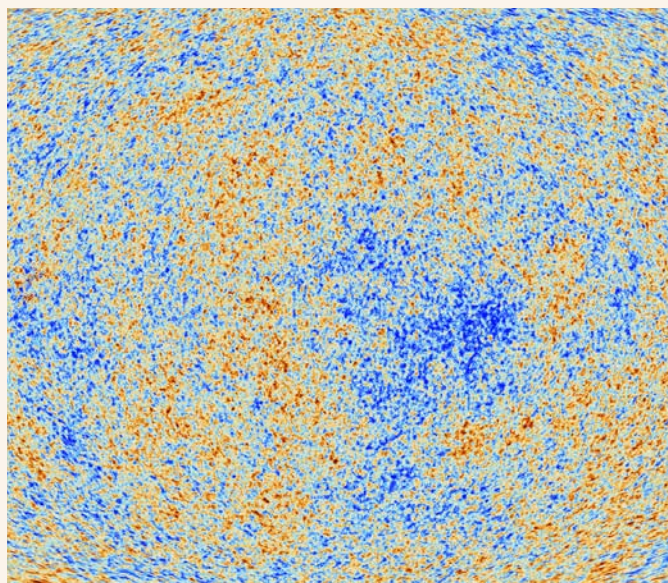


est réel, ce qui semble irrémédiablement exclure le modèle. Pour s'en sortir, les auteurs invoquent une éventuelle instabilité gravitationnelle dans l'espace-temps à cinq dimensions qui pourrait augmenter l'amplitude des fluctuations de grande longueur d'onde, conformément aux contraintes observationnelles. Mais cet ajout pourrait produire des fluctuations non gaussiennes, c'est-à-dire que trop de fluctuations ont une amplitude qui dépasse la valeur typique qu'elles devraient avoir. Or là aussi, les données de *Planck* ne voient pas la trace d'un caractère non gaussien.

D'une façon générale, l'impact de ces approches théoriques est complexe à évaluer. Celles-ci

traitent certains des problèmes du modèle standard de la cosmologie, mais de nouvelles difficultés émergent par ailleurs. Comment savoir s'il s'agit d'une amélioration ? Deux aspects sont à prendre en compte : les données expérimentales et l'impact auprès de la communauté des chercheurs. Il semble que la piste présentée n'ait pas encore eu d'échos. Mais de tels travaux ne sont pas pour autant stériles. L'imagination des théoriciens permet de défier le modèle standard, de l'enrichir, d'ouvrir des pistes à explorer, quitte à montrer que le scénario standard est, en fin de compte, plus satisfaisant que les idées concurrentes.

– **Alain Riazuelo**
Institut d'astrophysique de Paris



LE RAYONNEMENT DU FOND DIFFUS COSMOLOGIQUE pose des contraintes importantes sur le modèle standard du Big Bang et les pistes alternatives.

plat parce qu'il émerge de l'effondrement d'une étoile très massive.

Ainsi, notre modèle de Big Bang holographique non seulement résout les principales énigmes de la cosmologie standard (l'uniformité et la géométrie presque plate) sans recourir à l'inflation, mais il supprime aussi les effets délétères de la singularité initiale.

Un scénario que l'on peut tester

La question qui subsiste est : peut-on savoir si ce scénario est correct ? Une des possibilités est d'étudier les détails du rayonnement du fond diffus cosmologique. À l'extérieur de notre brane, l'espace complet contient de la matière, qui serait attirée dans le voisinage du trou noir du fait de l'attraction gravitationnelle. Nous pouvons montrer que ce supplément de matière crée des fluctuations sur la brane qui vont à leur tour déformer le fond diffus dans des proportions faibles, mais mesurables. Nos calculs dans le cadre de ce scénario diffèrent d'environ quatre pour cent par rapport aux dernières données du satellite *Planck*. Mais cette variation peut aussi être la conséquence d'effets secondaires que nous n'avons pas encore correctement modélisés.

De plus, si le trou noir quadridimensionnel est en rotation (beaucoup de trous

noirs tournent sur eux-mêmes), alors notre brane pourrait ne pas être identique dans toutes les directions. La structure à grande échelle de notre Univers présenterait de petites différences selon les directions d'observation. Les astronomes pourraient aussi détecter cette anomalie en étudiant les variations subtiles dans le fond diffus cosmologique.

Bien sûr, en même temps qu'il résout la question de l'origine de notre Univers, notre scénario soulève toute une série de nouvelles questions. En premier lieu : d'où est issu l'univers qui a donné naissance au nôtre ?

Pour résoudre cette énigme, nous pouvons nous tourner une fois de plus vers Platon. Quand ses prisonniers émergent de leur caverne, la lumière du Soleil les éblouit et ils ne comprennent pas ce qui les entoure. Ils mettent longtemps à s'habituer à la luminosité. Au début, les prisonniers sont juste capables de distinguer les ombres et les reflets. Mais bientôt ils voient aussi la Lune et les étoiles. Enfin, ils arrivent à voir le Soleil et faire sens du jour, de la nuit et des saisons. Ils comprennent aussi la nature des ombres qu'ils voyaient, mais sans savoir d'où vient la puissance du Soleil, tout comme nous ne comprenons pas l'univers complet quadridimensionnel. Mais au moins ils savent où chercher les réponses. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

R. Pourhasan *et al.*, **Out of the white hole : a holographic origin for the Big Bang**, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, vol. 2014, article 04 (2014)005, 2014 (en accès libre).

J. Maldacena, **La gravité est-elle illusion ?**, *Pour la Science* n° 339, janvier 2006.

G. Veneziano, **L'Univers avant le Big Bang**, *Pour la Science*, n° 320, juin 2004.