

PALÉONTOLOGIE

LES PTÉROSAURES PONDAIENT EN COLONIE

La découverte en Chine de plus de 200 œufs de ces reptiles volants livre des informations sur la nidification des ptérosaures et le développement des juvéniles.

Du Trias supérieur à la fin du Crétacé supérieur (de 230 millions à 66 millions d'années), le danger pouvait venir du ciel sous la forme de ptérosaures, dont l'envergure atteignait 10-11 mètres chez certains. Ces reptiles volants avaient de grandes ailes composées de membranes fixées au quatrième doigt, particulièrement allongé, des pattes antérieures. De cet ordre disparu, les paléontologues ont retrouvé de nombreux fossiles partout dans le monde. Mais il n'en est pas de même de leurs œufs : moins d'une dizaine avaient été retrouvés en Argentine et en Chine. On connaissait donc très mal les premiers stades de la vie de ces animaux. Or Xiaolin Wang, de l'Académie chinoise des sciences, à Pékin, et ses collègues viennent de découvrir, pris dans un bloc de grès, un ensemble de 215 œufs de ptérosaures appartenant à l'espèce *Hamipterus tianshanensis*.

Le nombre exceptionnel d'œufs et leurs tailles variables suggèrent qu'ils ont été pondus par différentes femelles sur un même site. Les ptérosaures auraient donc eu un comportement grégaire, au moins pour ce qui est de la ponte. On retrouve ce comportement par exemple chez les tortues luth qui viennent déposer leurs œufs en groupe sur certaines plages.

L'aspect désordonné et l'accumulation des œufs indiquent qu'il y a eu transport de ces derniers. Après avoir analysé la composition et la structure de la roche dans laquelle sont pris les œufs, les chercheurs suggèrent qu'un événement violent tel qu'un fort orage a pu s'abattre sur la zone de nidification et provoquer le déplacement des œufs, qui se sont accumulés avant d'être ensevelis.

Les œufs fossilisés présentent des plis et des déformations indiquant que l'enveloppe était souple, comme les œufs des lézards actuels qui sont dépourvus d'une coquille rigide de carbonate de calcium. Or de tels œufs doivent être déposés dans un substrat humide pour ne pas sécher, ce qui entraînerait la mort de l'embryon. Ainsi, les œufs étaient probablement enterrés dans le sol ou cachés sous un amas de végétaux, mais, du fait du déplacement des œufs par l'orage, les fouilles ne permettent pas de le



Près de 200 œufs de ptérosaures ont été découverts dans un bloc de grès en Chine. Des os d'adultes ont également été retrouvés, ce qui laisse penser que les parents protégeaient les nids.

certifier, ni de dire combien d'œufs par couvée une femelle pondait.

Seize œufs contenaient des restes d'embryons. Xiaolin Wang et ses collègues ont réalisé une reconstruction tridimensionnelle des os pour les étudier. Aucun embryon n'est complet : le mieux préservé contient une aile partielle, des os du crâne et la mâchoire inférieure. Les chercheurs ont constaté que les os des ailes étaient moins développés que les fémurs. Cela suggère qu'au moment de l'éclosion, les ptérosaures étaient probablement capables de se déplacer au sol, mais pas de voler. Une autre observation est que les mâchoires des embryons étaient dépourvues de dents. L'animal nouveau-né ne pouvait donc probablement pas se nourrir seul, ce qui impliquerait une présence parentale.

Mais il est difficile de savoir si les embryons retrouvés étaient quasiment à terme ou beaucoup plus jeunes. Et par comparaison, les dents des crocodiles apparaissent dans les derniers stades de croissance de l'embryon. Il est donc trop tôt pour conclure sur ces aspects du développement des ptérosaures juvéniles. La découverte de ce gisement d'œufs fossilisés n'en est pas moins exceptionnelle. ■

S. B.

X. Wang *et al.*, *Science*, vol. 358, pp. 1197-1201, 2017

POURQUOI LE POISSON-PERROQUET A LA DENT DURE

Les poissons-perroquets mangent beaucoup d'algues coralliennes, qu'ils dégagent du corail en broyant celui-ci avec leurs dents. Ces dernières, qui s'usent et poussent continuellement, doivent donc être d'une extrême dureté. Matthew Marcus a révélé leur structure grâce aux rayons X du synchrotron de Berkeley ; et montré que des cristaux de fluoroapatite (calcium fluorophosphate) longs de 0,1 micromètre et larges de plusieurs micromètres, imbriqués en faisceaux, sont à l'origine de la dureté des dents de ces jolis poissons.

LE « TOMBEAU DU CHRIST » DATE DE CONSTANTIN

Un sanctuaire bâti au sein de l'église du Saint-Sépulcre, à Jérusalem, est censé être le tombeau où aurait reposé le Christ trois jours avant de ressusciter. Lors de sa récente rénovation, une dalle oubliée, maintenue par du mortier, y a été découverte. La datation de ce mortier a révélé qu'il est du milieu du IV^e siècle, donc de l'époque de Constantin. Or c'est bien ce premier empereur chrétien qui envoya un architecte afin de retrouver, d'après la tradition orale, ledit « tombeau du Christ ».

PUNAISE À ÉCHANGEUR DE CHALEUR

Comment *Rhodnius prolixus*, une punaise suceuse de sang, peut-elle ingérer jusqu'à dix fois son poids de sang chaud sans mourir d'hyperthermie ? Sa tête est équipée d'un échangeur de chaleur élaboré qui refroidit le sang ingéré, ont découvert Claudio Lazzari, à l'université de Tours, et ses collègues. En l'absence de ce dispositif, le stress thermique serait fatal à l'insecte : ramené à notre échelle, il équivaut à une prise de 600 litres de soupe à 60 °C !

UN LIQUIDE DE SPINS QUANTIQUE

Les propriétés magnétiques des matériaux dépendent de l'alignement et de l'interaction des moments magnétiques des atomes, c'est-à-dire de leurs spins. Une configuration particulière conduit à ce qu'on nomme un liquide de spins quantique, dont un exemple vient d'être synthétisé en laboratoire.

Dans un matériau antiferromagnétique, la configuration stable, de plus basse énergie, est obtenue quand les spins voisins pointent dans des directions opposées. Mais la géométrie du réseau cristallin peut rendre impossible l'obtention d'une telle configuration stable. On dit alors que les spins sont frustrés.

Dans ce cas, il existe plusieurs configurations de spins qui ont l'énergie minimale, et on peut passer de l'une à l'autre en changeant l'orientation de quelques spins, à énergie constante. Le système de spins est dans ce cas instable : il est dépourvu d'« ordre magnétique ». Les spins fluctuent comme dans un état liquide, et cela même à des températures proches du zéro absolu. Dans ce cas, on parle de liquide de spins quantique.

Quelques exemples de liquides de spins quantiques existent dans la nature, et d'autres ont été synthétisés en laboratoire. Pour en créer de nouveaux, le physicien Alexei Kitaev, de Caltech, a proposé d'utiliser une configuration en nid d'abeille. En 2010, on a découvert deux iridates qui suivent ce modèle, l'iridate de sodium

Na_2IrO_3 et l'iridate de lithium Li_2IrO_3 . Dans les deux cas, les atomes d'iridium forment la structure en nid d'abeille et les atomes de sodium ou de lithium sont au centre des hexagones. Cependant, au-dessous de 15 kelvins, ces matériaux montrent un ordre antiferromagnétique.

Fazel Tafti, du Boston College, et son équipe ont observé, par une analyse aux rayons X, que la structure hexagonale n'est pas parfaite : les angles ne font pas exactement 120° , mais sont compris entre $114,9^\circ$ et $124,2^\circ$. C'est cette imperfection qui fait émerger l'ordre antiferromagnétique au-dessous de 15 kelvins.

La déformation du réseau est due à la taille relativement grande des atomes de sodium et de lithium (0,18 et 0,145 nanomètre de rayon). Les chercheurs ont donc substitué (par chauffage) les atomes de sodium par du cuivre, dont le rayon atomique est de 0,135 nanomètre. Les déformations du réseau étaient plus faibles, avec des angles compris entre $118,7^\circ$ et $122,5^\circ$, et l'iridate de cuivre se comporte comme un liquide de spins au-dessus de 2,7 kelvins. En deçà, un faible ordre magnétique apparaît. Ce matériau présente donc une frustration plus importante que les deux autres iridates, ce qui le rapproche d'un liquide de spins quantique à la Kitaev. ■

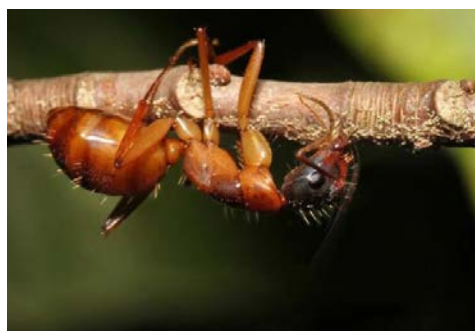
S. B.

M. Abramchuk et al., *Journal of the American Chemical Society*, vol. 139(43), pp. 15371-15376, 2017

UNE FOURMI MARIONNETTE

Au cours de l'évolution, certains parasites ont acquis une capacité à manipuler le comportement de leurs hôtes. Cette capacité passe en général par l'infection du cerveau de leurs victimes. De façon étonnante, le champignon parasite *Ophiocordyceps unilateralis* pourrait contrôler son hôte, la fourmi charpentière, en envahissant ses muscles et non son cerveau.

L'équipe de David Hughes, de l'université de Pennsylvanie, a montré qu'après 16 à 25 jours d'infection, l'aggrégation de cellules fongiques pousse l'hôte à se fixer avec ses mandibules à une plante et à mourir à un endroit favorable au développement et à la dispersion des champignons. Le champignon établit des connexions entre cellules musculaires par des prolongements mycéliens, qui forment un réseau dense



Une fourmi, sous le joug d'un champignon, se fixe à une branche avant de mourir et permettre la diffusion des spores.

autour des muscles de l'hôte et en leur sein. Cette invasion provoque une atrophie qui relâche les fibres musculaires. Le champignon agirait ainsi comme un marionnettiste, en jouant directement sur les muscles des pattes et des mandibules. ■

NOËLLE GUILLON

M. A. Frederickson et al., *PNAS*, vol. 114, pp. 12590-12595, 2017

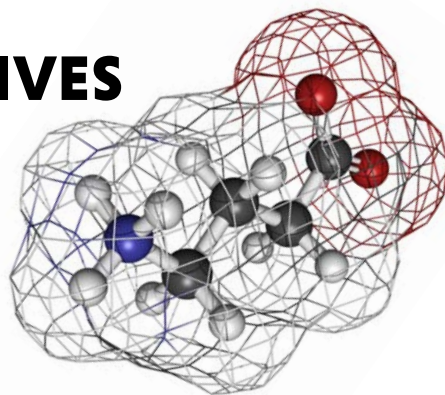
NEUROSCIENCES

LE GABA EFFACE
LES IDÉES INTRUSIVES

Vous êtes couché, mais ne trouvez pas le sommeil, car vous ruminez certains événements de la journée. Ces souvenirs intrusifs tournent en boucle dans votre cerveau. Comment supprimer ces idées noires ? À l'université de Cambridge, en Angleterre, l'équipe de Michael Anderson a identifié une molécule et un mécanisme qui pourraient remplir cette fonction dans notre cerveau.

Les souvenirs intrusifs et autres ruminations sont parfois caractéristiques de divers troubles mentaux : schizophrénie, dépression, anxiété ou encore syndrome de stress post-traumatique. Pour bloquer ces processus mentaux indésirables, le cortex préfrontal latéral, à l'avant du cerveau, joue un rôle majeur : il contrôle et inhibe l'activité de nos souvenirs quand c'est nécessaire. Mais les patients ayant des pensées obsessionnelles présentent aussi souvent une hyperactivité de l'hippocampe, le centre cérébral de la mémoire. Les chercheurs ont supposé qu'un manque d'inhibition de l'hippocampe provoquerait un excès de pensées indésirables.

Or le GABA, un neurotransmetteur libéré par des interneurons présents dans presque toutes les régions cérébrales, est la molécule inhibitrice par excellence. Les chercheurs ont montré que des patients arrivaient à inhiber le



Une représentation du neurotransmetteur GABA, ou acide γ -aminobutyrique.

souvenir d'un mot, appris au préalable en association avec un second mot, quand on le leur demandait, et ce d'autant mieux que les concentrations de GABA dans leur hippocampe étaient élevées, celui-ci étant alors moins actif. Parallèlement, le cortex préfrontal était plus actif lors du contrôle des pensées.

Il existe ainsi un contrôle inhibiteur entre le cortex préfrontal et l'hippocampe. Sera-t-il un jour possible d'augmenter les taux de GABA dans l'hippocampe pour contrôler les souvenirs indésirables, notamment chez les patients souffrant de maladies mentales ? ■

BÉNÉDICTE SALTHUN-LASSALLE

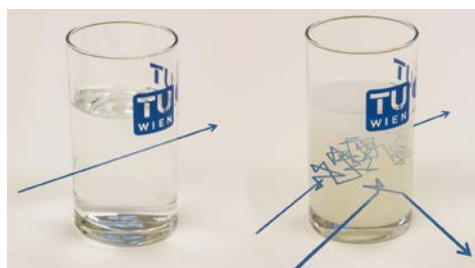
T. W. Schmitz et al., *Nature Communications*, vol. 8, article 1311, 2017

PHYSIQUE

LA CONSTANCE
DE LA LUMIÈRE

Que la lumière traverse un verre rempli d'eau ou de lait, la longueur moyenne du parcours d'un rayon lumineux est identique dans les deux cas. Ce résultat contre-intuitif avait été prévu théoriquement en 2014. Une équipe parisienne vient de le montrer expérimentalement.

Dans de l'eau transparente et homogène, les photons traversent en ligne droite. S'ils traversent du lait, ils diffusent sur les petites particules de lipides et glucides présentes. Ils ressortent alors après un trajet très court ou très long. En moyenne, la longueur de ce trajet est égale à celle du trajet dans l'eau. Sylvain Gigan, du laboratoire Kastler-Brossel, à Paris, et ses collègues l'ont montré en s'appuyant sur les propriétés ondulatoires de la lumière. Ils ont étudié les interférences des



La longueur moyenne des parcours de la lumière dans un milieu trouble est identique à celle mesurée dans l'eau transparente.

ondes lumineuses qui ressortent après avoir traversé le milieu diffusant. Les chercheurs en ont déduit le nombre d'éléments diffusants rencontrés sur chaque chemin emprunté et la longueur de ce chemin. Ils ont ainsi prouvé que la longueur moyenne du parcours est identique quelles que soient les concentrations et tailles des particules du milieu. ■

D. T.

R. Savo et al., *Science*, vol. 358, pp. 765-768, 2017

EN BREF

UN MIQVEH AU SUD

A Saint-Paul-Trois-Châteaux, dans le sud de la Drôme, à proximité d'une « rue juiverie », les archéologues de l'Inrap étudient une construction voûtée où se trouve une résurgence d'eau souterraine. Cette source semble avoir fourni l'eau d'un miqveh, bain rituel juif dévolu aux ablutions purificatrices. Au début du xv^e siècle, Saint-Paul-Trois-Châteaux était l'un des rares endroits de la France médiévale où une communauté juive pouvait s'épanouir, tranquillité qui n'a guère duré.

LE YÉTI, UN OURS ?

Des restes censés provenir du mythique yéti correspondent-ils à l'ours polaire, comme certains l'ont proposé ? Pour tester cette hypothèse, Charlotte Lindqvist, de l'université de Buffalo, et des collègues ont conduit une étude phylogénétique et cladistique à partir des ADN contenus dans 24 échantillons attribués au yéti. Conclusion : tous proviennent soit de l'ours brun himalayen (*Ursus arctos isabellinus*), soit de l'ours brun tibétain (*U. a. pruinosus*), deux sous-espèces nées de l'isolement, dans la montagne, de populations d'ours bruns.

UN LÉZARD
PLACENTAIRE

Chez les mammifères, la formation du placenta est possible grâce à des syncytines, des protéines produites par des gènes d'origine rétrovirale. Or les femelles du mabouya, un lézard andin, ont elles aussi un placenta. Une équipe coordonnée par Thierry Heidmann, du CNRS, vient de montrer que les ancêtres du mabouya ont eux aussi intégré un gène de syncytine il y a quelque 25 millions d'années. Comme chez les mammifères, ce gène a permis l'acquisition d'un placenta très proche de celui des mammaliens. Un étonnant cas de convergence évolutive.