

ÉVOLUTION

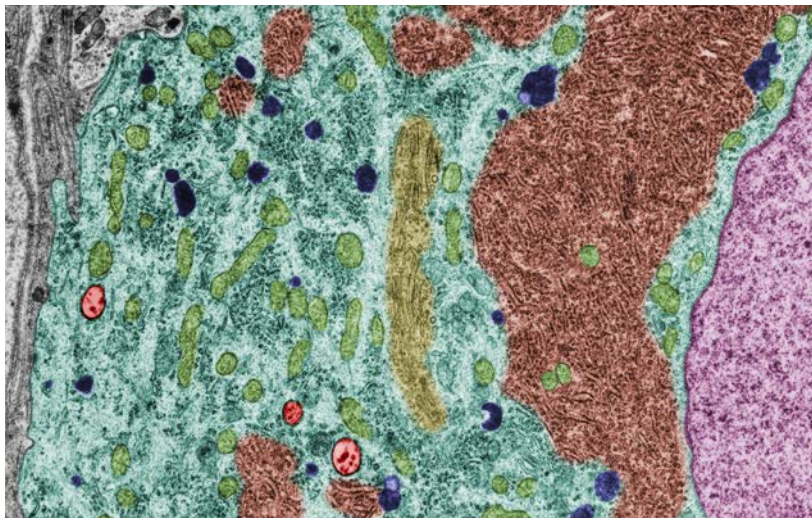
QUAND LA MITOCHONDRIE VIVAIT AUX PORTES D'ASGÅRD

Les mitochondries, les usines à énergie des eucaryotes, seraient des descendantes de bactéries qui se nourrissaient des déchets d'ancêtres des archées d'Asgård.

Quel est le point commun entre animaux, plantes, champignons et protozoaires, des organismes unicellulaires comme les paramécies? Ils forment le groupe des eucaryotes, un des trois grands domaines de l'arbre du vivant aux côtés des bactéries et des archées. Si l'on connaît nombre de ramifications de cette branche, les conditions de sa naissance restent mystérieuses. Les cellules eucaryotes ont plusieurs caractéristiques propres, notamment un noyau et des mitochondries, petits organites qui fournissent de l'énergie à la cellule. Or l'origine de ces deux compartiments reste énigmatique. Toutefois, à partir d'études génomiques, Anja Pang, de l'université d'Uppsala, en Suède, et ses collègues viennent de suggérer un nouveau scénario concernant la mitochondrie, à contre-courant de celui communément proposé.

Aujourd'hui, les biologistes s'accordent à dire que la cellule eucaryote serait le fruit d'une symbiose entre une archée et une bactérie, ce que l'étude ne remet pas en cause. Mais à l'origine de cette symbiose, elle suggère un mécanisme à l'opposé de celui imaginé auparavant. L'équipe s'est intéressée à une branche des archées mise au jour en 2015 dans des sédiments profonds de sources hydrothermales au large de la Norvège: les archées d'Asgård. Ces microorganismes seraient en effet les plus proches parents des eucaryotes: s'ils n'ont ni noyau ni mitochondrie, ils contiendraient des compartiments et des protéines que l'on pensait spécifiques des eucaryotes, tel un cytosquelette. C'est du moins ce qu'ont révélé les études métagénomiques de divers échantillons, car personne n'a encore réussi à isoler un membre de cette famille.

Anja Pang et ses collègues se sont donc aussi penchés sur le génome de ces archées, et plus spécifiquement sur les gènes codant des enzymes impliquées dans le métabolisme – l'ensemble des réactions chimiques par lesquelles l'organisme produit les composants et l'énergie dont il a besoin pour vivre. Leur idée était de comparer ces gènes chez les différents types d'archées afin de reconstituer leur histoire évolutive. Ils se sont ainsi aperçus que, d'une famille à l'autre, les archées d'Asgård utilisent des mécanismes différents, mais avec un point commun: ils auraient



Parmi les divers compartiments qui leur sont propres, les cellules eucaryotes présentent un noyau (ici en rose dans un neurone observé par microscopie électronique) et des mitochondries (en vert).

tous pour substrat de la matière organique et rejetteraient à des degrés variés de l'hydrogène, des électrons et divers autres composés réduits. En d'autres termes, les archées d'Asgård seraient avant tout hétérotrophes: elles auraient besoin d'un apport extérieur de matière organique pour produire leur énergie et leurs composants.

De leur côté, les mitochondries ressemblent à une famille de bactéries, les alphaprotéobactéries, dont plusieurs membres produisent des enzymes spécialisées dans le métabolisme de l'hydrogène. D'où le nouveau modèle proposé: des archées ancestrales vivaient en consommant certaines molécules organiques environnantes comme des acides gras, des alcanes ou des composés aromatiques. Ce faisant, elles rejetaient de l'hydrogène et d'autres produits, que des alphaprotéobactéries ancestrales utilisaient à leur tour. Une symbiose se serait ainsi établie et, par coévolution, serait devenue une endosymbiose, sans doute scellée *a posteriori* par des gènes venus d'autres bactéries. Or, dans le modèle en vogue jusqu'à présent, qui ne prenait pas en compte ces considérations métaboliques, la bactérie était la pourvoyeuse d'hydrogène de l'archée... Reste à comprendre d'où vient le noyau. ■

MARIE-NEIGE CORDONNIER

A. Spang *et al.*, *Nat. Microbiol.*, en ligne le 1^{er} avril 2019

EXPLOSION DE BÉTON EN TEMPS RÉEL

Plusieurs incendies nous ont appris que les structures en béton des tunnels explosent à température trop élevée. Une équipe de l'université de Grenoble et de l'institut Laue-Langevin a observé le phénomène en temps réel par tomographie neutronique et confirmé ce que l'on pensait : c'est parce que l'eau contenue dans les minuscules pores du béton devient de la vapeur à très haute température que naissent des pressions excessives pour le béton.

LA DUALITÉ... ONDE-ANTIPARTICULE

On l'avait déjà fait avec des électrons : voilà qu'une expérience effectuée à l'Institut polytechnique de Milan vient de montrer que leurs antiparticules, les positrons, ont aussi une nature ondulatoire (ce que l'on savait déjà indirectement). Les chercheurs ont envoyé un faisceau de positrons à travers deux fentes voisines parallèles. Cela a produit sur l'écran une figure d'interférence, au lieu des images des fentes qui seraient apparues si les positrons se comportaient comme de simples corpuscules. L'antimatière n'échappe pas à la dualité onde-corpuscule !

L'ORIGINE DES LANGUES SINO-TIBÉTAINES

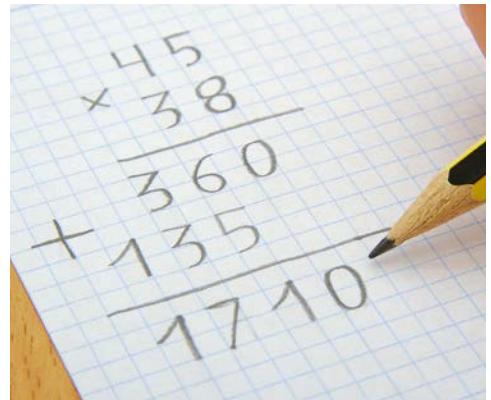
Au moins 1,4 milliard d'humains parlent une langue sino-tibétaine, mais l'origine de ce groupe linguistique reste incertaine. Avec des collègues, Laurent Sagart, du Centre des recherches linguistiques sur l'Asie orientale, à Paris, a identifié dans les quelque 500 langues sino-tibétaines des ensembles de mots apparentés, puis s'en est servi pour construire l'arbre de parenté du groupe. Et en conclut qu'il remonterait aux langues de paysans qui, il y a quelque 7 200 ans, cultivaient le mil dans le nord de la Chine.

MULTIPLIER PLUS VITE

Les écoliers apprennent à multiplier les nombres entiers selon une méthode qui a prouvé son efficacité depuis son développement dans l'Antiquité. Elle consiste à prendre chaque chiffre du premier nombre et à le multiplier avec chacun du second nombre, puis à additionner ces résultats intermédiaires. Si chaque nombre contient n chiffres, le nombre total de multiplications à effectuer augmente comme le carré du nombre de chiffres, n^2 . Ainsi, pour multiplier deux nombres de un milliard de chiffres chacun, il faut réaliser un milliard de milliards d'opérations, soit quelque 30 ans de calculs sur un ordinateur réalisant un milliard d'opérations par seconde ! Peut-on faire mieux ?

À partir des années 1960, des mathématiciens ont montré qu'en isolant des blocs de chiffres dans les nombres à multiplier et en réalisant des opérations d'addition et de soustraction sur ces blocs, il était possible de s'économiser certaines multiplications. Or les additions et les soustractions sont des opérations plus simples, et donc plus rapides à effectuer, pour un ordinateur. Puis, dès les années 1970, l'utilisation de la transformation de Fourier rapide a encore amélioré les algorithmes pour les grands nombres.

En 1971, Arnold Schönhage et Volker Strassen, de l'université de Constance, en



La méthode classique de multiplication n'est pas la plus efficace lorsque les nombres sont très grands.

Allemagne, ont alors conjecturé qu'il devait être possible de trouver une méthode dont le nombre d'opérations évoluerait en $n \log(n)$. Joris van der Hoeven, de l'École polytechnique, à Palaiseau, et David Harvey, de l'université de Nouvelle-Galles du Sud, viennent de trouver un tel algorithme. Pour ce faire, ils s'appuient sur une version multidimensionnelle de la transformation de Fourier rapide.

Si ce résultat a une grande importance théorique, l'algorithme reste à optimiser car il ne devient performant, pour l'instant, que pour des nombres comprenant plus de chiffres qu'il n'y a d'atomes dans l'Univers observable ! ■

SEAN BAILLY

D. Harvey et J. van der Hoeven, en ligne sur HAL, 12 avril 2019, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02070778>

HeH⁺, ENFIN VUE DANS L'ESPACE

L'hydrure d'hélium (HeH⁺) serait la première molécule formée dans l'Univers primordial. On l'avait observée pour la première fois en laboratoire en 1925, mais jamais dans l'espace. Pourtant, dans les années 1970, des chercheurs avaient suggéré que les conditions régnant dans les nébuleuses planétaires étaient favorables à sa formation. Sa détection était cependant difficile, car sa signature spectrale dans le rayonnement des nébuleuses se confond avec celle du radical CH.

Pour leur étude, Rolf Güsten, de l'institut Max-Planck de radioastronomie, à Bonn, en Allemagne, et ses collègues ont utilisé l'Observatoire stratosphérique d'astronomie infrarouge (*Sofia*), installé à bord d'un Boeing 747. L'avion évolue à plus de 12 000 mètres d'altitude pour réduire au maximum les perturbations liées à la



La nébuleuse NGC 7027 contient de l'hydrure d'hélium.

présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Les chercheurs ont alors associé le télescope de trois mètres de diamètre de l'observatoire volant à un spectromètre à haute résolution pour capter spécifiquement la longueur d'onde correspondant à HeH⁺, et ont confirmé sa présence dans la nébuleuse NGC 7027. ■

LAMBERT BARAUT-GUINET

R. Güsten et al., *Nature*, vol. 568, pp. 357-359, 2019

EN IMAGE

LE CERVEAU À L'ÉCHELLE DE LA CELLULE, EN 3D ET EN COULEURS

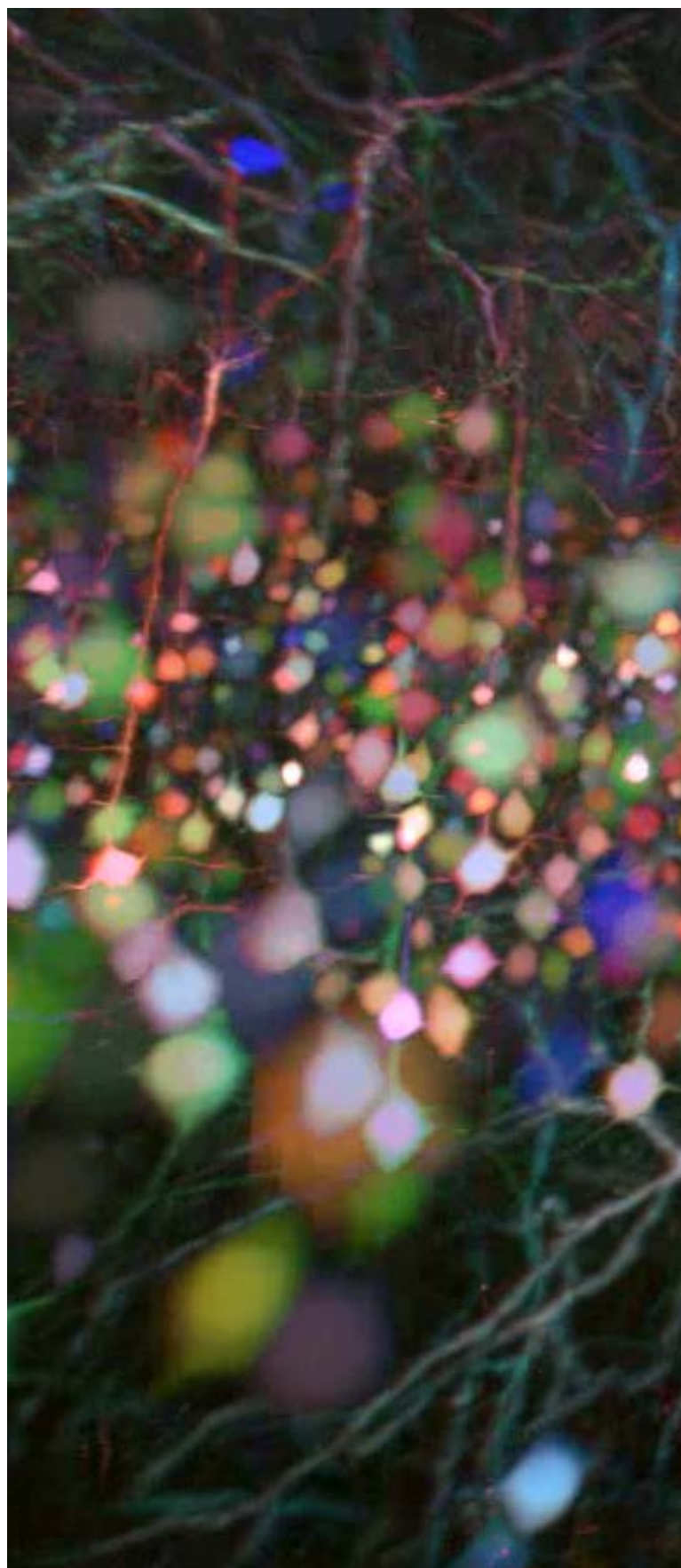
Visiter virtuellement des régions entières du cerveau, voire le cerveau entier, à l'échelle de la cellule et avec une résolution de l'ordre du micromètre: c'est ce que permet le nouveau microscope ChroMS (*chromatic multiphoton serial microscope*) mis au point par les équipes d'Emmanuel Beaurepaire, au Laboratoire d'optique et biosciences de l'École polytechnique, à Palaiseau, et de Jean Livet, à l'Institut de la vision, à Paris.

Avec les techniques de microscopie à fluorescence disponibles, il n'était pas possible de visualiser de grands volumes de tissu en couleurs et à haute résolution. Pour y parvenir, les chercheurs de l'Institut de la vision ont développé chez la souris des méthodes transgéniques pour distribuer dans les cellules d'un tissu des marqueurs génétiques multicolores, dérivés de protéines fluorescentes de méduses ou de coraux. Et pour exploiter cette technique, l'équipe du Laboratoire d'optique et biosciences a mis au point un dispositif qui combine les stimulations de deux lasers infrarouges à impulsions ultrabrèves. On parle d'excitation biphotonique multicolore par «mélange de fréquences».

Les chercheurs obtiennent alors des images en couleurs de résolution micrométrique sur une profondeur d'un demi-millimètre environ. Pour augmenter encore cette profondeur, l'approche ChroMS associe au microscope un microtome, appareil qui découpe de façon automatisée de minces tranches du tissu *ex vivo*. «Après chaque coupe, le dispositif procède à une nouvelle acquisition d'images. On réalise ainsi une reconstruction intégrale et tridimensionnelle du tissu, que l'on doit ensuite annoter et analyser. Cette étape prend plusieurs jours, car l'image est constituée de dizaines, voire de centaines de milliards de voxels, l'équivalent des pixels en 3D», détaille Jean Livet. L'une des premières applications (*ci-contre*) a permis d'obtenir une vue tridimensionnelle en couleurs des neurones dans le cortex d'une souris. ■

NOËLLE GUILLON

L. Abdeladim *et al.*, *Nature Communications*,
vol. 10, article 1662, 2019





© Laboratoire d'optique et biosciences/Institut de la vision/École polytechnique/CNRS/Inserm/Sorbonne Université - Adapté de Abdeladim et al., Nat. Comm., 2019

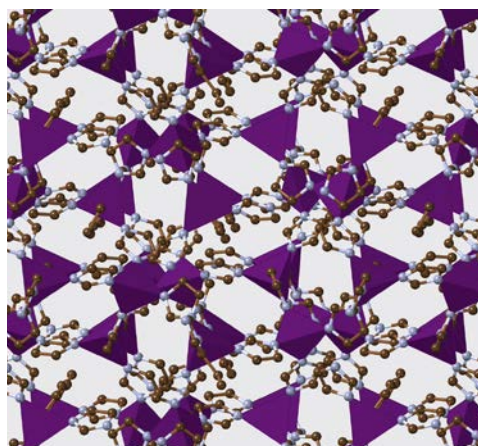
CHIMIE

RECETTE POUR MOF AMORPHE

Les réseaux métalloorganiques (ou MOF en anglais), constitués d'ions métalliques reliés par des molécules organiques, ont une structure tridimensionnelle poreuse qui leur confère de nombreuses propriétés physico-chimiques intéressantes. La plupart de ces composés sont obtenus sous forme cristalline. Or il serait intéressant d'en produire en phase amorphe: cela aurait l'avantage, entre autres, de les rendre plus modelables et moins cassants.

La voie de synthèse la plus courante pour des matériaux solides amorphes consiste à faire fondre des solides cristallins en les chauffant, puis à les refroidir brutalement afin de les figer dans un état microscopique désorganisé, caractéristique des phases amorphes. Dans le cas des MOF, les chercheurs se heurtaient à un problème: les faire fondre requiert des températures élevées, proches de celles qui induisent leur dégradation définitive.

Remo Widmer, de l'université de Cambridge, et ses collègues ont découvert qu'en augmentant la pression, ils diminuent les températures de fusion de deux MOF, le ZIF-4 et le ZIF-62. Pour le ZIF-62, par exemple, la température de fusion à la pression de 2 gigapascals (20 000 fois la pression atmosphérique normale) est diminuée de 70°C environ, passant de 430°C à



Représentation du ZIF-62 sous sa forme cristalline. Des chercheurs ont développé une méthode pour l'obtenir en phase amorphe.

pression ambiante à «seulement» 360°C. Ces conditions expérimentales, accessibles à l'échelle industrielle, devraient faciliter la réalisation de «verres» de MOF.

Par ailleurs, les scientifiques ont observé qu'en choisissant judicieusement la température et la pression, ce sont en réalité deux phases solides amorphes distinctes, aux propriétés physiques différentes, qu'ils produisent pour chaque MOF, ouvrant la voie à une grande modularité dans la fabrication de ce nouveau type de matériaux. ■

MARTIN TIANO

R. N. Widmer et al., *Nature Materials*, vol. 18, pp. 370-376, 2019

MICROBIOLOGIE

BACTÉRIES SOUS LA MER MORTE

La mer Morte, dont les eaux sont plus de dix fois plus salées que celles des océans, ne mérite pas tout à fait son nom puisque ce n'est pas une mer et que certains micro-organismes y vivent. Et qu'en est-il dans les sédiments accumulés sous ce lac, milieu souterrain encore plus extrême et hostile à la vie? Quatre chercheurs de l'université de Genève et du Laboratoire de géologie de Lyon viennent d'y découvrir des traces montrant que des bactéries y vivent ou y vivaient.

Daniel Ariztegui, Camille Thomas et leurs collègues lyonnais Vincent Grossi et Ingrid Antheaume ont analysé des sédiments extraits jusqu'à 243 mètres sous le fond du lac par une plateforme de forage scientifique. Ils y ont trouvé des cires d'esters isopréniques, molécules qui ne peuvent être produites que par des bactéries à



La plateforme scientifique utilisée pour extraire des sédiments à plusieurs centaines de mètres sous le fond de la mer Morte.

partir des membranes cellulaires d'archées, un type de microorganismes mieux adaptés aux milieux extrêmes que les bactéries. Une découverte qui montre que des bactéries peuvent survivre dans ces sédiments grâce au recyclage de matières organiques provenant des archées. ■

M. M.

C. Thomas et al., *Geology*, en ligne le 22 mars 2019

EN BREF

MICROPLASTIQUES DANS LE VENT

Steve Allen, de l'Ecolab, à Toulouse, et ses collègues ont étudié la dynamique des microparticules de plastique dans les Pyrénées. Ils ont montré que dans des régions même isolées, la pluie et la neige apportaient en moyenne, par mètre carré et par jour, plus de 365 microparticules de moins de 5 millimètres, une valeur comparable à celle des grandes métropoles comme Paris. Les chercheurs ont estimé que ces polluants voyagent au moins sur une centaine de kilomètres grâce au vent.

UN TYRANNOSAURE INTERMÉDIAIRE

Durant la fin du Crétacé supérieur, il y a entre 80 et 66 millions d'années, des dinosaures géants (tyrannosaures, cératopsidés, etc.) vivaient en Amérique du Nord. Leur évolution est assez mal connue, car on ne dispose que de peu de fossiles de la période qui a précédé, du fait de changements climatiques et d'une importante montée des eaux. Stirling Nesbitt, de Virginia Tech, et ses collègues ont découvert une nouvelle espèce de tyrannosaure, *Suskityrannus hazelae*, datant de cette période pauvre en fossiles. Celle-ci présente des traits intermédiaires entre les petits tyrannosaures plus anciens et les gigantesques derniers représentants de ce groupe.

TARA : 200 000 VIRUS DANS LES OCÉANS

Gâce aux relevés de l'expédition Tara Océans entre 2009 et 2013, Matthew Sullivan, de l'université d'État de l'Ohio, et ses collègues ont réalisé une étude métagénomique (incluant notamment les océans polaires). Résultat : le nombre d'espèces de virus dans les océans connus passe de 16 000 à près de 200 000. De façon surprenante, l'océan Arctique présente une très grande diversité d'espèces virales.

PHYSIQUE

REBOND DE GOUTTES

Dans un tube rempli d'un mélange d'eau et d'éthanol dont la densité augmente avec la profondeur, Yanshen Li, de l'université de Twente, aux Pays-Bas, et ses collègues ont observé le comportement d'une goutte d'huile (transanéthol). Comme attendu, cette dernière s'enfonçait lentement dans le fluide sous l'effet de la gravité. Mais, subitement, lorsqu'elle atteignait une certaine profondeur, elle rebondit, et le phénomène se répète.

Les chercheurs expliquent qu'à cause de la variation de densité en éthanol, la tension de surface de la goutte n'est pas uniforme et induit dans celle-ci un flux, dit de Marangoni, qui augmente jusqu'à entraîner la goutte vers le haut. Lorsqu'elle remonte, ce courant de Marangoni diminue et la pesanteur reprend le dessus. Le cycle se répète, mais finit par s'estomper. ■

S. B.

Yanshen Li *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 122, article 154502, 2019

BIOLOGIE

LES JUMEAUX DE L'ISS

Du 27 mars 2015 au 1^{er} mars 2016, l'astronaute Scott Kelly a vécu à bord de la *Station spatiale internationale* (ISS) pendant que son frère jumeau, Mark, est resté sur Terre. Francine Garrett-Bakelman, de la faculté de médecine de l'université de Virginie, et ses collègues ont profité de cette situation unique pour étudier l'influence sur l'organisme de l'apesanteur et de la vie dans l'espace, en comparant de nombreuses caractéristiques physiologiques et moléculaires des deux frères.

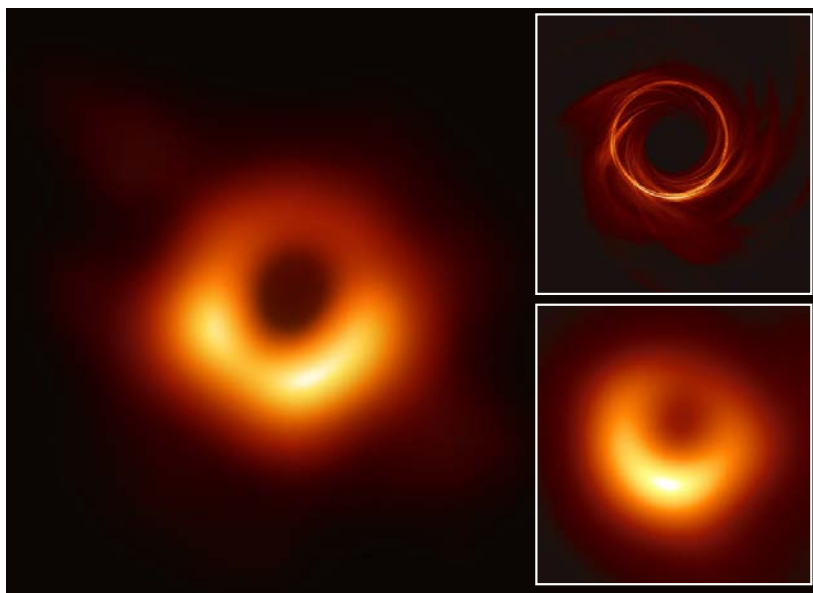
Les chercheurs ont noté que l'organisme de Scott Kelly a été dans un état de stress physiologique permanent sur l'ISS. Ils ont, par exemple, observé des modifications épigénétiques dans ses cellules immunitaires. Plus surprenant, les télomères (les extrémités des chromosomes qui diminuent de taille avec l'âge) se sont rallongés alors que les scientifiques s'attendaient plutôt au contraire du fait du stress. La plupart de ces effets se sont néanmoins résorbés dans les six mois qui ont suivi le retour sur Terre. ■

S. B.

F. E. Garrett-Bakelman *et al.*, *Science*, vol. 364, article eaau8650, 2019

ASTROPHYSIQUE

LA PREMIÈRE VRAIE IMAGE D'UN TROU NOIR



L'image obtenue du trou noir de la galaxie M87 (à gauche) est comparée à l'image théorique (à droite, en haut), et à l'image théorique prenant en compte la résolution du télescope (à droite, en bas). La très bonne correspondance confirme l'efficacité de la relativité générale pour décrire les trous noirs.

Jusqu'à présent, les images de trous noirs dans les articles de *Pour la Science* ou dans des films tels qu'*Interstellar* étaient des vues d'artistes ou des simulations numériques très poussées. Une vraie image existe désormais, celle du trou noir qui se cache au centre de la galaxie M87. Une collaboration internationale d'astrophysiciens et de théoriciens l'a obtenue grâce à un réseau de huit radiotélescopes répartis sur quatre continents et reliés afin de créer un télescope virtuel de la taille de la Terre, l'*Event Horizon Telescope* (ou EHT).

En 1979, Jean-Pierre Luminet, du laboratoire Luth, à Meudon, a déterminé l'aspect qu'aurait le disque de matière qui entoure un trou noir (le disque d'accrétion) et qui émet un rayonnement intense. Mais était-il possible de voir une vraie image de trou noir ? À la fin des années 1990, les astrophysiciens ont montré qu'avec un réseau de radiotélescopes répartis sur l'ensemble de notre planète, il serait en principe possible d'atteindre une résolution suffisante pour voir l'ombre du trou noir encerclée par la lumière provenant du disque d'accrétion. Près de vingt ans plus tard, Shepherd Doeleman, du centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian, et ses collègues ont lancé le projet *Event Horizon Telescope* : en 2017, huit observatoires, en France, aux États-Unis, au Mexique, au Chili et en Antarctique, se sont coordonnés pour scruter pendant 65 heures la galaxie M87, distante de 55 millions d'années-lumière. Un énorme travail d'analyse des données et de reconstruction de l'image, mené par plusieurs équipes, a suivi pour finalement révéler l'ombre du trou noir de M87. Le résultat correspond parfaitement à ce que les simulations fondées sur la théorie de la relativité générale laissaient attendre. ■

S. B.

S. Doeleman *et al.*, *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 875, L1 à L6, 2019

PALÉONTOLOGIE HUMAINE

DEUX NOUVELLES PIÈCES DU PUZZLE DÉNISOVIE

Une mâchoire au Tibet et deux métissages successifs des Papous avec les Dénisoviens témoignent de l'aide que les gènes d'énisoviens ont apportée à *Homo sapiens*.

Deux découvertes – le premier fossile d'énisovien jamais trouvé hors de la grotte sibérienne de Denisova et le fait que les ancêtres des Papous se sont métissés deux fois avec des groupes distincts de Dénisoviens – apportent des précisions sur l'histoire des humains. Elles montrent qu'au cours de son expansion et de ses métissages, *Homo sapiens* a intégré des gènes appartenant aux autres espèces humaines rencontrées et qui l'ont aidé à s'adapter à l'environnement local.

Les Dénisoviens sont une forme humaine fortuitement découverte en 2010 par le séquençage de l'ADN contenu dans une phalange de main trouvée dans la grotte de Denisova. L'étude statistique à large spectre de génomes humains, effectuée dans les années suivantes, a montré que les ancêtres des Asiatiques orientaux se sont métissés avec des Dénisoviens, puis que la sélection naturelle a retenu une petite proportion de gènes d'énisoviens.

Avec des collègues, François-Xavier Ricaut, du CNRS, avait entrepris d'étudier la diversité des gènes d'énisoviens chez les ancêtres de la population la plus métissée avec les Dénisoviens, celle de Papouasie-Nouvelle-Guinée. Après avoir sélectionné dans l'ADN papou un jeu de « blocs » certainement d'énisoviens, les chercheurs ont comparé cet ADN avec l'ADN d'énisovien de référence (sibérien). Cette analyse indique qu'au cours de leur expansion à travers l'Asie du Sud et la Nouvelle-Guinée, les anciens *H. sapiens* se sont successivement métissés avec deux groupes d'énisoviens distincts. Et des calculs d'horloge moléculaire suggèrent que la dernière de ces hybridations s'est achevée il y a 30 000, voire peut-être 15 000 ans.

Selon les chercheurs, si le génome des habitants de Papouasie-Nouvelle-Guinée a intégré entre 4 et 6 % d'ADN d'énisovien, c'est bien parce que ce matériel génétique est utile à leur survie dans les forêts équatoriales humides de la grande île. Son rôle exact reste à préciser, mais il renforcerait le système immunitaire et l'adaptation alimentaire des Papous.

Quant à la mâchoire étudiée par une équipe menée par Jean-Jacques Hublin, du Collège de



Cet habitant de Papouasie-Nouvelle Guinée (ci-dessus) porte des gènes d'énisoviens utiles à sa survie. La mandibule de Xiahe (ci-dessous), au Tibet, est le premier fossile d'énisovien jamais découvert hors de la grotte de Denisova, en Sibérie.



4%

C'EST LA PROPORTION MINIMALE D'ADN DÉNISOVIE QUE CONTIENT LE GÉNOME DES HABITANTS DE LA NOUVELLE-GUINÉE.

France, elle fournit une explication à certains des gènes d'énisoviens présents chez les Tibétains actuels.

Découverte à 3280 mètres d'altitude, la mandibule de Xiahe contient des protéines d'énisoviennes. Les dents qu'elle porte et sa forme présentent des traits rappelant ceux observables sur les microfossiles d'énisoviens de la grotte de Denisova. L'âge de 160 000 ans produit par la datation radiométrique (U-Th) de la calcite recouvrant la mandibule prouve que des Dénisoviens s'étaient déjà adaptés aux hautes altitudes du plateau tibétain il y a 160 000 ans, en pleine glaciation du SIO6 (stade isotopique de l'oxygène 6, 191 000 à 123 000 ans), soit plus de 120 000 ans avant les premières traces archéologiques d'*H. sapiens* dans la région...

Comme ceux de tous les Extrême-Orientaux, le génome des *H. sapiens* actuels du plateau tibétain contient une petite proportion d'ADN d'énisovien (moins de 0,5 %), notamment l'allèle *EPAS1* qui réduit les effets du manque d'oxygène. La bonne adaptation physiologique des Tibétains aux hautes altitudes est donc héritée de celle des Dénisoviens du plateau tibétain à l'époque du SIO6. ■

F. S.

G. Jacobs et al., *Cell*, en ligne le 10 avril 2019 ;
F. Chen et al., *Nature*, en ligne le 1^{er} mai 2019