

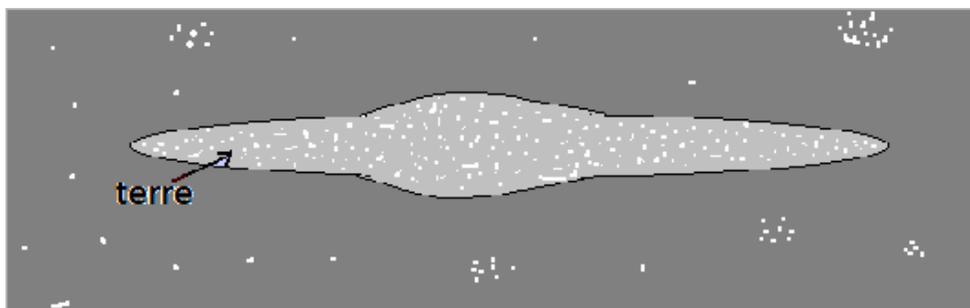
# J V Narlikar

Il y a peut-être peu de choses qui ont attiré l'attention de l'humanité tant que la nature du cosmos et le mouvement du soleil et des étoiles. Au cours des siècles de contemplation à travers de longues nuits non perturbées par les lumières de la ville, les anciens voyaient des gens, des animaux et des dieux dans les cieux et tissaient des théories et des fables autour d'eux, et ce furent les premières cosmologies.

Il était naturel de penser à la terre comme le centre de l'action et d'imaginer le cercle comme le chemin approprié de ces merveilles de la création. Le système ptolémaïque traçait le mouvement du soleil et les étoiles comme des cercles autour de la terre et les chemins des planètes comme cercles dans les cercles. La méthode était assez précise pour prédire la position des planètes et des saisons et il y avait peu de raison, astronomique ou philosophique, de douter du modèle.

Que la terre pourrait tourner autour du soleil n'est devenu une possibilité sérieuse que après la découverte du télescope et la découverte par Galileo de lunes de Saturne. Et pourtant, depuis de nombreuses années, l'ancien système était plus précis pour prédire les chemins des planètes!

Mais après la découverte du télescope et la formulation des lois de Newton sur la gravitation et le mouvement, des données plus étendues et plus précises sur le ciel nocturne sont devenues disponibles. Le système solaire a été étudié en détail et la nature et la répartition des cieux plus faibles ont été analysées. La grande masse d'étoiles se trouvait sur une courroie brillante dans le ciel, appelée la voie lactée. Ceci, nous le comprenons maintenant, c'est parce que la terre se trouve sur le bord d'une collection d'étoiles, ou galaxie, en forme de disque. Lorsque nous regardons le long du plan du disque, nous voyons le grand nombre d'étoiles qui appartiennent à la galaxie.



On sait que la Voie lactée est une galaxie grâce aux méthodes de mesurer la distance à une étoile. En regardant la Voie Lactée, on voit que cette multitude d'étoiles se trouve dans une groupe, ensemble, tandis que d'autres étoiles sont plusieurs fois plus éloignées. Un traçage minutieux de positions des étoiles montre que notre galaxie a un renflement au milieu, ce qui peut arriver si la galaxie tournait autour. Et les mesures minutieuses du mouvement des étoiles dans la voie lactée montrent que cela est également vrai!

Les étoiles les plus éloignées se composaient de groupes d'étoiles ou étaient de galaxies à part entière. Des groupes de galaxies ont été trouvés pour former des grappes et des groupes de grappes pour former de plus grands grappes. L'échelle de distance a été en millions d'années-lumière, ou la distance parcourue par la lumière en millions d'années. La lumière, à 3 000 000 kilomètres par seconde, prend environ une seconde pour nous rejoindre de la lune, environ huit minutes à venir du soleil et environ cinq heures pour la distance de Pluton. En comparaison, Proxima Centauri, notre étoile la plus proche après le soleil, est à 4,3 années-lumière et la Voie Lactée a 100 000 années-lumière de large. Les étoiles les plus éloignées sont à plus de 10 milliards d'années-lumière et cela sert d'estimation de l'âge de l'univers.

Le siècle dernier a été riche en théorie sur la dynamique de ce vaste univers. Comment les différentes parties se sont-elles affectées? Quels étaient les processus en cours? Jusqu'où s'étendait l'univers? Dans l'échelle de temps de millions d'années, l'univers était-il immuable ou turbulent? La physique et les mathématiques ont révélé beaucoup sur la naissance, l'épanouissement et la mort des étoiles, les feux nucléaires qui les ont réchauffés et allumés, les mystères des supernovae, les étoiles neutroniques et les trous noirs.

Une découverte étonnante a été que l'univers semble se développer, que les parties les plus éloignées reculent le plus vite ! Les distances des grappes d'étoiles ont été estimées avec l'aide de Céphéides, une classe d'étoiles qui ont un « cycle de luminosité ». On constate que la luminosité intrinsèque, ou la luminosité avant que la luminosité diminue en raison de la distance, augmente et tombe, dans un calendrier cyclique. Et puis, que c'est les Céphéides qui ont la plus grande luminosité intrinsèque qui suivent de cycles les plus lents. Une fois que nous avons cette règle en main, observer combien de temps il faut pour que le Céphéide monte, tombe et se lève de nouveau devient une mesure de la luminosité intrinsèque. Mais parce que

l'étoile est à une distance, elle semble vraiment beaucoup plus modérée, et en mesurant combien de la luminosité actuelle est diminuée, par rapport à la luminosité intrinsèque, la distance de l'étoile peut être calculée.

Une autre caractéristique de la lumière des étoiles est que leur spectre contient des lignes lumineuses ou noires spéciales correspondant aux éléments communs, comme l'hydrogène, dans l'atmosphère des étoiles. Et puis, si l'étoile s'éloigne de l'observateur, la position de ces lignes « marquées » se déplace vers le côté rouge du spectre. C'est comme le sifflement d'un moteur de chemin de fer qui s'éloigne de nous devient moins strident. Cet effet, qu'on appelle « redshift », est alors une mesure pour déterminer à quelle vitesse l'étoile s'éloigne de nous.

À l'aide de ces deux tiges de mesure, l'astronome Américain, Edwin Hubble, en 1929, a pu montrer que toutes les étoiles éloignées reculent et que la vitesse de la récession était plus grande pour les étoiles plus éloignées. C'était une observation remarquable et c'est maintenant la règle par laquelle la distance aux étoiles les plus éloignées est élaborée en mesurant les déplacements de lignes spectrales. Mais plus important est la conséquence, que l'univers lui-même se développe!

Expliquer les nombreuses caractéristiques étonnantes de l'univers a longtemps été la quête des cosmologistes. La théorie du « big bang », que l'univers a mis en place il y a environ 15 milliards d'années, comme un point qui est apparu de nul part, réussit à expliquer une grande partie de ce qui a été observé. Et la théorie est actuellement la manière acceptée de penser au cosmos. Mais une théorie « rivale », de l'« état stable », actuellement moins en faveur, a également une place importante dans l'histoire récente de la cosmologie.



Le professeur Jayant V Narlikar, qui devient, plus tard, directeur du centre inter universitaire pour l'astronomie et l'astrophysique de Pune, en Inde, a joué un rôle important dans le travail effectué au cours des dernières décennies dans ce domaine. Et il a été l'un des principaux architectes et partisans de « steady state » ou « l'état stable », la « Théorie de l'état d'équilibre ».

Au début des années 1960, quand la théorie de big bang n'était pas considéré comme le « dernier mot », comme la plupart l'ont vu aujourd'hui, Narlikar

était devenu bien connu dans le domaine pour son travail de formalisation de la théorie de la « Théorie de l'état d'équilibre ». Les découvertes récentes de formes de matière autrefois inconnues dans l'univers, comme « matière noire », qui ne peuvent être détectées que par leurs gravité ou les types de matière proposés où la force de gravité est « répulsive », peuvent même tirer l'état stationnaire plus proche des feux de la rampe.

La cosmologie moderne est commencée au début du 20ème siècle, qui a vu deux révolutions dans le monde scientifique. C'était la théorie quantique et la théorie de la relativité. La théorie quantique est la nouvelle façon de penser à la matière à de très petites dimensions, comme dans les atomes et les noyaux atomiques. À cette échelle minime, notre expérience quotidienne des changements « lisses » doit donner lieu à des changements en forme de « paquets » ou en « étapes ». On constate même que la conservation de l'énergie ne se maintient pas pour de courtes durées et que la nature se comporte de manière plus statistique que selon des règles claires.

La théorie de la relativité a eu son origine dans une découverte suprenante de la vitesse de la lumière. Notre expérience habituelle est que si nous sommes dans une voiture qui se déplace à 100 km / h et que nous jetons une pierre vers l'arrière à 60 km / h, la pierre atteindra le sol à  $100 - 60 = 40$  km / h. Mais si un faisceau de lumière brillait d'un météore qui tombe vers la terre à vitesse excessive, la vitesse du faisceau mesurée par le météore serait la même que la vitesse mesuré sur le terrain!

Einstein a résolu le mystère avec une nouvelle façon de calculer les vitesses, ce qui a donné les résultats corrects, mais pas familiers, lorsque les choses se déplaçaient à des vitesses proches de la vitesse de la lumière. Cette nouvelle façon de travailler a été également valable à des vitesses ordinaires, car les effets étranges qui se sont manifestés à haute vitesse ont été réduits à une expérience normale à des vitesses inférieures. Ce que Einstein a montré, c'est que les mesures des longueurs et du temps différaient lorsqu'elles étaient mesurées par des observateurs en mouvement l'un par rapport à l'autre. Dans notre façon habituelle de regarder les choses, nous nous référons à un événement par l'endroit où cela s'est produit, par exemple par la latitude, la longitude et la distance au-dessus de la terre, et l'heure, dis en GMT. Un autre événement, vu par un autre observateur, aurait sa propre position et son temps, aussi par GMT, et nous pouvons généralement comparer les deux événements, dire à quelle distance ils se sont produits et lequel a eu lieu en premier..



Mais Einstein a montré que le lieu et l'heure, en fait, dépendent de la vitesse avec laquelle le second observateur se déplace par rapport au premier. Si cette vitesse était comparable à celle de la lumière, alors la distance entre les événements diminuerait sensiblement, à la vue de l'observateur en mouvement. Le

temps entre leurs occurrences augmenterait ou réduirait, et, à moins que les événements n'étaient si proches en position et en temps, qu'un signal de l'un aurait pu provoquer l'autre, leur ordre d'occurrence pourrait inverser! Un événement, en général, ne se situe donc pas par trois dimensions de l'espace et une dimension indépendante du temps, mais par quatre dimensions de l'espace et du temps, dans un nouvel espace appelé espace-temps. Cet espace à quatre dimensions est le moyen correct de calculer lorsque les vitesses sont élevées. Cette quatrième dimension se réduit doucement à la dimension de temps habituelle et indépendante alors que nous ralentissons à notre rythme habituel.

L'épuisement du temps lorsque les choses se déplacent rapidement est soigneusement testé dans le cas de particules radioactives qui entrent comme des rayons cosmiques, à des vitesses proches de la lumière. Lorsque ces particules sont produites dans des réacteurs, on constate qu'un pourcentage donné de particules se décompose en un certain intervalle de temps. Mais les particules qui se répandent comme des rayons cosmiques semblent prendre beaucoup plus de temps à se dégrader dans la même mesure. La signification est clairement que le temps semble passer plus lentement pour ces particules à grande vitesse.

Une autre conséquence de la théorie de la relativité est que l'énergie et la masse sont équivalentes, par la relation  $E = mc^2$  ( $c$ , la vitesse de la lumière est un nombre si grand que même une petite masse est équivalente à une énorme énergie. C'est ça, l'idée à la base du combustible nucléaire et la bombe atomique).

Einstein a généralisé la théorie en tenant compte également de l'effet de la gravité. Comme un observateur isolé ne peut distinguer l'accélération due à une force de l'effet de la gravité, Einstein a considéré que la gravité et l'accélération étaient les mêmes. Sur cette base, il a réécrit les équations du mouvement/ La dimension temporelle était considérée comme une autre

dimension, comme les trois mesures de la position, reliées selon les règles de la théorie de la relativité. Et en cours de calculs, il a inclus l'équivalence de masse et d'énergie. En général, c'était la méthode correcte à utiliser lorsque les vitesses étaient élevées et les masses énormes, de sorte que la gravité devenait importante. Une chose remarquable à propos de cette représentation était que la présence d'une masse s'est traduite par une courbe dans l'espace à quatre dimensions, qui a ensuite affecté le mouvement des corps, tout comme la gravité aurait agi !

Cette nouvelle vue, la théorie générale de la relativité, a été rapidement vérifiée avec une précision incroyable, en expliquant le mouvement excentrique de Pluton, ce qui avait défié la mécanique newtonienne. Cette masse a causé de l'espace à la courbe a également été vérifiée lorsque la lumière des étoiles a été vue se plier lors du passage du soleil lors d'une éclipse solaire.

Einstein a ensuite appliqué ses nouvelles équations pour analyser la dynamique de l'univers. En première simplification, les soleils et les galaxies n'étaient pas considérés individuellement, mais seulement « en moyenne », comme si la masse totale de l'univers était uniformément répartie, sans formant de grumeaux. Une autre hypothèse qu'il a faite était que l'univers était essentiellement statique, c'est-à-dire, il ne évoluait pas ou ne changeait d'aucune façon.

Mais l'approche n'a pas abouti à des solutions qui pouvaient d'être compris. Une implication des solutions était que l'univers devait contenir une forme de matière qui avait une qualité qui était contraire à la gravité - elle a repoussé, avec la force de la répulsion augmentant avec la distance ! Le physicien et mathématicien russe Alexander Friedmann a ensuite suggéré que ces problèmes surgirent à cause de penser que l'univers était statique. Si cette condition était supprimée, la théorie semblait se comporter ! C'était une réponse, de considérer l'univers pas comme un étant aussi statique, mais comme un chose en expansion ! Même Einstein a accordé que « il avait été un imbécile (!) » d'avoir pensé autrement

C'était le début des théories de l'univers en expansion. Les équations d'Einstein n'étaient pas dans trois dimensions, comme l'espace auquel nous sommes habitués, mais dans l'espace-temps. L'expansion n'était donc pas le genre que nous pouvons visualiser, en trois dimensions, comme un ballon en expansion, mais était une expansion de l'espace lui-même. L'exemple du

ballon peut illustrer l'expansion de l'espace en deux dimensions. Prenez deux points sur le ballon. À mesure que le ballon se développe, la distance entre les deux points augmenterait. Un être bidimensionnel à la surface du ballon éprouverait alors une « expansion » de l'espace. Si l'être voyait des étoiles dans un ciel bidimensionnel, il détecterait la récession des galaxies !

L'image d'un univers en expansion implique que, dans le passé, l'univers était plus petit et, à un moment donné, il devait être de dimension zéro. Dans les années 1940, George Gamow a proposé que l'univers ait pu s'établir comme un atome primitif qui a soudainement explosé, avec une densité et une chaleur énormes, et qui deviennent simultanément l'origine de toute la matière et l'espace. Au fur et à mesure que cette entité infernale se développait, les particules et l'énergie se déplaçant vers l'extérieur, elles passeraient par des étapes d'être des photons, des électrons libres et des atomes d'hydrogène neutres. Et ainsi, pendant des millions d'années, l'hydrogène s'étendrait dans l'espace, formant des collections comme des nuages qui s'effondraient dans les étoiles, puis les galaxies, etc.

La théorie a été grandement raffinée et a passé de nombreuses épreuves et a pu rendre compte de nombreuses choses dans l'univers. Mais à l'époque, il semblait si fantastique que le célèbre astrophysicien Sir Fred Hoyle se moquait de la théorie du « Big Bang », un nom par lequel la théorie est connue.

L'un des problèmes de la théorie, à l'époque, était que les calculs basés sur les paramètres disponibles mettaient l'âge de l'univers à environ deux milliards d'années. Ce n'était pas d'accord avec des preuves géologiques sur la terre, de quatre à cinq milliards d'années, et on savait que certaines galaxies avaient plus de dix milliards d'années. La figure maintenant calculée par la théorie du big bang est en accord beaucoup mieux, mais dans les années 1940, c'était un piège sérieux.

Gamov avait également proposé que l'univers primitif, intensément chaud, aurait émis des radiations comme tous les corps chauds. Gamov a déclaré que certaines traces de cette émission devraient exister, sous la forme d'un rayonnement de fond uniforme. Ce serait la preuve confirmative qu'il y avait effectivement une boule de feu en plein essor au début de tout. Dans les années 1940, aucun tel rayonnement n'a été détecté.

Dans cet environnement d'incertitude, en 1948, Hoyle, avec Herman Bondi et Thomas Gold, a proposé une théorie alternative. Jusqu'alors, les théories avaient été fondées sur un « principe cosmologique », que l'univers était homogène et le même dans toutes les directions. Hoyle et al ont suggéré d'aller un peu plus loin, pour dire que l'univers était également le même en tout temps, ou dans un état stable.

Cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas de processus dans l'univers. De toute façon, les étoiles seraient nées, s'effondrer aux noyaux des températures diaboliques, synthétiser les éléments, exploser en tant que supernovæ, écraser les trous noirs ... mais la totalité des cieux resterait inchangée comme une scène de rue est pareil pendant tout l'après-midi, bien que des centaines vont et viennent !

Mais l'expansion de l'univers, le recul des étoiles les plus éloignées, comment cela s'insère-t-il dans l'état d'équilibre ? Si les étoiles continuaient à reculer au-delà de quelque 10 000 millions d'années-lumière, lorsqu'elles commenceraient à se rétracter à la vitesse de la lumière et disparaissaient de la vue, pouvons-nous dire, quand même, que l'univers est dans un état stable ? Hoyle, Bondi et Gold ont déclaré que le développement de l'univers serait compensé par la « création » spontanée de la matière partout dans l'univers. Est-ce que cela ne violerait pas le principe de la conservation de la matière, ce qui exige que de matière ne pouvait être détruite, ni créée ? Et si la matière était en cours de création continue, n'aurait-on pas vu la preuve du fait ?

Les objections ont été répondues par des preuves de la création spontanée de la matière par les rayons gamma et d'autres phénomènes qui permettent des violations de la conservation, en petites quantités. En tout cas, la théorie ne tente pas de décrire le processus de la création. Cela dit seulement qu'une telle création est une propriété de la matière, tout comme la masse ou la charge ou la gravité. Et en ce qui concerne la preuve, l'univers se compose de vastes espaces de presque vide, que le taux de production de matière ne doit être qu'un seul atome d'hydrogène par litre d'espace chaque milliard d'années ! Certes, nous n'avons aucune compétence expérimentale pour mesurer quelque chose de si maigre que cela !

La position prise, en fait, n'est pas aussi arbitraire qu'elle paraît, si l'on considère les hypothèses possibles sur la matière dans l'univers:

- i. que toute la matière a toujours existé
- ii. que toute la matière a été créée à un moment précis, le moment de la création
- iii. cette matière est en cours de création.

La première possibilité implique que le temps infini s'est écoulé depuis que la matière a été créée. Si tel était le cas, tout l'hydrogène libre dans l'univers aurait formé des étoiles et se serait converti en hélium, en lithium et en éléments supérieurs. Mais il y a encore tellement d'hydrogène dans l'univers que cette possibilité est exclue.

La deuxième possibilité n'est que la théorie du big bang. Au moment où l'état d'équilibre était proposé, le big bang avait de sérieux défauts. La troisième possibilité, l'état stationnaire, était donc une alternative totalement raisonnable. Mais, quand même, la théorie de l'état d'équilibre a été pillée et battue, principalement parce qu'elle ne reposait pas sur l'observation ou la déduction, mais s'appuyait sur le « principe cosmologique parfait ». N'était-ce pas comme la dépendance ptolémaïque à la « perfection » du cercle pour justifier une image du cosmos?

C'est à ce moment que Jayant V Narlikar, jeune chercheur à Cambridge, s'est activé et a collaboré avec Hoyle pour développer une base rigoureuse pour la théorie de l'état d'équilibre.

Narlikar est né à Kohlapur, Maharashtra en 1938 et a été formé à l'Université Hindou de Banaras. Il a continué ses études en mathématiques et l'astronomie à Fitzwilliam House, Cambridge, et est sélectionné comme chercheur par Sir Fred Hoyle, en 1960.

Au début des années 1960, Narlikar et Holye ont développé une théorie efficace pour la création continue de la matière dans le cadre de la théorie de la relativité générale d'Einstein. Historiquement, ce que la théorie de la gravitation de Newton a fait consiste à relier deux corps « à distance », sans lien apparent entre eux. Einstein avait remplacé cette « action à distance » ou l'idée d'un « champ » avec une force, la gravité, qui a son origine dans la structure de l'espace-temps. Cela a été tellement réussi que des tentatives ont été faites pour relier les forces électromagnétiques et nucléaires à une telle approche géométrique. Ceux-ci, malheureusement, n'ont fait aucun progrès. Mais, pendant ce temps-là, même l'électromagnétisme, la pièce maîtresse de

l'approche « champ » a été formulée de nouveau avec élégance par l'approche « particules ».

Hoyle et Narlikar ont maintenant tenté une nouvelle théorie de la gravitation pour soutenir l'hypothèse de la création. L'intuition de la relativité élimine également l'objection de « l'action à distance » en montrant que la distance elle-même se réduit à « sans distance » dans le continuum spatio-temporel à quatre dimensions. Avec la difficulté de l'action à distance éliminée, Hoyle et Narlikar ont apporté une idée que la masse et l'inertie de la matière n'était pas une propriété intrinsèque mais provenaient de l'interaction avec des corps éloignés. En fait, ils ont développé une équation qui relie la masse de tout objet à la masse totale de l'univers observable. L'équation implique également la création d'une nouvelle matière de façon tout à fait naturelle, et non par l'insertion ad hoc de nouveaux termes, comme Hoyle l'a fait au début. La théorie, en fait, utilise l'énergie de l'expansion de l'univers elle-même pour créer la nouvelle matière!

À peu près au même moment, de chercheurs indépendants ont trouvés par hasard, de rayonnement micro-ondes uniforme du fond dans tous l'espace. C'était la preuve évidente de la théorie du big bang, qui n'y avait pas jusqu'ici. C'était une découverte importante et a tellement ravivé l'école big bang que l'hypothèse de l'équilibre a commencé à ressembler à l'hérésie! Le problème de l'âge de l'univers avec la théorie du big bang a également été résolu et le rasion d'être d'une autre théorie s'est évaporé.

La théorie de l'état d'équilibre a également subi l'inconvénient de ne pas avoir fait d'affirmation spécifique qui pourrait être établie par expérience. À l'époque, le rayonnement micro-ondes de fond, en outre, n'avait aucune explication dans la théorie de l'état d'équilibre. Pour toute sa validité intellectuelle et sa contribution à l'objectivité dans la science, la théorie de l'équilibre a commencé à être considérée au mieux comme une recherche d'intérêt académique.

Mais Hoyle et Narlikar ont persisté et ont rapidement produit une théorie de l'état stationnaire modifiée, ce qui a permis aux « mini-explosions » dans des « bulles » localisées, où l'univers pourrait se développer et se contracter sans création. Bien que l'explication a été considérée comme « artificielle », Hoyle et Narlikar et Narlikar avec d'autres, ont persisté avec des révisions et des suppléments, afin de maintenir une ligne de recherche qui ne peut être abandonnée que sur la base de l'élimination de certaines questions qui

défiaient une théorie qui n'est quand même pas libérée de problèmes. Ceci est d'autant plus important dans un domaine où, comme l'a dit un philosophe, nous sommes comme la mouche des fruits, qui, basée sur un aperçu des humains pendant ses brèves heures de vie, essaie d'élaborer la nature de la génétique humaine!

Narlikar est élu Fellow of King's College et a ensuite travaillé comme professeur de Institute of Theoretical Astrophysics à Cambridge. En 1972, il est retourné en Inde et a dirigé le Theoretical Group for Astrophysics au Tata Institute of Fundamental Research de Mumbai.

Narlikar est actif dans la promotion et la vulgarisation de la science, dans l'enseignement et la recherche et dans la gestion du Centre inter universitaire pour l'astronomie et l'astrophysique, à Pune, en Inde

---