

# Le big-bang est devenu une théorie scientifique ordinaire



**ALAIN BLANCHARD**, astrophysicien explique comment la cosmologie a accédé au rang de science standard bien que le tout début de l'histoire de l'univers échappe encore aux observations, expériences et théories physiques.

**Au XX<sup>e</sup> siècle, les astrophysiciens découvrent que l'Univers est un objet historique, rompant avec le trio des cosmogonies traditionnelles: l'éternité, un cycle sans fin, ou une durée unique encadrée d'une origine et d'une fin des temps religieux. Quel récit émerge de cette découverte?**

La cosmologie participe des préoccupations les plus anciennes de l'humanité. Toutes les civilisations produisent des récits remontant le temps et décrivant l'espace au-delà de l'expérience sensible. Pourtant, elle n'accède au statut de science qu'au XX<sup>e</sup> siècle et ne devient une activité scientifique standard que dans les années 1960. Son origine résulte d'une double révolution, observationnelle et théorique, révélant un Univers ni statique ni éternel et dont l'histoire peut se reconstituer. Nous sommes remontés jusqu'à l'époque où, très chaud et très dense, il fabrique les particules élémentaires, puis les atomes actuels. Toute l'histoire de l'Univers, depuis son premier milliardième de seconde jusqu'aujourd'hui, 14 milliards d'années après, se déroule comme une splendide tapisserie où, refroidissement et dilution aidant, apparaissent successivement particules, atomes, gaz, étoiles, galaxies et grandes structures regroupant ces dernières aux frontières de vastes vides. Une histoire chimique, puisque les étoiles fabriquent à leur tour, puis dispersent dans l'Univers, lors de leurs explosions (les supernovæ), les éléments lourds — carbone, oxygène, silicium, fer, uranium... — nécessaires à la naissance des planètes et, au moins sur l'une d'elles, de la vie.

**Quelles parts respectives attribuer aux observations et aux théories, dont la relativité générale d'Einstein, dans l'élaboration de ce récit?**

Le facteur le plus important réside dans leur concomitance. Une belle théorie sans données ne vaut pas mieux qu'un bel ensemble d'observations sans cadre explicatif. A l'origine de la cosmologie moderne, on trouve Albert Einstein qui résout, en 1916-1917, l'une des impasses mathématiques de la théorie de Newton, incapable de décrire un univers infini et uniforme. Einstein baptise sa solution Relativité générale, mais, dans un premier temps, se conforme à la vision dominante à l'époque d'un Univers statique. Il invente une constante, dite cosmologique, pour obtenir un tel état, alors que ses équations conduisent à un Univers en expansion. Pourtant, depuis plusieurs années, les astrophysiciens

observent le décalage vers le rouge de la lumière des nébuleuses. Puis Edwin Hubble montre qu'il s'agit de galaxies semblables à la nôtre, la Voie lactée, bouleversant et élargissant notre vision de l'Univers. En 1929, il découvre qu'elles s'éloignent d'autant plus vite qu'elles sont loin de nous, cette fuite expliquant le décalage vers le rouge par effet Doppler-Fizeau, un phénomène physique parfaitement connu. Malgré ce mariage très réussi entre théorie et observation, la notion de big-bang heurtait les rationalistes. Surtout que l'un de ses artisans, l'abbé Lemaître, a très vite expliqué qu'il ne fallait pas confondre le big-bang et le «*fiat lux*» de la Bible. «*La réalité du monde est bien en deçà de la vérité révélée*», plaiderait-il. Un argument précieux, rejetant un possible conflit entre science et religion. Après les années 1950, le big-bang se voit conforté. La physique nucléaire vient d'élucider l'origine de l'énergie des étoiles. Les astrophysiciens mesurent la composition chimique de l'Univers, trois quarts d'hydrogène, un quart d'hélium et une pitichounette d'atomes plus lourds, négligeables pour le cosmologiste, carbone, oxygène, fer, silicium... Mais d'où vient ce quart d'hélium? Si, comme les autres atomes, il provenait des étoiles, son abondance serait moindre. Georges Gamow trouve la solution dans les années 1950. L'Univers tout entier, dans sa phase dense et chaude, a produit cet hélium primordial... ainsi qu'un rayonnement dont la trace fossile doit se trouver partout dans l'Univers. Avec la découverte, par hasard, en 1964, de ce rayonnement fossile, le schéma prédiction-vérification hisse la cosmologie au rang de «*vraie*» science, au sens donné par le philosophe Karl Popper. Puis le big-bang devient un champ d'application de l'ensemble de la physique — atomique, nucléaire, statistique —, quittant définitivement la zone étroite d'un sous-domaine de la relativité générale.

**Quel est le statut actuel du big-bang: théorie stabilisée, paradigme, ou modèle en perte de données nouvelles?**

Si le big-bang se limite à un modèle d'Univers en expansion remontant jusqu'au moment où la physique de laboratoire garde sa validité, alors il se présente comme une des théories les mieux établies, une des constructions les plus remarquables de la physique du siècle dernier. Simple de surcroît, elle peut s'exposer à des étudiants en licence de physique. On observe même une sorte de renversement de la charge de la preuve. Aujourd'hui, c'est l'astro-

physicien stellaire qui dénicherait une étoile plus vieille que l'Univers — 14 milliards d'années, plus ou moins un milliard si l'on additionne toutes les incertitudes — qui aurait du mal à convaincre de la validité de ses calculs! En revanche, d'autres problèmes surgissent et perturbent ce monument: le contenu en masse/énergie de l'Univers et le tout début du big-bang. De l'Univers, nous percevons surtout son expression lumineuse, ses étoiles. On peut y ajouter, découverte récente des télescopes à rayons X (Chandra pour la Nasa et Newton pour l'Esa, l'Agence spatiale européenne), dix fois plus de gaz chauds. A cette matière ordinaire, les mouvements des étoiles et des galaxies exigent d'ajouter une matière noire, dix fois plus massive, d'une nature inconnue, en tout cas pas constituée d'atomes. Mais, pour la plupart des cosmologistes, cela ne constitue que 20 à 30 % de l'Univers. Pour le reste, ils font appel à une énergie noire, dominant la densité de l'Univers, dont les propriétés étranges restent à découvrir. Curieusement, cet empilement de matières et d'énergies pour le moins énigmatiques, jamais observées en laboratoire, fait presque consensus.

**Le concept d'énergie noire est avancé pour expliquer des observations récentes semblant montrer que l'expansion de l'Univers s'accélère depuis plusieurs milliards d'années. Vous contestez cette approche; pourquoi?**

Les partisans de cette énergie noire s'appuient sur les observations du rayonnement fossile qui permettent de calculer la densité totale de l'Univers. Si l'on

**L'un des artisans du big-bang, l'abbé Lemaître, explique qu'il ne faut pas confondre cette théorie avec le «*fiat lux*» de la Bible.**

retranche de ce total ce que l'on voit, puis la matière noire, il manque encore 70%. Qu'est-ce? L'énergie du vide, la constante cosmologique d'Einstein? La plupart des cosmologistes en font le pari. Surtout qu'elle confère au vide sa propre dynamique gravitationnelle dont l'effet serait répulsif — le vide repoussant le vide —, à l'inverse de la gravitation de la matière. D'où une dilatation de plus en plus rapide de l'Univers. Or, cette accélération de l'expansion de l'Univers a été établie, estiment-ils, par des observations de supernovæ très lointaines. Je fais partie des quelques sceptiques. Ces supernovæ lointaines, donc très anciennes, pourraient être moins lumineuses que celles de notre coin d'Univers. Avant d'in-