

déplacent dans le graphène comme si leur masse était quasi nulle. Ils atteignent alors des vitesses de l'ordre de 1 000 kilomètres par seconde, soit 150 fois plus que dans le silicium, la coqueluche de l'électronique.

En superposant deux couches de graphène faisant un angle relatif de $1,1^\circ$, on modifie la structure des bandes électroniques: la bande de conduction devient étroite tout en étant à moitié remplie. *A priori*, le système devrait se comporter comme un métal conducteur, mais ce n'est pas le cas. En effet, en raison de l'étroitesse de la bande, la répulsion électrostatique entre les électrons (d'habitude négligée dans la théorie des bandes) devient importante comparée à leur énergie cinétique. Ces interactions maintiennent alors les électrons immobiles, ce qui empêche la circulation d'un courant. On a alors ce qu'on appelle un isolant de Mott.

La double couche de graphène à angle magique est encore plus surprenante. En appliquant une tension électrique au dispositif, les chercheurs ont enrichi le milieu en électrons, ce qui permet de sortir de l'état d'isolant de Mott. Ils ont montré qu'en dessous de 1,7 kelvin (-271°C environ), le matériau devient non seulement conducteur, mais supraconducteur: sa résistance électrique est nulle.

La supraconductivité apparaît pour de nombreux matériaux à une température proche du zéro absolu. Or, depuis 1986, les physiciens ont découvert des matériaux supraconducteurs à des températures plus élevées, dépassant parfois 100 kelvins, dont certains cuprates (contenant un ion cuivre). Et ce phénomène de supraconductivité à haute température reste mal élucidé.

Les cuprates et la double couche de graphène ont des températures maximales de supraconductivité très différentes. Pourtant, les deux systèmes ont des ressemblances intrigantes. Notamment, les deux sont des isolants de Mott et ne deviennent supraconducteurs qu'en rajoutant des charges – par substitution chimique dans les cuprates ou par application d'une tension dans la double couche de graphène. Ainsi, avec cette dernière, les chercheurs ont un système simple pour étudier la supraconductivité non conventionnelle et le rôle des interactions électroniques, qui reste aujourd'hui mal compris. ■

SEAN BAILLY

Y. Cao et al., *Nature*, en ligne le 5 mars 2018

Les gènes des derniers Néandertaliens révélés

Autour de Mateja Hajdinjak, une équipe de l'institut Max-Planck d'anthropologie évolutionniste de Leipzig vient de séquencer cinq nouveaux génomes néandertaliens. Silvana Condemi, paléanthropologue au CNRS, nous explique les premiers tenants et aboutissants de ce flot de nouvelles données génétiques.



Propos recueillis par FRANÇOIS SAVATIER

SILVANA CONDEMI,
paléanthropologue
au CNRS/Aix-Marseille
Université/EFS

Qu'a fait l'équipe de Mateja Hajdinjak ?

Grâce à une méthode mise au point à l'institut Max-Planck de Leipzig, elle a réussi à séquencer les génomes de cinq Néandertaliens, dont quatre tardifs provenant d'Europe occidentale – un de France, deux de Belgique et un de Croatie – et un, plus ancien, du Caucase russe. Ce n'est pas rien : auparavant, nous disposions seulement du génome d'une Néandertalienne qui vivait dans l'Altai sibérien il y a environ 100 000 ans, ceux, partiels, de trois individus d'El Sidrón, en Espagne, datant d'il y a 40 000 à 50 000 ans et celui d'un individu mort il y a 44 000 ans dans la grotte de Vindija, en Croatie. Les nouveaux génomes datent d'entre 39 000 et 49 000 ans et nous renseignent sur la génétique des derniers Néandertaliens d'Europe.

Qu'apprend-on sur cette génétique ?

Sa structure est géographique. Les gènes des Néandertaliens tardifs d'Europe occidentale sont bien plus proches de ceux des Néandertaliens tardifs d'Europe orientale qu'ils ne le sont de ceux des Néandertaliens d'Asie. La même chose se constate dans le temps : le génome des Néandertaliens tardifs est plus proche de celui des Néandertaliens qui les précèdent que de celui des Néandertaliens anciens. Rien que de très logique, mais encore fallait-il le vérifier dans ces nouvelles données génétiques !

Et c'est tout ?

Non. On sait que les derniers Néandertaliens d'Europe occidentale vivaient à une époque d'oscillations climatiques extrêmes, qui ont rendu leur survie très difficile. Les auteurs de l'étude en déduisent que la proximité génétique entre Est et Ouest de l'Europe peut s'expliquer de deux façons : soit certains Néandertaliens occidentaux se sont

réfugiés dans le Sud-Est pendant les phases les plus froides, soit l'Ouest de l'Europe a été repeuplé par des Néandertaliens de l'Est après ces mêmes phases. Quelle que soit la bonne explication, elle traduit une fois de plus que les Néandertaliens étaient des chasseurs-cueilleurs très mobiles et très résilients, ce que nous savons bien.

Cette nouvelle étude nous apprend-elle quelque chose sur le métissage avec *Homo sapiens* ?

Oui, en creux. La même équipe avait déjà montré que tous les *H. sapiens* actuels non africains ont de l'ordre de 2 % de gènes néandertaliens en eux. Ces nouveaux travaux montrent que les Néandertaliens tardifs n'ont pas de gènes nucléaires sapiens en eux, ce qui est une énigme pour les chercheurs.

Cela apparaît d'autant plus problématique que ces Néandertaliens vivaient entourés de primo-arrivants sapiens. Une hybridation tardive entre les deux espèces était donc possible et semble plus que plausible. De fait, elle a bien eu lieu : en 2015, l'une des signataires de la nouvelle étude génétique a découvert que 8 % des gènes nucléaires contenus dans le fossile roumain Oase 1 d'un individu sapiens mort il y a quelque 40 000 ans étaient néandertaliens. Pour autant, Mateja Hajdinjak et ses collègues relèvent aussi que les gènes néandertaliens des Européens actuels ne sont pas proches de ceux des Néandertaliens tardifs d'Europe. Tant cette distance génétique que l'absence énigmatique de gènes sapiens chez les Néandertaliens tardifs s'expliquent alors si l'on fait – et valide – deux hypothèses : d'une part, que le métissage a surtout induit des flux géniques dans le sens *H. neanderthalensis* → *H. sapiens* ; d'autre part que le principal événement d'hybridation s'est produit hors d'Europe bien avant l'arrivée de nos ancêtres sur ce continent. Au Proche-Orient sans doute. Quand ? Cela reste à préciser. ■

M. Hajdinjak et al., *Nature*, vol. 555, pp. 652-656, 2018

ASTROPHYSIQUE

DES ÉTOILES NÉES 180 MILLIONS D'ANNÉES APRÈS LE BIG BANG

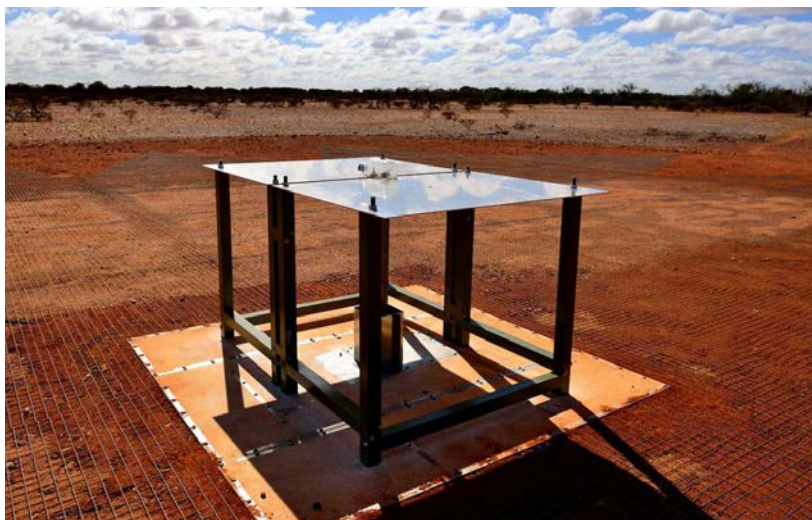
En étudiant le fond diffus cosmologique, la première lumière de l'Univers, des astrophysiciens ont détecté la trace des premières étoiles.

Grande comme une table de ping-pong posée au milieu du désert ouest-australien, à l'abri de toute perturbation électromagnétique, l'expérience EDGES «écoute» le cosmos pour y déceler un signal ténu venant des confins de l'Univers. Elle aurait ainsi détecté la présence des premières étoiles, formées à peine 180 millions d'années après la naissance de l'Univers. Ces étoiles sont bien trop lointaines et trop peu lumineuses pour être observées avec des télescopes ordinaires. C'est donc par des moyens indirects que Judd Bowman, de l'université d'État de l'Arizona, et son équipe les ont recherchées.

Ces astres sont importants pour l'histoire cosmique. En effet, ils ont brûlé très vite et en grande quantité leur hydrogène et leur hélium, et ont ainsi produit les premiers éléments lourds tels que le carbone et l'oxygène. Mais quand ces étoiles ont-elles commencé à peupler l'Univers? En 2017, Nicolas Laporte, de l'University College de Londres, et ses collègues ont étudié la galaxie A2744_YD4 telle qu'elle était dans l'Univers alors âgé de 600 millions d'années. Ils y ont trouvé de la poussière émise par des étoiles déjà disparues, qui se seraient formées quand l'Univers avait 400 millions d'années. Si ces étoiles sont parmi les plus anciennes connues, d'autres ont-elles pu naître plus tôt?

Judd Bowman et son équipe ont utilisé une stratégie très différente pour chercher les premières étoiles. Ils se sont intéressés au fond diffus cosmologique, un rayonnement émis 380 000 ans après le Big Bang. Le cosmos était à cette époque devenu assez froid pour que les noyaux d'hydrogène et les électrons se combinent et forment un gaz d'atomes neutres. Les photons ont alors pu se propager librement, d'où la première lumière de l'Univers – le fond diffus cosmologique. Mais après ce flash, le cosmos, rempli de gaz neutre et dépourvu de sources lumineuses, est entré dans l'ère sombre.

Il a alors fallu attendre la formation des premières étoiles, nées de l'accumulation d'hydrogène par effondrement gravitationnel, pour que les réactions de fusion en leur cœur se mettent à produire de la lumière. Ce rayonnement, de haute énergie, a excité les atomes du gaz



L'expérience EDGES, en Australie, mesure une partie du rayonnement électromagnétique cosmique pour y déceler des indices laissés par les premières étoiles.

4,4

MILLIARDS D'ANNÉES APRÈS LE BIG BANG : C'EST L'ÉPOQUE À LAQUELLE LA LUMIÈRE DE L'ÉTOILE LS1 A ÉTÉ ÉMISE. CELA ÉTABLIT LE RECORD DE DISTANCE D'UNE ÉTOILE OBSERVÉE EN OPTIQUE PAR LE TÉLESCOPE HUBBLE. UNE DÉCOUVERTE RENDUE POSSIBLE GRÂCE À UN EFFET DE LENTILLE GRAVITATIONNELLE, QUI A FORTEMENT AMPLIFIÉ LA LUMINOSITÉ DE L'ASTRE.

Source : *Nature Astronomy*, vol. 2, pp. 334-342, 2018

d'hydrogène dans son voisinage. Ce gaz a ainsi absorbé une composante du rayonnement de fond diffus cosmologique, à la fréquence particulière de 1420 mégahertz, qui correspond à une longueur d'onde de 21 centimètres – on parle de la «raie à 21 centimètres». Mais comme l'Univers est en expansion, le rayonnement cosmologique subit un décalage (en longueur d'onde, ou en fréquence) vers le rouge. Judd Bowman et ses collègues ont recherché la raie à 21 centimètres liée aux premières étoiles et décalée en fréquence à cause de l'expansion cosmique. C'est par ce principe que l'on peut déterminer quand les premières étoiles sont apparues.

Après des centaines d'heures de prise de données entre 2015 et 2017, et une analyse difficile pour extraire le signal du bruit de fond, l'équipe d'astrophysiciens a détecté la raie recherchée à la fréquence de 78 mégahertz. La forme du signal permet d'affirmer que les premières étoiles ont perturbé le gaz d'hydrogène dès 180 millions d'années après le Big Bang. Un résultat que devront néanmoins confirmer de futurs observatoires tels que le SKA, un réseau de détecteurs déployé en Afrique du Sud et en Australie et qui sera opérationnel vers 2022. ■

S. B.

J. D. Bowman et al.,
Nature, vol. 555, pp. 67-70, 2018

LE DERNIER RHINOCÉROS BLANC MÂLE EST MORT

Le 19 mars 2018, l'humanité a fait ses adieux à Sudan, le dernier rhinocéros blanc mâle de la sous-espèce *Ceratotherium simum cottoni* (c'est la seule représentante actuelle du genre *Ceratotherium*, l'un des quatre genres de rhinocéros). La santé de cet animal de 45 ans qui vivait dans un parc au Kenya avec les deux dernières femelles de son espèce s'étant dégradée, il a été euthanasié. Certains rêvent de faire remonter les effectifs de l'espèce en procédant par fécondation *in vitro*.

DAMA VOIT ENCORE DE LA MATIÈRE NOIRE

L'expérience Dama, dans le laboratoire du Gran Sasso, en Italie, vise à révéler des variations saisonnières du vent de matière noire à mesure que la Terre tourne autour du Soleil. Depuis vingt ans, ses physiciens interprètent en effet les flashes de lumière au sein de cristaux d'iodure de sodium comme le signal attendu. Confrontés au scepticisme de leurs pairs, ils ont reconçu leur détecteur et retrouvé le signal. L'expérience américano-coréenne *Cosine-100* et l'expérience espagnole *Anais* montent en puissance pour confirmer ou infirmer ce résultat.

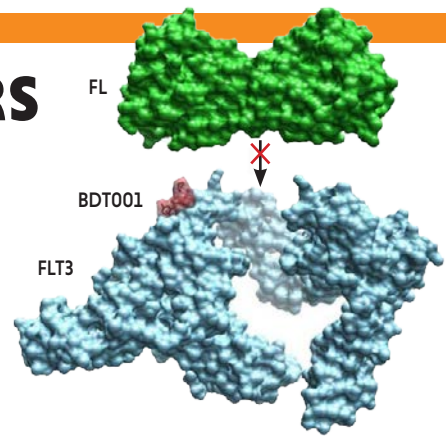
UNE MOLÉCULE QUI IMITE L'ADN

Ivan Huc, de l'université de Bordeaux, et ses collègues ont mis au point une séquence moléculaire artificielle imitant les propriétés de surface de l'ADN. Or de nombreuses protéines interagissent avec l'ADN en se fixant à sa surface. En servant de leurre, cette molécule artificielle peut alors inhiber l'activité d'enzymes – par exemple l'intégrase du virus du sida, qui permet à cet agent d'insérer son génome dans celui d'une cellule hôte.

FIN DES DOULEURS CHRONIQUES ?

Quatre millions de personnes en France souffrent tous les jours, sans arrêt, d'une forme de douleur pour laquelle il n'existe presque aucun traitement: la douleur neuropathique. Elle est due à une lésion d'un nerf périphérique, elle-même provoquée par divers facteurs tels qu'un cancer, un zona, un diabète, un accident traumatique ou une intervention chirurgicale. Le problème: même si la cause de la lésion a été guérie, la douleur persiste. Jean Valmier, de l'Institut des neurosciences à Montpellier, Didier Rognan, de l'université de Strasbourg, et leurs collègues ont identifié une molécule responsable des douleurs neuropathiques, ainsi qu'une autre, qui bloque ses effets et donc la douleur.

Ces douleurs chroniques proviennent d'une hypersensibilisation des neurones de la douleur dans la zone de la lésion. En effet, les cellules immunitaires envahissant cette région sécrètent des molécules qui réparent les tissus, mais favorisent aussi l'hypersensibilité nerveuse. Les neuroscientifiques ont identifié l'une de ces substances: la cytokine FL. Ils ont montré que l'injection de cette molécule chez des souris provoque des symptômes similaires aux douleurs neuropathiques et des modifications moléculaires des neurones de la moelle épinière qui



En bloquant la liaison entre la cytokine FL et son récepteur FLT3, la molécule BDT001, en prise unique, atténue la douleur chronique pendant 48 heures chez la souris.

finissent par rendre la douleur chronique. Cette cytokine agit en se fixant sur un récepteur spécifique, FLT3, et c'est bien cette liaison qui déclenche la cascade de transformations neuronales à l'origine de la douleur neuropathique.

Des inhibiteurs de FLT3 existent déjà, mais ils présentent de nombreux effets secondaires. Pour y remédier, Didier Rognan et ses collègues ont criblé informatiquement trois millions de molécules et en ont identifié une, BDT001, qui supprime spécifiquement la liaison de la cytokine FL à son récepteur FLT3. Les tests sont très encourageants chez la souris et des essais cliniques sont prévus chez l'homme. ■

BÉNÉDICTE SALTHUN-LASSALLE

C. Rivat et al., *Nature Communications*, vol. 9, article 1042, 2018

LA SURPRISE DE LA SAXIFRAGE

S*axifraga scardica* pousse dans le nord du Monténégro, au Kosovo, en Albanie et en Grèce, à des altitudes comprises entre 1800 et 2500 mètres. Raymond Wightman, de l'université de Cambridge, au Royaume-Uni, et ses collègues ont analysé la composition de la croûte minérale qui couvre ses feuilles. Ils ont découvert qu'elle contient du carbonate de calcium sous deux formes: l'une, la calcite, est l'un des minéraux les plus répandus sur Terre et on la retrouve dans de nombreuses saxifrages; l'autre, la vatérite, est beaucoup plus rare.

La vatérite est un cristal instable qui se solubilise facilement pour se recristalliser en calcite. De faibles quantités de vatérite ont été trouvées dans des météorites et des rochers, chez certains crustacés, dans des coquilles d'œufs d'oiseaux et dans l'oreille interne des



Les feuilles de saxifrages sont couvertes d'une croûte minérale, contenant dans certains cas un composé rare.

saumons. Ce serait la première fois que ce minéral est trouvé dans de telles quantités et la première fois qu'il est associé aux plantes. Plusieurs saxifrages produisent de la vatérite, substance qui serait intéressante pour délivrer des médicaments dans l'organisme. ■

ALINE GERSTNER

R. Wightman et al., *Flora*, vol. 241, pp. 27-34, 2018