pour une puissance de 9 kW et une longueur de 8 m, le tableau nous donne DN 15 soit une tuyauterie en cuivre 16 x 1 par exemple.

Pour les autres tuyauteries, on trouve :

- Radiateur (AI) : 6 m pour 4 kW soit DN 10 (tuyauterie cuivre 12 x 1)
- Chaudière (BG) : 2 m pour 30 kW soit DN 15 (tuyauterie cuivre 16 x 1 ou 18 x 1)
- Machine à laver (CH) : 2 m pour 7 kW soit DN 10 (cuivre 12 x 1)
- Radiateur (DF) : 3 m pour 4 kW soit DN 8 (cuivre 10 x 1)

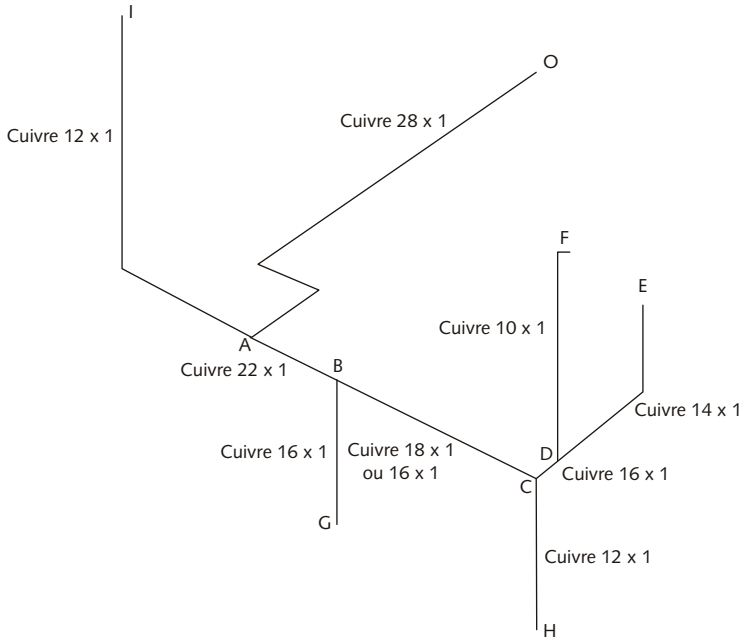


Figure 16.5 – Exemple de dimensionnement d'une tuyauterie gaz naturel (compteur situé dans le logement)

Tableau 16.6 – Puissances maximales autorisées en fonction du calibre et de la longueur de la tuyauterie – installation gaz naturel 21 mbar autorisant **une perte de charge maximale de 1 mbar**:

– Logement individuel : compteur en limite de propriété
– Logement collectif : compteur en local technique

Gaz naturel – 21 mbar																						
Calibre de la tuyauterie		Longueur de la tuyauterie en m																				
		3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
6	Cuivre 8 x 1	1,7	2,3	2,1	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	1								
8	Cuivre 10 x 1 Acier 13,5 x 2,9	7,5	6,5	5,5	5	4,6	4,4	4,1	3,9	3	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
10	Cuivre 12 x 1	15	13	12	10	9	8,5	8	7,5	6	5	4	3,5	3	2,7	2,5	2,3	2,1	2
12	Cuivre 14 x 1 Acier 3/8''	23	19	17	15	14	13	12	11	9	7,5	6	5	4,5	4	3,7	3,5	3,2	2
15	Cuivre 16 x 1 – 18 x 1 Acier 1/2'' Polyéthylène 20 x 3	35	30	26	24	22	20	18	17	14	13	10	8	7,5	6,5	6	5,5	5,2	5
20	Cuivre 22 x 1 Acier ¾'' Polyéthylène 25 x 3	80	70	60	55	50	47	45	41	34	25	20	18	16	14	14	13	12	11
25	Cuivre 28 x 1 Acier 1'' Polyéthylène 32 x 3	200	170	150	135	125	120	110	105	82	72	57	49	43	40	37	34	32	30
32	Cuivre35 x 1 Acier 1''1/4 Polyéthylène 40 x 3,7	350	300	250	230	220	210	190	180	145	120	100	87	77	70	65	60	57	54
40	Cuivre 42 x 1 Acier 1''1/2 Polyéthylène 50 x 4 ,6		550	480	450	400	380	350	330	260	230	180	150	140	130	120	110	97	92
50	Cuivre 54 x 1,2 Acier 2'' Polyéthylène 63 x 5,8				750	700	650	610	580	460	400	320	280	250	220	200	190	180	170
Les tuyauteries dans les cases grises correspondent aux tuyauteries autorisées à la sortie du compteur Il faut tenir compte des débits forfaitaires d'appareils donnés au paragraphe « Détermination des débits » Les valeurs de puissances maximales de ce tableau sont calculées à partir du DTU 61.1 – P 7 Ces valeurs tiennent compte des pertes de charge singulières (+ 20 %)																			

Pour les autres valeurs et un calcul plus détaillé, on consultera les abaques du DTU 61.1 – P 7

■ Détermination des calibres pour les installations butane et propane selon le DTU 61.1 P4

On utilisera les tableaux 16.7 et 16.8 selon la pression dans la tuyauterie.

Tableau 16.7 – Détermination des diamètres intérieurs des canalisations butane 28 mbar, propane 37 mbar* (en mm)

Débit gaz (kg/h)	Longueur des canalisations (m)											
	1	2	4	6	8	10	15	20	25	30	40	50
0,2	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
0,4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10
0,6	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	12	12
0,8	8	8	8	8	10	10	10	10	12	12	12	12
1	8	8	8	10	10	10	12	12	12	14	14	14
1,5	8	8	10	10	12	12	12	14	14	14	16	16
2	8	10	10	12	12	14	14	14	16	16	16	16
2,5	8	10	12	12	14	14	16	16	18	18	18	18
3	10	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	20
3,5	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	20	22
4	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22
4,5	10	12	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24
5	10	12	14	16	16	18	20	20	22	22	24	24

* Les valeurs de ce tableau prennent en compte une perte de charge linéaire de 5 %. Valeurs extraites du DTU 61.1 P4.

Pour les coudes, robinets, accessoires, il faudra ajouter 1 m de tuyauterie par élément.

Tableau 16.8 – Détermination des diamètres intérieurs des canalisations propane 1,5 bar* (en mm)

Débit gaz (kg/h)	Longueur des canalisations (m)											
	5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**100**
2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3	8	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10
4	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	12
5	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	12	12
10	8	10	10	12	12	12	12	14	14	14	14	16
15	10	12	12	12	14	14	14	16	16	16	16	18
20	10	12	14	14	14	16	16	16	18	18	18	20
25	12	14	14	14	16	16	18	18	18	20	20	20
30	12	14	16	16	16	18	18	20	20	20	22	22
35	12	14	16	16	18	18	20	20	20	22	22	24
40	14	16	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24
50	14	16	18	20	20	20	22	24	24	24	26	26

* La pression par temps froid ou lors d'un puisage continu peut descendre à 500 mbar. Ce tableau donne des diamètres intérieurs pour une pression de 500 mbar et une perte de charge linéaire de 100 mbar. Valeurs extraites du DTU 61.1 P4.

Caractéristiques des appareils

Un appareil est caractérisé par :

- sa **puissance nominale** PN : puissance utile maximale indiquée par le fabricant en kilowatt ;
- sa **puissance utile** PU : son réglage réel en kW qui correspond à la quantité de chaleur transmise au fluide caloporteur ;
- sa **puissance calorifique** ou puissance absorbée : P abs, P Cal ou Q cal..., elle correspond à la puissance consommée par le brûleur ;
- son **débit spécifique** : il correspond aux débits d'eau chaude sanitaire pour les appareils à production instantanée ;
- sa **plage de puissance utile** : les appareils ayant une puissance modulante

ou une puissance ajustable sont caractérisés par une plage de puissance (puissance minimale - puissance maximale) ;
- son **rendement nominal** : il correspond au rendement à la puissance nominale de l'appareil.

Les appareils sont classés en fonction de leur raccordement à un conduit de fumée et du mode d'évacuation des fumées.

APPAREILS DE TYPE A

Les appareils de type A ne sont pas raccordés à un conduit d'évacuation des fumées. Les produits de combustion sont libérés dans la pièce :
- Type A : appareils de cuisson.
- Type AS : chauffe-eau non raccordé triple sécurité (contrôle d'atmosphère (CO < 100 ppm), contrôle de flamme, contrôle d'encrassement du corps de chauffe).

Les appareils de type A devront porter les indications suivantes sur une plaque visible (arrêté du 2 août 1977 modifié) :
- à n'utiliser que pour des puisages d'eau de courte durée ;
- laisser toujours libre les orifices obligatoires d'aération de la pièce ;
- faire entretenir périodiquement cet appareil par un professionnel.

APPAREILS DE TYPE B

Les appareils de type B sont conçus pour être raccordés à un conduit d'évacuation des fumées. L'air nécessaire à la combustion est prélevé dans le local où est installé l'appareil. Le conduit naturel devra être conforme à la NF DTU 61.1, NF DTU 24.1 ou au DTU 68.2 (VMC gaz).

■ Appareils de type B 1

Ils sont équipés d'un **coupe-tirage antirefouleur** placé à la sortie du foyer ou sur la buse de sortie de l'appareil. Le coupe-tirage permet de limiter la dépression dans le foyer pour permettre de conserver une combustion de qualité et une flamme stable (figure 16.6). Lorsque le tirage thermique est trop important, l'air de la pièce est aspiré, les conditions de la combustion ne sont pas modifiées. Il abaisse le point de rosée en diluant les fumées.

Lorsque la partie supérieure du coupe-tirage est située à une hauteur supérieure à 1,80 m du sol, il peut remplacer la ventilation haute de la pièce.

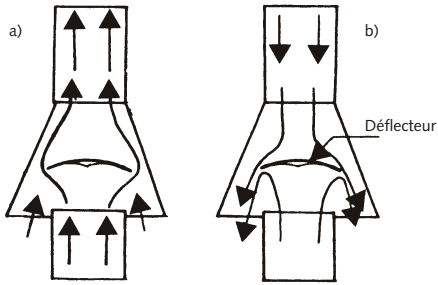


Figure 16.6 – Coupe-tirage : a) aspiration des gaz brûlés et de l'air du local ; b) le déflecteur protège le brûleur du refoulement, les fumées sont rejetées dans le bocal

Les **appareils de type B11** sont équipés d'un dispositif de contrôle de l'évacuation des fumées. Ils doivent être équipés depuis le 1er janvier 1996 d'un **dispositif antidébordement** dont le but est de mettre à l'arrêt ou en sécurité l'appareil si le tirage thermique n'est pas suffisant. On pourra trouver :

- **B 11BS** : un dispositif de contrôle thermique appelé généralement **SPOTT** (système permanent d'observation du tirage thermique). Cette sécurité est assurée par un contrôle de température au niveau du coupe-tirage, l'appareil portera la référence **BS**, c'est le cas des chaudières, chauffe-bain, accumulateurs gaz, radiateurs gaz...
- **B 11AS :** un dispositif de contrôle d'atmosphère ; l'appareil portera la référence **AS**, c'est le cas de certains radiateurs gaz ou chauffe-eaux.

Les **appareils de type B12** sont équipés d'un ventilateur placé en aval de la chambre de combustion.

Les **appareils de type B13** sont équipés d'un ventilateur placé en amont de la chambre de combustion.

■ Appareils de type B2

Ils ne sont pas équipés d'un coupe tirage antirefouleur :

- **appareil de type B 21** : ils n'ont pas de ventilateur (tirage naturel) ;
- **appareil de type B22** : ils sont équipés d'un ventilateur placé en aval de la chambre de combustion (chaudière à condensation) ;

- **appareil de type B23** : ils sont équipés d'un ventilateur placé en amont de la chambre de combustion (chaudière à condensation).

Il est fortement recommandé de raccorder les appareils de type B22 ou B23 aux conduits de fumée à l'aide de conduits de raccordement rigide.



Attention

Depuis le 1er janvier 2006, l'installation d'un appareil de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire non étanche est interdite dans les salles de douche ou les salles de bains. Seul le remplacement d'appareils (délivrance d'un certificat de conformité modèle 4) est autorisé.

Les appareils raccordés à un conduit d'évacuation des fumées par extraction mécanique doivent être équipés d'un système de sécurité provoquant la mise à l'arrêt automatique de l'appareil en cas de défaut de fonctionnement de l'extraction mécanique.

Les appareils raccordés à une VMC gaz doivent être équipés d'une sécurité collective conforme à l'arrêté du 30 mai 1989.

APPAREILS DE TYPE C : APPAREILS ÉTANCHES

Les appareils de type C à circuit étanche ne communiquent en aucune manière avec l'air du local où l'appareil est installé ni avec l'air des locaux traversées par la ventouse.

La combustion a lieu dans un caisson étanche, l'alimentation en air et l'évacuation des produits de combustion s'effectue par une double tuyauterie étanche (évacuation des gaz brûlés à l'intérieur, alimentation en air neuf à l'extérieur) appelé ventouse.

Ces appareils ne sont pas raccordés à un conduit de fumées (exception faite du conduit spécial 3CE).



Remarque

Un appareil à circuit étanche peut être installé dans une pièce non ventilée, non aérée ainsi que dans une salle de douche ou une salle de bains.

L'identification des appareils est définie par le Comité européen de normalisation (figure 16.7).

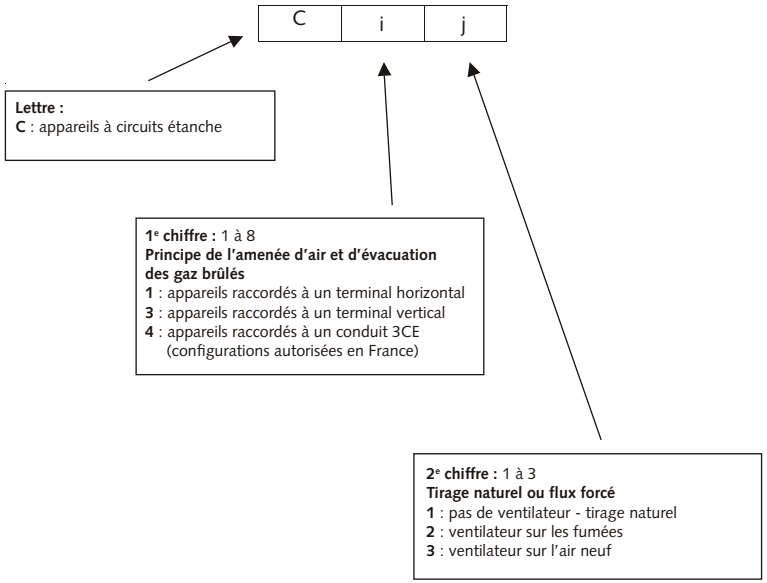


Figure 16.7 – Identification CEN des appareils

Les appareils de type C3 peuvent avoir un conduit concentrique ou deux conduits dissociés situés dans un carré de 50 cm de côté.

L'installateur doit vérifier la conformité des conduits d'évacuation avec l'appareil selon le type de gaz employé, ainsi que la longueur totale du conduit et le nombre de coudes.

Seul le dernier élément peut être coupé. Dans les autres cas, il faudra utiliser des éléments réglables et respecter les consignes du constructeur. Les éléments verticaux doivent être montés emboîtures vers le haut.

Les conduits ne doivent pas être incorporés dans la maçonnerie, seules les traversées sous fourreau sont autorisées (l'espace entre eux le conduit et le fourreau doit être colmaté par un produit neutre), les colliers de fixation doivent se trouver sous les emboîtures (figure 16.8).

Les chaudières qui ne sont pas à condensation ayant un conduit horizontal doivent avoir une pente de 3 % descendante vers l'extérieur.

Les chaudières à condensation ayant un conduit horizontal doivent avoir une pente de 3 % descendante vers l'appareil.

Les conduits des appareils de type C11, C12, C13, C31, C32, C33, C42 et C43 doivent se situer dans un coffrage lorsqu'ils traversent d'autres pièces de l'habitation que celle où se trouve l'appareil (figure 16.8).

Seuls les conduits des appareils de type C31, C32, C33 peuvent traverser des pièces situées dans d'autres logements ou des locaux communs à condition d'être placés dans une gaine coupe-feu 1/2 h en matériaux M0.

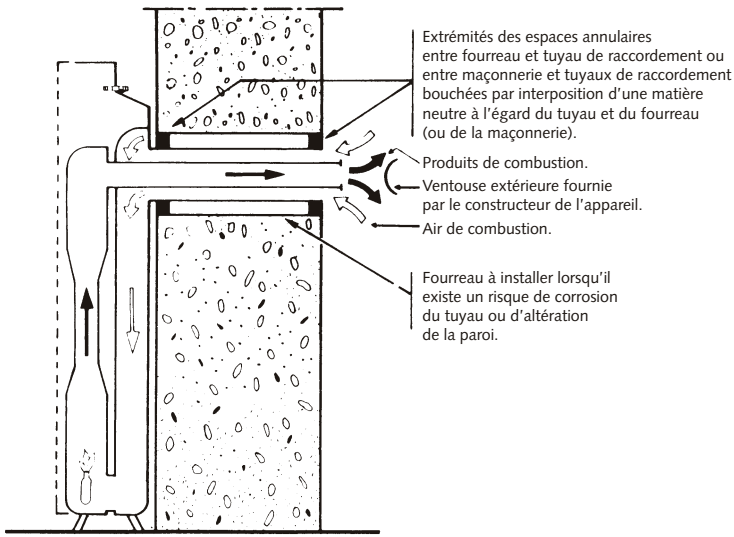


Figure 16.8 – Radiateur gaz à ventouse de type C11

POSITION DES TERMINAUX (VENTOUSE) EN FAÇADE OU EN TOITURE

Les terminaux situés à moins de 1,80 m du sol doivent être protégés par une protection mécanique. S'ils donnent sur une voie de circulation publique ou privée, un déflecteur parallèle au mur doit être prévu.

Les écartements entre l'axe du conduit et les ouvrants ou ventilations sont fixés de la manière suivante pour les appareils de type C11, C12, C13, C31, C32, C33 :

- 40 cm au moins d'une baie ouvrante ;
- 60 cm au moins d'une entrée d'air de ventilation.

Les terminaux des appareils de type C11, C12, C13 (tirage naturel) doivent en plus satisfaire les conditions d'écartements suivantes (figure 16.9) :

- 15 cm au moins d'un angle de mur ;
- 30 cm au moins du sol ou du bord d'une toiture.

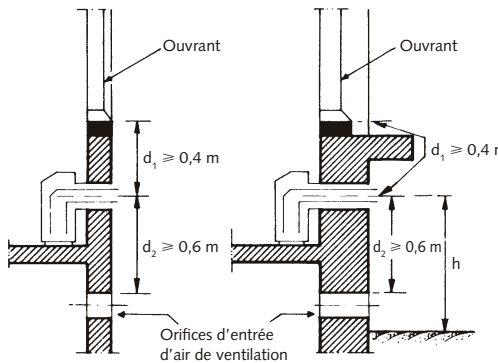


Figure 16.9 – Position de l'orifice en paroi extérieure par rapport aux baies

Les règles de positionnement des terminaux en sous face d'une surface horizontale ou d'un rebord de toiture sont détaillées dans le NF DTU 61.1 P 4.

Les débouchés dans une courette fermée couverte sont interdits. Les conditions de débouchés dans les courettes en U sont fixées dans le NF DTU 61.1 P4 et P7.

Installation des chauffe-eau ou chaudières gaz – local réglementaire

Les chaudières à usage individuel peuvent être installées dans les logements, ou dans un local ou placard affecté exclusivement à cet usage situé dans les parties communes d'une habitation collective. Ce local s'appelle une **alvéole technique gaz**.

Le local dans lequel se trouve un appareil doit être ventilé (sauf pour les appareils étanches), il doit avoir un volume minimum de 8 m^3 (15 m^3 pour les appareils non raccordés).

Il existe de nombreuses dérogations à ces règles, il conviendra de consulter les DTU et textes en vigueurs.

Raccordement des compteurs et des appareils

Le raccordement d'une installation domestique ou collective sur le réseau public est appelé **branchement** jusqu'au compteur d'abonné ou, en son absence, à l'organe de coupure générale.

La partie de l'installation située après compteur est appelée **installation intérieure** (quelle que soit la position du compteur).

Un branchement peut comporter :

- un organe de coupure générale (qui permet d'interrompre l'alimentation en gaz de l'ensemble de l'installation) ;
- des accessoires (détendeur, limiteur de débit, etc.) ;
- une conduite d'immeubles (conduite d'allure horizontale qui alimente une ou plusieurs conduites montantes, tiges de cuisine, placard technique gaz ou directement les installations intérieures) ;
- une conduite montante (conduite d'allure verticale qui alimente différents niveaux d'un immeuble) ;
- une tige-cuisine (conduite à usage collectif, verticale située dans les parties privatives, qui alimente un seul appareil de cuisson par logement – un four et une plaque de cuisson sont considérés comme un seul appareil s'ils se trouvent dans la même pièce) ;
- une conduite de coursive (tuyauterie d'allure horizontale alimentant des branchements particuliers situés sur un même niveau) ;
- des organes de coupure individuelle (qui permettent d'interrompre l'alimentation en gaz des logements), ils devront être conformes à la marque NF gaz ;

- des branchements individuels (qui alimentent un logement ou une chaufferie) ;
- des blocs de détente : ensemble constitué de différents appareils (filtres, vannes, détendeur, etc.) dont la fonction est de régler la pression aval à une valeur fixe indépendamment de la pression amont qui peut varier ;
- des détendeurs-régulateurs : ils permettent de maintenir la pression en aval dans des limites acceptables. Ils peuvent être individuels ou collectifs, ou intégrés au bloc de détente.
- **La limite de propriété du gaz entre le distributeur et le client s'effectue au compteur.**

Lorsque les compteurs d'un logement collectif sont installés dans un même local, ce local est appelé **local technique gaz**. Lorsqu'un appareil gaz est installé dans un placard prévu exclusivement pour cet usage (dans lequel on ne peut pas séjourner porte fermée), ce placard est appelé **placard technique gaz.**

☐ **Parties collectives**

Le diamètre intérieur des conduites collectives est limité par l'arrêté du 2 août 1977 à :

- 108 mm pour les pressions ≤ 100 mbar ;
- 70 mm pour les pressions ≤ 400 mbar ;
- 37 mm pour les pressions > 400 mbar.

Les installations avant compteur en immeubles collectifs doivent être réalisées par des professionnels ayant obtenu une attestation d'aptitude spécifique au mode d'assemblage concerné.

La partie des installations avant compteur ne sera pas développée dans le présent ouvrage, il conviendra de consulter le DTU 61.1 P3.

Mise en œuvre des tuyauteries

RÈGLES GÉNÉRALES

D'une manière générale toute tuyauterie gaz qui sera abandonnée et laissée en place devra être purgée, déconnectée et obturée (par pincement) à toutes ses extrémités. Si la tuyauterie ne peut pas être déconnectée, l'obturation devra être réalisée de manière étanche.

Tout organe de coupure non raccordé doit être obturé.

Toutes les tuyauteries métalliques intérieures ou extérieures au bâtiment doivent être reliées à la liaison équipotentielle. Attention, la tuyauterie gaz ne doit pas servir de prise de terre.

Les robinets de coupure générale doivent se situer à une distance inférieure à 20 m de l'habitation. Si la distance est supérieure à 20 m, il faudra installer en façade ou au plus près de la pénétration de la canalisation dans le bâtiment un deuxième organe de coupure.

Les raccords unions (raccords 2 ou 3 pièces) doivent être assemblés sur les tuyauteries par soudage ou brasage.

L'emploi de raccords mixtes comportant un filetage n'est autorisé que :

- pour l'assemblage d'une tuyauterie sur un accessoire ou un appareil d'utilisation ;
- lorsque l'assemblage par soudure ne peut être exécuté en position ;
- dans les locaux non ventilés si les raccords vissés sont réalisés avec :
  - un raccord sphéroconique conforme à la norme NF E 29-536,
  - des raccords à joints plats conformes à la norme NF E 29-532,
  - un produit d'étanchéité spécial gaz conforme à la norme.

Il est interdit dans les fourreaux, et pour les tuyauteries incorporées (encastrées, engravées, enrobées).

Les produits utilisés pour réaliser des joints doivent être conformes aux normes NF EN 549, NF EN 751-1,2 et 3, les joints en cuir ou en fibres et la filasse sont interdits.

D'une manière générale, les accessoires doivent rester démontables (exception faite des tuyauteries en polyéthylène pour lesquelles les robinets conformes à la norme NF T 54-067 peuvent être assemblés par électrosoudage).

Les assemblages par raccords à joints plats (douilles en laiton, collets battus et collets emboutis) ne sont autorisés que pour des pressions ≤ 500 mbar. Les collets battus et collets emboutis ne sont autorisés qu'après compteur.

Pour les GPL, seules les douilles en laiton sont autorisées sans limitation de pression.

Les assemblages par brides ne sont autorisés que pour des pressions ≤ 5 bar, les boulons de la bride ne doivent pas se situer dans l'axe vertical de la tuyauterie. Le joint non métallique doit être posé sec.

Les assemblages par raccords sphéroconique ne sont autorisés que pour des pressions ≤ 5 bar.

Les organes de coupure ou robinets de commandes d'appareils doivent être conformes à l'une des normes suivantes : NF EN 331, XP E 29-135, XP E 29-140 et XP E 29-141.

ASSEMBLAGE DE TUYAUTERIES DIFFÉRENTES

L'utilisation de raccords mécaniques n'est autorisée que lorsque le soudage, le soudobrasage ou le brasage ne peut être exécuté en place.

On effectuera de préférence le changement de nature du tube (matériaux différents) au niveau d'un accessoire. Un raccord isolant sera posé entre les deux tubes lorsque les tuyauteries sont enterrées, ou lorsque l'une des tuyauteries est placée sous protection cathodique :

- Assemblage acier-cuivre : il est réalisé par soudobrasage (façonnage réalisé en atelier) ou par manchettes d'assemblages. Les piquages sont interdits.
- Assemblage acier- plomb : il est réalisé par manchettes d'assemblages, le soudage ou le brasage sont interdits.
- Assemblage acier inoxydable : il est réalisé par brides.
- Assemblage cuivre- plomb : il est réalisé par jonction ou piquage à l'étain.
- Assemblage polyéthylène-acier ou polyéthylène-cuivre : il est réalisé par raccords électrosoudables ou raccords mécaniques.

POSE DES TUYAUTERIES GAZ ENTERRÉES

La tuyauterie devra être posée sur un fond de fouilles stables, sans pierres et dépourvu de points durs à une profondeur minimale de 0,5 m. Si ce n'est pas le cas, elle devra être protégée contre les chocs (caniveau rempli de sable, etc.). Le grillage avertisseur de couleur jaune est placé 0,20 m au-dessus de la tuyauterie, le tracé des canalisations devra tenir compte des contraintes techniques (plantations, trottoirs, etc.). Le remblayage sera effectué par couches successives à l'aide de sable ou de terre épierrée sur une hauteur de 0,20 m, l'usage de sable de mer ou de mâchefer est interdit.

Si la tuyauterie ne peut pas être signalée par un grillage avertisseur, les deux extrémités de la tuyauterie doivent être repérées par une plaque comportant le mot « gaz », le tracé de la tuyauterie doit figurer sur un plan si elle n'est pas rectiligne.

Les conditions de franchissement d'un bâtiment d'une tuyauterie gaz par un passage sont définies dans le DTU 61.1 P 2 (2006).

□ Distances avec les autres canalisations enterrées

La distance entre deux génératrices doit être au moins égale à 20 cm (trajectoires parallèles) et peut être dans certains cas de 5 cm pour les croisements (figure 16.10).

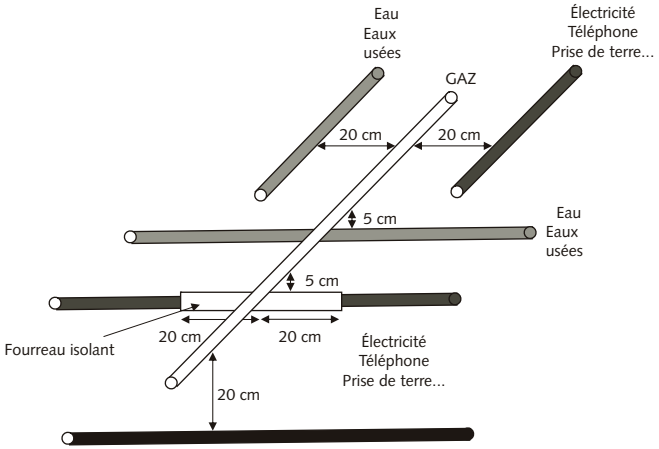


Figure 16.10 – Distances avec les autres canalisations enterrées

Lorsqu'une tuyauterie enterrée pénètre dans un immeuble à travers un mur enterré, l'espace entre le mur et la tuyauterie ou entre le fourreau et la tuyauterie doit être obturé (au mastic silicone par exemple).

Lorsqu'elle émerge du sol le long d'un mur, elle doit être protégée mécaniquement par un fourreau ou une demi-coquille qui pénètre d'au moins 20 cm dans le sol et remonte sur une hauteur d'au moins 5 cm. Si la hauteur de la protection dépasse 20 cm, elle doit être fixée au mur. Si la hauteur de tuyauterie dépasse 2 m au-dessus du sol, la protection doit avoir une hauteur d'au moins 2 m. L'espace situé entre la tuyauterie et extrémité du fourreau doit être obturé.

Il est interdit :

- de poser une tuyauterie dans les égouts ;
- de traverser des regards ou volumes non ventilés (la traversée sous fourreau continu et étanche est tolérée à condition de ne pas gêner l'usage de l'ouvrage existant) ;

- d'enterrer une tuyauterie sous un bâtiment, sous un caniveau ou un trottoir parallèlement à l'axe de circulation, ou au-dessus d'une autre canalisation ou d'un caniveau technique.

Mais la pénétration sous un bâtiment d'une tuyauterie en cuivre sans assemblage est tolérée pour une habitation individuelle si les précautions sont prises pour éviter tout risque de cisaillement.

POSE DES TUYAUTERIES DE GAZ EN ÉLÉVATION

Il est interdit de traverser ou de poser une tuyauterie dans :

- les cuves ou réservoirs de stockage de combustible liquide ;
- les conduits de ventilation, de désenfumage, d'évacuation des produits de combustion ;
- les conduits de vide-ordures ;
- les cages, gaines et machineries d'ascenseur ou de monte-charge ;
- les chaufferies ;
- les locaux des transformateurs ;
- les locaux des groupes électrogènes.

Toutefois, une tuyauterie gaz peut traverser les locaux des chaufferies, des machineries d'ascenseur, des transformateurs et des groupes électrogènes si elle est placée dans une gaine en matériaux incombustibles M0 ; elle est considérée comme « hors volume ».

Il est interdit de poser une tuyauterie dans un vide de construction (hourdis, etc.), dans la même gaine que des colonnes électriques. Mais il est possible de traverser horizontalement une gaine de service (installation électrique, téléphone, gaines contenant des chutes d'ordures ménagères ou des conduits de fumée, etc.) en plaçant la tuyauterie sous fourreau continu étanche, isolant, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré et en préservant une distance minimale de 1 cm avec toute autre tuyauterie.

Il est possible de traverser des locaux de stockage de combustible, de machineries (autres que d'ascenseurs et monte-charge), de réception des ordures ménagères si la tuyauterie est placée sous fourreau métallique continu étanche, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré, ou si la tuyauterie est en tubes acier conforme aux normes. Dans ce cas, les accessoires et organes de coupure sont interdits dans les locaux, les assemblages par brasage, soudobrasage, soudage sont admis (se reporter au paragraphe sur les tuyauteries acier).

La traversée des mini-chaufferies est possible si les tuyauteries sont en tubes d'acier, repérées et assemblées par soudage.

De la même manière, la traversée des parois creuses doit se faire sous fourreau libre à une extrémité au moins.

☐ **Distances avec les autres canalisations posées en élévation**

Les tuyauteries gaz ne doivent être en contact avec aucune autre canalisation (figure 16.11).

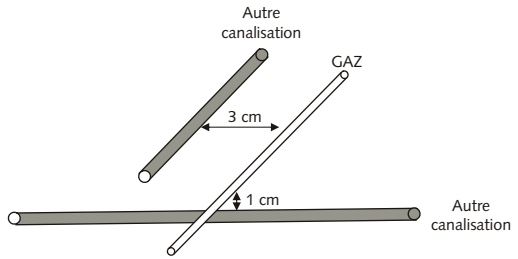


Figure 16.11 – Distances avec les autres canalisations posées en élévation

La distance d'écartement avec une antenne, un support d'antenne de radiodiffusion, un paratonnerre (ou son conducteur) est portée à 3 m.

Dans les parties communes, toutes les tuyauteries situées à moins de 2 m du sol doivent être protégées par une protection mécanique ventilée (tuyauterie autre qu'en tube acier).

La traversée des planchers et des murs ou cloisons doit se faire sous fourreau non fendu (pour les planchers il doit être insensible à la rouille et aux produits ménagers) ; l'espace supérieur situé entre la tuyauterie et l'extrémité du fourreau doit être obturé. Les fourreaux sont à ras du plafond et dépassent d'au moins 5 cm les planchers ou plans de travail.

Lorsqu'on emploie un tube métallique comme fourreau, les extrémités doivent être ébarbées.

SUPPORTS DES TUYAUTERIES GAZ INTÉRIEURES POSÉES EN ÉLÉVATION

L'écartement maximum entre deux colliers, entre un collier et un point fixe ou un accessoire est défini par le DTU61.1 P2, les valeurs d'écartement sont reprises dans le tableau 16.9.

Tableau 16.9 – Écartement entre deux colliers pour des canalisations gaz*

Nature de la tuyauterie		Nature du collier	Écartement maximum (m)	
			Canalisations horizontales	Canalisations verticales
Tuyauteries en acier	D extérieur ≤ 20 mm	acier	1	2
	D extérieur > 20 mm	acier	2	3
			Ces distances peuvent être portées à 4 m en cas de contraintes techniques	
Tuyauteries en cuivre	D extérieur ≤ 25 mm	laiton cuivre acier	1	1,5
	D extérieur > 25 mm	laiton cuivre acier	2	3

* Lorsque la tuyauterie et les colliers ne sont pas de même nature (acier galvanisé - acier noir, cuivre - acier noir ou galvanisé), il faudra une garniture isolante entre le tube et le collier. D'une manière générale, les colliers isolés sont recommandés.

POSE DES TUYAUTERIES GAZ EN VIDE SANITAIRE

La pose des tuyauteries gaz est autorisée dans un vide sanitaire accessible et ventilé si aucune matière ou matériel combustible n'y est stocké. Aucun raccord mécanique ou accessoire n'est autorisé à l'intérieur du vide sanitaire.

Un vide sanitaire accessible doit disposer d'une hauteur supérieure à 0,60 m sur tout le passage de la tuyauterie ainsi qu'une trappe d'accès. Il

est ventilé si la surface totale de toutes les ouvertures en cm^2 est égale à $5 \times$ surface du sol en m^2.

Le passage dans un vide sanitaire non accessible ou non ventilé est possible si sa longueur ne dépasse pas 2 m et si la tuyauterie est placée dans un fourreau étanche, continu, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré ou sur l'extérieur.

POSE DES TUYAUTERIES GAZ EN FAUX PLAFONDS

Les tuyauteries gaz ne peuvent être posées en faux plafonds qu'à condition d'être placées dans un fourreau métallique continu et étanche, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré ou de respecter **toutes** les conditions suivantes :

- respect des distances d'écartement avec les autres tuyauteries ;
- faux plafonds ventilés par des grilles de ventilation ou des trous percés (diamètre $\geq$ 5 mm) uniformément répartis (section totale $\geq$ 1/100 surface du faux plafond) ;
- espace du faux plafond visitable sur le parcours de la tuyauterie gaz.

AUTRE TYPE DE POSE DES TUYAUTERIES GAZ

Il est possible de placer des tuyauteries gaz :

- dans une galerie technique : en respectant les distances d'écartement avec les autres canalisations et en identifiant les canalisations (norme NF X 08-100), les raccords mécaniques et accessoires y sont interdits ;
- en coffrage : il ne comporte pas de canalisations électriques, il est en communication avec l'atmosphère du local et les tuyauteries restent accessibles (démontage possible) ;
- sous gaine : elle ne doit contenir que la tuyauterie gaz, elle est ventilée et résistante à la corrosion ;
- dans une plainte ou une moulure : elles ne doivent abriter dans le même volume aucune autre canalisation, elles doivent être ventilées et démontables pour permettre l'accès aux tuyauteries.

POSE DES TUYAUTERIES GAZ INCORPORÉES À LA CONSTRUCTION (ENROBÉES, ENCASTRÉES OU ENGRAVÉES)



Rappel des définitions

Canalisations enrobées : Canalisation d'une longueur supérieure à 1 m, noyée dans un élément du gros œuvre, la mise en place du matériau d'enrobage (béton, mortier…) a lieu après la pose de la canalisation.

Canalisations encastrées : Canalisation d'une longueur supérieure à 1 m, mise en place dans un emplacement réservé (au moment de la réalisation du gros œuvre), le remplissage est réalisé par la suite avec un matériau de même nature que celui utilisé pour le gros œuvre.

Canalisations engravées : Canalisation installée dans une saignée réalisée dans un ouvrage, le remplissage est réalisé avec un matériau de même nature.

Les joints mécaniques sont interdits sur les tuyauteries incorporées, seules les brasures, soudobrasures et soudures indispensables sont autorisées. Les dérivations sur les tuyauteries incorporées (tés) ne sont autorisées qu'au droit des appareils.

Les tuyauteries ne devront pas être en contact avec une autre canalisation, les parcours doivent rester simples (il faudra éviter le passage sous les seuils de porte). Lorsque les tuyauteries traversent des vides d'éléments creux (brique creuse, hourdis, etc.), elles seront placées dans un fourreau étanche, continu, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré.

Dans les planchers ou les cloisons, l'épaisseur minimale de recouvrement d'une tuyauterie gaz doit être d'au moins 20 mm (cette distance peut être localement de 10 mm en cas de croisement d'une autre canalisation).

La traversée des éléments du gros œuvre ne peut s'effectuer que dans une gaine posée à l'origine de la construction.

Il est interdit de :

- réaliser des saignées dans les éléments porteurs ;
- poser une canalisation de gaz dans une chape liquide, une chape flottante, une dalle ou une chape chauffante ou dans le mortier de pose de carrelage scellé ;

- de traverser un joint de dilatation du gros œuvre (elle doit être réalisée en apparent) ;
- de poser une tuyauterie directement sur un entrevous (élément d'un plancher posé entre deux poutres).

Toutefois, dans les opérations de rénovation, lorsque la surface est réduite, les tuyauteries gaz peuvent être incorporées dans une chape ou un mortier de pose réalisé en une seule opération, la sortie de la tuyauterie du sol doit être protégée par un fourreau PVC dépassant d'au moins 5 cm.

POSE DES TUYAUTERIES GAZ DANS LES CLOISONS

Seule la pose de tuyauteries **verticales** est autorisée dans les cloisons en carreaux de plâtre, en carreaux de béton cellulaire, en brique plâtrière ou en blocs creux de béton, en respectant les règles de pose définies dans le chapitre 8, Canalisations d'eau sous pression.

L'engravement des canalisations dans les cloisons, les parties obliques ou horizontales sont interdites.

Dans les cloisons en plaques de plâtres ou panneaux composites, la tuyauterie gaz doit être posée sous fourreau étanche, continu, débouchant au moins à une extrémité sur un espace ventilé ou aéré.

Tuyauteries gaz

TUYAUTERIES EN ACIER

Elles seront conformes aux normes NF A 49-117 – Tubes sans soudure ou NF A 49-147 – Tubes roulés soudés. Elles peuvent être posées enterrées, en élévation ou incorporées.

Les tuyauteries enterrées seront protégées extérieurement par un revêtement à base de liants hydrocarbonés (normes NF EN 1057) ou en polyéthylène (normes NF A 49-704).

Les tuyauteries posées en élévation (qui ne sont pas en acier inoxydable ou en acier galvanisé) seront protégées extérieurement de la corrosion par un revêtement (bandes adhésives ou imprégnées) ou une peinture anticorrosion.

La pose des tuyauteries en acier incorporées sous fourreau est interdite (seuls les fourreaux de protection en sortie des tuyauteries du sol sont autorisés). La tuyauterie sera protégée de la corrosion lorsque que l'on ne connaît pas la qualité des mortiers ou bétons utilisés. L'utilisation de

revêtements ou gainages continus, isolants, adhérant à la surface du tube est autorisée (PVC, élastomères, bandes adhésives).

Les raccords et les alliages d'apport doivent être conformes aux spécifications ATG B 521.

Le piquage n'est autorisé que sur les tubes en acier, le diamètre du piquage peut être identique à celui de la tubulure pour les tubes en acier noir, le diamètre du piquage doit être inférieur ou égal à 2/3 du diamètre de la tubulure principale pour les tubes en acier galvanisé.

Les tubes en acier inoxydable ne peuvent pas être façonnés, ceux en acier noir peuvent être cintrés à chaud ou à froid, ceux en acier galvanisé peuvent être cintrés à froid à l'aide d'une cintreuse.

Les tubes en acier noir ou galvanisés des normes NF EN 10216-1, NF A 49-115, NF A 49-141, NF A 49-145 et NF EN 10217-1 peuvent être soudés à l'arc électrique sous atmosphère protectrice, soudés à l'arc électrique sans atmosphère protectrice si l'épaisseur est supérieure ou égale à 2,9 mm, soudés au chalumeau oxyacétylénique si l'épaisseur est inférieure ou égale à 3,2 mm ou soudobrasés.

Les tubes en acier inoxydable des normes NF A 49-117 et NF A 49-147 ne peuvent être que soudés à l'arc électrique sous atmosphère protectrice.

Pour les tubes de l'ancienne norme NF A 49-146, seul le soudobrasage est autorisé en réparation, les piquages sont interdits.

L'assemblage des tubes par soudage est réalisé bout à bout.

L'assemblage des tubes par des joints filetés est interdit, mais l'assemblage par raccords filetés des tubes conformes aux normes NF A 49-115 et NF A 49-145 avec des accessoires ou des robinets est admis. Pour les tubes conformes aux autres normes, il faut utiliser un raccord intermédiaire à souder.

Dans tous les cas l'étanchéité du filet devra être réalisée à l'aide d'un produit agréé gaz.

TUYAUTERIES EN CUIVRE

Elles doivent être conformes aux spécifications ATG B 524 ce qui est le cas des tubes conformes à la norme NF EN 1057 – Tubes nus, ou à la norme NF A 51.121 – Tubes revêtus. Elles peuvent être en cuivre recuit ou écroui, elles peuvent être posées enterrées, en élévation ou incorporées mais ne peuvent être utilisées pour les tiges-cuisine.

Les raccords et les alliages d'apport doivent être conformes aux spécifications ATG B 524.

Les tubes en cuivre écroui (en barres) peuvent être cintrés à froid sur une machine à cintrer jusqu'au diamètre 20 × 22 sans présenter de traces de cintrage.

Les tubes en cuivre recuits (en usine ou sur chantier) peuvent être cintrés à froid ou à chaud sur une cintreuse, au ressort ou au mandrin, au sable en respectant un rayon de cintrage minimum de trois fois le diamètre du tube.

Les emboîtures ou collets battus sont autorisés s'ils sont réalisés à froid sur des tubes recuits à l'aide d'outillage spécifique.

Les tubes en cuivre de diamètre inférieur ou égal à 54 mm peuvent être assemblés par brasage capillaire, ceux ayant un diamètre extérieur compris entre 42 et 110 mm peuvent être assemblés par soudobrasage.

L'utilisation de **brasure tendre** n'est possible que dans les cas suivants :

- réalisation de réparation à l'identique d'un assemblage déjà réalisé en brasure tendre ;
- réalisation d'installations intérieures d'habitation individuelle ayant une pression ≤ 400 mbar ;
- réalisation d'installations intérieures (après compteur) de logements collectifs ayant une pression ≤ 50 mbar (dans ce cas la brasure tendre est interdite avant pénétration dans le logement).

L'utilisation de fourreau pour le cuivre prégainé n'est pas nécessaire.

La tuyauterie en cuivre incorporée sera protégée de la corrosion lorsque l'on ne connaît pas la qualité des mortiers ou bétons utilisés par un revêtement ou gainage continu.

TUYAUTERIES EN PLOMB

Les tuyauteries en plomb sont interdites pour les installations nouvelles (supérieure à 50 cm).

L'emploi des tuyauteries en plomb n'est plus autorisé que pour effectuer des réparations (points de soudure, remplacement à l'identique pour une longueur inférieure à 50 cm) sur les tuyauteries existantes en gaz naturel – P < 400 mbar. La soudure sera réalisée à l'étain (références 25E1, 28E1, 30E1, 33E1), les tuyauteries seront conformes à la norme NF A 55-411.

Sur les conduites montantes, une seule réparation à l'identique est permise sur une hauteur d'étage.

Les tuyauteries en plomb doivent être fixées tous les 33 cm ; pour les canalisations verticales, une saillie en soudure doit être réalisée tous les 1 m.

Si l'on doit remplacer une tuyauterie en plomb par une tuyauterie d'une autre nature, cela constitue une modification d'installation.

TUYAUTERIES EN POLYÉTHYLÈNE

Elles doivent être conformes à la norme NF T 54-065, elles sont identifiées par une bande jaune. Elles peuvent être utilisées pour les parties enterrées de l'installation à l'extérieur des bâtiments (en dehors de la projection horizontale du bâtiment sans tenir compte des balcons et des corniches).

Elles ne doivent pas être soumises à des températures supérieures à 30 °C ou inférieures à – 20 °C (si c'est le cas, des mesures de protection – calorifugeage – doivent être prises).

La tuyauterie en polyéthylène peut remonter le long de la façade sur une hauteur inférieure à 2 m. Elle doit être sous fourreau lorsqu'elle est encastré et protégée de la lumière et des chocs lorsqu'elle est posée en apparent. Le raccord de liaison plastique- métal doit être protégé dans un coffret ou une niche.

Les tuyauteries en polyéthylène peuvent être cintrées en respectant un rayon de courbure de 30 fois son diamètre extérieur. Pour les remontées en façade, le rayon de courbure peut être plus faible (12 fois le diamètre extérieur) lorsque la tuyauterie est posée dans un fourreau PVC compacte préformé.

Les tuyauteries en polyéthylène et accessoires seront assemblées par des raccords électrosoudables ou par des raccords mécaniques.

Pose des compteurs et accessoires

COMPTEURS

L'emplacement des compteurs est réglementé, déterminé en accord avec le distributeur, dans des endroits ventilés ou aérés, éclairés, protégés des détériorations (intempéries, chocs, etc.). Pour les habitations individuelles, le compteur est généralement placé en limite de propriété sur la voie publique.

Pour les habitations collectives, il peut être placé dans une gaine de conduites montantes, un local ou placard technique gaz. Pour les immeubles existants, il peut être placé dans une partie commune ou dans un logement ou local privé (dans ce cas, il doit être au plus près du point de pénétration ; la pose dans une salle de bains, de douche, dans un WC ou sous un évier est interdite).

Chaque compteur doit être identifié par une plaque permettant de déterminer l'installation desservie (figure 16.12).

La tuyauterie raccordée au compteur doit avoir un diamètre nominal minimal de 20 mm pour les installations en gaz naturel.



Figure 16.12 – Compteur gaz

RACCORDEMENT - ROBINETS D'APPAREILS

Chaque appareil doit être équipé d'un robinet de commande monté par un raccord démontable sur la tuyauterie et fixé sur la paroi.



Attention

Lorsqu'un robinet est laissé en attente de raccordement, il doit être condamné par un bouchon de manière étanche. De la même manière, aucune tuyauterie raccordée ne peut être laissée en attente non obturée.

Un robinet de commande d'appareil doit se situer dans le même local que l'appareil à une distance inférieure à 2 m de celui-ci, il doit être accessible facilement et situé à une hauteur comprise entre 0,10 m et 1,70 m du sol.

Lorsque le robinet se situe dans un placard de cuisine, aucun obstacle ne doit empêcher de le voir ou de le manœuvrer facilement (siphon d'évier, cuve, tiroirs, cuisinière, etc.), il doit se situer à moins de 60 cm de la façade du meuble.

Lorsqu'un appareil est raccordé par un flexible, le robinet doit être un robinet à obturation automatique intégrée – ROAI pour le gaz naturel ou un DDS pour les installations GPL.

Selon les cas, un appareil pourra être raccordé par un tube rigide, un tuyau flexible, un tube souple ou un tube rigide suivi d'un tuyau flexible.

Lorsqu'un tuyau souple est utilisé, il doit rester visitable sur toute sa longueur (pour le choix d'un tuyau souple ou flexible pour un appareil de cuisson se reporter au chapitre 10, Cuisine).



Remarque

Il est possible de ne pas installer de robinet de commande d'appareil lorsque celui-ci est raccordé en tube rigide (obturable par un bouchon vissé lors de la dépose de l'appareil) et qu'il est équipé d'une sécurité positive permettant la coupure du gaz.

L'utilisation de flexibles non métalliques est interdite pour les appareils de production d'eau chaude sanitaire, de chauffage, les cheminées décoratives.

L'utilisation de flexibles est obligatoire lorsque le fonctionnement de l'appareil provoque des vibrations ou lorsque l'appareil peut être déplacé de manière involontaire (cuisinière, etc.).

Lorsqu'un appareil est raccordé par un tuyau flexible, celui-ci devra être installé de manière à :

- éviter tout effort de traction ou de torsion ;
- être protégé des flammes ou des parties chaudes ;
- être solidement fixé aux extrémités ;
- laisser des raccords toujours accessibles ;
- rester visitable sur toute la longueur (visible) ;
- avoir une longueur inférieure à 2 m.



Rappel

Les appareils de cuisson ont un filetage en 1/2, ainsi que les robinets et accessoires en gaz naturel ; les robinets et accessoires GPL ont un filetage en 20 × 150.
Il faudra dans tous les cas contrôler la compatibilité du filetage des raccords car il est possible de visser un écrou 1/2 sur un filetage 20 ×150 en forçant, dans ce cas l'installation n'est pas conforme.

ESSAIS ET CONTRÔLES ÉTANCHÉITÉ

■ Résistance mécanique

Les essais mécaniques ne sont réalisés que sur les installations distribuant du gaz en réseau et fonctionnant à une pression supérieure à 400 mbar, les détendeurs régulateurs, limiteur des débits, limiteur de pression, compteurs, appareils à coupure automatique doivent être déposés lors de la mise en pression de l'installation, la tuyauterie est désolidarisée de l'installation située en amont (conduite de distribution) ou en aval (appareils).

La pression d'essai est de 6 bar durant 5 minutes, le contrôle s'effectue à l'aide d'un manomètre gradué de 0 à 10 bar ayant une précision de 0,1 bar : il ne doit pas y avoir de baisse de pression. La mise en pression s'effectue à l'aide d'air comprimé ou d'azote, l'usage d'un gaz combustible ou d'oxygène est interdit. Il faudra purger les canalisations à la fin de l'essai.

■ Étanchéité

Le contrôle d'étanchéité est obligatoire pour toute tuyauterie d'une longueur supérieure ou égale à 2 m ou lorsque la pression est supérieure à 400 mbar (dans les autres cas on effectuera un contrôle d'étanchéité en vérifiant la non-rotation du compteur et en contrôlant les assemblages à l'aide d'un détecteur de fuite : détecteur électronique ou produits moussants).

La mise en pression s'effectue à l'aide d'air comprimé, d'azote, de dioxyde de carbone, de butane, de propane ou du gaz distribué. Les canalisations seront purgées à la fin des essais si le gaz utilisé ne correspond pas à celui prévu dans l'installation.

□ Installation intérieure ayant une pression ≤ 50 mbar

La pression d'essais est la pression de service ± 10 % pendant 10 min, le contrôle s'effectue à l'aide d'un manomètre métallique ou à colonne d'eau gradué de 0 à 60 mbar ayant une précision de 1 mbar : il ne doit pas y avoir de baisse de pression.

□ Installation intérieure ayant une pression > 50 mbar

C'est le cas des parties d'installations GPL situées entre la première détente et le DDS.

La pression d'essais est de 3 bar pendant 10 min, le contrôle s'effectue à l'aide d'un manomètre métallique gradué de 0 à 4 bar ayant une précision de 0,1 bar : il ne doit pas y avoir de baisse de pression.

Lorsque l'installation est mise en pression à l'aide du robinet d'isolement de l'installation, il faudra à la fin de l'essai d'étanchéité faire baisser la pression dans l'installation (à 50 % de sa pression de service) et s'assurer pendant 5 minutes que la pression n'augmente pas afin de vérifier l'étanchéité du robinet d'isolement et la validité du contrôle étanchéité.



Attention

Toute intervention sur une installation de gaz (travaux de réparation, soudage, etc.) doit être réalisée sur une canalisation « hors gaz », elle doit être démontée et purgée complètement.
Toute recherche de fuite à la flamme est interdite.

Ventilation des locaux

Un local est considéré comme **local aéré** s'il dispose d'une ouverture d'au moins 0,4 m^2 donnant sur l'extérieur ou sur une courette ayant des dimensions supérieures à 2 m. Si ce n'est pas le cas, le local est dit en position centrale. Un local est considéré comme local ventilé lorsque l'air ambiant est renouvelé (évacuation de l'air vicié et introduction d'air neuf).

On distingue dans les conduits d'amenée d'air qui assurent le transport de l'air depuis l'extérieur vers l'intérieur des bâtiments, les amenées d'air directes et les amenées d'air indirectes.

- Amenée d'air directe : l'air pénètre directement de l'extérieur vers le local où se situe l'appareil gaz à travers les parois extérieures du local.
- Amenée d'air indirecte : l'air pénètre de l'extérieur vers l'intérieur de l'habitation et traverse d'autres pièces avant d'atteindre le local où se situe l'appareil gaz.

Tous les locaux contenant des appareils gaz de type A ou B doivent être ventilés, ils doivent comporter une amenée d'air directe ou indirecte et une évacuation de l'air vicié. L'alimentation en air est nécessaire au fonctionnement des appareils.

La section réglementaire des entrées d'air dépendra de l'année de construction du bâtiment et de l'arrêté applicable au moment de la construction. On se reportera au NF DTU 61.1 P 5 qui fixe les sections des ventilations en fonction de l'année de construction, du type d'évacuation et du type d'amenée d'air.

Le coupe tirage d'un appareil raccordé peut servir de ventilation haute lorsque sa partie supérieure est située à au moins 1,8 m du sol.

☐ **Installation d'une ventilation mécanique**

Dans une installation de ventilation mécanique, la bouche d'extraction qui permet d'évacuer l'air vicié du local peut être utilisée sous certaines conditions pour évacuer les produits de combustion d'un appareil gaz.

Un appareil à tirage naturel ne peut pas être installé dans une pièce ayant une hotte aspirante raccordée sur un conduit évacuant sur l'extérieur. La hotte doit être à recyclage interne.

Il est fortement déconseillé d'installer un appareil à tirage naturel dans un logement équipé d'une VMC car il faudrait garantir les conditions de tirage du conduit d'évacuation des gaz brûlés (DTU 61.1). Le DTU 68.1

impose d'installer l'appareil dans un local non soumis à la VMC, le règlement sanitaire départemental précise que les dispositifs mécaniques sont interdits.

Évacuation des produits de combustion

Les conduits de fumée (conduits d'évacuation des produits de combustion) sont les conduits verticaux qui relient le local où se trouve l'appareil gaz à la cheminée située en toiture. Les appareils sont raccordés au conduit de fumée à l'aide d'un conduit de raccordement. Lorsqu'un ou plusieurs appareils sont raccordés à un conduit de fumée par une tuyauterie d'allure horizontale, celle-ci s'appelle un carneau.

Le tirage dans un conduit de fumées est l'effet qui provoque l'élévation des fumées, il est dû à la différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur du conduit.

On distingue :

- le tirage naturel dû à l'effet thermique ;
- le tirage naturel assisté mécaniquement par un extracteur statomécanique ;
- le tirage pas extraction mécanique, le tirage est assuré par un ventilateur d'extraction.

THÉORIE DU TIRAGE

Un conduit tire d'autant mieux que la charge aéromotrice est plus grande. Cette charge est due à la différence de poids entre deux colonnes de section et de hauteur égales à celle du conduit, dont l'une serait constituée par l'air extérieur et l'autre par les gaz chauds à l'intérieur du conduit (tableau 16.10)

Tableau 16.10 – Masses d'air et de gaz

Températures (°C)	Masse d'un M3 en (kg)	
	D'air (d1)	de gaz brûlés (d)
– 10	1,35	1,40
0	1,30*	1,35
+ 10	1,25	1,30
+ 20	1,20	1,25

Tableau 16.10 – Masses d'air et de gaz (suite)

Températures (°C)	Masse d'un M3 en (kg)	
	D'air (d1)	de gaz brûlés (d)
+ 30	1,15	1,20
+ 50	1,05	1,10
+ 75		1,00
+ 100		0,95
+ 200		0,75
+ 300		0,60

* Exactement 1 ,293 à 0 °C et 760 mm en pression

La charge théorique (h), exprimée en pascal a pour valeur :

$$h = 9{,}81 \cdot H \cdot (d - d1)$$

avec :
h : valeur du tirage en pascals ;
H : hauteur en mètres du conduit ;
D : poids moyen de 1 m³ de gaz chauds en kilogrammes ;
d1 : poids moyen de 1 m³ d'air extérieur en kilogrammes.

La valeur du tirage (dépression mesurée) doit être inférieure à – 3 Pa.

Pour qu'il y ait tirage, il faut une charge ascensionnelle, c'est-à-dire que la valeur de d1 soit plus grande que d, que les gaz brûlés soient plus chauds que l'air extérieur (figure 16.13).



Exemple

Pour une cheminée d'une hauteur H = 10 m, une température d'air extérieur moyenne de 20 °C, une température moyenne des fumées de 150 °C, on aura d'après les valeurs du tableau 16.10 :

1 m³ d'air extérieur à 20 °C pèse 1,20 kg

$$1 \text{ m}^3 \text{ de gaz chauds pèse } \frac{0{,}95 + 0{,}75}{2} = 0{,}85 \text{ kg}$$

1 m³ de gaz chauds pèse = 0,85 kg

$$h = 9{,}81 \times 10 \times (0{,}85 - 1{,}20) = -34{,}3 \text{ Pa}$$

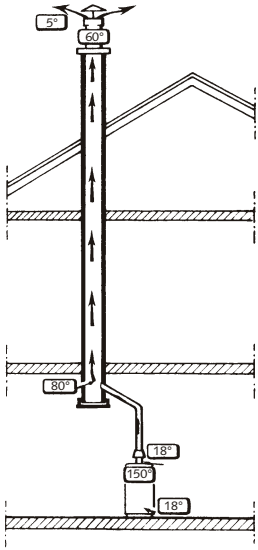


Figure 16.13 – Exemples de variations de la température des produits de combustion sur le parcours d'un conduit extérieur



Figure 16.14 – Cheminée en tube inox isolé

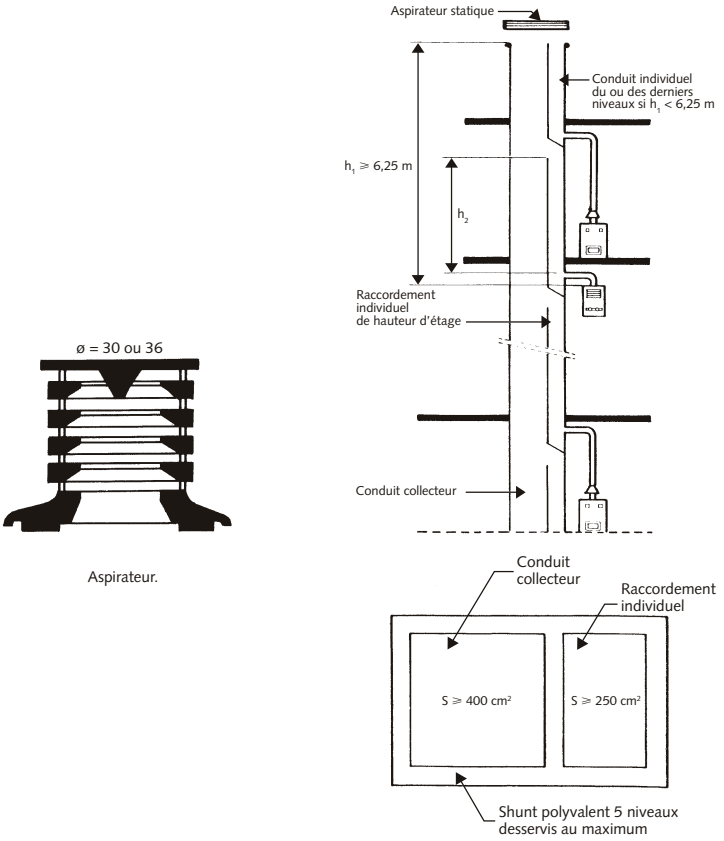
Le vent peut augmenter ou diminuer le tirage selon la position de la sortie du conduit de ventilation, on veillera à le positionner dans une zone de dépression.

Lorsque le conduit est mal isolé, les fumées refroidissent, ce qui réduit le tirage (figure 16.13).

On pourra trouver, dans les constructions antérieures à 1969, des **conduits collectifs de type Alsace**, ce sont des conduits polycombustibles collectifs sans départs individuels.

■ Conduit shunt

Le conduit shunt est un conduit collectif desservant plusieurs étages. Il comprend un conduit collecteur destiné à assurer l'amenée d'air ou l'évacuation de l'air vicié et/ou des produits de combustion des appareils raccordés. Les raccordements individuels s'effectuent sur une longueur d'environ un étage.

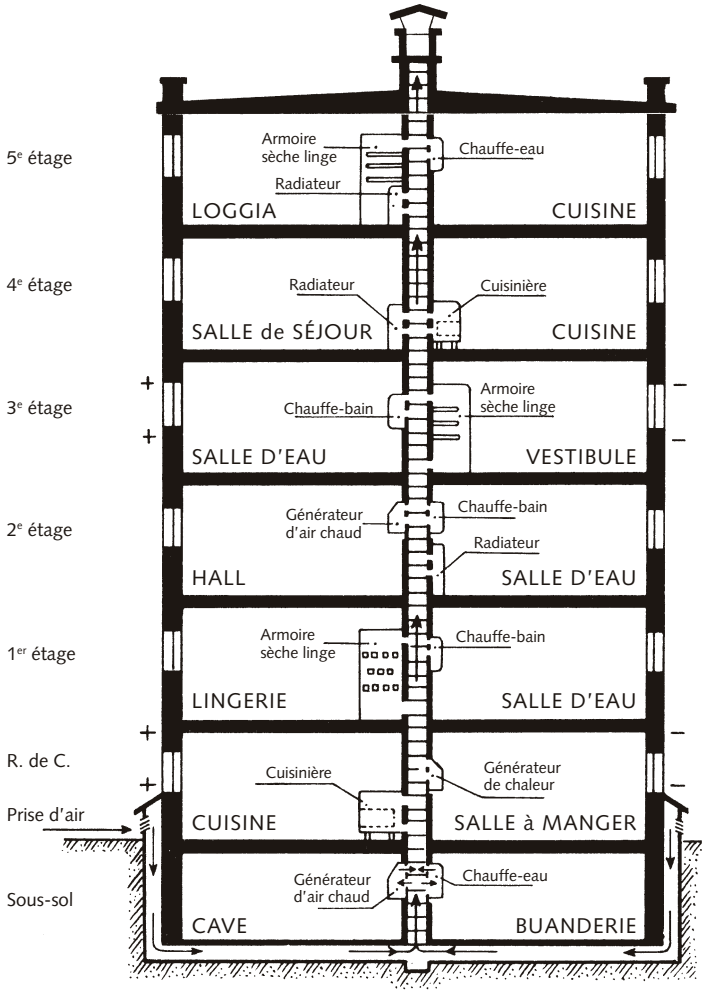


Aspirateur.

Figure 16.15 – Conduit shunt

■ Gaines Se-Duct

Ces gaines parfois utilisées permettaient à l'aide d'un seul conduit de réaliser l'amenée d'air et l'évacuation des fumées, la partie basse du conduit devait être raccordée à des prises d'air situées sur les deux façades opposées. Le grand volume d'air circulant dans le conduit permettait de ne jamais atteindre le point de rosé.



Les signes + indiquent que cette façade est en pression, les signes – que celle-ci est en dépression

Figure 16.16 – Se-Duct

■ Conduits 3CE

Ce sont des conduits verticaux spécifiques aux chaudières étanches comprenant 2 tubes concentriques, l'un pour l'évacuation des produits de combustion, l'autre pour l'amenée d'air. Les appareils pouvant être raccordés à un conduit 3CE sont de type C42 ou C43CE.

Lorsque le tirage est incertain ou dans les régions fortement ventées, on installera à l'extrémité du conduit de fumée un **extracteur statique** ou **statomécanique** qui permettra de créer une dépression en fonction de la vitesse du vent, d'empêcher les inversions de flux dans les conduits et d'augmenter le tirage.

À l'inverse, pour les appareils qui ne sont pas équipés de coupe-tirage, on pourra installer un stabilisateur ou modérateur de tirage lorsque le tirage est trop important. Il se place sur le conduit de raccordement et permet de limiter la dépression dans le foyer de la chaudière (chaudière au sol).

DIMENSIONNEMENT D'UN CONDUIT DE FUMÉE

Les sections des conduits d'évacuation des gaz brûlés se déterminent en fonction de la configuration du conduit de raccordement, du rendement utile de l'appareil, du mode d'évacuation des produits de combustion.



Remarque

Le diamètre du conduit de raccordement devra être supérieur ou égal à celui de la buse de l'appareil.
La longueur du conduit de raccordement (projection horizontale) ne doit jamais être supérieure à la hauteur du conduit d'évacuation des gaz brûlés ; dans tous les cas, il doit être inférieur à 3 m.

Le dimensionnement des conduits d'évacuation des gaz brûlés ne concerne que les appareils de type B. Les règles de dimensionnement sont précisées dans la partie 7 du DTU 61.1.

Les types I, II, III et IV caractérisent le conduit de raccordement d'un seul appareil et le conduit de fumée individuel à tirage naturel.

Les classes de rendement n° I, II ou III caractérisent les performances de l'appareil pour une température d'eau moyenne de 70 °C :

- Les chaudières « standard » de **rendement de classe n° I** (ancienne catégorie A) ne sont plus commercialisées depuis le 1er janvier 1998 mais on commercialise toujours des chauffe-bains, inserts ou radiateurs gaz ayant ces caractéristiques.
- Les chaudières « standard » de **rendement de classe n° II** (ancienne catégorie B : rendement < 87,5 + 1,5 log Pn – chaudière haut rendement) correspondent aux chaudières commercialisées depuis 1998.
- Les chaudières de **rendement de classe n° III** (ancienne catégorie B : rendement ≥ 87,5 + 1,5 log Pn – chaudière haut rendement et catégorie C – chaudières à condensation) correspondent aux chaudières basses températures et aux chaudières à condensation commercialisée depuis 1998.

■ Conduit individuel à tirage naturel

On pourra à partir des abaques contenus dans le DTU 61.1 – partie 7 – Décembre 2008 dimensionner les conduits de fumées pour les appareils de type B 11, B 22 et B 23 d'une puissance calorifique inférieure ou égale à 85 kW (puissance utile ≤ 70 kW).

- Sur un **conduit existant**, en fonction de la classe de rendement de l'appareil, du type de raccordement (I, II, III ou IV) et des caractéristiques du conduit de fumées (type, diamètre, hauteur et isolation), on pourra déterminer la **puissance minimale** et la **puissance maximale** que l'on peut raccorder sur le conduit.
- Sur une **installation neuve**, à partir de la classe de rendement de l'appareil, de sa puissance nominale, du type de raccordement (I, II, III ou IV) et des caractéristiques du conduit de fumées (type, diamètre, hauteur et isolation), on pourra déterminer le **diamètre** du conduit de fumées.

Dans tous les cas, le conduit de fumées devra être adapté au combustible, ils sont classés en fonction de leurs résistance à la **température** (T 080 à T600 pour des températures allant de 80 à 600 °C), de leurs comportement à la **pression** (N1 – N2 pour les conduits en légère dépression, P1 – P2 pour les conduits en légère surpression, H1 – H2 pour les conduits en forte pression positive), de leurs comportement à la **corrosion** (classe 1 : gaz et fiouls ayant une teneur en souffre < 50 mg/m³, classe 2 : gaz, fiouls ayant une teneur en souffre < 0,2 % en masse, bois à foyer ouvert) et classe 3 : gaz, fiouls, bois pour foyer ouvert ou fermé, charbon et tourbe), de la résistance au feu (G (ou S) = résistant au feu, O non résistant). Les conduits sont aussi caractérisés par leurs résistance thermique, leurs per-

tes de charge, leurs résistance au feu (durée), leurs résistance au gel (pour les conduits extérieurs).

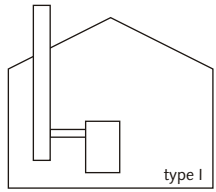
Les conduits D sont des conduits fonctionnant en mode sec (pas de condensation dans le conduit de fumées), les conduits W sont des conduits pouvant fonctionner en mode humide (condensation).

Si la puissance minimum de l'appareil descend en dessous de la valeur de la puissance minimum en mode sec, il faudra choisir un conduit pouvant fonctionner en mode humide. Au dessus de la puissance maximum il y a risque de gel des condensats car le débit des fumées est trop important.

Les tableaux sont donnés pour les différents types de raccordement détaillés ci-dessous :

☐ **Installation de type I :**

- conduit de raccordement rectiligne
- conduit de fumée rectiligne

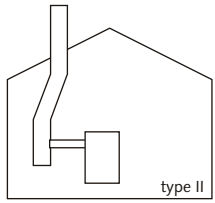


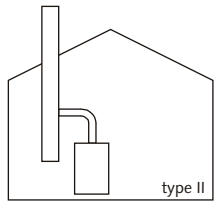
☐ **Installation de type II :**

- conduit de raccordement rectiligne
- dévoiement sur le conduit de fumée

ou

- conduits de raccordement comportant 1 coude à 90° ou 2 coudes à 45°
- conduits de fumée rectiligne



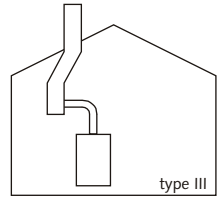


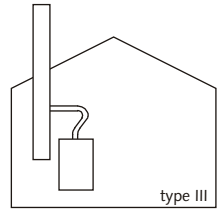
☐ **Installation de type III :**

- conduits de raccordement comportant 1 coude à 90° ou 2 coudes à 45°
- dévoiement sur le conduit de fumée

ou

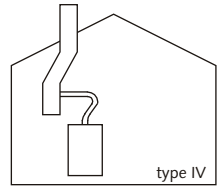
- conduits de raccordement comportant 2 coudes à 90° ou 1 coude à 90° et 2 coudes à 45°
- conduits de fumée rectiligne





☐ **Installation de type IV :**

- conduits de raccordement comportant 2 coudes à 90° ou 1 coude à 90° et 2 coudes à 45°
- dévoiement sur le conduit de fumée



On effectuera la lecture suivante des tableaux :

Si on souhaite raccorder une chaudière, classe de rendement II, puissance nominale 28 kW sur un conduit métallique non isolé d'une longueur de 5 m, installation de type II, on effectuera la détermination du diamètre sur le tableau suivant :

Conduit métallique non isolé de 5 m : puissance maxi 31 kW pour un diamètre de 139, la chaudière devra avoir une puissance mini supérieure à 13 kW.

Si la puissance mini est plus faible, il faudra par exemple choisir un conduit métallique isolé de diamètre 139 qui acceptera une puissance mini 5,5 kW de et un puissance maxi de 35 kW.

Voici quelques **exemples** de dimensionnement extraits des abaques du DTU61.1 P7, pour toute recherche qui ne se trouverait pas dans ces tableaux, on se reportera au DTU.

■ Conduit métallique non isolé

Tableau 16.11 – Appareils B11 standard – installation de type I ou II – Conduit métallique non isolé – conduit 2,5 à 10 m

Appareils de type B. 11 standard (classe de rendement n° II)										
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m										
Conduit métallique non isolé										
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125		Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
2,5	12,5	7	15	10	18	15	23	15	23	15
3	15	7,5	17,5	10,5	25	16	31	16	35	16
4	19	9,5	25,5	12	35	17	44	17	51	17
5	23	10,5	31	13	42	18	50	18	59	18
6	26	11,5	35	14	46	20	54	20	63	20
7	28	12	38	15	49	21	58	21	65	21
8	30	13	41	16	51	22	61	22	67	22
9	31	14	42	16,5	53	23	63	23	68	23
10	32	15	43,5	17	54	24	65	24	70	24
Valeurs extraites des figures B 4 et B 5 du DTU 61.1 P7										

Tableau 16.12 – Appareils B 11 standard – installation de type I à IV – Conduit métallique non isolé

Appareils de type B. 11 standard (classe de rendement n° II)								
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m								
Conduit métallique non isolé								
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
10	31,5	19	43	22	52	25	59	27
12	33	21,5	46	24	55	27	64	30
14	34	23,5	48	26	58	29	67	32
16	35	25	48	28	59,5	31	69	34
18	35,5	27	49	30	60,5	33	70	37
20	35,5	29	50	32	62	36	70	39
22	35,5	30,5	50	34	62	38	70	41
24	35,5	32	50	36	62,5	40	70	44
26	35	33,5	50	38	62,5	42	70	46
28			49,5	39,5	62,5	44	70	48
30			49,5	40,5	62,5	46	70	50
Valeurs extraites des figures B 24 et B 25 du DTU 61.1 P7								

Tableau 16.13 – Appareils B11 – basse température – installation de type I ou II – Conduit métallique non isolé

Appareils de type B. 11 basse température (classe de rendement n° III)										
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m										
Conduit métallique non isolé										
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125		Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3,5	13	12,5	15	15	20,5		26	20	34	22
4	15	13	18	15,5	26	18	33	20,5	40	23
5	18	14,5	25	16,5	33	19	43	22	50	25
6	20,5	15,5	29	18	39	20	48	23	55	26
7	23	16	32	19	43	22	52	24	59	28
8	24,5	17	33,5	19,5	46	23	54	26	62	29
9	26	18	35	21	47	24	56	27	65	30
10	26,5	19	36	22	48	25	58	28	67	30,5
Valeurs extraites des figures B 14 et B 15 du DTU 61.1 P7										

Tableau 16.14 – Appareils B11 – basse température – installation de type I à IV – Conduit métallique non isolé

Appareils de type B. 11 basse température (classe de rendement n° III)				
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m				
Conduit métallique non isolé				
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
10	44	32	52	34
12	48	33	55	37
14	50	35	58	39
16	52	38	60,5	42
18	53	40,5	62	45
20	53	43	63	47
22	54	45	64	49
24	54	47	65	52
26	54	49	65	54
28	54	50,5	66	56
30	54	53	66	59
Valeurs extraites de la figure B 34 du DTU 61.1 P7				

Tableau 16.15 – Appareils B 22 ou B 23 – basse température – installation de type I à IV – Conduit métallique non isolé

Appareils de type B 22 – B 23 basse température (classe de rendement n° III)										
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m										
Conduit métallique non isolé										
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125		Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3			30	30	42	32	48	37	53	42
4	28	26	40	30	48	35	57	40	36	44
6	35	30	48	34	58	39	68	44	70	49
8	40	32	52	38	65	43	70	49	70	54
10	42	36	55	41	70	47	70	53	70	59
12	43	39	57	45	70	51	70	57	70	63
14	43	42	58	48	70	55	70	61	70	68
16			58	52	70	58	70	65		
18			58	55	70	62	70	70		
20							70	70		
Valeurs extraites des figures B 43 et B 44 du DTU 61.1 P7										

■ Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²

Tableau 16.16 – Appareils B 11 – standard – installation de type I ou II – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²

Appareils de type B. 11 standard (classe de rendement n° II)

Installation de type I ou II
conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m

Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²

Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
2	11	3	2	12	3	2	13	4	2	15	4	2	16	4	2
3	17	4	1,5	23	4	1,5	28	5	2	34	5	2	42	5	2
4	22	5	1	29	5	1	38	6	2	46	6	2	54	6	2
5	26,5	5,5	2	35	5,5	2	45	8	2	54	8	2	60	8	2
6	30	6	2	39,5	6	2	50	8	2	58	8	2	65	8	2
7	32	7	2	43	7	2	53	9	2	62	9	2	68	9	2
8	34	8	2	45	8	2	55	11	2,5	65	11	2,5	70	11	2,5
9	34,5	8,5	2	46,5	8,5	2	57	12	2,5	67	12	2,5	70	12	2,5
10	35,5	9	2	48	9	2	59	12	2,5	68	12	2,5	70	12	2,5

Valeurs extraites des figures B 6 et B 7 du DTU 61.1 P7

Tableau 16.17 – Appareils B 11 – standard – installation de type I à IV – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²

Appareils de type B. 11 standard (classe de rendement n° II)																	
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m																	
Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²																	
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180				
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide		
10	27	12	2,5	38	12	2,5	48	16	4	58	16	4	66	16	4		
12	30	13	3	42	13	3	52	17	4	62	17	4	70	17	4		
14	32	14	3	44	14	3	55	18	4	66	18	4	70	18	4		
16	33	16	3	46	16	3	57	20	4	68	20	4	70	20	4		
18	34	17	3,5	47	17	3,5	58	22	4	70	22	4	70	22	4		
20	34	18,5	3,5	47,5	18,5	3,5	60	24	5	70	24	5	70	24	5		
22	34,5	20	4	48	20	4	61	26	5	70	26	5	70	26	5		
24	35	21	4	48,5	21	4	62	28	5	70	28	5	70	28	5		
26	35	22,5	4	49	22,5	4	63	29	6	70	29	6	70	29	6		
28	35,5	24	4	49,5	24	4	64	31	6	70	31	6	70	31	6		
30	36	25,5	4,5	50	25,5	4,5	64	33	6	70	33	6	70	33	6		
Valeurs extraites des figures B 26 et B 27 du DTU 61.1 P7																	

Tableau 16.18 – Appareils B 11 – Basse température – installation de type I ou II – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²

Appareils de type B. 11 basse température (classe de rendement n° III)

Installation de type I ou II
conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m

Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²

Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
2	8	5	5	8	5	5	8	8	5	8	8	5	8	8	5
3	13	7	2	16,5	7	2	20	11	2	26	11	2	30	11	2
4	18	8	2	24	8	2	30	13	2	38	13	2	45	13	2
5	22	9	2	30	9	2	38	14	2	47	14	2	55	14	2
6	26	10	2	34	10	2	44	14	2	53	14	2	61	14	2
7	28	11	2	38	11	2	48	15	2	57	15	2	65	15	2
8	31	11,5	2	41	11,5	2	52	16	2,5	61	16	2,5	68	16	2,5
9	34	12,5	2,5	42,5	12,5	2,5	54	18	2,5	63	18	2,5	69	18	2,5
10	35	13,5	2,5	44	13,5	2,5	55	19	2,5	65	19	2,5	70	19	2,5

Valeurs extraites des figures B 16 et B 17 du DTU 61.1 P7

Tableau 16.19 – Appareils B 11 – basse température – installation de type I à IV – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²

Appareils de type B. 11 basse température (classe de rendement n° III)																	
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m																	
Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²																	
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180				
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide		
10	22	16	4	33	18	4	44	23	4	52	23	4	59	23	4		
12	25	17	4	35,5	19	4	47	25	4	56	25	4	65	25	4		
14	27	19	4	38,5	21	4	50	27	4	60	27	4	68	27	4		
16	29	20,5	4	41	23	4	52	30	4	62	30	4	70	30	4		
18	30	22	4	42	25	4	53	32	4,5	65	32	4,5	70	32	4,5		
20	31	24	4	43	26,5	4	54	35	4,5	66	35	4,5	70	35	4,5		
22	31	25,5	4	44	27,5	4	55	37	4,5	68	37	4,5	70	37	4,5		
24	31	27	4	44	30	4	56	39	5	69	39	5	70	39	5		
26	31	29	4	44	32	4	57	42	6	70	42	6	70	42	6		
28	30,5	30,5	4	44,5	34,5	4	57	44	6	70	44	6	70	44	6		
30				45	36	4	58	46	6	70	46	6	70	46	6		
Valeurs extraites des figures B 35 et B 36 du DTU 61.1 P7																	

Tableau 16.21 – Appareils B 22 – B 23 – basse température – installation de type I à IV – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²

Appareils de type B 22 – B 23 basse température (classe de rendement n° III)																	
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m																	
Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²																	
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125			Diamètre 139			Diamètre 153			Diamètre 167			Diamètre 180				
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide		
3	28	22	6	36	26	6	47	36	7	54	36	7	60	36	7		
4	34	25	5	44	28	5	55	39	5	64	39	5	70	39	5		
6	42	28	4	55	32	4	66	44	6	70	44	6	70	44	6		
8	48	32	4	62	36	4	70	49	6	70	49	6	70	49	6		
10	52	36	5	66	40	5	70	54	6	70	54	6	70	54	6		
12	54	40	6	68	44	6	70	60	7	70	60	7	70	60	7		
14	55	44	6	69	48	6	70	65	8	70	65	8	70	65	8		
16	56	48	6	70	53	6	70		8	70		8	70		8		
18	56	52	6	70	57	6	70		9	70		9	70		9		
20	56	56	6	70	62	6	70		9	70		9	70		9		
25	54		7	70		7	70		10	70		10	70		10		
Valeurs extraites des figures B 45 et B 46 du DTU 61.1 P7																	

Tableau 16.22 – Appareils B 22 – B 23 – Condensation – installation de type I à IV – Conduit métallique isolé R ≥ 0,4 k/W·m²

Appareils de type B 22 – B 23 condensation (classe de rendement n° III)										
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m										
Conduit métallique isolé										
Longueur du conduit de fumée	Diamètre 125		Diamètre 139		Diamètre 153		Diamètre 167		Diamètre 180	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3	14		24		26	12	32	12	46	12
4	22	10	33	10	38	9	50	9	58	9
6	34	7	46	7	60	8	66	8	70	8
8	40	6	53	6	64	8	70	8	70	8
10	43	6	57	6	68	9	70	9	70	9
12	47	7	60	7	70	10	70	10	70	10
14	48	8	62	8	70	11	70	11	70	11
16	48	8	63	8	70	11	70	11	70	11
18	48	8	64	8	70	12	70	12	70	12
20	48	9	65	9	70	12	70	12	70	12
25	48	9	65	9	70	13	70	13	70	13
Valeurs extraites des figures B 53 et B 54 du DTU 61.1 P7										

■ Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²

Tableau 16.23 – **Appareils B 11 – standard** – installation de type I ou II – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²

Appareils de type B 11 Standard (classe de rendement n° II)									
Installation de type I à II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²									
Longueur du conduit de fumée	160 x 160			200 x 200			250 x 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
2	10		3	20		3	42		4
3	28	18	4	45	26	4	57	36	5
4	39	21	5	59	28	5	70	39	6
5	45	22	6	66	31	6	70	42	8
6	49	24	7	68	32	7	70	45	9
7	52	26	8	69	34	8	70	48	10
8	54	28	8	69	37	8	70	51	11
9	55	30	9	69	40	9	70	53	12
10	56	32	10	69	42	10	70	56	13
Valeurs extraites des figures B 8 et B 9 du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.24 – Appareils B 11 – standard – installation de type I à IV – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²

Appareils de type B 11 Standard (classe de rendement n° II)									
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²									
Longueur du conduit de fumée	160 x 160			200 x 200			250 x 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
10	47	38	12	70	48	12	70	63	16
12	50	42	13	70	54	13	70	70	17
14	52	46	14	70	58	14	70		18
16	52	52	15	70	64	15	70		20
18	52		16	70	70	16	70		21
20	52		18	70		18	70		22
22	52		19	70		19	70		24
24	52		20	70		20	70		25
26	52		21	70		21	70		26
28	52		22	70		22	70		28
30	52		23	70		23	70		29
Valeurs extraites des figures B 28 et B 29 du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.25 – Appareils B 11 – basse température – installation de type II ou II – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²

Appareils de type B 11 basse température (classe de rendement n° III)								
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m								
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²								
Longueur du conduit de fumée	160 x 160			200 x 200			250 x 250	
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
2,5	10		5	22		5	24	7
3	16		6	34		6	40	8
4	28		7	51	44	7	61	10
5	37	34	8	60	48	8	69	12
6	43	37	9	65	51	9	70	13
7	47	40	11	68	54	11	70	14
8	50	43	12	69	58	12	70	16
9	51	46	13	70	61	13	70	17
10	52	48	13	70	64	13	70	18
Valeurs extraites des figures B 18 et B 19 du DTU 61.1 P7								

Tableau 16.26 – Appareils B 11 – basse température – installation de type I à IV – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²

Appareils de type B 11 basse température (classe de rendement n° III)						
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m						
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²						
Longueur du conduit de fumée	160 x 160		200 x 200		250 x 250	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
10	35	15	60	15	70	20
12	40	16	65	16	70	21
14	42	18	68	18	70	22
16	43	19	70	19	70	24
18	44	20	70	20	70	26
20	44	21	70	21	70	27
22	44	22	70	22	70	29
24	44	23	70	23	70	30
26	44	24	70	24	70	32
28	43	25	70	25	70	33
30	42	26	70	26	70	34
Valeurs extraites des figures B 37 et B 38 du DTU 61.1 P7						

Tableau 16.27 – Appareils B 22 – B 23 – basse température – installation de type I à IV – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²

Appareils de type B 22 – B 23 basse température (classe de rendement n° III)						
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m						
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²						
Longueur du conduit de fumée	160 x 160		200 x 200		250 x 250	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3	44	14	60	14	70	20
4	52	17	70	17	70	24
5	57	20	70	20	70	27
6	62	22	70	22	70	29
8	67	23	70	23	70	31
10	70	26	70	26	70	34
15	70	31	70	31	70	40
20	70	36	70	36	70	46
25	70	41	70	41	70	53
30	70	45	70	45	70	58
Valeurs extraites des figures B 47 et B 48 du DTU 61.1 P7						

Tableau 16.28 – Appareils B 22 – B 23 – Condensation – installation de type I à IV – Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²

Appareils de type B 22 – B 23 Condensation (classe de rendement n° III)						
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m						
Conduit maçonné non isolé R ≥ 0,1 k/W·m²						
Longueur du conduit de fumée	160 x 160		200 x 200		250 x 250	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3			48		60	40
4	44	31	62	31	70	42
5	50	32	70	32	70	44
6	54	34	70	34	70	46
8	62	36	70	36	70	50
10	65	39	70	39	70	53
15	70	46	70	46	70	61
20	70	52	70	52	70	68
25	70	57	70	57		
30	70	61	70	61		
Valeurs extraites des figures B 55 et B 56 du DTU 61.1 P7						

Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²

Tableau 16.29 – Appareils B 11 – Standard – installation de type I ou II – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²

Appareils de type B 11 Standardrature (classe de rendement n° II)									
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²									
Longueur du conduit de fumée	160 x 160			200 x 200			250 x 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
2	13	5	2	20	5	2	42	6	2
3	29	6	2	46	6	2	60	8	2
4	40	7	2	60	7	2	68	10	2
5	46	9	2	67	9	2	70	12	3
6	51	10	2,5	70	10	2,5	70	14	3
7	54	11	2,5	70	11	2,5	70	15	3
8	56	12	2,5	70	12	2,5	70	17	4
9	58	14	2,5	70	14	2,5	70	18	4
10	59	14	2,5	70	14	2,5	70	19	4
Valeurs extraites des figures B 10 et B 11 du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.30 – Appareils B 11 – standard – installation de type I à IV – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²

Appareils de type B 11 Standard (classe de rendement n° II)									
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²									
Longueur du conduit de fumée	160 x 160			200 x 200			250 x 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
10	50	18	4	70	18	4	70	23	5
12	53	20	4	70	20	4	70	25	5
14	55	22	5	70	22	5	70	28	6
16	58	23	5	70	23	5	70	30	6
18	59	26	6	70	26	6	70	32	6
20	60	28	6	70	28	6	70	34	7
22	61	30	6	70	30	6	70	37	8
24	62	32	6	70	32	6	70	40	8
26	62	34	7	70	34	7	70	42	8
28	62	36	7	70	36	7	70	44	9
30	63	38	7	70	38	7	70	47	9
Valeurs extraites des figures B 30 et B 31du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.31 – Appareils B 11 – basse température – installation de type I ou II – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²

Appareils de type B 11 basse température (classe de rendement n° III)									
Installation de type I ou II conduit de raccordement ≤ 1 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²									
Longueur du conduit de fumée	160 x 160			200 x 200			250 x 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
2	8	8	5	8	8	5	15		5
3	21	13	2	35	13	2	48	20	3
4	32	15	2	52	15	2	65	21	3
5	40	16	2	62	16	2	70	22	3
6	46	17	2	67	17	2	70	23	4
7	50	18	2	69	18	2	70	25	4
8	52	19	2	70	19	2	70	26	4
9	54	21	2	70	21	2	70	28	4
10	56	21	2	70	21	2	70	29	4
Valeurs extraites des figures B 20 et B 21du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.32 – Appareils B 11 – basse température – installation de type I à IV – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²

Appareils de type B 11 basse température (classe de rendement n° III)									
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²									
Longueur du conduit de fumée	160 x 160			200 x 200			250 x 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
10	45	21	5	68	27	5	70	35	6
12	48	23	5	70	29	5	70	28	6
14	50	25	5	70	32	5	70	42	6
16	52	27	5	70	35	5	70	45	7
18	53	30	6	70	37	6	70	48	7
20	55	32	6	70	40	6	70	51	8
22	55	34	6	70	43	6	70	54	8
24	56	36	6	70	46	6	70	58	9
26	56	38	7	70	48	7	70	62	9
28	57	42	7	70	51	7	70	65	10
30	57	43	8	70	54	8	70	68	10
Valeurs extraites des figures B 39 et B 40 du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.33 – Appareils B 22 – B 23 – basse température – installation de type I à IV – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²

Appareils de type B 22 – B 23 basse température (classe de rendement n° III)									
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m									
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²									
Longueur du conduit de fumée	160 x 160			200 x 200			250 x 250		
	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode sec	P mini mode humide
3	50	30	7	67	40	7	70	56	7
4	58	33	6	70	44	6	70	60	6
5	64	36	5	70	46	5	70	64	7
6	69	38	6	70	50	6	70	67	7
8	70	42	7	70	56	7	70		8
10	70	48	8	70	62	8	70		9
12	70	54	8	70	69	8	70		10
14	70	58	9	70		9	70		11
16	70	63	9	70		9	70		12
18	70	69	10	70		10	70		13
20	70		11	70		11	70		14
Valeurs extraites des figures B 49 et B 50 du DTU 61.1 P7									

Tableau 16.34 – Appareils B 22 – B 23 – Condensation – installation de type I à IV – Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²

Appareils de type B 22 – B 23 Condensation (classe de rendement n° III)						
Installation de type I à IV conduit de raccordement ≤ 3 m – hauteur du raccordement ≥ 0,5 m						
Conduit maçonné isolé R ≥ 0,38 k/W·m²						
Longueur du conduit de fumée	160 x 160		200 x 200		250 x 250	
	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide	P Maxi	P mini mode humide
3	25	13	50	13	62	13
4	46	10	64	10	70	10
5	53	8	70	8	70	10
6	59	8	70	8	70	11
8	67	10	70	10	70	12
10	70	10	70	10	70	13
12	70	12	70	12	70	15
14	70	12	70	12	70	16
16	70	13	70	13	70	18
18	70	14	70	14	70	19
20	70	14	70	14	70	20
Valeurs extraites des figures B 57 et B 58 du DTU 61.1 P7						

La résistance thermique des matériaux composites se calculent par addition des résistances thermiques des différents matériaux.



Exemple

Un boisseau de terre cuite à parois alvéolées de section circulaire et d'épaisseur 3,5 cm – r = 0,09 m².K/W isolé avec 1 cm de laine minérale – r = 0,20 m².K/W aura une résistance thermique totale de 0,09 + 0,20 = 0,29 m².K/W

Voici quelques valeurs de résistance thermique donnée à titre indicatif :

- 0,12 à 0,15 boisseau en terre cuite alvéolée 5 ou 6 cm section carrée ou rectangulaire
- 0,21 boisseau en terre cuite alvéolée 7,5 cm section carrée ou rectangulaire
- 0,12 boisseaux en béton alvéolé 5 cm – 20 x 20 x 25
- 0,17 boisseaux en béton alvéolé 7 cm – 20 x 20 x 25
- 0,06 boisseau en béton plein 3 cm – 20 x 20 x 25

Il est possible de calculer la résistance thermique d'un matériau en fonction son épaisseur (e en m) de sa conductivité (λ en W/m.K) à l'aide de la formule :

$$r = \frac{s}{\lambda}$$

Par exemple : pour une épaisseur de 3 cm de laine de roche λ = 0,041 on aura :

$$r = \frac{0,03}{0,041} = 0,731$$

Pour les autres cas de figure, on se reportera au DTU 61.1 et 24.1.

Le DTU 61.1 P7 précise entre autre le dimensionnement des conduits maçonnés tubés, les conditions de raccordement d'un appareil sur un conduit de type shunt (conduit collectif existant à départ individuel de hauteur d'étage à tirage naturel), sur un conduit de type Alsace (conduit collectif existant sans départ individuel à tirage naturel), les conditions de raccordement de deux appareils sur un conduit individuel à tirage naturel et les conditions d'évacuation des appareils situés en alvéole technique gaz. Il précise aussi les conditions d'évacuation des gaz brûlés dans les courettes en U. Le DTU 24.1 défini les travaux de fumisterie.

Installation GPL

Pour les installations GPL, il faudra tenir compte du DTU 60.1, de l'arrêté du 30 juillet 1979 modifié (stockage ≤ 6 tonnes) et de l'arrêté du 2 août 1977 modifié.

BOUTEILLE ET RÉSERVOIR

Les bouteilles de butane et de propane sont normalisées (norme NF M 88-704). Les bouteilles ou récipient ne doivent pas être soumises à une source de chaleur supérieure à 50 °C.

Lorsqu'on installe deux bouteilles, une en service, l'autre en secours, elles sont raccordées à l'installation par un **coupleur inverseur automatique** qui permet de sélectionner manuellement la bouteille en service et bascule automatiquement sur la bouteille de réserve lorsque la bouteille de service vide.

Les bouteilles sont raccordées à l'aide de lires souples (ou flexibles de raccordement) conformes à la norme NF M 88-768.

Un limiteur de pression est installé à la sortie de la cuve ou des bouteilles pour limiter la pression à l'intérieur des locaux habités, il doit être conforme à la norme NF EN 13785.

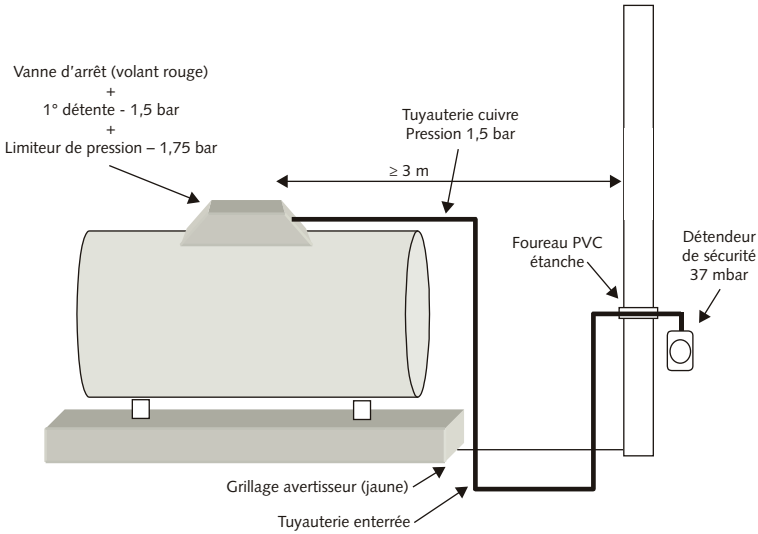
Le détendeur pour les bouteilles de butane doit être conforme à une des normes NF EN 12864, NF EN 13785 ou NF EN 13786. Les détendeurs de propane pour bouteilles doivent être conformes à la norme NF EN 13785.

STOCKAGE AÉRIEN

Le local où l'espace de stockage doit être largement ventilé, les parties latérales pleines ne doivent pas dépasser 75 % du périmètre total.

Un espace d'au moins 60 cm doit être prévu autour des réservoirs. Lorsqu'il y a plusieurs réservoirs, ils doivent être éloignés d'au moins 20 cm et être raccordés électriquement sur une mise à terre commune.

La soupape de sécurité doit être placée à au moins 3 m d'une bouche d'égout, d'une fenêtre ou d'une ouverture, d'un dépôt de matières combustibles, de la voie publique et de la limite de propriété (stockage inférieur à 3 500 kg) (figure 16.17). Cette distance peut être réduite à 1,5 m à condition de placer un mur coupe-feu 2 H (d'une hauteur supérieure de 50 cm) entre l'orifice de la soupape de sécurité et la partie à protéger. Le trajet à parcourir pour atteindre la partie à protéger devra être d'au moins 3 m.



La bouche de remplissage et la soupape de sécurité doivent se trouver à 3 m de :

– une baie vitrée ou une ouverture

– une bouche d'égout non protégée

– un dépôt de combustible

– la limite de propriété ou la voie publique

La distance peut être réduite à 1,5 m si un mur plein incombustible 2 heures dépassant de 50 cm la bouche de remplissage est interposé. Le parcours des vapeurs doit être supérieur à 3 m avant d'atteindre une ouverture.

Figure 16.17 – Installation GPL aérienne

Aucun appareillage électrique ne doit se situer à moins de 3 m de l'orifice des soupapes de remplissage ou de sécurité sans être conforme à une utilisation pour atmosphère explosive.

STOCKAGE ENTERRÉ

La circulation sur un stockage enterré est interdite, son emplacement doit être signalé au sol, il doit être recouvert par au moins 20 cm de terre tamisée ou de sable, la hauteur totale du recouvrement doit être d'au moins 30 cm (figure 16.18).

Aucune des canalisations ne doit se trouver à moins de 1 m des parois du réservoir

La soupape de sécurité doit être placée à au moins 1,5 m d'une bouche d'égout, d'une fenêtre ou d'une ouverture, d'un dépôt de matières combustibles, de la voie publique et de la limite de propriété (stockage inférieur à 3500 kg).

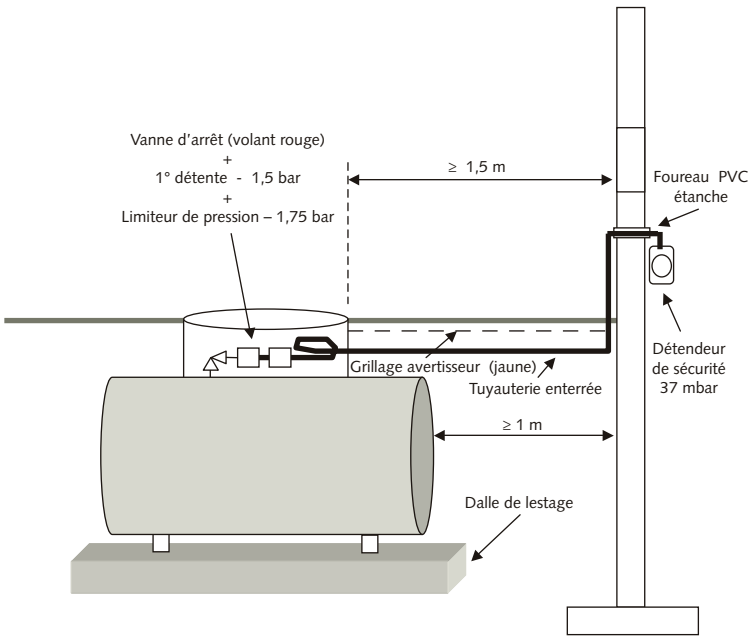


Figure 16.18 – Installation GPL enterrée

La cuve doit être protégée par une protection cathodique.

Aucun appareillage électrique ne doit se situer à moins de 3 m de l'orifice des soupapes de remplissage ou de sécurité sans être conforme à une utilisation pour atmosphère explosive.

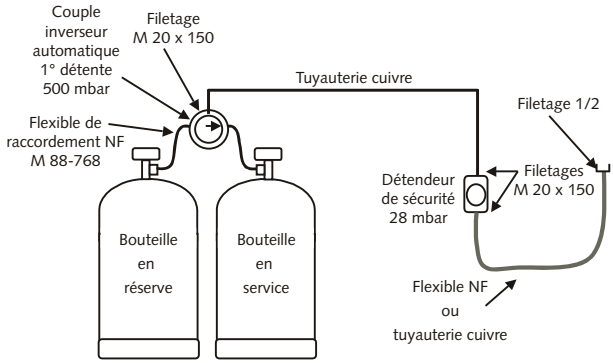
INSTALLATION DE BOUTEILLES BUTANE

Il est interdit de stocker dans un même local plus d'une bouteille de butane commercial d'une contenance supérieure à 10 l non branchée (arrêté du 2 août 1977 modifié). Le local dans lequel sont installées les bouteilles de butane branchées ou non doit être ventilé par une grille de 50 cm² de section libre en partie basse (donnant sur l'extérieur ou sur une pièce ventilée) et en partie haute (donnant sur l'extérieur).

Il est possible :

- de raccorder directement le détendeur sur la bouteille : la sortie du détendeur est filetée 20 × 150 mâle, la tuyauterie de distribution ou l'appareil sont raccordés à l'aide d'un flexible ou d'un tuyau souple normalisé (figure 16.19) ;
- de raccorder les bouteilles sur un coupleur automatique ou manuel équipée d'une première détente (500 mbar).

Schéma d'installation de bouteilles Butane



L'arrêté du 2 août 1977 interdit de stocker plus d'une bouteille non raccordée (de plus de 10 litres) dans un même local.

Le local contenant les bouteilles (ainsi que le placard ou le meuble dans lequel elles se trouvent) doit être ventilé en partie haute et en partie basse par une ouverture d'au moins 50 cm de section libre.

Figure 16.19 – Installation bouteilles butane

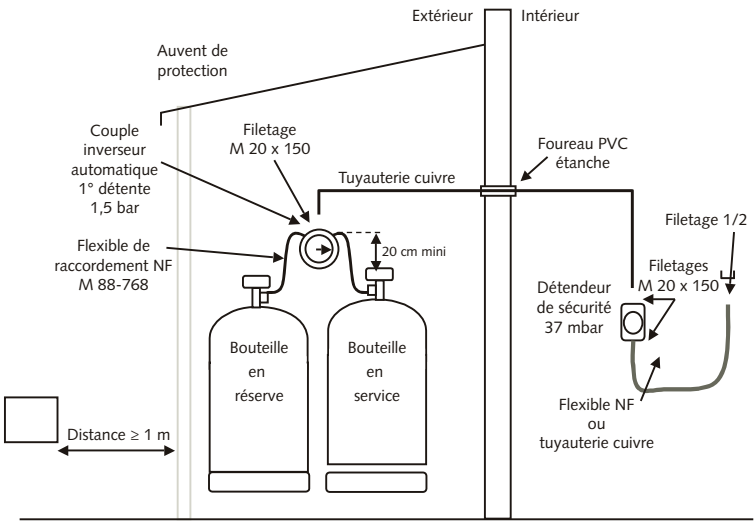
INSTALLATION DE BOUTEILLES PROPANE

Les bouteilles de propane commercial d'une contenance supérieure à 6,5 l doivent être stockées à l'extérieur des bâtiments d'habitation (figure 16.20).

L'emplacement des bouteilles de propane doit se situer à au moins 1 m des ouvertures de l'habitation et des bouches d'égout non protégées par un siphon. Un muret d'isolement peut être réalisé lorsque la distance est inférieure à 1 m.

L'abri peut être adossé au bâtiment ou encastré dans celui-ci à condition que les cloisons soient en matériaux incombustibles coupe-feu 1 h, sans communication avec l'espace intérieur. Il doit être fermé sur au moins trois de ses côtés et protégé par une toiture. Lorsqu'une porte donnant sur l'extérieur est installée sur le quatrième côté, une ventilation haute et basse de 200 cm² de section libre donnant sur l'extérieur doit être aménagée.

Schéma d'installation de bouteilles Propane



Si l'abri comporte une porte, une ventilation basse et une ventilation haute de 200 cm doit être aménagée.

Figure 16.20 – Installation bouteilles propane

L'abri n'est destiné qu'aux bouteilles propane et à leurs accessoires, aucune autre installation ne doit être prévue (compteurs d'eau, vannes, installation électrique, etc.). Si une canalisation doit traverser cet abri, elle doit être en tubes acier ou placés sous un fourreau en acier.

Il est possible :

- de raccorder directement le détendeur sur la bouteille : la sortie du détendeur est filetée 20 × 150 mâle, la tuyauterie de distribution ou l'appareil sont raccordés à l'aide d'un flexible ou d'un tuyau souple normalisé ;
- de raccorder les bouteilles sur un coupleur automatique ou manuel équipée d'une première détente (1,5 bar).

Les organes de coupure et robinet de commandes d'appareils pour les GPL distribués par récipient doivent être conforme à l'une des normes suivantes : XP M 88-771, NF EN 331 et XP E 29-135, XP E 29-141.

DÉTENDEUR DÉCLENCHEUR DE SÉCURITÉ – DDS

Le détendeur déclencheur de sécurité permet d'abaisser la pression, de couper automatiquement le gaz lorsqu'il y a en amont ou en aval une chute de pression ou une surpression, ou un débit trop important. Il est équipé d'une commande manuelle et peut servir de robinet de commande d'appareil. Il faudra faire attention à la compatibilité du filetage du DDS avec les raccords employés.

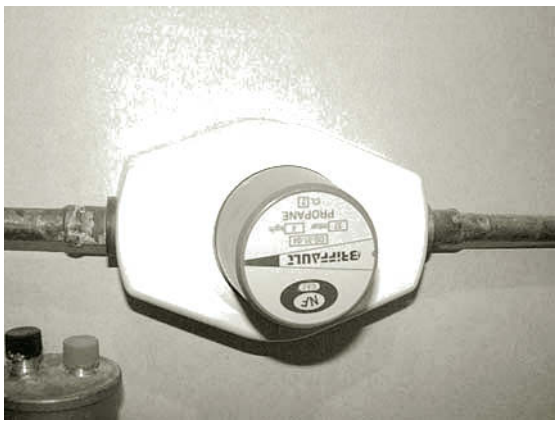


Figure 16.21 – Détendeur propane Briffault et DDS propane Briffault

PRESSION DE SERVICE DANS LES INSTALLATIONS

Les installations butane peuvent être équipées d'une détente à un étage réglée à 28/30 mbar ou d'une détente à deux étages : première détente réglée à une pression inférieure à 500 mbar, deuxième détente réglée à 28/30 mbar ou 112 mbar disposées à proximité de l'appareil d'utilisation.

Des installations propane doivent être équipées d'une détente à deux étages : première détente à la sortie du stockage réglé à 1,5 bar + limiteur de pression réglé à 1,75 bar, deuxième détente réglée à la pression d'utilisation.

Toute opération de transvasement non réalisée par le distributeur est interdite (arrêté du 2 août 1977 modifié).

Chaufferies gaz

Une **chaufferie gaz** est un local qui contient un ou plusieurs générateurs gaz d'une puissance totale > 85 kW destinés à assurer la production d'eau chaude sanitaire et/ou le chauffage d'une partie ou de l'ensemble d'une habitation collective (et de ses dépendances).

Une **mini-chaufferie gaz** est un local ou placard qui contient un ou plusieurs générateurs gaz d'une puissance totale inférieure ou égale à 85 kW destinés à assurer la production d'eau chaude sanitaire et/ou le chauffage d'une partie ou de l'ensemble d'une habitation collective (et de ses dépendances).

Certificat de conformité

Les certificats de conformité délivrés conformément à l'arrêté du 2 août 1977 modifié doivent être établis et signés par l'entrepreneur qui a réalisé les travaux.

Ils attestent de la conformité « globale » de l'installation (canalisations, évacuation des produits de combustion, ventilation, conformité des appareils, etc.).

Il existe quatre modèles différents de certificat de conformité :

- modèle 1 : installations à usage collectif ;
- modèle 2 : installations intérieures d'un logement (installations neuves ou modifications) ;

- modèle 3 : canalisations alimentant une chaufferie ou mini-chaufferie d'habitations collectives ;
- modèle 4 : le remplacement d'une chaudière à l'identique (sans déplacement).

Ce certificat est obligatoire dans le cas de réalisation de travaux neufs, il doit être fourni au distributeur de gaz pour permettre la mise en service du branchement d'abonné.

Le certificat de conformité ne s'applique pas aux installations comportant uniquement un appareil de cuisson domestique alimenté par un tube souple ou un tuyau flexible (sans aucune tuyauterie fixe).

Les installations gaz doivent être réalisées par un professionnel agréé PGN (professionnel gaz naturel) ou PGP (professionnel gaz propane), et leur maintenance par un professionnel agréé PMG (professionnelle maintenance gaz), appellation qui remplace l'appellation SAV GAZ.

Lorsque le distributeur de gaz constate une fuite sur l'installation (rotation du compteur) ou un défaut grave immédiat (DGI), il peut condamner l'installation et demander un certificat de conformité prouvant la réalisation des travaux nécessaires avant de rétablir la fourniture de gaz.

17
INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Un installateur est amené à intervenir sur des installations électriques pour raccorder ses appareils.



Attention

Pour effectuer les travaux d'ordre électrique, il faut disposer d'une habilitation B1V et avoir été désigné pour effectuer l'intervention.

Les risques électriques sont importants, ils peuvent provoquer des brûlures internes ou externes, des électrisations ou des électrocutions. La formation électrique des installateurs est donc une nécessité.

Rappels

La **quantité d'électrons** qui circulent dans un conducteur est représentée par l'**intensité** électrique (ou le **courant**), son symbole est **I,** son unité l'ampère (**A**).

La **différence de potentiel** (**ddp**) ou différence de charge électrique entre deux conducteurs est représentée par la **tension**, son symbole est **U** ou **V,** son unité le volt (**V**).

On peut avoir une tension sans courant mais pas un courant sans tension (c'est la différence de potentiel qui crée le déplacement des électrons).

La **résistance** d'un conducteur représente sa capacité à empêcher les électrons de circuler, son symbole est **R**, son unité est l'ohm (**Ω).**

La **fréquence** d'un courant alternatif représente le nombre de périodes par seconde, son symbole est **F**, son unité est le hertz (**Hz)**: 50 Hz en France, 60 Hz aux États-Unis.

Lorsqu'un fil conducteur est parcouru par un **courant électrique**, il y a création d'un **champ magnétique** autour du fil.

Lorsqu'un fil conducteur est soumis à un **champ magnétique**, il y a création d'un **courant électrique** (si le circuit est fermé, sinon il y a seulement une différence de potentiel).

Le **calibre** d'un appareil représente sa valeur maximale autorisée (valeur **nominale**).

La **sélectivité** permet en cas de défaut de ne couper que le ou les circuits concernés, on distingue 2 types de sélectivité :

- **sélectivité ampère-métrique** : le calibre du disjoncteur général est plus fort que celui des protections individuelles ;
- **sélectivité chronométrique** : Le temps de réponse du disjoncteur général est plus long que le temps de réponse des disjoncteurs individuels.

Il existe deux types de **disjoncteurs différentiels** :

- type **AC** : détecte les défauts sur les appareils à courant alternatif ;
- type **A** : détecte les défauts sur les appareils à courant alternatif et continu. (Électroménager)
- type **HPI** : recommandé pour les congélateurs

Le fil de **neutre** se repère par la lettre **N**, les fils de **phase** par : φ, **L** ou **PH**.

PROTECTION DES INSTALLATIONS

Il existe différents appareils pour protéger une installation (tableau 17.1).

Tableau 17.1 – Protection d'uns installation

Nom	Symbole	Fonction
Fusible aM		Fusible **accompagnement moteur** Protection des moteurs principalement contre les courts-circuits et les surintensités
Fusible gl ou gG		Fusible d'**usage général** Protection des matériels domestiques (éclairage, chauffage…) contre les courts-circuits et les surintensités
Sectionneur porte-fusible		Se manœuvre hors charge, permet d'isoler une partie de l'installation, contient aussi des fusibles pour la protection.

Nom	Symbole	Fonction
Protection thermique		Protège le matériel contre les surcharges (surintensité ou surchauffe) par déformation d'un bilame
Disjoncteur magnéto-thermique		Protège le matériel contre les surcharges et les courts-circuits
Interrupteur différentiel		Protège les personnes contre les courants de défauts

Surcharge = Augmentation lente mais de longue durée du courant de passage

La surcharge intervient lorsque l'intensité qui passe dans un conducteur est trop importante (trop d'appareils branchés, moteur bloqué, etc.) ce qui provoque un échauffement qui détériorera les isolants et pourra provoquer un incendie.

Protection des installations par :

- **fusibles** : un filament fond et coupe le courant ; 
- **relais thermiques** : quand un bilame chauffe trop, il se déforme, ce qui permet de déverrouiller les contacts.

Court circuit = Augmentation importante et très rapide du courant de passage

Un court-circuit est provoqué par la mise en contact de deux conducteurs sous tension.

Protection des installations par relais magnétique. 

Différentiel = Dispositif qui compare l'intensité du courant qui « entre » et qui « sort » d'une installation : détection d'un courant de fuite



Le différentiel est le seul dispositif qui protège les personnes. Si l'on touche un conducteur ou un appareil sous tension, le courant de fuite sera détecté par l'appareil qui coupera l'alimentation électrique de l'installation. La protection des personnes contre les courants de fuite est assurée par un disjoncteur différentiel 10 ou 30 mA pour les installations domestiques. Les disjoncteurs EDF sont calibrés à 300 ou 500 mA.

Il est recommandé de disposer d'un disjoncteur différentiel 30 mA pour protéger son installation de chantier et éviter tout risque d'électrocution.

TRANSPORT DU COURANT / HT – BT

Le courant est produit dans des **centrales électriques** par des **alternateurs** à partir de différentes énergies : hydraulique, thermique (charbon, gaz, fioul, nucléaire), éolienne, biomasse, solaire, marémotrice. Les systèmes de secours sont constitués de groupes électrogènes.

Les **turbines** mises en mouvement par la vapeur, le vent, l'eau... à une vitesse de **3 000 tours par minute** (50 tr/s), entraînent un **alternateur** qui produit du courant alternatif en 20 000 V à une fréquence de **50 Hz.**

Le courant alternatif ne peut pas être stocké, il faut produire en fonction de la demande, le système est géré par les centres de régulation qui adaptent la production à la demande.

Le courant est transporté en **triphasé** car le rapport poids (volume) - puissance est plus avantageux.

On distingue différentes catégories de tension (tableau 17.2), les mesures de sécurité seront différentes pour chacune d'entre elle.

Tableau 17.2 – Catégories de tension

	TBT	BT A	BT B	HT A	HT B
Alternatif	U ≤ 50 V	50 < U ≤ 500 V	500 < U ≤ 1 000 V	1 000 < U ≤ 50 000 V	U > 50 000 V
Continu	U ≤ 120 V	120 < U ≤ 750 V	750 < U ≤ 1 500 V	1 500 < U ≤ 75 000 V	U > 75 000 V

Les réseaux EDF transportent le courant à différentes tensions (figure 17.1) :

- 400 000 V ou 225 000 V pour les réseaux d'interconnexion entre les régions ;

- 90000 V ou 63000 V dans les régions et départements ;
- 20000 V pour les distributions locales ;
- 230 / 400 V pour les distributions clients.

Généralement les lignes hautes tensions ont 3 ou 6 fils jusqu'aux transformateurs, un neutre est créé aux transformateurs, les lignes 230/400 V ont 4 fils.

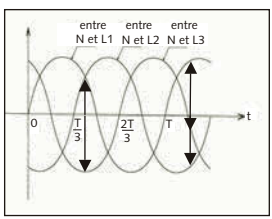


Figure 17.1 – Ligne 20000 V

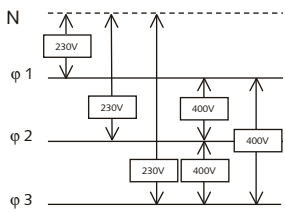
COURANT MONOPHASÉ ET TRIPHASÉ

La **tension simple V** entre le neutre et une phase est de 230 V ($V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}}$).

La **tension composée U** entre deux phases est de 400 V. Les tensions des trois phases sont décalées dans le temps, à tout moment, la somme des 3 est égale à 0.



U varie sur une période T normalisée.
À tout moment :
U1 + U2 + U3 =0



Depuis 1996, la distribution au niveau international se fait en : 230/400 V (+6% - 10%)

Figure 17.2 – Tension simple et tension composée



Attention

Il est possible de trouver en service d'anciens transformateurs 220/380 V, ainsi que d'anciens réseaux 131/230V.

FORMULAIRE

Loi générale en courant continu ou en courant alternatif pour les circuits ne comportant que des résistances :

$$P = U \cdot I$$

avec :

P : puissance en W ; U : tension en V ; I : intensité en A.

L'énergie électrique (puissance apparente, **S**) se décompose en **énergie mécanique** (puissance active, **Pa**) et en **énergie magnétique** (puissance réactive, **Q**) dès que l'on a des moteurs ou des appareils utilisant des champs magnétiques.

En monophasé

Puissance apparente	$S = U \cdot I$	Puissance en VA
Puissance active	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	Puissance en W
Puissance réactive	$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$	Puissance en var

En triphasé :

Puissance apparente	$S = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$	Puissance en VA
Puissance active	$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cos \varphi$	Puissance en W
Puissance réactive	$Q = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \sin \varphi$	Puissance en var

Facteur de puissance : cos φ

Il représente le déphasage entre tension et courant dans les récepteurs inductifs (moteurs) :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P \text{ active}}{P \text{ apparente}} \quad \frac{\text{en W}}{\text{en VA}}$$

Il est précisé sur la plaque de l'appareil.

COUPLAGE

Le **couplage** des **récepteurs triphasés** (résistances électriques ou moteurs) se fait en **étoile** ou en **triangle**.

■ Couplage étoile

Raccorder les trois récepteurs à la même borne revient à créer un **neutre artificiel :**

$$V = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 \text{ V}$$

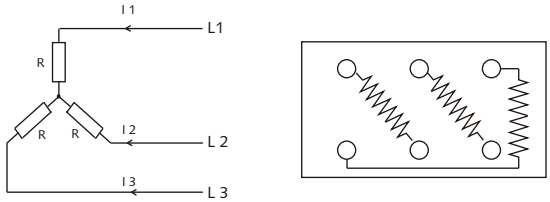


Figure 17.3 – Représentation des résistances R ou des bobinages Z sur une plaque à borne

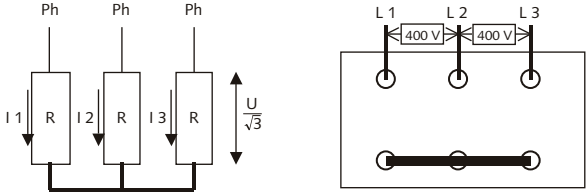


Figure 17.4 – Représentation d'un couplage étoile sur une plaque à borne

■ Couplage triangle

Tension composée : **U = 400 V.**

$$J = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

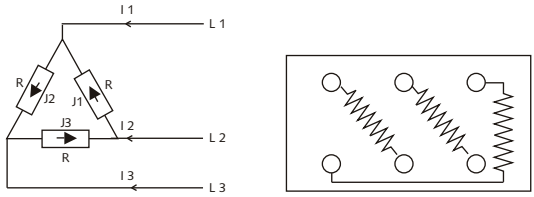


Figure 17.5 – Représentation des résistances R ou des bobinages Z sur une plaque à borne

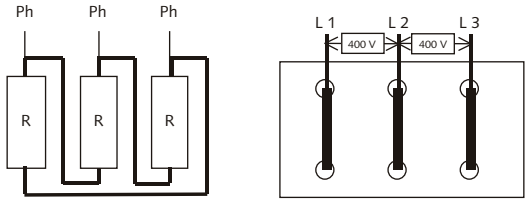


Figure 17.6 – Représentation d'un couplage triangle sur une plaque à borne : U = 400 V

Transformateurs

On trouvera des transformateurs sur les brûleurs (transformateurs haute tension pour l'allumage de la flamme) et dans les salles de bains (transformateurs de sécurité).

Le transformateur se compose de 3 parties (figure 17.7) :

- partie **mécanique :** supports, protections, refroidissement sec ou dans l'huile... ;
- partie **magnétique** : constituée d'un assemblage de plaques, elle canalise le flux ;
- partie **électrique** : constituée de bobinages au primaire et au secondaire, elle crée une induction alternative dans le circuit magnétique du transformateur, ce qui crée une tension (induite) au secondaire.

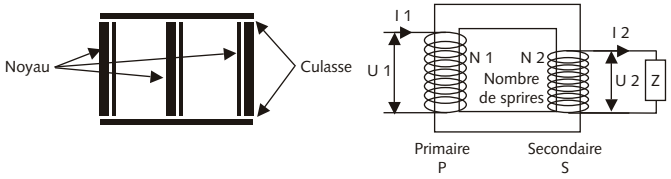


Figure 17.7 – Transformateur

Le **rapport de transformation**, **m**, permet de calculer la tension au secondaire en fonction de la tension au primaire :

$$m = \frac{N2}{N1} = \frac{U2}{U1} = \frac{I1}{I2}$$

On protège le **primaire** avec un fusible **aM**, on protège le **secondaire** avec un fusible **gG.**

Transformateur à séparation des circuits : un isolant sépare les deux enroulements et protège l'utilisateur sur le secondaire, on parle de **transformateur de sécurité**, c'est le type de transformateurs utilisés dans les salles d'eau.

Moteurs alternatifs

Les moteurs alternatifs asynchrones représentent 80 % du parc de moteurs électriques :

- **Moteur synchrone :** moteur qui tourne à la vitesse du champ magnétique tournant (3 000 tr/s).
- **Moteur asynchrone** : moteur qui tourne à une vitesse inférieure à celle du champ tournant.

Un moteur est composé d'un stator (partie fixe), d'un rotor (partie mobile), d'une plaque à borne qui permet le raccordement électrique, d'un arbre rotatif monté sur des roulements à bille et d'un système de refroidissement.

MOTEURS TRIPHASÉS

Le **stator** comporte 3 enroulements décalés de 120° alimentés par une tension alternative triphasée, il produit un champ magnétique tournant qui fait tourner le rotor (induit).

Il existe deux types de **rotor**, le rotor à cage d'écureuil (le plus fréquent) ou le rotor bobiné.

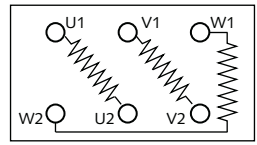


Figure 17.8 – Identification de la plaque à borne

La plaque à borne est identifiée de la manière suivante (figure 17.8) :
- **U 1, V 1, W 1** pour les entrées ;
- **U 2, V 2, W 2** pour les sorties (avant X, Y, Z).

Tableau 17.3 – Nombre de paires de pôle dans un bobinage de stator

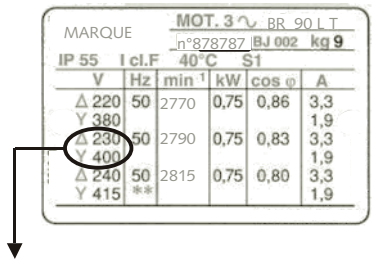
Nombre de paires de pôles	Vitesse de rotation synchrone (en tours/min)
1	3000
2	1500
3	1000
4	750
5	600
6	500
8	375
10	300

Chaque bobinage du **stator** peut avoir plusieurs **paires de pôles**, ce qui va déterminer sa vitesse de rotation (tableau 17.3). Le nombre de paires modifie le champ tournant et la vitesse :

Vitesse de rotation (tr/min) avec F : fréquence du courant.

$$v = \frac{60 \times F}{\textit{nombre de paires}}$$

PLAQUE SIGNALÉTIQUE D'UN MOTEUR



La tension admissible aux enroulements du moteur ne doit pas dépasser la plus petite des deux tensions (Δ) de la plaque signalétique.

MOT.3-	Moteur triphasé alternatif
BR	Série
90	Hauteur d'axe
L	Type de carter
T	Indice d'imprégnation
N°	numéro de moteur
878787	numéro de série
B	année de production
J	mois de production
002	n° d'ordre dans la série
kg	masse
IP55	indice de protection
I cl. F	classe d'isolation
40°C	température d'ambiance maxi
S V	service tension d'alimentation
Hz	fréquence d'alimentation
min $^{-1}$	nombre de tours par minute (vitesse asynchrone)
kW	puissance nominale **Attention c'est Pu** : P mécanique
cos φ	facteur de puissance
A	intensité nominale
Δ	tension triangle
Y	tension étoile

Figure 17.9 – Plaque signalétique d'un moteur

RESEAU / MOTEUR	120 220	230 400	400 660
Δ 120 / Y 220	Y		
Δ 230 / Y 400	Δ	Y	
Δ 400 / Y 660		Δ	Y

Pour le moteur de la figure 17.9, Δ 230 / Y 400 branché sur un réseau EDF 230/400 V, les bobinages seront couplés en étoile, la tension aux enroulements sera de 230 V.

Le **démarrage étoile-triangle** ne concerne que les moteurs Δ 400 / Y 660 branchés sur un réseau 230/400 V : la tension aux bobinages sera 230 V puis 400V. Ce type de démarrage permet de réduire l'intensité au démarrage, il est remplacé par des régulateurs électroniques.

En **monophasé** on trouvera pour un moteur 230/400 V :

- 230 V tension supportée par 1 seul enroulement ;
- 400 V tension supportée par 2 enroulements en série.

MOTEURS MONOPHASÉS ASYNCHRONES

Ils sont utilisés dans les installations domestiques et les petites installations commerciales ou industrielles où il n'y a pas de courant triphasé (figure 17.10).

Le stator comprend un enroulement principal et un enroulement secondaire, il faut créer un déphasage entre les deux pour mettre en rotation le moteur, pour cela, on utilise un condensateur permanent.

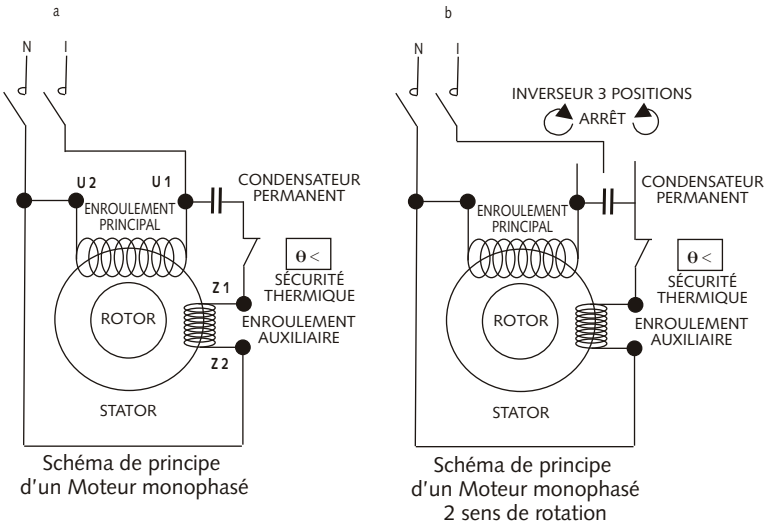


Figure 17.10 – a) Schéma de principe d'un moteur monophasé ; b) Schéma de principe d'un moteur monophasé à 2 sens de rotation

La **sécurité thermique** (de type ipsotherme) est souvent intégrée au moteur. En cas de surchauffe, il faut attendre que le moteur refroidisse avant d'essayer un nouveau démarrage (elle n'apparaît pas sur les schémas 17.10).

On peut trouver un deuxième condensateur en parallèle avec le premier pour augmenter le couple du moteur au démarrage, il est mis hors circuit lorsque le moteur atteint sa vitesse de rotation nominale.

CONDENSATEUR

Le condensateur est un composant électronique passif capable de stocker l'énergie, il s'oppose au passage du courant pendant un certain temps (temps de charge) puis laisse passer le courant (temps de décharge).

C'est ce phénomène qu'on utilise pour créer le déphasage entre les deux enroulements (l'enroulement principal et l'enroulement secondaire de démarrage) d'un moteur monophasé.



Figure 17.11
Condensateurs

Il est caractérisé par les valeurs suivantes :

- **Capacité** (valeur) : en farads (picofarad : pF ; nanofarad : nF ; microfarad : µF ; millifarad : mF…), par exemple : 8 µF pour un moteur de 200 W.
- **Tension de service** : 250, 400, 630 ou 1 000 V, c'est la tension maximale admissible aux bornes du condensateur. (Dépasser cette valeur revient à créer un court-circuit à l'intérieur du condensateur et peut le faire exploser.)
- **Tolérance :** ±5 % par exemple, c'est la précision de la capacité du condensateur.



Attention

La charge du condensateur peut entretenir une tension aux bornes d'alimentation du moteur, même si celui-ci est à l'arrêt et provoquer un courant de forte intensité.

FORMULAIRE MOTEURS

Vitesse de rotation synchrone, n_s ($n \times 60$ = vitesse en tr/min) :

$$n_s = \frac{F}{\text{nombre de paires}}$$

n_s en tr/s

F fréquence du courant en Hz

Puissance active, Pa, partie de la puissance électrique absorbée par le moteur. Pour un moteur triphasé :

$$Pa = U.I\sqrt{3}.\cos\varphi$$

Pa en W, U en V, I en A

Puissance utile mécanique, Pu, énergie mécanique réellement disponible à l'arbre :

$$Pu = T.\Omega$$

Pu en W, T moment du couple en N.m, Ω vitesse angulaire en rad/s
C'est la **puissance marquée sur le moteur.**

Rendement η, % d'énergie électrique convertie en énergie mécanique :

$$\eta = \frac{Pu}{Pa}$$

η ×100 en %, Pu et Pa en W

Moment du couple moteur, T (ou M ou C) :

$$T = \frac{Pu}{\Omega}$$

T en newton mètre, Pu en W, Ω en rad/s

Vitesse de rotation angulaire Ω (1 tour = 2π) :

$$\Omega = 2.\pi.n$$

Ω en rad/s, n en tr/ s



Exemple

Pour le moteur de la figure 17.9, une paire de pôles sur un réseau 230/400 V câblé en triangle :
Puissance active : Pa = $230 \times 3{,}3 \times \sqrt{3} \times \cos 0{,}83$ = 887 W
= 0,887 kW
Puissance utile : Pu = 0,75 kW
rendement : $\eta = \frac{0{,}75}{0{,}887} = 0{,}8455 = 84{,}55$ %

vitesse de rotation : $n = \frac{2\,790}{60} = 46.5$ tr/s

vitesse angulaire $\Omega = 2.\pi.46{,}5 = 292{,}16$ rad/s

Couple du moteur $T = \frac{750}{292{,}16} = 2{,}56$ N·.m

SÉLECTION DE L'APPAREILLAGE DE PROTECTION

Le choix des appareils doit remplir les fonctions suivantes :

- Sectionnement-Interruption (urgence) et Consignation.
- Protection des installations :
  - contre les courts-circuits,
  - contre les surcharges.
- Protection des personnes.
- Commande : commutation marche-arrêt.
- Régulation-sécurité (selon les installations).

Pour les installations comprenant des moteurs, on pourra choisir principalement trois types d'équipements :

- Sectionneur porte fusible + Contacteur + Relais thermique
- Disjoncteur moteur magnétothermique + Contacteur
- Disjoncteur contacteur intégral

Les appareils seront caractérisés selon les principaux critères suivants :

- **Calibre,** courant nominal d'emploi (ou **courant assigné**).
- **Tension** nominale d'emploi et type de courant (alternatif ou continu).
- **Pouvoir de coupure** : valeur maximale que l'appareil peut couper sans dommages :
  - **1 000 A** : application domestiques,
  - **10 kA** : installations industrielles (personnel qualifié).
- **Catégorie d'emploi** : elle précise les temps de réaction, le type d'installation...

COURBES DE DÉCLENCHEMENT MAGNÉTIQUE DES DISJONCTEURS

- **Courbe B :** 3 à 5 fois l'intensité nominale, grandes longueurs, régimes IT et TN.
- **Courbe C** : 5 à 10 In, applications courantes.

- **Courbe D** : 10 à 20 In, I d'appel élevée : moteurs, transfo...
- **Courbe Z** : 10 à 20 In, circuits électroniques.
- **Courbe MA** : 14 à 14 In, magnétique seul : ERP, moteurs, transfo...

CLASSES DES DISJONCTEURS MAGNÉTOTHERMIQUES MODULAIRES

- Classe 1 : contrainte thermique non limitée dans le temps.
- Classe 2 : contrainte thermique limitée dans le temps.
- Classe 3 : contrainte thermique limitée dans le temps.

Tableau 17.4 – Conversion des unités de puissance électrique

	kW	ch	HP
kW	1	1,359	1,341
ch	0,736	1	0,986
HP	0,746	1,014	1

ch : cheval vapeur ; HP : *horse power*.



Exemple

$4 \text{ ch} = 4 \times 0{,}736 = 2{,}944 \text{ kW}$

Normes et labels

Les normes des installations électriques sont référencées sous l'appellation NF C, la principale étant

- la norme NF C 15.100 concernant les règles concernant les installations électriques basse tension,
- le guide UTEC 15-520 – Mise en œuvre des canalisations,
- le DTU 70.1 (mai 1998) – Installations électriques des bâtiments à usage d'habitation.

Le Label Promotelec définit des critères de qualité et de confort thermique des installations électriques (chauffage, régulation, production d'eau chaude etc.).

Les classes d'isolation :

- Classe I : Isolation principale avec dispositif de mise à la terre.

- Classe II : appareil qui offre une protection suffisante contre les risques électriques et ne doit pas être raccordé à la terre.
- Classe III : appareil alimenté par une très basse tension (TBTS).

Sécurité électrique

Les personnes travaillant sur une installation électrique doivent être qualifiées et habilitées, c'est le chef d'entreprise qui délivre l'habilitation.

Un technicien intervenant sur une installation électrique doit avoir les connaissances nécessaires suffisantes pour effectuer le travail demandé, avoir suivi une formation à l'habilitation électrique et être habilité par son employeur.

Les conditions de travail à proximité de pièces nues sous tension sont définies en fonction de la valeur de la tension.

Aucune protection n'est à mettre en place lorsqu'on se trouve à une distance supérieure à 30 cm d'une partie nue sous tension (tension < 1 000 V).

Lorsqu'on se trouve à moins de 30 cm d'une partie nue sous tension, il faudra prendre des dispositions particulières (tension < 1 000 V) : pose d'écrans isolants…

Seules les opérations de mesurage peuvent être réalisées sous tension par un personnel habilité (mesure de tension, mesures d'intensité, etc.).

CONSIGNATION

Lorsqu'on intervient sur une installation sous tension pour effectuer des travaux, il faut respecter une procédure appelée consignation.

On effectuera successivement les étapes suivantes :

- La **séparation** : elle consiste à ouvrir les contacts pour mettre hors tension tous les conducteurs actifs (y compris le neutre), elle s'effectue hors charge.
- La **condamnation** : elle consiste à bloquer en position d'ouverture les appareils ayant servi à la séparation, à l'aide d'un cadenas et d'une étiquette précisant que l'installation a été condamnée et qu'il est interdit de manœuvrer le dispositif.
- L'**identification** : elle consiste à identifier le circuit sur lequel l'on doit travailler.
- La **vérification** d'absence de tension (VAT) : elle consiste à contrôler la non-présence de tension à l'aide d'un appareil spécialement conçu pour

cet usage (VAT), l'appareil doit être contrôlé avant et après l'opération de VAT.
- La **mise à la terre** (MALT) et la **mise en courts-circuits** (CC) : elle doit être réalisée sur les installations basse tension sur lesquelles sont présents des condensateurs.

Lorsque l'électricien aura fini son intervention, il effectuera successivement les étapes suivantes :
- La **déconsignation** : elle consiste à retirer la condamnation de l'installation (cadenas et étiquettes de signalisation) et à remettre sous-tension l'installation.
- Les **essais** : ils consistent à vérifier le bon fonctionnement de l'installation réalisée.

Lors d'une intervention, l'électricien doit délimiter sa zone de travail à l'aide d'un balisage si cette zone de travail peut être accessible à une personne extérieure.

L'électricien doit porter lorsque cela est nécessaire des équipements de protection individuelle (EPI) : des gants et des sous-gants lorsqu'il travaille au voisinage d'une installation sous tension, des chaussures comportant une semelle isolante, des vêtements adaptés (aucune partie métallique, manches longues, etc.), des lunettes ou un écran facial anti-UV lorsqu'il y a un risque de formation d'arc électrique, un casque isolant lorsqu'il y a risque de chute ou que les parties sous tension sont situées au-dessus. Il doit utiliser des outils isolés.

Les titres d'habilitation utilisés dans le bâtiment sont :
- B1V : électricien habilité à travailler au voisinage des installations basse tension.
- BR : électricien habilité à travailler au voisinage des installations basse tension, il peut effectuer des dépannages, des raccordements, des mesurages, essais et vérifications, il réalise sa propre consignation et déconsignation de l'installation sur laquelle il intervient.

Un électricien B1V ne peut pas réaliser les opérations de consignation ou de déconsignation, elles doivent être réalisées par un chargé de consignation habilité BC.

SOINS AUX ÉLECTRISÉS

Un technicien peut être victime d'une électrisation (il est parcouru par un courant électrique) qui peut provoquer de simples picotements, des

brûlures externes ou internes, des contractions musculaires provoquant un arrêt respiratoire et un arrêt cardiaque.

Lorsqu'une victime est électrisée, il faudra Protéger, Alerter, Secourir :

- **Protéger** : En aucun cas il ne faut toucher une victime d'une électrisation sans s'être assuré d'avoir coupé la source du courant électrique. Il faut dégager la victime, la soustraire de tout contact avec un conducteur sous tension, protéger son entourage en l'éloignant de la source de tension ou en coupant l'alimentation de l'installation électrique.
- **Alerter** : Les secours médicalisés d'urgence (15) à chaque fois qu'une victime a perdu connaissance en précisant l'adresse exacte, le nombre de victimes, la nature de l'accident… pour permettre aux secours de prévoir le matériel adapté à la situation. Si une victime est électrisée mais reste consciente, il faudra quand même appeler le 15 et elle devra consulter dans les plus brefs délais un médecin pour effectuer un bilan de santé.
- **Secourir** : Lorsque la victime est en arrêt cardio-respiratoire, il faudra prodiguer les premiers gestes de secours le plus rapidement possible (compressions thoraciques, défibrillateur …) et continuer jusqu'à l'arrivée des secours.

18
INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE

Ce chapitre précise quelques bases de conception et de réalisation d'une installation de chauffage individuel.

Le but d'une installation de chauffage est de compenser les déperditions de chaleur d'un bâtiment. La détermination de la puissance de l'installation se fera à partir du calcul des déperditions thermiques (figure 18.1).

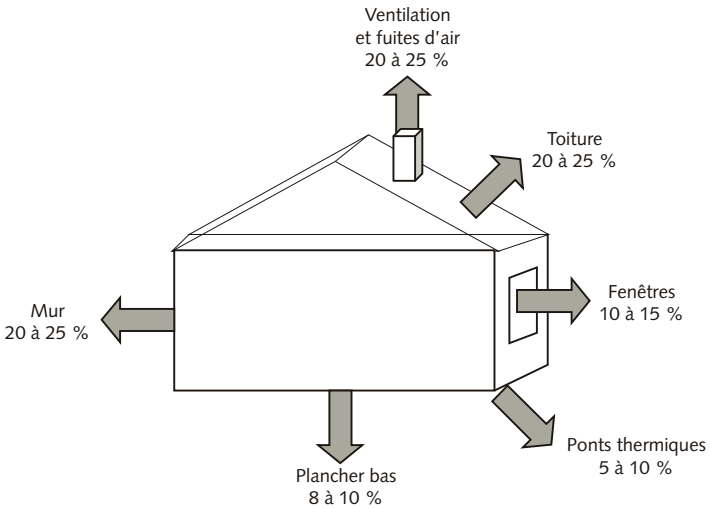


Figure 18.1 – Déperditions thermiques en % d'une habitation

Éléments d'une installation de chauffage

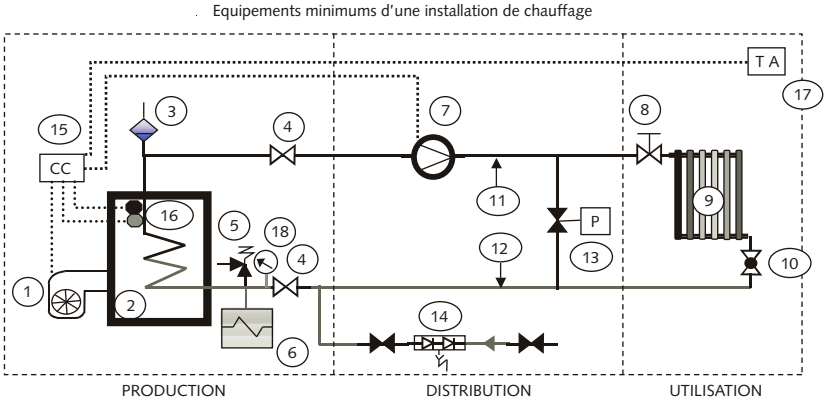


Figure 18.2 – Schéma d'une installation de chauffage. 1. brûleur ; 2. chaudière ; 3. purgeur air ; 4. vannes d'isolement (ou de service) ; 5. soupape de sécurité ; 6. vase d'expansion ; 7. circulateur ; 8. vanne manuelle de commande d'appareil ; 9. émetteur ; 10. vanne de réglage (té de réglage) ; 11. tuyauterie départ (aller) ; 12. tuyauterie de retour ; 13. soupape différentielle ; 14. disconnecteur ; 15. coffret de commande ; 16. thermostat de sécurité + thermostat de régulation ; 17. thermostat d'ambiance ; 18. manomètre

Il existe de nombreuses manières de réaliser et de faire fonctionner une installation de chauffage. En voici les principes de base.

La chaudière (ou générateur d'eau chaude) produit l'eau à la température désirée, celle-ci est envoyée par le circulateur vers l'installation et les émetteurs pour maintenir une température constante dans les locaux.

Une installation de chauffage se compose principalement de trois parties :

- une production de chaleur,
- un réseau de distribution,
- un ensemble d'émetteurs.

Il faudra distinguer principalement les installations à vases ouverts les installations à vases fermés.

Elle doit comporter des éléments obligatoires que l'on trouvera sur la figure 18.2.

Brûleur

Il produit la flamme, permet la combustion du gaz, du fioul ou des granulés de bois dans des conditions réglementaires (sécurité, qualité de la combustion…).

Chaudière

Elle permet de récupérer la chaleur produite par la flamme dans le foyer et la transmet à l'eau qui circule. Chaque chaudière nécessite un débit minimum pour éviter la surchauffe et permettre un bon rendement.

Purgeur d'air

Il permet d'évacuer l'air présent dans l'installation à la mise en service ou introduit par la suite lors de travaux (figure 18.3). Un bouchon permet de fermer l'orifice en cas de fuite du mécanisme. Il est généralement muni de raccords permettant son démontage sans vidange de l'installation. Il se place au point le plus haut de l'installation.

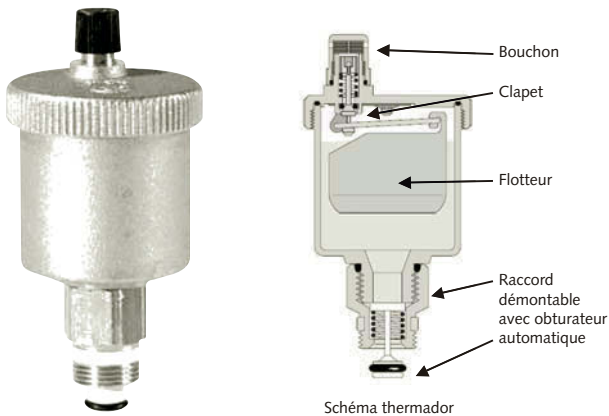


Figure 18.3 – Purgeur (documentation Thermador)

Lorsque l'air s'introduit dans le purgeur, le flotteur descend et libère le clapet de l'orifice de purge, l'air peut s'évacuer.

Lorsque le niveau d'eau remonte dans le purgeur, le flotteur vient fermer l'orifice de purge, l'eau ne s'écoule pas.

Les gaz dissous dans l'eau sont libérés par l'élévation de température et la vitesse excessive. Des microbulles se forment dans la chaudière à la surface de l'échangeur (partie la plus chaude) ou dans les accessoires ou la vitesse augmente (circulateur, robinetterie).

Dans une installation de chauffage contenant 100 l d'eau, sous une pression de 2 bar absolus (1 bar en pression relative), lorsque la température passe de 20 °C à 80 °C, il se libère environ 1,8 l de gaz (figure 18.4).

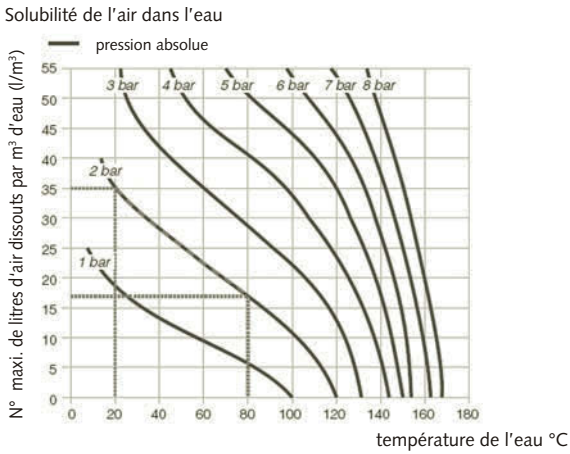


Figure 18.4 – Solubilité de l'air dans l'eau en fonction de la température (documentation Thermador)

Pour évacuer ces microbulles, on pourra installer un séparateur d'air (ou dégazeur) en ligne à la sortie de la chaudière (figure 18.5).

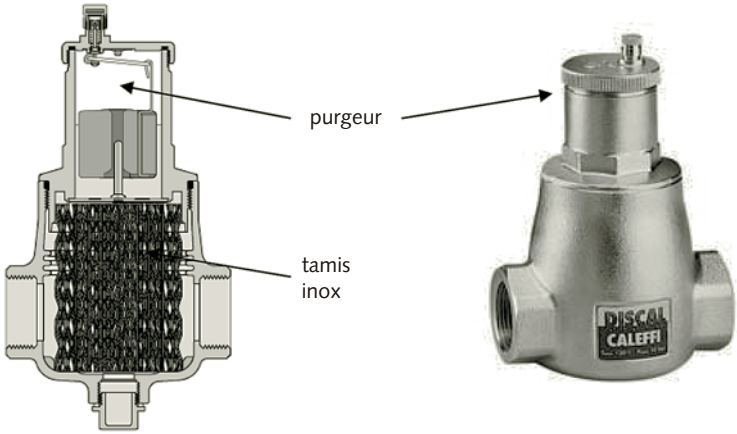


Figure 18.5 – Dégazeur Discal Caleffi (document thermador)

La vitesse de l'eau à l'intérieur du dégazeur est réduite (le diamètre de passage est plus grand). Un tamis en acier inoxydable vient piéger les microbulles d'air qui s'agglutinent, remontent et sont évacuées par le purgeur situé en partie haute.

Vanne isolement (ou de service)

Elles permettent d'isoler la chaudière du reste de l'installation.

Soupape de sécurité

Elle permet de limiter la pression de l'installation à sa valeur de tarage (généralement 3 bar). **Il est interdit de poser une vanne entre la chaudière et la soupape de sécurité.** Les équipements d'une installation de chauffage résistent habituellement à une pression pouvant aller jusqu'à 5 bar. Dans les immeubles de grande hauteur (supérieure à 50 m), il faudra choisir des équipements capables de supporter des pressions plus importantes.

Vase d'expansion

Ouvert ou fermé, il permet d'accueillir le volume d'expansion (volume supplémentaire due à la dilatation de l'eau lors de sa montée en tempéra-

ture). Ce volume d'expansion est d'environ 2 à 3 % (il faudra consulter le mémento technique pour obtenir les coefficients de dilatation de l'eau).

VASE D'EXPANSION OUVERT

Utilisé dans les anciennes installations, il est remplacé aujourd'hui par le vase d'expansion fermé (ou sous pression). On les trouve pour le remplacement des vases existants, dans des capacités de 22 à 50 l en inox, tôle galvanisée ou polypropylène pour les vases rectangulaires et en tôle galvanisée d'une capacité de 20 à 150 l pour les vases cylindriques.

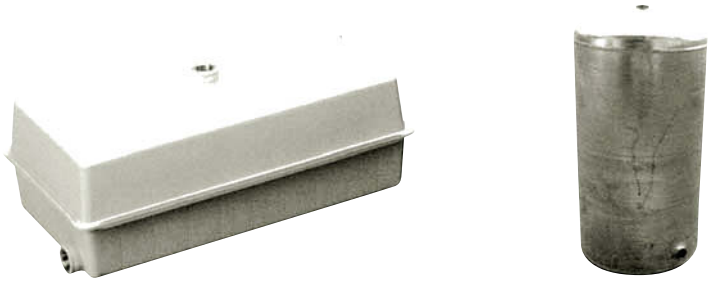


Figure 18.6 – Vases d'expansion ouverts (documentation Thermador)

Sur les installations comportant encore ce type de vase, il faudra vérifier les conditions suivantes (figure 18.7) :

- le vase est dimensionné correctement : 1/20 du volume de l'installation ou 1,1 l pour 1 162 W de puissance ;
- il est protégé contre le gel ;
- il est raccordé à la chaudière directement par une tuyauterie de même diamètre que la tuyauterie de sortie de chaudière ;
- il n'y a pas de vanne d'isolement entre la chaudière et le vase d'expansion ;
- l'évent est bien positionné, il permet l'évacuation de l'eau à l'égout en cas de débordement (généralement dans les gouttières).

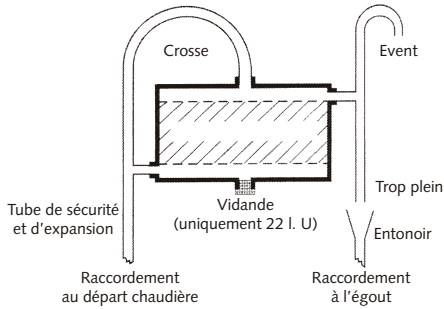


Figure 18.7 – Schéma de pose d'un vase d'expansion ouvert (documentation Thermador)

Vase d'expansion fermé

Utilisé dans toutes les installations de nos jours, il se place généralement sur la tuyauterie de retour de l'installation. Il doit être placé entre la chaudière et la vanne d'isolement du circuit général. Si une vanne est installée pour permettre son démontage plus facilement, la poignée doit être retirée pour éviter sa fermeture accidentelle.

On trouve des modèles allant d'une capacité (volume utile) de 4 à 1 000 l, il est possible de monter plusieurs vases en parallèle.

La taille du vase d'expansion fermé dépendra de plusieurs paramètres.

Le volume d'eau de l'installation peut être déterminé par le calcul lors de la conception de l'installation, mesuré à l'aide d'un compteur lors du remplissage de l'installation, ou estimé à partir



Figure 18.8 – Vase d'expansion fermé (documentation Thermador)

des relevés effectués (longueur de tuyauterie, contenance en eau des radiateurs…).

Dans ce cas, on utilisera les approximations suivantes :

Volume d'eau en litre d'une tuyauterie :

$$V = S \times L = \frac{\pi (D_{int})^2}{4\,000} \times L$$

avec :

V : volume en l ;

D_{int} : diamètre intérieur en mm ;

L : longueur de la tuyauterie en m ;

S : Surface en m².

Volume d'eau de radiateurs acier : 12 l pour 1 163 W de puissance.

La hauteur statique de l'installation est exprimée en bar (1 bar = 10 mCE).

La pression d'ouverture de la soupape de sécurité ou pression de tarage est généralement de 3 bar pour les installations simples mais elle peut être supérieure pour les installations de grande hauteur.

La température moyenne de l'eau se calcule de la manière suivante :

$$\theta \text{ moyenne} = \frac{\theta \text{ départ} + \theta \text{ retour}}{2}$$

Le coefficient de dilatation se calcule avec les coefficients du tableau 18.1 en fonction de l'écart de température.

Tableau 18.1 – Coefficient de dilatation en fonction de température de l'eau

Température moyenne (°C)	4	10	20	30	40	50
Coefficient de dilatation	0	0,00027	0,00177	0,00434	0,00781	0,01206

Température moyenne (°C)	60	70	80	90	100
Coefficient de dilatation	0,01698	0,0227	0,02899	0,0359	0,04312



Exemple

Si l'on considère la température de l'eau dans l'installation à l'arrêt à 10 °C (coefficient : 0,00027) et la température moyenne de l'eau dans l'installation en fonctionnement à 70 °C (coefficient : 0,0227), le coefficient de dilatation sera de :

0,002 27 – 0,000 27 = 0,022 43 soit 2,24 %

La puissance calorifique de l'installation : lors de la sélection du vase d'expansion, les constructeurs précisent la puissance calorifique maximale de l'installation.

À partir de ces valeurs, on peut calculer :

- **le volume d'expansion** : volume d'eau supplémentaire due à la dilatation de l'eau. Il se calcule à l'aide de la formule suivante :

volume d'expansion = Volume de l'installation × Coefficient de dilatation

- **le volume du vase** : il se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$\textit{Volume utile du vase} = \textit{volume d'expansion} \times \frac{\textit{Pression de tarage de la soupape} + 1}{(\textit{Pression de tarage de la soupape} + 1) - (\textit{hauteur statique} + 1)}$$



Exemple

Pour une installation de 390 l, une hauteur statique de 10 mCE, une pression de tarage de la soupape à 3 bar, une température d'eau moyenne à 70 °C pour une température d'eau au départ de 10 °C et une puissance de 35 kW, les calculs sont les suivants :

Volume d'expansion : 390 × 0,02243 = 8,7477 l.

Volume du vase : $8{,}7477 \times \frac{3 + 1}{(3 + 1) - (1 + 1)} = 17{,}5$ l

Le vase devra avoir un volume minimum de 17,5 l.

On choisira le modèle directement supérieur, ici pour une puissance de 35 kW, on choisira le modèle 25 l.

La **pression de gonflage** du vase devra être égale à la hauteur statique (ici 1 bar). Le gonflage du vase d'expansion doit toujours se faire à l'azote, on trouvera dans le commerce des kits comprenant un récipient d'azote sous pression équipé d'un flexible et d'un manomètre.

La **pression de remplissage** devra être supérieure de 0,5 bar à la hauteur statique (ici 1,5 bar).

Le fait de remplir l'installation d'eau avec une pression supérieure à la pression de gonflage du vase (hauteur statique) permet de créer une pression au point le plus haut de l'installation d'au moins 0,5 bar ; tous les points du réseau sont ainsi sous pression.

Lors du remplissage, de l'eau pénètre à l'intérieur du vase (car la pression est plus faible) jusqu'à ce que les pressions s'équilibrent (pression d'air et pression d'eau), ce volume d'eau contenu dans le vase lors du remplissage permet de constituer une réserve d'eau qui servira à compenser les petites fuites éventuelles qui se produisent lors d'une mise en service ainsi que la perte de volume due à la fin du dégazage de l'installation qui aura lieu lors de la mise en chauffe (vaporisation des gaz dissous dans l'eau sous l'effet de la chaleur).



Dans la pratique

Lors du remplissage d'une installation de chauffage, en observant le manomètre (pression d'eau), on pourra constater que l'aiguille marque un « arrêt » à la pression de gonflage du vase. Lorsque le vase se remplit d'eau, la pression exercée par l'azote se lit sur le manomètre du circuit d'eau. Dès que l'on dépasse la valeur de gonflage du vase d'expansion, l'aiguille du manomètre du circuit d'eau se met à nouveau à grimper. Le même phénomène est observé lors de la vidange d'une installation.

Cette mesure simple permet de connaître la pression du vase même si l'on a oublié le manomètre approprié (figure 18.9).

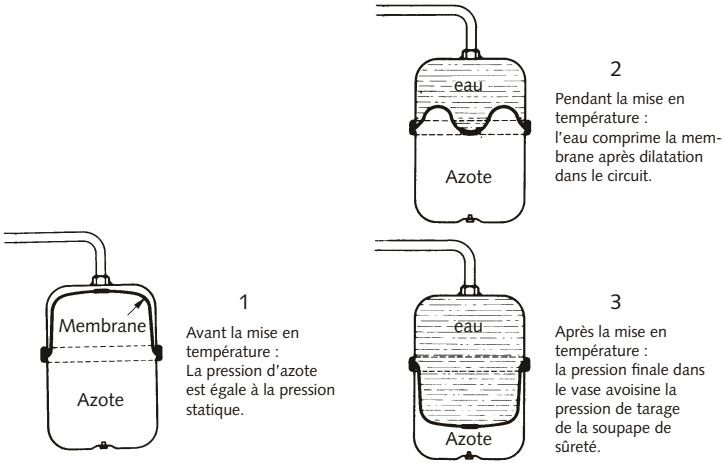


Figure 18.9 – Fonctionnement d'un vase d'expansion à membrane sous pression d'azote (documentation LMT)

Lorsque la hauteur statique est supérieure à 3 m (pression de tarage de la soupape), il faudra choisir une soupape ayant une pression de tarage au moins supérieure de 1 bar à la pression statique ou supérieure de 0,5 bar à la pression de remplissage pour éviter qu'elle ne s'ouvre lors de la montée en température de l'installation.

La pose d'une soupape tarée à 4 bar permet d'avoir des hauteurs manométriques plus importantes ou de réduire la taille du vase.

Au-delà d'une pression de tarage de 4 bar, les vases d'expansion devront être CE 10 bar et faire l'objet d'un calcul.

Dans la pratique

Pour dimensionner rapidement un vase d'expansion, on utilisera les tableaux de sélection rapide fournis par les constructeurs. Le tableau 18.2 en donne un exemple.

Vase		Installation, soupape tarée à 3 bar hauteur statique jusqu'à :						Installation, soupape tarée à 4 bar hauteur statique jusqu'à :					
		5 m		10 m		15 m		15 m		20 m		25 m	
		Le vase doit être précontrôlé à 0,5 bar		Le vase doit être précontrôlé à 1 bar		Le vase doit être précontrôlé à 1,5 bar		Le vase doit être précontrôlé à 1,5 bar		Le vase doit être précontrôlé à 2 bar		Le vase doit être précontrôlé à 2,5 bar	
Capacité	Précontrôlage	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité	Puissance	Capacité
litre	bar	kW	litre	kW	litre	kW	litre	kW	litre	kW	litre	kW	litre
4	0,5	8	**86**	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	0,5	17	**172**	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	1	25	**259**	20	**207**	–	–	–	–	–	–	–	–
18	1	38	**388**	30	**310**	–	–	–	–	–	–	–	–
25	1	52	**539**	42	**431**	–	–	–	–	–	–	–	–
35	1,5	73	**755**	58	**604**	44	**453**	58	**604**	–	–	–	–
50	1,5	104	**1078**	83	**862**	63	**647**	83	**862**	–	–	–	–
80	2	167	**1725**	133	**1380**	100	**1035**	133	**1380**	107	**1104**	–	–
105	2	219	**2264**	175	**1811**	131	**1358**	175	**1811**	140	**1449**	–	–
150	2	313	**3234**	250	**2587**	188	**1940**	250	**2587**	200	**2070**	–	–
200	2,5	417	**4312**	333	**3449**	250	**2587**	333	**3449**	267	**2760**	200	**2070**
250	2,5	521	**5390**	417	**4312**	313	**3234**	417	**4312**	333	**3449**	250	**2587**
300	2,5	625	**6468**	500	**5174**	375	**3881**	500	**5174**	400	**4139**	300	**3105**
400	2,5	834	**8624**	667	**6899**	500	**5174**	667	**6899**	534	**5519**	400	**4139**
500	2,5	1042	**10780**	834	**8624**	625	**6468**	834	**8624**	667	**6899**	500	**5174**
600	2,5	1250	**12935**	1000	**10348**	750	**7761**	1000	**10348**	800	**8279**	600	**6209**
750	2,5	1563	**16170**	1251	**12936**	938	**9702**	1251	**12936**	1000	**10348**	750	**7761**
1000	2,5	2084	**21560**	1668	**17248**	1250	**12936**	1668	**17248**	1334	**13798**	1000	**10348**

Tableau 18.2 – Détermination rapide d'un vase d'expansion sur une installation de chauffage (Documentation Thermador)



Exemple

En reprenant une installation de 390 l, une hauteur statique de 10 mCE, une pression de tarage de la soupape à 3 bar, une température d'eau moyenne à 70 °C pour une température d'eau au départ de 10 °C, une puissance de 35 kW, la lecture du tableau 18.2 est la suivante :
Dans la colonne soupape tarée à 3 bar, hauteur statique 10 m, la capacité directement supérieure à 390 l est 431 l pour une puissance admissible de 42 kW, la capacité du vase sera de 25 l (colonne de gauche), pour un vase prégonflé à 1 bar.

Circulateur

Le circulateur de chauffage assure le débit d'eau (et donc la puissance) dans l'installation et fournit une pression suffisante (hauteur manométrique) pour vaincre les pertes de charge de l'installation (et « pousser » l'eau jusqu'au point le plus éloigné).

Se reporter au chapitre sur les pompes centrifuges.

Vanne manuelle de commande d'appareil

Elle permet la mise en service ou l'arrêt de l'appareil en autorisant ou non le passage de l'eau.

Émetteur

Radiateur, ventilo-convecteur…, il émet la chaleur dans la pièce pour compenser les déperditions et maintenir la température de confort désirée. Il est dimensionné pour fonctionner à un débit et un écart de température (température entrée – température sortie) donné par le fabricant.

La courbe de la figure 18.10 montre que la baisse de 20 à 40 % du débit dans l'émetteur entraîne une baisse de la puissance de seulement 10 %, soit une chute de température dans les locaux d'environ 1 °C.

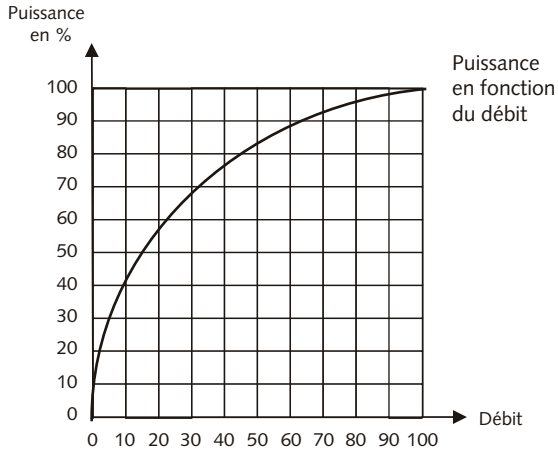


Figure 18.10 – Courbe caractéristique d'un émetteur de chaleur

VANNE DE RÉGLAGE (TÉ DE RÉGLAGE)

Elle permet de régler le débit qv dans l'appareil, pour régler la puissance, la formule de la puissance est :

$$P = 1{,}163 \cdot q_v \cdot \Delta\theta$$

TUYAUTERIE DÉPART (ALLER)

Elle permet le transport de l'eau de la chaudière à l'émetteur.

TUYAUTERIE RETOUR

Elle permet le transport de l'eau de l'émetteur vers la chaudière où elle sera de nouveau réchauffée.

SOUPAPE DIFFÉRENTIELLE

Son installation est conseillée sur un by-pass reliant les tuyauteries départ et retour. Elle permet d'assurer la circulation de l'eau dans le circuit (chaudière et circulateur) en cas de fermeture de toutes les vannes de commande manuelle d'appareils. Le circulateur de chauffage étant refroidi par l'eau qui circule, il serait endommagé sans la présence de

cette soupape. La soupape est normalement fermée (figure 18.11). Lorsque toutes les vannes de commandes d'appareils se ferment, la différence de pression entre la tuyauterie départ et la tuyauterie retour augmente, la soupape s'ouvre, l'eau continue de circuler dans l'installation.

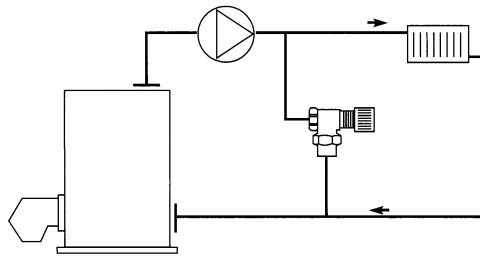


Figure 18.11 – Soupape différentielle (Documentation Thermador)

D'une manière plus générale, lorsque certains radiateurs se ferment (manuellement ou sous l'action des robinets thermostatiques), le point de fonctionnement de l'installation change, la vitesse de l'eau dans les radiateurs encore alimentés augmente ce qui provoque des bruits dans les tuyauteries et robinetteries.

La soupape assure un débit minimum dans la chaudière et le circulateur, elle est particulièrement recommandée pour les chaudières murales qui ont des corps de chauffe contenant très peu d'eau. Pour ces chaudières, le débit minimum est encore plus important pour éviter les risques de surchauffe de l'échangeur.

Disconnecteur

C'est un dispositif antipollution équipé de deux clapets antiretour avec une mise à la vidange entre les deux. Il permet le remplissage en eau de l'installation de chauffage et interdit tout retour d'eau polluée vers l'installation d'eau potable. Les deux vannes situées de chaque côté du disconnecteur sont des vannes normalement fermées (elles sont représentées en noir sur la figure 18.2), on ne les ouvre que lors du remplissage de l'installation.

COFFRET DE COMMANDE DE LA CHAUDIÈRE

Situé dans la chaudière, il gère le fonctionnement du brûleur et du circulateur en fonction de la température de consigne réglée à l'aquastat (figure 18.12).

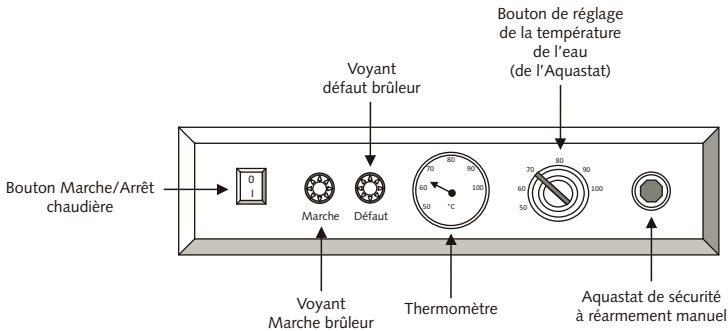


Figure 18.12 – Coffret de commande de la chaudière

THERMOSTAT (AQUASTAT) DE RÉGULATION

Il contrôle la température de l'eau dans la chaudière. Sous l'effet de la chaleur, un contact électrique se ferme pour commander le fonctionnement du brûleur et/ou de la pompe lorsque la température devient inférieure à la valeur de consigne.

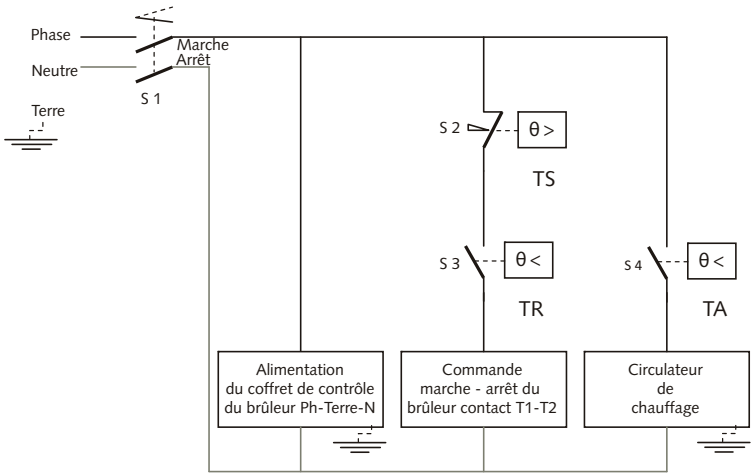
THERMOSTAT (AQUASTAT) DE SÉCURITÉ

C'est un thermostat qui permet d'éviter la surchauffe de l'appareil si la température de l'eau dépasse sa valeur de consigne (comprise entre 95 et 105 °C). Il y a dans ce cas risque de production de vapeur dans l'installation. Un contact électrique s'ouvre lorsque la température dépasse la consigne, ce qui provoque l'arrêt de la chaudière et sa mise en sécurité. Son réarmement est manuel (il faut appuyer sur le bouton-poussoir pour refermer le contact lorsque la température a diminuée). Dans tous les cas, il faudra trouver la cause de son déclenchement.

Thermostat d'ambiance

Il contrôle la température de la pièce. Sous l'effet de la chaleur, un contact électrique se ferme pour commander la remise en route du système de chauffage lorsque la température devient inférieure à la température de consigne (généralement 19 °C). Il peut commander le brûleur seul, le brûleur et la pompe, ou la pompe seulement.

Le schéma électrique d'un coffret de commande de chaudière est représenté sur la figure 18.13.



S1 : interrupteur marche - arrêt de la chaudière

S2 : thermostat de sécurité 105°C

S3 : thermostat de régulation (température de consigne réglable)

S4 : thermostat d'ambiance : placé dans la pièce, il contrôle la température et met en marche le circulateur de chauffage lorsque la température mesurée est inférieure à sa température de consigne.

Figure 18.13 – Schéma électrique d'un coffret de commande d'une chaudière (chauffage seul), brûleur à air pulsé. Commande du circulateur par le thermostat d'ambiance

Il est bien entendu possible de commander le fonctionnement de l'installation d'une manière différente (commande du brûleur par le thermostat d'ambiance…).

MANOMÈTRE

- Il permet de contrôler la pression dans l'installation.

Distributions de chauffage

On distingue différentes manières de réaliser une installation de chauffage.

DISTRIBUTION EN PARALLÈLE : BITUBE

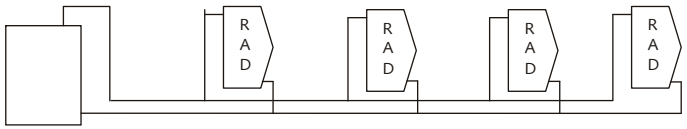


Figure 18.14 – Distribution en parallèle : Bitube

L'eau circule dans deux tuyauteries communes (départ et retour) sur lesquelles sont branchés les appareils (figure 18.14).

DISTRIBUTION EN SÉRIE : MONOTUBE

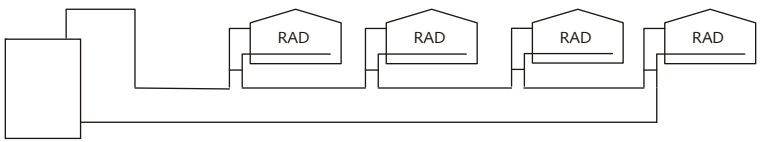


Figure 18.15 – Distribution en série : Monotube

L'eau passe dans un répartiteur, une partie de l'eau traverse le radiateur puis continu jusqu'à l'appareil suivant. La température diminue donc au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la chaudière (figure 18.15).

Distribution par collecteur

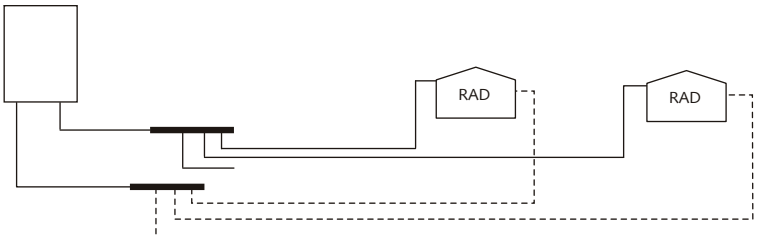


Figure 18.16 – Distribution par collecteur

Tous les appareils sont alimentés à partir d'un collecteur (ou nourrice) par une tuyauterie individuelle (figure 18.16).

Distribution en parapluie

Elle est identique à la distribution par collecteur, mais est utilisée en rénovation, en passant par les combles.

Ancienne distribution en thermosiphon

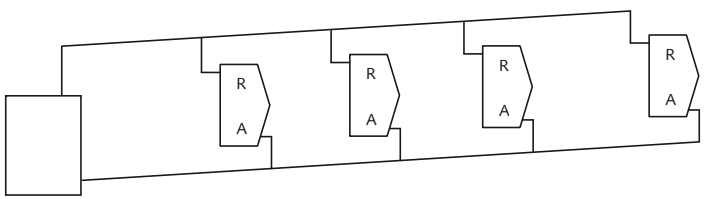


Figure 18.17 – Distribution en thermosiphon

Pente montante de 2 à 3 mm par mètre vers les points hauts. Les tubes utilisés sont de gros diamètre, la contenance en eau est plus importante. Il faut souvent redimensionner le vase d'expansion.

Plancher chauffant basse température

Le plancher chauffant est un cas particulier :

- La distribution se fait par collecteur.
- Les longueurs de tube sont plus importantes, les pertes de charge aussi.

- Les pompes fournies dans les chaudières murales sont bien souvent insuffisantes.
- L'équilibrage est plus important car la température de surface du plancher ne doit pas dépasser 28 °C ce qui correspond à une température d'eau maximale de 50 °C.
- Il fait toujours l'objet d'une étude préalable pour le calcul des tracés et des débits.

Évolution d'une installation de chauffage

L'installation de chauffage évolue dans le temps en fonction des conditions de fonctionnement :

- L'embouage rendra le réseau plus résistant.
- L'ouverture (ou la fermeture) de robinets modifiera les caractéristiques du réseau et donc le point de fonctionnement.
- L'usure de la pompe provoquera une baisse de ses caractéristiques hydrauliques et donc une baisse de hauteur manométrique et une baisse de débit.
- Le remplacement de la chaudière classique par une chaudière à condensation nécessitera un nouveau calcul de débit (la température étant plus basse, il faudra adapter les réglages de l'installation).
- Le mauvais positionnement de la pompe provoquera une usure de l'axe et une vibration.

Puissance d'une installation

La détermination des équipements d'une installation de chauffage se fait à partir du bilan thermique du bâtiment à chauffer. L'installation de chauffage a pour but de compenser les déperditions, sa puissance doit varier au cours de la saison de chauffage (variation des besoins en fonction des conditions météorologiques). On préférera des systèmes à puissance variable qui s'adaptent aux conditions climatiques.

La puissance installée dans une grande majorité des installations en fonctionnement est supérieure de 20 % aux déperditions calculées, ceci pour plusieurs raisons :

- réalisation d'un bilan thermique simplifié (calcul approximatif) ;
- surdimensionnement des émetteurs ;
- surdimensionnement de la chaudière, sans réglage de la puissance ;
- marge de sécurité par rapport à la température minimale prise en compte.

Ces différents facteurs conduisent à une surconsommation de l'installation de chauffage (surconsommation du circulateur, court cycle de la chaudière...).

Règles générales

Voici quelques règles de base à respecter.

Compatibilité des matériaux

Le contact direct du cuivre (laiton, alliages…) et de l'aluminium (ou alliage) est interdit. Il faudra installer entre ces deux matériaux des raccords en fonte ou en acier non galvanisé.

Le passage des tuyauteries est interdit dans :

- les conduits de fumées ou leurs parois ;
- les conduits de ventilation ou leurs parois (la traversée peut être autorisée s'il n'y a pas de risque de gel).

Les tuyauteries en acier noir posées dans un vide sanitaire non ventilé devront être calorifugées.

Si la température est supérieure à 60 °C, les canalisations enrobées, encastrées ou engravées doivent être posées sous fourreau.

Si la température est inférieure ou égale à 60 °C, les canalisations enrobées, encastrées ou engravées peuvent être posées sous fourreau, sans fourreau ou avec gainage (pour les tuyauteries en cuivre).

Essais

La pression d'essai doit être d'au moins 6 bar et de 1,5 fois la pression de service, elle doit durer :

- 30 minutes + le temps d'inspecter la totalité des tuyauteries ;
- ou 2 heures sans baisse de pression.

Les parties inaccessibles doivent être testées avant d'être recouvertes.

Les réseaux des parties communes doivent être nettoyés et rincés (remplissage et vidange de l'installation) avant la mise en service. Puis la mise en eau et la purge d'air doivent être réalisées.

Un contrôle d'étanchéité (contrôle des fuites) est effectué lors de la mise en température. Toutes les robinetteries doivent être manœuvrées pour contrôler leur bon fonctionnement.

19
INSTALLATIONS DE CLIMATISATION

Il n'est pas possible dans le présent chapitre de traiter toute la partie climatisation qui nécessite un ouvrage à elle seule. De plus en plus d'installateurs sont amenés à réaliser des installations de climatisation afin de diversifier leurs activités.

Nous ne rappellerons que les principes de base d'une installation de climatisation ainsi que les différents types d'installations.

Chaque installateur devra entretenir des relations de partenariat avec les constructeurs sélectionnés afin de mieux connaître le matériel et les règles de pose et se tenir au courant des évolutions réglementaires.

Principes de fonctionnement d'une installation

Une installation de climatisation utilise un fluide frigorigène, qui a la capacité de changer d'état en fonction des pressions et des températures dans le circuit. Elle est constituée de deux échangeurs, d'un compresseur, d'un détendeur et un système de régulation (figure 19.1).

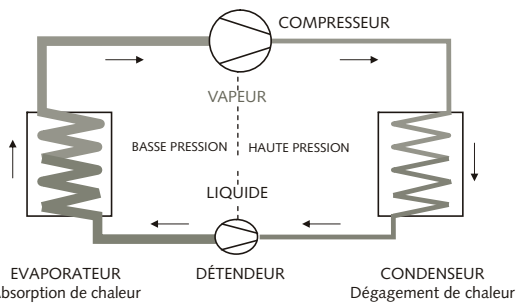


Figure 19.1 – Installation de climatisation

Lorsque le fluide se vaporise, il absorbe la chaleur (comme l'eau dans la casserole absorbe la chaleur du brûleur). Il passe entièrement de l'état liquide à l'état vapeur avant de sortir de l'échangeur (évaporateur).

Le compresseur augmente la pression et réchauffe le fluide sous forme de vapeur, il l'envoie vers le condenseur.

Dans le condenseur, le fluide sous pression et très chaud se refroidit par échange avec l'air, il se condense entièrement.

Le détendeur baisse la pression du fluide, ce qui permet à nouveau sa vaporisation dans l'évaporateur.

On utilise la relation pression-température du fluide (un fluide se vaporise à une température qui varie en fonction de la pression).

En mode climatisation, le fluide se vaporise dans l'unité intérieure et absorbe la chaleur de l'air de la pièce ; en mode chauffage, le fluide se condense dans l'unité intérieure et dégage de la chaleur. Le changement du cycle s'effectue à l'aide d'une vanne 4 voies (non représentée sur la figure 19.1).

La puissance frigorifique nominale est donnée pour une température extérieure de +35 °C et une température intérieure de +27 °C. Les performances en mode froid sont données par le EER (*Energy Efficiency Ratio*) qui représente le rapport entre l'énergie fournie (à l'évaporateur) et celle fournie au compresseur.

La puissance calorifique nominale est donnée pour une température extérieure de +7 °C et une température intérieure de +20 °C. Les performances en mode chaud sont données par le COP (coefficient de performance) qui représente le rapport entre la puissance thermique fournie et la puissance électrique consommée :

$$\text{COP} = \frac{\textit{Puissance thermique fournie}}{\textit{Puissance électrique consommée}}$$

Un COP de 4 signifie que l'appareil produit 4 kW de chaleur lorsqu'il consomme 1 kW électrique. On trouve aujourd'hui des appareils domestiques qui atteignent des COP de 5 à 7.

Les performances diminuent lorsque la température extérieure diminue (il faut alors dégivrer l'échangeur extérieur). Certains fabricants dimensionnent leurs échangeurs pour limiter la prise en glace de l'évaporateur.

On distingue :

- **les systèmes Air-Air :** mono-split (une seule pièce), multi-split (plusieurs pièces), centralisé (la totalité du bâtiment)… L'échange se fait sur l'air intérieur et sur l'air extérieur ;

- **les systèmes Air- Eau :** l'échange se fait sur l'air à l'extérieur et sur l'eau à l'intérieur (eau chaude sanitaire, plancher chauffant, radiateurs basse température…) ;
- **les systèmes Eau-Eau** : l'échange se fait sur l'eau à l'extérieur (nappe phréatique, eau perdue…) ;
- **les systèmes géothermiques :** l'échange se fait sur un échangeur enterré dans le sol (puits profond, capteur de surface…).

On utilise aujourd'hui la technologie Inverter qui permet de moduler la puissance du compresseur en fonction des besoins, pour éviter des cycles en tout ou rien.

Les tuyauteries des installations de conditionnement d'air seront calorifugées ; dans tous les cas, elles seront protégées par un pare-vapeur.

Puits canadiens

Le système du puits canadien utilise l'énergie du sol (à 2 m de profondeur, la température du sol est constante), pour réchauffer l'air en hiver et le rafraîchir en été. En demi-saison, un by-pass permet de ne pas passer par le puits canadien.

S'il est réalisé à la construction, il représente un faible surcoût mais permet, si l'installation est bien dimensionnée, de rafraîchir suffisamment l'habitation pour pouvoir se passer de climatisation en été et de réduire la consommation de chauffage en hiver.

Pulvérisateur

Les pulvérisateurs forment un brouillard d'eau formé de très fines gouttelettes qui s'évaporent sous l'effet de la chaleur avant d'atteindre le sol. Cela permet d'abaisser la température sur les terrasses des cafés ou dans les bâtiments comportant de gros volumes (gare…).

On trouve des pulvérisateur basse pression fonctionnant à une pression comprise entre 1 et 3 bar et des pulvérisateur haute pression fonctionnement à des pressions de plusieurs dizaines de bars. Dans tous les cas, il faudra s'assurer de la qualité de l'eau (faiblement minérale, filtrée …) afin d'éviter de boucher l'orifice du pulvérisateur.

Le système devra comporter une soupape de décharge qui permettra d'évacuer l'eau lorsque la pression baisse pour éviter un goutte-à-goutte au

pulvérisateur, et être conçue pour éviter le développement de légionelles dans des parties d'eau stagnante.

La pulvérisation se fera de manière intermittente pour permettre aux gouttelettes d'eau de s'évaporer afin de ne pas créer une humilité trop importante au sol. Le volume d'air rafraîchi par ces dispositifs devrait être ventilé correctement pour éviter l'augmentation de l'humidité ambiante et les conséquences que cela pourrait avoir.

Ces pulvérisateurs se placent sur des tuyauteries fixes ou mobiles, intégrés dans des systèmes de ventilation… On trouve aujourd'hui sur le marché de nombreux modèles (figure 19.2).



Dans les diamètres de 8/13 à 26/34, pour des pressions de 1 à 5 bars, les pulvérisateurs débitent de 1 à 90 l/mn.

Figure 19.2 – Pulvérisateur Comap

20
RÉGULATION

Voici quelques principes de base de la régulation.

Le but d'une régulation est de **maintenir automatiquement** (sans intervention manuelle) **à une valeur donnée** (point de consigne) **une grandeur physique** (grandeur à régler**:** pour nous la température, la pression, l'humidité…) **soumise à des perturbations** (apports ou déperditions).

Elle doit réagir suffisamment vite, mais pas trop car cela rendrait le fonctionnement du système instable.

Nous prendrons comme exemple une régulation de température. Une régulation de température comporte plusieurs éléments**:**

- Le **détecteur qui mesure** la **grandeur à régler** (température) et envoie l'information au régulateur.
- Le **régulateur qui compare** la valeur envoyée par le détecteur au **point de consigne**. En fonction de l'**écart**, il agit sur l'organe de réglage et modifie la valeur de réglage (Y).
- L'**organe de réglage** (contacteur, vanne motorisée, circulateur…) **qui agit** en fonction de l'ordre du régulateur et corrige le fonctionnement de l'émetteur de chaleur.
- L'**émetteur de chaleur** dont l'émission augmente ou diminue en fonction de l'action de l'organe de réglage pour corriger l'écart de température entre la température mesurée et le point de consigne.

Boucle de régulation

On distingue deux principaux types de boucles de régulation.

BOUCLE DE RÉGULATION FERMÉE

La régulation agit directement sur la valeur mesurée (figures 20.1 et 20.2).

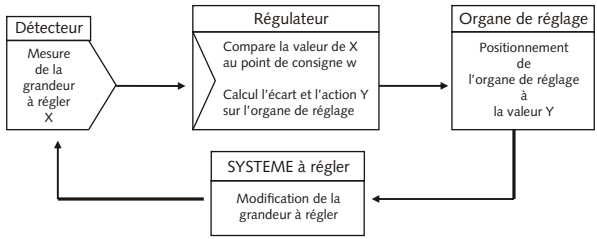


Figure 20.1 – Boucle de régulation fermée

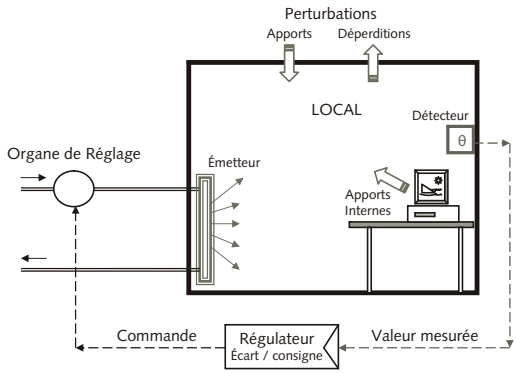


Figure 20.2 – Schéma de principe d'une boucle de régulation fermée

On souhaite maintenir la température d'un local à la valeur de consigne.

En fonction de la **température mesurée**, le **régulateur** va agir sur **l'organe de réglage** pour modifier la puissance de l'émetteur en prenant en compte les **perturbations** qui influencent l'ambiance du local.

La régulation va modifier la température du local qui va de nouveau être mesurée par le détecteur : la boucle est dite fermée.

L'inertie du bâtiment et des équipements fait que l'information circule à une vitesse relativement lente.

L'action de l'ensemble du système reste longue et on observe un décalage dans le temps entre la mesure et l'action sur le système, on parle de **temps mort**.

BOUCLE DE RÉGULATION OUVERTE

La régulation agit en fonction d'une loi de chauffe (calcul) et des valeurs de réglage fixées par le technicien (on ne mesure pas la valeur sur laquelle on agit).

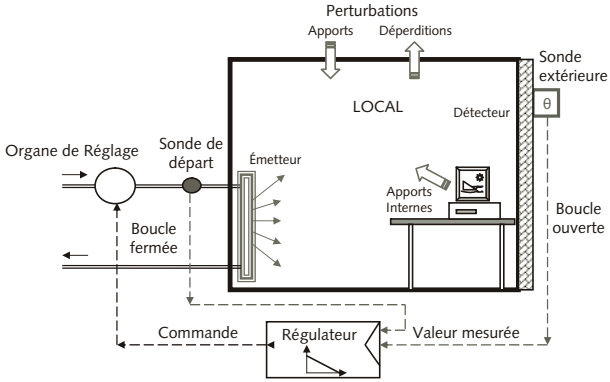


Figure 20.3 – Schéma de principe d'une boucle de régulation ouverte

Lorsqu'on ne peut pas mesurer la température dans un local (collectif…), on utilisera un capteur qui mesurera la température extérieure (les déperditions dépendent de la température extérieure). Le régulateur va régler l'émission de chaleur en fonction des déperditions calculées (figure 20.3). La boucle est dite ouverte.

BOUCLE DE RÉGULATION MIXTE

On ajoute à l'installation précédente une sonde intérieure qui va modifier le point de consigne pour mieux prendre en compte tous les apports ou déperditions qui viennent perturber la température du local. On parle de **thermostat limiteur** qui vient baisser le fonctionnement du chauffage lorsque les apports sont trop importants (cheminée, réception, soleil...).

L'évolution des installations, des techniques et des matériels, a donné naissance à un grand nombre de systèmes de régulations.

Le choix s'effectuera en fonctions de différents critères.

- le niveau de confort souhaité ;
- le coût de l'installation ;
- les contraintes techniques (passage de câbles, nombres de pièces…) ;
- le type d'émetteur ;
- le type de production de chaleur ;
- l'usage des locaux.

La performance de la régulation dépendra des points suivants :

- le temps de réponse du détecteur ;
- la sensibilité du régulateur ;
- la constante de temps du système (temps nécessaire pour compenser les 2/3 de la variation de température), elle dépend de l'inertie du système ;
- l'autorité de l'organe de réglage (action effective sur toute la longueur de sa course)
- la vitesse d'action de l'organe de réglage ;
- le différentiel (ou bande proportionnelle) du régulateur (écart entre les valeurs marche-arrêt ;
- les réglages possibles sur les différents points, notamment sur la valeur de la consigne.

Plus un système sera difficile à régler, plus la régulation devra être performante. Pour effectuer ce choix, il faut bien connaître les différents types de régulation.

Types de régulation

On distingue deux **principaux modes d'action d'une régulation :**

- **Les régulateurs non progressifs :**
  - régulateur tout ou rien,
  - régulateur à positions multiples (les régulateurs tout ou rien chronoproportionnel – modulation en fonction du temps – sont considérés comme progressifs).

- **Les régulateurs progressifs :**
  - régulateur flottant,
  - régulateur proportionnel (P),
  - régulateur intégral (I),
  - régulateur proportionnel-intégral (PI),
  - régulateur proportionnel-intégral-dérivé (PID).

Régulation tout ou rien (TOR)

C'est une régulation à deux positions (figure 20.4), par exemple Régulation par thermostat d'ambiance avec action sur le circulateur, le brûleur ou une vanne 2 voies, régulation d'un ballon d'ECS sanitaire, d'un ensemble de panneaux solaires...

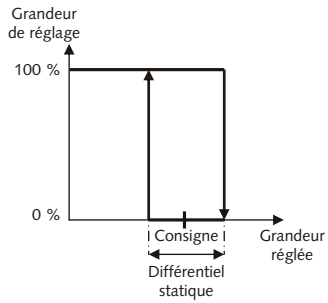


Figure 20.4 – Différentiel statique d'un régulateur TOR

Dans ce type de régulation, si le thermostat d'ambiance est réglé à 19 °C en température de consigne, son différentiel statique est généralement de ±1 °C (voir documentations constructeurs).

La régulation ne peut pas faire de correction exacte, la température va osciller de façon cyclique (figure 20.5).

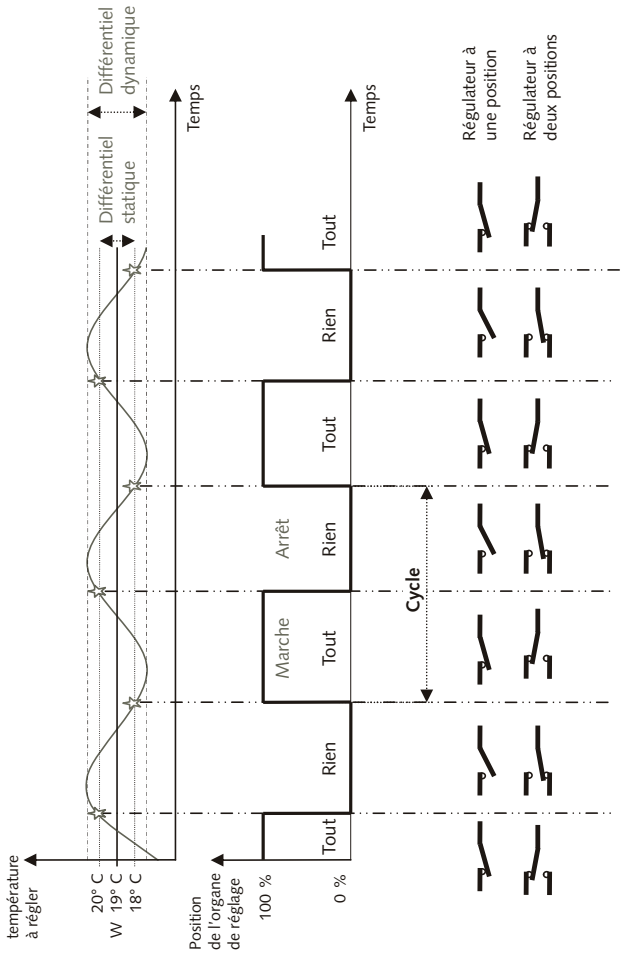


Figure 20.5 – Évolution des températures dans un local – régulation tout ou rien

Les **régulateurs à une position** sont utilisés pour les commandes directes (circulateur, brûleur, électrovanne…).

Les **régulateurs à deux positions** sont utilisés pour la commande de moteurs à deux sens de rotation (moteurs vannes deux ou trois voies, registres motorisés…).

Dans cet exemple :

- Le **différentiel statique** (18-20 °C) est dû à l'appareil utilisé (écart entre l'ouverture et la fermeture du contact).
- Le **différentiel dynamique** (17-21 °C) est dû à l'inertie du système (temps de réaction…).

La température du local variera entre 17 et 21 °C selon l'inertie du système (installation + bâtiment).

Si le temps de réaction du système est trop court, le cycle de variation va devenir beaucoup plus court et l'alternance marche-arrêt sera trop rapide, ce qui provoquera une usure du régulateur et de l'organe de réglage.

On dit que **le système pompe** (figure 20.6).

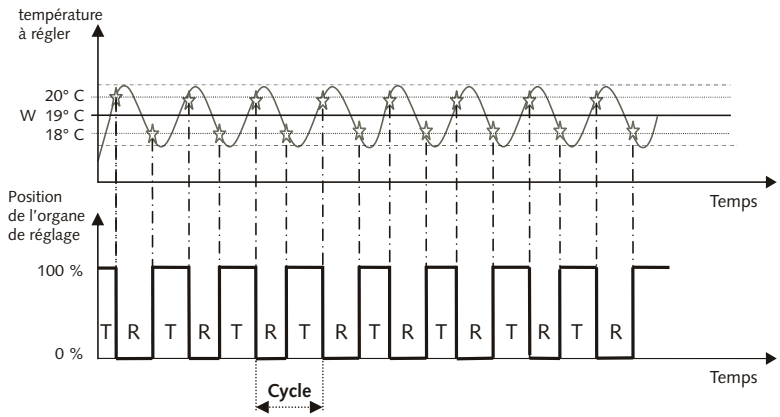


Figure 20.6 – Phénomène de pompage sur une régulation en tout ou rien

Dans ces conditions, l'usure de l'installation sera plus rapide, la régulation n'étant plus performante : le rendement global sera moins bon, le confort ne sera pas satisfaisant.

RÉGULATION À POSITION MULTIPLE

C'est une régulation à plusieurs étages avec une zone neutre entre chaque étage (figure 20.7), par exemple brûleur 2 allures, chaudière électrique, cascade de chaudières...

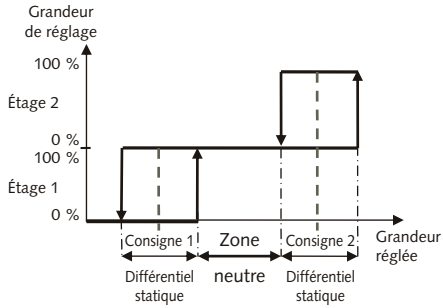


Figure 20.7 – Différentiel statique d'un régulateur TOR à étage

Lorsqu'on augmente le nombre d'étage, on se rapproche d'une régulation progressive proportionnelle (figure 20.9).

Le système fonctionne d'abord en première allure, la deuxième allure n'est utilisée que pour les besoins plus importants.

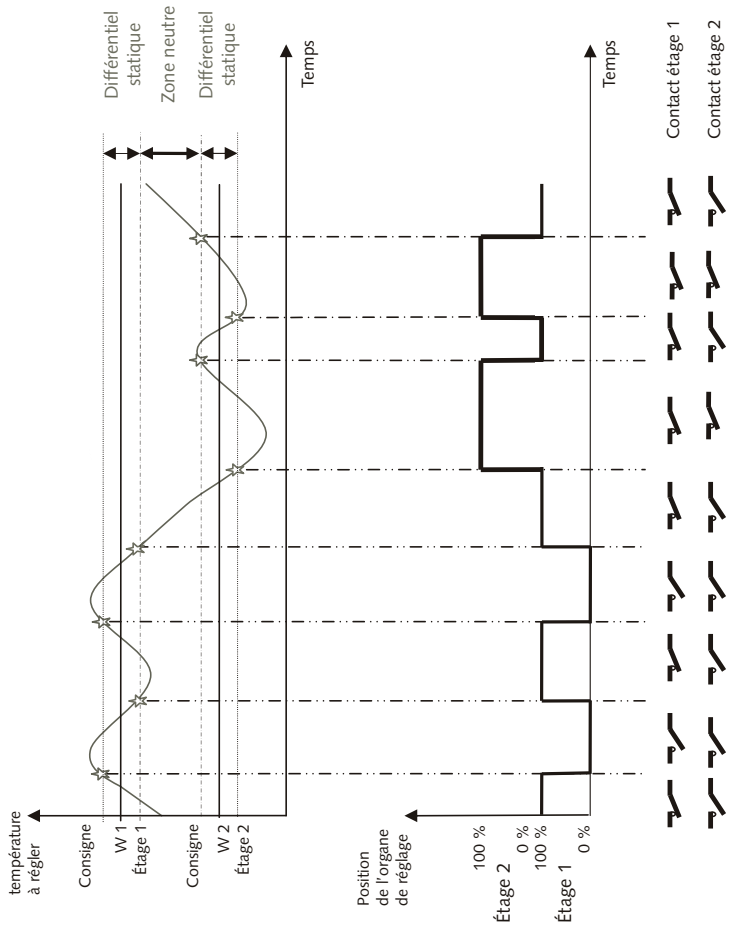


Figure 20.8 – Évolution des températures – régulation tout ou rien à 2 étages

RÉGULATION CHRONOPROPORTIONNELLE (MODULANTE)

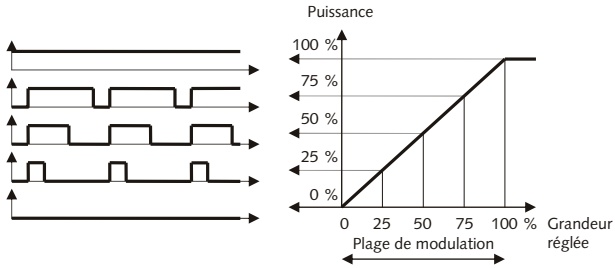


Figure 20.9 – Régulation chronoproportionnelle

C'est une régulation qui fait varier le rythme des cycles marche-arrêt (figure 20.9), par exemple chauffage électrique.

Le régulateur détermine le temps de marche en fonction de l'écart entre la consigne et la grandeur à régler.

Plus l'écart est important, plus le temps de marche sera important et la puissance fournie importante.

La régulation chronoproportionnelle permet de réduire le différentiel de température par rapport au mode tout ou rien, il permet une meilleure stabilité de la température.

La température moyenne et la puissance fournie sont les mêmes dans les deux systèmes, mais la variation de température est beaucoup plus faible avec une régulation chronoproportionnelle : le confort est meilleur (figure 20.10).

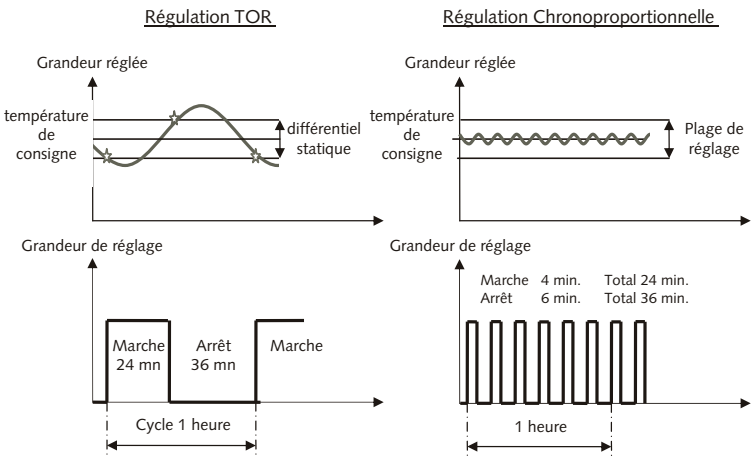


Figure 20.10 – Différence des variations de température entre une régulation TOR et une régulation chronoproportionnelle

RÉGULATION FLOTTANTE

C'est une régulation utilisée avec les **vannes motorisées,** par exemple : régulation d'un plancher chauffant. Pour atténuer le mouvement de l'organe de réglage, on utilise un régulateur à trois positions : ouverture, zone neutre, fermeture (figure 20.11).

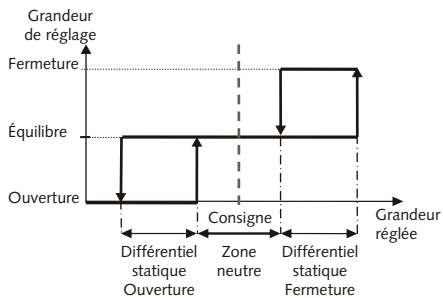


Figure 20.11 – Différentiels statiques d'un régulateur flottant

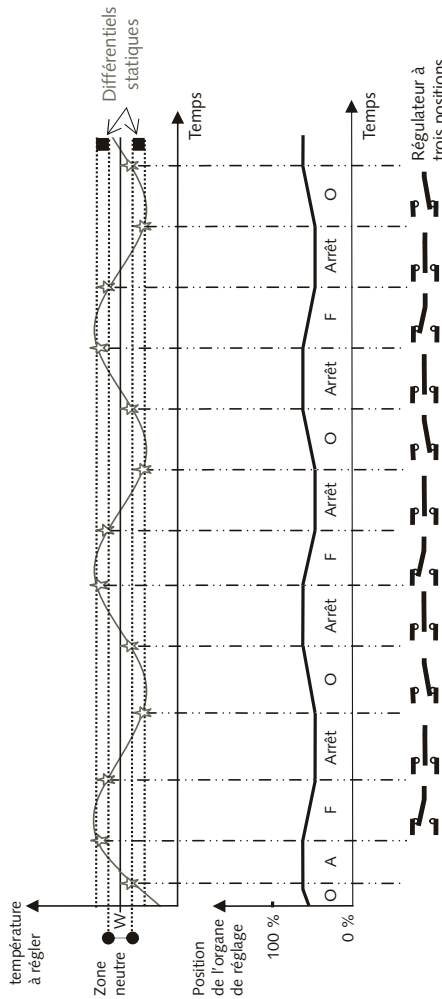


Figure 20.12 – Évolution des températures dans un local – régulation flottante

Dans la zone neutre, le moteur reste dans sa position. La vitesse du moteur est fixe, la correction est efficace de chaque côté de la zone neutre (figure 20.12).

Ce type de régulation permet de limiter le mouvement et l'usure de l'organe de réglage.

RÉGULATION PROPORTIONNELLE (P)

C'est une régulation très couramment utilisée, notamment pour les régulations d'ambiance.

Dans la régulation proportionnelle, on a une relation linéaire entre la position de l'organe de réglage et la valeur mesurée. La position de l'organe de réglage est modifiée proportionnellement à l'écart mesuré avec la valeur de consigne (dans la limite de la **bande proportionnelle)**. On n'obtient un déplacement de l'organe de réglage que s'il existe un écart (figure 20.13).

Ce type de régulation ne permet pas d'obtenir une correction exacte de la perturbation.

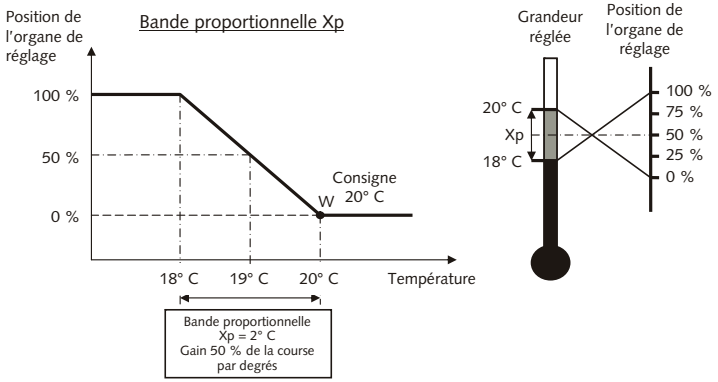


Figure 20.13 – Régulation proportionnelle

La **bande proportionnelle Xp** est fixe ou réglable, elle représente l'écart avec la grandeur mesurée qui détermine la variation de position de l'organe de réglage de 0 à 100 %, elle s'exprime dans l'unité de la valeur

réglée ou en pourcentage de la plage de réglage, par exemple, 4 °C, ou 10 % de la plage de réglage 0-40 °C.

Le **gain ou sensibilité** s'exprime en pourcentage par degrés, par exemple Xp = 4 °C, gain = 25 % par °C.

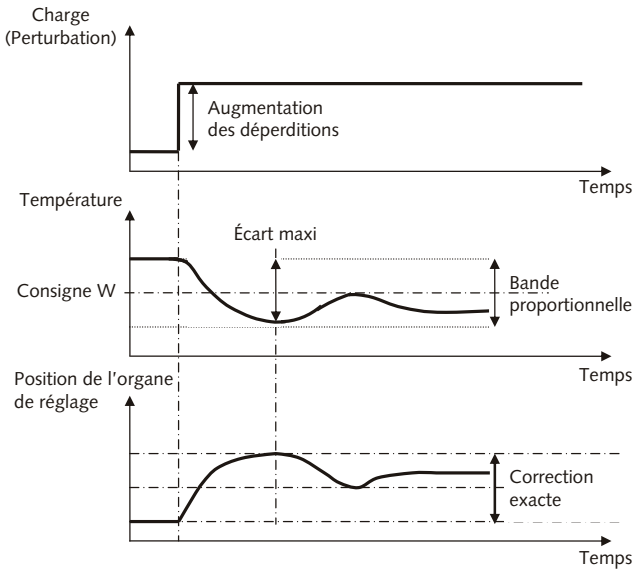


Figure 20.14 – Évolution des températures dans un local – régulation proportionnelle



Dans la pratique

Réglage de la bande proportionnelle :
– Xp trop petit : pompage rapide ;
– Xp trop grand : réponse trop lente.
Réglage de la température maximale départ.
Réglage de la température de non-chauffage.

Régulation Intégrale (I)

Dans la régulation intégrale, la vitesse de déviation de l'organe de réglage est proportionnelle à l'écart (elle est à son maximum lorsque l'écart est à son maximum). La position de l'organe de réglage est modifiée tant qu'il existe un écart.

Ce type de régulation est précise mais lente, on lui préfèrera une régulation PI.

Régulation Proportionnelle Intégrale (PI)

C'est une régulation utilisée dans les systèmes de climatisation. Le mode proportionnel permet d'obtenir un mouvement rapide de l'organe de réglage. Le mode intégral permet de corriger le mouvement de la vanne d'une manière proportionnelle à l'écart et d'obtenir une correction exacte de la température.

Il y a deux valeurs à régler :

- la bande proportionnelle (Xp) ;
- la constante de temps d'intégration (ti).

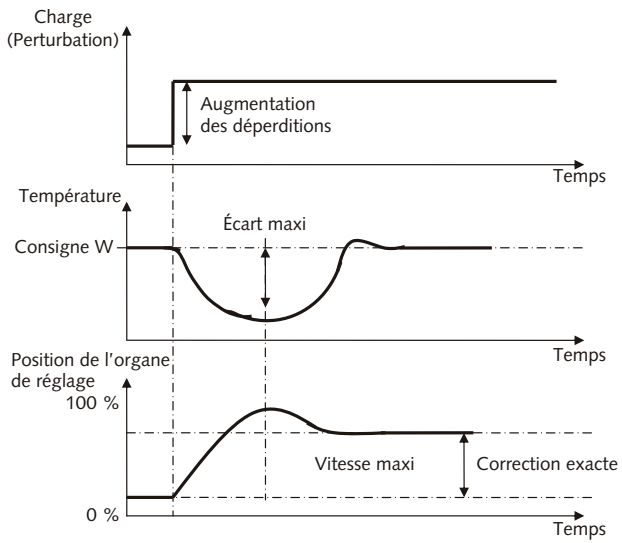


Figure 20.15 – Régulation intégrale



Dans la pratique

Réglage de la bande proportionnelle :
– Xp trop petit : pompage rapide ;
– Xp trop grand : réponse trop lente ;
– ti trop petit : réponse trop lente ;
– ti trop grand : pompage lent.

RÉGULATION PROPORTIONNELLE INTÉGRALE DÉRIVÉE (PID)

C'est une régulation utilisée pour les systèmes qui nécessitent une réponse rapide (traitement d'air…). Elle prend en compte la vitesse de variation de la valeur mesurée.

En plus des deux corrections P et I, le mode dérivé provoque une ouverture plus grande de la vanne en fonction de la vitesse de variation de la valeur mesurée. Cette puissance supplémentaire permet de compenser plus rapidement la variation de température.

Il y a trois valeurs à régler :

- la bande proportionnelle (Xp) ;
- la constante de temps d'intégration (ti) ;
- la constante de temps de dérivation (td).

Une valeur trop élevée fait pomper l'installation.

Heureusement pour les installations courantes, il existe des régulateurs auto-adaptatifs qui, grâce à un microprocesseur, calcule en temps réels les valeurs de réglage en fonction des écarts mesurés.

Tableau 20.1 – Choix d'un mode de régulation

	Avantages	Inconvénients	Utilisation
Régulation proportionnelle	Simple à régler Prix	Pas de correction exacte	Régulation boucle ouverte Installations à forte inertie
Régulation proportionnelle intégrale	Stable Correction exacte	lent	Régulation de température : – d'eau (départ) – d'air (soufflage) – installation à faible inertie, préchauffage

	Avantages	Inconvénients	Utilisation
Régulation proportionnelle intégrale dérivée	Faible différentiel dynamique Stabilisation rapide Correction exacte	Système et réglages complexe Prix	Toutes les installations de conditionnement d'air qui présentent un haut degrés de complexité

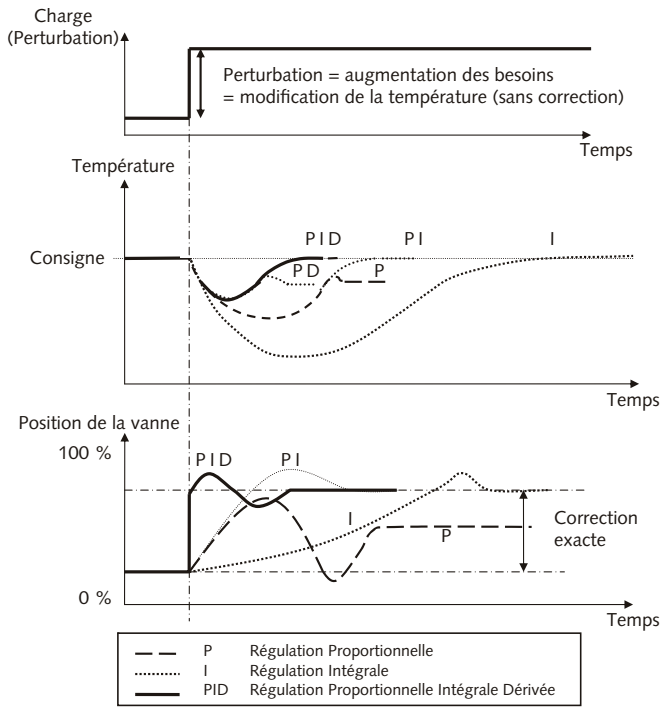


Figure 20.16 – Comparaison des différentes régulations

On observe que les régulation I, PI et PID permettent une correction exacte dans un temps plus ou moins long (figure 20.16). La régulation P ne permet pas une correction exacte mais est utilisée en régulation de confort.

On trouve aujourd'hui de plus en plus de régulateurs électroniques ayant des capacités d'auto-adaptation, le microprocesseur adapte la réaction du système en fonction des contrôles qu'il effectue sur l'installation (températures, débits, pressions…). L'interface pour l'installateur et pour l'utilisateur se présente sous la forme d'un écran représentant l'installation sur lequel on paramètre simplement les valeurs désirées. Le microprocesseur s'occupe de tout.

Ces principes de régulation sont applicables à de nombreux systèmes présents dans les installations sanitaires (détendeurs, robinets de chasse, mitigeurs thermostatiques...).

21
DÉSORDRES DE LA PLOMBERIE

Il est plus facile de bien concevoir et réaliser une installation que d'essayer de trouver des solutions « après-coup ». Néanmoins, nous allons étudier quelques solutions possibles lorsqu'un désordre intervient.

Bruits

Plus de 40 % de la population se plaint du bruit. Les installations techniques sont concernées par cette nuisance.

« L'installation de plomberie sanitaire ne doit être la cause, ni de la production, ni de la propagation de bruits dans le bâtiment. » DTU 60.1.

Les bruits et les sons, sont caractérisés par la fréquence exprimée en hertz (fréquences hautes pour les sons aigus, fréquences basses pour les sons graves) et par l'intensité exprimée en décibel (elle correspond à la pression acoustique).

Se reporter au chapitre 1, Mémento technique.

Nous allons voir les solutions à apporter pour différents cas.

Bruit d'appareils ou d'équipements

Les fabricants d'appareils que l'on installe dans les zones habitables ont ces dernières années fortement améliorés les performances des modèles proposés pour satisfaire à la nouvelle réglementation acoustique.

Pour les appareils sanitaires, il faudra respecter les règles de pose préconisées par les DTU et les fabricants. On trouvera des indications de pose précises auprès de l'association française des industries de la salle de bains (AFISB) ou sur son site internet www.salledebainspro.fr qui permettront d'éviter la transmission des bruits aériens et solidiens par les sols et les cloisons.

La solution est, lors de la pose de l'appareil, de réaliser un joint souple entre l'appareils et le mur. Une fois l'appareil posé, il ne reste malheureusement plus grand-chose à faire.

Pour les robinetteries il existe un classement EAU ou ECAU qui détermine les caractéristiques acoustiques (lettre A). La performance acoustique est représentée par la différence entre le niveau de bruit du robinet et celui d'un générateur hydraulique de bruits ; plus il est grand, plus l'appareil est silencieux. D'une manière générale, il faudra choisir des robinetteries NF et non des robinetteries premier prix.

L'attention doit être portée sur les caractéristiques acoustiques d'un appareil au moment de l'achat afin de vérifier qu'elles sont bien conformes aux souhaits du client. La sensibilité au bruit (et aux différentes fréquences) n'est pas la même pour tout le monde ; certaines personnes seront fortement incommodées par un bruit que d'autres ne remarqueront même pas.

Il faudra par exemple éviter la pose d'une chaudière dans la cuisine sur une cloison mitoyenne avec une chambre (bruit des électrodes d'allumage, du circulateur…), ou la pose d'un chauffe-eau électrique dans le placard d'une chambre (bruits de chauffe de la résistance, goutte-à-goutte du groupe de sécurité, bouillonnement de l'eau au contact de la résistance dans la cuve…).

Lorsque l'appareil reste bruyant (pompe, surpresseurs…), il faudra l'installer dans des locaux de service et s'assurer que les bruits ne seront pas transmis par les canalisations ou les cloisons.

Lors de l'installation de pompes ou surpresseurs, il faudra prendre quelques dispositions simples pour limiter le bruit transmis dans l'installation :

- choisir des moteurs ayant une vitesse de rotation lente ;
- installer les pompes ou moteurs sur des socles massifs isolés du sol (figure 21.1) ;
- utiliser des plots antivibratiles pour la fixation des pompes (figure 21.2) ;
- installer des raccords antivibratiles sur les tuyauteries départ et retour de la pompe pour éviter la transmission du bruit par les tuyauteries.

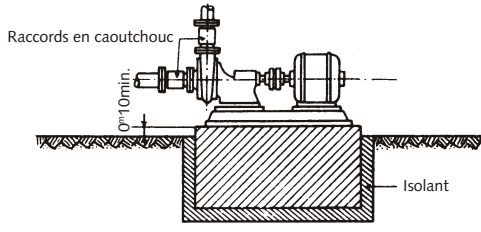


Figure 21.1 – Montage d'un groupe électropompe sur liège

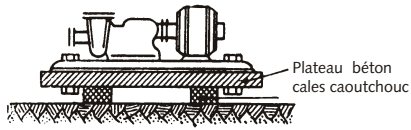


Figure 21.2 – Montage d'un groupe électropompe sur cales caoutchouc

Les manchons anti-vibratiles peuvent permettre un abaissement de 20 dB du bruit transmis (figure 21.3)

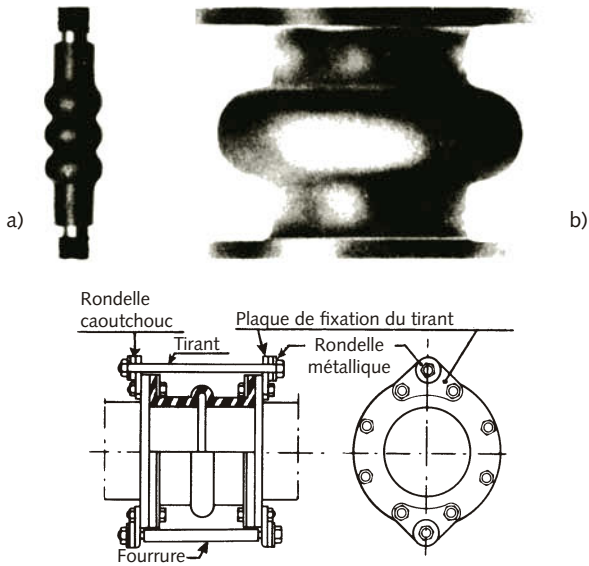


Figure 21.3 – Manchons Kléber-Colombes : a) Klédil ; b) Dilatoflex

BRUITS DE L'EAU DANS LES CANALISATIONS D'ALIMENTATION

Un rétrécissement sur une tuyauterie va provoquer des sifflements et des dégazages. D'une manière générale, on peut considérer que, si la pression dans l'installation est supérieure à 4 bar, il en résultera souvent

des sifflements, des trépidations (bruits sourds à basse fréquence), même si l'installation a été réalisée en respectant les règles des DTU.

Les bruits sont principalement dus à la vitesse trop importante de l'eau dans les tuyauteries et dans les accessoires (robinetteries, détendeurs…). Il faudra donc bien veiller au dimensionnement des diamètres des tuyauteries lors de l'étude de l'installation.

Lorsque les bruits existent et que l'on ne peut pas refaire toute l'installation, certaines dispositions permettront de limiter les bruits ou de limiter leur transmission dans le bâtiment :

- réduction de la pression dans l'installation et donc dans une certaine mesure du débit et de la vitesse, tout en conservant un débit acceptable aux robinetteries ;
- pose de colliers isophoniques sur les tuyauteries : ils permettent d'éviter de transmettre le bruit dans le mur ou la cloison ;
- pose d'antibéliers pour les bruits dus aux coups de bélier : lorsque l'eau est en mouvement dans les tuyauteries, elle possède une énergie appelée énergie cinétique (1/2 mv^2). Lors de la fermeture brutale d'une robinetterie (mitigeur, électrovanne…), ce bruit se dissipe dans la tuyauterie sous la forme d'une vibration qui fait trembler la tuyauterie et donne l'impression de coups de marteau.



Remarque

La pression dans l'installation lors d'un coup de bélier peut atteindre 3 à 5 fois la pression dans l'installation et provoquer la rupture des canalisations et raccords.

On dispose de trois types d'antibéliers :

- Les **antibéliers à ressort** : ils ne réagissent qu'aux surpressions importantes, on les place généralement en tête de colonne montante, leurs action est limitée.
- Les **antibéliers à membrane** : ils sont posés en ligne lors de la conception de l'installation sur des systèmes favorisant les coups de béliers, c'est un modèle intermédiaire entre l'antibélier à ressort et l'antibélier à hydropneumatique.
- Les **antibéliers hydropneumatiques :** fabriqués sur le principe d'un vase d'expansion, ils comportent une vessie gonflée d'azote ; sous l'effet de la surpression l'azote va se comprimer et absorber une partie de l'énergie cinétique.

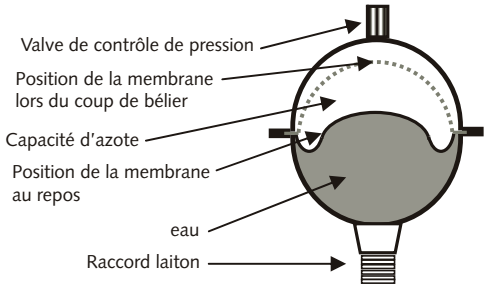


Figure 21.4 – Antibélier à capacité d'azote

L'antibélier sera posé au plus près de l'appareil qui provoque le coup de bélier.

Utilisation d'appareils plus performants : lorsque la fermeture du robinet de chasse bon marché provoque une vibration du clapet, deux solutions sont possibles :

- fermer légèrement le robinet d'arrivée d'eau du WC pour réduire la vitesse d'écoulement et supprimer le bruit à la fermeture du clapet (la chasse se remplira donc moins vite) ;
- remplacer le robinet flotteur par un modèle plus performant à fermeture progressive.

Pour les bruits d'air dans les tuyauteries d'eau, il faudra de préférence identifier la provenance de cet air pour éliminer la cause. Si cela n'est pas possible, il faudra installer un purgeur automatique pour évacuer l'air de la tuyauterie.

Bruits d'eau dans les installations d'évacuations

Les tuyauteries d'évacuation des eaux usées dans un bâtiment doivent être placées dans des gaines techniques isolées du bruit (les eaux usées qui s'écoulent dans une tuyauterie PVC émettent un bruit supérieur à 50 dB(A)). Il conviendra de suivre les prescriptions du bureau d'études ou les recommandations des fabricants de tuyauterie suivant la nature des gaines techniques afin de réduire ce bruit à une valeur réglementaire.

La qualité acoustique des produits est déterminée par une échelle de classe de performance croissante ESA de 1 à 6.

Quelques précautions simples permettent de réduire les bruits :

- pour les bruits aériens, on peut utiliser des tuyauteries spéciales (ayant de meilleures caractéristiques acoustiques que les tuyauteries classiques) proposées par les fabricants et isoler phoniquement la gaine technique ;
- pour les bruits solidiens, on peut poser des colliers isophoniques.

Pour les bruits sur les siphons (gargouillements de l'eau) qui sont dus à la formation de tampons hydrauliques, on se reportera au chapitre 13, « Évacuation des eaux usées ».

BRUITS DES TUYAUTERIES

Les tuyauteries, le plus souvent sous l'effet de la chaleur, se dilatent ce qui produit du bruit (craquements) dû à un glissement de la tuyauterie sur les colliers. Il faudra pour limiter ces bruits :

- desserrer les colliers,
- poser des lyres de dilatation,
- d'une manière plus générale, permettre en tout point la libre dilatation de la tuyauterie.

Désordre sur l'installation d'évacuation des eaux usées

Il est important de bien concevoir l'installation d'évacuation des eaux usées en respectant les règles fixées par les DTU. Lorsque ce n'est pas le cas, on verra apparaître des dysfonctionnements :

Lorsque la pente est trop faible, la vitesse d'écoulement n'est pas suffisante. Les matières en suspension vont se déposer et colmater la tuyauterie. Les solutions sont limitées :

- curage régulier des tuyauteries,
- installation de chasse automatique pour évacuer les dépôts éventuels.

Lorsque la pente est trop importante, la vitesse d'écoulement est trop grande. Le mouvement de l'eau dans les tuyauteries va créer des « tampons hydrauliques » qui risquent de désamorcer les siphons d'appareils (provoquant des bruits et des mauvaises odeurs). Dans ce cas on pourra :

- placer des clapets antivide ou clapets aérateurs pour éviter le désamorçage des siphons (vérifier les règles de pose d'un clapet aérateurs au chapitre 13 sur l'évacuation des eaux usées) ;

- augmenter le diamètre de la tuyauterie pour éviter la formation de tampons hydrauliques ;
- réduire la pente de la tuyauterie tout en respectant les consignes des DTU.

Lorsque l'installation est réalisée, la vidange d'un appareil peut provoquer le désamorçage du siphon de l'appareil situé à proximité si la tuyauterie d'évacuation n'a pas un diamètre suffisant.

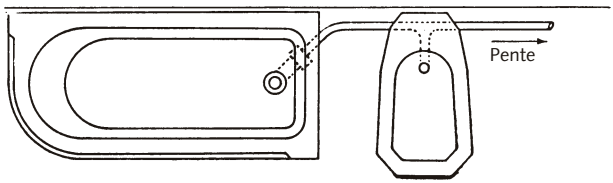


Figure 21.5 – Désamorçage du siphon d'un bidet

Dans l'exemple de la figure 21.5, lors de la vidange de la baignoire, le siphon du bidet va se désamorcer. Pour remédier à ce dysfonctionnement, on pourra essayer les mêmes solutions que lorsque la pente de la tuyauterie est trop importante.

Si l'installation est réalisée convenablement, les siphons peuvent se désamorcer par évaporation de l'eau en cas d'absence prolongée. On évalue la vitesse d'évaporation moyenne à 1 mm par jour.

D'une manière générale, il faudra prendre des dispositions particulières pour toute absence supérieure à 1 mois. On pourra par exemple verser dans les siphons de l'huile de cuisine qui empêchera l'évaporation.

Dilatation

Lorsque les règles de pose ne sont pas respectées, les tuyauteries ou les structures peuvent être endommagées par les effets de la dilatation.

Pour éviter cela, on pourra :

- réaliser des lyres de dilatation (figure 21.6) ;
- utiliser des supports autorisant la dilatation des tuyauteries ;
- poser des compensateurs de dilatation (figure 21.7).

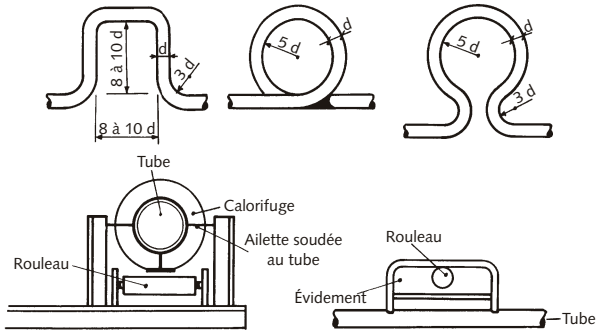
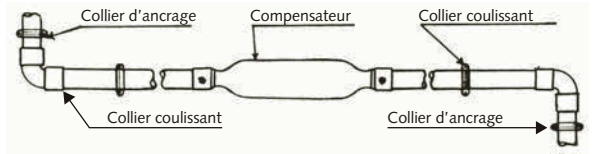
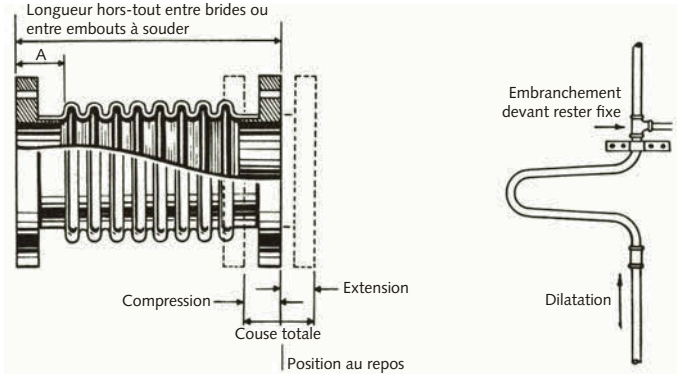


Figure 21.6 – Lyres de dilatation





Compensateur Genflex
(La gamme comporte 75 modèles)

Figure 21.7 – Compensateurs de dilatation

L'important est de bien déterminer les points fixes. On se reportera au mémento technique.

Condensation

Elle se produit sur les tuyauteries d'eau froide et plus généralement sur les surfaces froides (extérieur des réservoirs des WC en été…).

Pour réduire les risques de condensation sur les tuyauteries posées en plinthe, on positionne la tuyauterie d'eau froide sous la tuyauterie d'eau chaude afin d'éviter de créer un courant d'air chaud au contact de la surface froide.

Dans les autres cas, il faudra isoler les surfaces froides.

BIBLIOGRAPHIE

Mise en œuvre et pathologie des générateurs – chauffage à eau chaude, Jean-Pierre HAMY, Les Éditions Parisiennes

L'installation électrique, Thierry GALLAUZIAUX et David FEDULLO, Éditions Eyrolles

Fondamentaux d'hydraulique pratique, J. LA SALA, TETHILA Éditions

Manuel de la régulation et de la gestion technique, René CYSSAU, COSTIC, Éditions PYC Livres

Réaliser et contrôler une installation gaz domestique, BERLIO, Bernard LIOGIER, Éditions Parisiennes

Régulation – Chauffage – Eau chaude sanitaire – ventilation – Conditionnement d'air, Philippe DAVY de VIRVILLE, Éditions Parisiennes, Éditions PYC Livres

Distribution d'eau sanitaire dans les bâtiments, Cahier de notes, Savoir. Faire, COSTIC

Mise en service, réglage et dépannage des brûleurs fioul et gaz, Philippe LEGROUD, Éditions Parisiennes

Circulateurs pour les circuits de chauffage, Cahier de notes, Savoir. Faire, COSTIC

Installation d'assainissement autonome pour la maison individuelle, Guide pratique, CSTB

La pompe centrifuge dans tous ses états, Jean-Jacques CRASSARD, Éditions parisiennes

Liste des sites internet :

Quelques adresses utiles de sites internet pour trouver plus d'informations.

www2.ademee.fr	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie : réglementation, conseils et solutions pour réduire les consommations énergétiques
www.afgaz.fr	Site de l'association française du gaz
www.afnor.org	Association française de normalisation : normes en ligne, certification, international
www.bruit.fr	
www.brossette.fr	distribution aux professionnels de produits sanitaire, de matériel de chauffage et de plomberie
www.castolin.fr	matériel de soudage
www.cieau.com	des renseignements sur l'eau
www.cler.org	Comité de Liaison Énergies Renouvelables : information et promotion des énergies renouvelables
www.costic.com	Centre de formation et de publication du bâtiment
www.cstb.fr	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment : établissement public de recherche, de certification et d'information sur les produits et solutions du bâtiment, guides pratiques On y trouve les DTU et guides de bonnes pratiques
www.delabie.fr	robinetteries temporisées, thermostatiques, de collectivités, spécialisées
www.developement-durable.gouv	le site du ministère de l'écologie
www.georgfischer.fr	Tuyauteries, raccords et accessoires pour l'industrie et le bâtiment
www.giacomini.fr	Fiches techniques, guide de pose… sur le chauffage et les planchers chauffants.

www.girpi.fr — Tuyauteries PVC, tubes sous pression, tubes pour fluides glacés

www.grundfos.fr — Pompes, circulateurs, surpresseurs, industrie… tout sur les pompes et les installations, guide de prescription…

www.inovatherm.free.fr — Site de l'AFPA de Nîmes très complet

www.lanive.fr — Industriel proposant des guides du conduit de fumée, de l'assainissement non collectif et de la récupération des eaux pluviales

www.larobinetique.fr — L'ensemble de la robinetterie et des accessoires de tuyauterie

www.legifrance.gouv — Les textes officiels, JO, BO…

www.logement.gouv.fr — Site institutionnel sur les politiques gouvernementale pour le logement, réglementation thermique

www.moinsdebruit.com

www.nicoll.fr — Produits PVC : eau sous pression, évacuation, bâtiment

www.Norham.fr — matériels pour l'assainissement l'adduction et le bâtiment, raccords de réparation

www.oppbtp.fr — Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics, fiches de sécurité et de prévention sur les chantiers, produits dangereux, solutions pratiques

www.pambatiment.fr — Tuyauteries fonte bâtiment eaux usées et eaux pluviales

www.pamline.fr — Tuyauteries fonte, raccords, robinetteries…

www.porcher.com — Fabricant de sanitaires, robinetteries, balnéothérapies

www.presto.fr — robinetteries temporisées, de collectivités, spécialisées

www.qualigaz.com — Diagnostic et contrôle des installations gaz , référentiels de contrôle

www.rt-batiment.fr	Site réalisé par le ministère du logement et l'Ademe sur les règlementations thermiques
www.rt2005.com	Site détaillé sur la réglementation thermique 2005, réalisé par Rockwoo
www.salledebainspro.fr	Association Française des industries de la salle de bain
www.santé.gouv.fr	Permet de trouver les cartes de la dureté de l'eau ainsi que les recommandations concernant l'eau potable.
www.smabtp.fr	compagnie d'assurance proposant des dossiers pratiques sur les assurances, les sinistres et les pathologies du bâtiment, la sécurité
www.soudeur.com	
www.str-pvc.org	Syndicats des tubes et raccords en PVC
www.synasav.fr	Syndicat National de Maintenance et des Services Après-vente : métiers du chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, ventilation, fumisterie, régulation
www.thermexcel.com	Site de calcul et de dimensionnement des installations en ligne
www.wawin.fr	tuyauteries PVC, tubes multicouches, tuyauteries polyéthylène
http://rpetit3.club.fr/index.htm	Site de vulgarisation scientifique de Régis Petit sur le bélier hydraulique

INDEX

A

Abaque, 263
Abaque de Daries, 263
Acides, 196
Acier, 98
Adoucisseur, 223
Alésoir, 374
Allumage piézo-électrique, 294
Aluminium, 99
Alvéole technique gaz, 603
Amenée d'air directe, 621
Amenée d'air indirecte, 621
Anode, 308
Antibélier, 250
Antibéliers, 730
Assainissement, 160
Assainissement autonome, 559
Attestation de conformité sanitaire (ACS), 270

B

Bac dégraisseur, 561
Bactéries, 214
Bain-marie, 297
Balnéothérapie, 264
Bases, 197
Besoins en eau, 102
Béton, 96
Boisseau, 652
Bondes, 435
Bouclage d'eau chaude sanitaire, 288
Boucle d'eau chaude sanitaire, 340
Boucle de régulation fermée, 710
Boucle de régulation ouverte, 711
Branchement, 603
Bras morts, 215
Brasure, 365
Briques plâtrières, 354
Bronze, 98
Broyeur sanitaire, 163
Bruits, 727
Bruits solidiens, 466

C

Cahier des charges, 251
Calibre, 590, 664
Canalisation encastrée, 351
Canalisation engravée, 352
Canalisation enrobée, 351
Canalisations enterrées, 355
Caractéristiques des gaz, 582
Carneau, 622
Carreaux de plâtre, 354
Cartouches céramique, 445
Cavitation, 140
CESI (chauffe-eau solaire individuel), 320
Chape flottante, 354
Chasse automatique, 489
Chauffe-bains gaz, 290
Chauffe-eau à gaz, 290
Chauffe-eau électrique, 302
chauffe-eau non raccordé, 296
Chaufferie gaz, 660
Cheval vapeur, 678
Choix d'une pompe, 183
Chutes, 497
Chutes unique, 503
Chute unique, 497
Ciments, 96
Cintrage, 364
Circulateur, 126

Circulateur à pression constante, 170
Circulateur d'eau chaude sanitaire (ECS), 171
Circulateur de brassage, 338
Circulateurs, 166
Circulateurs à pression proportionnelle, 169
Circulateurs autorégulés, 170
Circulateurs de chauffage, 167
Clapet antiretour, 277
Clapets aérateurs, 505
Clapets antiretour, 177
Classe d'isolation électrique, 678
CO, 586
Coefficient caractéristique d'un réseau, 135
Coefficient de simultanéité, 258
Collecteurs, 497
Collet battu, 362
Colonne montante, 250
Colonnes descendantes, 250
Colonnettes, 428
Combustion, 585
Compteur, 238
Compteur divisionnaire, 250
Compteur volumétrique, 241
Condensateur, 675
Condensation, 735
Conductivité, 653
Conduite montante, 603
Conduits de fumée, 622
Conduits de fumées, 628
Consignation électrique, 679
Contrôle d'étanchéité, 620
Cordon chauffant, 289
Corrosion, 209
Cos φ, 668
Cotes d'encombrement, 449
Coup de bélier, 366
Coupe-tirage, 597
Couplage étoile, 669
Couplage triangle, 669
Coups de bélier, 730
Courbe de pompe, 129
Courbes de réseau, 133
Courroie, 144
Court circuit, 665
Crépine, 178
Cuivre, 97

D

DDS, 459
Débit de pointe, 285
Débit instantané, 285
Débit spécifique, 285, 596
Décantation, 218
défaut grave immédiat (DGI), 661
Degré français °f, 198
Demi-dur, 359
Déperditions, 683
Désamorçage du siphon, 733
Descentes, 497
Détendeur déclencheur de sécurité, 659
Détendeurs, 267
Déversoirs, 108
Devis, 250
Diamètre des tuyauteries gaz, 588
Différentiel, 665
Dilatation, 555, 733
Dimensionnement d'une tuyauterie, 264
Disconnecteur, 237
Dispositifs antiretour, 277
Distance entre les tuyauteries, 607
distances de sécurité, 236
Distillation de l'eau, 109
Distribution collective, 256
Distribution individuelle, 253
Douche à l'italienne, 434
Dureté de l'eau, 202

E

Eau chaude solaire, 320
Eau distillée, 195
Eau douce, 193
Eau dure, 193
Eau forcée, 193
Eaux ménagères, 193
Eaux pluviales, 160, 497

Eaux usées, 193, 497
Eaux vannes, 193, 497
Ébavureur, 362
Échangeur à plaques, 298
Échangeur serpentin, 335
Échangeur tubulaire, 336
Écroui, 359
Effet cyclonique, 221
Égout, 498
Électrolyse, 311
Embouage, 223
Émetteur, 695
Enregistreur de pression, 265
Épandage, 563
Épuration naturelle, 218
Équipements de protection individuelle (EPI), 680
Étain, 99
Évacuation des fumées, 597
Évacuation par effet siphoïde, 558
Évaluation des débits, 190
Évaporation, 733

F

Facteur d'air, 587
Faïence émaillée, 418
Fer, 98
Fibre neutre, 364
Filasse, 409
Filières, 374
Filmogène, 229
Filtre à tamis, 220
Filtre magnétique, 222
Fixations, 357
Floculation, 218
Flotteur contacteur à boule, 178
Fonte, 98
Fonte émaillée, 420
Force hydromotrice, 342
Formule de Bazin, 511
Formule de strickler, 514
Fosse chimique, 565
Fosses, 559
Fosse sèche, 165
Fosse septique, 561
Fourreau, 352
Fréquence, 663

G

Gainage, 352
Garde d'eau, 498
Gaz dissous, 686
Gel, 349
Gommage, 185
Gouttière, 515
Grès émaillé, 418
Groupe de sécurité, 310
Groupes de maintien de pression, 158

H

Habilitation électrique, 679
Hauteur d'aspiration, 127
Hauteur géométrique, 149
Hauteur manométrique, 126
Hydroéjecteur, 120

I

Immeubles de grande hauteur (IGH), 279
Installation intérieure, 603
Intensité électrique, 663
Ipsotherme, 674

J

Joints américains, 366

L

Laiton, 98
Le contacteur de niveau, 179
Lecture des compteurs, 243
Légionelles, 283
Légionnelle, 214
Lignes de charge, 235
Limite inférieure d'inflammabilité, 578
Local aéré, 621
Local technique gaz, 604

M

Manchettes antivibratiles, 182
Manchon d'adaptation, 545
Manchons de dilatation, 553
Manomètres, 173
Manovacuomètres, 173
Mécanismes de chasse, 470
Micro-accumulatio, 298
Mise en service, 351
Mitigeurs thermostatiques, 446
Mitigeur thermostatique, 344
Monophasé, 668
Mortier, 96
Moteur asynchrone, 671
Moulin, 113
Murs porteurs, 353

N

Noria, 112
Nourrice, 250

O

Osmose inverse, 111
Oxygène dissous, 223

P

Pente, 350
Percements, 351
Pertes de charge, 127
pH, 207
Phénomène de pompage, 715
Pièce déclassée, 419
Pince ampèremétrique, 317
Pipe d'évacuation, 467
Piquages, 353
Piston hydraulique, 503, 358
Placard technique gaz, 604
Plaque à borne, 670
Plaques de plâtre, 355
Plâtres, 96
Plomb, 99
Point de fonctionnement, 131
Point de rosée, 579
Point fixe, 554
Points fixes, 410
Polybutylène, 412
Polyéthylène, 411
Pompage, 269
Pompe bélier, 122
Pompe centrifuge, 119
Pompe jockey, 155
Pompes, 728
Pompes auto-amorçantes, 146
Pompes de surface, 151
Pompes doubles, 146
Pompes identiques en parallèle, 138
Pompes identiques en série, 137
Pompes immergées, 154
Pompes péristaltiques, 117
Pompes volumétriques, 115
Porcelaine vitrifiée, 418
Porte-soudure, 547
Pots à boues, 220
Pouvoir calorifique, 578
Précipitations, 101
Presse-étoupe, 153
Pression, 126
Pression à l'origine, 265
Pression au point le plus défavorisé, 252
Pression de charge, 149
Pression de service, 149
Pression de tarage, 690
Pressions relatives, 126
Pressostat différentiel, 154
Production individuelle d'eau chaude, 284
Protection par électrolyse, 229
Puisard, 164
Puissance nominale, 596
Puits, 103
Puits artésiens, 104
Purgeur d'air, 685

R

Raccord diélectrique, 311, 367
Raccords à compression, 366

Radiateur gaz, 601
Ravoirage, 352
Réchauffeurs de boucle, 339
Recuit, 359
Récupération d'eau de pluie, 106
Réducteur de pression, 267
Réglementation acoustique, 540, 727
Règlement sanitaire départemental, 252
Règles de l'art, 247
Régulation flottante, 719
Rendement, 579
Réseau unitaire, 498
Réservoirs de stockage, 266
Réservoirs en fonte, 471
Résistance, 663
Résistance électrique blindée, 308
Résistance électrique stéatite, 308
résistance thermique, 652
ROAI, 459
Robinet de puisage, 276
Robinet de vidange, 250
Robinets de chasse, 476
Robinets sur gorge, 443
Robinetterie à clapet, 271
Robinetterie à opercule, 273
Rotor noyé, 140

S

Saturnisme, 208
Scellements, 355
Sectionnement, 270
Sécurité manque d'eau, 191
Sélectivité, 664
Sels, 196
Semi-accumulation, 299
Siphon, 498
Siphons, 435
Sonde d'ionisation, 295
Soudage, 365
Soudobrasage, 387
Soupape de sécurité, 687
Soupape différentielle, 696
SPOTT, 598
Stalles d'urinoirs, 488
Stéarine, 547
Stratification, 319
Surcharge, 181
Surintensité, 181
Surpresseurs, 154, 728

T

Tampon hydraulique, 513
Taraudage, 387
Tartre, 202
Température de vaporisation, 581
Températures eau chaude sanitaire, 493
Températures maximales, 283
Temps de réchauffage, 318
Tension, 663
Thermocouple, 291
Thermographie, 153
Thermosiphon, 321
Thermostat, 307
Thermostat d'ambiance, 699
Thermostat de régulation, 314
Thermostat de sécurité, 698
Thermostat limiteur, 712
Tirage, 622
Tirage thermique, 597
Titre alcalimétrique, 202
Titre alcalimétrique complet, 202
Titre hydrotimétrique (TH), 202
Traitement de l'eau, 213
Transformateur, 670
Transformateur de sécurité, 671
Trappe de visite, 430
Traversées, 351
Triphasé, 668
Tube pré-calorifugé, 361
Tube pré-gainé, 361
Tube pré-isolé, 361
Tubes gaz, 369
Turbidité, 201
Tuyauterie PVC, 408
Tuyauteries en acier galvanisé, 383
Tuyauteries en acier noir, 368
Tuyauteries thermosoudables, 415

U

UFC (Unité Formant Colonie), 216
Urinoirs, 488
Urinoirs sans eau, 489

V

Vacuomètres, 173
Valve à eau, 292
Vanne à boisseau, 274
Vanne à papillons, 275
Vannes à billes, 274
Vase d'expansion, 687
Veilleuse permanente, 291
Ventilation, 498
Ventilation haute, 597
Ventilation mécanique, 621
Ventilation secondaire, 506
Ventouse, 599
Vérification d'absence de tension (VAT), 679
Vert-de-gris, 97
Vidage, 428
Vide sanitaire, 350
Vides sanitaires, 521
Vitesses maximales, 485
Vitesses maximales de l'eau, 262
VMC gaz, 599
Volume d'expansion, 691

W

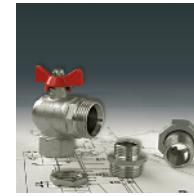
WC à action siphonique, 477
WC broyeurs, 479
WC chimiques, 566

Z

Zamac, 99
Zinc, 99

conception
réalisation
mise en page
pca
44405 Rezé cedex

Henri Charlent, Patrick Agostini



TRAITÉ des INSTALLATIONS SANITAIRES

15e édition du *Traité de plomberie*

Cet ouvrage, destiné à un public de professionnels ou d'élèves en cours de formation, offre les informations les plus complètes dans le domaine des installations sanitaires.

Le métier d'installateur sanitaire a subi de nombreuses transformations ces dernières années par l'évolution des matériaux et matériels utilisés (matériaux de synthèse, résines d'étanchéité, évolution de l'outillage...), et par la forte évolution réglementaire.

Pour répondre à ces changements, cet ouvrage, 15e édition du *Traité de plomberie*, a été entièrement refondu et mis à jour. Des chapitres ont en outre été ajoutés, traitant des installations électriques, des installations de chauffage et de climatisation, et des systèmes de régulation.

Cet ouvrage apporte au lecteur les connaissances nécessaires à la compréhension des systèmes qu'il sera amené à rencontrer lors de ses interventions.

HENRI CHARLENT

était entrepreneur en installations sanitaires et couverture.

PATRICK AGOSTINI

a exercé le métier d'installateur sanitaire chauffagiste pendant 10 ans. Depuis 1999, est enseignant en maintenance des systèmes énergétiques et climatiques (Menton) et formateur au Greta.

EDITIONS LE MONITEUR
editionsdumoniteur.com

ISBN 978-2-10-054180-5

www.dunod.com

DUNOD