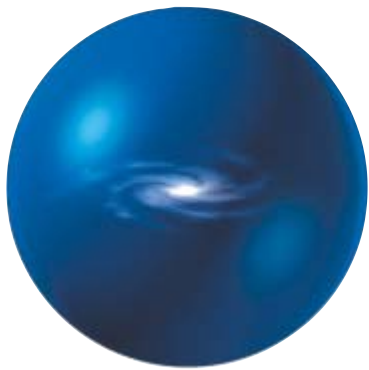




Les cosmologies de repli

JOÃO MAGUEIJO

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

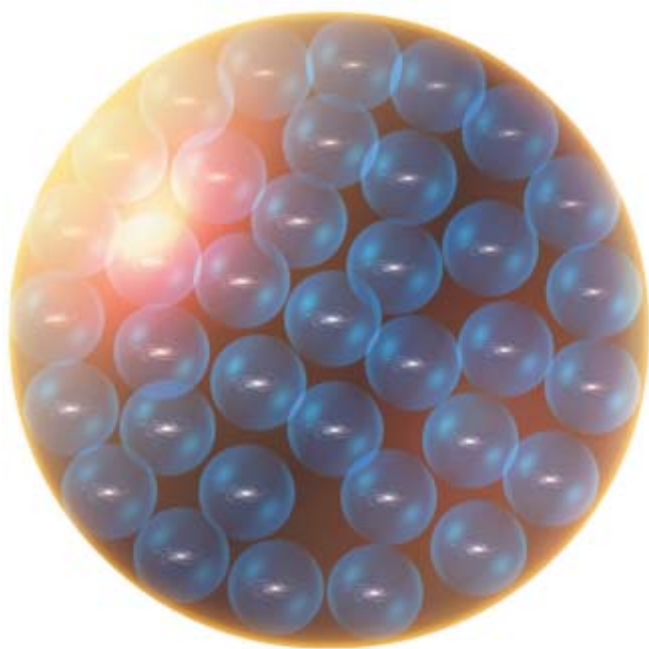
Bien sûr, la théorie de l'inflation a acquis une aura d'invincibilité, mais les théories concurrentes n'ont pas déposé les armes. Ainsi, la théorie de l'état stationnaire qui, jusqu'en 1960, était considérée par la majorité comme l'alternative la plus crédible de la théorie du Big Bang, garde une poignée 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.

l'Univers primordial. Quand on se limite à la théorie standard du Big Bang, on ne peut expliquer l'uniformité de l'Univers primordial qu'au prix d'un ajustement ultra-fin (quasi métaphysique) des conditions initiales.

La théorie de l'inflation résout habilement cette difficulté. Elle admet que, dans un Univers en expansion, la distance qui sépare une onde lumineuse de son point de départ est supérieure à la distance qu'elle a parcourue, parce que l'expansion ne cesse d'étirer l'espace déjà parcouru. Faisons une analogie : un conducteur roule à 60 kilomètres par heure. Au bout d'une heure, il a parcouru 60 kilomètres, mais si, pendant ce temps, la chaussée s'est étirée, la distance qui le sépare de son point de départ dépasse la distance parcourue. La théorie inflationniste postule que l'Univers primordial s'est enflé si vite que la distance parcourue par la lumière a été phénoménale. Des régions qui, sinon, seraient restées séparées, ont pu communiquer, et ont adopté la même température et la même densité. Puis, quand l'inflation a été terminée, ces régions ont commencé à se séparer.

Un tel scénario aurait pu se produire aussi si la lumière se propageait dans l'Univers primordial plus rapidement qu'aujourd'hui. La « lumière rapide » a pu relier des régions de l'Univers, qui, sinon, seraient restées séparées. De cette façon, ces régions se seraient homogénéisées. Puis, avec le ralentissement de la lumière, elles auraient perdu le contact.

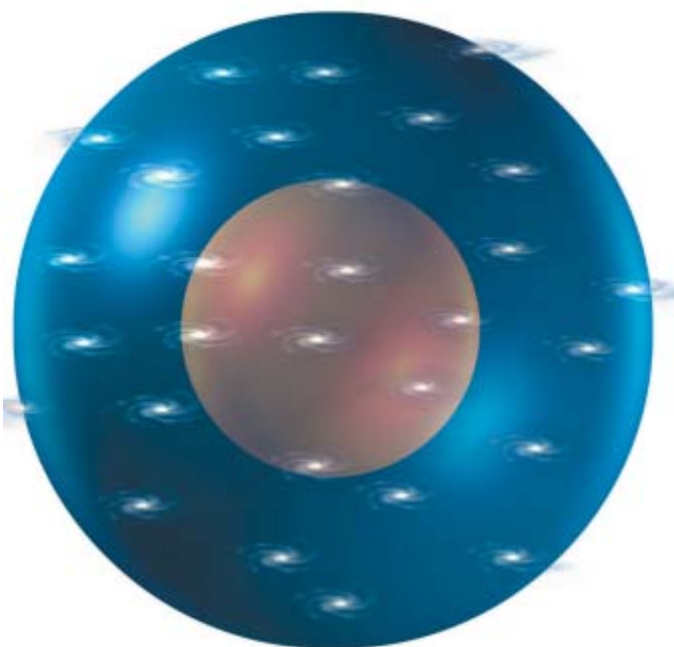
C'est autour de cette idée fondatrice qu'Andreas Albrecht, de l'Université de Californie, John Barrow, de l'Université de Cambridge, et moi-même, avons élaboré la théorie de la vitesse variable de la lumière. Contrairement à une idée reçue, notre objectif n'était pas d'ennuyer les partisans de l'inflation, dont A. Albrecht est l'un des

pères fondateurs. Nous voulions plutôt mettre en évidence les forces et les faiblesses de la théorie de l'inflation en explorant d'autres chemins.

La mise au point de notre théorie nous a naturellement obligé à repenser les fondements de la physique et leurs conséquences. Nous avons d'abord mené une attaque téméraire et d'une violence extrême contre la relativité générale, sans pour autant lui contester le mérite de résoudre plusieurs questions épineuses, notamment celle de la géométrie plane de l'Univers. Notre théorie explique, par exemple, pourquoi la constante cosmologique a aujourd'hui une valeur infime, mais non nulle. La raison en est que la densité d'énergie du vide, que représente la constante cosmologique, dépend beaucoup de la vitesse de la lumière. Une baisse de la valeur de c réduit la densité d'énergie du vide à une valeur négligeable, tandis que, normalement, elle prédomine. En revanche, dans les autres théories, on ne peut « diluer » l'énergie du vide.

Toutefois, notre théorie n'est qu'une possibilité parmi d'autres. Aujourd'hui, des astrophysiciens tentent de réconcilier la théorie de la vitesse variable de la lumière avec la relativité. John Moffat, de l'Université de Toronto, et Ian Drummond, à Cambridge, ont proposé des formulations plus prudentes de la théorie de la vitesse variable de la lumière, que les spécialistes de la relativité acceptent mieux. En fin de compte, il apparaît que le dogme d'une vitesse de la lumière constante n'est pas un postulat indispensable de la relativité. Si notre Univers est bien, comme le prévoit la théorie des cordes, une membrane tridimensionnelle dans un espace de dimension plus élevée, la vitesse apparente de la lumière pourrait varier dans notre espace à trois dimensions sans que la valeur de la « vraie » constante fondamentale ne change.

La vérification expérimentale seule dira si la nature a choisi de jouer avec la valeur de c ou si elle préfère l'inflation. Pour le moment, la théorie de la vitesse variable de la lumière est moins élaborée que celle de l'inflation, et elle devra faire des prévisions claires, sur la température du fond cosmologique diffus micro-onde, par exemple. Notons que certaines expériences laissent penser que la constante de structure fine pourrait ne pas être... constante. Or, cette constante qui caractérise les interactions électromagnétiques dépend directement de c . Ses variations seraient donc liées à celles de la vitesse de la lumière. Il reste à vérifier que les résultats de ces expériences résistent à un examen plus poussé. Il n'en demeure pas moins que l'idée d'une vitesse variable de la lumière reste un défi théorique. Elle se distingue de la théorie de l'inflation, notamment parce qu'elle remet en question les fondements de la physique. Marginale pour l'instant, elle représente une première exploration de la jungle des possibles.



2. L'INFLATION n'est pas la seule solution possible au paradoxe de l'horizon. Peut-être que, dans les conditions qui régnaient dans l'Univers primordial, la lumière se propageait un milliard de fois plus vite qu'aujourd'hui, voire davantage. Cette lumière rapide illuminait des régions de l'espace plus vastes qu'aujourd'hui (la sphère bleue). À mesure que la vitesse de la lumière diminuait, l'horizon apparent (la sphère orange) s'est rétréci. D'après cette conception, nous ne voyons aujourd'hui qu'une partie de la poche originelle ; le mystère de l'uniformité apparente de l'Univers serait résolu.

João MAGUEIJO est maître de conférences en physique théorique à Londres (*Imperial College*).

Andreas ALBRECHT et João MAGUEIJO, *Time Varying Speed of Light as a Solution to Cosmological Puzzles*, in *Physical Review D*, vol. 59, n° 4, 15 février 1999.

João MAGUEIJO et KIM BASKERVILLE, *Big Bang Riddles and Their Revelations*, in *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 357, n° 1763, pp. 3221-3236, 15 décembre 1999.

João MAGUEIJO, *Covariant and Locally Lorentz-Invariant Varying Speed of Light Theories*, in *Physical Review D*, vol. 62, n° 10, 15 novembre 2000.
