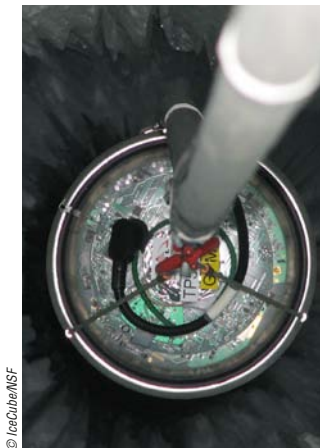


Physique des particules

Saveurs des neutrinos d'IceCube : un avant-goût

L'expérience IceCube détecte des neutrinos de très haute énergie qui traversent la glace de l'Antarctique. Deux équipes ont partiellement déterminé les « saveurs » de ces particules, un indice pour comprendre leur origine cosmique.



© IceCube/NSF

L'expérience IceCube (ci-contre) consiste en un ensemble de capteurs (ci-dessus) placés dans la glace pour détecter le passage de neutrinos.



© Felipe Paduans, IceCube/NSF

**2×10^{15}
électronvolts :**

c'est l'énergie du neutrino le plus énergétique détecté par IceCube. Les physiciens l'ont surnommé Big Bird, comme le personnage d'une émission populaire pour enfants.*

Pour traquer certaines particules, des neutrinos de très haute énergie, les physiciens ont transformé un kilomètre cube de glace de l'Antarctique en un détecteur géant nommé IceCube. Ils ont ainsi observé des neutrinos à des énergies extrêmes (jusqu'à 10^{15} électronvolts, ou 1 000 téraélectronvolts) dont ils cherchent à déterminer les « saveurs ». Les neutrinos existent en effet en trois saveurs : électronique, muonique et tauique. Or, la part des neutrinos de chaque saveur parvenant au détecteur dépend des processus physiques qui les produisent. Déterminer la saveur des neutrinos d'IceCube aiderait donc à comprendre comment et où ces particules sont produites.

Cette analyse doit tenir compte d'un processus propre aux neutrinos : leur « oscillation ». Par des effets quantiques probabilistes, les neutrinos changent spontanément de saveur. Le Soleil, par exemple, ne produit que des neutrinos électroniques, mais seul un tiers de ce flux de particules est dans l'état de saveur électronique en arrivant

sur Terre. Les autres neutrinos ont changé de saveur en chemin.

Si la distance entre le site de production des neutrinos et la Terre correspond à des échelles cosmologiques, les physiciens s'attendent à observer une répartition homogène entre les trois saveurs de neutrinos. Cependant, en 2014, des chercheurs ont suggéré que les neutrinos de très haute énergie détectés par IceCube étaient tous de saveur électronique, ce qui impliquait des mécanismes de production exotiques. Deux nouvelles études, conduites par la collaboration IceCube et un groupe mené par Francesco Vissani de l'Université de L'Aquila en Italie, viennent d'infirmer ce résultat.

Ces deux équipes se sont focalisées sur les neutrinos de plus de 35 téraélectronvolts (et 60 téraélectronvolts pour Francesco Vissani). Le détecteur IceCube ne permet pas d'identifier formellement la saveur d'un neutrino, mais les caractéristiques du signal livrent un indice. En réalité, un neutrino n'est détecté que lors de son interaction avec

la glace dans la région sondée par le dispositif. On voit apparaître dans le détecteur une gerbe de particules, ou une fine trace lorsqu'un neutrino muonique produit un muon.

Les deux équipes ont alors comparé le nombre de signaux formés par une gerbe avec le nombre de ceux présentant une trace de muon. La collaboration IceCube a ainsi étudié 137 événements (129 gerbes et 8 traces de muons). L'analyse statistique exclut le résultat de 2014 et est compatible avec une répartition équilibrée des saveurs.

L'équipe de Francesco Vissani obtient un résultat similaire à la collaboration IceCube, ce qui confirmerait que ces neutrinos ont parcouru des distances cosmologiques. Les chercheurs espèrent améliorer leurs méthodes d'analyse pour identifier les neutrinos tauiques et ainsi préciser les mécanismes de production en jeu.

Sean Baillly

Collaboration IceCube, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 114, article 171102, 2015 ; A. Palladino et al., *ibidem*, article 171101

Biologie de synthèse

Bientôt des opiacés produits par des levures ?

Actuellement, la seule source d'opiacés est le pavot. Ces alcaloïdes complexes tels que la morphine et la codéine sont utilisés comme agents analgésiques et nombre d'entreprises pharmaceutiques rêvent de les synthétiser à bas coût en laboratoire. Toutefois, jusqu'à présent, des obstacles demeuraient. Une équipe américano-canadienne vient de donner les clés pour produire ces molécules chez la levure... à partir de sucre !

Faire synthétiser des opiacés par des bactéries ou des levures nécessite d'y transposer la chaîne de réactions qui se produisent dans la plante en y insérant les gènes des protéines impliquées. Toutefois, chez la bactérie, on ne sait mener que la première partie de cette chaîne : la conversion de glucose en un intermédiaire, la (S)-réticuline. Et chez la levure, à l'inverse, une étape précoce résistait : il était impossible de convertir en quantité suffisante l'intermédiaire L-tyrosine en L-DOPA (un précurseur de la dopamine). Les enzymes qui effectuent cette



La culture du pavot sera-t-elle remplacée par celle de levures ?

conversion, les tyrosine hydroxylases, produisent aussi une autre réaction, et si l'on en connaissait bien quelques-unes favorisant la réaction voulue, aucune ne fonctionnait dans la levure.

William DeLoache, de l'Université de Californie à Berkeley, et ses collègues ont trouvé un tel candidat grâce à un biocapteur : une enzyme qui convertit la molécule L-DOPA en un composé jaune et le produit de la réaction annexe en un composé violet. Avec ce biocapteur, ils ont passé au crible les tyrosine hydroxylases connues jusqu'à en trouver une produisant des levures jaunes. Ils ont ensuite

modifié le gène de l'enzyme pour augmenter son efficacité, puis inséré dans les levures tous les gènes pour mener la chaîne de réactions jusqu'à la (S)-réticuline. La suite ayant déjà été produite chez la levure, il ne reste à présent plus qu'à coller les morceaux...

Le rendement obtenu est encore faible, mais la route est tracée. Et de nombreuses questions éthiques ou juridiques vont se poser, puisque ces travaux laissent entrevoir la production d'héroïne en laboratoire...

Marie-Neige Cordonnier

W. C. DeLoache et al., *Nature Chem. Biol.*, en ligne le 18 mai 2015

Des taches sur Véga

Véga de la Lyre est une étoile brillante du ciel de l'hémisphère Nord. Cet astre présente un champ magnétique très faible découvert en 2009, mais dont on ignore l'origine. S'il est produit par un effet dynamo, comme dans le Soleil, Véga devrait présenter des taches stellaires qui apparaissent et disparaissent. Torsten Böhm, de l'Université de Toulouse et du CNRS, et ses collègues ont confirmé cette hypothèse grâce à des observations spectroscopiques menées à l'Observatoire de Haute-Provence.

Le varroa change de peau

On savait que *Varroa destructor*, un acarien parasite des abeilles, a une cuticule dont certains composés imitent ceux de la cuticule de son hôte, ce qui l'aide à passer inaperçu. Anne-Geneviève Bagnères (CNRS-IRBI, Tours) et des collègues viennent de montrer que, de plus, la composition de la cuticule du varroa se modifie lorsqu'on transfère le parasite d'une espèce d'abeille à l'autre. Une remarquable adaptation chimique !

Paléanthropologie

Un nouveau proche parent australopithèque

Le paléanthropologue éthiopien et américain Johannes Hailé-Selassié propose l'introduction d'une espèce d'Australopithèque dans notre arbre de parenté : *Australopithecus deyiremeda*, c'est-à-dire en langage afar « proche parent australopithèque ».

Johannes Hailé-Selassié ne fait cette proposition que sur la base de deux fragments de maxillaire, l'un gauche et l'autre droit, trouvés à cinq mètres l'un de l'autre, ainsi que de deux mandibules, l'une complète et l'autre représentée par la branche droite. Ces fossiles ont été trouvés dans la vallée de l'Aouache, en Éthiopie, dans un espace de quelque

trois kilomètres carrés et à 30 kilomètres du lieu de la découverte de Lucy. Alors que cette australopithèque des Afars remonte à 3,2 millions d'années, les quatre fossiles trouvés par l'équipe de Johannes Hailé-Selassié datent de 3,3 à 3,5 millions d'années.

Ainsi, *Au. deyiremeda* provient des Afars, comme Lucy. Selon Johannes Hailé-Selassié, les architectures mandibulaires de *Au. deyiremeda* et de *Au. afarensis* sont différentes, notamment par la position et l'angle des branches, ainsi que par l'absence d'un creux sur le côté du corps mandibulaire. Pour diverses raisons, il distingue

aussi *Au. deyiremeda* de l'ardipithèque (*Ardipithecus ramidus*, plus de 4 millions d'années), d'*Australopithecus anamensis* (3,9 millions d'années), et de *Kenyanthropus platytops* (3,2 millions d'années).

Nul doute que les arguments de Johannes Hailé-Selassié vont être disséqués par ses pairs. Quoi qu'il en soit, une chose est claire : l'idée que Lucy constitue la mère de l'humanité est douteuse, tant elle avait de cousines contemporaines et vivant dans la même région.

F.S.

Y. Haile-Selassie et al., *Nature*, vol. 531, pp. 483-488, 2015



Le fragment de maxillaire gauche à l'origine de la description de *Australopithecus deyiremeda*.