

Un Univers animé par le vide

●●● **Marc Türler**, Genève

Docteur en astronomie et astrophysique,

ISDC Data Center for Astrophysics, Université de Genève

La Genèse nous décrit une création en 7 jours... la cosmologie moderne en 13,7 milliards d'années. Cependant tous deux s'entendent sur une évolution par étapes : du plus simple au plus complexe, du chaos originel jusqu'à l'avènement de l'être humain.

Pour la science, les étapes s'enchaînent naturellement les unes aux autres à partir de conditions initiales propices, sans l'intervention de la Parole divine. C'est le refroidissement de l'Univers, résultant de son expansion, qui engendre des structures de plus en plus complexes.

Tout commence par une fluctuation du vide quantique : un frémissement, une vibration, « l'esprit de Dieu planant sur les eaux ». Moins d'un milliardième de milliardième de milliardième de seconde plus tard, l'Univers s'étend de milliards de milliards de milliards de fois. C'est l'inflation. Parfois considérée comme le véritable début de l'Univers, le Big Bang, cette expansion fulgurante, semble nécessaire pour expliquer les propriétés et l'évolution du cosmos. Son origine reste cependant mystérieuse. On invoque une transition de phase analogue au passage de l'état liquide de l'eau à son état gazeux.

Trois minutes après cette impulsion initiale, les protons et les neutrons fusionnent pour former les noyaux atomiques légers, essentiellement de l'hydrogène et de l'hélium. Les noyaux plus lourds,

dont le carbone et l'oxygène nécessaires à la vie, seront formés bien plus tard, au cœur des étoiles.

Et la lumière fut

380 000 ans après le Big Bang, l'Univers s'est suffisamment refroidi pour que les électrons puissent se lier aux noyaux pour former les atomes. Cette étape-clef dans l'histoire du cosmos marque aussi le découplage entre la lumière et la matière. Cette séparation de la lumière d'avec la matière évoque le « Dieu sépara la lumière et les ténèbres » (Gn 1,4). Dès lors, la lumière n'est plus prisonnière d'interactions continues avec les électrons. Elle peut voyager librement entre les atomes. L'Univers devient transparent.

Cette lumière des origines emplit encore aujourd'hui tout l'espace. Son rayonnement est plus intense que celui produit par toutes les étoiles, mais il s'est décalé vers les ondes radio au cours de l'expansion de l'Univers. Découvert en 1967, ce rayonnement de fond cosmologique est la pierre de Rosette qui nous permet de décrypter l'histoire et la destinée de l'Univers.

Le satellite Planck de l'Agence spatiale européenne, qui vient d'être lancé dans l'espace, est le troisième satellite dédié à l'étude de ce rayonnement fossile.

sciences

L'Univers, si riche en galaxies, en nébuleuses, en étoiles et en planètes, garde encore bien des secrets. Bien qu'il aille vers un vide croissant, ce vide n'est pourtant pas un pur néant.

L'Univers est animé par une énergie, dite sombre, inconnue, qui semble être une propriété du vide quantique.

Omniprésente, éternelle et immuable, elle pourrait se révéler être la source de ce monde, en étant à l'origine de l'inflation, et le fera retourner à lui, « ultimement ».

Planck va détecter d'infimes variations de température d'une région du ciel à l'autre. Ces fluctuations correspondent à des différences de densité de la matière 380 000 ans après le Big Bang. C'est l'analyse de ces fluctuations mesurées récemment par le satellite américain WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*) qui a permis aux cosmologistes de dévoiler certains des mystères de l'Univers. Planck va encore affiner ces données pour, en particulier, confirmer ou infirmer la mystérieuse inflation de l'Univers primordial.

Durant les milliards d'années qui ont suivi la formation des atomes, la gravitation a joué son rôle d'amplification des différences de densité présentes à cette époque et qui ont laissé leur empreinte dans le rayonnement fossile. C'est ce qui a permis la formation des étoiles, des galaxies et des planètes, avec l'aide d'autres forces antagonistes évitant que tout ne se transforme en trous noirs. Ainsi, l'équilibre avec la gravitation est assuré par la rotation des galaxies et

par la pression interne des étoiles et des planètes qui leur confère une forme sphérique.

Le Soleil, une étoile parmi la centaine de milliards de notre galaxie, la Voie Lactée, s'est formé il y a environ cinq milliards d'années à partir d'un nuage de gaz froid s'effondrant sur lui-même. La Terre et les autres planètes du système solaire se sont formés en même temps par agglomération du gaz résiduel en rotation autour du Soleil naissant. Le Soleil est maintenant environ à la moitié de sa vie. Il s'éteindra en relâchant une partie de sa matière qui participera, peut-être, à la formation de nouvelles étoiles.

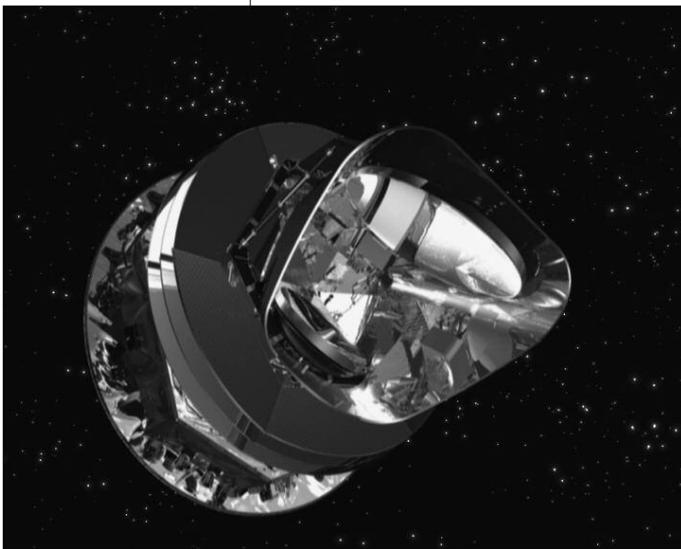
Le ciel n'est donc pas immuable, comme on le pensait au Moyen Âge. Les étoiles également naissent, vivent et meurent. Le cycle de la vie est universel, même pour les astres, et même pour l'Univers dans son ensemble.

L'énergie sombre

Il y a une quinzaine d'années, on pensait encore que la gravitation mutuelle de l'ensemble des galaxies devait nécessairement ralentir l'expansion de l'Univers. C'est en voulant mesurer cet effet que l'on s'est rendu compte, en 1998, que l'expansion ne ralentit pas mais, au contraire, s'accélère. Une espèce d'anti-gravité est à l'œuvre.

L'origine de cette mystérieuse force est appelée « énergie sombre », un terme exprimant bien notre complète ignorance de sa nature. Elle est probablement associée à une propriété du vide quantique et sa pression négative expliquerait son effet d'accélérateur de l'expansion. Serait-ce une relique de ce qui provoqua la fulgurante inflation du cosmos durant la première seconde du Big Bang ?

Le satellite Planck



Nous vivons dans un Univers en expansion accélérée, ce qui signifie que l'espace entre les galaxies va continuer à croître de plus en plus vite, empêchant ainsi la formation de nouveaux amas de galaxies et ralentissant la croissance d'amas déjà formés. En ce qui nous concerne, la Voie Lactée devrait encore fusionner avec sa sœur, la galaxie d'Andromède, dans environ trois milliards d'années, mais en même temps, elle se sera beaucoup éloignée des autres grandes galaxies environnantes. La cosmologie moderne nous suggère donc un destin de l'Univers semblable à son début : non vers un retour dans une phase de plus en plus dense et chaude, un Big Bang à rebours, mais vers un vide croissant, un retour vers l'état d'avant le Big Bang. Telle une vague qui s'évanouirait petit à petit à la surface de l'océan.

Il y a déjà, aujourd'hui, de moins en moins d'étoiles en formation pour compenser celles qui s'éteignent. L'Univers dans son ensemble devient donc inexorablement de plus en plus froid et sombre.

Toujours plus de vide

Si le déclin du monde de la matière est en marche, l'énergie sombre, elle, ne cesse de se renforcer. Etant liée à l'espace, plus l'Univers s'étend, plus sa proportion croît par rapport à la matière. Actuellement l'énergie sombre constitue les trois-quarts du contenu en matière et énergie de l'Univers. Le quart restant est essentiellement de la « ma-

tière sombre ». Encore une inconnue de la physique, une forme de matière qui ne se manifeste que par son attraction gravitationnelle. La matière ordinaire, sous forme d'atomes et de particules connues, qui constitue toutes les étoiles de toutes les galaxies, représente à peine 5 % de l'Univers.

Même les trous noirs ne peuvent résister au vide quantique. En effet, c'est lui qui permet leur évaporation lente en induisant le rayonnement de Hawking, du nom du célèbre physicien atteint de sclérose latérale amyotrophique. Ainsi, *in fine*, dans des milliards de milliards d'années, le cosmos sera tel qu'il était à l'origine, prêt, qui sait, pour un nouveau Big Bang.

Galilée, au début du XVII^e siècle, a personnifié la rupture entre la spiritualité et la science en affirmant notamment que « l'intention du Saint-Esprit est de nous enseigner comment on va au ciel et non comment va le ciel ». ¹ La découverte de l'énergie sombre à l'aube du III^e millénaire pourrait bien provoquer une réconciliation et un enrichissement mutuel de ces disciplines.

M. T.

1 • Dans sa lettre à Christine de Lorraine, Galilée explique que cette idée lui vient « d'une personne se trouvant dans un très haut niveau [de la hiérarchie] » et il ajoute en note « le cardinal Baronius ». (n.d.l.r.)