

La TERRE au sein de l'UNIVERS

1. Univers – Galaxies



Univers tel qu'il est connu actuellement

Définition :

En astronomie, Univers ou Cosmos ou Monde, c'est l'ensemble des corps et objets naturels qui se trouvent dans le ciel, au-dessus de la Terre.

Il s'agit de : galaxies, astres, étoiles, planètes, poussières, gaz, matière noire...

Définition d'un astre ou corps céleste (qui se trouve dans le ciel) : Il s'agit d'étoiles, de planètes ou astéroïdes.

La différence, entre planète et étoile :

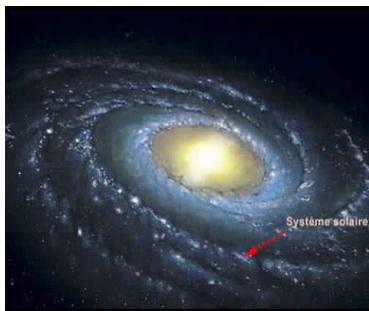
Etoile : Astre qui émet de la lumière (« boule de feu ») : Le Soleil est une étoile.

Planète : Astre qui n'émet pas de lumière. Pour être visible, il est éclairé par une étoile. La Terre est une planète éclairée par le Soleil.

Astéroïde : Objet rocheux, de forme irrégulière et plus petit qu'une planète.

Galaxie : Regroupement d'astres et d'objets cosmiques. La Voie Lactée est le nom de la Galaxie à laquelle appartiennent la Terre et le système solaire.

Voie Lactée : vue de l'espace



Repérer la position du système solaire

(A gauche) : Vue de l'espace, la Voie Lactée ressemble à un grand disque plat en spirale présentant « des bras ». Les points lumineux sont des étoiles, entre 100 et 400 milliards

Diamètre : 100.000 années-lumière*

(A droite) : Vue de la Terre un des bras qui contient le système solaire (en rouge) est visible par beau temps, durant la nuit, et ressemble à une immense écharpe blanche (comme du lait, pour lactée), tendue en oblique dans le ciel

Voie Lactée, vue de la Terre.

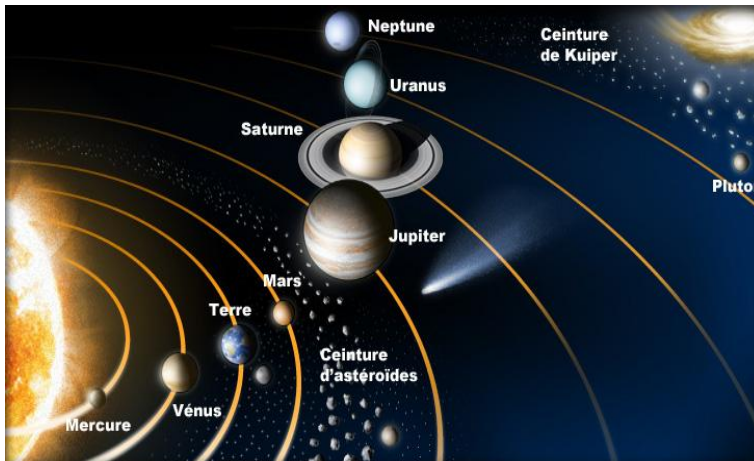


Une des galaxies la plus proche de la nôtre est dénommée Andromède ou M 31.

2. Le système solaire : Soleil, planètes, ceintures d'astéroïdes, comètes, météorites

- *Le système solaire* est formé par une étoile le Soleil et 8 planètes qui gravitent (tournent) autour de lui.

De la plus proche à la plus éloignée du Soleil, on a : Mercure, Venus, la **Terre*** (et son satellite naturel la Lune), Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.



Pluton représentait la 9^{ème} planète du système solaire. A partir de 2006, l'UAI (Union Astronomique Internationale : (Organisation chargée, entre autres, de la nomenclature astronomique) l'a reclassé comme une **planète naine**, une sorte de petit corps céleste qui ne peut être considérée comme une planète au même titre que les autres.

Pluton ne fait plus partie de notre système solaire. Elle est, ici, intégrée dans la 2^{ème} ceinture d'astéroïdes, celle de Kuiper.

- *Les planètes* sont subdivisées en 2 familles :

a. **Les planètes internes ou telluriques, les plus proches du Soleil : Mercure, Venus, la Terre et Mars.** Elles présentent une surface rocheuse, solide. Elles sont petites et denses ($d= 3,3$ à $5,5$). Elles ont peu ou pas de satellites (astres naturels qui gravitent autour d'une planète). Il s'agit de la Lune pour la Terre ; (Pour Mars, Phobos et Deimos)

b. **Les planètes géantes ou externes, les plus éloignées du Soleil : Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.** Elles plus volumineuses que les planètes internes. Elles possèdent un cortège de nombreux satellites (plus d'une quinzaine chacune) dont la taille peut être équivalente à celle de certaines planètes internes. Elles sont constituées essentiellement d'hydrogène et d'hélium.

- *Les ceintures d'astéroïdes* : Des astéroïdes regroupés forment 2 ceintures.

La première est disposée autour des planètes telluriques (entre les orbites de Mars et de Jupiter). La seconde est installée plus loin, au-delà de Neptune, et forme la ceinture de Kuiper.

- *Les comètes* sont des petits corps constitués d'un noyau de glace entouré de poussières. Lorsqu'elles passent près du Soleil, ou de toute autre étoile, les glaces se vaporisent. Accompagnées de poussières, elles forment ce qu'on appelle la « queue de la comète ». La plus connue est dénommée « Comète de Haley », visible tous les 70 ans.



Une étoile filante (ou météore) est une comète, dont la queue éclairée par le Soleil traverse le ciel.

-Les météorites sont des fragments rocheux ou métalliques (Fe et Ni) qui proviennent de l'espace, et plus particulièrement de la première ceinture d'astéroïdes. Celles qui atteignent la Terre sont le plus souvent vaporisées ou transformées en poussières. La surface de la Terre en reçoit des tonnes par année. Quelques rares grosses météorites arrivent sur Terre. Lors de leur chute, elles provoquent des creux (cratères de météorites).



(Gauche à droite) :
Météorite (métallique),
Simulation de l'impact
lors de la chute, cratère
de météorite.



Enfin, au-delà de la ceinture de Kuiper, on trouve le nuage d'Oort, considéré comme le berceau des comètes dont le nombre se chiffre en milliards. Toutes ces ceintures seraient les fragments de la nébuleuse primitive qui n'ont pas formé de planètes. Les étudier reviendrait donc à étudier cette nébuleuse et à remonter le temps d'une dizaine de milliards d'années...

3. Formation : Univers, galaxies, système solaire et la Terre

$$\left(\frac{\dot{R}}{R}\right)^2 + \frac{\Lambda c^2}{R^2} = \frac{8\pi}{3} G \rho + \frac{v^2}{R^2}$$

$$\frac{\ddot{R}}{R} = -\frac{4\pi G}{3} \left(\rho + 3\frac{P}{c^2}\right) + \frac{\Lambda}{3}$$

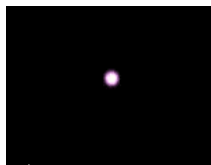
$$\dot{\rho} = -3\left(\frac{\dot{R}}{R}\right) \left(\rho + \frac{P}{c^2}\right)$$

Avant-propos : Les phénomènes astronomiques « Big Bang » (Big Crunch, Big Rip, Big Bounce ou Bound...) relatifs à la formation de l'Univers, ne sont pas des vérités. Ce sont des théories, des idées scientifiques discutables, mais néanmoins basées sur les Mathématiques, les Sciences Physiques et l'Astronomie. Dans les domaines des Sciences Naturelles ou Exactes, les idées évoluent, se développent, s'infirment ou se confirment au rythme des découvertes et progrès qui s'étalent sur des dizaines d'années et plusieurs générations de chercheurs. Cependant toute théorie reste acceptable tant qu'elle n'est pas détruite, supplantée par une autre.

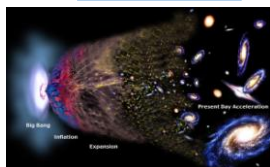
Dans cet exposé, la théorie du « Big Bang » est toujours valable. Elle est approfondie et complétée par d'autres théories tout aussi fascinantes, comme le « Big Crunch ».

- Univers :
 - **Big Bang :** « Explosion »

L'histoire de la formation de l'Univers, la plus connue, commençait par un évènement dénommé « Big Bang » (Grand Bruit résultant d'une explosion) et se serait déroulée comme suit : (Voir encadré)



À gauche :
Univers avant
l'explosion. À
droite le « Big
Bang »
En bas :
L'Univers en
expansion



A retenir : Il y a 13,7 milliards d'années, l'Univers avait une taille de quelques millimètres seulement, taille d'une tête d'épingle. Il était très dense et très chaud. La matière était concentrée, l'énergie également, jusqu'à un certain instant où elle explose et c'est le « Big Bang ».

Le « Big Bang » n'est pas une explosion survenue en un point précis. C'est une image qui exprime un mouvement violent, très rapide et d'expansion de l'Univers qui se déploie, s'étale.

Pour votre culture générale : Lorsqu'on dit que l'Univers avait la taille d'une tête d'épingle, il ne faut pas imaginer que cette « petite chose » était placée au milieu d'une « grande chose ». Cette petite chose c'était l'Univers tout entier et représentait l'infini, comme lorsqu'il devient grand.

Par ailleurs dans cette théorie, le Big Bang, représente le début, l'instant « zéro » de la naissance de l'Univers. L'existence d'un instant « zéro » dit « absolu », est nécessaire pour les théories mathématiques. Ces dernières ne peuvent cependant pas exiger des Sciences Physiques de le décrire, de le matérialiser. De ce fait pour l'esprit humain (l'intelligence humaine), il demeure inaccessible, mais cela ne permet pas de conclure qu'il n'existe pas.

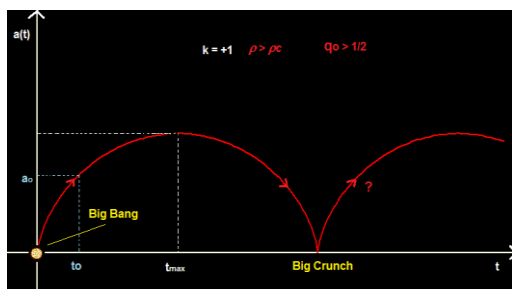
Comme on ne peut pas apporter de réponse au problème d'existence du « zéro absolu » on se pose une autre question : Qu'est-ce qu'il y avait avant l'instant « zéro du Big Bang »?

On ne peut pas répondre qu'il n'y avait rien : Imaginons que l'instant « Big Bang » représente l'horizon marin, limite au-delà de laquelle on ne voit rien, mais on ne peut pas dire que l'eau s'arrête là, qu'il n'y a plus rien derrière la ligne d'horizon, parce qu'on ne la voit plus.

Cette question amène à une autre théorie, celle du « Big Crunch »

- **Big Crunch (Craquement)**

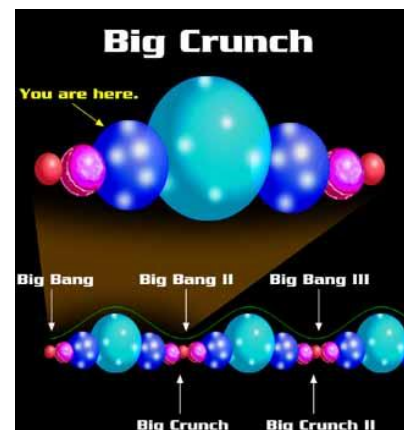
Des scientifiques vont au-delà de cet horizon cosmique et pensent que dans un passé lointain, l'Univers était vaste, toujours infini et semblable à l'Univers actuel. Au lieu d'être en expansion, comme aujourd'hui, il se contractait, se refermait sur lui-même. On dit qu'il s'effondre et devient tout petit avant d'exploser.



Le Big Crunch précède de très peu le Big Bang. D'autres termes existent pour signifier que l'Univers recommence, rebondit, renait. On parle de « Grand Bond » (« Big Bounce » « Big Bound » ou Big Rip)

Intérêt de la théorie du Big Crunch : Dans cette théorie, le « Big Bang » ne signifie plus : début, naissance de l'Univers, mais seulement un instant d'une de ses transformations. Il n'y aurait pas une seule « naissance » de l'Univers, mais plusieurs... (Photo de gauche)

Encore une fois, il s'agit de théories, mais pour le moment ce sont les scénarii les plus intéressants. Et même si notre esprit se heurte à ses propres limites, certaines sont et seront, semble-t-il, toujours dépassées.



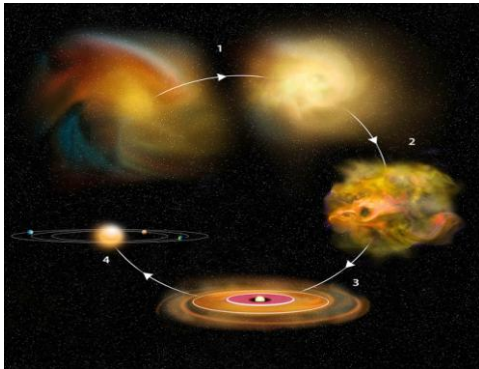
- **Galaxies : exemple de la Voie Lactée**

Deux milliards de galaxies formeraient l'Univers. Les galaxies ne se forment pas en même temps. La Voie Lactée daterait de 11 à 12 milliards d'années.

Les galaxies de même le système solaire et ses planètes se forment à partir d'un nuage de d'astres, de poussières et de gaz interstellaires. On parle de nébuleuse (principalement de gaz et de poussières)

Au départ, le nuage de gaz forme un assemblage cosmique à contours flous. On parle de « protogalaxie = presque une galaxie ». Sous l'effet de la gravitation, elle devient une galaxie d'abord irrégulière puis ce disque en spirale, décrit plus haut pour la Voie Lactée.

- **Système solaire**



Hypothèse de la formation du système solaire :

De 1 à 4 (sens des aiguilles d'une montre) :

- 1 : Nébuleuse étalée puis un peu plus condensée
- 2 : Le nuage devient plus dense
- 3 : Aplatissement, formation du Soleil au centre et prémices des orbites des futures planètes
- 4 : Quelques planètes et leurs orbites

Le système solaire s'est formé, il y a 4,5 à 4,6 milliards d'années par la condensation d'une nébuleuse ou nuage de gaz et de poussières. Ce nuage dense tourne sur lui-même, s'effondre et s'aplati sous l'effet de la gravitation.

Ce processus va durer environ cinquante millions d'années, jusqu'à ce que la température atteigne 15 millions de degrés. Des réactions (thermonucléaires : fusion de l'hydrogène) produisent un dégagement d'énergie colossal : c'est la formation d'abord d'une protoétoile qui deviendra le Soleil dont l'hydrogène ne cesse de brûler et brûlera encore durant 5 milliards d'années...

Autour du jeune Soleil, la matière poursuit sa gravitation (tourne) et commence à s'organiser. De petits grains de poussières, des astéroïdes s'agrègent et vont former d'abord les protoplanètes puis les planètes. Les particules pierreuses, denses sont attirées par le Soleil et vont former les planètes telluriques. Les gaz sont repoussés vers la périphérie (chauffés par le Soleil) pour former les planètes gazeuses. Les blocs (pierreux, gazeux...) qui ne sont pas intégrés dans les planètes, restent en orbite et forment les ceintures d'astéroïdes.



La « jeune Terre » bombardée par Théia

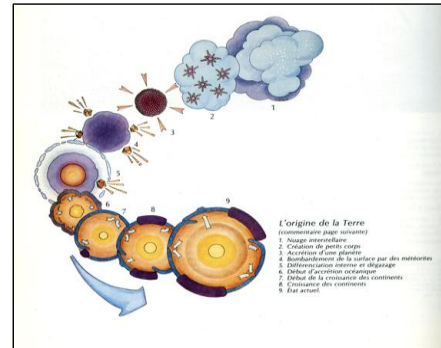
Cas de la Terre et de la Lune :

Une de ces planètes, qui deviendra la Terre, pendant qu'elle se forme, est percutée par un gros astéroïde (Théia). Il arrache une pellicule rocheuse éjectée dans l'espace. Cette matière s'agglutine à son tour, devient une boule plus petite que la Terre. C'est la Lune qui reste en orbite et devient le seul satellite naturel de notre planète. (On dit que la Lune est la fille de la Terre)

On pense, également que la Lune s'est formée par assemblage de plusieurs astéroïdes.

Pendant à peu près un milliard d'années, toutes les planètes se font bombarder par des astéroïdes et comètes. C'est le Soleil (vents solaires) qui assure la protection de ses planètes. Mais sans Jupiter autre protecteur spatial, la Terre ne serait pas ce qu'elle est aujourd'hui.

- La Terre



Hypothèse de la formation de la Terre : Le processus est semblable aux précédents. **A retenir**

Il y a 4,56 milliards d'années, à peu près en même temps que le Soleil.

Le processus est semblable aux précédents. Un gros nuage (nébuleuse) d'astéroïdes tourne sur lui-même (Photo, à gauche).

Il renferme des particules de fer, de nickel. Par agglomération, est sous l'effet de la force centrifuge ces particules lourdes vont se retrouver au cœur du nuage et constituer le noyau de la future Terre (densité moyenne 12,5).

Les particules les plus légères, oxygène, silicium, aluminium, sont rejetés vers la périphérie. En s'agglutinant, elles vont former les roches de la croûte terrestre (densité moyenne 2,7 à 5). (Schéma/droite).

- La Terre : dimensions et forme

Dimension :

- | | |
|--|--|
| - Le rayon équatorial : 6.378,136 km | Le rayon polaire : 6.356,752 km |
| - Superficie : 510.059.000 km ² | Volume : 1.083.320.000 km ³ |
| - Masse : 9,98.10 ²⁴ kg | Densité moyenne : 5,51 |

Forme de la Terre :

La Terre n'est pas une sphère. Elle est légèrement aplatie aux pôles. On dit que la Terre est un ellipsoïde de révolution (section équatoriale équivalente à un cercle).

La science qui étudie la forme de la Terre est la géodésie.

Géoïde : Surface de la Terre en géodésie ou surface moyenne de la Terre, proche du niveau des mers, déterminée par convention.

- Distance Terre /Lune : **385.000 km** (en arrondi) - Distance Terre/Soleil : **150 millions de km** (Qui représentent une UA : Unité Astronomique) - Distance Terre/Neptune : **4.687.000.000 km**

En astronomie, les distances sont le plus souvent données en années-lumière :

(Distance parcourue par la lumière en une année). Une année lumière est une unité de longueur équivalente à 9.500 milliards de km.