

## Le cosmos selon Planck

**Astronomie** Les premiers résultats du télescope spatial, lancé en mai 2009

Sylvestre Huet

«A wonderful machine», s'exclament-ils, anxieux de faire partager leur «excitation». Ils? La brochette d'astrophysiciens européens qui, mardi, dévoilaient lors d'une conférence de presse à grand spectacle – dans le planétarium de la Cité des sciences, à Paris – les premiers résultats de Planck, le télescope de l'Agence spatiale européenne (ESA).

Lancé en mai 2009 par Ariane, ce télescope a pour mission d'observer les infimes variations d'intensité du rayonnement micro-onde émis par tout l'Univers, environ 380 000 ans après le big-bang, daté d'il y a 13,7 milliards d'années. A cette époque, le cosmos s'est assez refroidi pour que les atomes se forment. De mélasse opaque, où les grains de lumière, les photons, ne pouvaient circuler, l'Univers devient transparent. Doù l'émission d'une sorte de flash universel, baptisée rayonnement cosmologique. Émis à 3000°C, il s'est depuis refroidi à 2,73 kelvins (environ -270 °C). Il hante tout le cosmos et recèle un secret majeur. Comment la soupe chaude et homogène des débuts s'est-elle transformée en un cosmos où d'immenses espaces vides sont interrompus par des concentrations de galaxies, peuplées d'étoiles, de gaz et de poussières et – c'est aujourd'hui une certitude – de milliards de planètes?

### Proche du zéro absolu

Le paradoxe des premiers résultats de Planck, c'est que son but ultime – la carte détaillée du rayonnement cosmologique sur tout le ciel – sera disponible qu'en 2013, explique Jan Tauber, de l'ESA, en raison de l'extrême difficulté du traitement des données. Pourquoi, alors,

tant d'excitation chez les astrophysiciens? D'abord, parce que tout marche à merveille à bord, ce qui n'avait rien d'évident. Le détecteur du télescope doit ainsi être refroidi à 0,1 kelvin, tout proche du zéro absolu – l'immobilité totale de la matière.

### Trésor d'observations

Mais aussi parce que d'autres résultats sont déjà là. Pour étudier ce passé très lointain, il faut en effet débarrasser le rayonnement cosmologique de tout ce qui l'a altéré depuis. Ce nettoyage ardu, loin de virer ingrat, débouche sur un trésor d'observations inédites, qui ont déjà donné lieu à 25 publications scientifiques. Parmi ces découvertes, Jean-Loup Puget, de l'Institut français d'astrophysique spatiale (IAS), évoque ces sites de formation d'étoiles, 2 milliards d'années après le big-bang, où les naissances stellaires s'opèrent mille fois plus souvent qu'aujourd'hui dans notre galaxie. Nabila Aghanim, aussi de l'IAS, présente un nouveau catalogue d'amas de galaxies, dont certains en formation que seul Planck pouvait détecter. Clive Dickinson, de l'Université de Manchester, présente la découverte d'un composant mystérieux du milieu interstellaire jusqu'alors insoupçonné: des grains de poussières minuscules, tournant sur eux-mêmes si vite qu'ils émettent un rayonnement micro-onde.

Cette première moisson laisse augurer des centaines de publications à venir. Réunissant des centaines de scientifiques et d'ingénieurs européens, Planck s'annonce comme une formidable réussite, sur un terrain où les scientifiques américains, à l'aide de la NASA, tenaient le haut du pavé.

## Suppression des acouphènes

Des chercheurs américains ont éliminé les acouphènes chez des rats en stimulant un nerf du cou, selon leurs travaux dévoilés dans *Nature*. Pendant la stimulation du nerf pneumogastrique, qui innerve le pharynx, le voile du palais et le larynx, ils ont produit une gamme de sons durant une période prolongée. Cette thérapie paraît aider les parties du cerveau qui interprètent les sons à se reprogrammer pour retrouver leur état initial et faire disparaître la source du bourdonnement. (AFP)

# Un relais de cristal glacé pour le cryptage quantique des données

**Physique** Des chercheurs genevois font un pas crucial pour appliquer une technologie en principe inviolable à de vastes réseaux. Leur travail est publié aujourd'hui dans «Nature»

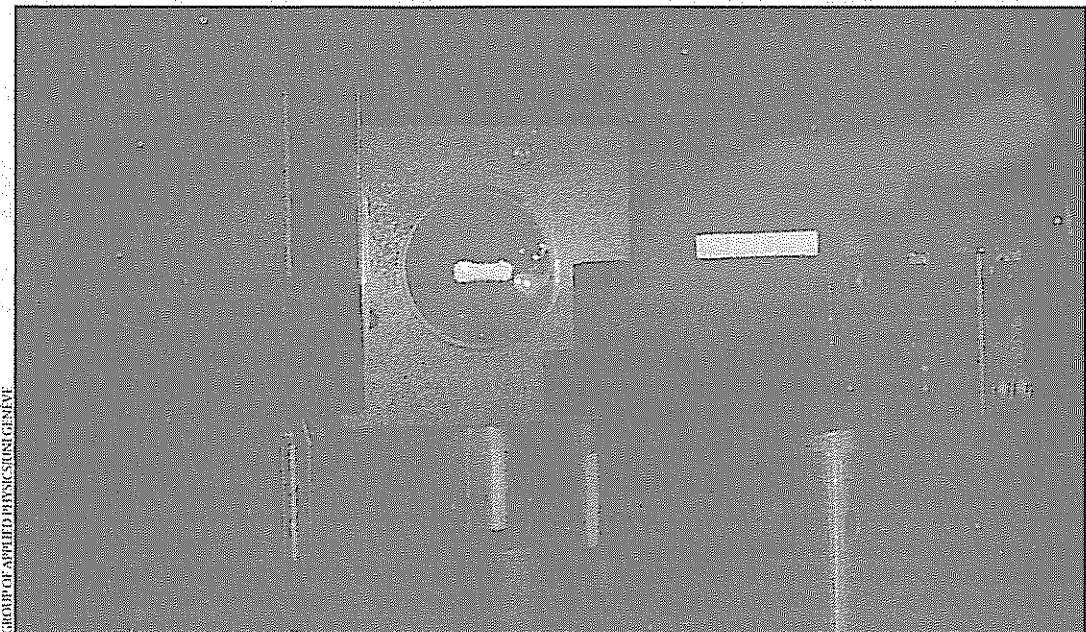
Olivier Dessibourg

Einstein, qui avait qualifié ce phénomène d'«action bizarre à distance», pourrait se gratter le crâne d'autant plus fort: l'intrication quantique sort du monde de l'infiniment petit pour apparaître dans notre univers macroscopique, grâce à des physiciens de l'Université de Genève. Nicolas Gisin, Mikael Afzelius et leur équipe sont parvenus à intriquer un photon, soit une infime et intangible particule de lumière, avec un cristal long d'un centimètre. Une avancée de plus dans l'exploitation de la téléportation quantique pour établir des communications inviolables. Leurs travaux sont publiés aujourd'hui dans la revue *Nature*.

Mais reprenons. Le monde de la physique quantique est ainsi fait que ses lois peuvent sembler absconses, même au plus emblématique des savants. Les physiciens peuvent par exemple rendre deux photons «intriqués», si bien qu'il existe un lien immatériel entre eux, même s'ils sont très éloignés. Ainsi, si l'une des deux particules est manipulée, l'autre le «sait» aussitôt et réagit exactement de la même manière. Comme si les photons téléportaient instantanément l'information entre eux à travers un canal invisible. A l'image des gens qui affirment avoir une pensée pour un proche à l'instant précis où un malheur survient à ce dernier.

### Cryptographie inviolable

Cette propriété est appelée intrication quantique. Elle est déjà au cœur d'une application: la cryptographie quantique. L'idée est d'établir une ligne de communication inviolable entre deux interlocuteurs. L'information à faire passer est codée. Et la clé de codage, que l'émetteur doit transmettre à son destinataire par fibre optique, est justement l'un de ces deux photons intriqués. Or si un espion tente d'intercepter et utiliser ce photon-clé pour lire les données cryptées, l'émetteur le détecte aussitôt puisque l'autre parti-



**Table optique.** Le cristal des physiciens genevois capte une propriété quantique des particules de lumière. ARCHIVES

culé du couple intriqué, qu'il a pris soin de garder chez lui, réagit immédiatement à la manipulation illicite. Plusieurs sociétés, dont idQuantique, à Genève, commercialisent déjà et développent de tels systèmes de cryptographie quantique (LT du 30.12.2010).

Le problème, c'est que ce mode de cryptographie ne va pas bien loin. Entendez par là que lorsque les photons doivent parcourir une grande distance dans les fibres optiques, l'intrication peut disparaître. Après une centaine de kilomètres, 99% des photons sont perdus! Doù la nécessité de pouvoir disposer de relais, capables de ragaillardir et relancer les photons. «Mais des relais qui préservent aussi l'intrication quantique! Et si cela est théoriquement possible, c'est très difficile à réaliser», commente Jean-Louis Le Gouët, physicien au Centre national français de la recherche scientifique, à Orsay.

En 2008, le groupe Gisin était déjà parvenu à créer une sorte de «mémoire quantique», qui permettait de retenir des photons durant quelques microsecondes. Dans ces

nouveaux travaux, ils sont cette fois parvenus à appréhender des photons intriqués. Pour ce faire, ils ont utilisé un cristal transparent particulier (constitué de silicium et d'yttrium, dopé au néodyme), et refroidi à -270 °C. «Pour qu'il soit prêt à mémoriser les photons incidents; nous l'avons excité avec des impulsions laser», explique Nicolas Gisin.

Résultat: lorsqu'un photon intriqué s'immisçait dans ce cristal, il transmettait au groupe d'atomes de néodyme son intrication. Le fameux lien de communication invisible existait dès lors entre le cristal lui-même et l'autre photon intriqué. «Surtout, la même opération a été réalisée dans l'autre sens; du cristal à un autre photon, souligne Alain Aspect, professeur à l'Institut d'optique à Palaiseau (France), et le premier à avoir démontré la réalité de la notion d'intrication quantique. Et les chercheurs ont bien vérifié que l'intrication était conservée avec le nouveau photon. C'est un pas très important!»

Selon Jean-Louis Le Gouët aussi, «plusieurs équipes étaient au seuil

de cette avancée cruciale. Le voile franchi!» Et même doublement, puisque dans le même numéro de *Nature*, un autre groupe, mené par Wolfgang Tittel, un ancien collaborateur de Nicolas Gisin aujourd'hui à l'Université de Calgary, décrit être est arrivé aux mêmes résultats; avec un autre type de cristal.

### D'un monde à l'autre

«Ces recherches transposent pour la première fois des propriétés de l'environnement atomique au monde macroscopique», résume Jean-Louis Le Gouët. Pour Nicolas Gisin, «l'intrication, ce lien si fascinant, devient plus robuste qu'on ne le pensait. Et l'on apprend de mieux en mieux à le maîtriser. La prochaine étape est d'intriquer directement deux cristaux entre eux.»

De la robustesse, les réseaux de communication et de cryptographie totalement quantique doivent cependant encore en acquérir, avant d'être largement installés. «Il faudra encore 5 à 10 ans pour mettre au point des relais quantiques fonctionnels», estime Nicolas Gisin.