

L'Univers

Tout a commencé il y a un peu moins de 15 milliards d'années. Les étoiles, la Terre, le Soleil et tout ce qui constitue l'Univers actuel n'existaient pas. Il n'y avait alors qu'une petite boule de matière très condensée. Et puis...

Au début...

Jusqu'au milieu du XIX^e siècle, les savants pensaient que l'Univers existait depuis quelques milliers d'années seulement, de même que la Terre et ce qui est à sa surface, les plantes, les animaux, l'Homme. On sait aujourd'hui qu'il n'en est rien et les astronomes commencent à avoir une petite idée de ce qui s'est passé il y a 14 à 15 milliards d'années, quand une formidable explosion — qu'on appelle le *big bang* — a tout déclenché. Avant cette explosion, l'Univers n'existait pas, du moins tel que nous le connaissons. L'Univers d'alors était une sorte de « boule primitive » qui contenait tout. La matière, mais aussi la lumière. Il n'y avait pas de mouvement, pas de temps non plus.

L'expansion de l'Univers

Dans cette boule primitive, la matière était tellement concentrée qu'un dé à coudre aurait pu contenir des milliers de planètes comme la nôtre. Et puis, pour une raison que l'on ignore encore, il y eut une explosion, une formidable explosion qui projeta la matière dans tous les sens. La matière, mais aussi la lumière. C'est ainsi qu'a commencé l'*expansion* de l'Univers. Et le temps, qui n'existait pas encore, est né lui aussi avec le big bang. Pendant quelques millions d'années, il ne s'est pas passé grand-chose. L'Univers n'était qu'un gigantesque nuage de matière et de gaz très chaud, qui grossissait sans cesse. Puis, peu à peu, des grains de matière se sont agglutinés à d'autres. Sous l'effet de la chaleur et de la gravité, les premières étoiles se sont formées. Des milliers, puis des milliards d'étoiles. Des grosses, des petites, des bleues, des jaunes...

Des cortèges d'étoiles

Dans l'espace, les étoiles ne voyagent jamais seules. Nées ensemble dans une même région de l'Univers, elles vont rester groupées, formant des cortèges plus ou moins importants. Ce sont les forces d'attraction — définies par le célèbre mathématicien et astronome Newton (1642-1727) — qui ont tendance à les regrouper, contrecarrant ainsi l'effet de l'expansion de l'Univers, qui tendrait plutôt à les éloigner les unes des autres.

Les étoiles se regroupent parfois à quelques milliers pour former de petits *amas*, mais le plus souvent elles s'assemblent par millions ou par milliards et constituent de gigantesques ensembles appelés *galaxies*. Ces galaxies ont des formes très variées : la plupart sont des galaxies spirales, comme celle à laquelle nous appartenons. D'autres sont globulaires, elliptiques, naines ou même n'ont pas de forme bien définie ; dans ce cas, on les nomme galaxies irrégulières, tout simplement.

Dans l'Univers, les galaxies spirales sont les plus nombreuses. En tournant moins vite que le centre, les bords de la galaxie forment des « bras » qui traînent, donnant ainsi à ce regroupement d'étoiles la forme... d'une spirale.

Peu de matière et beaucoup de vide

Quand on observe une galaxie au télescope, on a l'impression que les étoiles sont très proches les unes des autres, tellement serrées que les cœurs de galaxie ressemblent à de grosses boules lumineuses. En réalité, les étoiles sont aussi éloignées les unes des autres que des grains de sable semés aux quatre coins d'une ville. Et entre elles, c'est le vide complet.

Complet ? Pas tout à fait. Il existe entre les étoiles une sorte de « brouillard » très diffus, composé de quelques particules de matière et de gaz. En revanche, à l'extérieur des galaxies, c'est le vide quasi absolu.

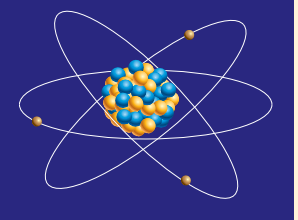
Où sont les limites ?

On entend souvent parler d'infiniment petit ou d'infiniment grand. Cela veut-il dire qu'il n'y a pas de limite, d'un côté comme de l'autre ?

L'infiniment petit

*Les philosophes grecs avaient déjà imaginé que la matière était composée de minuscules particules élémentaires qu'on ne pouvait pas voir à l'œil nu, les **atomes**.*

Un atome est composé d'un noyau, constitué lui-même de neutrons et de protons, autour duquel gravitent des électrons.



*Mais la physique a montré que neutrons et protons sont constitués d'éléments encore plus infimes : les **quarks** et les **gluons**.*

Même si on pense que ces « briques » sont les plus petits éléments existants, la science nous prouvera peut-être un jour qu'il en existe encore de plus petits.

L'infiniment grand

Nous avons beaucoup de mal à nous représenter l'Univers tout entier.

Les astres les plus lointains que l'on a pu observer se trouveraient à plus de 10 milliards d'années-lumière, ce qui est considérable. Mais qu'y a-t-il au-delà ? D'autres galaxies ? Du vide jusqu'à l'infini ? À moins que... l'Univers soit une sorte de bulle, un peu semblable à celle qui se forme dans l'eau gazeuse. Et des bulles-Univers comme la nôtre, il pourrait en exister beaucoup. Mais ça, on n'est pas près de pouvoir le vérifier.

Expansion : action de s'étendre, de se développer en prenant plus de place.

Les étoiles

Bételgeuse

Nébuleuse de la
Tête de Cheval

Grande nébuleuse
d'Orion ou M 42

Rigel

Dans la constellation d'Orion, **Bételgeuse** est une étoile géante rouge située à 652 années-lumière de nous, et **Rigel** une étoile bleue distante de 815 années-lumière. Bien que Rigel soit plus petite et plus éloignée que Bételgeuse, elle est pourtant plus lumineuse.

Ce que l'on voit d'abord en observant le ciel, ce sont des milliers de petits points lumineux qui semblent accrochés sur la voûte céleste.

Ce sont les étoiles. À l'œil nu, on peut en voir environ 4 000. Mais il y en a beaucoup, beaucoup plus.

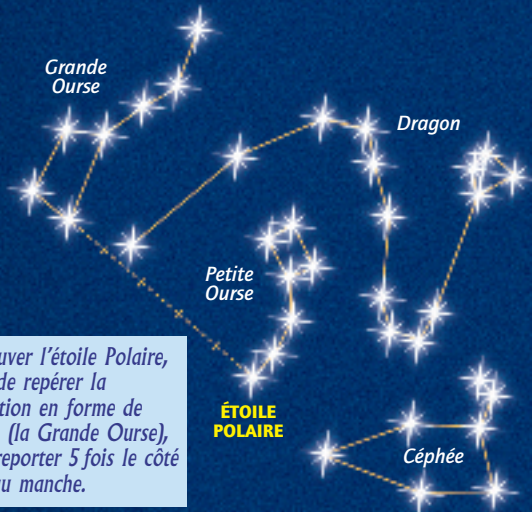
Les étoiles de notre galaxie

Toutes les étoiles que l'on voit dans le ciel appartiennent à un même groupe, la Voie lactée, une galaxie de plus de 120 milliards d'étoiles, parmi lesquelles se trouve notre Soleil. La plus proche de nous est *Proxima du Centaure*, située à 4,3 années-lumière. Ce qui veut dire que sa lumière met 4 ans et 4 mois pour nous parvenir. Les plus éloignées se trouvent, bien sûr, de l'autre côté de la galaxie, à 100 000 années-lumière de nous. On ne peut pas les voir à l'œil nu. Quant aux étoiles appartenant à d'autres galaxies, même les télescopes les plus puissants ont du mal à les observer.

Les constellations

Pas facile de se repérer dans le ciel, avec toutes ces étoiles. Alors, dès l'Antiquité, les hommes ont « inventé » les constellations. Ce sont des figures géométriques qui associent certaines étoiles bien visibles, même si celles-ci n'ont rien à voir les unes avec les autres, car trop éloignées entre elles. À ces figures — qu'on appelle donc les **constellations** — les Anciens ont donné des noms : la Grande Ourse, le Cygne, Cassiopée (reine légendaire d'Éthiopie), la Balance ou encore Orion. On peut acheter dans le commerce des cartes du ciel (ou planiciens) qui font apparaître les principales constellations et permettent ainsi de retrouver facilement les étoiles.

Pour trouver l'étoile Polaire, il suffit de repérer la constellation en forme de casserole (la Grande Ourse), puis de reporter 5 fois le côté opposé au manche.



Qu'est-ce qu'une étoile ?

On dit souvent qu'une étoile est une énorme boule de feu ou de gaz incandescent. C'est beaucoup plus que ça. C'est une sorte de gigantesque bombe atomique, mais une bombe « sage », qui explose doucement. Chaque seconde, l'étoile brûle d'énormes quantités d'**hydrogène** qu'elle transforme en **hélium**, mais aussi en énergie.

Cette énergie est expulsée dans l'espace, sans arrêt, principalement par rayonnement. Nous la recevons — surtout celle émise par le Soleil — sous forme de chaleur (les rayons infrarouges), de lumière que nos yeux peuvent capter, et d'autres rayons invisibles comme les rayons X, les ultraviolets ou les ondes radio.

Couleur et température des étoiles

En observant les étoiles avec attention, on s'aperçoit qu'elles n'ont pas toutes la même couleur. Certaines sont orange ou rouges, d'autres jaunes, d'autres encore bleues. Mais ce n'est pas pour faire joli. En fait, ces couleurs indiquent la température de l'astre. Et plus particulièrement sa température superficielle. Par exemple, la température à la surface du Soleil atteint environ 5 500 °C. Elle est inférieure pour les étoiles rouges, et bien supérieure pour les bleues.

Mais la température à l'intérieur des étoiles est beaucoup plus élevée : au moins 16 millions de degrés pour notre Soleil. La couleur ne nous renseigne pas seulement sur la température à la surface de l'étoile. C'est aussi une sorte de carte d'identité qui nous donne des informations sur la taille et la durée de vie de l'étoile (voir ci-contre).

Rouge ou blanche ?

L'étoile la plus brillante du ciel se nomme **Sirius**. Elle se trouve dans la constellation du Grand Chien et, surtout, elle brille d'un éclat pur... et blanc.

Pourtant, dans l'Antiquité, on l'avait repérée comme une étoile... rouge. Au milieu du XIX^e siècle, on découvrit que c'était un astre double, constitué de deux étoiles, dont l'une rougeoyante. Sa sœur, plus petite, est une étoile morte appelée « naine blanche » et qui est seulement deux fois plus grande que la Terre.

Rouge, bleu, jaune...

Les **étoiles orange** ou **rouges** sont des géantes, et même parfois des **supergéantes**. Par exemple, Bételgeuse, dans la constellation d'Orion, est 800 fois plus grosse que le Soleil. Ces étoiles ne sont pas très chaudes et vivent environ 7 millions d'années.

Les **étoiles bleues** sont de taille moyenne, pouvant mesurer jusqu'à 10 fois le Soleil. Elles sont très chaudes et très brillantes, et vivent 750 millions d'années.

Les **étoiles jaunes** (comme le Soleil) sont les plus nombreuses dans notre galaxie. Ce sont des astres assez « ordinaires » ; pas très chauds, pas très brillants et de petite taille. Mais ces étoiles vivent tout de même 10 milliards d'années.

SOLEIL

Étoile bleue

Géante rouge

Grande géante

Supergéante



Le système solaire

On réduit souvent le système solaire au Soleil et aux huit planètes qui tournent autour de lui. Mais il ne faudrait pas oublier les milliers d'objets célestes moins connus qui en font aussi partie.

Une famille nombreuse

Difficile de faire les comptes tant le nombre de corps qui tournent autour du Soleil est important. Outre les huit planètes, cette grande famille compte aussi quelques *planètes naines*, des milliers d'*astéroïdes*, des *comètes* venues d'on ne sait où, et surtout des quantités phénoménales de cailloux de tailles les plus diverses et de poussières.

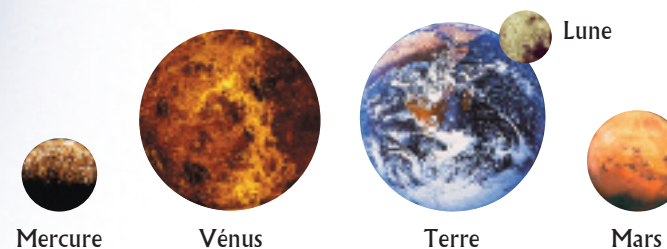
Huit planètes

Au premier rang de cette monumentale armada de l'espace, née il y a un peu moins de cinq milliards d'années, les huit planètes — *Mercury*, *Vénus*, la *Terre*, *Mars*, *Jupiter*, *Saturne*, *Uranus*, *Neptune* — et leur satellites. Lors de la formation du système solaire, les particules les plus lourdes (comme le fer par exemple) sont restées près du Soleil. En s'assemblant, elles ont formé les planètes solides ou *telluriques*. Les particules plus légères (comme les gaz ou la glace) ont été rejetées plus loin. Et cela nous a donné les planètes gazeuses géantes.

Les planètes rocheuses

Mercury, *Vénus*, la *Terre* et *Mars* sont des petites planètes solides qui tournent à proximité du Soleil. À part la Terre, sur laquelle la vie s'est abondamment

développée, les trois autres, il faut bien l'avouer, sont plutôt inhospitalières. *Mercury* est brûlée par le Soleil. *Vénus* a une atmosphère principalement composée de dioxyde de carbone, un gaz irrespirable, et ses nuages sont constitués de gouttelettes d'acide sulfurique. De plus, la température y frolle les 500°C. Quant à *Mars*, c'est un désert froid avec une atmosphère assez ténue et irrespirable. Seul point positif pour celle que l'on nomme la « Planète rouge », les photos que nous ont envoyées les sondes spatiales nous laissent penser que de l'eau a coulé en abondance à sa surface. Mais cette eau a disparu et nul ne sait ni pourquoi, ni comment, ni surtout si elle est encore présente, dans le sol notamment.



Les géantes gazeuses

Jupiter, *Saturne*, *Uranus* et *Neptune* ne sont pas des planètes rocheuses, mais d'énormes boules gazeuses sur lesquelles on ne pourra jamais mettre le pied. Elles sont constituées d'un noyau dur, fer ou roche, et d'une épaisse atmosphère d'hydrogène et d'hélium liquides. Elles tournent très vite sur elles-mêmes, ce qui leur donne un aspect aplati, et possèdent toutes des anneaux. *Jupiter* est le poids lourd, 11 fois plus grosse que la Terre. Elle tourne sur elle-même en 10 heures seulement, ce qui provoque des tourbillons et des vents violents de plus de 1200 km/h. On lui connaît une soixantaine de satellites, dont la plupart ne sont que de gros cailloux de quelques kilomètres de diamètre. Mais les quatre plus importants, *Ganymède*, *Callisto*, *Io* et *Europe* — qu'on appelle « satellites galiléens », en hommage à Galilée qui les découvrit en 1610 —, sont facilement observables avec une petite lunette astronomique.



La surface craquelée d'*Europe* révèle une activité volcanique sous une épaisse couche de glace.



Io a une surface gelée, de laquelle s'échappent des nuages de soufre, témoignage, là aussi, d'une activité volcanique interne.

Des satellites, en veux-tu, en voilà !

Les planètes telluriques ont peu de satellites naturels. *Mercury* et *Vénus* n'en ont même aucun. Quant à *Mars*, ses deux satellites *Phobos* et *Deimos* sont de gros cailloux d'une vingtaine de kilomètres de diamètre chacun. Reste la Terre, dont on connaît l'imposant compagnon, la *Lune*, mais c'est là un cas bien à part. Les géantes gazeuses sont mieux loties puisqu'elles voyagent avec une cohorte de satellites plus ou moins gros : au moins 60 pour *Jupiter*, 48 pour *Saturne* (en plus des fameux anneaux), 27 pour *Uranus* et 13 pour *Neptune*. En fait, seuls les gros satellites de plusieurs centaines de kilomètres se seraient formés au même moment que leur planète. Les « petits » seraient des astéroïdes (voir p. 14) « capturés » plus tard par la planète et qui, depuis, graviteraient autour.

Plan de l'écliptique

Imaginons une table avec, au milieu, une grosse lampe bien ronde qui éclaire et qui chauffe : c'est le Soleil. Sur la table, huit toupies. Chacune tourne sur elle-même, mais, en même temps, décrit autour du Soleil une trajectoire presque circulaire qu'on appelle l'*orbite*. Quant à la table — imaginaire bien sûr —, elle porte un nom bien particulier : le *plan de l'écliptique*. Tout serait simple si toutes les toupies tournaient « verticalement » sur la table. Mais ce n'est pas le cas. La Terre a son axe de rotation incliné de 23° sur le plan de l'écliptique, ce qui n'est pas plus mal puisque cette situation est à l'origine des saisons. D'autres planètes sont encore plus folles, comme *Uranus* qui tourne... couchée (voir p. 12).

Satellite de la Terre

Lune : Ø 3 476 km

Satellites de Jupiter

Ganymède : Ø 5 262 km

Callisto : Ø 4 820 km

Io : Ø 3 630 km

Europe : Ø 3 138 km

Satellite de Saturne

Titan : Ø 5 150 km

Satellites d'Uranus

Titania : Ø 1 578 km

Obéron : Ø 1 523 km

Satellite de Neptune

Triton : Ø 2 705 km

Il est amusant de noter que *Triton* est le seul satellite à tourner dans le sens contraire de la rotation de sa planète.

• *Tellurique* : de la Terre.
Une secousse tellurique = un tremblement de Terre.

Les huit planètes du système solaire

Comète



Mercure

Diamètre	4 878 km
Volume	0,05 (Terre = 1)
Durée de révolution	59 jours
Durée de l'orbite	88 jours
Distance au soleil	60 M de km
Nombre de satellites	0



Vénus

Diamètre	12 104 km
Volume	0,88 (Terre = 1)
Durée de révolution	243 jours
Durée de l'orbite	225 jours
Distance au soleil	108 M de km
Nombre de satellites	0



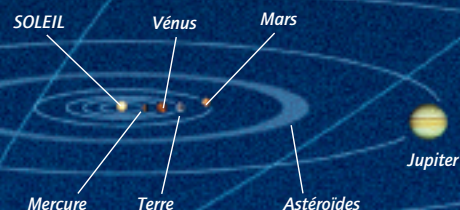
Terre

Diamètre	12 700 km
Volume	1
Durée de révolution	24 heures
Durée de l'orbite	365 jours
Distance au soleil	150 M de km
Nombre de satellites	1



Mars

Diamètre	6 794 km
Volume	0,15 (Terre = 1)
Durée de révolution	24 h 37 mn
Durée de l'orbite	687 jours
Distance au soleil	228 M de km
Nombre de satellites	2



Les astéroïdes : bolides de l'espace

Entre Mars et Jupiter, il n'y a pas de planète, comme l'avait calculé Johann Bode, un astronome allemand du XVIII^e siècle. Mais il y a une multitude de rochers, plus ou moins gros : les **astéroïdes**, qui tournent autour du Soleil, en formant un gigantesque anneau. Peut-être s'agit-il des restes de cette fameuse planète de Bode, qui n'aurait pas pu se former, à cause de l'attraction trop forte de la « big » Jupiter, toute proche. On pense qu'ils sont peut-être 20 000 à tourner sagement entre Mars et Jupiter (certains ne mesurent que quelques mètres, d'autres plusieurs kilomètres – Cérés, découvert en 1801, a un diamètre de 933 km). Mais quelques-uns de ces bolides de l'espace ont quitté leur orbite depuis longtemps et se promènent dans l'espace interplanétaire, croisant parfois la trajectoire de notre planète. Il ne faudrait pas croire que ces astéroïdes vagabonds sont sans danger. La disparition des dinosaures, survenue il y a 65 millions d'années, est certainement due à une collision de la Terre avec un astéroïde de 5 à 10 km de diamètre. Quand on sait que certains de ces voyageurs fous mesurent plus de 40 kilomètres...



Saturne

Neptune

Toutes les planètes tournent autour du Soleil dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

Uranus

Les comètes : boules de neige sale

Les **comètes** sont des astres très différents des planètes ou même des astéroïdes. Ce sont de gros blocs gelés, de quelques kilomètres seulement, formés d'eau et de poussières, des sortes de boules de neige sale. En s'approchant de notre étoile, le noyau de la comète s'échauffe et laisse échapper une grande quantité de gaz et de poussières. Poussé par le vent solaire, un long panache de plusieurs millions de kilomètres se forme à l'opposé du Soleil. C'est la fameuse **queue** ou **chevelure**. Après avoir tourné derrière le Soleil, les comètes repartent aux confins du système solaire. Certaines reviennent à intervalles réguliers. C'est ce qu'on appelle les **comètes périodiques** (la plus célèbre étant la comète de Halley qui passe tous les 75 ans – son dernier passage date de 1988). D'autres finissent par s'épuiser et disparaissent à tout jamais. D'autres encore éclatent ou vont s'écraser sur une planète, comme ce fut le cas pour la comète Shoemaker qui percuta Jupiter, le 18 juillet 1994.



Planètes naines

Le 24 août 2006, l'Union astronomique internationale (UAI) a décidé de créer une nouvelle catégorie d'objets célestes qui tournent régulièrement autour du Soleil mais qui ne sont ni des planètes classiques, ni de gros cailloux. Ce sont les **planètes naines**.

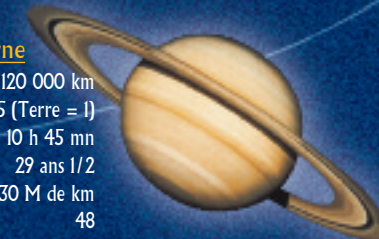
Jupiter

Diamètre	142 800 km
Volume	1 338 (Terre = 1)
Durée de révolution	9 h 48 mn
Durée de l'orbite	12 ans
Distance au soleil	778 M de km
Nombre de satellites	60



Saturne

Diamètre	120 000 km
Volume	755 (Terre = 1)
Durée de révolution	10 h 45 mn
Durée de l'orbite	29 ans 1/2
Distance au soleil	1 430 M de km
Nombre de satellites	48



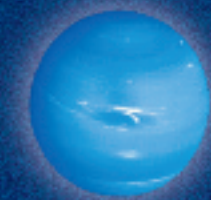
Uranus

Diamètre	51 200 km
Volume	52 (Terre = 1)
Durée de révolution	17 h 14 mn
Durée de l'orbite	84 ans
Distance au soleil	2 870 M de km
Nombre de satellites	27



Neptune

Diamètre	49 500 km
Volume	44 (Terre = 1)
Durée de révolution	16 heures
Durée de l'orbite	165 ans
Distance au soleil	4 500 M de km
Nombre de satellites	13



La distance de chaque planète au Soleil est exprimée en millions (M) de kilomètres.