

Différents modèles cosmologiques

Le modèle standard

Il s'agit du modèle « officiel » qui est le plus communément admis par la communauté scientifique.

Il s'appuie sur :

- La théorie de la **relativité générale** d'Einstein, avec ses équations et le modèle d'espace-temps qu'elle décrit.
- Les **données d'observation** de plus en plus précises recueillies à partir du début des années 2000 (entre autres avec le satellite de la mission WMAP) ; notamment les mesures du fond diffus cosmologique ou le catalogage à grande échelle des galaxies observables et de leurs positions respectives dans l'espace.

Les données d'observation sont ainsi confrontées aux prédictions faites par la théorie.

Le modèle qui en découle décrit un univers :

- **Homogène** (à grande échelle).
- **Isotrope** (à grande échelle).
- **En expansion**, s'accélération sous l'effet d'une « **énergie noire** » de nature inconnue et représentant 68,3 % de toute la masse / énergie¹ de l'univers.
- Également composé d'une « **matière noire** », également de nature inconnue, à raison de 26,8 %.
- Les 4,9 % restants se composent de **baryons** (la matière et l'énergie ordinaires que nous connaissons).

1. Formé à partir d'un **Big Bang**, singularité gravitationnelle à l'origine de l'espace, du temps, de l'énergie et de la matière.
2. Suivi d'une très courte (d'une durée de l'ordre de 10^{-35} secondes), mais très importante période d'**inflation** pendant laquelle l'univers a subitement vu sa taille grossir d'un facteur 10^{50} .

Cette inflation aurait été produite par le fait qu'à l'échelle infinitésimale de l'univers primordial, la gravité aurait un effet répulsif au lieu de l'effet attractif qu'on lui connaît.

3. A son tour suivie d'une expansion plus modeste mais s'accélération progressivement. Nous nous trouvons encore actuellement dans cette période.

¹ Souvenons nous que dans la théorie de la relativité, la masse et l'énergie sont reliées en un seul et même concept par la célèbre formule « $E = mc^2$ ».

Quelques modèles alternatifs envisagés

Modèles cosmologiques branaires (issus de la théorie des cordes)

Les modèles de cette famille postulent que notre univers et tout ce qu'il contient seraient inclus dans une brane (plus précisément une D3-brane, dans le jargon consacré), elle même incluse dans un « super univers » doté de dimensions spatiales supplémentaires. Ce super univers peut contenir d'autres branes, donc d'autres univers (que l'on qualifie parfois d'univers « parallèles »).

Il serait possible que certaines de ces dimensions supplémentaires soient « enroulées » sur elles-mêmes, à l'image de fractales.

Modèle « pré Big Bang » (issu de la théorie de la gravitation quantique à boucles)

Il s'agit d'un modèle proposé au début des années 1990 par Gabriele Veneziano et Maurizio Gasperini, rejetant le concept de singularité gravitationnelle initiale faisant du Big Bang le début de toutes choses (« tout à partir de rien »).

Il est basé sur la théorie de la gravitation quantique à boucles, tentant d'unifier la théorie de relativité générale (la physique à grande échelle) avec la physique quantique (la physique à petite échelle).

Cette théorie postule que l'espace serait de nature discrète (par opposition à la notion de continuum espace-temps de la relativité générale), composé de quanta du champ gravitationnel. Elle est en concurrence avec la théorie des cordes comme alternative au socle du modèle standard.

Selon ce modèle, notre univers aurait connu :

1. Une phase vide en contraction.
2. Un rebond.
3. La phase d'expansion dans laquelle nous nous trouvons.

Modèles d'univers en tores bidimensionnels

Selon ces modèles, la topologie de l'espace prendrait la forme d'un tore ; c'est à dire d'un objet de taille finie mais sans bord, car bouclant sur lui-même. Il serait donc possible d'en « faire le tour ». Autrement dit, quand on croirait en sortir par ce qu'on penserait être un « bout », on réapparaîtrait au « bout opposé ».

Cette théorie évoque la possibilité d'empreintes en plusieurs exemplaires dans le fond diffus cosmologique de mêmes photons qui auraient eu le temps de faire plusieurs fois « le tour » dans différentes directions. Ces empreintes pourraient offrir une alternative à la théorie de l'inflation du modèle standard pour expliquer les anisotropies observées dans ce fond diffus cosmologique.

Modèles d'univers fractales

Il s'agit de modèles d'univers présentant des structures et une répartition de la matière possédant une dimension fractale. Cette dimension fractale fait de l'univers un multivers infini.

Cette approche a notamment inspiré à Andreï Linde, à partir de 1986, sa théorie de l'**inflation éternelle**. Cette théorie propose que la gravitation répulsive à l'origine du Big Bang et de l'inflation serait toujours à l'œuvre dans certaines régions de l'univers,

provoquant de nouveaux Big Bangs et produisant de nouveaux univers.

Modèle cosmologique bi-métrique

Aussi appelé « théorie des univers jumeaux », ce modèle, introduit pour la première fois par Andreï Sakharov en 1967, s'intéresse au problème de la rareté observée de l'antimatière dans notre univers, en apparence violation de la parité matière / antimatière attendue.

Selon cette théorie, il existerait un univers jumeau au nôtre, dominé par l'antimatière comme le nôtre l'est par la matière. La flèche du temps pourrait également y être inversée (symétrie T), il serait géométriquement symétrique à notre univers (symétrie P) et il serait doté d'une antigravitation.

Ce modèle contredit des éléments majeurs du modèle standard, comme la constance de la vitesse de la lumière ou l'existence de la matière noire.

Quelques modèles abandonnés

Univers d'Einstein

Proposé par Albert Einstein en 1917, ce modèle décrivait un univers statique et immuable dans lequel la force d'attraction de la gravité était exactement compensée par la force répulsive d'une constante cosmologique².

Dans cet univers, les galaxies étaient censées rester à la même place, sans mouvement des unes par rapport aux autres. Ceci a été démenti par la suite par les observations de Hubble, qui ont mis en évidence l'expansion de l'univers par la constatation d'un éloignement des galaxies les unes par rapport aux autres.

Univers de Gödel

Proposé par Kurt Gödel en 1949, ce modèle décrivait un univers homogène mais non isotrope car en rotation sur lui-même (le sens de rotation induisant une direction privilégiée contraire au principe même de l'isotropie).

Etat stationnaire (ou théorie de la création continue)

Proposé par Fred Hoyle, Thomas Gold et Hermann Bondi à la fin des années 1940, ce modèle supposait un univers éternel et immuable.

Son expansion devait être compensée par une création continue de matière permettant de maintenir sa densité à un niveau constant.

Il prédisait l'absence de toute phase plus dense et plus chaude que l'on a pourtant incontestablement observée dans l'empreinte de l'univers primordial que constitue le fond diffus cosmologique ; d'où l'abandon de ce modèle.

Modèle cyclique Big Bang / Big Crunch

Ce modèle faisait l'hypothèse que l'expansion de l'univers était due à « l'élan » donné par le Big Bang. Sous l'effet de la gravité (et en l'absence de toute constante cosmologique ou énergie noire), cette expansion devait logiquement se ralentir pour finalement devenir

2 Par la suite, Einstein s'est rétracté et à lui-même qualifié l'invention de cette constante cosmologique de plus grande erreur de sa vie. Elle allait cependant ressortir des décennies plus tard sous la forme du concept d'énergie noire. Mais ce n'est pas exactement ce qu'Einstein avait envisagé dans son modèle d'univers.

une contraction.

Une fois l'univers recontracté et ayant atteint une densité et une température critique, un nouveau Big Bang devait marquer le début d'un nouveau cycle.

Cette théorie s'est écroulée quand on a découvert, dans la fin des années 1990, que l'expansion de l'univers s'accélère au lieu de ralentir.

Univers hésitant

Ce modèle décrivait un univers dont le taux d'expansion était variable dans le temps.

Cette théorie a initialement été élaborée pour tenter d'expliquer l'observation d'un nombre anormalement élevé de quasars présentant des décalages vers le rouge de valeurs avoisinant 2. Elle a été abandonnée quand on s'est aperçu que ces anomalies statistiques étaient en fait dues à des problèmes dans la méthodologie des observations.