

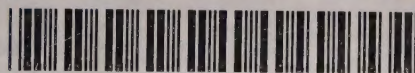
PIERRE KOHLER

Le ciel et l'espace



523
KOH

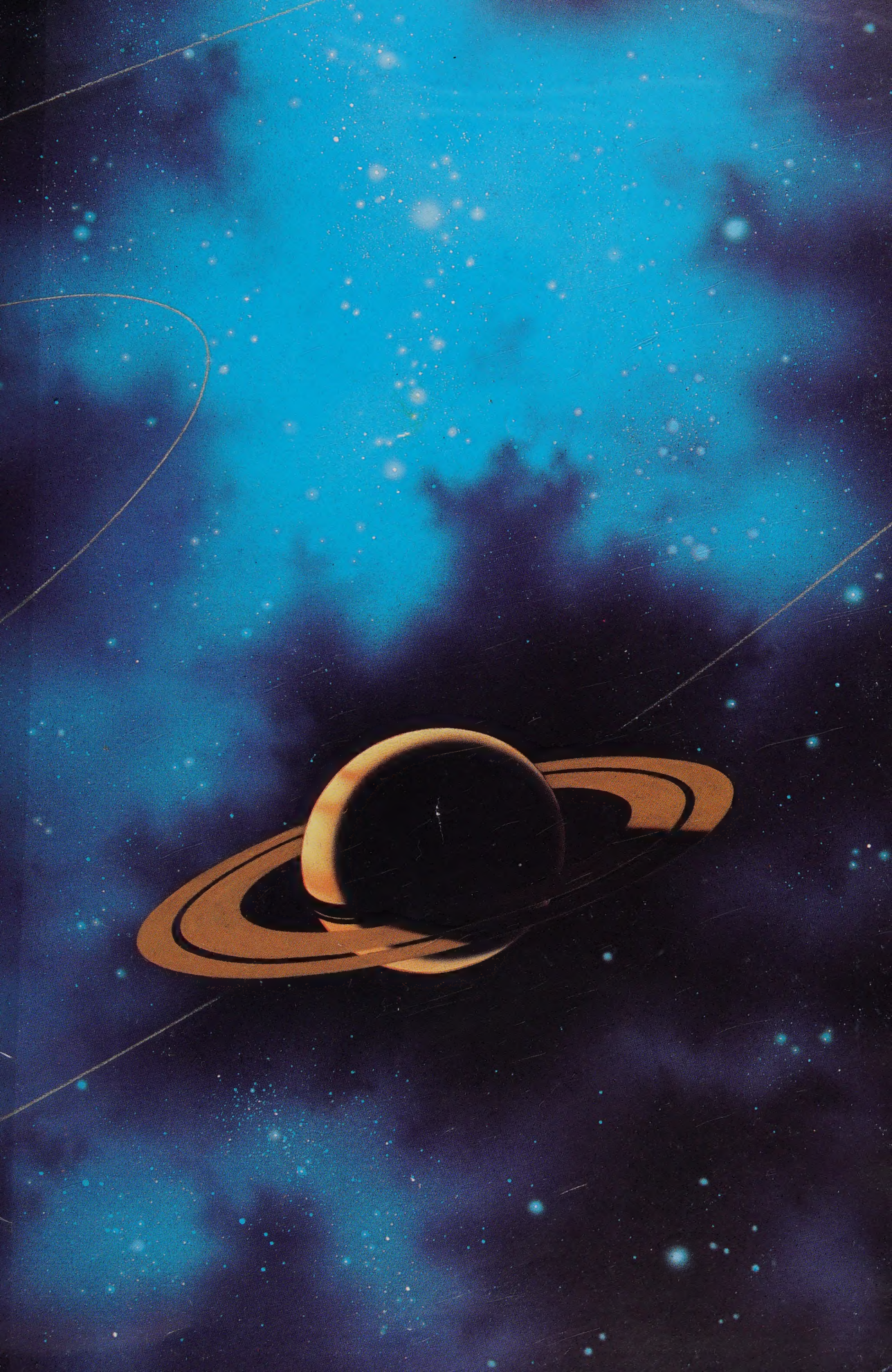
Le Jardin Bienville



00006651

ENCYCLOPÉDIE FLEURUS





Sommaire

Les taches du Soleil	6
Mercure et Vénus, les planètes de feu	8
Mars la rouge	10
La ceinture des astéroïdes	12
Les gravats du système solaire	14
Jupiter et Saturne, les monstres géants	16
Les terres de glace	18
La Lune, notre compagne	20
Les éclipses	22
Les comètes, boules de neige du cosmos	24
Balade à travers les constellations	26
-Le destin des étoiles	28
La Voie lactée	30
-Merveilleuses nébuleuses	32
Des galaxies par milliards	34
Aux confins de l'Univers : les quasars	36
-Les observatoires, lieux magiques	38
Lunettes et radiotélescopes : fenêtres sur ciel	40
Le ciel invisible	42

© Éditions Fleurus 1994
Dépôt légal septembre 1994
ISBN : 2.215.01869-0

Photographie p. 45 : © Keystone

Imprimé en Italie par
G. Canale & C. S.p.A. - Borgaro T.se - TURIN

PIERRE KOHLER

Le ciel et l'espace

*Illustrations :
Jean-François Pénichoux*

Direction artistique : Jean-François Pénichoux

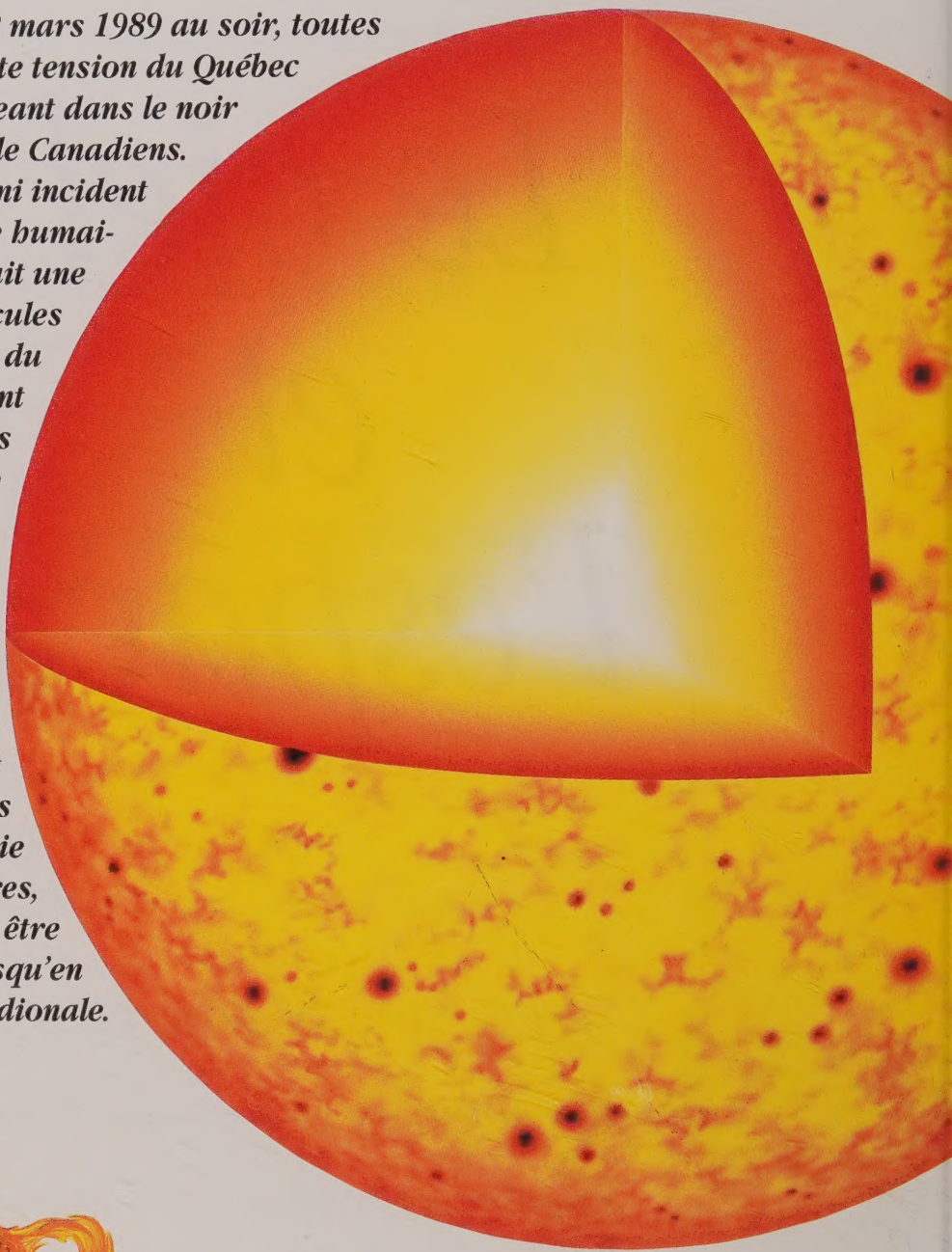
Réalisation graphique : Yves Taniou

ENCYCLOPÉDIE FLEURUS
Éditions Fleurus, 11 rue Duguay-Trouin, 75006 Paris

Les taches du Soleil

Le 12 mars 1989 au soir, toutes les lignes à haute tension du Québec disjonctent, plongeant dans le noir six millions de Canadiens.

A l'origine : ni incident technique ni faute humaine. Le coupable était une pluie de particules électrisées venues du Soleil, qui se sont emmêlées dans les filets du champ magnétique terrestre pour converger vers les régions polaires. La nuit suivante, le ciel de l'hémisphère nord s'est embrasé des lueurs féériques d'une série d'aurores polaires, qui ont pu être observées jusqu'en Europe méridionale.



Protubérance solaire géante.

UN ASTRE AGITÉ

Le Soleil n'est donc pas l'astre calme que l'on pourrait imaginer. Il traverse de véritables "crises" au cours desquelles se produisent des éruptions qui peuvent libérer, en quelques minutes, autant d'énergie qu'une centaine de milliards de bombes nucléaires...

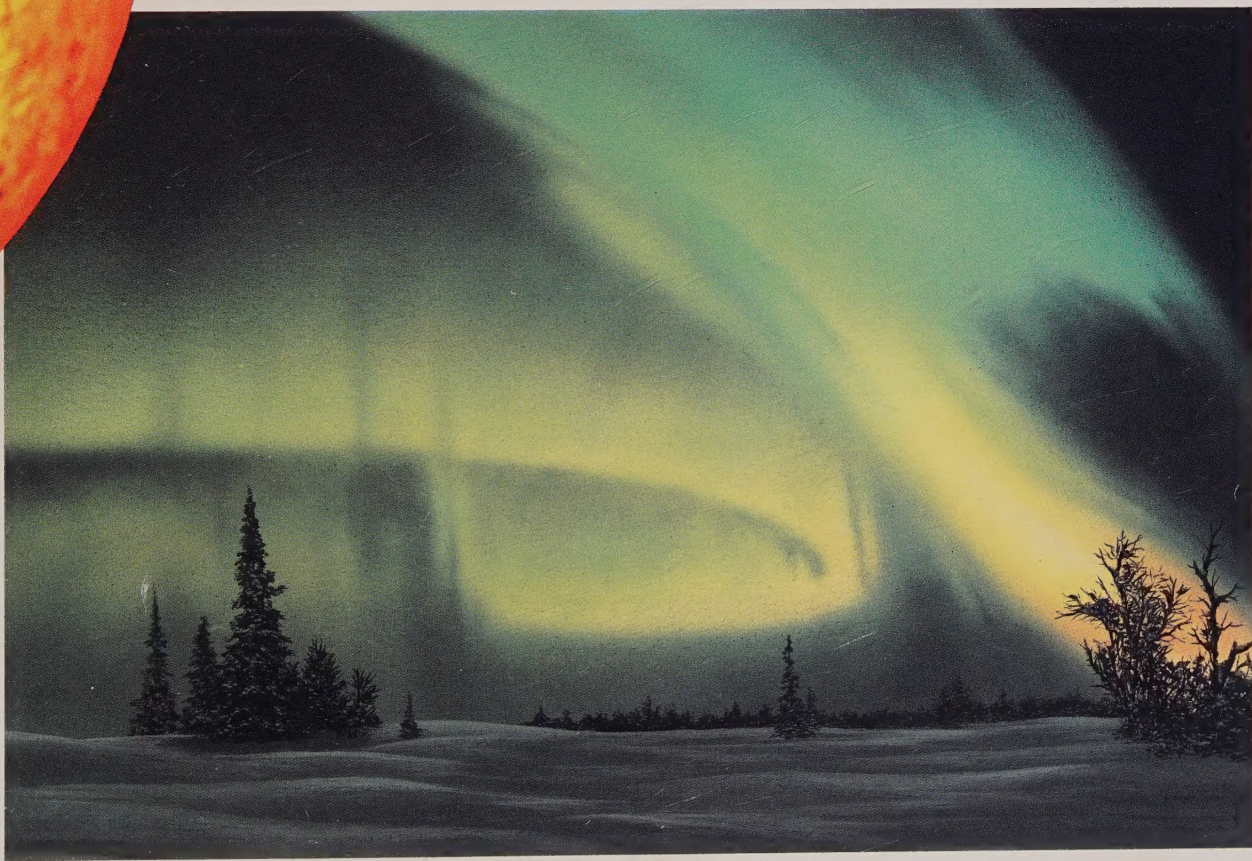
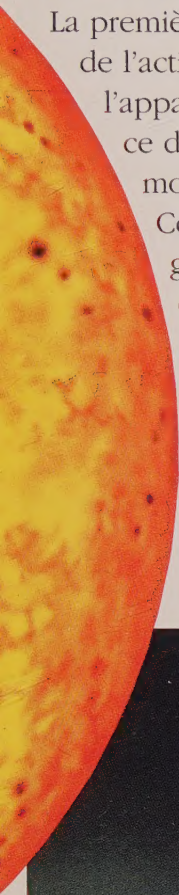
La première manifestation de l'activité solaire est l'apparition à sa surface de taches plus ou moins nombreuses. Certaines sont si grandes qu'elles engloutiraient largement la Terre entière ! De ces taches partent aussi des "protubérances", qui sont des conden-

sations de gaz chaud. Ces "flammes" bondissent parfois jusqu'à 500 000 km, avant de retomber en dessinant de splendides arabesques. Les plus actives peuvent jaillir à 4 millions de km/h, et ne subsistent que quelques heures.

DES MILLIONS DE DEGRÉS

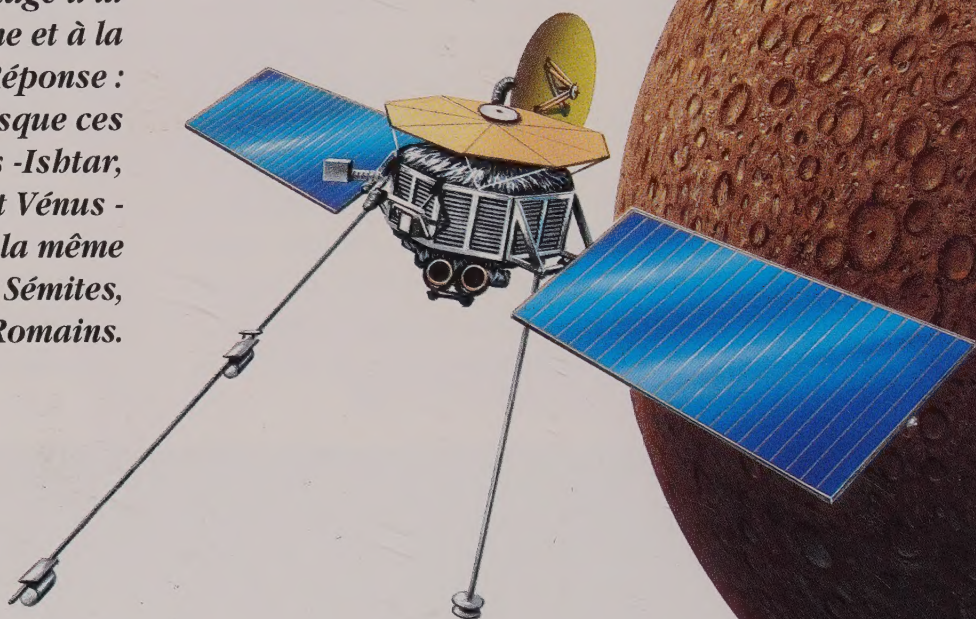
Le Soleil, qui est 750 fois plus "lourd" que toutes les planètes réunies, domine largement le système solaire. S'il était creux, on pourrait y loger 1 300 000 fois notre planète ! L'énergie qu'il rayonne est absolument colossale. Il s'agit surtout de lumière et de chaleur, mais son rayonnement se compose aussi d'ondes radio, d'ultraviolets et de rayons X.

Pratiquement toute cette énergie est créée dans le noyau, où la température atteint 15 millions de degrés. Le disque très lumineux au contour bien net que l'on voit dans le ciel bleu correspond à la photosphère, d'où est émis l'essentiel du rayonnement de l'astre. Dans la couche supérieure (la couronne) la température s'élève jusqu'à 2 millions de degrés. C'est de là que part le "vent solaire", qui transporte les particules électrisées provoquant sur Terre les orages magnétiques qui affolent les boussoles, brouillent les communications radio, et allument dans la haute atmosphère les féériques draperies des aurores polaires.



Mercure et Vénus, les planètes de feu

Question : sur quelle planète Goya, le peintre, Beethoven, le compositeur et Zola, l'écrivain, se trouvent-ils réunis ? **Réponse :** sur Mercure. Leurs noms ont en effet été donnés à quelques-uns des cratères qui criblent la surface de ce petit astre. Autre question : sur quelle planète trouve-t-on deux continents (Ishtar et Aphrodite) qui rendent hommage à la beauté féminine et à la fécondité ? **Réponse :** sur Vénus, puisque ces trois noms -Ishtar, Aphrodite et Vénus- désignent la même déesse, chez les Sémites, les Grecs et les Romains.



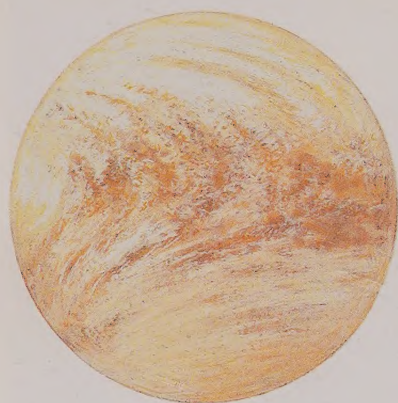
Mercure, la planète la plus proche du Soleil, ressemble beaucoup à la Lune, avec des cratères et des "mers". La plus importante excavation, *Mare Caloris*, est un bassin de 1 300 km de diamètre au fond strié de failles. Il a été créé il y a fort longtemps par l'impact d'un astéroïde qui devait avoir une centaine de kilomètres de diamètre. La température, côté jour, peut atteindre + 430 °C, mais côté nuit elle tombe à - 180 °C. Cet écart

Mercure, criblée de cratères, sous le regard de Mariner X.

important vient du fait que Mercure n'est entourée d'aucune atmosphère.

UN BATHYSCAPHE POUR VÉNUS

Vénus, par sa taille et sa structure interne, ressemble beaucoup à la Terre. Mais la similitude s'arrête là, car à la différence du nôtre ce monde est invivable : la tempéra-



A la vitesse d'un ouragan, des nuages d'acide sulfurique encerclent Vénus.

ture moyenne en surface s'élève à + 465 °C, et le gaz carbonique constitue 96 % de l'air vénusien. Sans parler de la pression (92 atmosphères au sol) qui équivaut à ce que l'on trouve dans nos océans par un kilomètre de profondeur... Si l'on doit se poser un jour sur cette planète, ce sera en bathyscaphe ! A la surface de Vénus la luminosité du ciel est très faible, à peu près l'équivalent d'un soir d'orage sur Terre.

L'activité volcanique y est si intense qu'elle libère d'importantes quantités de soufre, lequel se combine en altitude pour former de l'acide sulfurique. Les nuages de Vénus donnent donc des pluies acides qui, étant donné la forte température, s'évaporent avant même d'avoir atteint le sol ! Il n'existe aucune éclaircie dans ce voile nuageux qui n'est finalement qu'un épais brouillard très élevé.

DES CONTINENTS SANS OcéANS

Vénus possède deux hauts plateaux, qui seraient des continents s'il y avait de l'eau à sa surface. Le plus petit, "*Aphrodite Terra*", s'étend au sud de l'équateur. L'autre, "*Ishtar Terra*", est placé très haut dans l'hémisphère nord. Sur sa bordure sud se dresse un important massif montagneux, qui possède le point le plus élevé de Vénus, le Mont Maxwell (11 000 m d'altitu-

de). Les autres zones montagneuses sont des massifs volcaniques, et les deux tiers de la surface vénusienne ne sont ainsi qu'une immense plaine désertique, jonchée de cailloux.

Vénus tourne autour du Soleil en 224 jours terrestres, mais elle effectue un tour

sur elle-même (à l'envers !) en 243 jours terrestres. La combinaison de ces deux périodes fait que du lever au coucher il s'écoule 58 jours. Une journée vénusienne dure ainsi 117 jours, environ 4 mois, et il n'y a donc même pas deux jours solaires dans l'année !



Mars la rouge

*Ce 30 octobre 1938
était aux États-Unis une
journée ordinaire. Comme
chaque dimanche soir, un
jeune producteur de
23 ans proposait sur la
chaine CBS son émission
de radio, qui débuta par
la retransmission d'une
soirée dansante. Soudain,
la musique s'interrompit,
et une voix tremblante
annonça au micro que les
Martiens venaient de
débarquer... Des milliers
de New Yorkais commen-
cèrent alors à fuir. Il ne
s'agissait pourtant que
d'une fiction, adaptée du
roman "La Guerre des
mondes" de H.G. Wells,
racontée par son presque
homonyme Orson Welles.
Mais le réalisme était
tel qu'un million
d'Américains crurent
bel et bien à une invasion
des Martiens...*



Ce qui a le plus étonné, lorsque les sondes spatiales nous ont révélé le véritable visage de Mars, c'est la présence d'énormes volcans. Le plus important, "*Nix Olympica*", mesure près de 600 km de diamètre, et recouvrirait donc totalement un pays comme l'Espagne. Son sommet culmine à environ 27 000 m au-dessus des régions avoisinantes, trois fois l'altitude de l'Everest. L'hémisphère sud est, quant à lui, parsemé de cratères d'impact, plus plats que ceux de la Lune, du fait

d'une érosion assez active. L'érosion éolienne joue en effet un grand rôle à la surface de Mars, où l'on découvre de nombreux champs de dunes. Le plus important remplit un bassin de 60 km sur 30, et il y a aussi sur Mars une immense cuvette naturelle de 2000 km de diamètre, profonde de près de 4000 m, dans laquelle tourbillonnent en permanence des cyclones de sable ferrugineux. Autre formation étonnante : le grand canyon "*Valles Marineris*", qui court au sud de



l'équateur. Ses dimensions dépassent de loin celles du célèbre canyon du Colorado, puisque cette immense "cicatrice" de 4 000 km de long déchire l'écorce martienne sur près du quart de sa circonférence !

IL Y A EU DE L'EAU SUR MARS

On trouve aussi sur Mars des rivières fossiles, qui indiquent que la planète rouge a connu dans le passé des époques où la pression atmosphérique était suffisante pour que de l'eau

liquide puisse couler à sa surface. Mars n'a cependant sans doute jamais eu d'océans. Les régions polaires sont recouvertes d'un dépôt blanchâtre de givre carbonique qui s'étend et rétrécit au rythme des saisons.

A l'emplacement même du pôle subsiste en permanence un noyau de glace d'environ 100 km de diamètre. Comme celle de Vénus, l'atmosphère martienne est à 95 % composée de gaz carbonique. En revanche, elle est très ténue, la pres-

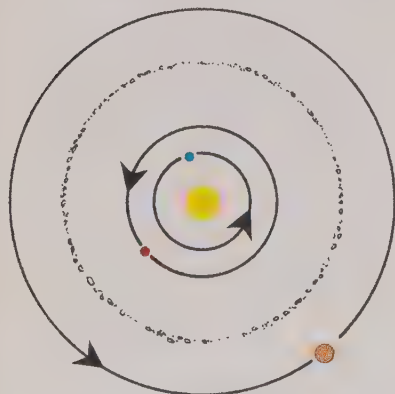
sion au sol ne dépassant pas 1 % de celle qui règne sur Terre. Mars n'en connaît pas moins des tempêtes durant lesquelles les vents peuvent souffler à 200 km/h en soulevant des nuages de poussière ocre capables de s'élever jusqu'à 50 km d'altitude et de s'étaler au point d'obscurcir toute la surface de la planète ! Mars est un monde glacé, car si l'on atteint tout juste + 10 °C à l'équateur à midi, en été, le thermomètre peut tomber à - 125 °C dans les régions polaires australes !

La ceinture des astéroïdes

Le 30 juin 1908, les paysans du petit village de Vanavara dans la vallée de la Tougouska, en Sibérie centrale, virent soudain un deuxième soleil apparaître dans le ciel. Trois minutes plus tard, une onde de choc d'une puissance fantastique souleva de terre les nomades qui campaient hors du village ! On oublia cet extraordinaire cataclysme. C'est seulement dix-neuf ans plus tard qu'un scientifique, Léonid Kulik, se rendit sur place pour étudier les conséquences de ce phénomène mystérieux. Lorsque l'expédition atteignit le point de chute, au terme d'un voyage épuisant, elle découvrit que la taïga avait été dévastée sur un rayon de 60 km, les arbres calcinés étant couchés comme des allumettes. Mais il n'y avait pas le moindre cratère ! On a calculé que l'explosion a dégagé mille fois l'énergie d'une petite bombe atomique ! Le corps céleste s'est donc volatilisé dans l'atmosphère avant d'atteindre le sol, et il est probable qu'il s'agissait d'un petit astéroïde de 60 mètres de diamètre, pesant environ 100 000 tonnes.



L'astéroïde Gaspra, découvert récemment.



Entre Mars et Jupiter, la ceinture d'astéroïdes.

D'innombrables débris circulent dans le système solaire, tout particulièrement entre les orbites de Mars et de Jupiter. Ils forment un immense anneau que les astronomes appellent la ceinture d'astéroïdes. Quelques fragments indisciplinés en sortent toutefois

pour pénétrer à l'intérieur de l'orbite de Mercure ou, au contraire, s'éloignent au-delà de Jupiter. Certains se déplacent ainsi sur des orbites allongées qui recourent celle de la Terre, et l'on sait qu'ils s'écraseront un jour ou l'autre à la surface d'une planète. On estime



Spectacle de désolation en Sibérie après l'explosion d'un petit astéroïde.

que 1 500 astéroïdes de ce type ont percuté la Terre depuis 600 millions d'années. Aucune chute vraiment importante ne s'est produite de mémoire d'homme, mais certains astéroïdes peuvent passer très près, comme en mars 1989, où un corps nous a frôlés à la moitié de la dis-

tance de la Lune... C'est d'ailleurs le bombardement d'astéroïdes qui a criblé de cratères la surface de la Lune et de Mercure, qu'aucune atmosphère ne protège. Cérès, le plus gros des astéroïdes, est à lui seul presque aussi volumineux que tous les autres réunis !

Une trentaine seulement ont un diamètre supérieur à 100 km, mais au total plus de 5 000 corps sont actuellement répertoriés. Les plus gros astéroïdes sont quasiment sphériques, tandis que les plus petits sont allongés, souvent en forme de cacahuète.

Les gravats du système solaire

*Le spectacle est gratuit
et il n'est pas nécessaire
de réserver sa place.*

*Le lieu : partout, à
condition de choisir un
endroit dégagé, loin des
lumières parasites.*

*La date : dans la nuit
du 11 au 12 août. C'est la
nuit des "Perséides",
ainsi baptisée parce
que ces étoiles filantes
semblent jaillir de la
constellation de Persée.*

*Dès la nuit tombée
plantez-vous les yeux
dans les étoiles, et vous
n'aurez pas à attendre
longtemps avant de voir
le firmament se zébrer
de fugitifs traits de feu.*

*Quarante millions d'années
d'érosion n'ont pas encore effacé
la cicatrice du Meteor Crater,
dans l'Arizona.*



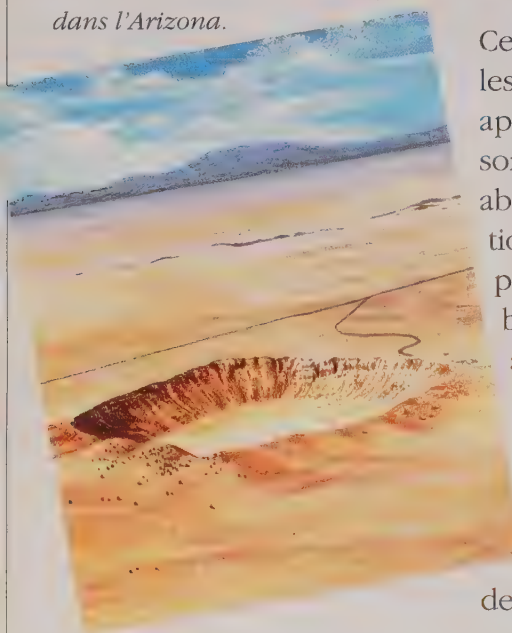
Ces "étoiles filantes", que les astronomes préfèrent appeler des météorites, ne sont pas des étoiles qui abandonnent leur constellation. Il s'agit en réalité de petits débris que la Terre balaie dans sa course autour du Soleil.

En pénétrant à grande vitesse dans l'atmosphère - à plus de 100 000 km/h ! - ces fragments de roches, qui errent depuis près de 5 milliards

d'années entre les planètes, s'échauffent brutalement et deviennent incandescentes.

GRAINS DE SABLE CÉLESTES

La plupart des étoiles filantes visibles à l'œil nu, déchirant de leur trait de lumière le fond de ciel étoilé, sont de la taille d'un grain de sable. Celles, plus rares, dont l'éclat arrache un cri de stupéfaction, n'ont que la taille d'un gravillon... Elles s'allument vers 110 km



d'altitude pour s'éteindre vers 70 km, et se consomment presque toujours complètement. Seules leurs cendres

l'orbite d'une comète baptisée "*Swift-Tuttle*", aujourd'hui disparue. Les restes de cet astre moribond se sont

Celle du 18 novembre 1966, vue aux États-Unis, ou celle du 9 octobre 1933 en France, ont été particulièrement



arrivent au sol, après avoir dérivé pendant des mois au gré des vents.

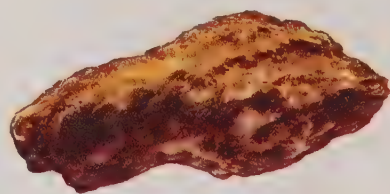
Environ dix tonnes de matière cosmique saupoudrent chaque jour la surface de la Terre.

Des étoiles filantes, on en voit toutes les nuits, à condition d'être patient, mais il y a dans l'année des périodes plus propices que d'autres. C'est justement le cas au mois d'août, la Terre recoupant entre le 9 et le 16

étalés tout au long de son orbite, et chaque année à date fixe, la Terre intercepte une partie des cailloux que ce petit poucet cosmique a semé entre les planètes. Il y a d'autres traversées d'essaims de météorites, toutefois moins fournis, comme celui des "*Geminides*" à la mi-décembre, et celui des "*Bootides*" début janvier.

Parfois, on assiste même à de véritables averses.

spectaculaires. Pendant toute la nuit les étoiles ont paru se décrocher du ciel... Il s'agissait de débris dispersés par la comète "*Giacobini-Zinner*".



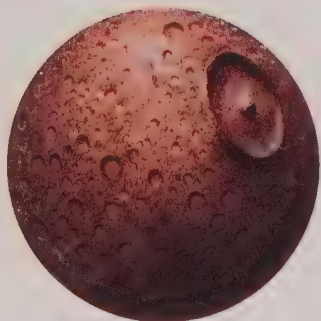
Petite météorite de type ferreux.

Jupiter et Saturne, les monstres géants

*Toutes les planètes
ne sont pas, comme
la Terre, des corps
solides.*

*Jupiter et Saturne,
les deux plus grosses
planètes du système
solaire, ne sont ainsi que
de gigantesques boules de
gaz, dont la composition
est plutôt celle du Soleil.
Ce sont en quelque sorte
des soleils ratés ! En effet,
elles ne contiennent pas
assez d'hydrogène pour
que la pression et la tem-
pérature aient pu
atteindre le seuil critique
capable de déclencher des
réactions nucléaires.*

*Le système solaire
a donc failli posséder
deux étoiles de plus...*



*Mimas, marqué à vie
par un impact d'astéroïde.*



Jupiter, de loin la plus massive des planètes du système solaire, présente un disque strié de bandes nuageuses parallèles, claires et sombres, qui font un tour en moins de 10 heures. Dans cette atmosphère il existe un phénomène étonnant qui a longtemps intrigué les astronomes : il s'agit d'une grande tache rouge incrustée dans l'hémisphère sud par une latitude correspondant à celle de l'Australie sur Terre. Ses dimensions sont considérables : 44 000 km de long

sur 13 000 km de large. On pourrait aligner trois fois la Terre devant ce gigantesque tourbillon atmosphérique, qui tourne sur lui-même en 6 jours.

Les planètes géantes, puisqu'elles sont gazeuses, ne possèdent pas de relief. Au centre de Jupiter il existerait toutefois un petit noyau représentant l'amorce d'une planète solide. Une sphère d'hydrogène métallique entoure ce noyau, et au-dessus l'hydrogène se trouve à l'état liquide, formant un



océan de 24 000 km de profondeur surmonté d'une atmosphère d'environ 1000 km d'épaisseur. Au sommet de celle-ci évoluent les nuages d'ammoniac et de méthane qui délimitent sa surface visible.

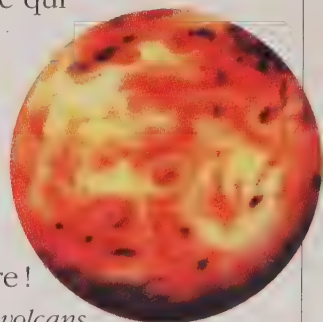
CAILLOUX GIVRÉS

Saturne, dont le globe ressemble beaucoup à celui de Jupiter - bien qu'il soit deux fois moins volumineux - est certainement la planète que l'on observe avec le plus de plaisir dans un télescope.

Son célèbre anneau a longtemps été considéré comme une formation exceptionnelle, mais on en a également découvert ces dernières années autour des trois autres planètes géantes. Ceux de Saturne sont toutefois les plus larges. Il y en a quatre principaux, concentriques, qui se subdivisent en un bon millier de fins annelets, constitués de cailloux givrés qui orbitent autour de la planète comme autant de minuscules satellites. L'ensemble s'étale sur

300 000 km de diamètre, mais n'a pas plus de 150 mètres d'épaisseur ! A la même échelle, un disque compact laser aurait seulement 60 millièmes de millimètre d'épaisseur ! Autre sujet d'étonnement : la densité moyenne de cette planète est inférieure à 1 - cas unique dans le système solaire - ce qui veut dire qu'elle flotterait si on lui trouvait un océan à sa mesure !

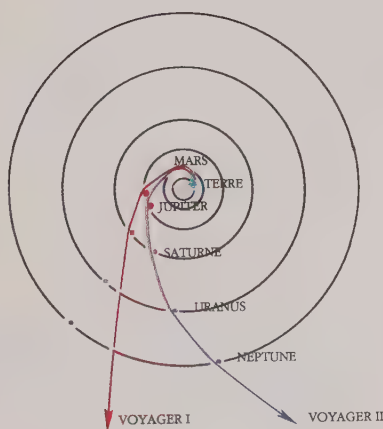
Io et ses volcans.



Les terres de glace

Dans la nuit du 24 au 25 août 1989, sur les hauteurs de Los Angeles, plus de 500 ingénieurs et personnalités vivent un moment historique. Dans la salle de contrôle du Centre planétaire de la NASA, plongée dans le noir, on peut voir s'afficher sur les écrans de télévision d'étonnantes images recueillies à 4 milliards de km de là par la sonde spatiale "Voyager 2". Peu à peu se dessine un croissant d'un bleu verdâtre : le globe de la planète Neptune.

C'est la dernière étape d'une odyssée interplanétaire de douze années, pendant lesquelles cet envoyé spécial des hommes révéla des mondes jusque-là inexplorés : Jupiter et ses innombrables lunes en 1979, Saturne et ses incroyables anneaux en 1981, l'énorme sphère glacée d'Uranus en 1986, et enfin Neptune.



Après douze années de périple à travers les planètes, les sondes Voyager ont quitté le système solaire.

GEYSERS DE GLACE

Si l'atmosphère d'Uranus est d'un bleu uniforme, seulement marqué par deux colliers de nuages plus sombres encerclant les régions polaires, celle de Neptune est en revanche plus animée, avec des courants qui circulent à la vitesse record de 2400 km/h ! Il existe en outre, dans l'hémisphère sud de ce globe bleuté, une immense trouée formant une tache ovale de 12 000 km de long,

comparable à la grande tache rouge de Jupiter. Comme cette dernière, elle correspond à une zone de hautes pressions dont le sommet émerge au-dessus des nuages. Uranus et Neptune possèdent un noyau de glace et de roches qui occupe 60 % du volume total. Tout autour doit s'étendre un manteau de glace puis une atmosphère de méthane. Neptune, dernière planète géante du système solaire,



est ainsi entourée de nuages de méthane congelés à -220°C . Elle possède un gros satellite, Triton, bien plus gros que notre propre Lune. Sur les clichés transmis par la sonde "Voyager 2" les astronomes découvrirent aussi des geysers de glace !

ANNEAUX

POUR PLANÈTES GÉANTES

Neuf anneaux très étroits entourent Uranus, le plus fin mesure seulement 600 m de large, alors que l'anneau extérieur dépasse 30 km. Contrairement aux anneaux de Saturne, ceux d'Uranus sont sombres, et les petits rochers qui les constituent ne sont donc pas recouverts de glace. Les cinq anneaux

de Neptune ne sont, quant à eux, que des arcs d'anneaux, cette planète n'ayant pas été dotée d'une quantité de poussières suffisante. Toute la matière solide qui les constitue ne formerait qu'un petit satellite de 5 km de diamètre. Pour Uranus, on aurait un astéroïde à peine plus gros, mais pour Saturne, en revanche, le satellite équivalent aurait environ 200 km de large. Les anneaux d'Uranus, les plus anciens, ont moins de 600 millions d'années, ce qui correspond au début de l'ère primaire sur Terre. Quant à ceux de Saturne ils n'existent que depuis 20 millions d'années, soit moins de 1 % de l'âge du système solaire.

Vu de Pluton, le Soleil n'est qu'une étoile seulement plus brillante que les autres.

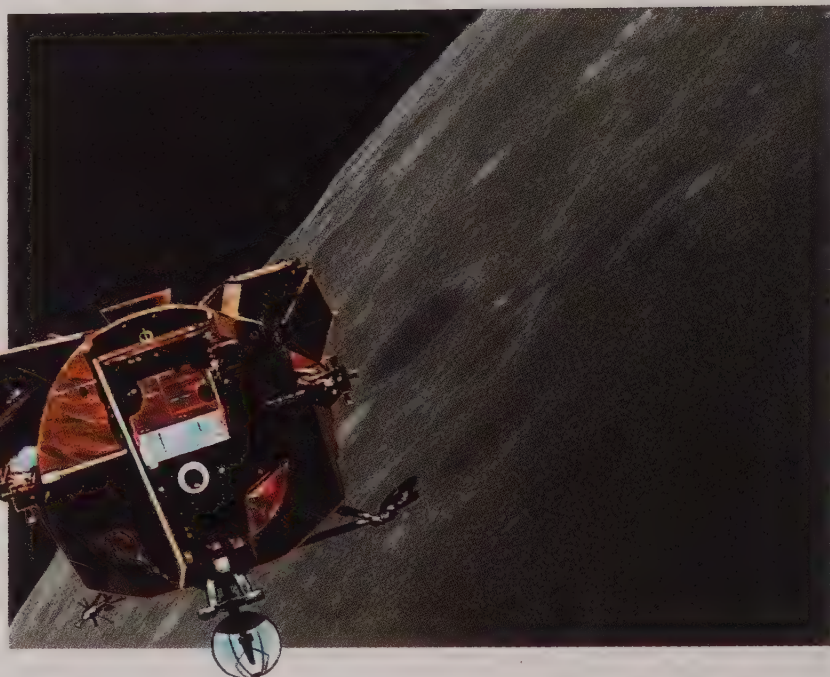
Cette petite planète, qui circule juste au-delà de l'orbite de Neptune, n'a pas été photographiée par «Voyager 2».

Des projets existent cependant pour expédier vers elle une sonde spatiale qui arriverait à destination vers l'an 2003.

Les clichés déjà détenus par le télescope spatial laissent penser que Pluton et sa lune Charon ressemblent beaucoup à Triton, le plus gros satellite de Neptune.

La Lune, notre compagne

Le 19 novembre 1971, pour la seconde fois, des hommes se posent sur la Lune. Pete Conrad, le commandant de cette mission Apollo 12, pose le module lunaire "Intrepid" exactement à l'endroit prévu. Par le hublot, les deux hommes aperçoivent alors, au bord d'un cratère, un curieux insecte métallique blanc bardé d'antennes : c'est "Surveyor III", l'un des robots qui ont défriché la voie des premières expéditions lunaires. Peu après, les deux astronautes franchissent les 200 m qui les séparent de la sonde spatiale, posée là depuis deux ans et demi. Pour la première fois des astronautes retrouvent sur un autre monde un objet fabriqué par l'homme.



La Lune s'est formée voici 4,6 milliards d'années, en même temps que la Terre et les autres planètes. Dès le début, elle a été fortement bombardée par les innombrables astéroïdes qui gravitaient autour d'elle, et il a fallu 700 millions d'années avant que soient balayés tous les blocs de grande dimension. Le dernier impact important, qui a créé le bassin de la "Mer des Pluies", s'est produit voici 3,9 milliards d'années. Puis, quelques centaines, de millions d'années plus tard, des laves en fusion ont rempli de leur pâte sombre les grands bassins creusés par les astéroïdes, et les mers lunaires ont alors pris l'aspect que nous leur connaissons aujourd'hui. Ces étendues sombres occu-

pent environ un tiers de la face visible de la Lune, mais sont en revanche pratiquement absentes de la face cachée, où la croûte est plus épaisse. Les "mers" lunaires, qui ne contiennent pas la moindre goutte d'eau, sont de vastes déserts de lave solidifiée parsemés de cailloux.

Le bombardement s'est poursuivi avec une moindre intensité, créant çà et là des cratères atteignant une centaine de kilomètres de diamètre. Les fragments rocheux éjectés par ces impacts se sont dispersés en surface, formant la couche de poussière qui recouvre l'astre. Rien que sur la face visible, on compte environ 200 000 cratères dépassant 1 km de diamètre. Clavius, l'un des plus grands, mesure



230 km de diamètre, le plus profond étant Newton (7 300 m).

DES BILLES DE VERRE DANS LA POUSSIÈRE

Le sol lunaire est recouvert d'une couche de poussière de quelques centimètres d'épaisseur, ce qui est suffisant pour que des empreintes y soient clairement visibles. Cette poussière, qui colle aux pieds comme du plâtre, est constituée de grains très fins, et renferme aussi de minuscules billes de verre colorées. Sous ce tapis de poussières s'étale une couche de roches brisées, la "régolithe", qui est en quelque sorte la "terre lunaire". Sous l'écorce, plus épaisse que celle de la Terre, s'étend le manteau, entourant un noyau partiellement fondu d'environ 1 200 km de diamètre.

C'est dans une mince zone surmontant ce noyau que se déclenchent les séismes lunaires. Car la Lune tremble ! Ces séismes sont toutefois à la limite de sensibilité pour l'homme, l'énergie totale qu'ils dégagent étant 300 milliards de fois plus faible que sur Terre.

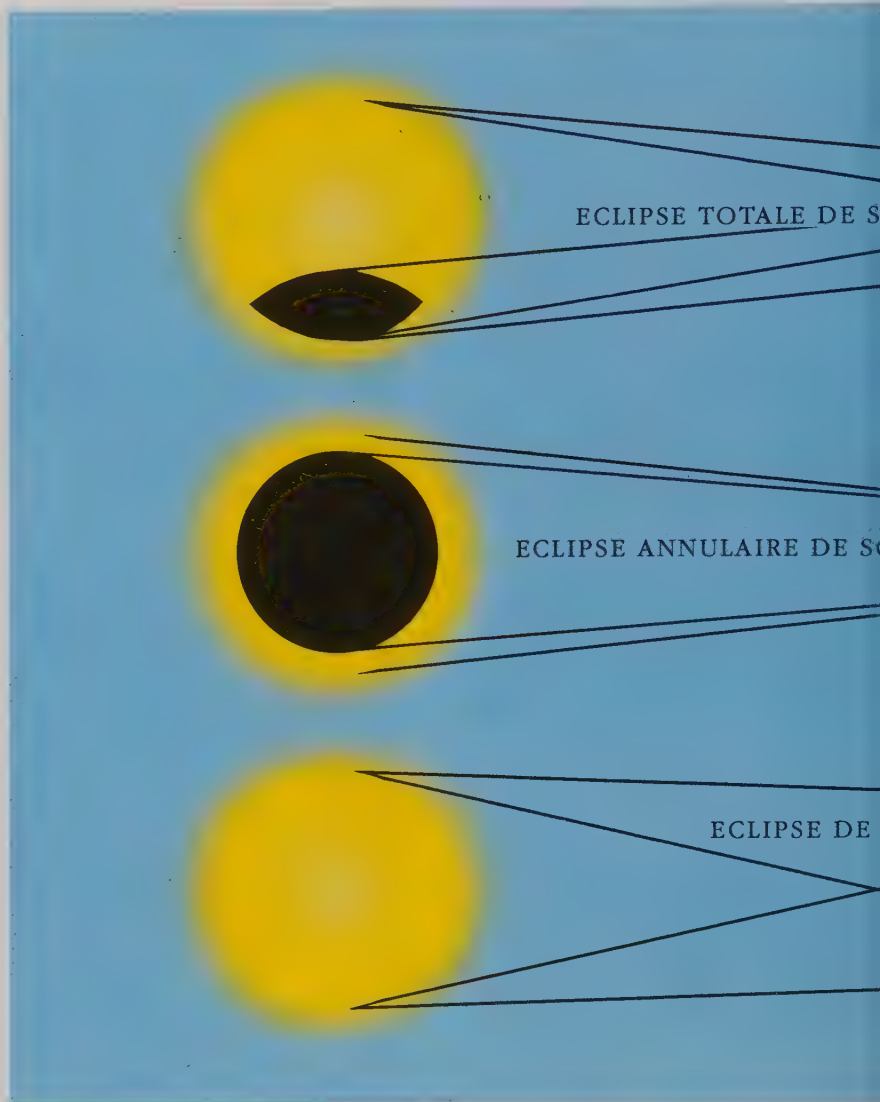
Quant aux montagnes lunaires, elles présentent des formes douces, usées, comme nos massifs anciens. Le plus haut sommet, le Mont Leibnitz, culmine cependant à 8 200 mètres, ce qui est pratiquement l'altitude de l'Everest.



Novembre 1971. Sur la Lune, rencontre de l'homme et du robot Surveyor.

Les éclipses

Le 29 février 1504, alors qu'il a quitté l'Espagne depuis six mois et séjourne aux Antilles pour la quatrième fois, Christophe Colomb découvre avec inquiétude que les vivres vont manquer. Ses caravelles sont ancrées dans le port de Santa Gloria (aujourd'hui Sainte-Anne), et l'équipage impatient attend de recevoir des Indiens la nourriture promise en échange de pacotille. Colomb, qui dispose d'éphémérides astronomiques, sait qu'une éclipse totale de Lune doit se produire ce soir-là. Il menace alors les Indiens de la colère de Dieu s'ils n'apportent pas les provisions promises. Peu après, la Lune apparaît, en effet, écornée par l'ombre de la Terre, et son éclat diminue au fil des minutes. Les autochtones, affolés, s'empresseront de livrer la nourriture...

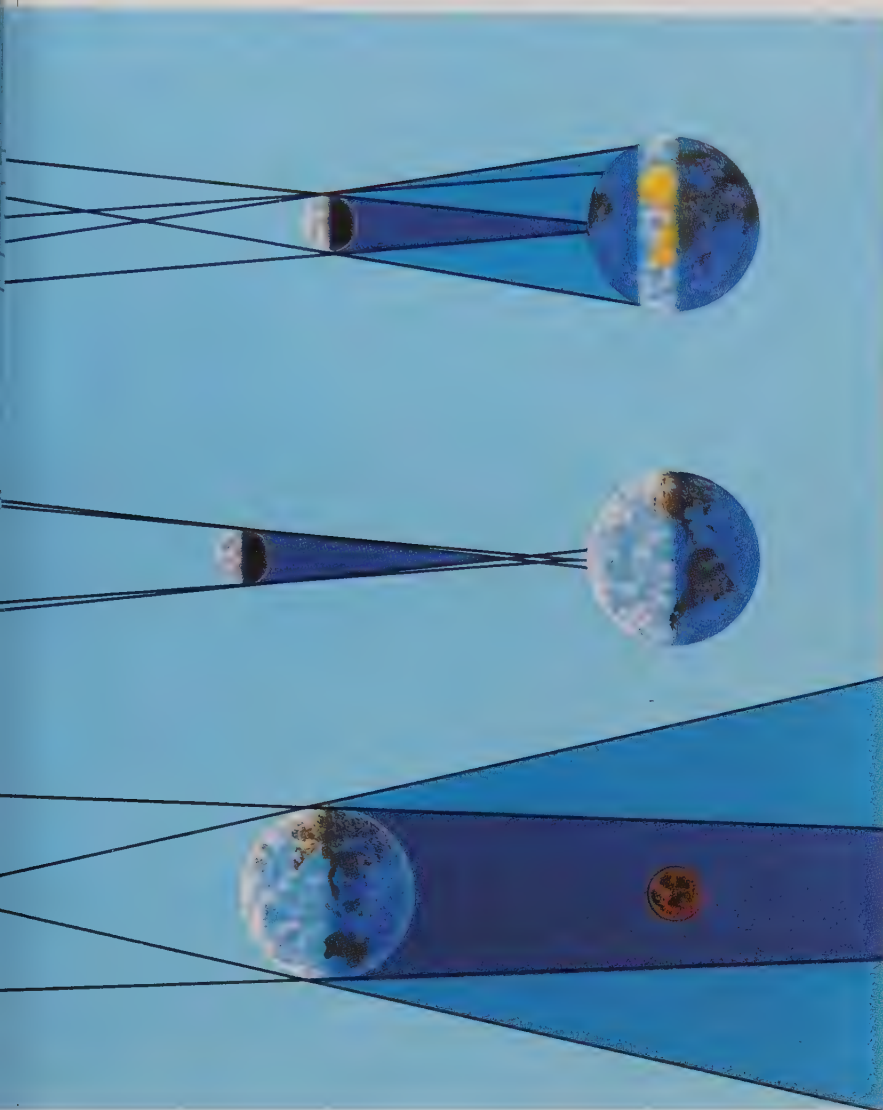


L'ombre de la Terre s'étend loin dans l'espace, jusqu'à 1,5 million de km. Comme la Lune ne s'éloigne pas à plus de 400 000 km, il arrive par conséquent qu'elle traverse cette ombre, et il y a alors éclipse de Lune. Théoriquement, lorsqu'il y a éclipse totale, la Lune devrait cesser d'être visible puisqu'elle ne reçoit plus les rayons du Soleil. En fait, elle brille

d'une faible lueur rougeâtre, car les rayons solaires qui traversent l'atmosphère s'incurvent pour éclairer le disque lunaire. L'intensité de cette lueur cuivrée varie suivant les conditions atmosphériques, et elle est particulièrement vive lorsque l'atmosphère terrestre est chargée de poussières en suspension, après une grande éruption volcanique.



Quand le Soleil a rendez-vous avec la Lune.



Selon les positions respectives du Soleil, de la Terre et de la Lune, se produisent différents types d'éclipses.

million de fois moins lumineuse que le fond de ciel bleu.

Depuis l'invention, par l'astronome français Bernard Lyot, du coronographe (une lunette spéciale qui permet de créer à tout moment des éclipses artificielles), et surtout depuis l'utilisation de satellites astronomiques, les éclipses totales de Soleil ont perdu de leur intérêt d'un point de vue purement scientifique. Elles ne sont plus aujourd'hui qu'un beau spectacle céleste.

Il se produit une éclipse totale de Soleil tous les 18 mois en moyenne, mais chacune n'est visible que d'une étroite bande de la surface terrestre. Pour un endroit donné, elles sont rarissimes. La dernière qui a pu être observée en France remonte au 15 février 1961, et la prochaine se produira le 31 juillet 1999, sur une ligne Cherbourg-Munich.

Sa durée n'excédera pas 2 minutes, mais certaines peuvent dépasser 7 minutes.

LA NUIT EN PLEIN JOUR

Les éclipses totales de Soleil sont, quant à elles, le résultat d'une extraordinaire coïncidence, unique dans le système solaire. Il se trouve en effet que la Lune est 400 fois moins large que le Soleil, mais cependant 400 fois plus proche. Les deux astres ont donc le même diamètre apparent sur le ciel, si bien que lorsque notre satel-

lite s'interpose devant le Soleil, il recouvre exactement son disque : c'est l'éclipse totale de Soleil, où la nuit tombe en plein jour. Il est alors possible d'observer l'atmosphère solaire (la "couronne"), invisible en temps normal car elle est un



Les comètes, boules de neige du cosmos

Les images projetées sur l'écran géant s'effilochèrent soudain en traînées de couleurs surréalistes, puis ce fut le noir.

A 100 millions de km de la Terre, un drame venait de se jouer. La sonde spatiale européenne "Giotto" avait été percutée par une poussière cosmique, en traversant à 200 000 km/h la chevelure de la comète de Halley. Ce 13 mars 1986, les personnalités conviées à assister au premier reportage en direct des abords d'une comète, au Centre de Darmstadt, en Allemagne, étaient réellement émues. Les astronomes le furent encore plus lorsqu'ils eurent décodé les images transmises par leur envoyé spécial. Sur le meilleur cliché, pris à 600 km de distance, on distingue une sorte de pomme de terre congelée recouverte de suie, et percée çà et là de cratères blancs d'où jaillissent des geysers de vapeur d'eau !



Les comètes ont longtemps effrayé les terriens.

Les comètes ont longtemps inspiré la terreur, mais on sait aujourd'hui que ce ne sont que de grosses boules de glace enrobées de poussières, qui ont seulement quelques dizaines de kilomètres de diamètre. Ce sont des résidus de la formation du système solaire, aujourd'hui "stockés" dans deux vastes anneaux situés au-delà des plus lointaines planètes. De temps à autre, quelques noyaux glacés quittent ce lointain parking céleste pour plonger vers le Soleil, et les Terriens assistent alors à l'apparition d'une nouvelle comète.

DES QUEUES DÉMESURÉES

A l'approche du Soleil, la surface du noyau commence à s'échauffer, libérant des poussières et du gaz qui vont former un halo, dont le diamètre peut dépasser le volume du Soleil... Puis cette "chevelure" se transforme en une double queue. L'une, fine, bleuâtre et rectiligne, est faite de gaz soufflés par le vent solaire ; l'autre, jaunâtre et courbe, est constituée de grains de poussière. Les queues cométaires ne sont donc pas permanentes, mais quand elles se déploient elles peuvent atteindre une longueur



Les trois sondes, de gauche à droite : Vega (russe), Giotto (européenne), Planet-A (japonaise).

considérable : 320 millions de km pour celle de 1843 ! Loin du Soleil, depouillée de sa chevelure et de ses queues, une comète se réduit donc à un bloc sombre de modestes dimensions par rapport à celles des planètes. Une sorte de pomme de terre rocheuse géante de 15 km sur 8 km, à la peau craquelée et noirâtre : voilà à quoi ressemble le noyau de la plus célèbre des comètes, celle de Halley, qui revient nous voir en moyenne tous les 76 ans. A sa surface on peut observer des cratères d'où jaillissent des geysers, à plus de

3 000 km/h ! Un noyau cométaire "pèse" des centaines de milliards de tonnes, mais cela ne représente toutefois même pas un milliardième de la masse de la Terre !

CURE D'AMAIGRISSEMENT

Étrange destin, donc, que celui d'un noyau cométaire. Pendant des siècles ou des millénaires, il voyage discrètement dans les profondeurs de l'espace, puis soudain, au voisinage du Soleil, et pour quelques mois seulement - durée dérisoire par rapport à sa période de révolution autour du Soleil - il déploie

une écharpe lumineuse. Mais ces passages près du Soleil constituent une sévère cure d'amaigrissement : lors de son dernier passage, la comète de Halley a éjecté au total 150 millions de tonnes de matière, ce qui représente une couche de 5 mètres d'épaisseur. A ce rythme elle peut espérer survivre pendant encore plus de 250 000 ans, mais il n'en reste pas moins qu'elle est condamnée. La durée de vie moyenne d'une comète ne dépasse pas le million d'années. C'est très peu à l'échelle des temps cosmiques.

Balade à travers les constellations

Une fois que le Soleil a disparu sous l'horizon, le ciel s'assombrit progressivement et les étoiles s'allument. Les plus brillantes d'abord, puis les plus faibles. Lorsqu'il fait tout à fait nuit, le ciel fourmille de points lumineux. Combien y en a-t-il ?

Des millions ? En fait, on n'en voit guère plus de 2 000 à l'œil nu.

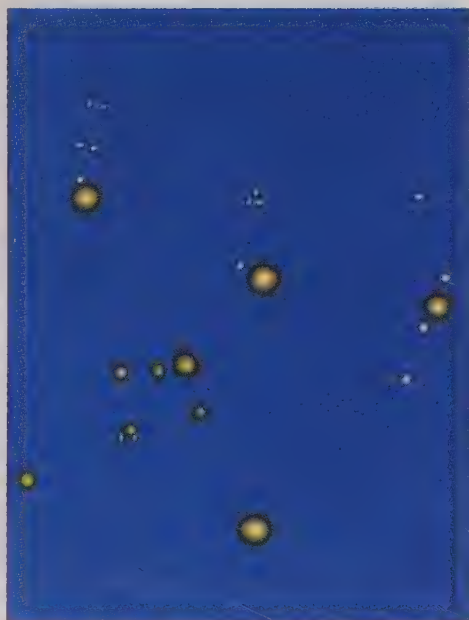
Regarder la voûte céleste criblée d'étoiles est déjà une source de plaisir, mais on l'apprécie encore plus quand on peut s'y retrouver parmi les constellations : la Grande Ourse, Orion,



Cassiopeée, le Lion... Celles-ci évoquent cependant rarement la silhouette de l'animal ou du personnage mythologique qu'elles sont censées représenter.

Il ne faut pas croire non plus que ces constellations - on en a officiellement délimité 88 - sont des ensembles d'étoiles qui existent réellement, car les étoiles qui les composent ne sont rapprochées que par un effet de perspective.

Orion, la Californie du ciel.



Sur l'illustration de la page 27, les noms soulignés sont ceux des étoiles, les autres sont ceux des constellations.

Il n'est pas possible, en tout cas, de voir tous les astres en même temps, car les constellations "glissent" sur le ciel, au cours de la nuit, et tout au long de l'année. Voici, pour une séance d'observation en soirée, les principales curiosités :

- **en été**, un simple coup d'œil permet de repérer facilement un grand triangle dont les sommets sont occupés par trois étoiles brillantes : Véga (constellation de la Lyre), Dénéb (du Cygne), et Altaïr (Aigle). On a coutume de l'appeler le "triangle de l'été". Véga, qui sera l'étoile polaire dans 12 000 ans, est la plus brillante de ce triangle.

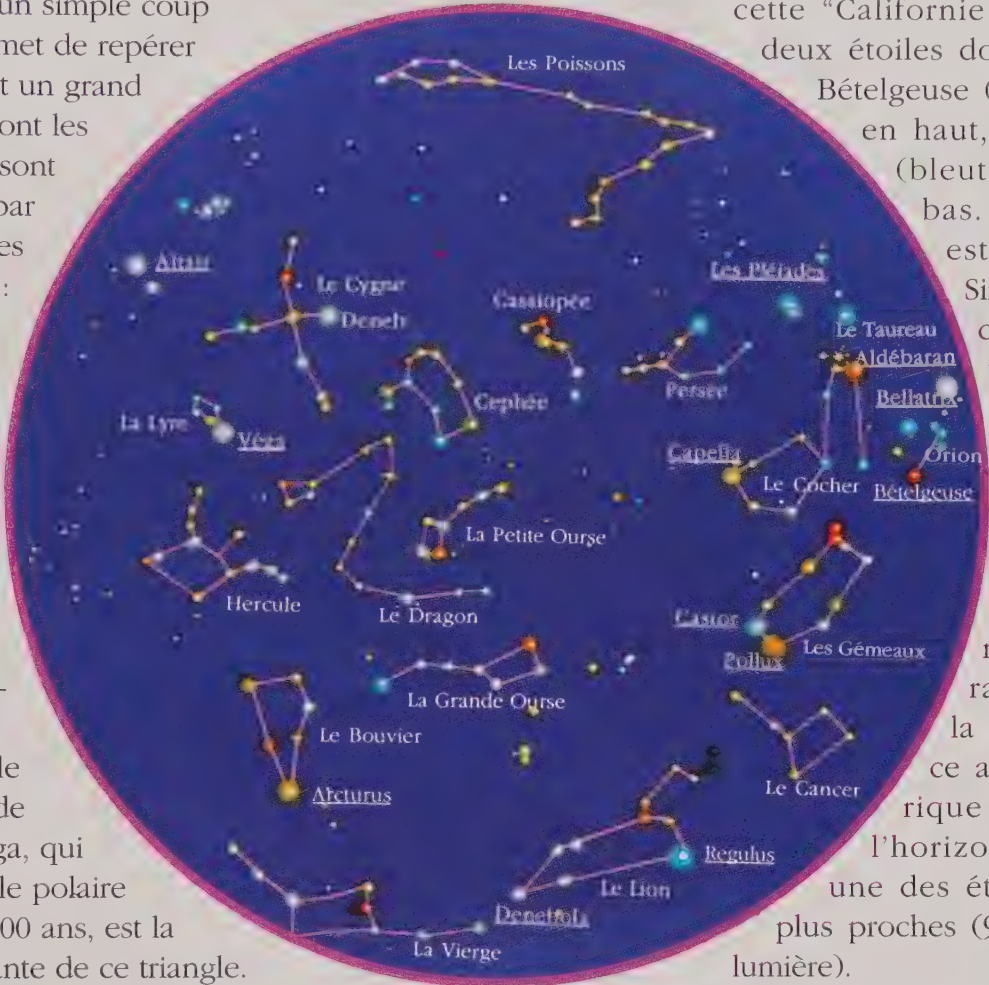
- **l'automne** est la saison idéale pour découvrir la Voie lactée, car elle traverse alors le ciel de part en part, en déployant sa grande arche au-dessus de nos têtes. C'est à la frontière des constellations du Scorpion et du Sagittaire que bat le cœur de notre Galaxie. Toute cette région fourmille de curiosités, amas d'étoiles et nébuleuses. Le Scorpion

est d'ailleurs l'une des plus belles constellations. Sa tête est matérialisée par Antarès, la plus rouge des étoiles du ciel.

- **l'hiver**, c'est le grand carré de Pégase qui s'impose, prolongé par une guirlande d'étoiles qui appartiennent à

c'est la plus proche des grandes galaxies. Pendant les fêtes de fin d'année le ciel est riche en étoiles brillantes. Plein Sud étincellent trois étoiles alignées au centre d'un grand quadrilatère : ce sont les "Rois" de la constellation d'Orion. Dans cette "Californie du ciel" deux étoiles dominent : Bételgeuse (orangée) en haut, et Rigel (bleutée) en bas. Au sud-est brille Sirius, de la constellation du Grand Chien, diamant céleste qui scintille fortement en raison de la turbulence atmosphérique près de l'horizon. C'est une des étoiles les plus proches (9 années-lumière).

- **au printemps**, la Grande Ourse trône très haut dans le ciel. Ses plus brillantes étoiles, au nombre de sept, dessinent le contour d'une casserole. Au milieu de la poignée de la casserole, l'étoile Mizar est accompagnée par Alcor, formant avec elle un beau couple céleste, qui constitue un excellent moyen de tester votre acuité visuelle.



La carte du ciel.

la constellation d'Andromède. La célèbre galaxie du même nom se trouve au-dessus d'une des étoiles de cette ligne, visible à l'œil nu comme une étoile floue. Et il est extraordinaire de penser que cette modeste tache de lumière renferme plus de 200 milliards de soleils ! A 2 millions d'années-lumière,

Le destin des étoiles

"- Les trous noirs vous intéressent, Docteur Durant ?

Ce dernier sourit :

"Qui ne serait fasciné par la plus grande force destructrice de l'Univers ? J'ai étudié les gouffres toute ma vie. Le plus étonnant, c'est que nous ne savons presque rien d'eux, bien qu'ils aient été découverts à la fin du XXe siècle. Mais comment pourrait-on étudier un phénomène qui avale vos instruments de recherche dès qu'ils s'en approchent suffisamment pour vous apprendre quelque chose ?

- Ils sont comme un long et noir tunnel qui ne conduit nulle part, dit Kate d'un ton détaché.

- Ou quelque part... ajouta Reinhardt."

Film "Le trou noir".

WALT DISNEY



Parmi les étoiles notre Soleil est plutôt l'exception.

Quatre sur dix, en effet, vivent par couples. Il en existe aussi des triples, des quadruples, et l'on connaît même un système de sept étoiles tournant les unes autour des autres. Les dimensions des étoiles peuvent être très variables.

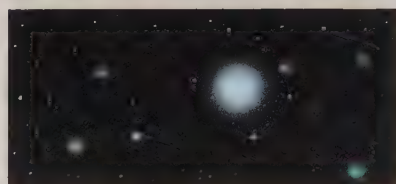
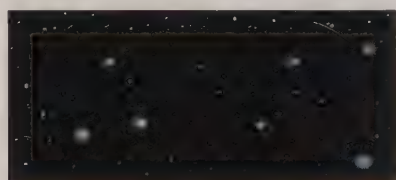
L'une des plus grosses, "Eta" de la Carène, a 60 milliards de km de diamètre. Elle est 20 milliards de fois plus volumineuse que le Soleil, et pourrait englober le système solaire jusqu'à Saturne !

A l'autre bout de l'échelle, la naine blanche qui accompagne Sirius, la plus brillante

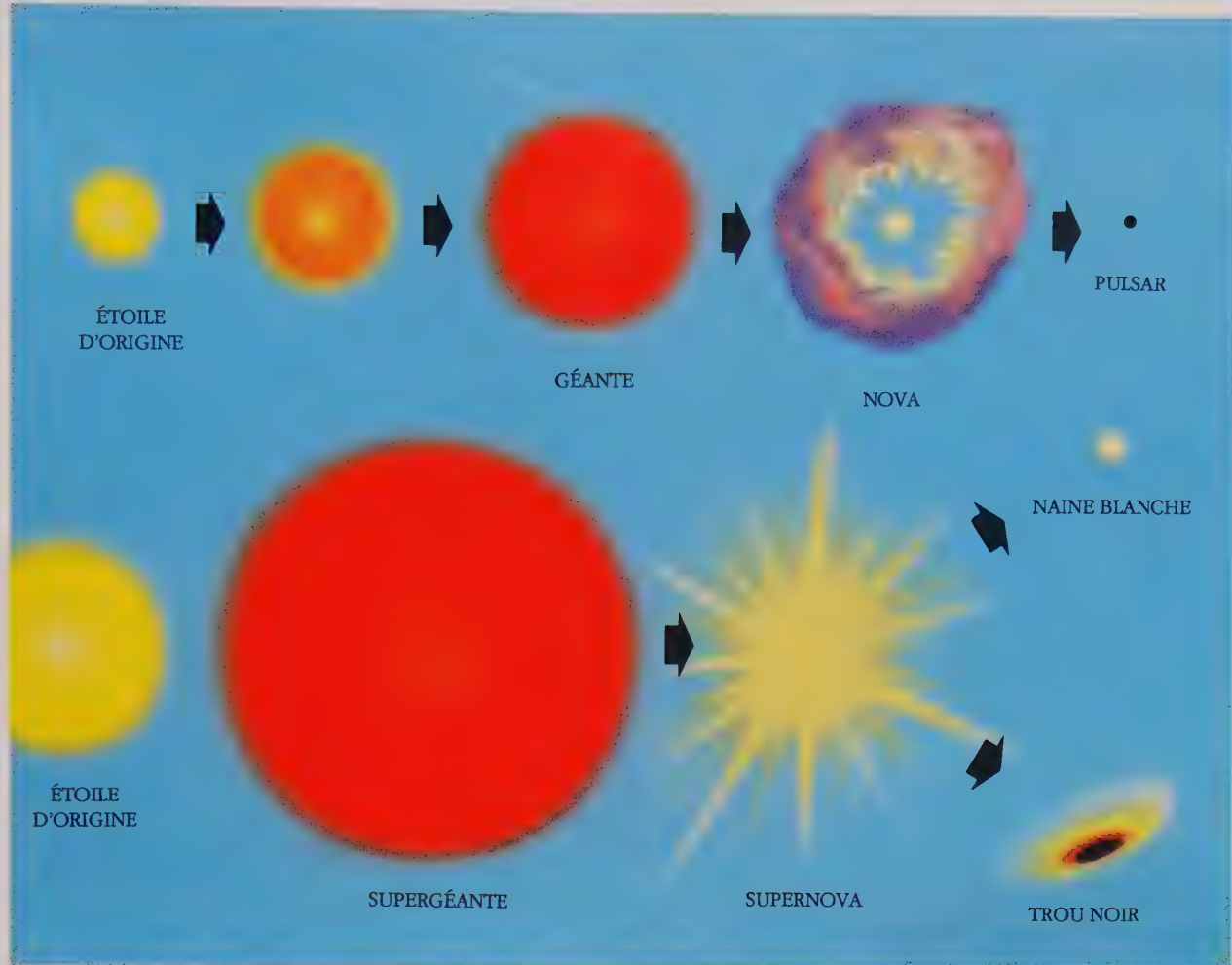
étoile du ciel, a tout juste la taille de la Terre. Le Soleil, 3 millions de fois plus volumineux, fait alors figure de géant.

LA VIE DES ÉTOILES

Ces différences d'aspect sont liées à des différences de température, les très chaudes (plus de 12 000 °C) sont bleues, tandis que les froides (moins de 4 000 °C) sont rouges. Notre Soleil, jaune, est une étoile plutôt "tiède" (5 800 °C). Pour qu'une étoile s'allume, il faut que son cœur s'échauffe jusqu'à 10 millions de degrés, afin que se déclenche la réaction de fusion nucléaire.



Dans le ciel étoilé, une supernova apparaît sans crier gare.



Sa durée de vie dépend de sa masse initiale : les naines ont une espérance de vie de plusieurs dizaines de milliards d'années, alors que les géantes vivent tout juste dix millions d'années.

Notre Soleil, dans la bonne moyenne, ne verra sa flamme vaciller que dans 6 milliards d'années. Pour une masse voisine de celle du Soleil, la vie d'une étoile s'étire paisiblement sur une dizaine de milliards d'années, jusqu'à sa transformation en "naine blanche", étoile compacte pas plus grosse que la Terre. Pour les étoiles plus massives, l'effondrement se poursuit et ne cesse que lorsque

l'étoile n'est plus qu'un bloc de fer. Mais, devenue instable, elle explose et brille alors un milliard de fois plus que le Soleil : c'est une supernova. Il reste de l'étoile un petit noyau dont la matière est si dense que si l'on pouvait en prélever une petite cuillère elle pèserait un million de tonnes !

Autre conséquence : ces astres tournent follement sur eux-mêmes, jusqu'à 1 500 rotations par seconde...

VAMPIRES COSMIQUES

Le pulsar ne constitue cependant pas un stade ultime dans l'évolution des étoiles. Les astrophysiciens pensent

en effet que pour les astres ayant plus de quatre fois la masse du Soleil, l'effondrement se poursuit indéfiniment. L'attraction devient finalement si forte que même la lumière ne peut s'en échapper !

Par ailleurs, cet astre étrange "crève" en quelque sorte l'enveloppe immatérielle de l'espace : c'est un trou dans l'Univers, noir de surcroît puisqu'il avale sa propre lumière...

Ces trous noirs, théoriquement possibles mais encore jamais observés, sont les astres les plus fantastiques que l'on puisse imaginer à l'heure actuelle.

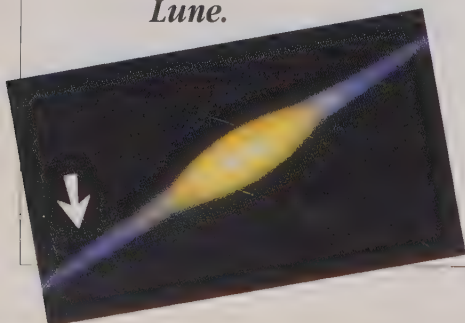
La Voie lactée

Par une belle nuit on peut voir une longue bande lumineuse se dérouler sur le ciel d'un horizon à l'autre : c'est la Voie lactée, qui représente le disque de notre propre galaxie vue de l'intérieur.

La plus belle partie, observable à la fin de l'été, s'étend de la constellation de Persée (sur l'horizon nord-est en soirée) à celle du Sagittaire (au sud-est). Au niveau du Cygne, elle s'intensifie et se divise en deux branches qui se dirigent vers le Sagittaire et le Scorpion. Par-delà l'horizon, elle poursuit son trajet dans le ciel austral à travers le Centaure, la Croix du Sud et la Carène avant de revenir, moins brillante, dans nos constellations d'hiver, frôlant alors Orion et le Taureau. Dans la région du Sagittaire, la plus riche, on peut photographier 25 000 étoiles sur une surface céleste de la taille du disque de la pleine Lune.



Notre galaxie : la position du Soleil est indiquée par la flèche.





L'amas d'étoiles des Pléiades, dans le Taureau.



Dans cette boule de lumière, 100 000 étoiles...

Notre galaxie, qui a la forme spiralée d'un soleil de feu d'artifice, possède trois branches distinctes.

Le Soleil, situé sur la face intérieure de l'une d'elles, est entraîné comme les autres étoiles dans une danse cosmique qui lui fait parcourir un tour complet en 225 millions d'années. Il a donc accompli 20 révolutions depuis la naissance de notre planète, et nous nous retrouvons actuellement à la même position qu'à l'ère carbonifère. L'étoile Soleil n'est cependant pas très spectaculaire dans ce vaste ensemble. Observée de loin, elle n'attirerait pas l'attention (elle serait invisible à l'œil nu au-delà de 60 années-lumière) mais son rôle est cependant capital, puisqu'elle est - nous sommes bien placés pour le savoir - l'étoile d'une planète habitée...

Dans son disque de 80 000 années-lumière de diamètre, la Voie lactée rassemble environ 150 milliards d'étoiles, mais il est évidemment impossible de les compter individuellement, cette estimation ne pouvant être que statistique.

Sur l'ensemble de la voûte céleste on en compte "seulement" 5 milliards, les autres étant trop éloignées ou masquées par les régions denses de la Voie lactée.

UN COCKTAIL D'ÉTOILES

La galaxie renferme toutes sortes d'étoiles, parfois isolées, souvent en couples, ou encore groupées en amas. Les amas "ouverts" renferment quelques centaines d'étoiles jeunes, le plus beau étant celui des Pléiades, dans la constellation du Taureau. Les amas "globulaires", eux, sont de gros essaims stellaires qui

peuvent contenir plus d'un million d'étoiles. Les plus beaux sont l'amas "Oméga" du Centaure et "M-13" dans Hercule qui renferme 30 000 étoiles.

MYSTÈRE AU CŒUR DE LA VOIE LACTÉE

Le centre de la galaxie se trouve à 25 000 années-lumière du Soleil, masqué par les nombreux nuages de gaz et de poussières qui l'obscurcissent. C'est bien dommage car le cœur de la Voie lactée est fascinant. Des nuages de gaz s'effondrent vers le centre, tandis que d'autres semblent s'en échapper. Plus près encore du centre se terre une petite source d'émission radio d'une puissance fantastique, générée sans doute par des millions d'étoiles qui entrent en collision dans une débauche d'énergie inimaginable.

Merveilleuses nébuleuses

La galaxie n'est pas seulement peuplée d'étoiles. Entre elles flottent des nuages de gaz qui sont les résidus de formation d'autres étoiles. Ces nuages, s'ils sont éclairés par une étoile proche, forment de magnifiques draperies. Au beau milieu de la constellation d'Orion s'étale ainsi un petit nuage de gaz éclairé par une série de bébés étoiles.

Toute la matière de l'Univers n'est pas condensée en étoiles. Entre celles-ci s'effilochent de nombreux nuages de gaz et de poussières. Dans la Voie lactée s'étalent de magnifiques formations colorées aux formes tourmentées : ce sont des nébuleuses gazeuses. Ce gaz est celui qui n'a pas été absorbé lors de la formation d'étoiles proches, mais il peut aussi correspondre à de la matière d'étoiles qui ont explosé.

RONDS DE FUMÉE DANS LE COSMOS

Les premières donnent naissance à des nuages qui ressemblent un peu aux ronds de fumée que l'on fait avec une cigarette, et qui prennent souvent la forme d'une planète. C'est pourquoi on les appelle des "nébuleuses planétaires". Pour les secondes il y a eu destruction, et la nébuleuse présente alors des contours déchiquetés : c'est le cas de la nébuleuse dite du Crabe,



dans la constellation du Taureau. Certaines nébuleuses diffuses ont des formes particulières qui leur ont valu des noms imagés : Tête de Cheval, Dentelle, Amérique, Trifide, etc.

La plus belle nébuleuse du ciel, visible à l'œil nu comme une petite tache floue, se trouve dans la constellation d'Orion. Ce nuage de gaz, qui entoure quatre étoiles jeunes, alimentera dans l'avenir la formation de nouvelles

étoiles. Ce sont là des pépinières célestes.

La plupart de ces nébuleuses s'étalent sur plusieurs dizaines d'années-lumière, et si certaines (comme celle d'Orion) sont brillantes, rendues lumineuses par un phénomène de fluorescence sous l'excitation du rayonnement d'une étoile proche, d'autres sont obscures.

Comme aucune étoile ne les éclaire, elles apparaissent sous forme de taches sombres dans la Voie lactée.

Il s'agit en réalité de nuages de matière opaque qui s'interposent entre nous et l'arrière-plan plus clair de la Voie lactée.

Les nébuleuses lumineuses sont constituées de gaz extrêmement raréfiés : hydrogène essentiellement (qui donne une teinte rouge), mais aussi hélium et oxygène (teinte verte).



Des galaxies par milliards

A l'œil nu, on peut voir dans la constellation d'Andromède une petite étoile floue. En fait il ne s'agit pas d'une étoile, mais d'une cité stellaire qui renferme plus de 200 milliards de soleils ! Cette galaxie d'Andromède est le plus lointain objet de l'Univers visible à l'œil nu : 20 milliards de milliards de km !

Aussi loin que puisse porter le regard des télescopes géants, on dénombre au moins un milliard de ces cités stellaires. Regroupées en amas, puis en amas d'amas, les galaxies peuplent plus ou moins uniformément l'espace qui nous entoure. Les plus lointaines que l'on photographie se trouvent à plusieurs milliards d'années-lumière, mille fois plus

éloignées que notre voisine d'Andromède.

LA TAPISSERIE COSMIQUE

Les galaxies n'ont pas toutes la même forme. Elles peuvent être elliptiques, lenticulaires ou irrégulières. Il existe aussi des galaxies spirales, qui ressemblent à des soleils de feu d'artifice, et notre Voie lactée est de ce type. Bien qu'apparemment



distribuées au hasard, les galaxies s'associent en amas plus ou moins riches.

Notre galaxie se trouve ainsi associée à une trentaine d'autres, dans le "Groupe local", qui rassemble deux spirales géantes, la nôtre et celle d'Andromède, escortées chacune de deux petites galaxies satellites. Le plus proche des amas galactiques géants est celui de la Vierge, à 50 millions d'années-lumière qui regroupe 3 000 galaxies. Mais ce n'est pas le record : les amas d'Hercule et de la chevelure de Bérénice en abritent chacun une dizai-

ne de milliers. Tous ces amas sont eux-mêmes groupés en super-amas, reliés entre eux par des groupes plus petits formant de longues chaînes qui se répartissent sur les parois de gigantesques bulles. Les galaxies s'agencent ainsi en filaments qui tissent comme une tapisserie cosmique, délimitant d'immenses bulles ! A grande échelle, l'Univers ressemblerait ainsi à un gigantesque bain moussant, les galaxies se trouvant réparties à la surface des bulles...

L'espace est immense, mais il arrive que deux galaxies se

rencontrent. Ces collisions sont rares mais spectaculaires. La rencontre se traduit par des déformations, des distorsions et par des éjections de matière. Il en résulte des filaments et des ponts lumineux. Ces joutes cosmiques s'étalent sur des dizaines de millions d'années, et l'observation du ciel lointain nous montre donc un Univers qui semble figé. Mais si l'on pouvait accélérer le film de son histoire, on verrait des galaxies en avaler d'autres, tels de véritables cannibales cosmiques.



Aux confins de l'Univers : les quasars

Le 5 août 1962, la Lune vint à passer devant une source d'émission radio céleste qui intriguait beaucoup les astronomes. En notant avec précision l'instant où l'émission fut interrompue, il fut donc possible de localiser exactement ce mystérieux émetteur. Mais le mystère allait s'épaissir encore lorsqu'on eut analysé la lumière de cette étoile, car elle ne correspondait à rien de connu. Une nouvelle catégorie d'astres venait de s'ajouter au tableau de chasse des astronomes, et plusieurs autres spécimens semblables grossirent bientôt la collection. Comme ils avaient l'apparence d'étoiles - sans pour autant être des étoiles - on les baptisa "quasars", contraction de l'expression anglaise "quasi-star".



Un quasar, tel que l'imaginent les astronomes.

Les quasars furent donc d'abord pris pour une nouvelle sorte d'étoile, mais on s'aperçut vite qu'ils rayonnaient autant d'énergie qu'une bonne dizaine de milliards de soleils, dans un volume à peine supérieur à celui d'une grosse étoile ! Ce mystère intrigua longtemps les astrophysiciens.

Maintenant on commence à soupçonner leur véritable nature. On a découvert en effet, autour de certains d'entre eux, des nébulosités qui les font ressembler à des galaxies. Il s'agirait donc de galaxies en formation, encore réduites à leur noyau, et trop lointaines pour nous apparaître dans leur totalité.

AUX LIMITES DU TEMPS

Ces astres lointains sont du même coup des astres anciens. Car plus on porte loin dans l'espace, plus on remonte loin dans le temps, puisque le messager qui nous apporte ces informations, sous forme de lumière ou d'ondes radio, ne voyage pas à une vitesse infinie. Les plus lointains quasars actuellement observés semblent se situer à quelque 14 milliards d'années-lumière.

Les quasars ont ainsi permis de reculer les limites de l'Univers de façon considérable et nous rapprochent du même coup de l'instant originel, le fameux big bang. Nous découvrons ces astres tels qu'ils étaient bien avant la formation de la Terre et du Soleil, qui n'ont même pas 5 milliards d'années d'existence !

Les quasars, tels qu'ils nous apparaissent, ne sont donc en fait que l'image fossile d'astres aujourd'hui fort différents.

Peut-être notre propre galaxie fut-elle, à l'origine, un quasar.

Leur puissance, en tout cas, est absolument fantastique et défie l'imagination.

Comment un astre, qui a l'apparence d'une simple étoile, peut-il émettre autant d'énergie que 100 milliards d'étoiles réunies ?

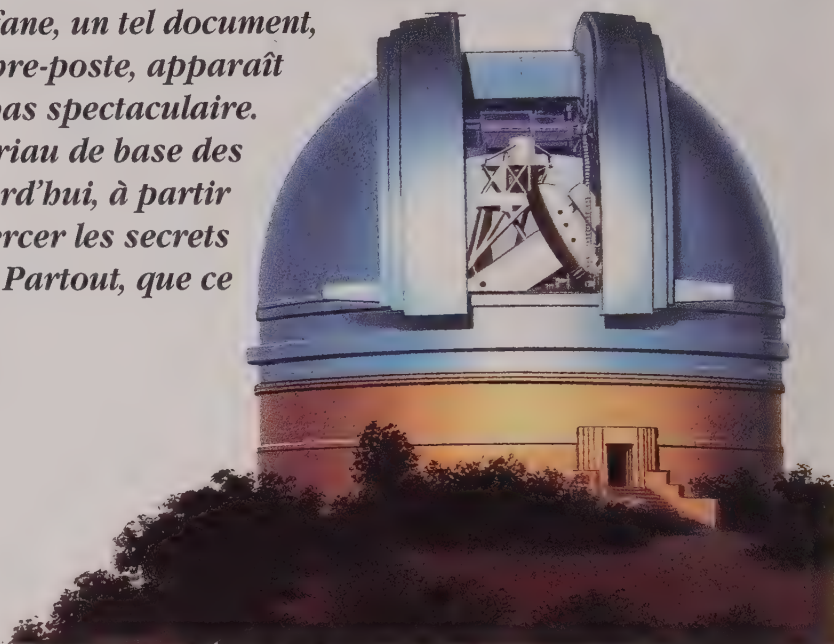
L'origine de cette fabuleuse énergie reste encore un mystère.



Les observatoires, lieux magiques

Cinq heures du matin. La coupole blanche, paupière de métal ouverte sur l'infini, se referme en grinçant. Les sommets environnants émergent d'une mer de nuages que les premiers rayons du Soleil commencent à teinter de rose. Pour l'astronome emmitouflé qui sort de la coupole, la nuit a été fructueuse. Elle va se terminer autour d'un bon café, et dans quelques heures les techniciens auront développé les photos sur lesquelles de lointains quasars ont imprimé leur minuscule tache de lumière. Pour le profane, un tel document, pas plus gros qu'un timbre-poste, apparaît sans intérêt, car il n'est pas spectaculaire.

C'est pourtant le matériau de base des astronomes d'aujourd'hui, à partir duquel ils tentent de percer les secrets de l'espace et du temps. Partout, que ce soit à Hawaï, à la Silla au Chili, à Kitt Peak dans l'Arizona ou à Siding springs en Australie, pour ne citer que quelques-uns des plus grands observatoires actuels, la même scène se répète chaque nuit de beau temps.



L'observatoire du Mont Palomar.

Ci-contre, une grande lunette du XVIIe siècle.



C'est au Moyen Age qu'ont été construits les premiers vrais observatoires, c'est-à-dire des lieux où l'on regroupe des instruments d'observation du ciel.

L'un des tout premiers fut celui de Bagdad, installé en 833 par le calife Al Mamoun. Des temples à vocation astronomique apparurent à la même époque en

Amérique latine, le plus connu, situé à Chichen-Itza au Mexique, ayant été construit vers l'an 900 par les Mayas. Au XIIIe siècle apparurent les premiers observatoires chinois, le plus ancien, celui de Kao-Tcheng, ayant été édifié en 1276. Toutes les nuits, des astronomes placés sur des tours ou des terrasses scrutaient le ciel et notaient tout ce qui s'y passait.



Ils consignèrent ainsi d'innombrables observations de comètes et d'explosions d'étoiles. A la même époque, à Jaipur, les Indiens construisirent un observatoire consacré uniquement au Soleil.

PREMIÈRES COUPOLES

Tous ces observatoires sont aujourd'hui en ruine, complètement abandonnés, et n'ont évidemment rien de commun avec les observa-

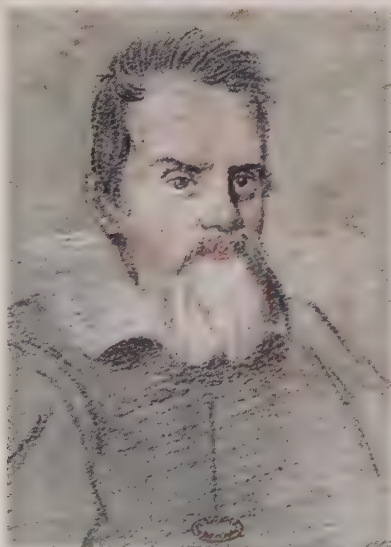
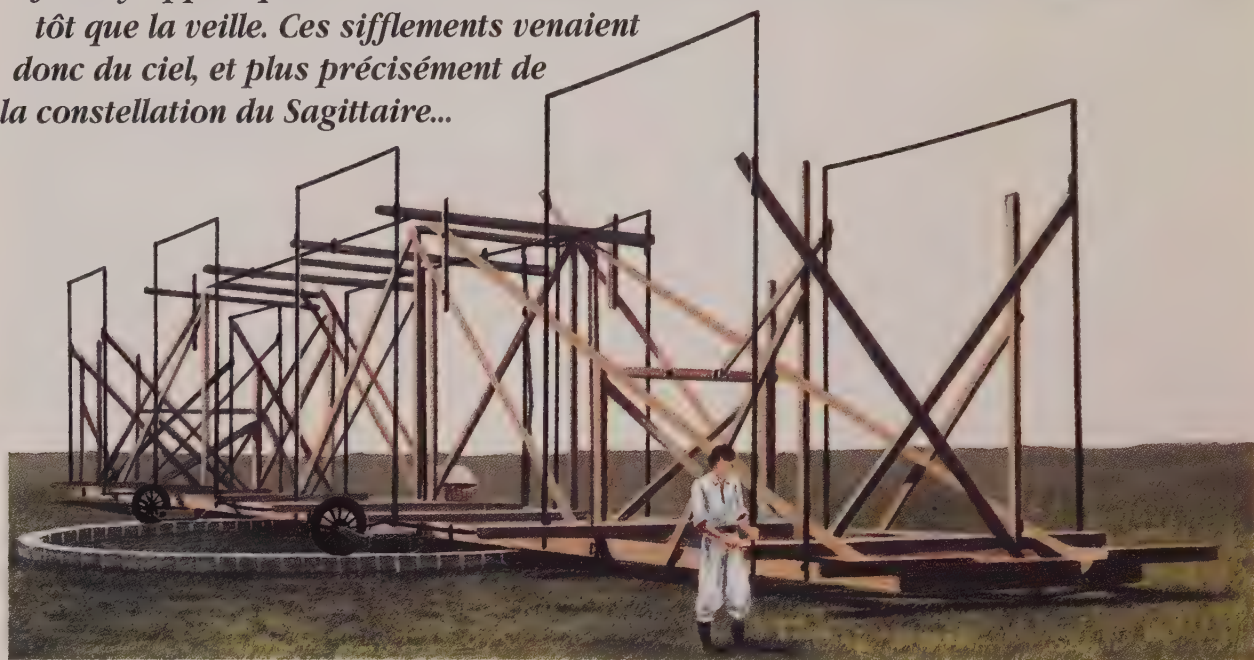
toires modernes. Le dernier grand observatoire de cette catégorie fut celui que Tycho Brahé construisit, en 1576, sur l'île de Hveen, entre la Suède et le Danemark. A partir du XVII^e siècle, l'utilisation de la lunette astronomique donna naissance à une nouvelle sorte d'observatoires où les instruments sont protégés par des coupoles. Celui de Paris fut le premier du genre, en 1667,

suivi de celui de Greenwich en 1675. Depuis le début du XX^e siècle, avec la construction de l'observatoire du Mont Wilson, en Californie, les télescopes géants se sont multipliés : Mont Palomar et Lick (également en Californie), Kitt Peak (Arizona), La Silla (Chili), Mauna Kea (Hawaï) et Zelenchouk (Caucase). Leurs miroirs ont entre 4 et 8 m de diamètre.

Lunettes et radiotélescopes : fenêtres sur ciel

En 1928, le radiotéléphone était la seule façon de communiquer rapidement entre l'Europe et l'Amérique du Nord, mais la qualité était loin d'être parfaite. La Compagnie Bell Telephone confia alors à un homme de 23 ans, Karl Jansky, la tâche d'identifier les parasites qui gênaient ces transmissions en ondes courtes.

Il découvrit qu'il existait deux sources d'émission : les orages, et un sifflement faible mais permanent, qui se renforçait chaque jour avec 4 minutes d'avance. Or Jansky apprit que les étoiles se lèvent et se couchent chaque jour 4 minutes plus tôt que la veille. Ces sifflements venaient donc du ciel, et plus précisément de la constellation du Sagittaire...



On dit souvent que c'est le savant italien Galilée qui a inventé la lunette astronomique, mais c'est faux. En revanche, il est le premier à avoir braqué vers le ciel ce nouvel instrument d'optique, qui lui permit de découvrir une foule de choses insoupçonnées : les taches du Soleil, les cratères de la Lune, les satellites de Jupiter, le croissant de Vénus, l'anneau de Saturne,

et une multitude d'étoiles invisibles à l'œil nu. Cette lunette fut d'abord un secret militaire hollandais, car elle permettait de distinguer un soldat à plusieurs lieues ! Finalement, elle revint en Italie, où Galilée en construisit plusieurs à partir de 1609. Aujourd'hui, la moindre lunette d'amateur est bien meilleure que la lunette de Galilée, qui bouleversa pourtant l'astronomie.

Pendant des millénaires les hommes n'ont donc observé le ciel qu'avec leurs yeux, puis à l'aide de lunettes et de télescopes. Le seul "messenger" des astres était alors la lumière. Grâce à Karl Jansky, la radioastronomie a ouvert une nouvelle fenêtre sur l'Univers.

OREILLES MÉTALLIQUES POUR BRUITS CÉLESTES

Le plus impressionnant des radiotélescopes a été taillé dans une cuvette naturelle de plus de 300 m de diamètre située au milieu des collines du nord de Porto-Rico, et tapissée de feuilles métalliques réfléchissantes.

Les plus grands qui soient entièrement mobiles (100 et 90 m de diamètre respectivement) sont situés à Effelsberg (près de Bonn, en Allemagne) et à Green Bank (en Virginie occidentale, aux États-Unis). Quant à l'installation la plus performante, elle consiste en 27 antennes qui se déplacent sur rails, le long des trois branches d'un Y qui s'étalent chacune sur 25 km en plein désert du Nouveau-Mexique, près de Socorro.



Le ciel invisible

24 avril 1990. Soute ouverte, à 590 km d'altitude, la navette spatiale glisse lentement dans le vide. Collés aux hublots, six paires d'yeux suivent le lent déploiement d'un énorme cylindre de 11 tonnes, véritable bijou céleste qui lentement s'extirpe de la soute pour aller vivre sa vie dans l'espace.

Ce bijou, c'est le télescope spatial, le plus fabuleux instrument jamais construit par les astronomes.



Télescope sous un ballon.

Si les astronomes en sont arrivés à expédier des télescopes dans l'espace, c'est parce qu'ils ont une grande ennemie : l'atmosphère. D'abord à cause des nuages, qui réduisent le nombre de nuits utilisables, ensuite parce qu'elle perturbe le trajet des rayons lumineux,

empêchant des observations de qualité. En raison du vent et des différences de température, l'air "cisaille" en effet les fins rayons lumineux qui nous arrivent des astres, et en dénaturent l'image. C'est ce que l'on appelle la turbulence. C'est pourquoi on cherche à installer autant que possible les observatoires au sommet des montagnes.

ÉVITER L'ATMOSPHÈRE

Par ailleurs, les télescopes au sol ne peuvent pas tout voir, certaines lumières célestes étant absorbées par l'air. Les satellites-observatoires sont donc venus les compléter à partir de 1962. Le premier fut un satellite solaire baptisé OSO 1, et beaucoup d'autres

le suivirent qui effectuèrent de grandes découvertes dans des gammes de rayonnement qui ne parviennent pas jusqu'au sol.

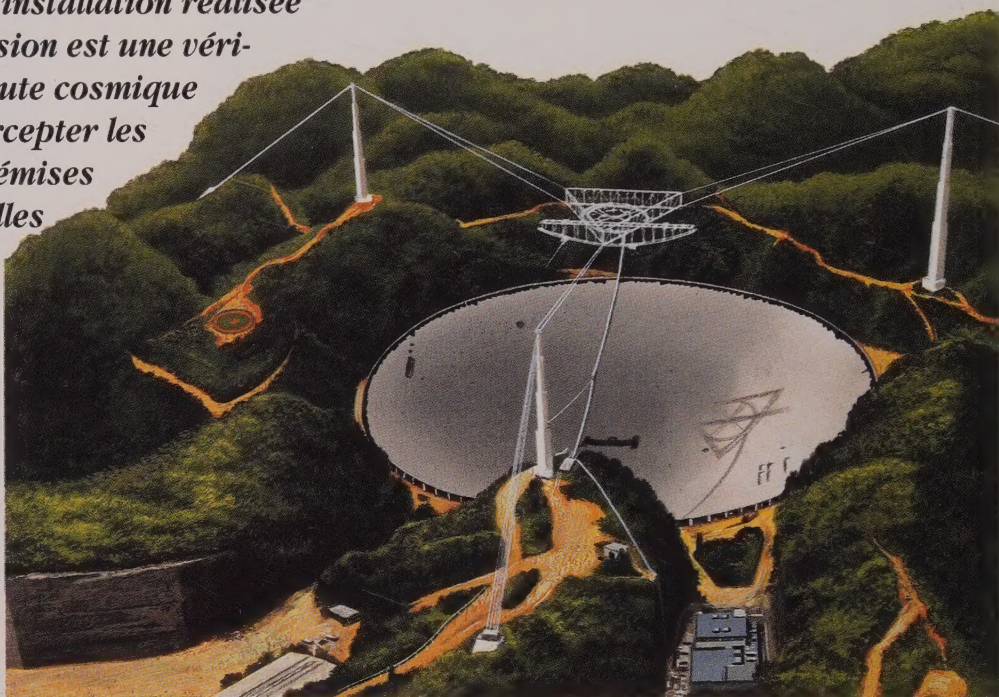
Le plus extraordinaire, toutefois, c'est le grand télescope spatial "Hubble", déjà évoqué. Son œil ne mesure pas moins de 2,40 m de diamètre, ce qui, compte tenu des conditions idéales dont il bénéficie, lui donne une puissance de pénétration supérieure aux plus puissants télescopes terrestres actuels. Après quelques déboires il a pu être réparé en décembre 1993 lors d'une mission spéciale de la navette Endeavour. Depuis lors, il poursuit son fantastique travail d'investigation céleste.





A la recherche des extraterrestres

Arecibo, petit village de l'île de Porto Rico niché au milieu de collines tapissées d'une dense végétation tropicale, a acquis la célébrité le 12 octobre 1992. Ce jour-là, à midi précisément, en commémoration du cinq centième anniversaire de la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb, a démarré l'opération "Méga-Seti". L'installation réalisée pour cette occasion est une véritable table d'écoute cosmique destinée à intercepter les émissions radio émises par d'éventuelles civilisations extraterrestres. Étaient présents tous les pionniers de l'écoute extraterrestre, et même Steven Spielberg, le célèbre réalisateur du film "E.T".



Comme il est encore hors de question de voyager entre les étoiles, le programme d'écoute "Méga-Seti" est notre seul espoir de savoir s'il existe ailleurs des êtres au moins aussi évolués que nous. En écoutant le ciel, les astronomes espèrent capter un message émis par une civilisation extraterrestre. Le radiotélescope d'Arecibo, ainsi que celui situé à Goldstone, en Californie, sont

donc braqués régulièrement en direction d'étoiles semblables au Soleil et relativement proches (moins de 100 années-lumière), et balaient toute la gamme des ondes radio.

Les astronomes de "Méga-Seti" passeront en revue dix millions de fréquences, sans savoir laquelle est la bonne, en se limitant à 800 étoiles présélectionnées.

Vingt autres antennes, répar-

ties dans une dizaine de pays du monde, balaient elles aussi le ciel, mais avec une moindre sensibilité. En France, c'est le radio-observatoire de Nançay, installé en Sologne, qui a été choisi pour participer à ce programme. Aucun signal n'a été reçu à ce jour, mais ces résultats négatifs indiquent peut-être que nous n'avons pas choisi la bonne étoile, ou que nos récepteurs ne sont pas assez sensibles.

MESSAGE POUR E.T.

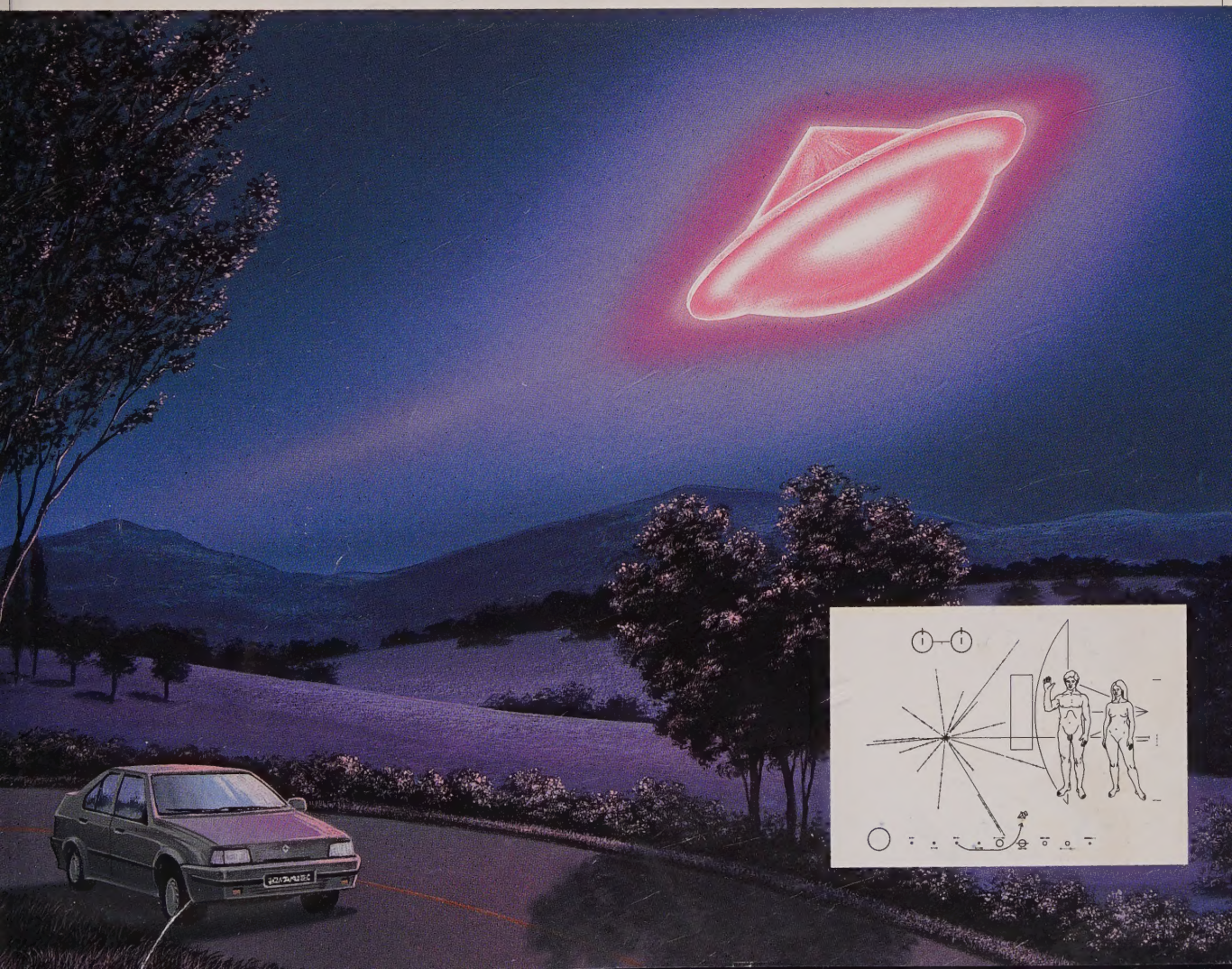
Si le programme "Méga-Seti" consiste à "écouter" le cosmos, il y eut cependant, dans le passé, l'émission de deux messages radio. En novembre 1974, d'abord,

à partir du radiotélescope d'Arecibo, et en janvier 1987 en France, avec l'antenne de Nançay.

Par ailleurs, une carte de visite a été rivée sur les flancs des sondes Pioneer 10 et 11, premiers objets humains à avoir quitté le système solaire.

Sur ces petits rectangles d'aluminium qui voguent depuis vingt ans déjà dans l'espace, on distingue notamment un homme et une femme nus symbolisant l'Humanité (voir ci-dessous). Deux autres sondes spatiales (Voyager 1 et 2) ont été lancées cinq ans plus tard avec des messages enregistrés sur disque, destinés à faire comprendre qui nous

sommes à une civilisation extraterrestre qui intercepterait l'une de ces sondes. Elles renferment 27 morceaux de musique, le mot "bonjour" prononcé dans une cinquantaine de langues, ainsi que des sons naturels : le bruit de la pluie, des chants d'oiseaux, le battement d'un cœur, le vagissement d'un bébé, et même le chuintement d'un baiser... Mais ces sondes, véritables bouteilles jetées dans l'océan cosmique, ne frôleront leur première étoile que dans 40 000 ans. C'est plus que le temps écoulé depuis l'Homme de Cro-Magnon ! Que serons-nous devenus à ce moment-là ?



Soleil, Lune, planètes, étoiles, comètes, nébuleuses et galaxies : au fil des millénaires, depuis le premier regard que l'homme ait jeté vers le ciel, des générations d'astronomes se sont succédé pour tenter de résoudre les mystères de l'espace et du temps. Comment sont les autres planètes ? Jusqu'où s'étend l'Univers ? Existe-t-il quelque part dans cette immensité des êtres vivants ? Si tu veux en savoir plus et rêver sur le monde fascinant qui nous entoure, tu trouveras ici toutes les réponses...

Chercheur au CNRS, astronome à l'Observatoire de Meudon,

Pierre Kobler

se consacre aujourd'hui à la vulgarisation des sciences. Il est responsable du service d'informations scientifiques et techniques à RTL. Ses reportages l'ont conduit dans près de 40 pays et amené à assister à tous les grands lancements spatiaux.

Quand l'homme débarque sur la Lune, **Jean-François Pénichoux** a 14 ans et rêve d'être astronaute.

C'est finalement par l'illustration qu'il assouvit sa passion pour les astronefs et les espaces intersidéraux...



ISBN 2 215 01869-0

