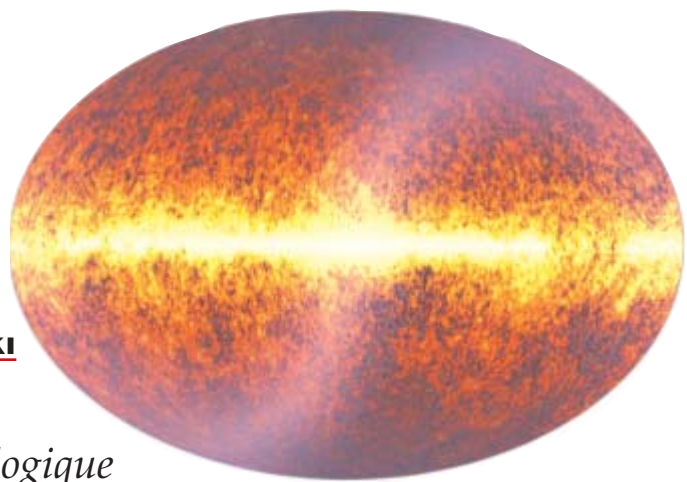


Les échos du Big Bang

ROBERT CALDWELL • MARC KAMIONKOWSKI

Les empreintes laissées par les ondes gravitationnelles dans le fond diffus cosmologique qui baigne l'Univers détiennent peut-être les clés de son origine.



Aujourd'hui encore, les cosmologistes posent les mêmes questions que les tout premiers astronomes. Quelle est l'origine de l'Univers? Comment est-il parvenu à son état actuel? Quel est son avenir? Bien que les théoriciens spéculent depuis fort longtemps sur l'origine du cosmos, ils n'avaient que peu d'informations sur ses premiers instants pour tester leurs hypothèses. Depuis peu, les astrophysiciens disposent d'une méthode d'observation de l'Univers dans sa phase primordiale, celle où il se trouvait une fraction de seconde après le Big Bang. Ils identifient les traces d'ondes gravitationnelles dans le fond diffus cosmologique micro-onde : un rayonnement micro-onde à 2,7 kelvins qui baigne l'Univers depuis 15 milliards d'années et se refroidit au cours de son expansion.

Le fond diffus cosmologique a été émis environ 500 000 ans après le Big Bang, quand les protons et les électrons de la soupe primordiale se sont combinés pour former les atomes d'hydrogène (ce que les astrophysiciens nomment la «recombinaison»). Ce rayonnement est la pierre de Rosette de la cosmologie, car il nous donne une photographie de l'Univers primordial. En 1965, Arno Penzias et Robert Wilson, de la Société Bell, ont découvert le fond diffus cosmologique. Les astrophysiciens qui l'étudient ont mesuré que sa température est proche de 2,7 kelvins, quelle que soit la direction d'observation. Ainsi le fond diffus cosmologique isotrope semblait indiquer que l'Univers primitif était extrêmement uniforme. Dans les années 1990, le satellite d'observation

du fond diffus cosmologique COBE (*Cosmic Background Explorer*) a détecté d'infimes variations (de l'ordre de un cent-millième) dans la température du rayonnement. Ces fluctuations témoignent de l'existence de «grumeaux» dans le plasma primordial. Ces hétérogénéités ont ensuite évolué par effondrement gravitationnel pour former les grandes structures du cosmos : les galaxies et les amas de galaxies qui constituent notre Univers actuel.

Mine d'observations sur l'Univers

Grâce à des détecteurs au sol ou embarqués à bord de ballons, les astrophysiciens ont mesuré à la fin des années 1990 le fond diffus cosmologique micro-onde avec une résolution angulaire bien supérieure à celle de COBE. Ils ont mis en évidence des structures dans le plasma primordial d'un diamètre apparent inférieur à un degré sur la sphère céleste (le diamètre apparent de la lune est d'un demi degré). On déduit de la taille de ces structures que l'Univers est très plat. Ces observations s'accordent aussi avec la théorie de l'inflation, selon laquelle une phase d'expansion extrêmement rapide s'est produite juste après le Big Bang. Cette année, la NASA a prévu de lancer le satellite MAP qui cartographiera les variations de température du fond diffus cosmologique dans tout l'espace (voir l'article *Un cartographe cosmique*, page 42). Prévu pour 2007, le satellite Planck de l'Agence spatiale européenne produira une carte encore plus fine de la voûte céleste. Les cosmologistes s'attendent à tirer de ces

observations une mine d'informations sur l'Univers primordial.

Les astrophysiciens espèrent trouver des preuves directes d'une période d'inflation. La plus évidente – aussi évidente que celle du pistolet qui fume encore après le coup qui vient d'être tiré – serait l'observation des ondes gravitationnelles, dont Albert Einstein a prédit l'existence dans le cadre de sa théorie de la relativité générale. Ces ondes sont l'équivalent des ondes électromagnétiques qui, tels les rayons X, les ondes radio ou la lumière visible, perturbent le champ électromagnétique : les ondes gravitationnelles perturbent le champ de gravitation. Comme la lumière ou les ondes radio, les ondes gravitationnelles véhiculent l'énergie et l'information que leur a communiquées la source qui les a produites. De plus, elles se propagent sans entrave à travers les matériaux qui absorbent les ondes électromagnétiques. Ainsi, les ondes gravitationnelles permettent aux astrophysiciens d'observer des phénomènes qui seraient «invisibles» sinon, exactement comme les rayons X rendent les tissus transparents aux médecins qui les examinent. Toutefois, personne n'en a encore détecté directement, même si les observations astronomiques ont montré que certains objets doubles, tels que des paires d'étoiles à neutrons ou des trous noirs engendrent des ondes gravitationnelles quand ils spiralent.

Le plasma qui a rempli l'Univers pendant ses 500 000 premières années était opaque au rayonnement électromagnétique, car tout photon émis y était instantanément diffusé dans la