

La preuve par

5

Ritme, distributeur de logiciels scientifiques, fait peau neuve et vous présente sa nouvelle approche avec un positionnement fort sur le service client.

Être leader implique une véritable dimension de service et de conseil que Ritme a déployée depuis de nombreuses années avec pour vocation de faciliter votre métier.

Faciliter l'accès à une offre logiciel

1

toujours plus riche, par une sélection exhaustive et un sourcing de professionnel.

Faciliter notre relation en étant réactifs et disponibles. Le site web et notre équipe sont là pour vous.

5

2

Faciliter le choix de la solution la plus appropriée à vos besoins.

Faciliter le retour sur investissement par un accompagnement et une traçabilité de vos acquisitions.

4

3

Faciliter la prise en main et l'utilisation de vos logiciels pour en tirer tous les bénéfices.

Cette approche innovante du service alliée à une expertise de distributeur spécialisé confère à Ritme une dimension incontournable dans de nombreux secteurs d'activité.



Découvrez dès maintenant notre nouveau site internet

www.ritme.com

RITME

NOTRE MÉTIER : FACILITER LE VÔTRE

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 Mashaa

Rédacteurs : François Savatier, Marie-Neige Cordonnier,
Philippe Ribeau-Gésippe, Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossiers Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice : Bénédicte Salthun-Lassalle

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Annie Tacquenot,
Sylvie Sobelman, Pauline Bilbault, Raphaël Quérue, Ingrid Leroy

Site Internet : Philippe Ribeau-Gésippe assisté de Yoan Bassinet

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 : Stéphane Basa,
Sophie Gallé-Soas, François Gendron, Nicolas Gilbert,
Éveline Host-Platret, Bénédicte Ménéz, Christophe Pichon,
Pascal Richet, Daniel Tacquenot, Manuel Théry.

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin
(jf.guillotin@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 livres ou de magazines :

0805 655 255 (numéro vert)

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À juste titres ; Benjamin Boutonnet

Tel. : 04 88 15 12 41

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

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 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

Mouvements cachés

Si ton œil était plus aigu, tu verrais tout en mouvement.

Friedrich Nietzsche

Notre cerveau reconstruit le monde en volume à partir d'images à deux dimensions projetées sur la rétine. De surcroît, ces images ne disparaissent pas instantanément, de sorte que la persistance rétinienne nous permet de voir ce monde en mouvement. Durant la seconde moitié du XIX^e siècle, plusieurs inventeurs ont compris que des images se succédant à un rythme rapide restituent un mouvement continu, et ont imaginé divers dispositifs précurseurs du cinéma.

La naissance du septième art, ou du moins celle des images animées, est-elle si récente ? Des spécialistes de l'art pariétal en découvrent les prémices dans les peintures des grottes ornées du Paléolithique. Les mouvements de certains animaux, notamment de leurs pattes, sont décomposés comme le seraient ceux destinés à un dessin animé. Et l'on imagine qu'à la lueur tremblante de leurs torches, les artistes des grottes croyaient voir les bisons et autres lions charger (voir *L'origine préhistorique du cinéma*, page 26).

Et ce n'est pas du cinéma !

L'œil aigu des historiens voit du mouvement dans des peintures figées. Celui des biologistes le découvre dans le génome des cellules, où se déplacent des séquences d'ADN. Ces éléments mobiles – les rétrotransposons – influeraient sur le fonctionnement des cellules, notamment dans le cerveau. Cela expliquerait en partie pourquoi deux vrais jumeaux, ayant le même patrimoine génétique au moment de leur conception, ne sont jamais identiques (voir *Des gènes sauteurs dans le cerveau*, page 70).

Mouvements cachés aussi, ceux des substances « cicatrisantes » présentes dans les matériaux qui se réparent spontanément. Quand on se blesse, des cellules circulant dans le sang et des facteurs de coagulation sont attirés à l'endroit de la coupure ; les mécanismes de la cicatrisation sont activés. De même, des physiciens ont imaginé des matériaux autotricatrisants. Ces derniers sont pourvus de « capillaires » contenant des réactifs qui se répandent à l'endroit de la « lésion » et la réparent (voir *Les matériaux autotricatrisants*, page 48). Tout est mouvement... et ce n'est pas du cinéma !

1 ÉDITO

4 BLOC-NOTES

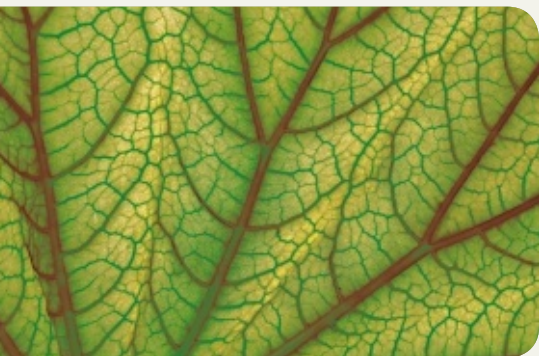
Didier Nordon

Actualités

6 Comment une cellule se contracte

9 Une anomalie quantique de l'eau expliquée

10 Des formules pour les nervures des feuilles



11 Cristaux et pics volcaniques ... et bien d'autres sujets.

12 ON EN REPARLE

Opinions

14 POINT DE VUE

Une agence de la recherche à transformer

Michèle Leduc et Élisabeth Giacobino

15 DÉVELOPPEMENT DURABLE

Pêcher varié pour pêcher durable

Marie-Joëlle Rochet

18 VRAI OU FAUX

Y a-t-il des « peaux à moustiques » ?

Guillaume Jacquemont

19 COURRIER DES LECTEURS

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement brochés sur la totalité du tirage, une offre d'abonnement *Pour la Science* p. 17 et une sélection de livres *Pour la Science/Belin* en p. 76.
En couverture : © Ron Miller

À LA UNE

20 ASTROPHYSIQUE
Super-supernovae

Avishay Gal-Yam

Certaines étoiles extrêmement massives finissent leur vie dans des explosions parmi les plus puissantes de l'Univers, déclenchées en partie par la production d'antimatière dans leur cœur.

26 PRÉHISTOIRE
L'origine préhistorique du cinéma

Marc Azéma

Parce qu'ils représentaient des êtres animés – des animaux –, les artistes de la Préhistoire ont inventé, plus de 35 000 ans avant l'animation cinématographique, les techniques graphiques qui nous sont toujours familières.



DOSSIER IMMUNOLOGIE

Guérir du sida ?

Pour venir à bout du virus, deux stratégies sont explorées : renforcer le système immunitaire, ou éliminer les réservoirs du virus.

35 Repousser les attaques du VIH

Carl June et Bruce Levine

42 Éradiquer le VIH : quels obstacles ?

Ch. Rouzioux, A. Chéret et V. Avettand-Fénoël

48 **SCIENCE DES MATÉRIAUX** **Les matériaux autocicatrisants**

Scott White et al.

Depuis une dizaine d'années, scientifiques et ingénieurs mettent au point des matériaux capables de se réparer spontanément en cas de dégât. Plusieurs voies existent pour y parvenir.

56 **PHYSIOLOGIE** **Les limites de l'apnée**

Michael Parkes

On ne peut retenir longtemps sa respiration. Un mécanisme physiologique oblige à respirer à nouveau, bien avant que le manque d'oxygène ne menace le fonctionnement du cerveau.



62 **MÉTÉOROLOGIE** **Tornades : des alertes plus précoces**

Jane Lubchenco et Jack Hayes

Grâce à de nouveaux radars et satellites, il sera possible de mieux anticiper la formation des tornades et ainsi d'épargner de nombreuses vies.



70 **NEUROSCIENCES** **Des gènes sauteurs dans le cerveau**

Fred Gage et Alysson Muotri

Comment des vrais jumeaux, élevés de la même façon, peuvent-ils avoir des personnalités différentes ? Des fragments d'ADN qui se déplacent dans le génome des neurones l'expliqueraient en partie.

Regards

78 **HISTOIRE DES SCIENCES** **Poincaré et la rotation de la Terre**

Jean-Marc Ginoux et Christian Gerini

À l'aube du XX^e siècle, Henri Poincaré se trouva malgré lui au cœur d'une polémique sur la rotation de la Terre. La presse s'empara de l'affaire...

82 **LOGIQUE & CALCUL** **L'accrochage des tableaux**

Jean-Paul Delahaye

Comment accrocher un tableau avec n clous et une ficelle, de façon à ce qu'en enlevant n'importe lequel des clous, le tableau soit libéré et glisse vers le sol ?

88 **ART & SCIENCE** **Van Gogh et les tournesols mutants**

Loïc Mangin

90 **IDÉES DE PHYSIQUE** **Plus vite que le vent**

*Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik*

93 **SCIENCE & GASTRONOMIE** **Pas de cru sans précaution**

Hervé This

94 **À LIRE**

Rendez-vous sur

**POUR LA
SCIENCE .fr**

Le site de référence
de l'actualité scientifique internationale

■ Toutes les sciences en un clic

- Des actualités quotidiennes
- Des articles en libre accès
- Votre magazine numérique en ligne*
- Plus de 8 ans d'archives*

■ Des services exclusifs

- Les réactions aux articles**
- Des offres d'emploi scientifiques
- Des newsletters**
- Un espace abonnement

* Service payant. Si vous êtes abonné(e), les numéros compris dans votre abonnement sont offerts.
** En créant votre compte.

→ JOLIE CHUTE !

Lucien Leuwen, participant à un défilé militaire, passe sous les fenêtres d'une jolie femme dont il a capté le regard. À ce moment précis, il tombe de cheval. S'ensuit un éclat de rire que Stendhal qualifie de « général et bruyant ».

Un homme court dans la rue, trébuche et s'étale de tout son long. Bergson trouve cela si amusant qu'il écrit un volume entier consacré au rire.

De Charlot à Hergé, l'art et la manière de se casser la figure ou de laisser échapper un objet qui ne devait surtout pas être brutalisé fournissent une quantité inépuisable de gags.

De toutes les lois de la physique, la gravitation universelle est, de beaucoup, celle qui provoque le plus grand nombre de situations drôles. De tous les physiciens, Newton est, de beaucoup, celui qui est allé le plus loin dans l'analyse des sources du comique.



→ QUESTION DE GÉNÉRATION

Croisant trois hommes, un vieux, un d'âge moyen et un jeune, il arrive qu'on dise : « Ça doit être le grand-père, le père et le fils. » Cette manière de s'exprimer est incohérente. Désigner le vieux comme le grand-père et l'homme d'âge moyen comme le père, c'est prendre le jeune comme référence. En bonne logique, alors, désigner le jeune comme le fils signifie qu'il est le fils du jeune !

Les formulations cohérentes ne manqueraient pourtant pas. On peut partir de l'homme d'âge moyen, et dire : « Ça doit être un homme, son père et son fils. » On peut partir du jeune : « Ça doit être un homme, son père et son grand-père. » On peut partir du vieux : « Ça doit être un homme, son fils et son petit-fils » ou, de façon plaisante : « Ça doit être un homme, son fils et son fils » [comprendre : un homme, son fils et le fils du fils].

Seulement, il est plat de déclarer qu'un des hommes qu'on a croisés est un homme. Nous préférons l'incohérence à la platitude. Les lois du style nous importent plus que celles de la logique.

→ QUE DE QUANQUANS !

Les équations de la mécanique quantique ont les qualités adéquates pour quantifier des quantités qu'on peut qualifier de quasi imperceptibles.

Cette phrase ne figure pas ici pour son modeste apport à la physique, mais en tant qu'exemple des incohérences du français. Dans certains mots, le groupe « qua » se prononce « ka » ; dans d'autres, il se prononce « koua » ; dans d'autres encore, l'usage varie selon les locuteurs. De même, le groupe « quan » oscille entre « kan » et « kouan ».

Le phénomène semble ne s'expliquer ni par une règle phonétique ni par l'étymologie. « Équateur » et « équarrir » n'induisent pas la même prononciation, quoique ces mots proviennent du latin et soient de sonorités proches. De même, « quatuor » et « quatrain ».

Les sciences font grand usage de mots contenant « qua » : quadrature, quartique, quadrique, quadratique, quadrilatère, quadrant, squale, quasar, quaternaire, quasi-cristal, quantum, quantificateur, quaternion... La langue française se montrant incapable de décider, il serait bon qu'une commission scientifique internationale tranche, et dise une fois pour toutes comment prononcer.

→ UN PAPILLON SUR LE NEZ

« À cause du clou, le fer est parti. À cause du fer, le cheval a trébuché. À cause du cheval, le général a chuté. À cause du général, la bataille a été perdue. À cause de la bataille, l'empire est tombé. » L'ancienneté de cette histoire prouve-t-elle que l'effet papillon est repéré depuis longtemps ? Non, répondent certains observateurs subtils : l'effet papillon doit être inséré dans le cadre de la récente théorie du chaos, au sein de laquelle il prend un sens inconcevable avant ; il symbolise l'imprédictibilité intrinsèque de toute chose, de l'échelle quantique à l'échelle astronomique ; sa portée est sans commune mesure avec celle du dicton « Petite cause, grands effets » qu'illustre le clou faisant tomber un empire.

Ces observateurs subtils ont la même réaction à propos du principe de précaution. Au lieu d'y voir la simple actualisation du *primum non nocere* médical ou du parapluie ouvert par les bureaucrates pour se couvrir, ils établissent des distinguos entre prudence, prévention et précaution, et replacent la notion de précaution dans la



solennelle problématique de l'éthique. Ils voient le principe de précaution comme la réponse à une question nouvelle : comment agir dans un monde où les concepts de vérité et de certitude scientifiques sont la proie de difficultés sans précédent ?

Méfions-nous de la subtilité. Elle sait dire à chacun ce qu'il a envie d'entendre. Beaucoup, enthousiasmés à l'idée que notre époque apporte du jamais vu, élaborent des arguments prouvant que cette idée est vraie. Les termes neufs ne véhiculent

pas tous des conceptions neuves. À en croire Pascal, la longueur du nez de Cléopâtre eut quelque effet sur la face du monde. Les battements des ailes de papillons n'en ont pas plus...

→ FINS STRATÈGES

Quelque affaire est en cours, dans laquelle vous n'êtes *a priori* pas impliqué. Néanmoins, vous avez une opinion quant à l'issue souhaitable de cette affaire. Devez-vous intervenir ?

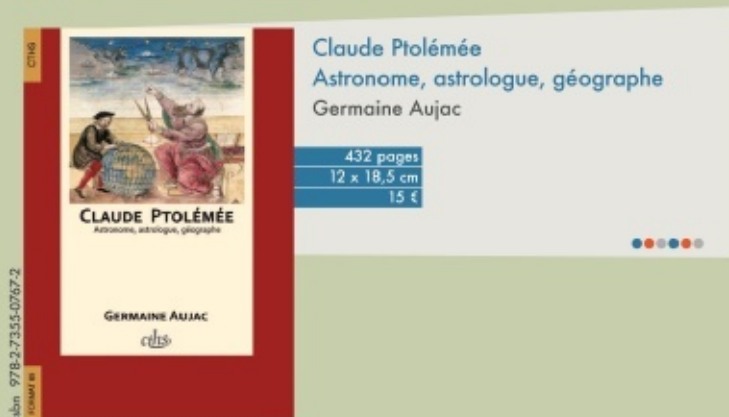
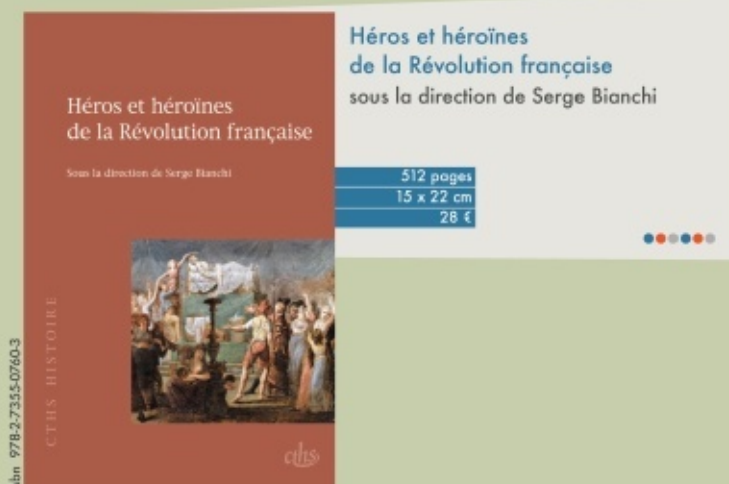
Peut-être, peut-être pas. Lorsque vous cherchez à influencer des gens, vous ne savez pas si ceux qui se laisseront convaincre seront plus ou moins nombreux que ceux qui se rebifferont – soit par esprit de contradiction, soit pour (se) prouver qu'ils sont libres, soit que, interprétant vos arguments de toute autre façon que vous, ils les retournent contre vous. Personne ne peut anticiper à coup sûr les suites d'une intervention dans le fouillis des interactions. On voit, par exemple, des personnalités visées par des campagnes de diabolisation renverser ces dernières en leur faveur. Bref, puisque vous n'êtes pas devin, le modèle *a priori* le moins biaisé est l'équiprobabilité : votre intervention a une chance sur trois d'avoir l'effet escompté, une sur trois d'avoir un effet contraire, une sur trois de se perdre dans les sables.

Aucune loi générale n'étant là pour guider, c'est votre caractère qui décidera. Certains ne peuvent s'empêcher d'intervenir en permanence. D'autres laissent tout faire sans réagir. Et tous ont également raison. Donc tous ont également tort. ■



Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

la plus importante collection d'instruments de travail pour la recherche en sciences humaines

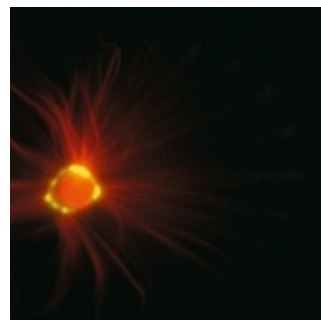
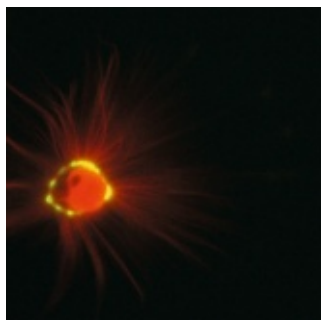
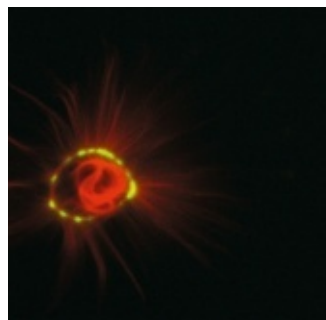
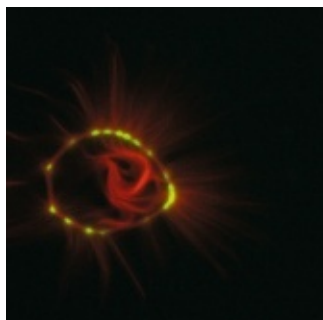
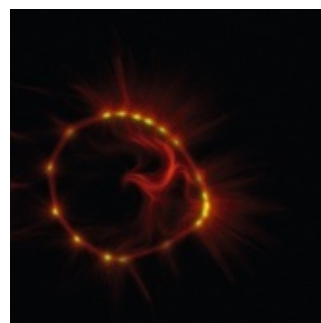
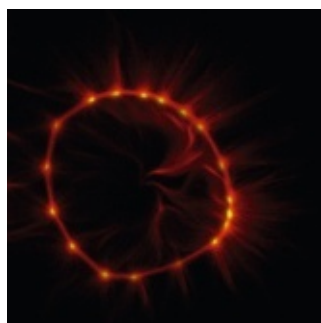
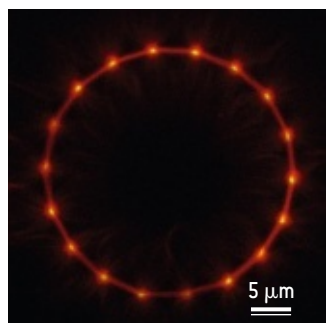


Biophysique

Comment une cellule se contracte

Une équipe franco-américaine a caractérisé l'architecture et la dynamique des réseaux de filaments d'actine qui, en interaction avec d'autres protéines, contractent la cellule.

Cet anneau est formé de deux types de réseaux de filaments d'actine : des réseaux à filaments entrecroisés (*points rouges*), reliés par des réseaux de filaments antiparallèles. En présence de myosine (*en jaune*), l'anneau se contracte (en 12 minutes) : les filaments se déplacent les uns par rapport aux autres, puis se désassemblent, les deux types de réseaux se déformant à des vitesses différentes.



Anne-Cécile Reymann

L'actine et la myosine sont des protéines essentielles à la contraction, des muscles notamment, mais on ignore comment elles fonctionnent réellement. Anne-Cécile Reymann et ses collègues, de l'Institut de recherche en technologies et sciences pour le vivant (CNRS/UJF/INRA/CEA), à Grenoble, et de l'Université Yale, viennent cependant de franchir un pas important vers la compréhension des mécanismes en jeu. Cette équipe a montré que l'architecture du réseau d'actine contrôle l'activité des myosines et a modélisé les forces de contraction mises en jeu.

Qu'est-ce qui fait qu'une cellule se contracte dans telle direction et pas dans une autre ? Le squelette protéique – ou cytosquelette – des cellules engendre des forces et des contraintes qui permettent aux cellules de changer de forme et par conséquent de se déplacer ou de se diviser. Ce cyto-

squelette est constitué de plusieurs fibres, les plus abondantes étant les filaments d'actine, des assemblages de plusieurs molécules d'actine.

Les filaments d'actine s'organisent en réseaux qui sont dynamiques et changent de forme selon les contraintes internes et externes, notamment grâce à des protéines agissant comme des « moteurs » moléculaires : les myosines, nécessaires à la contraction des réseaux d'actine. Mais on ignore comment sont organisées les molécules d'actine et de myosine pour que leur dynamique et leur interaction aboutissent à une contraction.

Les filaments d'actine sont des polymères orientés qui peuvent prendre trois configurations : soit les filaments d'un réseau sont dans le même sens – ils sont parallèles –, soit ils sont antiparallèles (tête-bêche), soit ils sont entrecroisés en formant un réseau dense. Leur interaction avec les myosines a pour effet de déplacer les filaments d'ac-

tine les uns par rapport aux autres et ainsi de déformer la structure.

Dans une cellule, il est impossible d'étudier les différentes configurations de l'actine et de comprendre comment elles interagissent avec les myosines. Les chercheurs ont donc mis au point un modèle simplifié, *in vitro*, de cytosquelette où les divers types d'organisation des filaments d'actines sont isolés et facilement identifiables et observables, les molécules d'actine y ayant été rendues fluorescentes.

A.-C. Reymann et ses collègues ont constaté qu'en présence de myosine, les structures d'actine composées de filaments antiparallèles se contractent rapidement : elles sont déformées, puis leurs filaments se désassemblent. Les réseaux entrecroisés se contractent aussi, mais plus lentement. En revanche, les réseaux de filaments parallèles d'actine ne se déforment pas. Les myosines agissent donc de

façon sélective sur les différentes configurations d'actine.

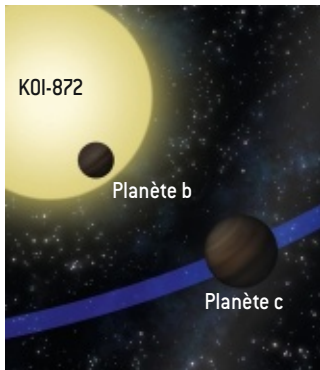
Ces différences permettent de comprendre que la vitesse et l'amplitude de contraction d'une cellule soient très variables : ces grandeurs dépendent de la proportion de filaments d'actine organisés de façon antiparallèle et parallèle, les réseaux antiparallèles d'actine réagissant aux myosines, les autres non. Les chercheurs ont aussi modélisé l'équilibre mécanique contrôlant la dynamique de contraction de ces architectures simples d'actine et de myosine. Ils espèrent ainsi comprendre quelles forces sont mises en œuvre dans les cellules, lors du développement embryonnaire par exemple, et déterminer l'origine de dysfonctionnements mécaniques présents dans certaines pathologies.

➔ **Bénédicte Salthun-Lassalle**

A.-C. Reymann et al., *Science*, en ligne, 8 juin 2012

Astrophysique

Quand une exoplanète en trahit une autre



On a montré l'existence de la planète K01-872 c grâce aux perturbations gravitationnelles qu'elle exerce sur l'orbite de la planète K01-872 b.

Lancé en 2009, le satellite *Kepler* traque les planètes extrasolaires (ou exoplanètes). Il détecte leurs transits, c'est-à-dire leurs passages devant leur étoile, qui se traduisent par une légère baisse de luminosité de l'étoile. L'une des planètes détectées a intrigué les astronomes, car la durée de ses transits varie. Une équipe menée par David Nesvorný, de l'Institut de recherche Southwest, aux États-Unis, a montré que les variations sont dues à l'influence gravitationnelle d'une deuxième planète. Celle-ci aurait une masse proche de celle de Saturne et tournerait autour de son étoile en 57 jours.

C'est la première fois que l'on détecte une exoplanète grâce aux perturbations qu'elle exerce sur une voisine – elle-même n'est pas détectable par transit, car elle ne passe pas devant le disque de son étoile. En revanche, cette méthode a déjà été appliquée dans le Système solaire : il y a plus de 150 ans, l'astronome français Urbain Le Verrier a prédit l'existence et la position de Neptune à partir de légères irrégularités dans l'orbite d'Uranus.

→ Guillaume Jacquemont

D. Nesvorný et al., *Scienceexpress*, en ligne, 10 mai 2012

En bref

SAUROPODES À PLEIN GAZ

Les ruminants, par leurs flatulences, émettent du méthane, produit par les bactéries hébergées dans leur tube digestif. Selon des biologistes anglais, les sauropodes, des dinosaures géants qui vivaient il y a 150 millions d'années, rejetaient ainsi 520 millions de tonnes de méthane par an. Ce chiffre est comparable à l'ensemble des émissions naturelles et anthropiques actuelles ! Le méthane étant un puissant gaz à effet de serre, ces émissions auraient réchauffé le climat de l'époque.

LE GÉNOME DE LA TOMATE

Un consortium international a séquencé le génome de la tomate (de la variété Heinz 1706) et celui de son parent sauvage, *Solanum pimpinellifolium*. Ces génomes comportent environ 35 000 gènes et ne diffèrent que de 0,6 pour cent. Leur connaissance permettra notamment de repérer les gènes sélectionnés par la domestication de la tomate, ce qui faciliterait la mise au point de variétés plus goûteuses ou plus résistantes aux maladies.

DES ROCHERS BALADEURS

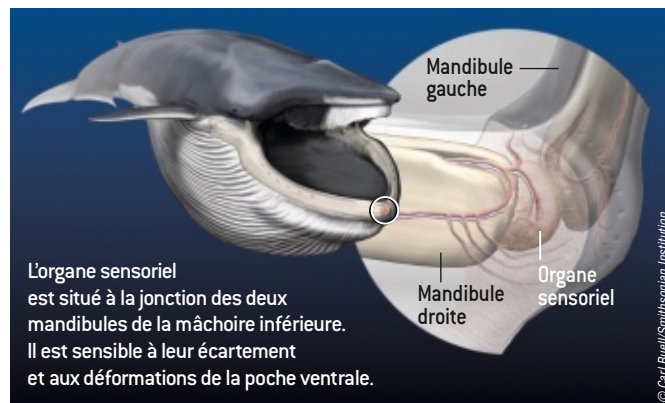
Sur les trois îles d'Aran, en Irlande, d'énormes blocs de pierre de plusieurs dizaines de tonnes forment des empilements jusqu'à 250 mètres à l'intérieur des terres. Des relevés photographiques entre 2006 et 2011 montrent que les rochers continuent d'être déplacés. Par des tsunamis ? Non. La géologue Rónadh Cox et ses collègues concluent que des vagues de tempêtes sont responsables. Elles bénéficieraient d'effets d'amplification liés à la forme abrupte du rivage.

Zoologie

Des baleines au menton sensible

Certaines baleines à fanons englobent quotidiennement plus d'une tonne de nourriture, par le biais d'une stratégie unique dans le monde animal : elles avalent une énorme quantité d'eau, qui va jusqu'à faire doubler leur volume, puis la recrachent en la filtrant grâce à leurs fanons pour retenir les crustacés planctoniques et les petits poissons. Nicholas Pyenson, de l'Institut Smithsonian, à Washington, et ses collègues ont découvert un organe sensoriel qui serait essentiel à cette stratégie.

Cet organe est situé à la jonction des deux mandibules de la mâchoire inférieure. Il contient notamment des papilles (de petites protubérances de la taille d'un doigt), qui foisonnent de vaisseaux sanguins et de terminaisons nerveuses encapsulées dans du tissu conjonctif. Une telle structure est caractéristique des mécanorécepteurs, des organes sensibles aux déformations mécaniques. Celles-ci pressent ou étirent les termi-



naisons, qui déclenchent l'émission d'un signal nerveux.

Lorsque la baleine avale l'eau, sa poche buccale ne se gonfle pas passivement comme un parachute qui se déploie dans l'air, mais exerce une résistance – les muscles ventraux se contractent, ce qui assure une absorption plus progressive. Cette stratégie active a notamment l'avantage de freiner moins brutalement la baleine. Comme les deux mandibules

s'écartent et que les muscles ventraux le tiraillent, l'organe sensoriel se déforme. Il capte ainsi diverses informations, qui sont transmises au cerveau via des nerfs courant le long des mandibules. La baleine peut alors contracter de façon optimale les muscles mobilisés par l'engouffrement actif, puis refermer la bouche avant que ses proies ne s'échappent.

→ G. J.

Nature, vol. 485, pp. 498-501, 2012

En bref

VOIE LACTÉE: PASSÉ ACTIF

Le trou noir supermassif au centre de notre Galaxie est aujourd'hui très calme. Mais à partir des données du télescope gamma *Fermi*, Meng Su et Douglas Finkbeiner ont découvert des structures qui pourraient être les restes de deux jets de particules de hautes énergies. Partant du centre de la Voie lactée au-dessus et au-dessous du plan galactique, ils sont longs de 27 000 années-lumière et auraient été produits à une époque où le trou noir était beaucoup plus actif.

UN VIEUX CROCODILE GÉANT

Plus de huit mètres : ce serait la longueur d'un crocodile préhistorique, dont on a découvert le crâne et la mâchoire fossilisés dans le bassin du lac Turkana, au Kenya. C'est le plus grand crocodile connu. À partir de l'analyse des fossiles, des paléontologistes américains ont déduit la taille de l'animal et montré qu'il appartenait à une espèce inconnue. En comparaison, les plus grands crocodiles du Nil observés mesurent moins de 6,5 mètres.

Microbiologie

Une vie aérobie au ralenti

Respirez de l'oxygène à 30 mètres de profondeur dans les sédiments du sous-sol océanique : c'est ce que font des bactéries... depuis 86 millions d'années, selon Hans Røy, de l'Université d'Aarhus, au Danemark, et ses collègues.

On savait depuis plusieurs années que des communautés microbiennes vivent en profondeur dans les sédiments marins, mais les paramètres qui conditionnent leur développement et leur activité restaient à préciser. Les scientifiques se sont intéressés aux sédiments du gyre du Pacifique Nord, une région au large du Mexique où les courants marins forment un gigantesque tourbillon. Par rapport aux autres régions de l'océan, la production de phytoplancton y est la plus faible ; par conséquent, les sédiments sont très pauvres en carbone d'origine organique. On imaginait donc que cette matière était vite dégradée par l'activité microbienne dans les sédiments supérieurs, comme c'est le cas en général dans le sous-sol océanique sédimentaire. Or un tout autre scénario est apparu.

H. Røy et ses collègues ont prélevé des carottes sédimentaires jusqu'à 28 mètres de long dans neuf sites – trois dans le gyre et, pour comparaison, six le long de l'Équateur – et analysé leur composition. Contrairement aux carottes prélevées le long de l'Équateur, celles du gyre contenaient des bactéries aérobies et de l'oxygène sur toute leur longueur.

© Shutterstock/Stephan Kerkhofs

Dans les sédiments du sous-sol océanique, des bactéries vivent à un rythme excessivement ralenti.

Par une modélisation, les scientifiques ont déterminé la vitesse de consommation d'oxygène d'une bactérie en fonction de sa profondeur. Au-delà de dix mètres, la consommation se stabilise. Elle est toutefois si lente qu'avec l'énergie fournie, une bactérie ne peut se reproduire, en se divisant, qu'en plusieurs milliers d'années (contre quelques heures dans des conditions normales). Les sédiments situés à 28 mètres sous le fond marin – et donc l'écosystème qu'ils contiennent – sont vieux de 86 millions d'années. Ainsi, au fil du temps, les bactéries ont adapté leur nombre et leur consommation d'oxygène aux quantités de carbone organique disponibles.

→ Marie-Neige Cordonnier

H. Røy et al., *Science*, vol. 336, pp. 922-925, 2012

Physique

Vers l'optique en rayons gamma

Il est facile de manipuler la lumière visible avec des lentilles, des prismes et des miroirs. On pensait qu'il était impossible ou presque de dévier des rayons gamma, de fréquences bien plus élevées et de longueurs d'onde beaucoup plus courtes. Pourtant, Michael Jentschel, de l'Institut Laue-Langevin, à Grenoble, et ses collègues ont étudié la déviation des rayons gamma dans du silicium et ont montré qu'elle n'est pas négligeable.

La réfraction correspond à la déviation d'un rayon lumineux quand il passe d'un milieu à un autre, de l'air au verre par exemple. Chaque milieu est caractérisé par

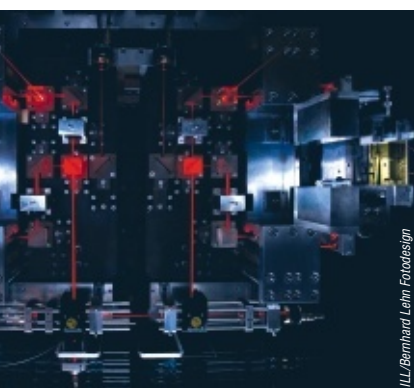
un indice de réfraction défini comme le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide à la vitesse de la lumière dans le milieu. Ainsi, quand un rayon passe d'un milieu à un autre, sa vitesse change et la lumière est déviée. En outre, l'indice de réfraction dépend de la fréquence de la lumière et semblait diminuer vers un aux fréquences élevées.

Pour le vérifier, les physiciens de Grenoble ont utilisé un faisceau parallèle de rayons gamma dont une partie traversait un prisme de silicium et subissait une réfraction. Les physiciens ont constaté que l'indice de réfraction est supérieur à un. Cette hausse

de l'indice de réfraction est due à la diffusion Delbrück : en présence du champ électrique des atomes du prisme, les photons gamma créent des paires électron-positron, qui s'annihilent en redonnant un photon. Cet effet ralentit la progression des photons dans le prisme et modifie l'indice de réfraction. Pour des noyaux plus lourds que le silicium, l'effet Delbrück devrait être plus intense et assez important pour envisager des dispositifs analogues à ceux de l'optique, mais destinés aux rayons gamma.

→ Sean Bailliy

D. Habs et al., *Physical Review Letters*, vol. 108, 184802, 2012



ILL/Bernhard Lehm FotoDesign

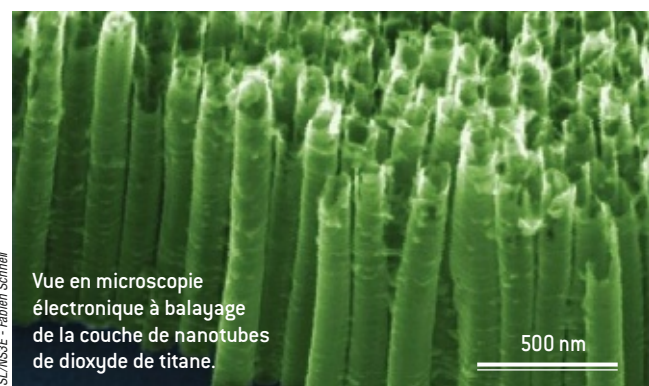
La difficulté de la mesure de la réfraction des rayons gamma est due au très faible angle de déviation, déterminé ici grâce à deux interféromètres de Michelson.

Technologie

Superdétecteur d'explosifs

Une équipe de chercheurs du CNRS, de l'Institut franco-allemand de recherches de Saint-Louis et de l'Université de Strasbourg, a conçu un détecteur capable de déceler des concentrations de TNT (trinitrotoluène, un explosif classique) de l'ordre de 800 molécules pour 10^{15} molécules d'air. Cette sensibilité est un millier de fois supérieure à celle des détecteurs actuels et proche de celle de chiens entraînés. Le dispositif est formé d'un microlevier en silicium revêtu d'une couche d'épaisseur micrométrique de quelque 500 000 nanotubes de dioxyde de titane (TiO_2) alignés perpendiculairement à la surface. L'absorption de molécules de TNT par le dioxyde de titane, qui a une affinité élevée pour les composés à groupe nitro ($-\text{NO}_2$), se traduit par une légère modification de la fréquence propre de vibration du microlevier. La méthode, inspirée par la structure des antennes de papillons de nuit, pourrait s'appliquer à la détection d'autres explosifs, de drogues ou de polluants.

→ Maurice Mashaal

D. Spitzer et al., *Angewandte Chemie*, vol. 51 (22), pp. 5334-5338, 2012

ISL/MSSE - Fabien Schnell

Archéologie

Premiers paysans de Chypre

Environ 9500 ans avant notre ère, des chasseurs-cueilleurs du Levant s'essayaient aux premières cultures de plantes sauvages. Or Jean-Denis Vigne, du CNRS, et son équipe viennent de découvrir à Chypre un village d'agriculteurs datant de presque 9000 ans avant notre ère. C'est le plus ancien village de paysans de toutes les îles méditerranéennes. Le site, nommé Klimonas, comprenait divers bâtiments domestiques et une grande maison ronde semi-enterrée. D'usage collectif, elle servait probablement à rassembler les récoltes. Mais des indices de sacrifices – flèches en silex, perles vertes enterrées – y ont aussi été mis au jour. Les archéologues ont découvert par ailleurs des restes de plantes locales et des graines carbonisées d'amidonier – un blé sauvage qui deviendra la première céréale domestiquée – ainsi que de nombreux restes d'outils lithiques et de parures en coquillage. Ces vestiges évoquent un mode de vie villageois typique de ce qui s'était développé au Levant quelques siècles seulement auparavant. Dès lors, se demande-t-on, comment les tout premiers paysans levantins ont-ils fait la traversée vers Chypre ?

→ François Savatier

J.-D. Vigne et al., *PNAS*, 7 mai 2012

Physique

Une anomalie quantique de l'eau expliquée

À très basse température, la glace d'eau a un comportement surprenant. Lorsque l'hydrogène de ses molécules est remplacé par du deutérium, un isotope plus lourd, le volume du cristal augmente, alors que les physiciens s'attendraient à une diminution. Une équipe dirigée par Maria Fernández-Serra, de l'Université Stony Brook, aux États-Unis, a modélisé les phénomènes quantiques qui expliquent ce comportement de l'eau.

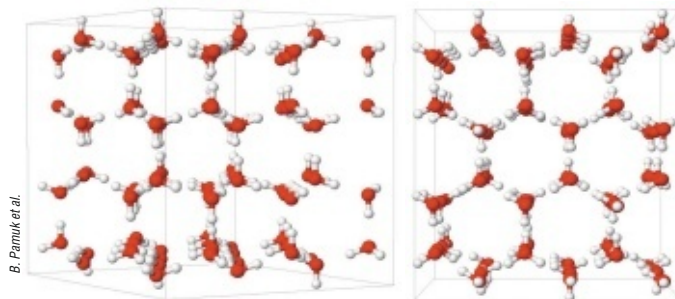
Le volume moyen occupé par une molécule s'obtient en divisant le volume du cristal par le nombre de molécules. Quand la température, donc l'agitation thermique, baissent, ce volume diminue – mais jusqu'à une certaine limite, due au principe d'incertitude de Heisenberg. Selon ce dernier, il n'est pas possible d'attribuer à une particule une position et une vitesse parfaitement définies au même instant. Il en résulte une agitation d'origine quantique, présente même au zéro absolu, qui implique une limite inférieure au volume moyen occupé.

Le comportement quantique d'une particule étant d'autant plus marqué que sa masse est faible, l'agitation, donc le volume, correspondant à une molécule plus légère devraient être plus importants. C'est ce que l'on constate pour de nombreux atomes et molécules, mais l'eau fait exception.

Si l'on remplace l'oxygène 16 de la molécule d'eau par un isotope plus lourd, l'oxygène 18, on observe le comportement normal : la molécule ayant l'isotope le plus léger occupe le plus grand volume. Mais si on remplace les atomes d'hydrogène de l'eau par du deutérium, on constate qu'au zéro absolu la molécule d'eau composée de deutérium occupe un volume supérieur de 0,1 pour cent à celui de la molécule d'eau ordinaire.

L'équipe de M. Fernández-Serra a montré que l'agitation quantique des atomes et les liaisons hydrogène entre les molécules agissent simultanément sur le volume effectif de la molécule. L'atome d'hydrogène, plus léger que l'atome de deutérium, a une agitation plus grande. La distance moyenne entre molécules est alors réduite, ce qui renforce les liaisons hydrogène et tend à réduire la taille du cristal, donc le volume effectif occupé par chaque molécule. Les physiciens montrent ainsi que la molécule d'eau composée d'hydrogène a un volume effectif plus petit. Des observations par diffraction aux rayons X au synchrotron du Laboratoire américain de Brookhaven confirment que le modèle de cette équipe de physiciens reproduit bien le comportement de la glace d'eau à des températures extrêmement basses.

→ S. B.

B. Pamuk et al., *Phys. Rev. Lett.*, vol. 108, 193003, 2012

Deux vues différentes de la structure d'un cristal de glace contenant 96 molécules (oxygène en rouge, hydrogène en blanc).

Botanique

Des formules pour les nervures des feuilles

Avec plusieurs collègues, Lawren Sack, de l'Université de Californie à Los Angeles, a déterminé que la nervation des feuilles des dicotylédones obéit à des lois de puissance.

L'examen de la nervation de feuilles de 485 espèces de plantes dicotylédones a établi que des traits tels que la densité de nervures (longueur totale des nervures par unité de surface), leur diamètre ou leur volume s'expriment sous la forme aS^b , S étant la superficie de la feuille et a et b des constantes indépendantes de l'espèce, pour un ordre de nervures donné (la nervure centrale est dite du premier ordre, celles se ramifiant à partir d'elle sont du 2^e ordre, etc.).

Par exemple, pour la densité des nervures du 2^e ordre, les chercheurs trouvent que l'exposant b est égal à environ $-0,4$. En fait, seules les nervures majeures (jusqu'au 3^e ordre) obéissent à de telles lois; les traits relatifs aux nervures mineures se révèlent indépendants de la taille de la feuille.

Ces lois ouvrent diverses perspectives. Par exemple, elles permettent de comprendre pourquoi, dans les milieux secs ou fortement exposés, les feuilles de petite taille dominent. L'évaporation d'eau au niveau des feuilles entraîne, pour compenser, un pompage d'eau dans le sol par la plante; mais si le sol est trop sec, de l'air peut être aspiré, parvenir à la feuille et

y provoquer une embolie (un blocage de la circulation de la sève). Or, comme l'a montré l'équipe de L. Sack, les petites feuilles ont un réseau plus dense de nervures majeures, qui offre à la sève davantage de voies pour contourner un éventuel bouchon – d'où une meilleure adaptation à des conditions de sécheresse.

Grâce aux lois trouvées, la taille des feuilles peut être estimée à partir de petits fragments. Cela devrait intéresser les paléontologues: les fossiles de tels fragments pourraient leur indiquer, *via* la taille des feuilles, si les plantes en question poussaient sous un climat sec.

→ M. M.

Nature Communications, en ligne le 15 mai 2012



© Shutterstock/Stéphane Bidouze

Les feuilles des dicotylédones (ici une feuille de géranium rouge) ont une nervation complexe, en partie décrite par des lois de nature mathématique.

3,2 POUR CENT : c'est l'augmentation des émissions mondiales de dioxyde de carbone entre 2010 et 2011. Elles ont atteint 31,6 gigatonnes, un record absolu.

Archéologie

La plus ancienne table astronomique maya

Les prêtres mayas avaient de bonnes connaissances astronomiques. Lors de leur conquête du Mexique, les Espagnols ont retrouvé leurs observations et leurs prédictions consignées

dans des livres en papier d'écorce, les codex. Ceux qui restent aujourd'hui sont tous postérieurs au XI^e siècle. Or William Saturno, de l'Université de Boston, et ses collègues ont découvert ce qui serait

une table astronomique, peinte et gravée sur les murs d'une résidence de la cité maya de Xultun, au Guatemala, qui est datée du début du IX^e siècle de notre ère. Ce serait la plus ancienne connue.

Les inscriptions comprennent des nombres et des symboles figurant des « mois » et des jours des deux calendriers utilisés par les Mayas : le Tzolk'in, un calendrier religieux de 260 jours, et le Haab, un calendrier solaire de 365 jours. Les nombres évoquent des dates, correspondant au nombre de jours qui les séparent soit de la création mythique du monde (en l'an 3114 avant notre ère pour certains spécialistes, mais cette date varie selon les cités mayas), soit de jours particuliers du Tzolk'in.

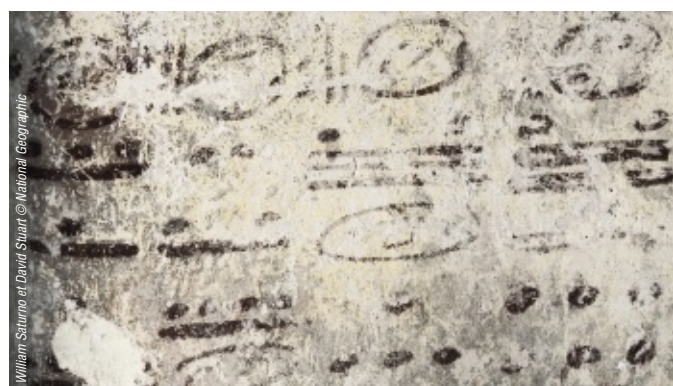
Bien que la signification précise de ces indications calendaires reste à déterminer, plusieurs

indices font penser à une table astronomique. On trouve par exemple une série de dates surmontées par des symboles représentant la Lune et séparées par un intervalle de 178 jours, qui correspond à six lunaisons (la durée qui sépare deux nouvelles lunes); de tels « semestres lunaires » étaient utilisés dans les codex pour prévoir les éclipses de Soleil.

D'autres nombres semblent liés à Vénus et à Mars, tels des multiples communs de 584 et 780 (Vénus et Mars retrouvent les mêmes positions dans le ciel terrestre respectivement tous les 584 et 780 jours). Les inscriptions concerneraient donc les cycles des planètes, auxquels la vie religieuse maya était intimement liée.

→ G. J.

W. Saturno et al., *Science*, vol. 336, pp. 714-717, 2012



Les inscriptions calendaires découvertes comportent des jours et des « mois » mayas (en haut de chaque colonne), ainsi que des nombres figurant le temps écoulé. Une barre vaut 5, un point 1 et le signe aux trois « cercles » (au milieu) représente zéro.

Biologie végétale

L'horloge dérégulée de l'orge

La floraison est une étape cruciale dans le cycle de croissance d'une plante, car elle conditionne ses chances de reproduction. Si elle est trop tardive, la pollinisation, le développement du grain ainsi que sa dissémination peuvent être remis en cause. Chez la plupart des espèces, le déclenchement de la floraison est assuré par l'horloge biologique et l'allongement des jours. Sébastien Faure, du Centre John Innes à Norwich au Royaume-Uni, et ses collègues ont identifié la mutation génétique *eam8* qui, en perturbant l'horloge biologique de l'orge, conduit à une floraison précoce, adaptée à la courte saison estivale en Scandinavie. Ce dérèglement de l'horloge biologique a un deuxième avantage : l'horloge ne régule plus la production d'une protéine intervenant sur la chlorophylle. La synthèse de cette protéine par l'orge est alors uniquement contrôlée par la présence de lumière, ce qui permet d'exploiter les longues journées d'été pour produire de la biomasse.

→ S. B.

S. Faure et al., PNAS, en ligne le 7 mai 2012

Préhistoire

37 000 ans d'art mural...

L'Abri Castanet, dans le Périgord, présenterait les plus anciennes traces d'art mural connues. Dans cet abri-sous-roche, Raphaëlle Bourrillon, du Laboratoire travaux et recherches archéologiques sur les cultures, les espaces et les sociétés à Toulouse, et ses collègues ont découvert des œuvres créées par des Aurignaciens, les premiers hommes modernes qui auraient peuplé l'Europe il y a entre 40 000 et 28 000 ans. Sur la face inférieure d'un rocher faisant partie du plafond effondré de l'abri, les archéologues ont ainsi mis au jour des gravures et des peintures représentant notamment un sexe féminin et un animal. D'après la datation au carbone 14 de différents fragments d'os prélevés sous le bloc de pierre, ces œuvres ont environ 37 000 ans. L'art semble avoir été une partie intégrante du quotidien des habitants de l'Abri Castanet : elles ont été exécutées là où vivaient les hommes, comme en témoignent les traces de feux, les nombreux outils et ornements découverts sur place.

→ S. B.

R. White et al., PNAS, en ligne le 14 mai 2012

DERNIÈRE minute ...

DES RATS PARAPLÉGIQUES GUÉRIS

À l'École polytechnique fédérale de Lausanne, l'équipe de Grégoire Courtine a lésé la moelle épinière de rats, qui ne pouvaient donc plus marcher. Elle a ensuite placé les rats dans un système robotique qui les maintenait sur leurs pattes arrière et a stimulé électriquement et avec des neurotransmetteurs les neurones dormants de leur moelle épinière. Après neuf semaines, les

rats marchaient de nouveau pour atteindre une récompense : leurs neurones ont créé de nouvelles projections qui contournent la lésion.

DES EFFLORESCENCES SOUS LA BANQUISE

Kevin Arrigo et ses collègues, de l'Université Stanford, ont découvert lors d'une expédition en Arctique une efflorescence massive de plancton se développant sous la banquise. Une telle

prolifération est invisible par satellite, le moyen usuel pour détecter ces phénomènes, qui jouent un rôle important dans les chaînes alimentaires. La découverte suggère que l'océan Arctique est bien plus productif qu'on ne le pensait.



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

Géosciences

Cristaux et pics volcaniques

Comment savoir si un volcan en début d'activité va se calmer ou, au contraire, être le siège d'une éruption ? L'étude systématique des cristaux charriés par le magma jusqu'en surface pourrait apporter des éléments de réponse. En analysant la composition chimique des cristaux présents dans les laves émises par le mont Saint Helens, aux États-Unis, entre 1980 et 1986, Kate Saunders, de l'Université de Bristol, en Angleterre, et ses collègues ont établi que leur vitesse de croissance est corrélée à l'activité sismique, associée au volcan, et à ses émissions de gaz – deux autres indices utilisés pour suivre l'activité volcanique.

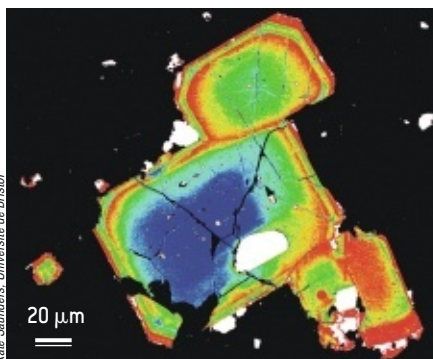
Un magma est un mélange de roche en fusion, de bulles de gaz et de cristaux en suspension. Dans la chambre magmatique et le conduit du volcan, la croissance des cristaux varie avec les perturbations des paramètres qui déterminent l'activité du volcan : composition, contenu gazeux, température, pres-

sion, oxydation, etc. Ces variations se traduisent par des zones concentriques de compositions chimiques légèrement différentes qui, tels les cernes des arbres, reflètent la croissance des cristaux au fil du temps. Par microscopie électronique et microanalyse chimique, les géochimistes ont déterminé le profil de ces zones sur 300 cristaux d'orthopyroxène (ou $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$) provenant de neuf laves différentes.

Ils ont constaté que les pics de croissance des cristaux coïncident avec les pics d'activité sismique et d'émission de dioxyde de soufre ayant été enregistrés dans les mois précédant les éruptions. Cette étude suggère un nouveau moyen de lier les signes observés en surface aux phénomènes se produisant en profondeur au sein du magma. L'analyse des laves en surface permettra-t-elle de mieux prévoir les éruptions ?

→ M.-N. C.

K. Saunders et al., Science, vol. 336, pp. 1023-1027, 2012



Les zones concentriques de cristaux d'orthopyroxène issus de l'éruption de 1980 du mont Saint Helens. Les (fausses) couleurs distinguent les zones de compositions chimiques différentes. Le jaune, par exemple, indique ici une zone riche en fer.

Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ UNE SOURCE GAMMA COMPACTE

En 2006, Chandrashekar Joshi nous présentait les accélérateurs à plasma et leurs applications potentielles (voir « Surfer sur des ondes de plasma », *Pour la Science*, mars 2006, http://bit.ly/PLS341_Joshi). Des physiciens du Laboratoire d'optique appliquée (ENSTA-ParisTech, École polytechnique), à Palaiseau, viennent de montrer comment les utiliser pour obtenir des rayons X et gamma (*Nature Photonics*, mai 2012). Le rayonnement gamma, très utile dans les recherches actuelles, devait jusqu'ici être produit par de très encombrants accélérateurs classiques.

Les chercheurs exploitent l'effet Compton inverse, dans lequel des photons reçoivent de l'énergie d'électrons : lors d'une collision frontale avec un électron relativiste, le photon du laser rebondit et gagne une énergie considérable, qui le fait passer de l'infrarouge au domaine X ou gamma. Cette méthode est déjà utilisée pour produire des rayons gamma avec des accélérateurs classiques, mais les chercheurs du LOA ont réussi à la mettre en œuvre à l'échelle d'une table. Pour cela, ils font interagir une impulsion laser ultrabrève et intense avec un jet d'hélium. En se propageant dans le gaz, l'impulsion crée, dans son sillage, une structure ionisée dont l'effet est de piéger, puis d'accélérer un paquet d'électrons jusqu'à environ 100 mégaelectronvolts en quelques

millimètres. L'impulsion laser, qui précède le paquet d'électrons, est réfléchiée par une lame mince placée à l'arrière du jet et entre en collision avec les électrons. Les flashes de rayonnement gamma alors produits dans la direction de propagation du laser sont 10 000 fois plus intenses que ceux produits par les sources existantes...

→ UN BATEAU À BORDS COUSUS
PREND L'EAU À DOUVRES

Le calfatage d'un bateau n'est pas un détail. En 2002, Jacques Connan nous en démontrait l'importance en révélant que cette technique n'a guère varié depuis... 7 000 ans (voir « Le calfatage des bateaux », *Pour la Science*, juin 2002, http://bit.ly/PLS298_Connan). Pourquoi alors les charpentiers de marine, qui, depuis plusieurs mois, s'évertuent à répliquer un bateau de l'âge du bronze trouvé en Angleterre dans les années 1990, ne se sont-ils pas donné le temps de franchir cette étape par des essais méticuleux ? S'ils l'avaient fait, leur nef n'aurait pas immédiatement pris l'eau au cours de sa mise à l'eau officielle le 12 mai 2012, dans le port de Douvres...

Construit vers 1550 avant notre ère, le bateau de Douvres est sans doute le plus ancien navire d'Europe apte à la navigation en mer. Sa découverte est d'une grande importance scientifique : elle nous ren-



François Savatier/Pour la Science

seigne avec un grand luxe de détails sur la charpente de marine de l'âge du bronze. C'est pourquoi un pan du projet européen BOAT 1550 BC, porté par l'Université Lille 3 associée à six autres partenaires, dont l'INRAP et le *Canterbury Archaeological Trust*, consiste à refaire les gestes des constructeurs de bateau de l'âge du bronze. Pour l'heure, deux charpentiers ont appris à sculpter à l'herminette de bronze de lourds éléments en chêne, puis à les fixer l'un à l'autre à l'aide de coins et de liens (voir la photographie ci-dessus). Les éléments qu'ils ont assemblés ont dû être taillés dans un énorme chêne long de dix mètres et dépourvu de nœuds. L'arbre correspondant a dû pousser 300 ans durant dans une forêt assez touffue pour empêcher les départs de branches latéraux... L'un des enseignements de l'expérience de Douvres est donc que de tels arbres, aujourd'hui rarissimes, voire introuvables, ne l'étaient pas à l'âge du bronze.

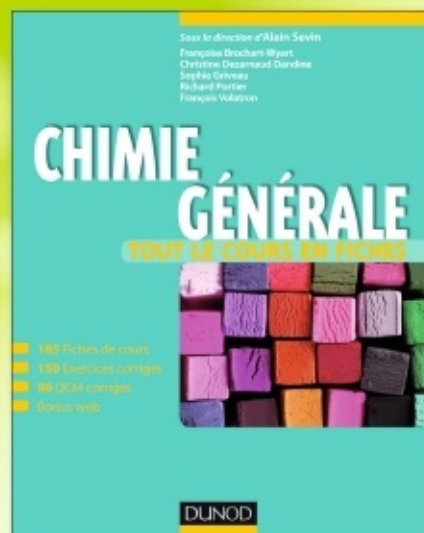
Réaliser une réplique à l'échelle 1/2 est la première étape du pan d'archéologie expérimentale du projet BOAT. L'objectif ultime est de reproduire le bateau de Douvres, puis de franchir les 35 kilomètres du détroit à la pagaie. Si la découpe est aujourd'hui maîtrisée, il reste le calfatage. Pour l'heure, la réplique est cousue de cordes contemporaines et jointoyée à la silicone, alors que son modèle l'était de cordes en fibres d'abeille et calfaté à l'aide de cire d'abeille et des mêmes fibres. Le pan d'archéologie expérimentale du projet BOAT est en *working progress*, comme on dit en anglais. Son prochain objectif logique est de reproduire le calfatage des bateaux qui naviguaient sur la Manche à l'âge du bronze.

François Savatier

→ STRESS ET VIOLENCE

Le stress dû à la pauvreté affecte la santé de multiples façons, qu'a détaillées Robert Sapolsky (voir « Le stress de la pauvreté », *Pour la Science*, janvier 2006, http://bit.ly/PLS399_Sapolsky). L'un des autres effets du stress serait d'accroître la violence masculine, dit le préjugé. Or Markus Heinrichs et Bernadette von Dawans, de l'Université de Fribourg, viennent de montrer que ce n'est pas toujours le cas (*Psychological Science*, 2012). Après avoir utilisé un protocole pour stresser des hommes en leur demandant de prendre la parole en public, ils ont étudié leur comportement alors qu'ils participaient ensuite à des jeux de société. Il s'avère que, loin de multiplier les comportements socialement négatifs tels que la punition ou l'altercation, ces hommes stressés ont davantage partagé et coopéré. En d'autres termes, ils ont augmenté les comportements favorisant les contacts sociaux. Pourquoi ? « Parce que cela déstresse », interprète M. Heinrichs. On le savait déjà : les contacts humains font du bien, mais maintenant, la science le dit aussi !

LA RENTRÉE DES SCIENCES CHEZ DUNOD



Sous la dir. d'Alain SEVIN et al.

Juin 2012 ■ 9782100570201 ■ 35 €

Prix de lancement 29 €

jusqu'au 31 octobre 2012

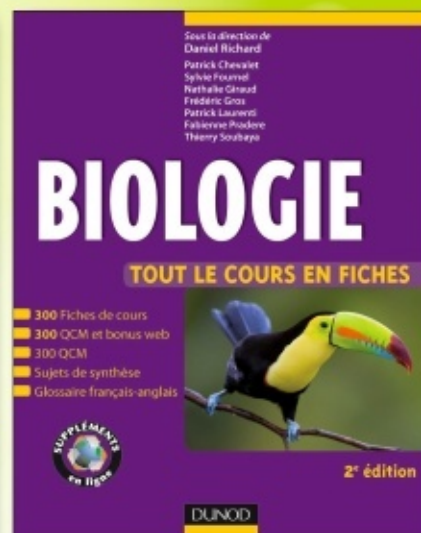


Sous la dir. de Daniel BOUJARD et al.

Juillet 2012 ■ 9782100564255 ■ 35 €

Prix de lancement 29 €

jusqu'au 31 octobre 2012



Sous la dir. de Daniel RICHARD et al.

Octobre 2012 ■ 9782100582235 ■ 45 €

Prix de lancement 39 €

jusqu'au 31 décembre 2012

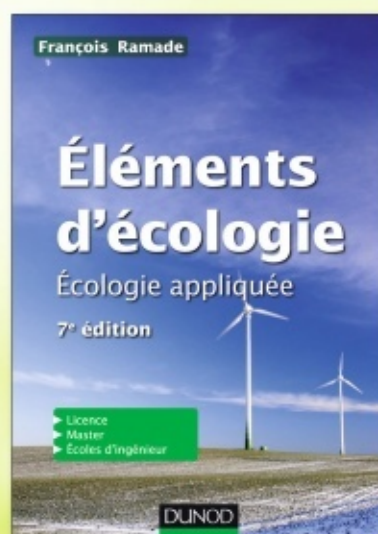
Collection « TOUT LE COURS EN FICHES »

- ◆ Des fiches de cours synthétiques et illustrées
- ◆ Des QCM pour s'évaluer
- ◆ Des exercices corrigés pour s'entraîner
- ◆ Des bonus web pour l'enseignant et pour l'étudiant



Richard B. PRIMACK, Jane LECOMTE,
François SARRAZIN

Août 2012 ■ 9782100567089 ■ 39 €



François RAMADE

Septembre 2012 ■ 9782100579815 ■ 69 €

Prix de lancement 59 €

jusqu'au 31 décembre 2012

Tous nos ouvrages sont disponibles en librairie

www.dunod.com

DUNOD
ÉDITEUR DE SAVOIRS

POINT DE VUE

Une agence de la recherche à transformer

Depuis 2006, une grande part des crédits consacrés à la recherche scientifique française va aux projets sélectionnés par une agence nationale, l'ANR. Un rapide bilan montre que le rôle et le fonctionnement de cette institution sont à revoir.

Michèle LEDUC et Élisabeth GIACOBINO

Dans une nouvelle publiée en 1961 et intitulée *La fondation Mark Gable*, Leo Szilard, proche collaborateur d'Albert Einstein, inventait un dialogue amusant, où un interlocuteur proposait : « Le progrès scientifique est déjà bien assez rapide, pourquoi ne pas faire quelque chose pour le retarder ? Vous pourriez créer une fondation dotée de 30 millions de dollars par an. Les chercheurs impécunieux pourraient demander une subvention. Organisez 10 comités, composés chacun de 12 savants. Les meilleurs savants seraient enlevés à leurs laboratoires. Les travailleurs scientifiques impécunieux s'appliqueraient à résoudre des problèmes fructueux qui leur permettraient presque certainement d'arriver à des résultats publiables. En ne cherchant que l'évident, la science deviendrait quelque chose comme un jeu de société. Il y aurait des modes... »

De façon prémonitoire, Szilard faisait le procès de la recherche scientifique fondée sur des projets financés par des agences spécialisées – un système aujourd'hui généralisé sous différentes formes selon les pays. Or la répartition des crédits est un enjeu considérable pour le progrès scientifique, qui lui-même est le levier de cette innovation que tous les gouvernements appellent de leurs vœux.

En France, le contexte a récemment beaucoup changé. Il y a seulement dix ans, le financement des laboratoires de qualité, le développement des idées nouvelles, le soutien aux jeunes équipes étaient pour

l'essentiel assurés par le ministère en charge de la recherche, par le CNRS et les autres organismes publics, complétés par des contrats de la Commission européenne.

Aujourd'hui, les universités sont devenues autonomes et une puissante Agence nationale de la recherche, l'ANR, a été créée en 2006 pour financer des projets de recherche, généralement dans le cadre de programmes thématiques que l'ANR a elle-même définis. Simultanément, les moyens des grands organismes de recherche se sont rétrécis et leur influence a diminué.

De nombreuses équipes apprécient de recevoir des contrats de l'ANR ; ce ne sont d'ailleurs pas les chercheurs impécunieux

L'ANR DEVRAIT AGIR EN PLEINE concertation avec les autres opérateurs de recherche. Il est anormal qu'elle fonctionne en circuit fermé.

évoqués par Szilard, mais plutôt, en général, des groupes de bon niveau. En revanche, les crédits récurrents des laboratoires, quelle que soit leur qualité, sont devenus très faibles. Les moyens des organismes de recherche se sont concentrés sur l'attribution des postes de chercheurs et les grands équipements. Or sans crédits de fonctionnement, il devient impossible aux laboratoires de maintenir leur vie collective. Les modestes prélèvements sur les contrats obtenus par leurs équipes permettent à peine de faire fonctionner les services géné-

raux. Il est donc urgent que les organismes de recherche aient à nouveau un socle suffisant de moyens récurrents à allouer à leurs laboratoires.

Peut-on pour autant se passer d'une agence nationale de la recherche ? Faut-il, à l'inverse du courant récent, reconcentrer les moyens sur les grands organismes ? Dans le contexte actuel où les opérateurs de la recherche sont multiples, il est nécessaire qu'une grande partie des crédits de recherche soit distribuée en fonction d'une évaluation nationale et interdisciplinaire, en privilégiant la qualité et en évitant les conflits d'intérêt. Comme dans les autres grands pays, il importe donc de maintenir en France une agence nationale de la recherche. Toutefois, le fonctionnement de l'ANR ainsi que son positionnement sont à repenser.

En 2011, l'ANR a attribué un budget total de 772 millions d'euros aux projets de recherche qu'elle a sélectionnés. Cela peut paraître considérable ; en réalité, il faut comprendre que l'ANR a de nombreuses missions, qu'elle finance des programmes variés, incluant des coopérations internationales et des recherches en partenariat avec l'industrie. Et les projets de recherche « blancs », ceux qui n'entrent pas dans les programmes prédéfinis par l'Agence (où l'on retrouve les « modes » de Szilard...), n'ont qu'une part limitée. Qui plus est, le taux de sélection des projets, avec au mieux 20 pour cent de réussite pour les équipes candidates, est devenu décourageant : le processus élimine ainsi de façon arbitraire de très bonnes propositions.