

Les étoiles, l'univers et nous



constellation d'Orion

Quand on regarde les étoiles, le soir, on est émerveillé ; on rêve, on se pose des questions : que voit-on au juste ? Que sont ces objets brillants, depuis quand sont-ils là, comment se peut-il qu'ils soient si nombreux ?

On rêve, et on se dit qu'on ne sait pas grand chose. Il ne nous viendrait pas à l'idée qu'à l'école, on aurait pu nous enseigner des choses passionnantes là-dessus. Non, on accepte, comme beaucoup de choses. On accepte notre ignorance, et on se console en se disant que peut-être, si on avait les réponses, les rêves seraient moins beaux...

LES ERREURS DE NOS IMPRESSIONS

A l'œil nu, on peut dire que nous voyons deux sortes d'objets dans le ciel. Des objets qui semblent étendus, la Lune, le Soleil le jour. Et des points lumineux, que nous nommons étoiles. On peut aussi dire que certains objets se déplacent lentement, comme la Lune, d'autres plus vite comme les étoiles filantes.



« étoile » filante

Eh bien, notre œil nous trompe. Tous les objets que nous voyons, Soleil, Lune, et points lumineux sont tous étendus, et certains, qui semblent minuscules, sont gigantesques. C'est leur éloignement qui leur donne à nos yeux l'aspect d'un point.

Les étoiles filantes n'ont rien à voir avec les étoiles. Ce sont des météorites, des pierres, qui circulent dans certaines régions de l'Espace, et qui peuvent être attirés par la Terre quand ils s'en approchent. Les météorites s'enflamment en se frottant aux gaz de notre atmosphère. Quelquefois, une roche peut être énorme : on parle alors de météore. L'impact sur notre sol provoque un cratère. C'est peut-être un impact de ce genre qui, il y a 65 millions d'années, a bouleversé le climat sur Terre et fait disparaître les dinosaures.



cratères sur la Lune

Et puis, la Lune et le Soleil ne sont pas du tout de même nature. Si, les soirs de pleine Lune, on a l'agréable impression d'être éclairé par la Lune, de la même façon que dans la journée par le Soleil, c'est une erreur. C'est le Soleil qui éclaire la Lune, et la Lune ne fait que nous renvoyer un peu de cette lumière.

Si on y réfléchit, le fait que la Lune change d'aspect selon les soirs,

passant par des croissants intermédiaires entre la pleine Lune et la nuit noire, c'est bien une preuve que cet objet n'émet pas de lui-même la lumière.

Il n'y a aucune honte à être trompé par nos impressions. C'est arrivé -et ça arrive toujours- aux hommes qui font le plus marcher leur tête. On a ainsi cru que les étoiles n'étaient que des roches en fusion éloignées, ou des trous dans un immense manteau qui recouvrait le ciel pendant la nuit ; que le Soleil tournait autour de la Terre ; ou bien qu'elle était plate.

LA CONNAISSANCE EST DERANGEANTE



Vénus

En 1610, l'italien Galilée, en observant Vénus avec une lunette, découvre qu'elle aussi passe par des croissants comme la Lune. Il en conclut que le Soleil est au centre du système qu'on appelle aujourd'hui le système solaire. Et que la Terre, la Lune et les autres planètes, tournent toutes autour du Soleil, en étant éclairées par lui.

Cette démonstration contredit les savants de l'époque qui font partie de l'Eglise. Celle-ci, pour ne pas perdre son autorité, mène la guerre à Galilée. Le pape lui interdit de publier son texte. On l'oblige à déclarer ses textes faux, et il fera un an de prison, à 69 ans

La connaissance du monde a été très longtemps difficile à percer, fragile à se maintenir. Les premières civilisations considéraient souvent la Terre plate. Seuls, les Grecs vers 500 avant Jésus-Christ, ont compris que la Terre est ronde. Peuple de marins, ils ont vu que derrière un horizon proche, on ne voyait plus les navires. Et ils avaient deviné la courbure de la Terre.



La Terre

Mais cette découverte va être perdue longtemps, pendant 1 000 ans, au Moyen Age. La civilisation recule. Et l'Eglise s'en tient à la Bible. La Bible dit que la Terre est plate, et que Jérusalem en est le centre.

Les découvertes ont longtemps été un travail artisanal, fragile, comme celui de Galilée. En 1600, l'Eglise avait brûlé vif sur un bûcher Giordano Bruno, un philosophe italien, simplement parce qu'il défendait l'idée que l'univers pouvait être infini.

Ce n'est que récemment, depuis deux siècles avec la révolution industrielle, que les connaissances sont devenues nombreuses, le fait de nombreuses équipes, et qu'elles sont soutenues officiellement. Et elles progressent maintenant à grande vitesse.

LE SOLEIL ET LA VIE SUR TERRE

Les techniques modernes nous disent d'abord que le Soleil est une étoile. Une étoile comme les autres, sauf que son rayonnement est si proche de nous qu'il nous empêche de voir les étoiles le jour. On peut aussi dire que les étoiles sont des soleils, mais elles sont si loin que leur lumière



Soleil

ne nous réchauffe pas.

La Terre serait froide sans la chaleur qui nous vient du Soleil. Les régions de la Terre les plus froides, le sont parce qu'elles en sont plus éloignées. Sans ce Soleil, les eaux de nos océans seraient un lac dormant ou glacé. Le soleil apporte toute une animation : des courants chauds y circulent, de l'eau s'évapore, devient nuages, pluie, et la pluie apporte la vie sur terre.



Système solaire

L'énergie que nous croyons fabriquer de nos mains sur Terre vient en fait du Soleil. Le courant de nos ampoules est fabriqué par une centrale électrique. Quand la centrale est hydraulique, c'est le Soleil qui est à l'origine du mouvement de l'eau ; quand c'est une centrale au fuel ou au charbon, c'est le Soleil des temps préhistoriques qui a fabriqué le pétrole, ou le charbon, car ce ne sont que des accumulations de plantes des temps passés.



Mars

Il y a 8 planètes comme la Terre qui tournent autour du Soleil. Mercure et Vénus, les plus proches de lui, sont trop près pour la vie : l'eau qui pouvait s'y trouver s'est évaporée. Sur les autres, au contraire plus loin du Soleil, c'est l'inverse : sur Mars, il fait -60° , et l'eau ne peut que geler.

Les 4 premières planètes : Mercure, Vénus, Terre, et Mars ont en gros la même taille. Les 4 suivantes sont à la fois bien plus grosses et bien plus lointaines. Ce sont en fait plutôt des sortes de boules de gaz. On a envoyé un vaisseau spatial survoler et plonger sur Jupiter et Saturne, pas encore sur Uranus et Neptune, les plus éloignées.



Saturne

En proportion, si la Terre et les planètes proches du Soleil étaient réduites à des têtes d'épingle, les autres auraient la taille d'une bille. Quant au Soleil, ce serait une boule de... un mètre cinquante de diamètre.

LA GRAVITÉ

Pourquoi ce système tient-il ainsi ? Pourquoi les planètes ne partent pas bien plus loin du Soleil, ou à l'inverse ne vont pas s'écraser sur lui ? C'est l'Anglais Newton qui a apporté la réponse, au début des années 1700.



Newton

Si le système tient, c'est qu'il s'y est établi un équilibre. Les objets qui n'ont pas répondu à cet équilibre se sont effectivement soit envolés dans l'espace, soit écrasés sur le Soleil ou sur une planète. Pour simplifier la compréhension, voyons juste ce qui se passe entre la Terre et le Soleil. La tête d'épingle qu'est la Terre est attirée par l'immense masse du Soleil, comme un ballon de football retombe toujours sur Terre, attiré par la masse de la Terre : cette force, c'est la gravitation.

Heureusement, cette force diminue beaucoup lorsque la distance s'éloigne. Heureusement aussi, il existe la possibilité qu'une force contraire l'équilibre. C'est la force centrifuge. C'est elle qui nous maintient collé à notre siège dans un manège, au lieu de tomber. Si la Terre tourne régulièrement autour du Soleil, c'est qu'il y a un exact équilibre entre la gravitation et la force centrifuge, due au mouvement de rotation de la Terre autour du Soleil.

DES DISTANCES ET UN VIDE ENORMES



soleil couchant

Quand on allume le courant dans une pièce, on a l'impression que cette lumière éclaire instantanément tout ce qui s'y trouve. Encore une fois, nos impressions sont fausses. La lumière prend son temps : elle part du filament de l'ampoule, et voyage dans le vide pour arriver sur les murs, sur nous, ou au plafond. Mais elle voyage très vite, à 300 000 kilomètres par seconde. A cette vitesse, elle pourrait faire 7 fois le tour de la Terre en une seconde.



nébuleuse d'Orion

La lumière qui part du Soleil et qui nous aveugle si nous le voyons en face, a mis 8 minutes depuis le moment où elle est partie de sa surface. Les astronomes disent que nous sommes à 8 minutes-lumière du Soleil. Ils préfèrent dire cela qu'utiliser nos petits kilomètres ; car sinon, il faudrait dire 150 millions de kilomètres.

Si on sort du système solaire, les distances deviennent... astronomiques. La nébuleuse d'Orion est située à 13 millions de milliards de kilomètres. On préfère donc dire qu'elle est à 1300 années-lumière. La lumière met 1300 ans pour parcourir la distance qui nous en sépare. L'étoile la plus proche de nous est à 4 années-lumière (Proxima du Centaure).

UN MILLIARD DE GALAXIES



Voie lactée

Quand la nuit est bien noire et qu'on voit beaucoup d'étoiles, on a l'impression que les étoiles sont réparties n'importe comment, avec une concentration plus grande sur une longue bande qui partage le ciel, qu'on appelle Voie lactée. Encore une fausse impression. Les étoiles sont en fait regroupées dans de très nombreux ensembles qu'on appelle galaxies.

La galaxie à laquelle appartient le Soleil contient 200 milliards d'étoiles. Vue de l'extérieur, elle a l'aspect d'un disque renflé au centre, avec des bras enroulés en spirales à l'extérieur. Ce disque est large de 90 000 années-lumière. Le Soleil se trouve à 15 000 années-lumière du bord.

Quand nous regardons le ciel en direction du centre de cette galaxie, cette concentration d'étoiles nous donne l'impression d'une bande blanchâtre ; nous voyons en fait la galaxie par la tranche.



galaxie d'Andromède

Une galaxie se comporte dans son ensemble comme un immense objet, et il va se passer entre les diverses galaxies des phénomènes du même genre que ceux qui règlent le système solaire. Nous avons ainsi une galaxie sœur, Andromède, située à 3 millions d'années-lumière ; et les deux galaxies tournent en équilibre autour du centre de gravité commun.

Combien existe-t-il de galaxies ? On estime à un milliard leur nombre. Et avec chacune, en moyenne, 100 milliards d'étoiles. Pour notre œil, ces autres galaxies sont si lointaines qu'il les voit comme de simples étoiles.

On a enfin découvert que les galaxies sont regroupées en amas. Le notre n'est pas très riche, il en contient une vingtaine.

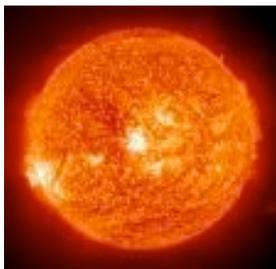
QU'EST-CE QU'UNE ETOILE ?



Soleil en coupe

Même sans pouvoir s'en approcher, on a réussi à apprendre beaucoup de choses sur les étoiles. Si on fait passer la lumière d'une étoile dans un prisme, juste deux lames de verre qui font un angle entre elles, elle se décompose en diverses couleurs. Chaque couleur nous donne une indication sur la composition de la surface de l'étoile. En mesurant la luminosité (c'est une donnée qui ne dépend pas de la distance), on peut calculer le rayon de l'étoile. En observant le mouvement d'une étoile autour d'une autre, on peut trouver son poids.

Une étoile est une sphère de gaz : 90% d'hydrogène, et 9% d'hélium pour la plupart. Les astronomes les classent en 4 tailles : sous-naines pour les plus petites, naines ensuite -le Soleil fait partie de cette catégorie-, puis géantes, et supergéantes.



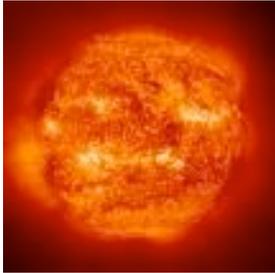
taches solaires

L'énergie, la chaleur, la lumière, qui part du Soleil, et de toutes les étoiles vient d'une réaction atomique, nucléaire. Le Soleil, les étoiles, sont une véritable bombe thermonucléaire, mais qui au lieu d'exploser en une fraction de seconde, fonctionne pendant des millions d'années.

La réaction actuelle qui se produit dans le Soleil, utilise comme combustible l'hydrogène. Au niveau le plus petit qui constitue la matière, au niveau de l'atome, l'hydrogène est l'atome le plus simple et le plus léger qui existe. La température est si énorme au cœur du Soleil - 15 millions de degrés - qu'une fusion des atomes d'hydrogène a lieu, et les transforme : ils s'accouplent deux par deux, ce qui donne des atomes d'hélium. Chaque seconde, 600 millions de tonnes d'hydrogène sont converties en hélium.

LA VIE D'UNE ETOILE

Ces réactions peuvent être étudiées, sur de toutes petites quantités d'atomes, dans les laboratoires de physique nucléaire. On a ainsi calculé que le Soleil est en train d'augmenter sa luminosité, de 10% tous les milliards d'années.



représentation de
« géante rouge »

Quand la température centrale du Soleil arrivera à 100 millions de degrés, c'est cette fois l'hélium qui va réagir, et fusionner. Une nouvelle réaction nucléaire commencera, où l'hélium sera le combustible. Il va fabriquer cette fois du carbone, et de l'oxygène.

Certaines étoiles sont ainsi capables de fabriquer successivement de nombreux atomes, hélium, carbone, oxygène, silicium, jusqu'au fer. En réalité, c'est au cœur des étoiles que se sont fabriqués ces atomes, et nulle part ailleurs. Les étoiles sont d'immenses fours, qui transforment les atomes les plus simples de départ, l'hydrogène, en atomes de plus en plus variés, et ayant d'autres propriétés.

Tous les atomes qui font les objets qui nous entourent, verre, bois, métaux, os ou chair humaine, sont des descendants du gaz hydrogène initial, et ont été fabriqués au cœur des étoiles.

LES GEANTES ROUGES

La prochaine étape de la vie du Soleil est promise pour dans 5 milliards d'années. Pendant que le cœur va se contracter, son enveloppe de gaz va elle, gonfler. Le Soleil, de naine qu'il est actuellement, deviendra une géante rouge. Il sera alors si gros qu'il englobera la Terre elle-même.

Les étoiles géantes ne vivent pas longtemps. Dans les naines, la consommation d'hydrogène peut durer des milliards d'années. Dans les géantes, la fusion de l'hélium ne dure que quelques centaines de milliers d'années. Ensuite, tout s'accélère : l'oxygène est consommé en quelques mois, le silicium en une journée.



dentelle du Cygne

A ce stade, l'équilibre des forces qui maintenait l'étoile est cassé. La pression des réactions nucléaires manque. La gravitation l'emporte : le cœur qui contient le fer s'écrase sur lui-même, rebondit violemment et explose, en envoyant dans l'espace toutes les sortes d'atomes qu'elle a donc fabriqués. On appelle cette explosion une supernova.

Depuis l'an 1000, on a observé 5 explosions de ce genre, qu'on appelle supernovae, dans notre galaxie, la plus récente en 1987. Il reste à la place de l'ancienne étoile, selon les cas, une naine blanche, une étoile à neutrons ou un trou noir.

DES ASTRES MORTS : NAINES BLANCHES, ETOILES A NEUTRONS, TROUS NOIRS

Plusieurs morts sont donc possibles. Une naine blanche est une sorte de diamant géant, de carbone (comme nos petits diamants terrestres) et d'oxygène, de l'ordre de grandeur de la Terre. Elle finira à la longue par devenir une naine noire, froide et dure.



télescopes

Les étoiles les plus denses finissent en étoiles à neutrons. D'à peine 10 km de rayon, cette étoile incroyablement dense se comporte comme un phare, et tourne très vite sur elle-même en envoyant des ondes radio. On en a détecté plus de 400. (On les appelle aussi pulsars.)

Enfin, d'après les formules de calcul, il y a des cas où la masse de l'étoile effondrée est si forte qu'elle empêche toute lumière d'en partir. C'est le fameux phénomène du trou noir. Un objet existe, mais il nous sera invisible. On comprend donc qu'il est encore difficile de prouver entièrement cette existence.

Mais on connaît une dizaine d'endroits où seule la présence d'un corps, pour l'instant invisible, peut expliquer le mouvement de l'étoile qu'on observe.

L'HISTOIRE DE L'UNIVERS

Les étoiles vivent et meurent. Et on imagine donc qu'elles naissent. D'ailleurs, on peut déterminer leur âge. Mais là encore, on n'a pas observé d'étoile en train de naître. Sans doute est-ce par un effondrement d'une masse de gaz hydrogène, ou de débris d'anciennes explosions d'étoiles.

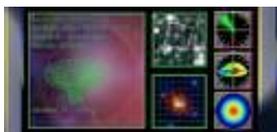


radiotélescope

Par contre, on a découvert que l'univers tout entier a aussi sa propre histoire. En 1929, une équipe américaine s'aperçoit que toutes les galaxies s'éloignent les unes des autres. Un peu comme des raisins secs à l'intérieur d'une pâte de brioche en train de gonfler.

L'idée que l'univers est en expansion, en train de gonfler, retient alors toutes les attentions. On mesure les vitesses à laquelle chaque galaxie s'éloigne de ses voisines, les distances. On échafaude des calculs. Et on arrive à l'hypothèse du big bang. La situation actuelle du monde serait le produit d'une explosion, il y a environ 12 milliards d'années.

Selon cette théorie, il y a plus de 12 milliards d'années, il n'y a que le vide. Mais le vide est étrange. Selon nos impressions, du vide, c'est rien. Mais cela n'existe pas pour les physiciens. Par exemple, les ondes radio, télé, etc. traversent le vide. Il suffirait d'y mettre un poste pour les capter. Pire, de l'énergie y circule, qui peut donner naissance à un mélange de matière et d'antimatière, qui s'annule et redevient vide instantanément.



étude des images reçues

Le vide d'avant le big bang est encore plus étrange. Il est minuscule et serait immensément dense. En raison de ses phénomènes internes, cette goutte d'espace se serait soudain mise à gonfler. Alors, particules élémentaires, rayonnements seraient apparus. La température, de mille milliards de degrés, va baisser au fur et à mesure que cet espace enfle. Au bout d'un million d'années, la baisse de température permet au premier atome d'apparaître : c'est l'hydrogène, le plus simple et le plus léger des atomes. Il va constituer 90% de l'univers.



télescope Hubble

Au bout de 15 millions d'années, les concentrations locales de ce gaz vont subir la gravitation, et s'effondrer sur elles-mêmes. Ce sera la naissance des premières étoiles. Il faudra ensuite plusieurs milliards d'années pour que la première génération d'étoiles finisse de brûler son hydrogène, et rapidement, fabrique les autres atomes, avant de mourir en envoyant dans l'espace tous ces nouveaux produits.

Notre Soleil fait partie d'une génération après. Il ne date que de 4,5 milliards d'années. Son cœur s'est allumé pendant qu'autour de lui, se sont condensées les roches qui vont former les planètes.

La Terre et les planètes proches, contrairement au Soleil ou aux étoiles, contiennent peu d'hydrogène et d'hélium, mais concentrent des atomes plus lourds, comme le carbone, le silicium, le fer. Comme ils ne peuvent pas venir du Soleil, ces atomes ont donc été fabriqués dans une ancienne étoile qui a explosé dans la région.

LES ETOILES ET LA VIE



Au moment même où on a commencé à comprendre l'histoire de l'Univers, dans d'autres domaines, on comprenait que la vie était apparue sur Terre par des réactions chimiques simples au départ, puis de plus en plus complexes.

Et on a compris notamment que la vie, telle que nous la connaissons, des premiers microbes d'il y a 3,5 milliards d'années, aux plantes, et jusqu'à l'homme apparu il y a 3,5 millions d'années, la vie sous toutes ces formes est entièrement basée sur des atomes lourds indispensables : le carbone, l'oxygène, le silicium, le fer.

La vie sur Terre a donc été préparée au cœur des étoiles.

DES REPONSES ET DES QUESTIONS

Des questions, les astronomes en ont sans cesse de nouvelles. La naissance d'une étoile n'a jamais été observée, celle des trous noirs reste à améliorer. Le calcul de l'âge des amas de galaxies donne un résultat qui ne tient pas : de 13 à 16 milliards d'années, ce qui est plus vieux que l'univers.



amas des Pléiades

On ne sait pas non plus bien juger du poids total de l'univers. Or, selon qu'il dépasse ou pas un certain poids, son avenir lointain serait très différent. Dans un cas, la gravitation finirait par inverser un jour le mouvement général d'expansion, et on entrerait dans une phase de contraction. Sinon, rien ne s'opposerait à l'expansion actuelle, et l'univers, à la longue, irait vers un refroidissement général...

Et puis, bien sûr, on se pose la question de savoir si une vie existe ailleurs que sur terre. Vu l'immense nombre des étoiles, il y a de bonnes chances. Mais on n'a à ce jour aucune preuve de cette existence.



galaxies

On se retrouve donc avec de nouvelles questions. C'est ainsi que la science avance. Mais, on a maintenant une réponse qui dépasse toutes ces questions. On a sous les yeux le film d'une histoire unique, universelle, qui part des débuts de monde, va jusqu'à nous, et où l'histoire de la vie naît de l'histoire de la matière.

Quand on regarde les étoiles, on peut se dire : c'est là-dedans que sont nés les atomes qui constituent mon sol, qui constituent mon sang, mes yeux et mon cerveau. Et c'est ensuite sur cette petite Terre, à l'abri de la combustion terrible des étoiles que ces atomes se sont combinés pour me faire naître.

Alors que nous n'avons jamais tant su de choses sur notre univers, la société ne se préoccupe guère que ces connaissances soient transmises largement. Le résultat est que la population reste enfermée dans les vieilles croyances, les superstitions, la peur de la fin du monde, les illusions et les supercheries de l'astrologie.



nébuleuse

Les connaissances, la compréhension du monde, sont encore réservées à une élite. Comprendre le monde, et comprendre notre place dans ce monde, quoi de plus merveilleux, de plus enthousiasmant ? Non seulement, cela n'empêche pas de continuer à rêver, mais on en devient moins craintif, plus adulte.

La soif de comprendre et la soif de justice sont des sentiments très proches.

Juillet 1998 (pour le texte)

Nous avons choisi de mettre ce texte en ligne en 2010 sans le modifier ; quelques chiffres sur le nombre de découvertes, ou encore la mention des exo planètes, des planètes découvertes en dehors du système solaire, seraient à préciser.