

La cosmologie

Approche

Sommaire

Généralités

Histoire

Préhistoire

Antiquité

Renaissance

Siècle des lumières et révolution industrielle

XX^{ème} siècle

Le modèle standard de la cosmologie

Naissance de l'univers

Evolution

Description de l'état actuel de l'univers

Le futur de l'univers

La cosmologie non standard

Les spéculations

Généralités

Définition :

La cosmologie est la branche de l'astronomie qui étudie la structure et l'évolution de l'univers considéré dans son ensemble en tant que système physique.

La façon dont les hommes ont appréhendé leur univers a énormément évolué depuis la préhistoire.

Pour l'homme préhistorique, l'univers, c'est son horizon terrestre et le ciel.

Pour l'homme d'aujourd'hui, l'univers reste tout aussi mystérieux, même si la science a fait évoluer sa connaissance, mais il est incommensurablement plus grand.

Généralités

Par exemple, les questions philosophiques suivantes sont toujours sans réponse :

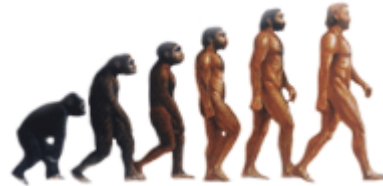
- Qu'y a-t-il derrière l'horizon ?
- Quelle est l'organisation de l'univers ?
- Y a-t-il un sens, une utilité, une signification, une finalité ? Lesquelles ?
- Quel est le futur de l'univers ?
- ...

Sans compter toutes les questions à caractère scientifiques qui font tout l'intérêt de la recherche dans ce domaine.

La mythologie, l'astrologie, les religions ont été les premières réponses aux questions sur l'univers.

Nous passerons sous silence (ou presque) la cosmologie religieuse qui, quoi que respectable, aborde le sujet sous un autre angle, non scientifique.

Elle remonte à très loin...



Tout a commencé lorsqu'un primate est passé de la locomotion à 4 pattes à la locomotion à 2 pattes, avec la possibilité de regarder le ciel et les étoiles.

L'apport des civilisations antiques est certainement important mais mal connu. Nous avons peu de traces des civilisations sud-américaines ou orientales.



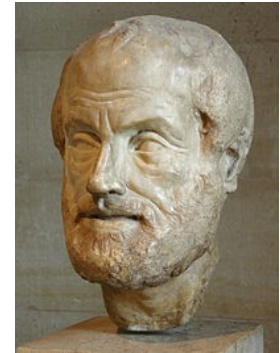
Les premières compilations de ce savoir viennent des sumériens, des mésopotamiens, des égyptiens et puis, et surtout, des grecs.



L'univers de ce lointain passé est limité au bout du regard, sur les distances que l'homme pouvait parcourir à cheval ou en bateau.

Dans l'antiquité, et jusqu'à Aristote, l'univers était la Terre et les étoiles. La Terre était plate, et flottait sur un océan infini.

Aristote est le premier à proposer une conception rigoureuse de l'univers, compatible avec les observations de l'époque.



Son univers est géocentrique : autour de la Terre, centre du monde, tournent 8 sphères concentriques à des distances fixes. Chaque sphère contient un astre. Dans l'ordre :

La Lune	}	Astres mobiles
Le Soleil		
Mercure		
Vénus		
Mars		
Jupiter		
Saturne		
Les étoiles		Astres fixes

L'ensemble est immuable
et existe depuis toujours.

Dans l'Almageste, Ptolémée (II^{ème} siècle après JC) entérine les « épicycles » pour rendre compte de certains mouvements des planètes.

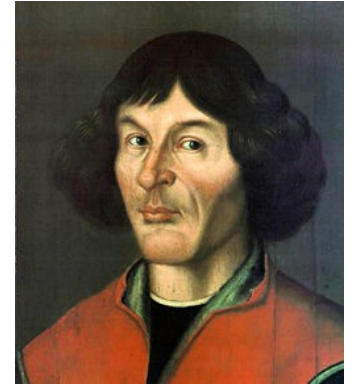
Ce système d'épicycles perdurera jusqu'à la renaissance occidentale.



L'univers était alors constitué des 8 sphères, dont la sphère des fixes composée de 1022 étoiles cataloguées dans 48 constellations

La première révolution dans la conception de l'univers est due à Copernic, avec sa vision héliocentrique du monde.

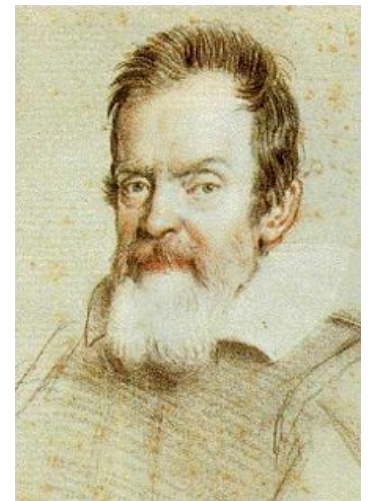
Il faut noter que cette vision héliocentrique avait été postulée par Aristarque de Samos, près de deux mille ans auparavant, sans succès.



Galilée en fut le plus grand défenseur de cette époque.

Cette théorie s'est heurtée à la religion, en niant le rôle central de la Terre dans l'univers.

Galilée dût renier sa parole publiquement.



Giordano Bruno osa avancer quelques idées révolutionnaires, ce qui lui coûta la vie :

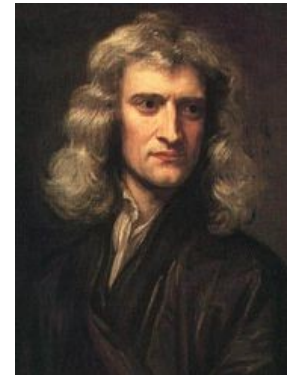
- Les étoiles ne sont plus à une distance fixe de la Terre. Il leur donne une répartition tridimensionnelle
- Les planètes évoluent dans un fluide appelé l'« éther » qui n'oppose pas de résistance à leur mouvement
- Le soleil est une étoile comme les autres
- Chaque étoile possède son cortège de planètes
- Les comètes sont des astres, et non des signes divins



L'œuvre suivante est une continuité de découvertes et de nouveaux concepts.

Grâce aux instruments, à la physique et aux mathématiques maniés par plusieurs générations de savants d'exception, l'univers passe de la taille du système solaire à celle de la Galaxie.

L'outil principal est la gravitation qui régit l'évolution de l'univers. Newton est le premier contributeur de cette théorie qui est toujours utilisée aujourd'hui.



T. Wright et E. Kant suggèrent que des étoiles sont réunies dans d'autres « univers-îles » que notre Voie Lactée. Ce sont les taches floues visibles dans un télescope et appelées « nébuleuses ».

William Herschel et sa sœur Caroline en découvrent de nombreuses et en cataloguent plus de 2 000.

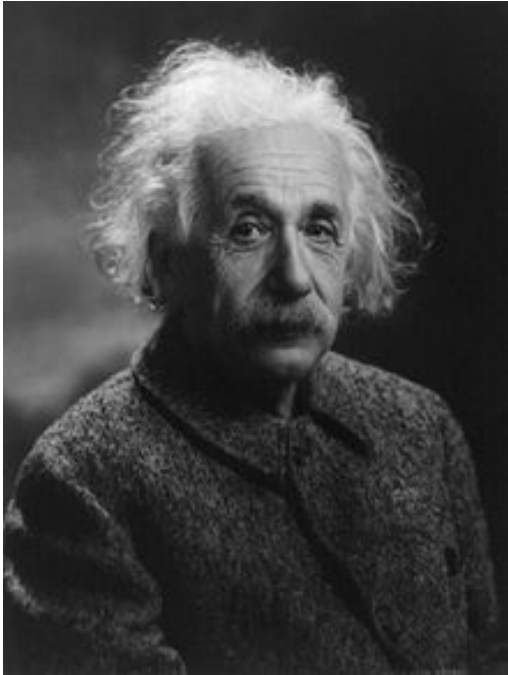


Au XIX^{ème} siècle, la méthode de détermination des distances par la parallaxe est mise au point, et la spectroscopie apparaît.

Les astronomes commencent à mesurer la distance des étoiles. Edmond Halley montre en outre qu'elles ne sont pas fixes mais se déplacent sur de longues périodes, en étudiant leur position déterminée par les grecs.



L'étape suivante est l'œuvre d'Albert Einstein. La théorie de la relativité générale (éditée en 1915) change notre vision de l'univers.



Entre autres choses, Einstein propose des équivalences physiques entre :

la masse et l'énergie

l'accélération et la gravité

l'espace et le temps

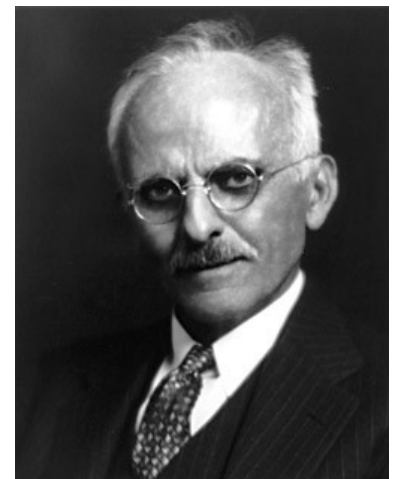
Sa théorie va révolutionner la physique et la cosmologie en particulier.

Dans les années 20, un débat célèbre (« *Le Grand Débat* ») fait rage et oppose deux conceptions de l'univers au sujet de la nature et de la distance des nébuleuses.



Harlow Shapley soutient que l'univers observable ne s'étend pas au-delà de la Voie Lactée, et donc que les nébuleuses en sont partie intégrante.

De son côté, **Heber Curtis** postule la thèse inverse, en se basant sur l'observation de supernovas dans ce qui est aujourd'hui la galaxie d'Andromède.



Le point culminant de ce grand débat est situé au *National Museum of natural history* de la *Smithsonian Institution*, le 26 avril 1920.



En 1925, Edwin Hubble clôt le débat en mesurant la distance de plusieurs galaxies (M33, M31, M32, NGC6822) grâce aux céphéides. Même si les distance trouvées par Hubble étaient sous-estimées, il ne faisait plus aucun doute alors que ces « nébuleuses » ne faisaient pas partie de la Voie Lactée.

De cette date, l'univers prend des proportions gigantesques.

La période qui suivit vit la mise au point de méthodes plus fines de mesure des distances, en particulier en améliorant la méthode des céphéides, inventée par Henrietta Lewitt.



Parallèlement, les théoriciens travaillent d'arrache pied et ne sont pas en reste.

Hubble ne se contente pas de prouver la nature extragalactique des nébuleuses, et montre en 1929 que ces autres galaxies s'éloignent de nous en mesurant leur « redshift ».

De plus, l'éloignement de ces galaxies est proportionnelle à leur distance. Autrement dit, plus une galaxie est éloignée, plus elle s'éloigne à une grande vitesse.

C'est la loi de Hubble qui s'exprime simplement par :

$$V_{\text{cos}} = H_0 \cdot d$$

Avec

V_{cos} = vitesse cosmologique d'éloignement

d = distance de la galaxie

H_0 = coefficient de proportionnalité = constante de Hubble

Depuis, les astrophysiciens s'échinent à évaluer le plus précisément possible H_0 , rapport entre la vitesse cosmologique d'une galaxie lointaine et sa distance.

Dans les années 1930, Hubble donna à sa constante la valeur de 500 km/s/Mpc. L'ordre de grandeur de l'âge de l'univers, plus exactement le temps de Hubble = $1/H_0$, avec cette valeur est d'environ 2 milliards d'années. Valeur fausse, car on a su peu après que la Terre avait déjà plus de 4 milliards d'années.

Comment mesure-t-on H_0 ?

En évaluant d'une part la vitesse cosmologique par mesure du Redshift, et la distance d'autre part, avec l'aide des étoiles céphéides, ou de la relation Tully-Fisher.

Ces méthodes de détermination des distances étaient très approximatives, et se sont affinées au cours du temps, en découvrant des biais expérimentaux.

La valeur actuelle de H_0 est de 71 km/s/MPc, ce qui donne un temps de Hubble de 13,7 milliards d'années, plus compatible avec les observations.

Au cours de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, la cosmologie a fait de grands progrès, grâce notamment à l'amélioration des moyens d'observation comme les télescopes embarqués dans des satellites, et étudiant toutes les longueurs d'ondes, en s'affranchissant de la barrière de l'atmosphère.

Avec l'aide de la relativité et de la mécanique quantique, les astrophysiciens ont pu avancer des théories expliquant plus ou moins bien les premiers temps de l'univers, son évolution et son aspect actuel, tel qu'observé, en faisant quelques prédictions sur son avenir possible.

Cela a conduit les théoriciens à mettre au point un « modèle standard de la cosmologie », qui comme tous les modèles ne représente pas forcément parfaitement la réalité, mais est accepté par la majorité des spécialistes comme une bonne représentation des observations.

Hubble ayant découvert que l'univers est en expansion, il est logique d'estimer qu'il était plus petit dans le passé.

Le modèle prévoit que l'univers a une histoire (cette hypothèse a chamboulé les croyances de plus de deux mille ans...).

Tout a commencé par un état de l'univers extrêmement petit, chaud et dense. C'est le Big-bang.

La mécanique quantique décrit ce qu'ont pu être les différentes étapes des premières minutes de l'univers : d'abord la « soupe primitive », composée de particules élémentaires (quarks, électrons) et surtout de rayonnement.

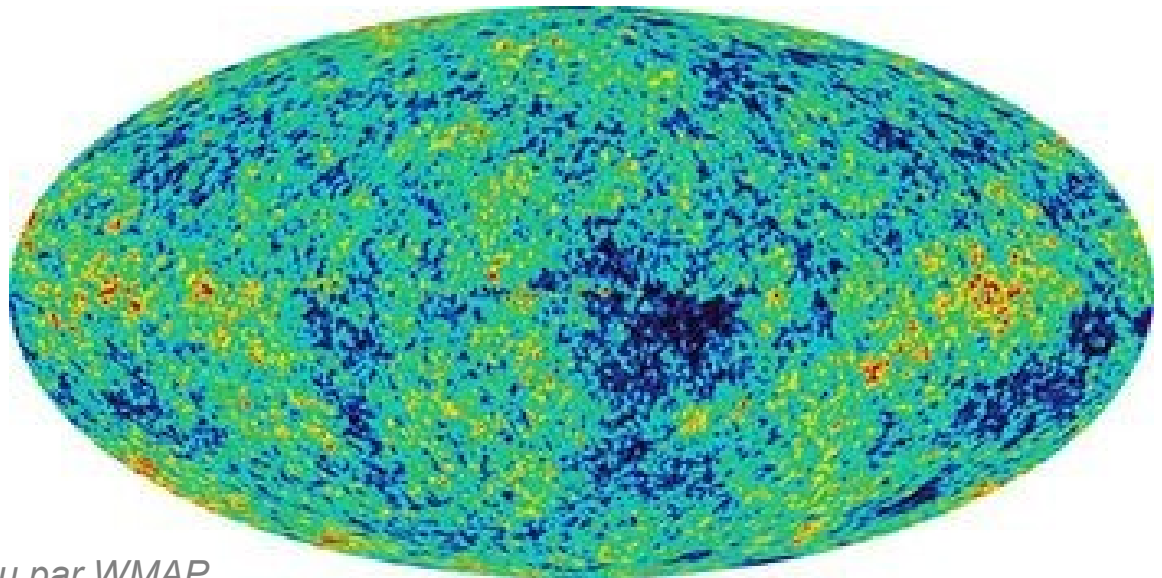
Puis les quarks se lient pour former entre autres les protons et les neutrons après quelques minutes, qui eux même, avec le refroidissement et l'expansion, vont former les premiers noyaux d'atomes (hélium, deutérium, lithium...).

A cette étape, le rayonnement est « capturé » par les électrons. Il ne peut pas circuler librement dans le jeune univers. La densité des électrons est forte, et chaque photon est dévié, absorbé ou réémis rapidement. L'univers est opaque.

Au bout de quelques centaines de milliers d'années, les électrons se combinent aux noyaux pour fabriquer les atomes neutres.

Les électrons n'étant plus libres, ils n'interagissent plus avec le rayonnement. Les photons peuvent circuler sur de grandes distances. L'univers devient transparent.

Cette « vision » de l'univers est observable aujourd'hui. Les photons émis à cette époque, très énergétiques, se sont refroidis avec l'expansion et sont maintenant à une température de 3K. C'est le rayonnement de fond cosmologique.



L'univers (fond cosmologique) vu par WMAP

Ce fond a une très grande importance. Sa découverte par hasard en 1965 a confirmé la théorie du Big-bang, et continue à être étudié aujourd'hui. La répartition de son spectre est celle d'un corps noir parfait, mais surtout, ses fluctuations de température, de l'ordre du millième de K, sont les germes des futurs amas de galaxies.

L'évolution de l'univers, encore très spéculatif, repose sur deux hypothèses non démontrées, mais fortement probables :

Les lois de la physique sont les mêmes partout dans l'univers.

L'univers est isotrope, c'est-à-dire que ses propriétés sont identiques dans toutes les directions.

L'apparence de l'univers ne dépend pas de la position de l'observateur. C'est le « principe cosmologique ».

L'évolution de l'univers depuis sa formation est sujette à discussions.

A partir de l'hypothèse d'une naissance type Big-bang, les déductions sont :

Les étoiles et les galaxies sont nées à partir de la matière formée au cours du Big-bang, sans savoir exactement qui des étoiles ou des galaxies sont arrivées les premières.

L'expansion dilue la matière et le rayonnement.

L'univers se refroidit.

Ce qui relève encore des spéculations :

Comment s'est comportée la vitesse d'expansion de l'univers depuis sa naissance. Il semble qu'aujourd'hui l'expansion s'accélère. En a-t-il été toujours ainsi ? De la réponse à cette question dépend l'âge de l'univers.

Quelle est la forme de l'univers ? Plat ? Sphérique ? Hyperbolique ?

Il semble plat, comme la Terre semble plate à l'échelle humaine...

De l'observation, on tire les conclusions suivantes :

La matière est organisée en étoiles, lesquelles se regroupent en galaxies, elles-mêmes constituant des amas de galaxies, puis des super-amas de galaxies.

Le « ciment » de cette organisation est la force de gravitation.

A très grande échelle, l'univers est homogène, comme le semble l'eau dans un verre, néanmoins constituée de molécules discontinues.

Notre horizon est limité par la vitesse de la lumière.

Nous ne pouvons pas voir d'objets si lointains que leur lumière ne nous est pas encore parvenue.

Cet horizon est situé à environ 14 milliards d'années-lumière.

Du moins, cette lumière que nous percevons aujourd'hui est partie il y a 14 milliards d'années. A ce jour, l'univers s'est agrandi avec l'expansion. Les calculs donnent une estimation du rayon de l'univers « observable » d'une quarantaine de milliards d'al.

Ordre de grandeur des distances

Attention : dans ce qui suit, des chiffres sont donnés. Ce sont des estimations très approximatives pour la plupart. Plus ces chiffres sont grands, « astronomiques », et plus il est très difficile de s'en représenter la valeur.

La Terre a un diamètre moyen de 12 756 km. La lumière met 42,5 millièmes de seconde pour parcourir cette distance.

La distance Terre-Soleil, l'unité astronomique, fait environ 150 millions de km. La lumière du Soleil nous arrive avec un délai de 8mn 20s.

La planète du système solaire la plus éloignée, Neptune, est à 4,5 milliards de km du Soleil, soit une trentaine d'ua, ou 4h 10mn de lumière.

Nous recevons la lumière de l'étoile la plus proche (Proxima du Centaure), 4 ans et 80 jours après son émission. Sa distance est de 4,22 al.

Ordre de grandeur des distances

Le Soleil n'est pas le centre de la Galaxie. Il en est éloigné de 28 000 al.

Le rayon de la Galaxie, notre Voie Lactée, est de 100 000 al environ (du moins pour ce qui est de la lumière visible).



Ordre de grandeur des distances

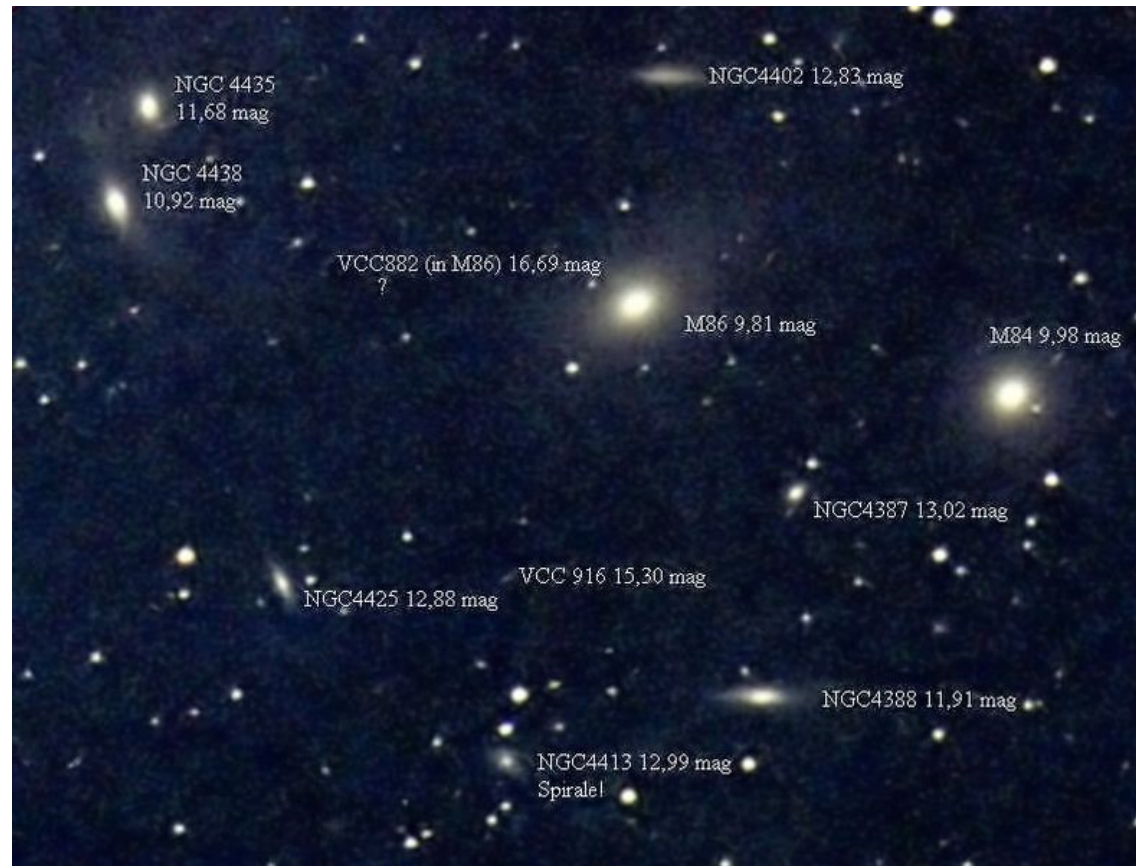
La grande galaxie la plus proche de nous, et comparable à notre Voie Lactée, Andromède, est à 2,5 millions d'al.



L'amas local, qui comprend la Voie Lactée, Andromède et la galaxie du triangle entre autres, a un diamètre de quelques millions d'al.

Ordre de grandeur des distances

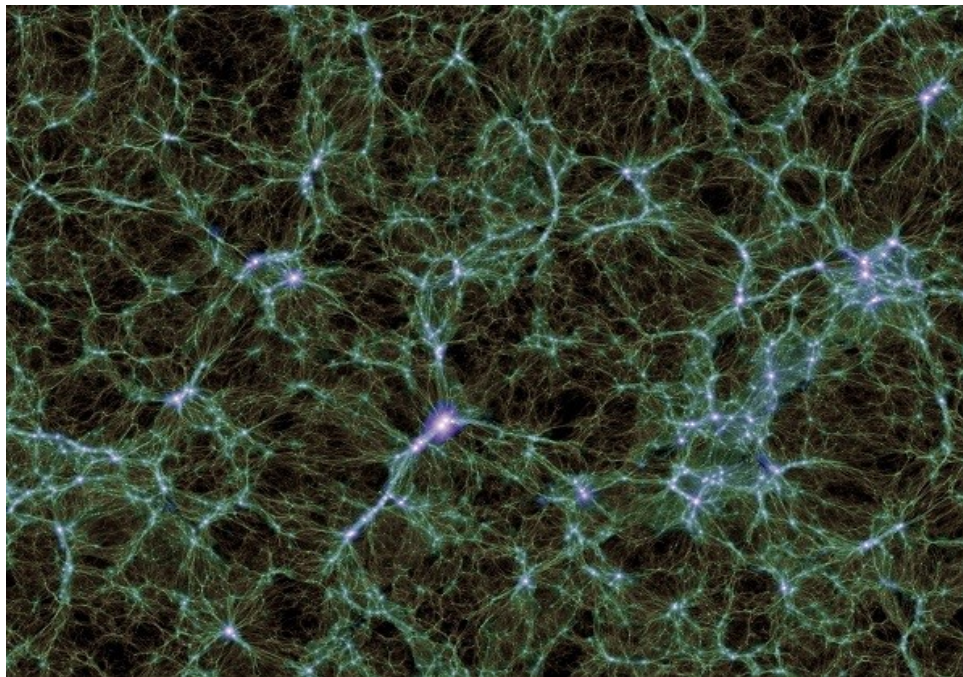
L'amas Virgo, situé près du centre de notre super amas, est situé à 50 millions d'années-lumière de la Voie Lactée.



Ordre de grandeur des distances

Les super amas ont une taille qui ne dépasse pas 200 à 300 millions d'al.

Les super amas forment des « filaments » qui font ressembler l'espace à une gigantesque éponge.



La taille de l'univers observable est estimée à 43 milliards d'al.

Ordre de grandeur des masses

La densité moyenne de la Terre est de 5,5 tonnes par mètre cube. Ce qui lui confère une masse de $6 \cdot 10^{24}$ kg.

Le Soleil est environ 300 000 fois plus massif, soit $2 \cdot 10^{30}$ kg. Pour les objets plus gros, on utilise cette masse du Soleil comme unité. Elle est notée M_s ou M_\odot .

L'observation des galaxies montre que leur masse calculée d'après leur comportement gravitationnel, est plus élevée que la somme des masses des étoiles les composant. On en déduit que les galaxies comportent des particules sujettes à la gravitation, mais invisibles, sans interaction avec la lumière.

C'est la matière noire.

On pense que cette matière noire est répartie de manière diffuse dans les galaxies, et que son étendue dépasse le diamètre visible des galaxies.

La masse de la matière noire serait environ 6 fois plus élevée que la masse visible : étoiles, gaz, poussières.

Ordre de grandeur des masses

La masse visible de la Galaxie est de 100 à 200 milliards de M_s , sa masse totale, incluant la matière noire, approcherait ou dépasserait les mille milliards de M_s .

La masse évaluée des super amas de galaxies est de $10^{15} M_s$. Comparée à leur étendue spatiale, les super amas sont des objets très peu denses, avec tout au plus une moyenne de quelques dizaines d'atomes par mètre cube !

La masse de l'univers observable est estimée à $10^{24} M_s$.

Ordre de grandeur des durées

La période de révolution de la Terre est une année, soit 365,25 jours, ou encore 31 558 201 secondes.

Plus les planètes sont éloignées du Soleil, plus leur période de révolution est longue. Par exemple, Neptune tourne en 165 ans.

Le Soleil tourne lui-même autour du centre de la Galaxie en 250 millions d'années.

Le Soleil a une durée de vie d'environ 10 milliards d'années. Son âge actuel est de 4,55 milliards d'années.

Les étoiles les plus vieilles de notre Galaxie ont 10 milliards d'années. C'est l'âge de la Voie Lactée.

L'univers lui-même aurait un âge de 13,7 milliards d'années. Ce qui veut dire que les galaxies se sont formées assez tôt dans la jeunesse de l'univers.

L'évolution future de l'univers dépend du modèle utilisé pour représenter l'univers dans le cadre de la relativité générale. Ils sont assez nombreux, et reposent sur des hypothèses parfois hardies, faute de mieux.

La façon dont l'univers se comportera à l'avenir dépend essentiellement de sa densité de matière (visible + invisible).

L'état de l'univers est un équilibre entre l'expansion, qui tend à augmenter sa taille, et la gravité, qui n'agit que dans un seul sens et qui a un effet inverse de l'expansion en faisant se rapprocher les galaxies.

Plus la matière sera présente, plus la gravité agira, et plus l'expansion sera ralentie, jusqu'à éventuellement s'inverser.

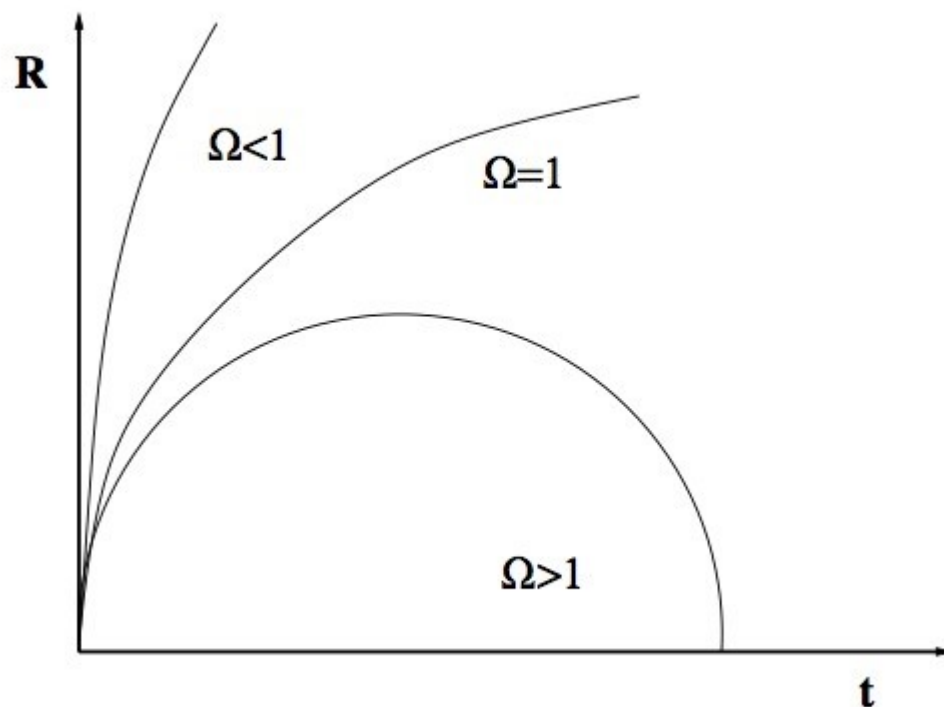
La théorie prévoit donc trois scénarios, selon la valeur de la densité de matière réelle de l'univers.

A une certaine valeur, appelée densité critique, l'expansion s'arrête au bout d'un temps infini. Il y a égalité entre les forces d'expansion et les forces de contraction. L'univers est plat (le théorème de Pythagore s'applique).

Si l'univers est plus dense que la densité critique, la gravité l'emporte, et l'univers se contracte, après une phase d'expansion. La contraction peut aller jusqu'à reproduire en sens inverse le Big-bang. C'est le Big-crunch. L'univers est sphérique. Le carré de l'hypoténuse est plus petit que la somme des carrés des côtés de l'angle droit.

Si l'univers est moins dense que la densité critique, il continuera indéfiniment à s'étendre. Les galaxies s'éloigneront de plus en plus. De la Terre, elles deviendront invisibles, l'univers se refroidira sans création d'étoiles. L'univers est hyperbolique. Le carré de l'hypoténuse est plus grand que la somme des carrés des côtés de l'angle droit.

La théorie prévoit donc trois scénarios, selon la valeur de la densité de matière réelle de l'univers.



Mais tout cela s'est considérablement compliqué avec l'hypothèse récente de l'énergie sombre, dont le résultat est une sorte de gravité à l'envers, faisant se repousser les galaxies.

C'est elle, selon les derniers développements, qui serait responsable de l'accélération de l'expansion.

Comme il est envisagé que cette forme d'énergie soit majoritaire dans l'univers, sa découverte bouleverse les scénarios.

Ce qui est surprenant avec l'énergie sombre, c'est que si elle est suffisamment répulsive, sa densité s'accroît avec l'expansion. Plus l'expansion augmente, plus l'énergie sombre est dense.

L'avenir de l'univers serait alors catastrophique : l'énergie sombre de répulsion serait de plus en plus présente, jusqu'à disloquer les galaxies, les étoiles, les atomes. Parallèlement, l'univers continuerait son expansion. C'est le Big-rip.

Quel est le bon scénario ?

Personne ne le sait.

Tout ceci reste éminemment spéculatif.

La cosmologie non standard

Le modèle standard s'est progressivement imposé à la plupart des spécialistes et est communément admis par la communauté scientifique. Avant d'en arriver là, d'autres modèles alternatifs ont tenté de s'imposer au cours des dernières décennies.

On fera la différence entre deux types de cosmologies non standards :

Celles qui datent d'une époque, pas si éloignée, où le modèle actuel n'était pas suffisamment confirmé par l'observation, et où elles fournissaient une alternative plausible, et ont fait l'objet de recherches.

Celles n'offrant pas d'alternative intéressante au modèle standard. Les seules recherches à leur sujet sont celles de leurs auteurs.

L'univers d'Einstein

C'est le premier modèle d'univers issu de la relativité générale, proposé par Einstein lui-même en 1917.

L'hypothèse de départ est que l'univers est statique et homogène. Il existe depuis toujours. Cette croyance existait à l'époque depuis que le monde est monde.

Mais les équations d'Einstein montraient que l'univers n'était pas statique. Les forces de gravité font que les galaxies s'attirent mutuellement.

Afin de compenser ce phénomène, il introduisit, et les mathématiques le lui permettaient, une forme d'énergie ayant une action répulsive à grande échelle, pour retrouver son univers statique et compenser l'attraction gravitationnelle. Il l'appela « la constante cosmologique ».

A la suite de la découverte de l'expansion par Hubble, Einstein abandonna sa constante cosmologique, qui revient en force aujourd'hui avec le concept d'énergie sombre.

La lumière fatiguée

Cette théorie, proposée par Einstein en 1929 et reprise par Fritz Zwicky, tente de réconcilier l'univers statique avec les récentes découvertes (années 1920) de l'expansion de l'univers par la mesure du Red shift.

Le Red shift ne serait pas dû à un effet Doppler, mais au fait que la lumière perdrait de l'énergie proportionnellement à la distance parcourue. D'où le nom de lumière fatiguée.

La cause de cette fatigue est postulée comme résultat d'une résistance à un champ de gravitation.

Cette théorie n'a pas été conservée pour la raison suivante : une étoile émettant un spectre de type corps noir conserve ce spectre du fait de l'expansion. C'est ce qui est observé. Dans le cas de la lumière fatiguée, le spectre de corps noir initial est déformé au cours du temps. Ce qui n'est pas observé.

Le fond cosmologique, trace la plus ancienne de l'univers, a le spectre de corps noir le plus parfait que l'on connaisse. Il a été mesuré la première fois par le satellite COBE au début des années 1990, et a ainsi invalidé définitivement la théorie de la lumière fatiguée.

La théorie de l'état stationnaire

Ce modèle a été proposé à la fin des années 1940 par Fred Hoyle, Thomas Gold et Hermann Bondi.

Il suppose l'univers éternel et immuable, sans début ni fin.

La justification de cette vision était d'étendre le principe cosmologique au temps, et rendre plausible l'âge des plus vieilles étoiles.

En effet, à cette époque, l'âge de l'univers était estimé à partir de la constante de Hubble à 5 milliards d'années, ce qui est égal à l'âge de la Terre et surtout inférieur aux 20 milliards d'années attribuées aux plus vieilles étoiles.

La théorie stipule que l'univers est en expansion, mais que la dilution engendrée est compensée par une création continue de matière.

Cette théorie n'explique pas quantité d'observations, comme par exemple le fond diffus cosmologique, preuve d'une phase chaude et dense de l'univers. Elle est sans réponse également pour expliquer la composition chimique de l'univers, en particulier la proportion importante d'hélium (25%).

La théorie de l'état quasi-stationnaire

Le modèle de l'état stationnaire a été abandonné par ses auteurs à la suite des observations le contredisant.

Ils l'ont remplacé par le modèle de l'état quasi-stationnaire, dans lequel l'univers est bien en expansion, mais aurait connu, et connaîtra des phases de contraction. Il serait fait d'une suite cyclique d'états d'expansion et de contraction.

Mais alors, on devrait pouvoir observer un « blue shift » des objets suffisamment lointains datant d'une époque de contraction. Ce n'est pas le cas.

L'univers plasma

Proposé par Hannes Alfven, ce modèle affirme que la force électromagnétique joue un rôle équivalent à la force de gravité dans la structure de l'univers à grande échelle.

Les structures filamenteuses de l'univers à grande échelle sont pour lui la preuve de l'existence de courants électriques.

Ce modèle ne fait pas de prédiction sur l'expansion de l'univers, sur le fond diffus cosmologique, sur la composition chimique de l'univers.

Il est resté très confidentiel, supporté par un très petit nombre d'astrophysiciens. Il n'a pas fait l'objet de recherches de nature quantitative.

Le créationnisme

C'est la thèse selon laquelle l'univers et son contenu a été créé par un être suprême appelé Dieu.

Une version fondamentaliste chrétienne dit que l'univers a été créé par Dieu précisément comme le décrit la Bible, en 6 jours il y a quelques milliers d'années.

Une version plus moderne, s'inspirant des dernières découvertes scientifiques cosmologiques prétend que l'évolution observée est guidée par Dieu.

Cette démarche n'est pas scientifique, ne serait-ce que parce qu'elle n'est pas réfutable (selon Karl Popper). Elle ne fait pas l'objet de recherches, de confrontation avec l'observation. C'est une croyance.

Les spéculations

Le propre de la recherche scientifique est de spéculer dans toutes les directions, d'établir des théories, et de confronter leurs prédictions avec l'observation.

Des chercheurs tentent de déterminer la « forme » de l'univers selon les quatre dimensions. Est-il plat, sphérique, hyperbolique, multiple, a-t-il des frontières, est-il fini ou infini...?

Les modèles ne peuvent pas (encore) être confrontés à l'observation.

On trouve ainsi les univers imbriqués, à la manière des poupées russes, les univers parallèles, les univers cycliques, les univers lisses, rugueux, cabossés, plissés, chiffonnés ...

Tout ceci reste du domaine de la spéculation pure et inspire les auteurs de science-fiction.

Les dernières spéculations

Les théoriciens tentent aujourd'hui de concilier dans une même théorie (la théorie du tout) la mécanique quantique qui régit l'infiniment petit, avec la relativité générale, théorie de l'infiniment grand.

L'une des tentatives les plus prometteuses est la théorie des cordes pour laquelle les éléments sont des cordes extrêmement petites dont les modes de vibration rendent compte de la diversité des particules observées. Cette théorie résout un certain nombre d'énigmes posées par la physique et la cosmologie modernes, mais impose un univers en 11 dimensions !

Le fait que nous n'en voyions que 4 est que les autres dimensions sont enroulées sur elles-mêmes, et invisibles. Certaines particules auront la possibilité de voyager parmi ces dimensions et formeraient des univers parallèles.

La science-fiction est rattrapée par les scientifiques qui planchent sérieusement sur ces hypothèses.

Les dernières spéculations

Il y a encore quelques 10 à 20 ans, demander ce qu'il y avait avant le Big-bang était une ineptie scientifique. La raison repose sur une limitation de la mécanique quantique : la plus petite valeur de temps imaginable dans le cadre de cette théorie est le temps de Plank (10^{-43} seconde).

On ne peut donc pas imaginer l'instant zéro du Big-bang, mais seulement 10^{-43} seconde après l'instant initial.

Cette époque est révolue. La théorie des cordes permet d'imaginer l'éclosion d'une multitude d'univers qui possèdent chacun sa panoplie de constantes universelles. En effet, une grande énigme encore d'actualité aujourd'hui est : pourquoi les constantes physiques (vitesse de la lumière, masse de l'électron, constante de la gravité...) sont-elles telles que nous existons ? Il suffirait d'une toute petite dérive d'une constante pour que notre univers ne puisse exister.

Avec la théorie des cordes, chaque univers possède alors son jeu de constantes. Le nôtre est tel que nous existons. L'énigme est réglée...

