

Les principales théories cosmologiques

Concept	Appréciation	Commentaire
L'Univers est issu d'un état chaud et condensé.	Excellent	Multiples preuves convaincantes fournies par l'astronomie et de la physique.
L'Univers se comporte comme la théorie de la relativité générale le prévoit.	Très bon	A passé tous les tests jusqu'à présent, mais ils étaient peu contraignants.
La matière noire, constituée de particules exotiques, domine la dynamique des galaxies.	Bon	De nombreuses preuves indirectes, mais ces particules exotiques restent à identifier, et on doit trouver les failles des autres théories
L'essentiel de la masse de notre Univers est distribuée uniformément. Son effet est similaire à celui de la constante cosmologique d'Einstein : elle accélère l'expansion de l'Univers.	Assez bon	Les observations récentes sont encourageantes, mais de nouvelles mesures devront les confirmer, et les difficultés théoriques associées devront être résolues.
L'Univers est passé par une phase d'inflation.	Insuffisant	Théorie élégante, mais qui ne repose sur aucune preuve directe, et qui impose une extrapolation énorme des lois physiques.

Robert Gendler

de constante cosmologique ou au concept voisin de quintessence. Pour leur part, les physiciens des particules s'intéressent au défi que pose la constante cosmologique à la théorie quantique. Cette évolution rapide de la majorité des cosmologistes n'est pas le signe d'une versatilité particulière. Au contraire, elle témoigne d'une saine effervescence autour d'une structure solide, qui croît lentement. Nous sommes les élèves de la nature, et nos conceptions changent à mesure que les leçons du professeur portent leurs fruits.

Dans son cours sur l'évolution du cosmos, la nature nous donne des signes de l'accélération de l'expansion de l'Univers : la luminosité apparente des supernovae proches ou lointaines ; l'âge des étoiles les plus vieilles ; la courbure de la lumière au voisinage des masses distantes ; les fluctuations de température du fond cosmologique diffus. Ce faisceau d'indices est impressionnant, mais je reste mal à l'aise à propos de la constante cosmologique, notamment à cause de certaines contradictions possibles entre l'évolution des galaxies et leur distribution spatiale. La théorie d'un Univers en expansion

accélérée est un chantier. Si j'admire l'architecture de l'édifice qui se dessine, je ne suis pas pour autant prêt à emménager immédiatement.

Que penser des nombreux articles publiés sur l'évolution de la cosmologie contemporaine ? La recherche est un champ d'activités complexe et foisonnant, et même les spécialistes ont parfois des difficultés à avoir une vue d'ensemble. Dans ces conditions, comment peut-on trier le bon grain de l'ivraie ? On doit surtout se donner la peine de prendre connaissance des différents courants de pensée, ne pas se limiter à une seule opinion. Quand un résultat semble intéressant et qu'il est reproduit par plusieurs équipes, il commence à être

crédible surtout si les voies de sa démonstration diffèrent.

Avec le temps, l'inflation, la quintessence et les autres concepts débattus aujourd'hui seront soit intégrés dans l'édifice central de la cosmologie, soit abandonnés et remplacés par d'autres, mieux adaptés. En un sens, nous autres cosmologistes travaillons à supprimer notre propre emploi : nous serons au chômage quand la théorie de l'Univers aura été validée. Heureusement, l'Univers est... complexe, et nous ne sommes pas prêts de manquer de sujets de réflexion. Le désordre qui envahit la cosmologie n'est rien d'autre que l'agitation fertile qui règne sur tous les chantiers de construction.

James PEEBLES, professeur émérite à l'Université de Princeton, fut l'un des pionniers de l'étude du fond diffus cosmologique.

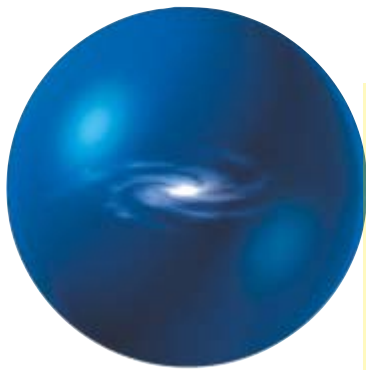
Alain BLANCHARD, *Histoire et géographie de l'Univers*, Belin-CNRS éditions, 2000.

James PEEBLES, David SCHRAMM, Edwin TURNER et Richard KRON, *L'évo-*

lution de l'Univers, in *Pour la Science*, décembre 1994.

Alan GUTH, *The Inflationary Universe : Infinite Expansion, The Quest for a New Theory of Cosmic Origins*, Perseus Press, 1997.

Mario LIVIO et Alan SANDAGE, *The Accelerating Universe : Infinite Expansion, The Cosmological Constant, and the Beauty of the Cosmos*, John Wiley & Sons, 2000.



Les cosmologies de repli

JOÃO MAGUEIJO

Au cas où les théories cosmologiques modernes échoueraient, il faut en rechercher d'autres.

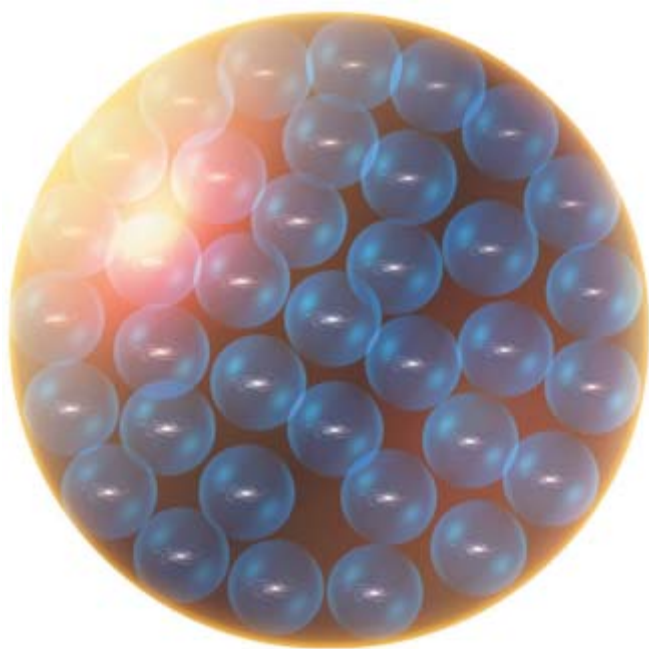
Bien sûr, la théorie de l'inflation a acquis une aura d'invincibilité, mais les théories concurrentes n'ont pas déposé les armes. Ainsi, la théorie de l'état stationnaire qui, jusqu'en 1960, était considérée par la majorité comme l'alternative la plus crédible de la théorie du Big Bang, garde une poignée de partisans. La théorie du pré-Big Bang, une variante de la théorie de l'inflation motivée par la théorie des cordes, a, elle aussi, plus d'un adepte. Toutefois, la théorie la plus provocatrice et la plus prometteuse est celle de la vitesse variable de la lumière (en anglais, *Varying Speed of Light*, VSL), sur laquelle, avec quelques collègues, nous travaillons depuis quelques années. Toutes ces théories peu orthodoxes ont au moins le mérite d'accroître encore la diversité haute en couleurs de la cosmologie. Elles sont aussi l'expression d'un doute lancinant : l'enthousiasme pour l'inflation et ses variantes ne cache-t-il pas une monstrueuse erreur d'interprétation ?

Les théories cosmologiques dominantes, telle l'inflation, reposent sur une hypothèse cruciale : la vitesse de la lumière et les autres constantes fondamentales ne varient pas avec le temps (ce sont des « constantes »). C'est sur ce postulat que repose l'inflation et ses phénoménales conséquences. Effectivement, ces constantes ne semblent pas évoluer, mais elles n'ont été testées au mieux que sur le dernier milliard d'années. En déduire que les constantes fondamentales n'ont pas changé depuis la naissance de l'Univers relève d'une extrapolation audacieuse. Que se passerait-il si, comme la température et la densité de l'Univers, les « constantes » fondamentales variaient au cours du temps ?

Notons que les physiciens ont moins de scrupules à faire varier certaines constantes que d'autres. Ainsi, la constante fondamentale de la gravitation, G , ou encore la charge élémentaire, e , ont déjà subi de semblables manipulations théoriques sans déclencher de protestations. En fait, depuis Paul Dirac et ses travaux sur la variation des constantes, dans les années 1930, jusqu'aux plus récentes des théories des cordes, la variation de G a toujours été à la mode. La vitesse de la lumière, c , au contraire, semble inviolable. C'est sans doute parce que la constance de la vitesse limite universelle est l'un des fondements de la théorie de la relativité. Cette théorie ensorcelle tellement les physiciens qu'ils ont introduit c dans tous leurs outils mathématiques. Ce n'est pas que les physiciens trouvent choquante l'idée de faire varier la vitesse de la lumière, c'est qu'ils ne peuvent même pas la concevoir.

Il serait temps que les cosmologistes perdent leurs œillères. Rappelons que la raison d'être de la théorie de l'inflation est de résoudre une difficulté de la théorie du Big Bang : le « paradoxe de l'horizon ». La lumière, ou toute autre forme d'interaction ne peut avoir parcouru qu'une distance finie depuis la naissance de l'Univers. Ainsi, lorsque l'Univers était âgé de un an, elle n'avait parcouru qu'une année-lumière. Des lignes d'horizon divisent donc l'Univers, et le séparent en régions qui ne peuvent « se voir ».

Cette vision à courte distance dans l'Univers est contraignante. Elle empêche les cosmologistes d'expliquer divers phénomènes cosmiques à partir des interactions connues en physique, au premier rang desquels l'uniformité de



Toutes les illustrations par Alfred Kamajian

1. L'UNIVERS JEUNE – il avait tout juste un an – était subdivisé en sphères isolées, séparées par des « horizons » d'une année-lumière de rayon (les sphères bleues). Aujourd'hui, l'horizon est une sphère d'environ 15 milliards d'années-lumière de rayon (la sphère rouge), qui contient un nombre incommensurable de telles poches. Ce qui intrigue les astrophysiciens, c'est que, malgré leur isolement initial, toutes ces poches sont quasi identiques aujourd'hui. La théorie de l'inflation explique cette mystérieuse uniformité, et c'est là sa plus grande réussite.