

Le modèle du Big Bang : une évaluation

Mart de Groot

Il nous faut plus que la cosmologie pour comprendre la structure et le sens de l'univers.

La cosmologie traite de la structure et de l'origine de l'univers. La cosmologie moderne a débuté dans les années vingt, quand les premiers grands télescopes furent utilisés pour étudier les objets les plus éloignés de l'espace et trouver des réponses aux problèmes concernant la structure de l'univers. Ces réponses ont soulevé des questions sur l'origine de l'univers. Les observations de l'astronome américain Edwin Hubble (1935) ont montré que presque toutes les galaxies présentent ce que l'on appelle un « décalage vers le rouge ». Cela signifie que la couleur de la lumière que nous recevons de ces galaxies est plus rouge que quand elle a quitté sa source. Un moyen possible de produire un tel changement de couleur est l'effet Doppler, c'est-à-dire la récession des galaxies par rapport à la Terre.

Pour interpréter ces observations, Hubble avait besoin d'un modèle cosmologique de l'univers.

A l'époque, plusieurs modèles étaient à sa disposition. Ceux de Milne et de Lemaître admettaient une expansion de l'univers en accord avec la théorie de la relativité générale d'Einstein. Le modèle de Zwicky était plus statique, mais exigeait moins d'ajustements par rapport à la physique de ce temps-là et ne nécessitait l'introduction d'aucun concept nouveau. Ce fut donc le cadre dans lequel les observations de Hubble purent le plus facilement s'insérer. Hubble lui-même n'était pas sûr de la manière dont il fallait interpréter ses observations et, hésitant au début à en tirer la conclusion d'un univers en expansion, il appela les décalages vers le rouge des « déplacements de vitesse apparente ».

Peu de temps après, Hubble abandonna en partie ses réserves et interpréta le décalage vers le rouge par l'effet Doppler ; autrement dit, il conclut que

la plupart des galaxies s'éloignent de nous. C'est ainsi que le terme d'« univers en expansion » fut introduit.

L'univers en expansion

L'étape suivante fut simple. Si aujourd'hui l'univers se dilate, alors il a dû être plus petit dans le passé. En remontant assez loin dans le temps, l'univers a dû avoir une taille minimale à partir de laquelle il s'est dilaté. Il sembla logique de conclure que l'univers eut un commencement dans le temps. Il ne devrait pas être surprenant que cette idée ait gagné la faveur des chrétiens qui ont vu dans ce moment du passé où tout commença à se dilater l'équivalent du « commencement » de Genèse 1 : 1. La question de la date de ce commencement n'a pas reçu aussi facilement de réponse. Il fallait mesurer non seulement la vitesse actuelle de l'expansion mais aussi sa variation avec la distance. La relation observée entre la distance et le décalage vers le rouge est appelée loi de Hubble, et le paramètre qui décrit l'expansion de l'univers est le paramètre de Hubble H_0 . Hubble estima d'abord que H_0 était de 500 km/sec/kpc donnant ainsi à l'univers un âge de 2 milliards d'années.

Le Big Bang

Cela posa immédiatement un problème, car les géologues avaient déjà postulé un âge de la Terre d'environ quatre milliards d'années, et il était inconcevable que la Terre, en tant que partie de l'univers, soit plus âgée que l'univers lui-même. La raison de cette estimation faible de l'âge de la Terre était la distance limitée à laquelle les galaxies pouvaient être observées à l'époque. A mesure que des télescopes plus puissants entraient en fonction, la valeur de H_0 pouvait être déterminée avec plus d'exactitude, aboutissant à

une meilleure harmonie entre les échelles de temps géologique et cosmologique. Dans les années soixante, la situation avait si bien progressé qu'un âge de l'univers d'environ 10 milliards d'années recueillit un large consensus.

Bien que d'autres théories sur l'histoire de l'univers primitif soient apparues au cours des années, le monde scientifique opta en général pour la théorie du Big Bang après certaines découvertes importantes faites en 1965. Dans les toutes premières phases du Big Bang, on pense qu'il y a eu un gaz très chaud et très dense formé d'abord de particules élémentaires et ensuite d'hélium. Dans ce gaz, la lumière émise par une particule se heurtant vite à une autre particule ne pouvait aller loin quand elle changeait de direction et de fréquence. Ainsi, s'il avait été possible d'observer l'univers primitif de l'extérieur, on n'aurait pu voir que ses couches les plus externes ; l'univers était opaque.

Résultant de l'expansion continue de l'univers, la densité de celui-ci décroit suffisamment pour permettre aux radiations émises par les particules de se déplacer dans la plus grande partie de l'univers sans rencontrer d'autres particules. L'univers devint à ce moment-là transparent. Il avait alors 300 000 ans. C'est un très jeune âge ; 300 000 ans sur un total de 15 milliards est l'équivalent de deux heures dans la vie d'une personne de 50 ans. Déjà, dans les années quarante, Gamow, Alpher et d'autres avaient prévu cette situation et avaient calculé que le rayonnement émis à cette époque devrait pouvoir parvenir inchangé jusqu'à nous aujourd'hui et donc nous informer sur l'état de l'univers à ce moment-là.

Puis, en 1965, deux ingénieurs de la compagnie de téléphone Bell firent une découverte inattendue. Ils captèrent un bruit étrange sur leurs antennes radio et, après analyse, conclurent qu'il venait d'une source de rayonnement, uniforme sur toute l'étendue du ciel et d'une température de seulement 3 K. On réalisa rapidement que c'était la radiation émise à l'époque où l'univers est devenu transparent. Cette découverte apporta un soutien de taille à la théo-

rie du Big Bang et convainquit la plupart des cosmologistes de sa validité.

Ce rayonnement de 3 K, ou rayonnement micro-onde cosmique de fond (CMB), semblait avoir la même intensité dans toutes les directions. Ceci signifiait qu'il provenait d'endroits de même température et de même densité. C'était un problème. Dans un milieu si uniforme, comment les structures actuelles de l'univers — étoiles, galaxies, superamas de galaxies — pourraient-elles se former ? Ces structures représentent des hétérogénéités qui auraient dû être présentes depuis le début parce qu'une fois qu'un milieu est complètement homogène, il est impossible d'y introduire des hétérogénéités sans faire référence à une influence extérieure.

Puisqu'on est parvenu à ces premières conclusions sur la base d'observations faites sur terre, avec toutes les incertitudes introduites par le passage du rayonnement à travers l'atmosphère terrestre, on fit le projet d'un satellite qui pourrait observer depuis l'espace et atteindre un plus haut degré d'exactitude. Ainsi, le satellite COBE (COsmic Background Explorer ou Explorateur du bruit de fond cosmique) fut lancé en 1990. Dès 1992 ses résultats avaient été analysés et de petites différences de température avaient été détectées en fonction de la direction. Ces petites fluctuations de température, et donc de densité, semblaient suffisantes pour expliquer la formation des galaxies et des autres structures. C'est ainsi que, dans ses grandes lignes, le Big Bang a été accepté par la grande majorité des cosmologistes et aussi, avec l'aide des médias, par beaucoup de gens. Le modèle du Big Bang aurait-il suscité autant d'intérêt s'il n'avait été qu'un modèle expliquant l'origine de l'univers physique inanimé ? On peut en douter.

En tentant d'expliquer l'origine de la matière trouvée chez les êtres vivants, la théorie du Big Bang a été impliquée dans la théorie naturaliste de l'évolution biologique. Ainsi, durant les trois premières minutes, où l'univers était très chaud et très dense, on pense que seuls les éléments chimiques les plus simples — principalement l'hydrogène et l'hélium — se sont formés. Quand

cette phase s'acheva, la température chuta tellement que tout autre fabrication de noyaux d'éléments chimiques — nucléosynthèse — devint impossible. La question de l'origine des éléments chimiques nécessaires à la vie — comme l'oxygène, l'azote, le carbone, le calcium et bien d'autres — que l'on trouve aussi sur terre, devient alors l'une des plus intéressantes dans la cosmologie moderne.

Le processus de la nucléosynthèse

Après les 300 000 premières années — selon la théorie du Big Bang — quand l'univers devint transparent, les forces de la gravitation se faisaient toujours sentir. Sous cette influence, de petites hétérogénéités commencèrent à se développer en attirant la matière environnante. Cela finit par entraîner la formation de grands nuages constitués principalement d'hydrogène et d'hélium. Ceux-ci se condensèrent plus encore, ce qui entraîna une hausse de la température de leur centre. Quand la température centrale atteignit environ 10 millions de kelvins, des processus nucléaires se déclenchèrent. L'hydrogène commença à se transformer en hélium avec une production importante d'énergie qui devint visible sous la forme d'un rayonnement, ce fut la naissance des étoiles. Ainsi, les étoiles brillent à cause des processus nucléaires qui se produisent au centre de celles-ci. Bien que les étoiles soient énormes, la quantité de carburant nucléaire — l'hydrogène — qu'elles contiennent n'est pas sans limites. Lorsque la majeure partie de l'hydrogène a été consommée, la partie centrale de l'étoile s'effondre et la température monte jusqu'à environ 25 millions de kelvins. A cette température, l'hélium jusque-là inerte peut être utilisé comme carburant pour l'étape suivante de la nucléosynthèse, qui convertit l'hélium en carbone.

Le processus se répète plusieurs fois, chaque cycle prenant moins de temps que le précédent, jusqu'à ce que les éléments chimiques, jusqu'au fer compris, se soient formés. Ce qui se produit par la suite dépend de la masse de l'étoile. Si une étoile est assez massive, elle explosera à la manière d'une supernova,

produisant de nombreux éléments plus lourds que le fer en un temps très court. A la suite de l'explosion, la majeure partie de la matière stellaire retourne dans l'espace où elle peut se transformer en grands nuages à partir desquels une nouvelle génération d'étoiles peut se former. Finalement, et de façon tout à fait probable en maints endroits, des planètes composées de matière solide, la Terre y compris, se sont formées. C'est à ce moment que les processus de l'évolution naturaliste sont censés avoir pris le relai pour engendrer la vie et la développer en êtres vivants intelligents. Voilà pour le Big Bang.

Il existe, dans le modèle du Big Bang, beaucoup d'éléments où les chrétiens se retrouvent. L'univers primitif était dominé par le rayonnement et la lumière, nous rappelant ce qui s'est passé le premier jour de la Création. Adam fut formé de la matière disponible sur la Terre, c'est-à-dire de la poussière du sol. Le soleil, la lune et les étoiles ont été faits quand beaucoup d'autres choses dans l'univers existaient déjà : le quatrième jour vient après « le commencement ». Malheureusement pour le Big Bang, il y a aussi de nombreuses différences avec Genèse 1 : les premiers 300 000 ans où l'univers était rempli de lumière ne peuvent pas vraiment être comparés au premier jour de la Genèse ; la vie n'est pas créée mais a évolué à partir de la matière inanimée ; il faut beaucoup plus que six jours pour achever le processus, etc.

Problèmes scientifiques et philosophiques

A part les différences entre la cosmologie et la Genèse, je perçois des problèmes scientifiques et philosophiques dans le modèle même du Big Bang. Ils peuvent être énumérés brièvement comme suit :

Les problèmes scientifiques. Premièrement, la cause du décalage vers le rouge n'est pas nécessairement la récession des galaxies. Il existe d'autres phénomènes qui peuvent entraîner un décalage vers le rouge. Parmi ceux-ci, le « décalage gravitationnel vers le rouge » implique des masses incroyablement importantes pour les galaxies très éloignées ; et l'« effet Doppler transversal »

exigerait une très rapide révolution autour d'un centre. Rappelant ce qu'Ellen White écrivit au sujet des « soleils et des systèmes planétaires parcourant avec ordre leurs orbites autour du trône de la divinité, »¹ on devrait rester ouvert à cette possibilité, d'autant plus que la révolution autour d'un centre est une caractéristique générale des objets cosmiques. Il y a finalement aussi l'idée que, par interaction avec la matière, la lumière perdrait une partie de son énergie durant son long trajet des galaxies très lointaines à la Terre. A mon avis, cette idée de « lumière fatiguée » n'a jamais reçu l'attention qu'elle mérite.

Deuxièmement, dans la théorie du Big Bang, les particules élémentaires comme les électrons, les protons, les neutrinos, les neutrons et autres, ont été produites au tout début de l'univers. D'après nos dernières connaissances, bien étayées par des expériences de laboratoire, ces particules élémentaires se forment par paires ; avec chaque particule apparaît une antiparticule, faite d'antimatière : les positrons avec les électrons, les antiprotons avec les protons, etc... Quand une particule rencontre son antiparticule, les deux disparaissent dans une explosion d'énergie. Dans l'univers très dense, juste après la formation des particules et des antiparticules, chaque particule aurait dû inévitablement rencontrer son antiparticule. En conséquence, l'univers aurait dû être rempli de radiations et dépourvu de matière, à l'exception de certaines particules comme les neutrons qui n'ont pas d'antiparticules. Or il existe une énorme quantité de matière dans l'univers. Ou bien il a dû y avoir une certaine asymétrie dans la production des particules élémentaires — avec plus de particules que d'antiparticules, ou bien la moitié environ de l'univers doit être constitué d'antimatière soigneusement isolée de la matière. Jusqu'à présent rien ne l'indique.

Les problèmes philosophiques. Premièrement, bien que l'état de l'univers durant les 300 000 premières années de son existence ne se prête pas à l'observation directe, nous pouvons nous informer sur cet état grâce au CMB et, supposant que l'expansion s'est aussi

produite avant cette époque, extrapoler en remontant aux débuts. Remontant dans le temps, nous trouvons un univers toujours plus dense et chaud où nous devons appliquer des principes de moins en moins connus pour comprendre ce qui s'est passé. Inévitablement, nous en arrivons à un moment dans le temps au-delà duquel l'univers était si dense et si chaud que même notre connaissance la plus avancée en physique théorique ne peut plus faire face à ces conditions extrêmes. Nous arrivons à ce point quand nous ne sommes plus qu'à 10^{-43} seconde du point 0, le commencement du temps et de l'espace.

L'état incompréhensible de l'univers durant ces premières fractions de seconde est ce que l'on appelle une singularité. On peut considérer qu'une si petite fraction de seconde est négligeable et qu'il nous est maintenant permis d'annoncer triomphalement que nous avons atteint le commencement du temps. Mais le problème est que l'univers à l'âge de 10^{-43} seconde est censé contenir déjà une grande quantité de matière, et donc que nous ne nous sommes pas en réalité beaucoup rapprochés de la compréhension de l'origine de tout cela. Certains disent que la matière « primordiale » est le résultat d'une phase précédente de l'univers au cours de laquelle l'univers s'était effondré après s'être d'abord dilaté. Ainsi, on peut invoquer un univers qui passe par des cycles répétés d'expansion et de contraction, dont notre univers n'est que la version actuelle. Cet « univers oscillant » ne répond pas vraiment à la question de son origine. Dire qu'il y a toujours eu un univers ou bien le dépouille de toute finalité ou bien en fait l'égal du Dieu éternel de la Bible. Aucune de ces alternatives n'est acceptable pour le chrétien. D'autres, plus honnêtes, ont fait remarquer qu'il est possible de créer de la matière à partir de l'énergie. Bien sûr, cette question évidente demeure : d'où vient cette énergie ? A mon avis, un Dieu tout-puissant est la seule réponse.

Deuxièmement, le développement de la théorie du Big Bang lors des 70 dernières années a été rempli de pré-supposés philosophiques qui, selon les règles du raisonnement purement scien-

tifique, ne devraient pas entrer dans la démarche scientifique. J'en mentionnerai quelques-uns. (1) L'expansion de l'univers est fondée sur une philosophie biaisée. Dans son interprétation du décalage vers le rouge, Hubble opta pour la validité de la théorie de la relativité générale (ce qui n'est pas un si mauvais choix) et du principe cosmologique — l'univers a la même apparence d'où qu'on l'observe. Bien que ces suppositions semblent raisonnables — en fait, les seules qui puissent être utiles — leur validité à quelque échelle connue que ce soit n'est pas, et ne sera peut-être jamais, confirmée. (2) La théorie du Big Bang est fondée sur la supposition que la science est capable de tout expliquer, de répondre à toutes les questions. C'est une supposition qu'on ne peut pas prouver et ceux qui croient en Dieu savent qu'elle ne peut être valable : la science n'a pas de bonnes réponses aux questions sur l'origine de l'amour et de la haine, de la joie et de la tristesse, de la vérité, de la beauté, de la conscience et de quantité d'autres caractéristiques humaines. (3) Diverses théories alternatives ont été rejetées, souvent sans véritable examen de leurs affirmations. Le rejet par la cosmologie de théories qualifiées de non scientifiques, c'est-à-dire de théories qui contiennent des éléments de philosophie ou de religion, s'est fait sans autre forme de procès. En prenant cette attitude, la cosmologie s'est condamnée elle-même, parce qu'elle aussi a incorporé certaines suppositions philosophiques non scientifiques. Pis encore, la cosmologie a tiré un trait sur ce qui pourrait bien être une part essentielle de la réalité et de l'univers.

C'est particulièrement perceptible dans ce que je considère comme le dogme de la cosmologie, non exprimé mais très clairement sous-entendu, selon lequel le Dieu de la Bible et du Calvaire n'existe pas et tout dieu n'est qu'une invention humaine. Là encore, c'est pour les chrétiens quelque chose d'inacceptable.

Conclusion

Sur la base de ce qui vient d'être dit, nous concluons que la cosmologie moderne, représentée par la théorie du Big

Bang, peut avoir ses vertus dans l'explication de nombreux aspects de l'univers physique inanimé, mais qu'elle est une théorie pauvre quand il s'agit de tout expliquer et qu'elle laisse trop de nos questions sans réponse. Comme l'exprime la conclusion de Robert Jastrow dans son livre, *God and the Astronomers* : « En ce moment, tout se passe comme si la science n'était jamais capable de lever le voile sur le mystère de la création. Pour le scientifique qui a vécu par la foi dans le pouvoir de la raison, l'histoire s'arrête comme un mauvais rêve. Il a escaladé les montagnes de l'ignorance ; il est sur le point de conquérir le plus haut pic ; au moment où il se hisse sur le dernier rocher, il est accueilli par une bande de théologiens qui sont assis là depuis des siècles ». ²

Est-il donc possible d'harmoniser la cosmologie moderne avec la Bible ? Devrait-on même essayer de le faire ? Et si oui, comment peut-on le faire ? Malgré le regard critique énoncé plus haut, permettez-moi d'affirmer mon admiration pour la méthode et le travail scientifiques. Nous avons beaucoup appris sur la nature, ce qui peut nous aider à vivre plus confortablement. De plus, la science est une des méthodes employées par Dieu pour communiquer avec nous à son sujet et au sujet de son plan à notre égard. « Les cieux racontent » toujours « la gloire de Dieu » (Psaume 19 : 1). Mais il y a au moins deux problèmes avec ce canal de communication. Le péché a défiguré l'ouvrage de Dieu de telle manière qu'il ne reflète qu'obscurément le caractère de Dieu. Et notre compréhension de la nature, et de celui qui veut se révéler par elle, reste incomplète tant qu'il y a des imperfections dans notre connaissance des lois de la nature qui pourraient nous aider à interpréter correctement le message de Dieu. En même temps, n'oublions pas que nous ne pouvons nous réfugier dans la tour d'ivoire de la théologie et expliquer tout ce qui nous entoure et ce qui nous concerne par la Bible seule.

En fait, c'est précisément à cause de notre compréhension incomplète des lois de la nature et des lois de Dieu que nous les percevons souvent comme étant en conflit. Mais Dieu est l'auteur

des deux, et il ne peut y avoir de conflit si les choses sont comprises correctement. Nous avons besoin des deux disciplines pour donner un sens à l'univers dans lequel nous vivons. Albert Einstein a dit : « La religion sans la science est aveugle ; et la science sans la religion est boiteuse ». ³

Préciser comment nous allons combiner les découvertes de la science avec notre compréhension de la Bible dans notre effort de résoudre le problème des origines demeure difficile. Je crois que Dieu a créé l'univers. « Au commencement » peut bien signifier qu'il a commencé son activité créatrice il y a longtemps. La cosmologie, bien comprise, nous dit comment Dieu s'y est pris pour préparer une planète avec une quantité suffisante de poussière ayant la bonne composition chimique pour former des êtres humains et les maintenir en vie. Ensuite Dieu acheva son œuvre créatrice. En six jours il prépara la Terre pour qu'elle soit habitée et créa de nombreux organismes vivants parmi lesquels l'humanité devait prendre une place très particulière.

Le reste de la Bible nous raconte ce qui s'est passé ensuite et comment, malgré notre rébellion, le magnifique plan de Dieu s'accomplira chez ceux qui acceptent la rédemption qui est offerte à travers Jésus-Christ. L'exécution de ce plan inclut la possibilité d'apprendre la vérité sur l'univers, et je changerai avec joie d'opinion quand le Créateur me dira qu'il le fit autrement.

Mart de Groot (docteur en science naturelles de l'université d'Utrecht) est chercheur titulaire attaché à l'observatoire de Armagh, en Irlande du Nord. La rubrique Profil de Dialogue 3:1 (1991), p. 18-19, lui a été consacrée. Son adresse: 2 Sandymount Road, Richhill, Co. Armagh; BT61 8 QP Irlande du Nord; Royaume Uni. E-mail: mdg@star.arm.ac.uk

Notes et références

1. Ellen G. White, *La Tragédie des Siècles* (Dammarie-les-Lys: Vie et Santé, 1965), p. 736.
2. Robert Jastrow, *God and the Astronomers* (New-York: W. W. Norton & Co., 1978).
3. P. Frank, *Einstein: His Life and Times* (New-York: Alfred A. Knopf, 1947).