

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 fluorapatite (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. ■

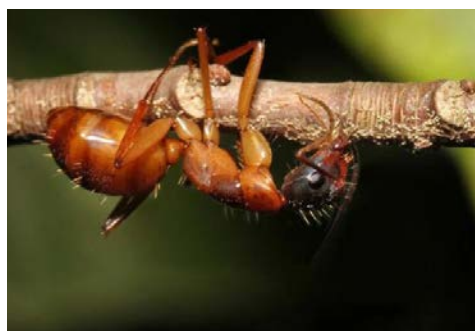
S. B.

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 charpentièrre, 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

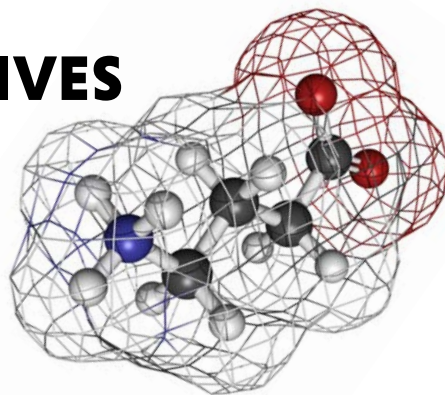
NEUROSCIENCES

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

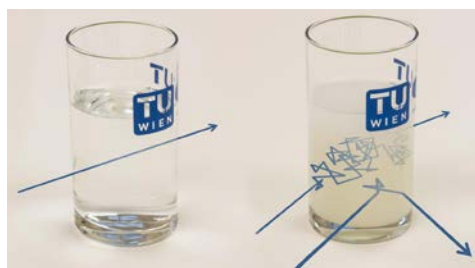
T. W. Schmitz et al., *Nature Communications*, vol. 8, article 1311, 2017

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.

MÉDECINE

HPV: VACCINER LES GARÇONS?

Le principal facteur de risque des cancers du col de l'utérus est la survenue d'infections persistantes dues à certains papillomavirus humains (HPV). Des vaccins sont disponibles depuis 2006 contre les principales formes de ces virus, mais en France comme dans la plupart des pays, ils ne sont recommandés que chez les jeunes filles. Depuis 2013, certains pays les préconisent également pour les garçons, car, par «immunité grégaire», la protection bénéficie à ceux qui ne sont pas vaccinés.

Pour le vérifier, l'équipe de Matti Lehtinen, de l'institut Karolinska, en Suède, a réalisé un essai clinique auprès de 80 000 personnes. Même avec une couverture vaccinale minimale des hommes, la protection globale des femmes est meilleure. Cependant, pour certains types de HPV, la couverture devrait atteindre 80% pour être efficace. ■

M. T.

M. Lehtinen et al., *Int. J. Cancer*, en ligne, 9 novembre 2017

CHIMIE

UN ANTIGEL DE SYNTHÈSE

La cryoconservation de cellules pour la biologie ou la médecine consiste à les conserver à la température de l'azote liquide, -196 °C. Cependant, comme les cellules tendent à exploser, on utilise des solutions cryoprotectrices, tel le DMSO. Mais ces composés sont toxiques pour les cellules; et si on diminue leur concentration, on réduit la survie. Autre problème: il faut limiter la formation de cristaux de glace qui déchirent les membranes cellulaires.

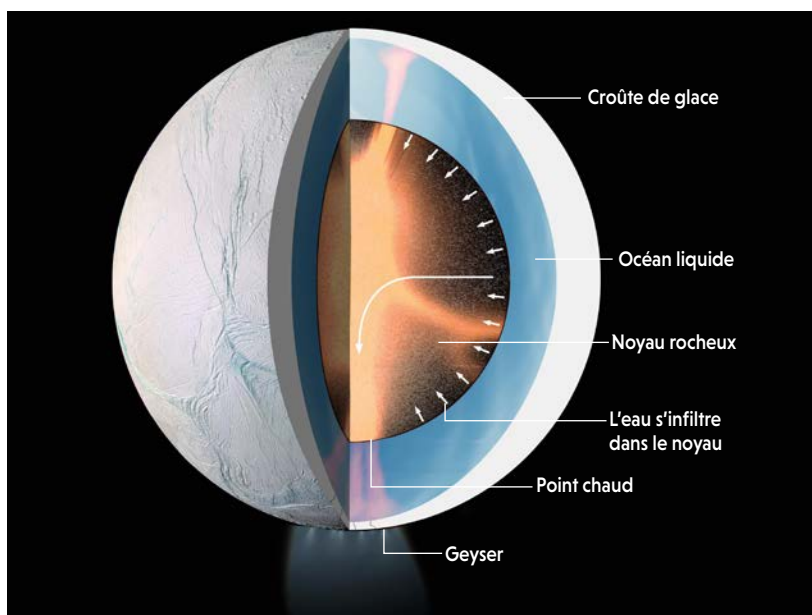
Avec notamment des collègues de l'université de Warwick, Sylvain Deville, du Laboratoire de synthèse et fonctionnalisation des céramiques (CNRS/Saint-Gobain), à Cavaillon, a étudié la polyproline, molécule dont la structure hélicoïdale est comparable à celle de protéines antigels naturelles. Ces chercheurs ont confirmé que, ajoutée au DMSO, elle améliore la cryoconservation. Par ailleurs, pour une utilisation industrielle, la production de polyproline serait plus simple que la réplique des protéines antigels naturelles. ■

S. B.

B. Graham et al., *Ang. Chem. Int. Ed.*, vol. 56, en ligne le 22 novembre 2017

ASTROPHYSIQUE

POURQUOI L'OCÉAN D'ENCELADE NE GÈLE PAS



L'eau qui s'infiltre dans le noyau d'Encelade serait chauffée par les forces de marée dues à Saturne et expulsée par des points chauds, notamment au pôle sud.

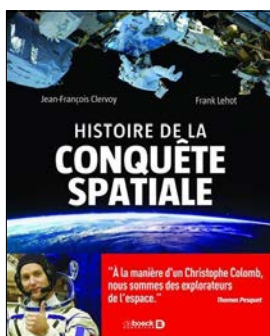
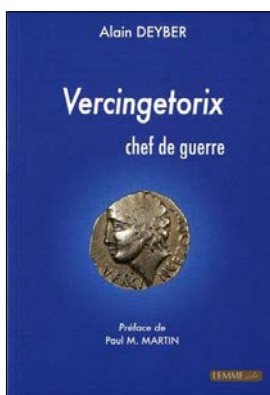
En orbite autour de Saturne, Encelade est un corps de 500 kilomètres de diamètre couvert d'une croûte de glace qui cache un océan d'eau liquide. Mais quelle source de chaleur empêche cet océan de geler? De nombreuses hypothèses ont été avancées, mais aucune n'était complètement satisfaisante. Avec une équipe internationale, Gaël Choblet et Gabriel Tobie, chercheurs du CNRS à l'université de Nantes, proposent un nouveau mécanisme qui rend compte de toutes les observations d'Encelade réalisées par la sonde *Cassini*.

Selon ce scénario, le noyau rocheux de la lune, dont les pores sont remplis d'eau, est facilement déformable. Comme il est soumis aux intenses forces de marée de Saturne, les grains rocheux frottent les uns contre les autres et chauffent ainsi l'eau qui les entoure. Les simulations réalisées par Gaël Choblet et ses collègues montrent que l'eau atteint une température de 90 °C et remonte à la surface du noyau où elle forme des points chauds. Elle se diffuse alors dans l'océan et contribue à chauffer celui-ci. Au total, la puissance générée par les forces de marée serait comprise entre 10 et 30 gigawatts, assez pour que l'océan reste liquide plusieurs centaines de millions d'années, compte tenu des pertes de chaleur vers l'espace.

En outre, l'eau serait expulsée principalement dans la direction des pôles, le chauffage de marée dans le noyau étant deux fois plus fort aux pôles qu'à l'équateur. Si la croûte de glace est initialement plus mince au pôle sud, la modélisation montre qu'elle fondrait davantage dans cette région. Cette asymétrie expliquerait pourquoi la sonde *Cassini* n'a observé des geysers qu'au pôle sud. Pour valider ce scénario, les futures missions de sondes spatiales munies de radars, dont les ondes peuvent pénétrer sous la glace et ainsi mieux explorer la structure interne d'Encelade et son activité hydrothermale, seront cruciales. ■

S. B.

G. Choblet et al., *Nature Astronomy*, vol. 1, pp. 841-847, 2017



ARCHÉOLOGIE

VERCINGÉTORIX CHEF DE GUERRE

Alain Deyber

Lemme, 2017

224 pages, 22 euros

Ancien officier, archéologue et historien militaire, Alain Deyber avait déjà publié il y a quelques années un remarquable essai d'histoire militaire consacré à la période préromaine :

Les Gaulois en guerre. Stratégies, tactiques et techniques. Il nous livre aujourd'hui une monographie sur Vercingétorix en tant que chef de guerre. Au milieu du I^{er} siècle avant notre ère, la Gaule – ou du moins ses cités les plus importantes (Éduens, Arvernes, Bituriges...) – évolue vers une organisation sociale étatique dont une composante forte est la construction d'une armée de métier. Le rôle de Vercingétorix sera de fédérer ces cités et de convertir les groupes de valeureux guerriers gaulois en militaires. Souvent travesties dans l'écriture du roman national, les qualités de stratège de Vercingétorix sont ici bien mises en avant. Si, comme le souligne Alain Deyber, la carrière du chef arverne se ramène en définitive à un court affrontement contre César, force est de constater que Vercingétorix fut le véritable adversaire du proconsul au point qu'il faillit les détruire, lui et son armée. Deux stratégies s'affrontent durant la Guerre des Gaules : celle de l'attaque à outrance menée par César et celle dite de l'abcès de fixation menée par le Gaulois. L'ouvrage montre clairement que Vercingétorix bénéficiait d'une bonne formation militaire et de toutes les qualités d'un chef militaire mais que ses troupes étaient inégales et que, surtout, elles avaient du mal à se représenter l'ennemi et les enjeux politiques du conflit. On voit la spécificité de ce livre qui, au-delà des militaria et des traces archéologiques de la Guerre des Gaules, dresse une analyse anthropologique des troupes et de leurs chefs, Vercingétorix en premier lieu. Ce texte, ses tableaux chronologiques commentés et son important glossaire militaire constitueront pour l'étudiant et l'érudit un outil original et utile.

DOMINIQUE GARCIA / INRAP

BOTANIQUE

LES ARBRES AMOUREUX

Francis Hallé, Stéphane Hette
et Frédéric Hendoux

Salamandre, 2017

144 pages, 39 euros

Eh oui, avant les noisettes, les glands, les merises, il y a des fleurs ! Ce beau livre est une douceur. On peut simplement le feuilleter pour s'évader dans l'univers extraordinaire des fleurs de vingt espèces, ou s'attarder sur les très belles photographies sur fond blanc de chatons mâles et femelles, fleurs d'apparat, fruits, souvent en gros plan, ou encore passer un peu plus de temps avec la lecture des courtes monographies qui accompagnent ces belles illustrations.

L'appareil reproducteur des arbres est plutôt discret sous nos latitudes, mais le photographe nous montre des formes extraordinaires et des couleurs flamboyantes, telle la couleur rouge carmin des stigmates de l'inflorescence femelle du noisetier. Avec cet ouvrage, on arriverait presque aussi à humer des parfums ! C'est au moins le cas quand vient le tour du chèvrefeuille des bois, qui accompagne parfois les arbres de nos forêts.

Certaines fleurs font appel au vent pour déposer, sur le pistil d'une autre fleur, le pollen qu'elles produisent ; d'autres sont conçues pour séduire des insectes butineurs qu'elles gratifient et fidélisent en leur offrant un délicieux nectar. Et parfois, les arbres comptent sur les oiseaux pour disperser leurs graines. Les images sont belles et les textes qui expliquent les stratégies de reproduction des arbres sont instructifs, agréables à lire grâce à un rythme dynamique. Résultat de la collaboration de deux botanistes et d'un photographe hors pair, ce livre est à s'offrir ou à offrir sans modération : c'est un merveilleux bouquet de fleurs...

RÉGINE TOUFFAIT / ONF