

UN CERVEAU QUASI HUMAIN

Homo *naledi*, une espèce humaine archaïque datée de 236 000 à 335 000 ans et découverte en Afrique du Sud, avait une toute petite tête. Avec des collègues, Ralph Holloway, de l'université Columbia, à New-York, a moulé l'intérieur de son crâne. L'endocaste obtenu montre que, comme celui des grands singes et des australopithèques, le cerveau d'*H. naledi* ne présentait pas de sillon fronto-orbital. En revanche, il comportait bien un opercule frontal – un repli du lobe frontal présent chez les humains, mais absent chez les grands singes. Les chercheurs notent en outre une certaine asymétrie de son lobe occipital et une morphologie du sillon lunaire (un sillon dans le lobe occipital) similaires à ce que l'on observe chez *H. sapiens*. *Homo naledi* partage donc certains traits du cerveau avec *H. sapiens* et d'autres fossiles du genre *Homo*, ce qui suggère, selon les chercheurs, que ces traits sont antérieurs au genre *Homo*. ■

F. S.

R. Holloway et al., PNAS, en ligne le 14 mai 2018

DES AIRES PAS SI PROTÉGÉES

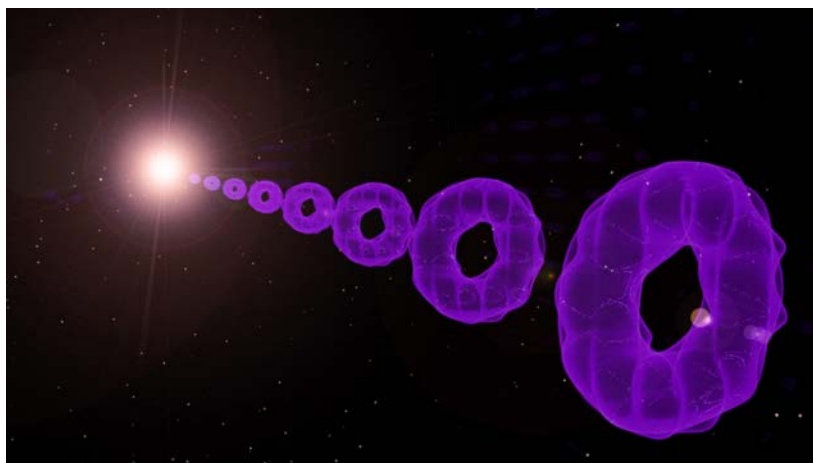
Pour préserver la biodiversité, la superficie des aires protégées, définies par la Convention sur la diversité biologique, a doublé depuis 1992. Elle représente 19 millions de kilomètres carrés (14,7% des terres de la planète). Cependant, Kendall Jones, de l'université du Queensland, en Australie, et ses collègues ont montré que l'activité humaine a augmenté dans 55% des aires et qu'elle en a gravement dégradé 32,8%. Seuls 10% des aires sont restés bien préservés.

Les chercheurs constatent que la protection est surtout efficace dans les aires de grande superficie et ayant un niveau strict de protection. En effet, certaines catégories d'aires protégées autorisent une exploitation des ressources locales. Pour Kendall Jones et ses collègues, le succès du programme de protection de la biodiversité passerait par un investissement accru des pays dans la gestion des aires et par des restrictions plus sévères des activités humaines que l'on y autorise. ■

C. H.

K. R. Jones et al., Science, vol. 360, pp. 788-791, 2018

UN GAZ D'ATOMES FROIDS POUR SIMULER L'UNIVERS



Des physiciens proposent d'étudier les premiers instants de l'Univers en utilisant un nuage d'atomes froids en forme d'anneau mis en expansion rapide (en violet sur cette vue d'artiste).

Une piste pour étudier les débuts de l'Univers consiste à trouver des systèmes analogues. Gretchen Campbell, de l'université du Maryland, et ses collègues proposent d'utiliser un condensat de Bose-Einstein – un gaz d'atomes refroidis à une température proche du zéro absolu, qui présente un comportement collectif quantique particulier. Ces physiciens ont procédé sur des atomes de sodium (^{23}Na). Au moyen de lasers, ils les ont piégés sous la forme d'un anneau et ont mis celui-ci en expansion rapide (le rayon étant multiplié par quatre en quelques dizaines de millisecondes pour simuler l'expansion de l'Univers).

Gretchen Campbell et ses collègues se sont en particulier intéressés aux modes de vibration au sein du condensat, nommés phonons, qu'ils ont considérés comme analogues aux photons de l'Univers. Ils ont observé trois propriétés dont ils proposent une correspondance avec l'Univers primordial. Lors de l'expansion de l'anneau, la fréquence des phonons diminue, ce qui correspond au décalage vers le rouge des photons se propageant dans l'Univers. Par ailleurs, la dynamique des phonons suggère la présence d'un amortissement, ce qu'on retrouve dans les modèles d'expansion cosmique sous la forme d'un terme nommé «amortissement de Hubble». Enfin, les physiciens observent un transfert d'énergie: les phonons dont les modes suivent une direction radiale perdent progressivement de l'énergie au profit de la formation de vortex dans le condensat. Ce transfert d'énergie serait comparable à la phase de «réchauffage» dans l'Univers primordial. De quoi s'agit-il? Au tout début de l'Univers, ce dernier aurait connu une phase d'expansion exponentielle qui a duré une fraction de seconde, l'inflation. À la fin de cette phase, de grandes quantités d'énergie ont été libérées dans le cosmos sous la forme de photons, conduisant à une élévation de la température globale: c'est la phase de réchauffage.

Les chercheurs tentent à présent d'étudier en laboratoire certains modèles d'inflation. Reste à savoir à quel point ces expériences avec des condensats sont une analogie raisonnable des débuts de l'Univers. ■

S. B.

S. Eckel et al., Phys. Rev. X, vol. 8, article 021021, 2018

GÉNÉTIQUE

AUX ORIGINES D'UN SUPERGÈNE DU MIMÉTISME

Le papillon *Heliconius numata* doit les motifs de ses ailes à une séquence indissociable de gènes qu'il aurait acquise d'un cousin éloigné il y a plusieurs millions d'années.

Au cours de l'évolution, certains papillons ont développé une toxicité qui les rend impropres à la consommation. Les prédateurs les reconnaissent d'après les motifs de leurs ailes et évitent ainsi de les manger. D'autres papillons, toxiques ou non, présentent des motifs similaires à ceux de papillons toxiques, une ruse efficace contre les prédateurs. Les mécanismes génétiques de ce mimétisme sont encore mal compris, mais Mathieu Joron, chercheur du CNRS au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive, à Montpellier, et ses collègues ont apporté un éclairage important en identifiant l'origine d'un «supergène» chez des papillons tropicaux de l'espèce *Heliconius numata*.

Un supergène est une séquence continue et indissociable de plusieurs gènes. La stabilité de cette structure permet la coexistence, au fil des générations, de multiples motifs portés par différents individus d'une même région sans que ces motifs se mélangent par recombinaison génétique. Habituellement, lors de la fécondation, les chromosomes du futur individu subissent un brassage génétique : chaque chromosome résultant est un assemblage composite des chromosomes maternels et paternels. Dès lors, les motifs des ailes devraient se modifier au fil des générations et les caractères mimétiques se perdre. Ce n'est pourtant pas ce qui est observé chez les papillons mimétiques, grâce au biais introduit par des supergènes.

Cependant, si le rôle des supergènes dans le mimétisme est bien connu, les mécanismes qui gouvernent leur formation restent mal compris. Mathieu Joron et ses collègues ont donc recherché l'origine d'un supergène qu'ils avaient identifié quelques années plus tôt chez *H. numata*. Ils ont étudié la partie du génome impliquée dans l'élaboration des motifs des ailes chez un groupe (un clade) de dix espèces de papillons incluant *H. numata*. Ils ont d'abord retrouvé l'arrangement des gènes tel qu'il était chez l'ancêtre commun de ces différentes espèces. Ils ont alors montré que cette structure a subi une inversion au cours du temps : un segment d'ADN portant une vingtaine de gènes s'est retourné lors d'une mutation, inversant l'ordre de ces gènes par rapport à la version ancestrale. L'équipe suggère que



Le papillon *Heliconius numata* présente plusieurs motifs sur ses ailes comparables à ceux de papillons toxiques. Ces motifs sont contrôlés par un supergène hérité il y a 2,3 millions d'années.

la coexistence des séquences ancestrale et inversée de ces gènes chez différents individus de l'espèce *H. numata* bloque leur brassage et transforme de fait la vingtaine de gènes en un supergène insécable. Mathieu Joron et ses collègues ont donc recherché quand l'inversion est apparue parmi les espèces du clade.

Cette inversion se retrouve uniquement chez *Heliconius pardalinus*, une espèce génétiquement assez distante de *H. numata*. L'analyse de la généalogie des séquences montre que l'inversion apparue chez *H. pardalinus* aurait ensuite été transmise, par hybridation, à *H. numata* (les deux espèces sont interfécondes). Chez ce dernier coexistent désormais les deux versions, inversée et non inversée, du segment d'ADN concerné. Ce polymorphisme d'inversion, associé à des colorations distinctes, scelle ainsi un supergène à deux allèles (versions) principaux, chacun contrôlant un motif de coloration similaire à celui d'une espèce toxique.

Les chercheurs estiment que l'apparition de l'inversion a eu lieu il y a environ 2,4 millions d'années et que la transmission à *H. numata* s'est produite près de 100 000 ans plus tard, époque où le supergène s'est formé. ■

S. B.

P. Jay et al., *Current Biology*, vol. 28, pp. 1-7, 2018

NAGER EN BANC EST PLUS FACILE

Les bancs de poissons sont souvent modélisés en partant du principe qu'un individu adapte son mouvement à celui de ses proches voisins. Mais le rôle de l'eau, que l'on suspecte d'avoir une influence sur le comportement du banc, n'est pas intégré. Pour y remédier, Christophe Eloy, de l'université Aix-Marseille, et ses collègues ont simulé un banc en prenant en compte les effets hydrodynamiques. Résultat : un poisson dépense moins d'énergie en banc grâce à un effet d'aspiration lié aux interactions du groupe avec le fluide.

LA DISPARITION DES BAOBABS

Adrian Patrut, de l'université de Babeş-Bolyai, en Roumanie, et ses collègues se sont intéressés à la structure des baobabs. En datant au radiocarbone les différentes parties de divers arbres, ils ont montré que le tronc est composé de plusieurs pousses fusionnées. Ils ont aussi constaté que parmi les 15 baobabs les plus vieux et les plus larges d'Afrique australe, 10 sont morts durant ces douze dernières années. Les causes de cette mortalité massive restent inexplicables.

UN PROTON SOUS PRESSION

François-Xavier Girod, du Jefferson Lab (JLab), aux États-Unis, et ses collègues ont déterminé la pression qui s'exerce au sein du proton, composant fondamental des atomes. Les chercheurs ont utilisé des données d'expériences du JLab menées en 2005 et 2009. Ils ont montré qu'au cœur du proton, des forces dirigées vers l'extérieur créent une pression gigantesque de l'ordre de 10^{35} pascals, soit dix fois plus que celle qui s'exerce au sein d'une étoile à neutrons. Ces forces sont compensées par celles des parties externes du proton, orientées vers le cœur.

LE FIL À PLOMB DES PLANTES

Comment les plantes déterminent-elles la direction verticale pour pousser ? La réponse est dans les statocytes, des cellules spécialisées qui contiennent de petits grains d'amidon, les statolithes. Plus denses que le milieu cellulaire, ces derniers se déposent dans la partie la plus basse des statocytes. La compréhension du phénomène, notamment la dynamique des statolithes quand l'inclinaison est faible, reste limitée. Antoine Bérut et ses collègues, des universités d'Aix-Marseille et de Clermont-Ferrand, proposent un nouveau modèle pour décrire le comportement de ces grains.

L'approche la plus simple est de comparer les statolithes à des grains de sable. Lorsque la plante penche, une avalanche se produit : les statolithes se repositionnent, ce qui entraîne un ajustement de l'angle de croissance de la plante. Mais cette analogie ne fonctionne pas si l'angle d'inclinaison est faible. Pour Antoine Bérut et ses collègues, les statolithes s'écoulent comme un liquide dans le fond des statocytes du fait de l'agitation qui les anime. Il en résulte une détection de l'inclinaison sans angle minimal.

Les physiiciens ont observé *in vivo* qu'avec une faible inclinaison, de l'ordre de 10 degrés, les statolithes s'écoulent et s'empilent, formant une surface horizontale en quelques minutes.



Les plantes détectent la direction verticale grâce à des cellules spécialisées contenant des grains d'amidon.

Ils ont ensuite reproduit un système de cellules artificielles contenant de l'eau et des particules de silice. Dans ce modèle, l'agitation des statolithes artificiels est assurée par un simple mouvement brownien, d'autant plus important que les particules sont petites.

Reste néanmoins à expliquer les raisons de l'agitation des statolithes *in vivo*. D'après les physiiciens, elles sont sans doute à chercher dans les interactions de ces grains avec le cytosquelette des cellules, constitué de filaments d'actine ou microtubules, mais des études, biologiques cette fois, sont nécessaires pour le confirmer. ■

M. T.

A. Bérut et al., *PNAS*, vol. 115(20), pp. 5123-5128, 2018

NOTRE PASSÉ INSECTIVORE

Les premiers mammifères étaient relativement petits et mangeaient essentiellement des insectes. Christopher Emerling, de l'université de Californie à Berkeley et de l'Institut des sciences de l'évolution, à Montpellier, et deux collègues ont montré que le génome des mammifères placentaires actuels porte encore les traces de ce passé insectivore.

Chez les mangeurs d'insectes, des enzymes, les chitinases, assurent la digestion de l'exosquelette riche en chitine des insectes. Christopher Emerling et ses collègues se sont intéressés à un gène codant une chitinase, le gène *CHIA*. On savait déjà que le génome humain comporte un gène fonctionnel de chitinase et trois pseudo-gènes *CHIA*, devenus non fonctionnels par accumulation de mutations au cours de l'évolution. L'équipe a étendu l'analyse à 107 espèces de



Chez le tarsier spectre, insectivore, les cinq gènes ancestraux liés à la chitine sont opérationnels.

mammifères placentaires et elle a découvert cinq gènes *CHIA* dans leurs génomes. Elle observe de plus une corrélation entre le nombre de gènes fonctionnels et la diversité d'insectes dans le régime alimentaire des animaux. ■

A. G.

C. Emerling et al., *Science Advances*, vol. 4(5), eaar6478, 2018