

8 rue Férou, 75278 PARIS CEDEX 06
Standard : Tel. 01 55 42 84 00

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédacteurs : François Savatier, Marie-Neige Cordonnier,
Philippe Ribeau-Gésippe, Bénédicte Salthun-Lassalle

Dossiers Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Rédacteur : Guillaume Jacquemont

Cerveau & Psycho

L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Annie Tacquenot,

Sylvie Sobelman, Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Site Internet : Philippe Ribeau-Gésippe assisté de Ifédayo Fadoju

Marketing : Élise Abib

Direction financière : Anne Gusdorf

Direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Jérôme Jalabert assisté de Marianne Sigogne

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Conseillers scientifiques : Philippe Boulanger et Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

Alain Bousquet-Mélou, Eric Buffetaut, Bettina Debû, Guillaume Duménil, Étienne Guyon, Évelyne Host-Platret, Philippe Lognonné, Martine Maibeche-Coisné, Marie-Christine Maurel, Raphaël Mercier, Nicolas Peretto, Pierre Pica, Christophe Pichon, David Point, Laureline Porcar, Marc de Rafélis, Valérie Simon-neaux, Jeroen Sonke, Daniel Tacquenot, Christophe Tzourio.

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

(jfguillotin@pourlascience.fr), assisté de Nada Mellouk-Raja
Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97 • Fax : 01 43 25 18 29

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Bouffaré. Tél. : 01 55 42 84 04

Espace abonnements :

<http://tinyurl.com/abonnements-pourlascience>

Adresse e-mail : abonnements@pourlascience.fr

Adresse postale :

Service des abonnements - 8 rue Férou - 75278 Paris cedex 06

Commande de dossiers ou de magazines :
02 37 82 06 62 (de l'étranger : 33 2 37 82 06 62)

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Canada : Edipresse : 945, avenue Beaumont, Montréal,
Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des chalets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303, rue du Pré-aux-oies - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8, rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina. Editors: Ricky Rusting, Philip Yam, Gary Stix, Davide Castelvecchi, Graham Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong. President : Steven Inchcoombe. Vice President : Frances Newburg.

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou les documents contenus dans la revue « Pour la Science », dans la revue « Scientific American », dans les livres édités par « Pour la Science » doivent être adressées par écrit à « Pour la Science S.A.R.L. », 8, rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le nom commercial « Scientific American » sont la propriété de Scientific American, Inc. Licence accordée à « Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement la présente revue sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris).



de **Françoise Pétry** directrice de la rédaction

Contre le dogmatisme

C'est la profonde ignorance qui inspire le ton dogmatique.

Jean de La Bruyère, *Les Caractères*, 1688

Pas plus que les autres domaines, la science n'est à l'abri des dogmes. Ils y sont même légion, mais tombent peut-être plus régulièrement qu'ailleurs, grâce aux travaux des chercheurs, quand s'impose l'évidence apportée par de nouveaux résultats. Ainsi en va-t-il en paléontologie : jamais nous ne retrouverons de restes organiques dans des fossiles de dinosaures ! Et des traces de globules rouges tapis au creux des os fossilisés se révèlent (*voir Dinosaures : on a retrouvé leur sang, page 30*). En archéologie : les Vikings sont venus en conquérants aux alentours de l'an Mil, quand ils ont envahi la vallée de la Seine ! Mais à y regarder de plus près, on constate que les noms de nombreux hameaux, villages, villes et fleuves portent la marque d'une origine nordique ; les Vikings ont davantage cherché à s'intégrer qu'à s'imposer par la force dans cette région (*voir Les Vikings de la Seine, page 38*).

En technologie : les dispositifs supraconducteurs, refroidis à l'hélium ou à l'azote liquide à des températures extrêmement basses – de l'ordre de -240 à -140 °C – ne sortiront jamais des laboratoires ! Or aujourd'hui,

Quand s'impose l'évidence...

ils sont présents dans les grands accélérateurs de particules, des réseaux de distribution d'électricité ou encore les dispositifs d'imagerie médicale (*voir La supraconductivité à l'ère industrielle, page 76*). Ou encore en astronomie : Mercure est si proche du Soleil que cette petite planète n'est certainement rien d'autre qu'un astre mort ! Pourtant, même si cette planète n'est pas beaucoup plus grosse que la Lune, elle retient une atmosphère ténue, est dotée d'un champ magnétique, et sa surface témoigne d'une activité volcanique passée (*voir Mercure : une planète dans la fournaise, page 60*).

À mesure que les connaissances progressent, l'ignorance recule, les dogmes aussi. Mais quand la science n'apporte pas les réponses attendues, le dogmatisme résiste. Ainsi, la recherche n'avance pas aussi vite que le voudraient les parents d'enfants atteints d'autisme, et, comme toujours dans ces cas-là, les charlatans profitent de la détresse des personnes concernées, assénant leurs théories fallacieuses. Ils proposent des solutions au mieux inefficaces, au pire dangereuses (*voir Autisme, attention aux charlatans !, page 46*). Il est urgent de donner aux chercheurs et aux médecins les moyens nécessaires pour améliorer la prise en charge de ces enfants, dont le nombre ne cesse d'augmenter. ■

1 **ÉDITO**4 **BLOC-NOTES***Didier Nordon*

Actualités

6 **Un cœur superfluide dans les étoiles à neutrons**9 **Lucy avait le pied arqué**11 **L'argile, berceau de la vie ?**12 **Le cannibalisme nutritionnel de Gough's Cave ... et bien d'autres sujets.**14 **ON EN REPARLE**

Opinions

16 **POINT DE VUE**
Moins d'antibiotiques : chez l'animal aussi !*Antoine Andremont*17 **ÉCONOMIE**
Le pouvoir, c'est la nudité du roi...*Ivar Ekeland*18 **DÉVELOPPEMENT DURABLE**
Comment gérer la grande faune sauvage ?*I. Mauz, C. Granjou, A. Doré et C. Mounet*20 **VRAI OU FAUX**
Le lait est-il une boisson saine ?*Jean-Marie Bourre*22 **COURRIER DES LECTEURS**24 **QUESTIONS OUVERTES**
Faut-il archiver le Web ?*Gildas Illien*

Ce qui est affiché sur la Toile change très vite. Un archivage périodique est donc nécessaire pour en garder la mémoire, avec des difficultés qui ne sont pas seulement techniques.

Sur la totalité des numéros :
deux encarts d'abonnement pages 24 et 25.
Encarts commande de livres et abonnement pages 76 et 77.
En couverture : © Davide Littschwager

À LA UNE

30 **PALÉONTOLOGIE**

Dinosaures : on a retrouvé leur sang

Mary Schweitzer

La préservation de matériaux organiques durant plusieurs dizaines de millions d'années passait pour impossible. Pourtant, les paléontologues en trouvent de plus en plus dans des os de dinosaures.

38 **ARCHÉOLOGIE**
Les Vikings de la Seine*Vincent Carpentier*

Les Vikings n'ont laissé pratiquement aucune empreinte archéologique en Normandie, mais seulement des traces linguistiques et historiques. Elles attestent de leur volonté de s'intégrer dans la société carolingienne.

46 **MÉDECINE**
Autisme, attention aux charlatans !*Nancy Shute*

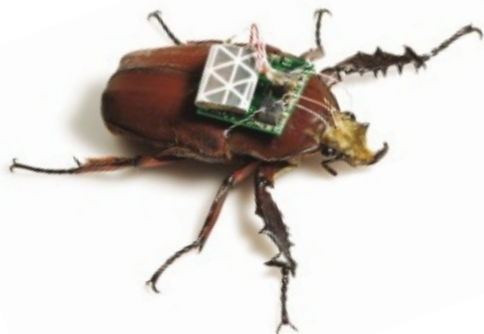
Le nombre d'enfants diagnostiqués autistes est en constante augmentation. Or aucun médicament efficace n'existe et seules les thérapies comportementales auraient un effet. Les parents se tournent vers des traitements douteux, souvent risqués.



52 **ROBOTIQUE** Scarabées en vol... téléguidé

Michel Maharbiz et Hirotaka Sato

Des chercheurs conçoivent de minuscules robots volants, mi-insectes, mi-machines. Ces hybrides du vivant et de l'électronique pourraient un jour sauver des vies en cas de catastrophes ou de guerres.



60 **PLANÉTOLOGIE** Mercure : une planète dans la fournaise

S. Murchie, R. Vervack Jr. et B. Anderson

Après trois survols, la sonde MESSENGER s'est mise en orbite autour de Mercure pour observer en détail cette planète méconnue.

66 **BIOPHYSIQUE** Onduler pour avancer

Daniel Goldman et David Hu

Pour se déplacer, les serpents et d'autres animaux se tortillent. Leurs ondulations se ressemblent, mais sont en fait régies par des mécanismes très différents suivant le support.

76 **TECHNOLOGIE** La supraconductivité à l'ère industrielle

Pascal Tixador et Philippe Lebrun

Certains matériaux perdent toute résistance électrique au-dessous d'une certaine température. Ce phénomène découvert il y a tout juste 100 ans a des applications méconnues, mais de plus en plus présentes.

Regards

84 **HISTOIRE DES SCIENCES** Madame d'Arconville, femme de sciences au temps des Lumières

Patrice Bret

De la traduction scientifique à ses travaux sur la putréfaction, cette femme du XVIII^e siècle, savante reconnue par ses pairs, mit un point d'honneur à rester dans l'anonymat.

88 **EN IMAGES** Ventouses sous pression

Frank Grasso

90 **LOGIQUE & CALCUL** Du rêve à la réalité des preuves

Jean-Paul Delahaye

Les ordinateurs ne savent pas prouver seuls des théorèmes profonds. Cependant, grâce aux assistants de preuve, ils garantissent les démonstrations découvertes par les mathématiciens.

96 **ART & SCIENCE** Le fantôme de Louis XV

Loïc Mangin

98 **IDÉES DE PHYSIQUE** Sonner comme une cloche

Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik

101 **SCIENCE & GASTRONOMIE** Quand le sucre fond

Hervé This

102 **À LIRE**

Rendez-vous sur **SCIENCE.fr**

» Plus d'informations

- L'intégralité de votre magazine en ligne
- Des actualités scientifiques chaque jour
- Plus de 5 ans d'archives
- L'agenda des manifestations scientifiques

» Les services en ligne

- Abonnez-vous et gérez votre abonnement en ligne
- Téléchargez les articles de votre choix
- Réagissez en direct
- Consultez les offres d'emploi

www.pourlascience.fr

→ TOI AUSSI, MON MAÎTRE...

Une statistique affligeante vient d'être publiée. Dès la fin de leur première année de retraite, 80 pour cent des professeurs de mathématiques ont oublié la formule donnant $\sin(a+b)$. Au bout de deux ans, ils sont 95 pour cent à ne plus savoir pourquoi moins par moins fait plus. Qu'une troisième année s'écoule, et ils se mettent à hésiter sur l'orthographe de leur ancienne discipline. Matématiques ? Mathématiques ? Matématiques ?

Toujours pressé dans sa lutte contre les incompetents, le ministre de l'Éducation va instituer des cours de recyclage obligatoires afin de maintenir les ex-professeurs de mathématiques à un niveau digne de la fonction qu'ils ont autrefois occupée.

Tant qu'on n'est pas mort, on n'est jamais tranquille... surtout pas en avril.



sées, de tant de gens. Les extrémistes (il s'en trouve toujours) affolent les débats par leurs surenchères et en faussent l'issue. Quand d'innombrables volontés s'entrechoquent, le choix retenu n'exprime la volonté de personne. Il peut être sensé dans le contexte où il a été opéré, et exercer ses effets dans un contexte où il ne l'est plus. Aucune décision ne répond à tous les aspects du problème qu'elle prétend résoudre. Certains acteurs la feront servir à des fins que nul n'imaginait. Dans la masse énorme des mesures prises pour gérer des populations, les contradictions, les incohérences, les lacunes, sont inévitables. Quelques-uns sauront les utiliser à leur profit, d'autres en seront victimes.

Un morceau de bravoure apprécié des journaux est de pourfendre « les absurdités du système » – le système étant, selon l'idéologie du journal et les sujets du moment, l'enseignement en France, la finance internationale, la politique tarifaire de telle entreprise, etc. Les journaux se donnent là un beau rôle facile. Les systèmes qu'ils accusent n'y peuvent mais. Être nombreux est une absurdité en soi !

Les hypertextes ne nous affranchissent pas de la linéarité de la lecture, puisque la contrainte temporelle n'a pas changé : nous devons lire une ligne après l'autre. Pouvoir en lire plusieurs à la fois, voilà qui serait une expérience sans précédent. Cette façon de lire nous ferait accéder à une compréhension riche comme une polyphonie : l'effet musical créé par des sons

simultanés n'a rien à voir avec ce qui se produit si les notes de chaque accord sont égrenées l'une après l'autre. Le plaisir de la lecture serait métamorphosé, comme le plaisir du palais est métamorphosé par la cuisine : déguster un gâteau est un délice incomparable avec la sensation que causerait l'absorption successive de l'œuf, du sucre, de la farine, de la levure, du sel, etc., qui composent celui-ci.

Vivement l'hyperlecture ! Camarades inventeurs, tâchez de trouver un procédé par lequel nous pourrions lire plusieurs textes simultanément, d'un seul et même coup d'œil. En vous inspirant de la musique et des gâteaux, vous devriez y parvenir.

→ À QUAND LA LOI DES PETITS NOMBRES ?

Amoins que vous ne soyez vous-même probabiliste, n'invoquez jamais « la loi des grands nombres ». Vous risquez trop de tomber sur un probabiliste qui vous accusera d'employer cette expression mal à propos. Plusieurs théorèmes portent ce nom et, visiblement, vous l'ignorez !

Les conseils étant faits pour être suivis par ceux qui les reçoivent, non par ceux qui les donnent, je vais maintenant, quoique n'étant pas probabiliste, énoncer la loi des grands nombres.

Loi des grands nombres : « Dès que le nombre de gens impliqués dans une affaire devient assez grand, le triomphe de l'absurde est un événement certain. »

Démonstration. Si le nombre de gens concernés par une affaire se compte en millions, la décision résultant de l'interaction de tous les intérêts en jeu ne peut avoir de pertinence que partielle. Il n'y a pas de rationalité commune aux besoins, aux désirs, aux manœuvres, aux arrière-pen-

→ TEXTES POLYPHONIQUES

Grâce aux hyperliens, nous pouvons, en pleine lecture d'un texte, nous mettre soudain à lire quatre lignes d'un deuxième texte, puis cinq lignes d'un troisième avant de revenir au premier pour en lire huit de plus, et ainsi de suite. Mais – à part la facilité des va-et-vient – il n'y a là rien de nouveau. On peut pratiquer le même genre de lecture avec des livres.



→ DESSEIN PAS INTELLIGENT

Depuis des millions d'années, les poussées telluriques suscitent des reliefs que la pluie, le vent, la mer, érodent. Ces phénomènes se répètent inlassablement, soumis à des lois immuables. Éternel recommencement de mêmes causes produisant les mêmes effets. Com-

bat sans fin de forces obtuses, aussi obstinées les unes que les autres.

Du côté de la vie, ce n'est pas mieux. Des millions de formes de vie apparaissent au petit bonheur la chance. Qu'importe si une forme est non viable. L'évolution a des millions d'années derrière elle, des millions d'années devant ; elle a eu et elle aura tout le temps d'essayer autre chose. Là encore, l'idiotie règne : revenir à la charge indéfiniment, à l'aveugle, jusqu'à ce que ça marche.

Du côté des hommes, c'est pire. Dans son pullulement de tentatives, l'évolution est tombée sur de la vie intelligente. Quel accident bête ! Les hommes n'ont pas su s'adapter à l'intelligence, ils s'en servent de travers, et elle leur apporte des déboires sans nombre. Le succès d'un imbécile ; un homme intelligent agissant en dépit du bon sens ; la victoire du plus buté, ou du plus menteur, sur le plus fin – ces spectacles sont quotidiens. Convaincre les anciennes générations d'une vérité nouvelle est impossible, constatait Planck ; il faut attendre qu'elles meurent. Mais la vision des jeunes n'est pas toujours juste ! Seulement, il en va là comme dans la nature : l'élément décisif pour gagner est d'avoir avec soi la force brute du temps. C'est un tour pas malin que la nature a joué à l'humanité en la dotant d'une intelligence qui lui fait faire tant de bêtises et d'une habileté qui lui fait se tendre à elle-même tant de pièges dangereux.

Qu'un Dessein gouverne tout cela, j'en doute. Mais qui le sait ? Il y a cependant une certitude à laquelle on peut se raccrocher : si un Dessein mène le monde, alors c'est un Dessein Stupide. ■



Le congrès des sociétés historiques et scientifiques se tient chaque année dans une grande ville universitaire. Trait d'union entre la recherche universitaire et la recherche bénévole, cette manifestation scientifique – lieu de rencontre privilégié des membres des sociétés savantes – est largement ouverte aux universitaires, aux élèves des grandes écoles, aux membres des centres de recherche. Il permet également aux jeunes chercheurs de faire leurs premières communications sous la direction de personnalités scientifiques de premier plan.

Le congrès de Perpignan se déroulera du 2 au 7 mai 2011, dans les locaux de la faculté des lettres et sciences humaines de l'université de Perpignan Via Domitia, sur le thème « Faire la guerre, faire la paix ».



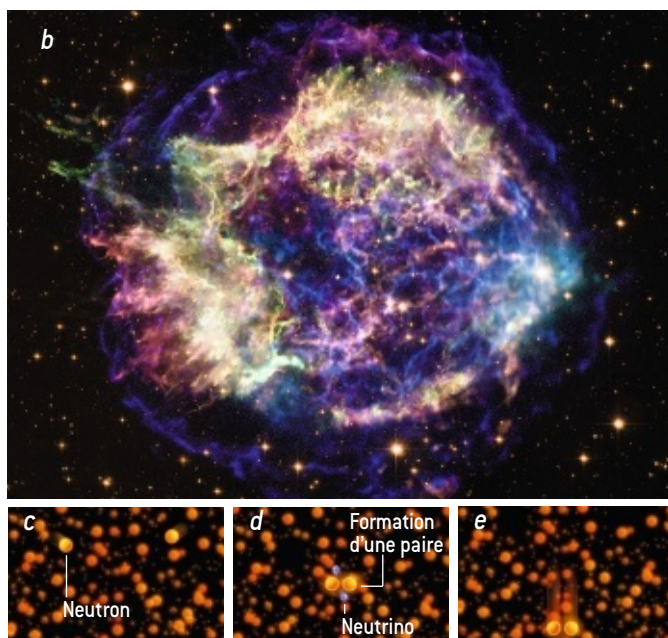
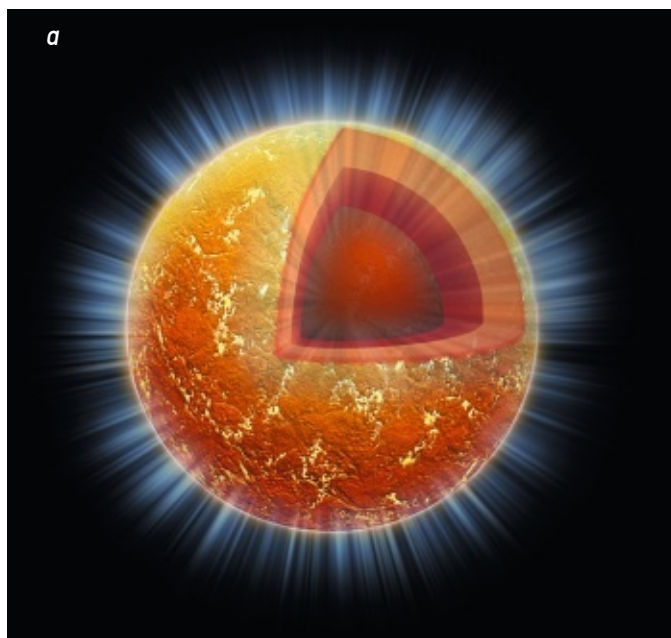
Pour tout contact

Comité des travaux historiques et scientifiques
136^e congrès
110, rue de Grenelle, 75357
Paris cedex 07
tél. : 33 (0) 1 55 95 89 64
fax : 33 (0) 1 55 95 89 66
congres@cths.fr
www.cths.fr

Astrophysique

Un cœur superfluide dans les étoiles à neutrons

Le refroidissement rapide d'une jeune étoile à neutrons s'expliquerait par la transition de son cœur vers une phase superfluide.



Une étoile à neutrons (*a, vue d'artiste*) présente des couches de densité de plus en plus élevée, de la croûte (*en orange*) au noyau interne (*en rouge foncé*). Cassiopée A, distante de 11 000 années-lumière, est le vestige d'une étoile massive ayant explosé entre 1667 et 1680 (*b, image qui superpose des vues en rayons X et en lumière visible*). Elle abrite en son centre une étoile à neutrons, et le cœur de cet astre serait superfluide. La formation de cette phase (*c, d, e*) suppose un appariement des neutrons, avec émission de neutrinos. Ces particules, qui interagissent très peu, évacueraient efficacement l'énergie du cœur de l'étoile (*a, rayons bleutés*). Cela expliquerait le refroidissement rapide de l'étoile.

La superfluidité est un état de la matière étonnant, où la viscosité du fluide est nulle et sa conductivité thermique infinie. En laboratoire, l'hélium, refroidi à une température proche du zéro absolu, devient superfluide. Selon les calculs menés indépendamment par deux équipes d'astrophysiciens, conduites par Dany Page, de l'Université de Mexico, et par Peter Shternin, de l'Institut Ioffe à Saint-Petersbourg, le cœur des étoiles à neutrons serait également dans un état superfluide.

Les étoiles à neutrons sont des résidus d'étoiles ayant explosé en supernova. Ce sont les objets les plus denses connus : de l'ordre de un milliard de tonnes par centimètre cube. La pression y est telle que les électrons fusionnent avec les protons, formant des neutrons. L'intérieur est ainsi une soupe de noyaux riches en neutrons, de protons et de neutrons libres, ces derniers étant de plus en plus

majoritaires à mesure que l'on s'approche du centre de l'étoile.

Dans quel état est cette matière exotique ? Les données du satellite à rayons X *Chandra* concernant la jeune étoile à neutrons située au centre de Cassiopée A, le vestige d'une supernova qui a explosé il y a environ 330 ans, montrent une diminution rapide de la température de l'astre, de l'ordre de quatre pour cent sur les dix dernières années.

Selon les deux équipes, ce refroidissement très rapide ne peut s'expliquer par la dissipation thermique de la région superficielle de l'étoile. D'après leurs calculs, ce serait le résultat d'une transition vers une phase superfluide des neutrons dans le noyau de l'étoile. En effet, la superfluidité peut être décrite par un modèle analogue à celui de la supraconductivité (la théorie BCS), où des particules identiques s'associent deux à deux pour former des « paires de Cooper ». Dans le

cas d'un fluide de neutrons, la formation d'une paire s'accompagne de l'émission de deux neutrinos. Ces particules, qui interagissent très peu avec la matière, évacuent efficacement l'énergie de l'intérieur de l'étoile.

D'après les astrophysiciens, la rapidité du refroidissement implique que les protons résiduels sont aussi dans un état superfluide. Comme ils portent une charge électrique, ils forment un milieu matériel supraconducteur.

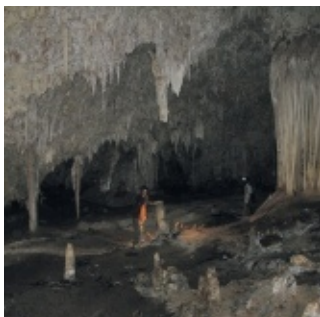
Le modèle de D. Page et ses collègues leur a permis d'estimer la température critique (très difficile à calculer directement) au-dessous de laquelle les neutrons deviennent superfluides : entre 500 millions et un milliard de degrés. La température critique des protons serait plus élevée encore.

→ Philippe Ribeau-Gésippe

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 411(3), pp. 1977-1988, 2011 ; *Phys. Rev. Lett.*, vol. 106, 081101, 2011

Préhistoire

Madagascar habitée il y a 4 000 ans ?



D. Gommery-MAPPM & CNRS



Peuplée au I^{er} millénaire de notre ère, l'île de Madagascar était censée avoir été abordée pour la première fois entre 400 et 200 avant notre ère. Une équipe du CNRS et de l'Université malgache de Mahajanga, menée par Dominique Gommery, a découvert les traces d'un repas pris par des hommes quelque 2000 ans avant notre ère : des os d'une espèce aujourd'hui disparue d'hippopotames nains, qui portent de nombreuses traces de découpe (*ci-contre, en bas*) sur les zones d'attaches musculaire et tendineuse. Ils ont été trouvés dans la grotte d'Anjohibe (*ci-contre*), au Nord-Ouest de la Grande île, donc à proximité des deux voies les plus courtes pour une colonisation humaine : celle du Nord-Ouest passant par les Comores (colonisation d'origine africaine) et celle du Nord-Est (colonisation d'origine asiatique). Cette découverte indique que l'homme a cohabité avec la grande faune disparue de l'île, puisqu'il en a consommé l'une des espèces. Or l'extinction il y a quelques millénaires de ces grands vertébrés, notamment de grands lémurins, est expliquée. L'homme aurait-il joué un rôle ?

→ Maurice Mashaal

D. Gommery et al., *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (série Palevol)*, à paraître, 2011

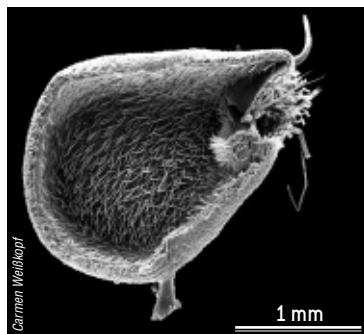
Biophysique

La plante carnivore la plus rapide du monde

On a élucidé les mécanismes du piège ultrarapide d'une plante aquatique carnivore.

Drame dans la mare. La larve d'insecte s'approche d'une feuille anodine quand soudain, après avoir touché l'un de ses poils, elle est aspirée et se retrouve enfermée dans une outre – la feuille s'est gonflée – où des enzymes digestives sont déjà en action. La capture a duré moins de une milliseconde. La plante en question est l'utriculaire, une plante carnivore commune dans les marais. Philippe Marmottant, du Laboratoire interdisciplinaire de physique (CNRS), à l'Université Joseph Fourier, à Grenoble, et ses collègues ont dévoilé le mécanisme de ce piège foudroyant.

Ils ont enregistré à l'aide d'une caméra ultrarapide les mouvements en jeu dans la brusque aspiration. Les images révèlent un processus de flambage de la porte qui ferme hermétiquement, au repos, l'entrée de l'outre : lorsque les poils sensitifs déclenchent la capture, le clapet, bombé vers l'extérieur, inverse sa courbure et, ce faisant, s'ouvre en un instant (l'eau



Carmen Weiskopf



Olivier Vincent et al.

Le piège, nommé utricule, de l'utriculaire (*Utricularia vulgaris*) et une coupe longitudinale (*à gauche*) de ce piège vue au microscope électronique à balayage. Armé, le piège est plat et emmagasine de l'énergie élastique.

et la proie sont aspirées). Auparavant, des petites glandes ont évacué, en une heure environ, l'eau de l'intérieur du piège vers l'extérieur, créant ainsi une dépression qui se traduit par un aplatissement de la feuille et par le stockage d'énergie élastique dans les parois.

Un modèle numérique a décrit les deux phases du piège : d'une part, l'expulsion lente et active de l'eau et, d'autre part, l'aspiration passive et rapide. Ce modèle com-

bine la description des parois du piège sous la forme d'un maillage triangulaire dont les éléments sont définis par leur tension et leur courbure, et le calcul de l'évolution temporelle de la position de chaque sommet des mailles. Les simulations obtenues sont en accord avec les enregistrements vidéo.

→ Loïc Mangin

O. Vincent et al., *Proc. of the Roy. Soc. of Lond. B*, sous presse, 2011 ; M. Joyeux et al., *Physical Review E*, sous presse, 2011

En bref

HIBERNER AU CHAUD

On pensait que pendant l'hibernation, le métabolisme de l'ours noir américain (*Ursus americanus*) diminuait d'environ 50 pour cent quand sa température baissait de 10°C. Mais des biologistes de l'Université de l'Alaska ont montré que la température de l'animal ne passe que de 37°C à 32°C, tandis que sa consommation d'oxygène, par exemple, baisse de 76 pour cent. Ainsi, chez les ours noirs, le métabolisme baisse proportionnellement beaucoup plus que la température.

L'ILLUSION DU DEMI-SHIVA

Des neurologues ont réussi à créer l'illusion d'avoir trois bras ! Des individus, assis à une table, avaient à leur droite la prothèse d'un membre entier : ils voyaient donc trois bras. Les expérimentateurs caressaient les deux « mains droites » de la même façon, de sorte que le cerveau était face à un conflit : « Quelle main droite est touchée ? » La solution passerait par l'acceptation du membre factice comme sien. Pour preuve, menacer avec un couteau la main en plastique ou la vraie entraîne une sudation identique.

SOLIDE PARADOXAL

Les cristaux de monohydrate de méthanol, mélange à parts égales d'eau (H₂O) et de méthanol (CH₃OH), sont singuliers : une équipe anglo-française a établi qu'en chauffant l'échantillon sous pression atmosphérique, il se dilate beaucoup dans une direction et se contracte dans les deux autres. Mais si on le chauffe en lui appliquant une pression, l'échantillon se dilate dans deux directions et se contracte dans la troisième. Des propriétés dues à son architecture moléculaire.

Astrophysique

Premières étoiles : naissance en groupes

Comment se sont formées les premières étoiles ? Ces astres, dits de population III, étaient sans doute très massifs. Des simulations réalisées par l'équipe de Paul Clark, de l'Université de Heidelberg, en Allemagne, suggèrent en outre que les premières étoiles naissent en groupes.

Dans l'Univers primordial, en l'absence d'éléments lourds (créés par les étoiles), l'énergie se dissipait moins bien dans les nuages de gaz en contraction. La masse minimale du cœur dense susceptible de donner une étoile pouvait ainsi atteindre 1000 masses solaires. Si chaque cœur engendrait une étoile, celle-ci pouvait atteindre 300 masses solaires.

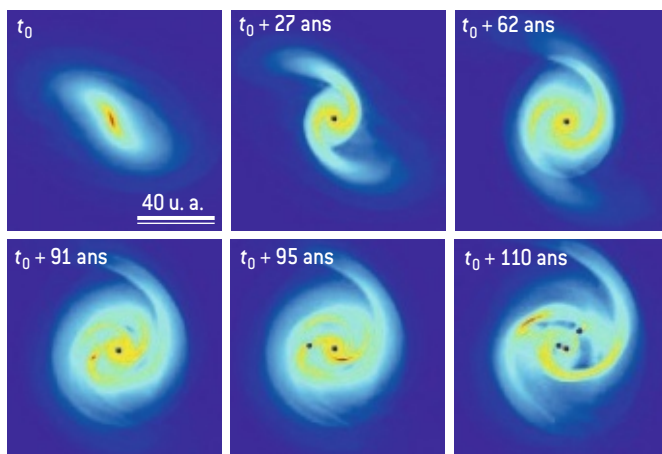
Les nouvelles simulations, d'une résolution inédite, ont per-

mis de suivre l'effondrement de ces cœurs jusqu'à la formation des premières protoétoiles.

Classiquement, un disque d'accrétion se forme ; la matière du nuage de gaz intègre d'abord le disque et, de là, tombe en spirale sur l'étoile. Mais les simulations montrent que dans le cas des premières protoétoiles, le cœur dense alimente le disque d'accrétion bien plus vite que le rythme auquel l'étoile accrete le gaz. Le disque grossit alors de façon excessive et devient gravitationnellement instable, au point de se fragmenter. Des protoétoiles se forment ainsi en cascade dans le disque d'accrétion, en se partageant la masse disponible.

→ Ph. R.-G.

P. C. Clark et al., *Science Express*, 3 février 2011



Star Formation Research Group, Université de Heidelberg

Sur cette simulation du disque d'accrétion qui entoure une protoétoile de première génération, on distingue des bras spiraux où la densité de gaz est élevée (densité croissante du bleu vers le rouge). Des effondrements gravitationnels successifs donnent naissance à trois autres protoétoiles (petits carrés noirs) en moins d'un siècle.

Mardi 26 avril 2011 à 18h30
au Palais de la Découverte
Avenue F.-D. Roosevelt • 75008 Paris

Raconte-moi un chercheur

Pour la Science, en partenariat avec le Palais de la Découverte, vous convie, chaque mois, à passer une heure avec un scientifique.

Comment est-il devenu chercheur ? Quelles sont les différentes facettes de son métier ? En quoi consiste son travail au quotidien ?

En vous faisant partager leur expérience et en rendant leur métier plus concret, ces chercheurs ont une ambition : vous communiquer leur passion pour la science !

Invitée

Laure Saint-Raymond

Laure Saint-Raymond, mathématicienne, est professeur à l'Université Pierre et Marie Curie et responsable de la Formation interuniversitaire de mathématiques fondamentales et appliquées (FIMFA) à l'École normale supérieure, à Paris. Elle consacre ses travaux à des problèmes mathématiques liés à la mécanique des fluides et à la physique des plasmas.

Palais de la Découverte **SCIENCE**

Des spécialistes du globe et des Andes ont noté d'énormes froids sur une planète qu'ils ont vue minée. Ils ont constaté l'absence de volutes volcaniques au niveau de l'abîme qui en perce la croûte tapée par des sortes de traits oblongs à l'endroit précis où les failles baissent et les côtes s'écroulent. Pour ce faire, les chercheurs ont simulé par des comptes précis, puis mesuré grâce à d'énormes radars les sections de ces « objets troueurs ».



En analysant l'écho usé de radars trouvés derrière d'antiques paillasses et qui captaient encore des bips émergeant de la croûte, des doctorants japonais ont déniché plusieurs gros impacts sur la croûte, qu'ils ont pu dater sur le tard, plus étendus que ceux mis en évidence par leurs directeurs de thèse qui se battaient : ils se sont avérés à moitié fêlés par la dilatation.

Ces jeunes Nippons ont ainsi mis en évidence d'encore plus considérables froids, prouvant une fois de plus qu'un jeune chercheur est bonifié par la thèse.

Maël Jortin

Maël Jortin a proposé ici 21 contrepéties – y compris le titre – et, le 1^{er} avril, vous trouverez quelques indices sur notre site.

www.pourlascience.fr



L'os étudié est le quatrième métatarsien, l'un des os longs du pied (ci-dessus en position dans un pied d'homme moderne).

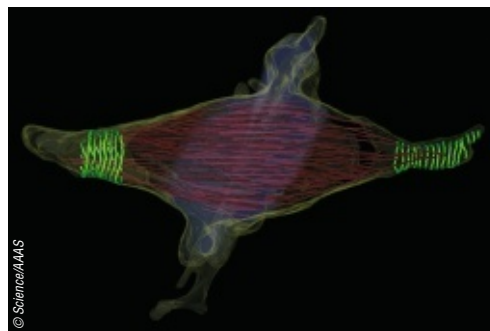
Biologie cellulaire

Comment les cellules coupent le cordon

Lors de la division d'une cellule, les constituants des deux futures cellules filles sont d'abord fabriqués, puis répartis de part et d'autre du cytoplasme, avant qu'une scission s'amorce et conduise à l'individualisation des deux cellules. L'une des dernières étapes est l'abscission, lorsque l'étroit tube qui relie encore les deux cellules filles se rompt. Les travaux de Julien Guizetti, de l'Institut polytechnique de Zurich, en Suisse, et ses collègues éclairent les mécanismes et les acteurs de ce phénomène.

Les chercheurs ont étudié des cellules humaines à l'aide de diverses techniques d'imagerie (microscopie à fluorescence, tomographie...). Ils ont constaté que le pont qui relie les deux cellules filles est rempli d'un faisceau de microtubules, des fibres protéiques qui participent au transport d'éléments à l'intérieur de la cellule. Les biologistes ont également identifié des filaments, protéiques eux aussi, de 17 nanomètres de diamètre, agencés en hélice.

Lors de l'abscission, ces fibres hélicoïdales s'installent aux deux extrémités du pont ; elles forment des collets qui se resserrent peu à peu, par un effet de constriction, à mesure que des microtubules sont éliminés par des enzymes. Enfin, l'une des cellules se détache, puis l'autre quelques minutes plus tard, laissant entre les deux un petit corps intermédiaire, qui s'évanouit rapidement, dégradé dans le milieu extracellulaire.



Reconstruction tridimensionnelle du pont cellulaire peu avant la séparation des deux cellules issues de la division d'une cellule mère : on distingue les microtubules (en rouge) et les deux collets de fibres hélicoïdales (en vert). La partie située entre ces derniers formera un corps intermédiaire voué à disparaître après la division cellulaire.

Les chercheurs ont en outre montré que des protéines nommées ESCRT-III sont nécessaires à l'assemblage des filaments hélicoïdaux. Ces protéines sont connues pour participer à la déformation des membranes lors de la production de vésicules (des endosomes).

→ L. M.

J. Guizetti et al., Science, prépublication en ligne, 2011

Paléontologie humaine

Lucy avait le pied arqué

Lucy, l'australopithèque femelle découverte en 1974 en Éthiopie, allait debout, mais pouvait-elle courir ? Jusqu'à présent, comme on n'avait pas retrouvé d'os fossiles du pied, on ne pouvait pas savoir si *Australopithecus afarensis*, hominidé qui a vécu entre 3,7 et 2,9 millions d'années, était, comme nous, capable de marcher ou de courir sur de grandes distances. L'analyse d'un os de pied d'australopithèque suggère aujourd'hui que les congénères de Lucy avaient un pied arqué comparable au nôtre, et donc adapté à la course.

Autour de Carol Ward, de l'Université du Missouri aux

États-Unis, une équipe vient d'étudier en détail le quatrième métatarsien (os situé entre le tarse et les phalanges du pied) d'un australopithèque particulièrement bien conservé qui, comme Lucy, a été trouvé récemment sur le site de Hadar en Éthiopie. Les chercheurs ont établi que les deux extrémités de cet os, vieux de 3,2 millions d'années, sont reliées par un arc osseux, dont la pente devient relativement grande vers l'orteil. Nombre des caractéristiques de ce métatarsien sont par ailleurs les mêmes que chez l'homme moderne.

Ces observations suggèrent que les australopithèques avaient

un pied arqué et suffisamment raide pour, d'une part, amortir les chocs et, d'autre part, emmagasiner de l'énergie dans la plante du pied lors de chaque poussée au sol.

Ainsi, la transition d'un mode de vie arboricole vers une station debout au sol, qui incluait la course et une exploitation de l'environnement à plus grande échelle, semble avoir été déjà accomplie il y a environ 3,7 millions d'années. Elle constitue l'une des grandes étapes de l'hominisation, la course étant nécessaire à la transformation des charognards-cueilleurs en chasseurs-cueilleurs.

→ François Savatier

Science, vol. 331, pp. 750-753, 2011

Biologie moléculaire

L'invasion du méningocoque

Dans 20 à 25 pour cent des cas, les méningites – des infections des méninges qui entourent le cerveau – sont dues à une bactérie spécifique à l'homme, le méningocoque. Or cette bactérie est présente dans la gorge de 10 à 30 pour cent des individus, mais sous forme non pathogène : elle ne passe pas dans le sang et n'atteint pas le cerveau. Dès lors, comment devient-elle dangereuse ? L'équipe INSERM970 de Guillaume Duménil, à l'Université Paris Descartes, l'a découvert.

Neisseria meningitidis, le méningocoque, porte des excroissances, nommées pili, qui lui permettent d'adhérer aux parois de la gorge,

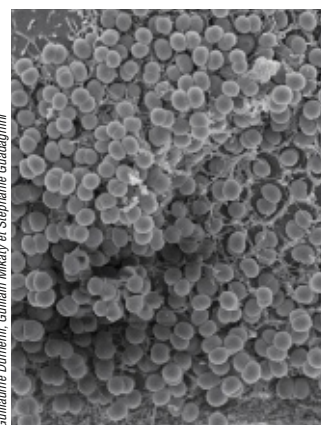
de se multiplier, puis de former des agrégats. Quand ces agrégats se fragmentent, des méningocoques s'échappent et pénètrent dans les capillaires des parois de la gorge. Pourquoi les agrégats de bactéries se défont-ils ? Une protéine, la piline, est le principal constituant des pili. Or elle peut fixer différents groupes chimiques : des phosphocholines, des phosphoéthanolamines et des phosphoglycérols. En étudiant la composition chimique de la piline par spectroscopie de masse selon le stade de développement des méningocoques, les biologistes français ont montré que la présence de phosphoglycérols déclenche la dissé-

mination de la bactérie : quand ces groupes chimiques se fixent à la piline, ses propriétés changent, et la bactérie perd alors la capacité de former des agrégats dans la gorge et se répand.

En outre, G. Duménil et ses collègues ont identifié le gène de la bactérie, *pptB*, qui commande l'ajout des phosphoglycérols sur la piline. Une surexpression de ce gène, lorsque les bactéries adhèrent aux cellules de la gorge, provoque leur dissémination. Reste à savoir pourquoi ce gène ne s'emballe que dans certains cas.

→ **Bénédicte Salthun-Lassalle**

Julia Chamot-Rooke et al., *Science*, vol. 331, pp. 778-782, 11 février 2011



Guillaume Duménil, Guilaïn Mikaty et Stéphanie Guadagnini

Des centaines de méningocoques, vus en microscopie électronique, forment ici un agrégat qui adhère à la paroi de la gorge.



www.pourlascience.fr

**Restez en contact
avec l'actualité scientifique.**

Retrouvez *Pour la Science* partout sur le web :

-  Rejoignez-nous sur Facebook
<http://bit.ly/pls-facebook>
-  Suivez-nous sur Twitter
<http://twitter.com/PourlaScience>
-  Abonnez-vous à nos flux RSS
<http://bit.ly/pls-rss>
-  Recevez nos lettres d'information
<http://bit.ly/pls-newsletters>
-  Visitez notre site Internet
<http://www.pourlascience.fr>

Botanique

La graine qui était un clone

La plupart des plantes à graines se reproduisent par fécondation sexuée : un gamète mâle, portant la moitié des chromosomes du plant mâle, féconde un gamète femelle renfermant aussi la moitié des chromosomes du plant femelle. La graine qui en résulte porte donc un mélange des caractères des deux plants parents. Mais Raphaël Mercier, de l'INRA à Versailles, et ses collègues français, indiens et américains ont réussi à produire des graines-clones portant l'intégralité des chromosomes d'un seul des plants parents.

Pour ce faire, les chercheurs ont croisé deux types de mutants de la plante modèle des généticiens, l'arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*). L'un de ces mutants produit des gamètes clonaux renfermant tous les chromosomes du plant mère. L'autre mutant fabrique des gamètes capables d'éliminer leurs propres chromosomes après fécondation. Quand on croise ces deux mutants, 34 pour cent des graines obtenues ne portent que les chromosomes du premier mutant. Les plantes filles sont donc identiques à la plante mère dont on veut propager les caractères.

→ B. S.-L.

M. P. A. Marimuthu et al., *Science*, vol. 331, p. 876, 18 février 2011

Plants d'arabettes des dames.

Raphaël Mercier

Psychologie

Peut-on calculer sans mots ?

Cette question est soulevée par les Mundurucus, peuple d'Amazonie qui ne compte pas au-delà de cinq. Pour y répondre, des psychologues de Chicago et de Harvard, aux États-Unis, ont étudié le rapport au nombre de Nicaraguayens sourds qui vivent dans une culture utilisant la numération, notamment dans les échanges monétaires, mais qui pratiquent un code gestuel rudimentaire propre à eux. Ces individus reconnaissent la valeur relative des billets de banque, mais ils ne savent pas représenter les nombres supérieurs à trois, ni rassembler un nombre donné d'objets (plus de trois), quand on le leur demande.

Ces travaux montrent qu'il ne suffit pas d'être en contact avec un système d'échange monétaire pour développer une représentation des nombres, suite croissante d'éléments ; le langage jouerait un rôle déterminant dans l'adoption ou non de cette représentation.

Pour Pierre Pica, linguiste au CNRS, ce résultat soulève surtout une autre question : pourquoi ces individus – et les Mundurucus – n'intègrent-ils pas la numération dans leur gestuelle, alors qu'ils auraient la capacité de le faire (certains de leurs compatriotes sourds le font) ?

→ Marie-Neige Cordonnier

E. Spaepen et al., *PNAS*, vol. 108, n° 8, pp. 3163-3168, 2011

Chimie

L'argile, berceau de la vie ?

Comment les premières cellules sont-elles apparues dans la nature ? Des physiciens de Harvard, Brandeis et Princeton, aux États-Unis, ont peut-être trouvé un élément de réponse. Ils ont mis au point des conditions physico-chimiques simples dans lesquelles des molécules de montmorillonite, une argile qui s'organise en feuillets, s'agencent pour former des vésicules micrométriques robustes et semi-perméables. Ces vésicules ont pu servir de niche protectrice aux premières réactions chimiques qui ont donné les molécules de la vie.

Les chercheurs ont utilisé des conditions simples qui pourraient se produire dans la nature : ils ont écrasé une goutte d'une suspension de feuillets de montmorillonite dans de l'eau qu'ils ont placée entre deux lamelles. Ils ont ensuite fait glisser les lamelles l'une sur l'autre. Sous l'effet de ce mouvement, les feuillets d'argile s'assemblent autour des bulles d'air piégées dans le liquide lors de la manipulation. Lorsqu'on remplace l'eau par de l'éthanol ou du méthanol, qui mouillent mieux l'argile que l'eau, le liquide s'infiltre dans la coquille de montmorillonite ainsi formée. L'air s'y dissout, laissant une vésicule d'argile résistante et stable remplie de liquide.

Quand les chercheurs ont ajouté à la préparation des acides gras, ils ont constaté qu'ils pénétraient dans les vésicules et s'y

assemblent en compartiments – des liposomes –, qui y restent confinés. La formation spontanée de liposomes dans ces vésicules suggère que des compartiments similaires ont pu se constituer au sein de telles vésicules dans la nature. Or une cellule n'est autre qu'un liposome dont la membrane est parsemée de protéines et qui contient toute la machinerie biologique nécessaire à sa survie. Les premiers ancêtres des cellules étaient probablement des liposomes, qui se seraient peu à peu enrichis de diverses molécules.

Encore fallait-il pour cela un environnement assez stable pour permettre ces interactions. Des vésicules d'argile pourraient avoir offert ce cadre, d'autant que la montmorillonite est connue pour son rôle catalyseur dans la formation de biostructures, telles que les membranes constituées de lipides, ou les brins d'ARN formés de nucléotides – les « briques » de l'ADN et de l'ARN.

Pour tester leur scénario, les physiciens étudient la formation d'autres types de liposomes dans leurs vésicules d'argile. Quant à trouver de telles structures dans la nature, autant chercher une aiguille dans une botte de foin. Qui sait ? Les carrières de montmorillonite de Montmorillon, dans la Vienne, qui ont donné leur nom à l'argile, recèlent peut-être le secret de la vie.

→ M.-N. C.

A. Subramaniam et al., *Soft Matter*, doi: 10.1039/c0sm01354d, 2011

Des liposomes se sont formés dans une vésicule de montmorillonite. Trop gros pour ressortir, ils restent piégés dans la vésicule où ils s'organisent.

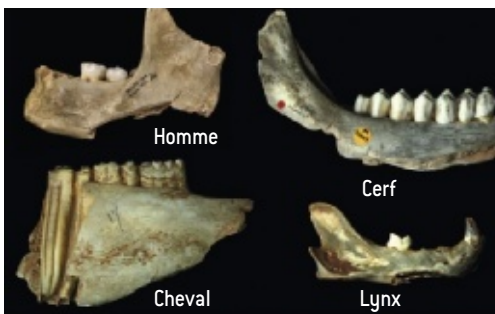
En vidéo sur www.pourlascience.fr

A. Subramaniam, Harvard School of Engineering and Applied Sciences

Paléanthropologie

Le cannibalisme nutritionnel de Gough's Cave

La découverte de trois crânes façonnés pour en faire des coupes à boire révèle, d'une part, la maîtrise de leurs artisans, et, d'autre part, des pratiques cannibales.



Trois crânes humains transformés en coupes à boire (en haut, l'un d'eux) et datant de quelque 15 000 ans ont été découverts en Grande-Bretagne. La façon dont les os des mâchoires ont été travaillés (en bas) indique que les techniques de dépeçage des animaux ont été appliquées à l'homme.

Ils scient le crâne au-dessous des sourcils, et le nettoient. Les pauvres se contentent de le revêtir par dehors d'un morceau de cuir de bœuf, sans apprêt; les riches non seulement le couvrent d'un morceau de peau de bœuf, mais ils le dorent aussi en dedans, et s'en servent, tant les pauvres que les riches, comme d'une coupe à boire.

Hérodote, *Histoire*, Livre 4, LXV

C'était une coutume chez les Gaulois, mais aussi les Scythes, les Mongols, les anciens Polynésiens, les Amérindiens, les Chinois et les Indiens de l'Antiquité... L'art de transformer les têtes des ennemis en coupes à boire a été pratiqué partout. Une équipe de l'Institut d'archéologie de Londres vient de révéler comment les invités d'un repas cannibale le pratiquaient déjà il y a 15 000 ans en Angleterre.

Les chercheurs ont étudié sous toutes les sutures des ossements humains retrouvés mêlés à ceux d'animaux dans la grotte de Gough (*Gough's Cave*) dans le Somerset. Découverts entre 1929 et 1987, ces os comprennent notamment ceux d'un enfant de trois ans, de deux adolescents et de deux jeunes adultes. Ils datent d'environ 14 700 ans, comme l'a révélé le carbone 14, c'est-à-dire du tout début de la reconquête, par des hommes modernes de culture magdalénienne (il y a 17 000 à 10 000 ans), de la péninsule Européenne que formaient alors les futures îles britanniques.

En ces temps de déglaciation rapide, un groupe de chasseurs avait manifeste-

ment installé sa boucherie à l'abri des frimas dans la grotte de Gough. La paléontologue Silvia Bello a constaté qu'ils y dépeçaient les carcasses humaines avec les mêmes outils en silex et la même dextérité que les carcasses animales. La méticulosité avec laquelle, par exemple, ils brisaient le bas de la mandibule pour en sucer la moelle, atteste de l'importance de tout exploiter. Le traitement des crânes illustre aussi cette habileté : après avoir découpé la langue et les muscles hyoïdiens et enlevé la mandibule, les chasseurs détachaient la face ; ensuite, après le scalp de la tête, ils éliminaient le cerveau (pour le consommer ?) et égalisaient les bords du crâne sur une enclume à l'aide d'un outil. Trois coupes à boire ainsi obtenues ont été retrouvées à Gough.

D'autres coupes similaires avaient déjà été découvertes dans les grottes magdaléniennes d'Isturitz dans le Pays basque et du Placard en Charente. C'est cependant la première fois que de tels objets sont trouvés dans un contexte clairement cannibale. D'après Bruno Boulestin, du Laboratoire d'anthropologie des populations passées et présentes de l'Université de Bordeaux 1, ces coupes ont pu représenter une sorte de trophée pris à l'ennemi, comme ce fut le cas plus tard chez les Scythes ou les Gaulois. Ainsi, nos ancêtres chassaient l'homme, et le consommaient, car ils lui prêtaient une valeur nutritive. Et symbolique aussi sans doute.

→ F.S.

S. Bello et al., *PLoS One*, vol. 6(2), 2011

DERNIÈRE minute ...

SOUS LES CALOTTES ANTARCTIQUES

Intrigués par les curieuses images radar de la calotte glaciaire de l'Est de l'Antarctique, des glaciologues de l'Université Columbia viennent de montrer qu'elle croît par le bas. Sous l'effet de l'énorme pression qui règne à sa base et de la chaleur produite par son frottement sur le socle rocheux, la glace fond, ce qui produit de l'eau et lubrifie son déplacement. Toutefois, cette eau s'accumule quand elle rencontre un obs-

tacle, et est susceptible de regeler, ce qui déforme la calotte. Environ 24 pour cent de l'énorme masse que l'on nomme le Dôme A résulteraient de ce mécanisme.

PLASTIQUE ÉLECTROPERFORÉ

Les gaines plastiques qui enrobent les fils électriques peuvent s'abîmer avec le courant. Trois physiciens de l'Université Duke ont étudié l'instabilité responsable du phénomène. Lorsque le

champ électrique atteint une certaine intensité, qui dépend du matériau, une multitude de petits plis naissent sur une feuille de plastique initialement plane et collée à un support. Quand le champ augmente encore, la taille des plis et leur densité augmentent, puis des trous se forment.



Retrouvez plus d'actualités
et toutes les références sur
www.pourlascience.fr

■ POUR LA SCIENCE

VOTRE ABONNEMENT 100 % NUMÉRIQUE

1 an au prix de 48 €

soit **4 € seulement par numéro** au lieu de 5,20 €

Pour consulter et télécharger
en toute liberté sur www.pourlascience.fr
les 12 prochains numéros
dès leur parution.



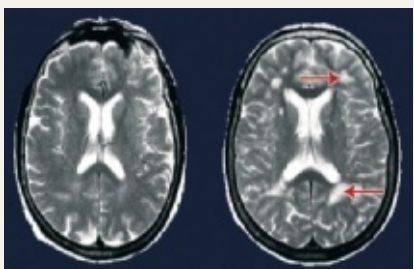
Oui, je m'abonne
à *Pour la Science* 100 % numérique
1 an (12 numéros) pour 48 €

Je préfère découvrir toutes
les offres d'abonnement disponibles
en cliquant ici.

Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ MIGRAINES SANS SÉQUELLE

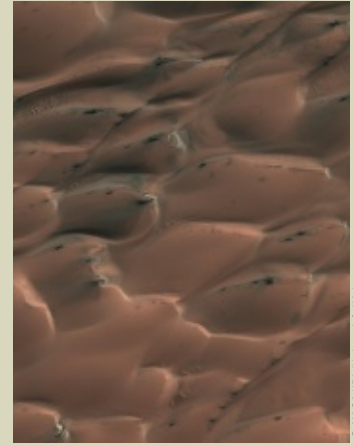
Les migraines sont des maux de tête douloureux présentant plusieurs caractéristiques – une évolution par crises durant quelques heures le plus souvent, une douleur intense accompagnée de nausées et une sensibilité à la lumière et au bruit. Ces phases n'existent pas chez tous les migraineux et les causes et les mécanismes de la migraine restent encore inconnus (voir *Le cerveau migraineux*, *Pour la Science*, décembre 2008, <http://bit.ly/plsoer374>). Toutefois, Tobias Kurth, de l'Unité Inserm Neuroépidémiologie, et ses collègues annoncent que les migraines, ainsi que les maux de tête importants et à répétition, n'augmentent pas le risque de déclin cognitif. En effet, on sait que le cerveau des migraineux présente davantage de lésions des microvaisseaux cérébraux (mais on ignore pourquoi) ; or ces lésions seraient associées à une détérioration cognitive, à un risque plus important de maladie d'Alzheimer ou d'accident vasculaire cérébral. Les chercheurs ont étudié pendant dix ans plus de 800 personnes âgées de plus de 65 ans, en réalisant des tests de cognition et des IRM cérébrales. Vingt et un pour cent des participants souffraient de céphalées importantes (pour 70 pour cent d'entre eux, il s'agissait de migraines), mais les résultats des tests cognitifs étaient identiques avec ou sans les maux de tête (*British Medical Journal*, janvier 2011). Si les migraineux avaient en effet deux fois plus de risque de souffrir de lésions cérébrales, leur mémoire et leur capacité d'apprentissage n'étaient pas davantage altérées.



En imagerie par résonance magnétique, différentes lésions sont visibles (flèches) dans le cerveau d'une personne souffrant régulièrement de céphalées (à droite), comparé à une personne n'en ayant jamais (à gauche).

→ LES DUNES DE MARS

Les dunes de Mars se seraient développées au début de l'histoire de la planète (il y a 3,5 milliards d'années). Leur sable est d'origine volcanique et elles sont immobilisées par le givre une bonne partie de l'année, surtout aux pôles. À cause notamment de l'inefficacité des vents martiens, les dunes de Mars évoluent aujourd'hui très lentement dans un climat glacial et aride, au point que certains scientifiques pensent qu'elles sont figées depuis leur apparition (voir *Mars, des dunes insolites*, *Pour la Science*, décembre 2008, http://bit.ly/plsoer374_2). Candice Hansen, de l'Institut des sciences planétaires à Tucson aux États-Unis, et ses collègues ont analysé pendant deux ans les nouvelles images de la sonde spatiale *Mars Reconnaissance Orbiter*. Ils ont montré qu'un phénomène absent sur Terre participe au remodelage, à la diversité et à la particularité des formes observées des dunes : elles subissent une remobilisation saisonnière du sable à leur surface (*Science*, février 2011). En effet, au cours de l'hiver martien, les dunes sont couvertes d'une couche de dioxyde de carbone gelé. Au printemps, ce dioxyde de carbone se sublime, favorisant alors l'érosion des dunes et les avalanches de sable.



Les dunes de Mars sont recouvertes d'une couche gelée de dioxyde de carbone ; quand ce dernier se sublime au printemps, il favorise les avalanches de sable.

→ LE CYCLE DU MERCURE DÉPEND DE LA BANQUISE... ET DU CLIMAT

Le mercure est un élément toxique, volatil et peu soluble, de sorte que des vapeurs de mercure stagnent dans l'atmosphère et diffusent tout autour du globe. Les émissions anthropiques de mercure (issues de la combustion de matières fossiles) ont dépassé les émissions naturelles (provenant des océans et du dégazage des volcans) et atteignent les régions polaires sous l'effet des courants atmosphériques. Le mercure s'oxyde alors et se dépose dans la neige et la glace, d'où il est libéré à la fonte des glaces sous forme d'une substance toxique, le méthylmercure, qui s'accumule dans les organismes vivants le long de la chaîne alimentaire (voir *Du mercure aux pôles*, *Pour la Science*, août 2004, <http://bit.ly/plsoer322>).

Depuis une vingtaine d'années, les programmes de surveillance des concentra-

tions en mercure et méthylmercure dans les régions arctiques montrent des variations géographiques et temporelles complexes. Une collaboration franco-américaine a montré que le climat influe sur le cycle du mercure (*Nature Geoscience*, février 2011). Les scientifiques ont étudié les œufs de guillemots (des oiseaux marins) récupérés dans différentes régions arctiques. Ces oiseaux se trouvent en haut de la chaîne alimentaire et représentent de bonnes espèces sentinelles pour étudier la pollution au mercure dans les écosystèmes marins ; la quantité de mercure dans leurs œufs reflète celle du métal sur le site du prélèvement à un instant donné. Les scientifiques ont montré que ces variations sont dues à la présence ou à l'absence de banquise près du lieu de ponte : la banquise empêche la dégradation du méthylmercure par le Soleil et limite les échanges de mercure entre l'océan Arctique et l'atmosphère. Ainsi, la fonte de la banquise accentue la libération du polluant dans l'atmosphère.

→ Bénédicte Salthun-Lassalle