

LE BIG BANG

C'est à dire l'origine du monde, selon Hubble, Lemaitre, Einstein et les autres. (Tant pis pour Gustave Courbet).

LES COSMOGONIES AVANT 1930

Toutes les sociétés traditionnelles ont voulu raconter l'histoire du monde à travers des récits mythiques de grande valeur symbolique et poétique, mais un besoin irréprensible de discours plus réalistes s'exprime dès l'antiquité. Le cosmos est-il éternel ou engendré ? Fini ou infini ? Platon est partisan d'un monde créé par le "Démurge" (Timée), Aristote d'un monde éternel, sans création (Du ciel). Dans la tradition hindouiste, les phases de création et de destruction du monde se succèdent périodiquement, au rythme du souffle de Brahma.

Le passage du "Cosmos" des grecs à l'"Univers" moderne ne s'est pas fait sans peine. Giordano Bruno (1548 - 1600) reprend et dépasse largement Copernic, explosant la sphère des étoiles fixes : « Il n'y a aucun astre au milieu de l'univers, parce que celui-ci s'étend également dans toutes les directions » ... « Il est donc d'innombrables soleils et un nombre infini de terres tournant autour de ces soleils » Il lui en cuira ... Mais en 1686, Fontenelle publie sans problème son "Entretiens sur la pluralité des mondes" où il peuple allègrement la Lune et toutes les planètes. Titre du 5^{ème} soir : « Que les étoiles fixes sont autant de soleils dont chacun éclaire un monde. » Au début du vingtième siècle, on pense que notre galaxie, y compris les nébuleuses, constitue l'ensemble de l'univers. Presque 400 000 objets célestes sont répertoriés.

Au cours des âges, L'univers apparaît de plus en plus vaste, mais aussi de plus en plus vieux. En étudiant la Bible, les exégètes ont évalué la durée s'écoulant entre la création du monde et la naissance du Christ dans une fourchette allant de 3500 à 7000 ans. Descartes a écrit un traité de cosmologie vers 1630, qui ne sera publié prudemment que quatorze ans après sa mort sous le titre "Le Monde de M. Descartes". En 1680, le passage d'une comète met dans l'air du temps les théories "catastrophistes" sur l'origine du système solaire ; Buffon s'en inspire dans "Théorie de la Terre" (1749) et "Les Epoques de la Nature" (1778) : en considérant que la Terre était initialement une sphère chauffée au rouge, il évalue qu'il lui a fallu environ dix millions d'années pour atteindre sa température actuelle. Mais, prudent, il n'annonce qu'une durée de 74000 ans. Au XIX^{ème} siècle, géologues et physiciens évaluent l'âge de la Terre en millions ou en milliards d'années.

L'univers est majoritairement considéré comme stable depuis sa création. Pourtant, en 1755, E. Kant (1724 - 1804) publie une "Histoire Générale de la Nature et Théorie du Ciel" dans laquelle il envisage déjà une matière gazeuse qui se contracte sous l'effet de la gravitation pour former le système solaire.

F. Engels (1820 - 1895) le salue avec enthousiasme dans "Dialectique de la nature" (1883) : « Pour la première fois s'est trouvée ébranlée l'idée que la nature n'a pas d'histoire dans le temps. »

Mais, au fait, peut-on considérer que l'univers - ensemble de tous les objets physiques - est un objet physique comme les autres ? Le caractère scientifique de la cosmologie (et à fortiori de la cosmogonie) reste critiquable pour certains. Position bien résumée par P. Valéry : « Comment acquérir le concept de ce qui ne s'oppose à rien, qui ne rejette rien, qui ne ressemble à rien. » (Variété - Œuvres I - La Pléiade 1957).

LE BIG BANG

Quelques “prolégomènes“ :

Les puissances de 10.

Un nombre multiplié par lui même plusieurs fois s'appelle une puissance : $a \times a \times a \dots n$ fois se note a^n (a puissance n) et n s'appelle alors l'exposant.

*Appliqué à 10, cela donne : $10 \times 10 = 100 = 10^2$; $1000 = 10 \times 10 \times 10 = 100 \times 10 = 10^3$
Finalement : 1 suivi de n zéros s'écrit plus commodément 10^n .*

Par exemple, mille milliards de mille sabords = 10^{15} sabords.

Quelques repères : mille = 10^3 ; (préfixe kilo) million = 10^6 ; (préfixe méga) milliard = 10^9 ; (préfixe giga).

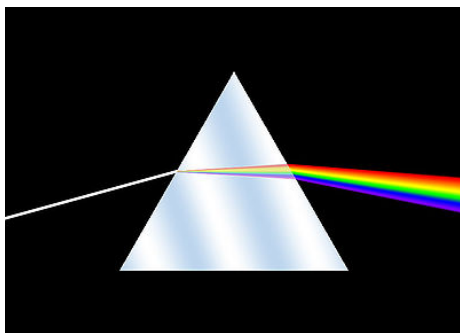
Les puissances négatives : $10^{-n} = 1/10^n = 0,00\dots 1$ avec n zéros après la virgule. Par exemple, $10^6 =$ un million, $10^{-6} =$ un millionième,

Justification : $10^3 = 100 \times 10 = 10^2 \times 10^1$: quand on multiplie des puissances (d'un même nombre), les exposants s'ajoutent.

$1000 / 100 = 10$; si on veut appliquer la règle des multiplications de puissance, il faut réécrire l'opération sous la forme $1000 \times 1 / 100 = 10^3 \times 10^{-2}$, puis réécrire $1 / 100 = 10^{-2}$;

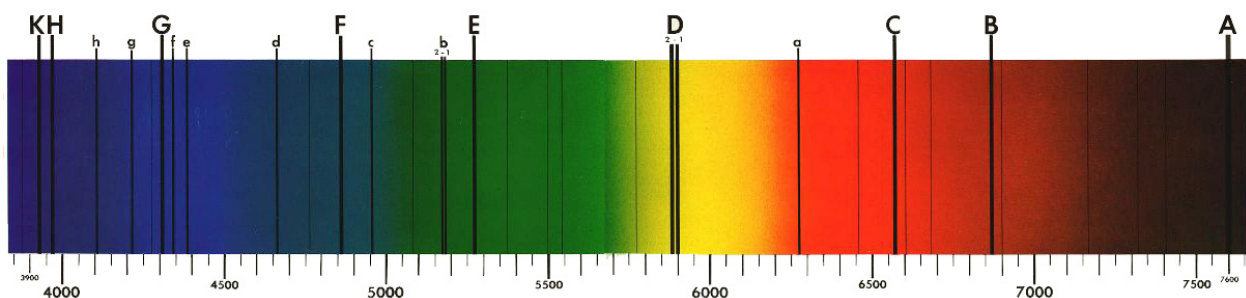
Ainsi fait, on a bien $10^3 \times 10^{-2} = 10^1$.

La spectroscopie.



Les premières expériences sur l'analyse de la lumière sont dues à Newton (1666 - 1668).

La source lumineuse (blanche) est placée devant une fente (perpendiculaire au plan de figure), et on observe sur un écran l'étalement des couleurs de l'arc-en-ciel, correspondant à autant d'images de la fente qu'il y a de couleurs présentes dans la lumière analysée.



Dès 1814, Fraunhofer réalise plus finement le spectre de la lumière solaire, et constate la présence de raies d'absorption sur le fond continu. Bunsen retrouve les mêmes raies d'absorption dans le jaune dans le spectre d'une lumière traversant de la vapeur de sodium.

Selon les cas les spectres sont constitués d'un fond continu sur lequel s'ajoutent des raies noires (raies d'absorption) ou des raies plus brillantes (raies d'émission). La présence d'un système de raies dans un spectre apparaît comme un signe de la présence d'un élément chimique, au laboratoire aussi bien que dans la lumière provenant d'un astre éloigné. En 1875, l'hydrogène est identifié par les quatre raies visibles de la “série de Balmer“, et sa présence prépondérante dans l'univers est confirmée.

La spectroscopie a d'abord concerné la lumière visible, puis a été appliquée aux autres

domaines des radiations électromagnétiques : ondes radio, I.R. , U.V. , R.X. et R.γ. Toutes les informations dont nous disposons sur les astres éloignés (composition, température, etc.) proviennent d'analyses spectroscopiques. Il faudra attendre la théorie quantique pour comprendre l'existence de ces spectres de raies.

L'effet Doppler.

Tout le monde a pu constater l'effet Doppler acoustique (par exemple quand vous croisez une ambulance dans le trafic). Une onde acoustique ressemble à des vagues qui viennent frapper nos tympans à intervalles réguliers : plus la fréquence du phénomène est grande, plus le son perçu nous semble aigu. Quand on se dirige rapidement vers une source sonore, les vagues successives de l'onde acoustique frappent nos tympans à intervalles de temps plus rapprochés : la période apparente du son est plus courte, la fréquence plus grande, et on perçoit un son apparent encore plus aigu. Au contraire, le son apparent est plus grave quand on s'éloigne de la source.

Le même phénomène se produit avec les ondes lumineuses, mais pour des vitesses de déplacement beaucoup plus grandes, hors d'accès dans la vie courante. L'éloignement relatif de la source et du récepteur se manifeste alors par un déplacement de toutes les couleurs vers le rouge (l'équivalent d'un son plus grave : fréquence plus faible, longueur d'onde plus grande).

L'univers en expansion

Vers 1912, Henrietta Leavitt (1868 - 1921) étudie la relation entre la luminosité de certaines étoiles variables et la fréquence de leur pulsation qui permet de déterminer leur distance.



A la même époque, des astronomes observent dans la lumière émise par des objets lointains les raies spectrales habituelles (en particulier celles de l'hydrogène), mais décalées vers le rouge : donc, ils s'éloignent de nous !

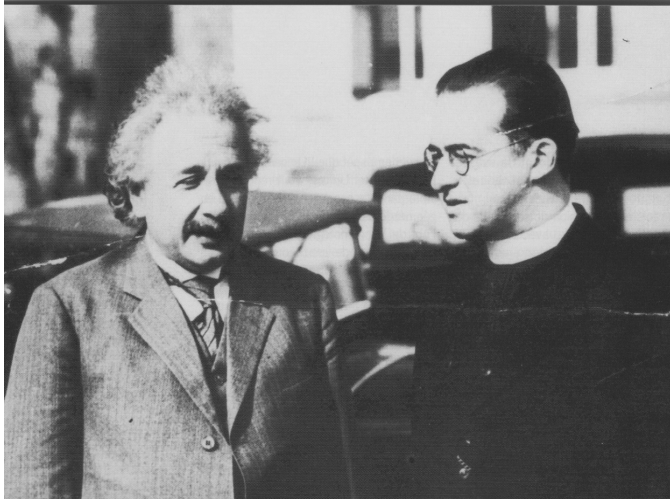
En 1925, l'astronome américain Edwin Hubble montre que les nébuleuses spirales sont des objets extra-galactiques ; en 1929, il énonce la loi qui porte son nom : la vitesse d'éloignement d'une galaxie est proportionnelle à sa distance à l'observateur.

La mesure du coefficient de proportionnalité (Constante de Hubble H) est encore problématique.

L'histoire du monde :

Le mathématicien russe Alexandre Friedmann traite le problème de l'évolution de l'univers dans le cadre de la relativité générale ; malheureusement, son décès en 1925 le prive de la confirmation expérimentale de sa thèse. Dès 1927, Georges Lemaitre publie un article fondamental : « Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques. » Il confirme ses idées dans deux articles à "Nature" et à "Monthly Notices" en 1931 : en passant le film de l'expansion à l'envers, on conçoit que l'univers ait été contracté sous forme d'un "atome primitif" (l'expression est de G. Lemaitre), mais il faut se garder d'une vision simpliste : ceci se situe dans le cadre de la relativité générale. Il ne s'agit pas d'un objet qui explose et remplit un espace infini préexistant, et ce ne sont pas les galaxies qui s'éloignent, mais l'univers qui se dilate globalement. Un ballon de baudruche marqué de taches et qui se gonfle donne une image intuitive acceptable (réduite à deux dimensions) du phénomène : des êtres plats (pour

être aussi à deux dimensions) habitant sur une des taches ont l'impression que les autres taches s'éloignent dans toutes les directions, tout en ayant l'impression d'être au centre de cet univers fini, mais sans frontière.



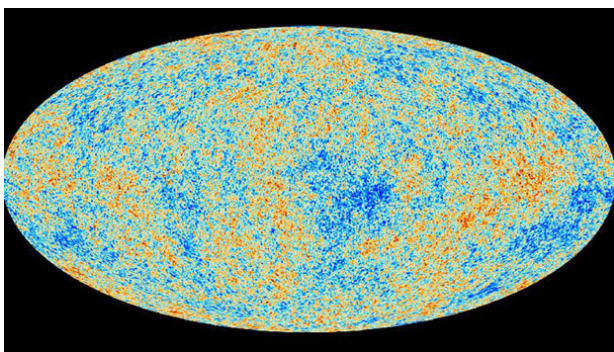
A. Einstein avait adapté en 1915 sa théorie de la relativité générale en faisant intervenir une "constante cosmologique" pour justifier la - supposée - stabilité de l'univers.

Se ralliant à la théorie de l'univers en expansion, il dira plus tard que c'était "la plus grave erreur de sa vie". Mais il réfutera à priori tout ce qui pourrait ressembler à une création de l'univers.

Le scénario de l'histoire de l'univers va s'affiner petit à petit. Les progrès réalisés en physique nucléaire (en 1931, on ignorait le neutron !) permettent à G. Gamow de comprendre en 1948 comment l'hydrogène et l'hélium se sont formés dans les premières minutes.

Le 25 mars 1949, Fred Hoyle, opposant aux théories de l'univers en expansion, invente par dérision le terme "Big Bang" au cours d'une émission de radio.

La théorie prévoyait que l'univers se refroidissant en se dilatant devait être arrivé à une température de fond d'environ 3 K (soit - 270°C). En 1964-65, deux astronomes (Penzias et Wilson) mettent en évidence que l'univers est baigné d'un rayonnement thermique correspondant justement à cette température, ce qui est considéré comme la confirmation expérimentale de la théorie du Big Bang. (Georges Lemaître décèdera en 1966).



Depuis, ce rayonnement a été étudié de plus en plus finement: la dernière image (traitée en "fausse couleur") du rayonnement fossile fournie par le satellite européen Planck date de 2013.

On considère que l'âge de l'univers - qu'on évaluait à environ 15 milliards d'années dans les années 80 - serait de 13,7 milliards d'années, et la chronologie couramment admise est la suivante :

10^{-43} seconde : c'est le "mur de Planck" : masse volumique de l'univers : 10^{77} kg/m³.

De 10^{-36} à 10^{-35} seconde : C'est la phase d'inflation, imaginée par Stravrobinsky (Moscou) en 1979 et Alan Guth (M.I.T.) en 1981 pour résoudre certaines invraisemblances du scénario initial. L'univers se dilate d'un facteur 10^{30} : ça va beaucoup plus vite que la vitesse de la lumière, mais comme c'est l'espace lui-même qui se dilate, il en a le droit. La température est alors de 10^{28} K.

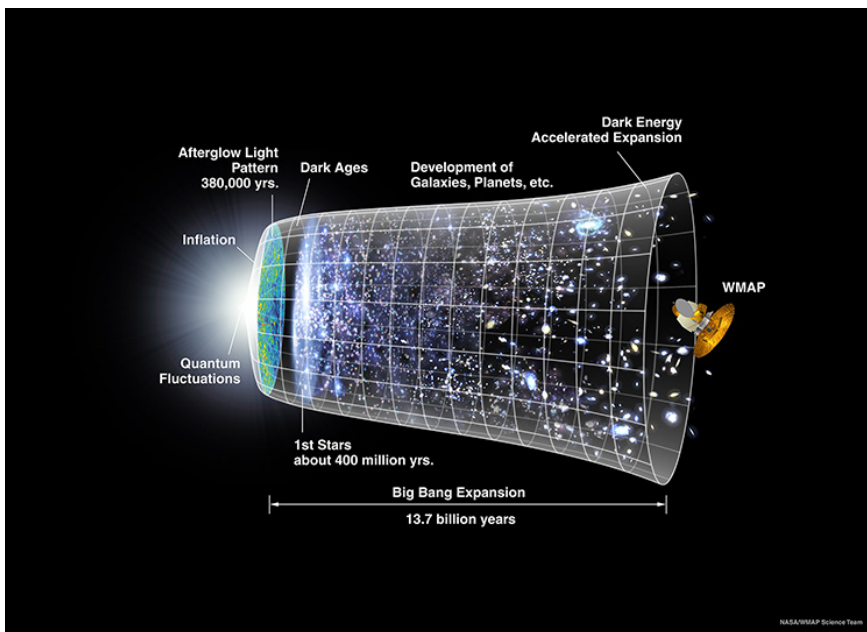
Puis l'inflation ralentit, la température diminue et des particules (quarks, électrons, etc.) autres que des photons commencent à apparaître.

A 10^{-4} seconde, la température n'est plus que de 10^{12} K : les quarks s'organisent pour former des protons et des neutrons.

A 3 minutes : 10^9 K. Les noyaux atomiques d'hydrogène, de deutérium et d'hélium sont formés. A 20 minutes, la nucléosynthèse primordiale s'arrête. Pendant encore 380000 ans, il règne une telle densité de particules dans l'espace que les photons sont continuellement absorbés par elles, puis réémis, puis absorbés, si bien qu'il ne reste plus de photons aussi vieux en promenade dans l'univers.

380000 ans : les noyaux capturent les électrons pour former les atomes. Les photons peuvent circuler librement parmi les particules sans nécessairement interagir avec elles : on dit que l'univers est devenu transparent.

Cette matière rudimentaire (hydrogène, deutérium, hélium) répartie en nuages presque homogènes va se condenser en étoiles. La température va augmenter au cœur de ces étoiles, jusqu'à permettre la fusion thermonucléaire qui va produire les noyaux d'atomes lourds dont nous sommes constitués : comme le dit si bien Hubert Reeves, nous sommes faits de "poussière d'étoile".



Comment représenter correctement une pareille histoire en image ?

Nous sommes censés nous trouver sur le dernier cercle qui représente en réduction les trois dimensions de l'espace.

Le WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) est un observatoire spatial américain de la NASA lancé en juin 2001 et destiné à étudier le fond diffus.

ET DIEU DANS TOUT ÇA ? (Comme n'a jamais dit M. J. Chancel).

Georges Lemaître - passe sa thèse en 1920, ordonné prêtre en 1923 - a de plus en plus nettement déconnecté son travail scientifique de ses convictions religieuses, distinguant la vérité naturelle « immédiatement proportionnée à la puissance de notre nature intelligente » de la vérité surnaturelle « Il ne pourra jamais être question de réduire l'Être suprême au rang d'une hypothèse scientifique » « Lorsqu'il pense aux vérités de la foi, le chercheur chrétien sait que ses connaissances sur les microbes, les atomes ou les soleils ne lui seront ni un secours ni une gêne ». (1936).

Malgré cela, en 1951, le Pape Pie XII déclare devant l'Académie pontificale des sciences : « La vraie science, contrairement à ce que l'on a inconsidérément affirmé dans le passé, plus elle progresse, et plus elle découvre Dieu »

« Il semble en vérité que la science aujourd'hui, remontant d'un trait des millions de siècles ait réussi à se faire le témoin de ce "fiat lux" initial ... » G. Lemaître est gêné par cette déclaration qu'il considère dangereuse à la fois pour la science et la religion. En 1952, devant l'Union

Astronomie Internationale, Pie XII fera une déclaration beaucoup nuancée, mais le retour en grâce (un comble !) de la théorie du Big Bang dans la communauté scientifique devra attendre les preuves expérimentales de 1965 (voir plus haut).

La connaissance des évènements qui se sont produits il y a environ 13,7 milliards d'années ne règle pas "scientifiquement" le problème de l'origine du monde qui reste pour l'instant un mystère (et le titre d'un tableau célèbre).

ET AVANT ? (ET APRES ? ET ALORS ?)

L'expansion de l'univers relève de la relativité générale, les premiers instants relèvent de la mécanique quantique, et les deux théories ne sont - hélas - pas encore réunifiées.

Que s'est-il passé avant 10^{-43} s ? La question commence à irriter beaucoup de physiciens...

On peut espérer recréer localement dans les accélérateurs de particules des conditions équivalentes à des températures de 10^{15} K, comme à 10^{-10} secondes après le big bang. C'est déjà ça ...

L'univers va-t-il poursuivre son expansion jusqu'à devenir morne et froid ? ou les forces de gravitation vont-elles finir par l'emporter pour condenser l'univers jusqu'à un "Big Crunch", et l'univers rebondira alors dans un nouveau big bang ? Cela dépend de sa masse totale: le comportement des galaxies donne à penser que leur masse est plus importante que celle de leur matière visible ; la matière noire est peut-être la clé du problème, mais elle n'est encore qu'une hypothèse.

L'évolution de la matière, de la formation des étoiles jusqu'à la fabrication des éléments chimiques lourds, et finalement jusqu'à nous, se déroule merveilleusement bien. Mais si la constante de gravitation, la charge de l'électron, ou une autre des constantes de la physique avaient été légèrement différentes, l'histoire aurait pu tourner court : étrange hasard.

L'hypothèse des multivers résoudrait le problème, mais elle n'est aussi qu'une hypothèse.

Cordes et super cordes, espaces à 10, 11 ou 26 dimensions, multivers, électrodynamique à crochets, principe anthropique fort, principe anthropique faible, gravité quantique à boucles, chaos déterministe: quelle théorie le réel va-t-il choisir dans tout ça ? (Cherchez l'intrus).

En attendant, certains maîtres en spiritualité exotique font joyeusement leur marché dans toutes ces hypothèses pour se donner le prestige d'une caution scientifique.

Une succession de "coups de com." complaisamment relayés par la presse peut donner une impression de confusion frustrante. On finirait par oublier qu'il y a moins d'un siècle, on croyait que l'univers était statique et qu'il se résumait à notre Galaxie : "seulement" 50 millions de galaxies sont actuellement cataloguées, et on évalue statistiquement leur nombre à environ 100 milliards. Plusieurs milliers d'exo-planètes - dont certaines telluriques - ont été détectées, et ce n'est pas fini !

QUELQUES CITATIONS :

Infini : « Deux choses sont infinies : l'Univers et la bêtise humaine. Mais en ce qui concerne l'Univers, je n'en ai pas encore acquis la certitude absolue. (Attribué à Albert Einstein par Fritz Perls.)

Décourageant : « Une origine est toujours la fille d'une origine plus ancienne. » (E. Orsenna -

Madame Bâ).

Critique : « Si l'homme est vraiment ce que le créateur a fait de mieux, cela ne vaut pas la peine de s'agenouiller devant lui. » (Ph. Bouvard - Mille et une pensées).

Léger progrès : « Au début de la création, tout était sombre, il n'y avait rien. Alors Dieu créa la lumière. Il n'y avait toujours rien, mais on pouvait le voir. » (P. Dac).