

la protéine synthétisée est incomplète, de sorte qu'elle n'est pas fonctionnelle.

La gentamicine diminue la fidélité de la machinerie de traduction des protéines : de temps en temps, le codon stop anormal n'est pas reconnu, de sorte que les ribosomes qui fabriquent les protéines l'«oublient», et produisent une protéine entière et fonctionnelle. L'antibiotique diminue la fiabilité des ribosomes, et la production de toutes les protéines est perturbée : la production des protéines normales passe par exemple de 100 pour cent à 95 pour cent, ce qui ne perturbe pas le fonctionnement de l'organisme. En revanche, si quelques pour cent de dystrophine sont synthétisés, l'activité musculaire est partiellement rétablie.

Or, près de 15 pour cent environ des enfants ayant une myopathie de Duchenne souffrent d'une telle mutation d'un codon stop. On connaît la gentamicine depuis longtemps, et l'on sait

que cet antibiotique est efficace, bien qu'il présente une toxicité rénale et auditive. Un essai clinique, coordonné par l'Association française de lutte contre les myopathies, l'AFM, devrait bientôt commencer sur dix jeunes enfants atteints de myopathie de Duchenne qui ont un gène de la dystrophine complet, mais une mutation faisant apparaître un codon stop. On ignore si le traitement sera efficace, mais on est certain qu'il n'aurait aucun effet chez ceux qui n'ont pas ce type de défaut génétique. Ainsi, leur gène de la dystrophine devra avoir été préalablement séquencé. Par ailleurs, on étudiera si les enfants sélectionnés présentent ou non une prédisposition génétique à la surdité. Si tel est le cas, ils ne devront pas être traités par la gentamicine.

Bien sûr la myopathie de Duchenne fait partie des maladies rares, encore nommées maladies orphelines. Pourtant, si

l'on considère l'ensemble des maladies neuromusculaires, en France, près de 30 000 personnes sont atteintes ; parmi elles, certaines sont dues à l'apparition d'un codon stop. De surcroît, d'autres maladies génétiques ont la même origine. Même si seule une faible proportion de ces malades pouvaient être soulagés par la gentamicine, le résultat serait considérable, car l'arsenal thérapeutique est encore bien maigre. Toutefois, la gentamicine est toxique à long terme de sorte que la recherche d'autres substances de la même famille est urgente. Jean-Pierre Rousset et ses collègues de l'Institut de génétique et microbiologie – CNRS UMR 8621, à Orsay, recherchent si de telles substances auraient été délaissées parce que leur activité antibactérienne est trop faible : si elles ont une activité de franchissement des codons stop et si elles sont peu toxiques, elles pourraient remplacer la gentamicine.

Plat comme l'Univers

Une carte de température du rayonnement cosmologique révèle la géométrie de l'Univers.

Un arpenteur de l'Univers qui mesurerait les angles d'un triangle constaterait que, comme à notre échelle, la somme de ces angles est égale à 180° . Autrement dit l'Univers a une géométrie plane, euclidienne. Pour les astronomes, ce résultat n'était pas trivial : l'Univers aurait pu être de nature sphérique, auquel cas la somme des angles aurait été supérieure à 180° , ou en selle de cheval, avec une somme des angles d'un triangle inférieure à 180° . Les astronomes ont abouti à cette conclusion après l'analyse des données recueillies par l'expérience *Boomerang* qui a volé sur un ballon stratosphérique en Antarctique, fin décembre 1998.

Pour comprendre comment mesurer la courbure de l'Univers depuis chez soi, replaçons nous il y a une quinzaine de milliards d'années, 100 000 ans après le Big Bang. À cette époque, l'Univers est une soupe indifférenciée de matière et de rayonnement. Cette soupe est si chaude et si dense que les photons sont constamment diffusés par les électrons libres environnants, de sorte que l'Univers est opaque. Par endroits, la densité de la matière fluctue : ces zones plus denses sont les germes qui donneront naissance aux étoiles et aux galaxies. Mais à la gravitation, qui tend à comprimer les grumeaux, s'oppose la pression du rayonnement. De cette concurrence naissent

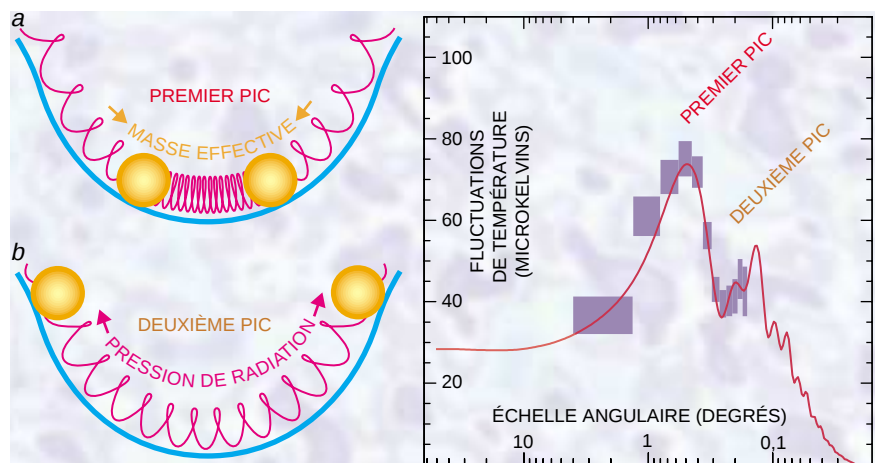
des oscillations qui altèrent la vitesse et la densité du milieu.

Quelques centaines de milliers d'années après le Big Bang, l'Univers s'est tellement dilaté qu'il se produit un changement brusque : le découplage. Les photons peuvent se propager librement et ils s'échappent sous la forme d'un rayonnement cosmologique qui baigne, aujourd'hui encore, l'Univers. Comme, juste avant le découplage, la matière était en équilibre avec le rayonnement, les zones plus denses, donc plus chaudes, chauffèrent le rayonnement et les zones dilatées le refroidirent : les fluctuations de densité de la matière ont engendré des fluctuations de température du rayonne-

ment. Ainsi, les fluctuations du rayonnement cosmologique sont une mine pour l'astronome qui sait le déchiffrer : c'est une photographie de l'Univers primordial.

Initialement très chaud (3 000 kelvins), le rayonnement cosmologique s'est refroidi avec l'expansion de l'Univers et sa température moyenne est aujourd'hui de 2,73 kelvins ($-270,42^\circ\text{C}$), de sorte que l'on détecte ce rayonnement dans la gamme des micro-ondes.

En 1992, le satellite COBE avait découvert ces fluctuations, de l'ordre du cent-millième, mais la carte qu'il en avait dressée était un peu floue, car il n'était pas équipé pour les mesurer aux petites échelles angulaires. Après deux années d'analyse de



Dans l'Univers primordial, le fluide constitué d'un mélange indifférencié de matière et de rayonnement oscille : continuellement, la compression gravitationnelle s'oppose à la pression du rayonnement. Ces oscillations se traduisent dans la courbe représentant les fluctuations du rayonnement de fond cosmologique par des pics. Les données de *Boomerang* (boîtes violettes) s'accordent bien avec les modèles d'Univers plat avec inflation (courbe rouge).

Les phoques ont la grippe

On a montré que les phoques peuvent être infectés par le virus B de la grippe. On sait que le virus A de la grippe contamine certains oiseaux, le virus C les porcs, mais on ne connaissait pas

de réservoir naturel du virus B. Une équipe hollandaise a montré que le virus qui a infecté les phoques, en 1999, ressemblait beaucoup à celui qui a infecté

l'homme en 1994-1995. Ces animaux seraient-ils des réservoirs des virus qui ont contaminé l'homme par le passé, et ces virus emmagasinés pourraient-ils menacer l'homme à nouveau?



Des pandas défaillants

En Chine, les pandas sont en voie de disparition (il ne reste aujourd'hui qu'environ 1 000 individus, à l'abri du braconnage dans des parcs naturels), et leur ardeur sexuelle ne va pas contribuer à les sauver : le mâle de cette espèce ne s'accouple que pendant 10 à 20 secondes, laissant ainsi peu de chance à l'ovule de la femelle d'être fécondé. Des zoologues chinois ont traité ce manque d'appétit par le Viagra® : ce traitement prolonge les rapports des pandas jusqu'à 20 minutes. La pilule bleue réussira-t-elle là où l'éthologie a échoué?

Contre la stérilité

Certaines stérilités féminines résultent d'une anomalie du cytoplasme, le matériau qui entoure le noyau de toute cellule et, notamment, de l'œuf. Les femmes atteintes peuvent bénéficier de dons d'ovules, mais les chercheurs ont mis au point une méthode qui leur permettrait de transmettre leur propre patrimoine génétique. La méthode consiste à transférer le noyau d'un œuf de la mère dans un œuf dont on a retiré le noyau. Cet œuf hybride constitué du noyau de la mère et du cytoplasme d'une autre femme, subirait ensuite une fécondation *in vitro*. Le patrimoine génétique de l'enfant serait constitué du génome du père, du matériel génétique nucléaire de la mère, mais aussi du génome extranucléaire de l'autre femme ; en effet quelques gènes, les gènes mitochondriaux sont présents dans le cytoplasme et – normalement – transmis par la mère.

données, les astronomes de la collaboration *Boomerang* ont présenté une carte plus précise : la gamme d'échelles angulaires étudiées s'étend de quelques dizaines de minutes d'angle à quelques degrés.

Comment comparer cette carte des fluctuations aux modèles cosmologiques ? À l'aide d'une fonction qui mesure l'amplitude des fluctuations de température à chaque échelle angulaire, nommée spectre de puissance angulaire. Les oscillations de l'époque du découplage se traduisent dans cette fonction par deux pics : le premier pic reflète la compression sous l'effet de la gravité, le second pic correspond à une dilatation due à la pression de radiation.

Bien que l'expérience *Boomerang* n'ait couvert qu'un pour cent du ciel, les astronomes ont détecté les deux premiers pics. Le premier se trouve à une échelle angulaire d'environ un degré. Grâce à ce pic, on connaît la taille des fluctuations de densité initiales, que l'on peut relier, à l'aide d'un modèle, à la quantité de matière de l'Univers et donc à sa courbure (Albert Einstein a montré que la matière courbe l'espace). Ce pic permet aux astronomes d'affirmer que l'Univers est plat.

Quelle est l'origine des fluctuations initiales ? Des fluctuations quantiques apparues lors d'une phase d'inflation cosmique où, quelques instants après le Big Bang, l'Univers croît de façon quasi exponentielle. Toutefois, en se fondant uniquement sur la position du premier pic, et avec les incertitudes des mesures expérimentales, les germes des premières structures pourraient aussi résulter de perturbations engendrées par des défauts topologiques, des concentrations d'énergie issues des transitions de phase que l'Univers a traversées au cours de son expansion. Le présence d'un second pic permet la distinction : les modèles de défauts topologiques ne prédisent pas de pics secondaires.

Pour l'instant, quelques pour cent seulement des données obtenues par *Boomerang* ont été utilisées. Un long travail d'analyse attend encore les astronomes. D'autres expériences détailleront la situation : l'expérience ballon MAXIMA publiera dans quelques semaines des résultats montrant des spectres à des échelles légèrement inférieures et surtout le satellite MAP, qui sera lancé au printemps 2001, précisera la position et l'amplitude des pics secondaires et mesurera ainsi plusieurs paramètres cosmologiques fondamentaux. Grâce à la sensibilité des détecteurs, sans cesse améliorée, la cosmologie change de statut : de science théorique, elle devient science d'observation.

Alejandro GANGUI,
Observatoire de Paris-Meudon
Laurent VERSTRAETE,
Institut d'astrophysique spatiale, Orsay.

La matière noire dans tous ses états

De la matière noire à grande échelle et dans le halo galactique.

De quoi est fait l'Univers ? En partie de matière lumineuse, mais aussi de matière noire dont les astronomes ignorent jusqu'à la nature. La recherche de cette matière vient de franchir une étape : l'équipe de Yannick Mellier, à l'Institut d'astrophysique de Paris, a décelé de la matière noire à l'échelle de l'Univers et une équipe franco-allemande a montré que, dans le halo de notre Galaxie, une partie de la matière noire est constituée de naines blanches, des étoiles très peu lumineuses.

Dans les années 1930, Fred Zwicky montre que le mouvement des galaxies dans les amas ne s'explique pas à partir de la seule présence de matière dans les objets lumineux. Autrement dit, pour expliquer en termes de mécanique céleste les vitesses mesurées des galaxies, on doit supposer la présence dans les amas d'une matière invisible. C'est la «naissance» de la matière noire. Plus tard, dans les galaxies elles-mêmes, des arguments dynamiques analogues indiqueront la présence de matière noire.

Portant sur de la matière noire lointaine (l'Univers à grande échelle), la première découverte utilise la déviation de la lumière par la matière, effet prédit par Einstein il y a presque un siècle. En particulier, l'interposition entre les galaxies lointaines et la Terre de grandes quantités de matière, même invisible, distribuée non uniformément, déforme faiblement l'image des galaxies. Ces déformations correspondent à un effet de lentille gravitationnelle nommé astigmatisme cosmique.

Par cette méthode, les astronomes ont mis en évidence la présence de matière noire dans l'Univers à très grande échelle, c'est-à-dire à l'échelle des regroupements d'amas de galaxies. À l'aide du télescope CFH d'Hawaii, les astronomes ont cartographié une portion du ciel équivalant à 16 fois la surface de la Lune et ils ont mesuré la déformation de 200 000 galaxies. La difficulté de la mesure consiste à séparer la déformation intrinsèque des galaxies, due à leur projection sur la voûte céleste (les galaxies sont des objets tridimensionnels que nous voyons en deux dimensions), de la déformation due à l'astigmatisme. Cette dernière oriente l'image des galaxies comme un aimant oriente la