

Solidarité

Engagement

Proximité

Confiance



casden



BANQUE POPULAIRE

Humaine et contemporaine
notre identité reflète
nos valeurs

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-Géssippe, 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 Tacquenet,
Sylvie Sobelman, Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Site Internet : Philippe Ribeau-Géssippe 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 : Gael Chauvin,
Jérôme Degallaix, Alain Doressoundiram, Christian Farnier,
Sophie Gallé-Soas, Sylvain Guiric, Évelyne Host-Platret,
Stéphanie Jenouvrier, Christophe Pichon, Aurélien Roux,
Serge Soula, Daniel Tacquenet, Richard Tailler,
Ibrahima Thioub.

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.

SCIENTIFICAMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina. Editors : Ricky Rus-
ting, 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

Information cachée

Selon un principe fondamental de la physique, aucune information n'est jamais perdue. Toutefois, dans les années 1970, l'astrophysicien américain Stephen Hawking a fait trembler ce principe sur son socle en montrant qu'un trou noir peut « s'évaporer ». L'information engloutie disparaît-elle avec lui ? Non. D'après le principe holographique, si la matière disparaît bel et bien, l'information est préservée à la surface du trou noir, l'horizon des événements (*voir L'espace est-il discret ?*, page 24).

Si, dans ce cas, on voudrait être capable de décoder l'information, parfois on cherche à la dissimuler. C'est ce que font les cryptographes qui inventent des méthodes inviolables pour transmettre des messages que seuls ceux disposant des codes seront capables de lire. L'utilisation d'un ordinateur est généralement nécessaire en raison de la puissance de calcul requise. Pourtant, la cryptographie visuelle ne fait appel qu'au système visuel, bien plus puissant qu'un ordinateur quand on ne s'intéresse pas uniquement aux capacités de calcul (*voir La cryptographie visuelle*, page 86).

L'esprit doit être préparé.

Le système visuel a bien d'autres facultés, par exemple, reconstituer une image tridimensionnelle à partir de l'image à deux dimensions projetée sur la rétine. S'inspirant de cette propriété, des ingénieurs ont mis au point des méthodes qui ont favorisé le développement du cinéma 3D. Si ces techniques présentent encore des difficultés et ne permettent pas d'éviter le port de lunettes spéciales, la télévision 3D sans lunettes est sans doute pour... après-demain (*voir Cinéma, la conquête de la 3D*, page 56).

Mais aussi puissants soient-ils, nos yeux ne voient pas tout, notamment pas les lueurs émises au-dessus des nuages, lors des orages. Les géophysiciens y découvrent diverses émissions lumineuses. Pendant un orage, l'horizon est celui des nuages qui masquent les événements se déroulant au-dessus, plus fugitifs que les éclairs ou se produisant dans des gammes de rayonnements que nos yeux ne perçoivent pas (*voir La face cachée des orages*, page 48).

Toutefois, l'esprit doit être préparé pour ce que l'on observe ce qui n'avait pas encore été remarqué. Comme le soulignait le biologiste François Jacob dans son ouvrage *La Logique du vivant, une histoire de l'hérédité* (1970) : « Il ne suffit pas de "voir" un objet jusque-là invisible pour le transformer en objet d'analyse. Il faut encore qu'une théorie soit prête à l'accueillir. » ■

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

Actualités

- 6 **Le tore plat bien tordu**



- 8 **Le silence des gènes expliqué**
 10 **Matière noire... et à embarras**
 11 **Des babouins forts en orthographe**
 ... et bien d'autres sujets.

- 14 **ON EN REPARLE**

Opinions

- 16 **POINT DE VUE**
Tempêtes solaires : comment s'y préparer ?
Jean Lilensten
 17 **ÉCONOMIE**
Che forte l'Italia !
Alain Trannoy
 18 **DÉVELOPPEMENT DURABLE**
Les berges végétales : écologiques et économiques
Christel Fiorina
 20 **VRAI OU FAUX**
Les footballeurs trichent-ils toujours ?
Christian Bromberger
 22 **COURRIER DES LECTEURS**

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement brochés sur la totalité du tirage, une offre d'abonnement *Pour la Science* p. 23 et une sélection de livres *Pour la Science/Belin* en p. 84.
 En couverture : © Adam Voorhes

À LA UNE

24 **PHYSIQUE** **L'espace est-il discret ?** *Michael Moyer*

Un dispositif en construction près de Chicago, l'holomètre, tentera de mettre en évidence la nature discrète de l'espace-temps à l'échelle fondamentale. Si l'expérience est couronnée de succès, les lois de la physique seraient à réécrire.

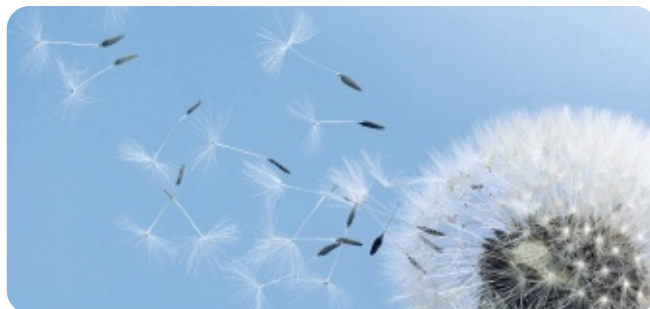


32 **ARCHÉOLOGIE** **Les villes de la Côte des esclaves** *Cameron Monroe*

L'archéologie révèle l'impact de la traite des esclaves conduite par les Européens sur les villes et l'organisation des royaumes africains du golfe du Bénin.

40 **ÉCOLOGIE** **Le vent et la dispersion des plantes** *Ángel Felicísimo et Jesús Muñoz*

Dans l'hémisphère Sud, des lieux très éloignés ont en commun de nombreuses espèces végétales. Les vents, plutôt que la dérive des continents, semblent à l'origine de certaines de ces similitudes.



48 **GÉOPHYSIQUE** La face cachée des orages

Elisabeth Blanc et Thomas Farges

Les orages sont beaucoup plus actifs qu'on ne le pensait. Outre les éclairs, des émissions variées se produisent... au-dessus des nuages.



56 **TECHNOLOGIE** Cinéma, la conquête de la 3D

Thierry Borel

Depuis quelques années, les films en trois dimensions remportent un franc succès. Comment recrée-t-on l'illusion du relief à partir d'images projetées sur un écran bidimensionnel ?

64 **MÉDECINE** Le dépistage du cancer de la prostate en question

Marc Garnick

Faut-il dépister systématiquement le cancer de la prostate chez l'homme âgé de plus de 50 ans ? Aujourd'hui, beaucoup de médecins pensent que non, parce que les risques semblent l'emporter sur les bénéfices pour certains malades.

72 **ÉTHOLOGIE** Les fourmis et l'art de la guerre

Mark Moffett

Les batailles entre fourmis présentent d'étonnantes similitudes avec certaines opérations militaires humaines. En fonction des enjeux, ces insectes adaptent leur stratégie à l'ennemi.



Regards

80 **HISTOIRE DES SCIENCES**

Comment Newton a inspiré la biologie

Pascal Charbonnat

Au XVIII^e siècle, nombre de naturalistes ont invoqué Dieu pour expliquer le vivant et son origine. Peu à peu, l'histoire naturelle s'est affranchie de ces idées grâce à des arguments inspirés de la physique newtonienne.

86 **LOGIQUE & CALCUL**

La cryptographie visuelle

Jean-Paul Delahaye

Une information cachée peut apparaître instantanément à notre œil qui, presque aussi bien qu'un ordinateur, l'extrait d'images grises.

92 **ART & SCIENCE**

Le cheval impossible

Loïc Mangin

94 **EN IMAGES**

Un géant endormi : le volcan du mont Paektu

Sid Perkins

96 **IDÉES DE PHYSIQUE**

Les dégagements du ballon rond

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

100 **SCIENCE & GASTRONOMIE**

Le poison est dans le pré

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

→ LA FORCE DU ON

Répondre « Je ne sais pas » à une question qui vous est posée n'est pas valorisant. Répondre « On ne sait pas » l'est, puisque cela signifie « Je sais que nul ne sait ». Exemple. Ne rien savoir de la vie de Pythagore est le fait d'un ignorant. Savoir qu'on ne sait rien de la vie de Pythagore est le fait d'une personne éduquée.

L'opposition entre « Je ne sais pas » et « On ne sait pas » devient extrême dans le cas de l'interrogation métaphysique. Si vous dites « Je ne sais pas », vous ne faites que réserver votre jugement ; vous n'êtes parvenu à aucune conclusion quant aux tenants et aboutissants de la condition humaine, mais libre aux autres d'en avoir une. Si vous dites « On ne sait pas », vous tenez pour acquis que personne ne peut savoir, ce qui sous-entend que ceux qui ont la foi sont des dupes ou des imposteurs.

« Je ne sais pas » ou « On ne sait pas », telle est la question.



→ CONSCIENCE, MENSONGES ET FOURBERIES

Que le mot « conscience » ait deux acceptions [faculté qu'a l'individu de connaître sa propre réalité, perception du bien et du mal] n'est pas étonnant. La seconde découle de la première : l'individu ne peut se demander s'il agit bien

ou mal qu'à partir du moment où il a du recul sur lui.

L'étonnant est que l'expression « agir en conscience » signifie « agir selon le bien ». Peu importe ici qu'aucune définition du bien ne fasse l'unanimité. La langue française sous-entend comme allant de soi que, puisque j'ai conscience du bien et du mal, je vais choisir le bien.

L'éthologie est moins idéaliste. Comment décèle-t-elle que les chimpanzés ont une connaissance d'eux-mêmes ? En constatant qu'ils sont capables de se tendre des pièges les uns aux autres, et de tenter de les déjouer. « Si l'on recherche, dans le monde animal, les degrés les plus élevés de conscience, il faut s'intéresser aux comportements où s'expriment au plus haut point le mensonge, la fourberie, la trahison et d'autres qualités typiques de l'espèce humaine en général, et de ses classes dirigeantes en particulier » [Jacques Ninio, *Au cœur de la mémoire*, Odile Jacob, 2011, p. 120].

Le jour où notre langue écouterait la leçon de réalisme apportée par l'éthologie, l'expression « agir en conscience » signifierait « prévoir au mieux l'effet de mes actes, de façon à dépouiller mes congénères sans qu'ils soient en mesure de me rendre la pareille. »

→ PSYCHOLOGIE ALGÈBRIQUE

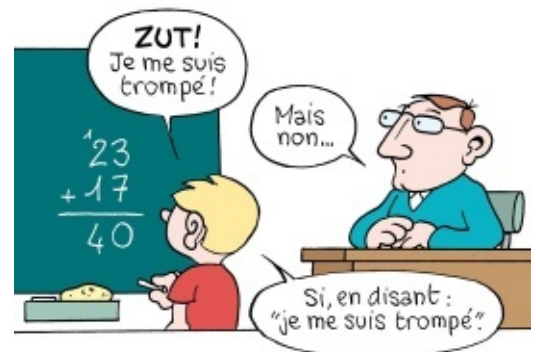
Les hommes n'ont pas tous un bon jugement, mais tous sont persuadés d'en avoir un bon. Ce travers étonne les moralistes. Il n'y a pourtant pas de quoi s'étonner.

Supposons que j'aie un bon jugement et que, m'interrogeant sur moi-même, je me demande si j'ai un bon jugement. Je répondrai, à juste titre : oui.

Supposons que j'aie un mauvais jugement et que, m'interrogeant sur moi-même, je me demande si j'ai un bon jugement. Je répondrai en me trompant, puisque j'ai mau-

vais jugement. C'est-à-dire que je répondrai également : oui.

Plus par plus donne plus. Moins par moins donne aussi plus. Si les moralistes voulaient bien étudier un peu d'algèbre, ils y verraient plus clair dans les méandres de la psychologie humaine !



→ PENSÉES SUR LA PENSÉE

Par ses livres *Comment parler des livres que l'on n'a pas lus ?* (Minuit, 2007) et *Comment parler des lieux où l'on n'a pas été ?* (Minuit, 2012), Pierre Bayard a stimulé l'art des propos mondains. Espérons qu'il viendra aussi au secours des scientifiques, et publiera *Comment rendre compte d'expériences que l'on n'a pas menées ?* et *Comment démontrer des théorèmes dont on ne comprend pas l'énoncé ?*

En attendant de tels ouvrages, Pierre Bayard m'a convaincu que, n'ayant rien lu de Heidegger sinon sa proclamation, souvent reproduite, « La science ne pense pas », je suis bien placé pour commenter celle-ci.

Donner raison à Heidegger est facile. Il suffit d'ajuster le sens des termes à cette fin, et de caractériser la pensée comme un acte réflexif : le penseur est celui qui s'interroge sur sa propre pensée. Or la science n'a pas pour objet de se mettre en perspective ; ses méthodes ne permettent pas de dire ce qu'elle est. Donc elle ne pense pas. Mais donner tort à Heidegger est tout aussi facile. Il suffit d'ajuster autrement le sens du mot « penser ». La science, en cher-

chant des régularités derrière les phénomènes et en proposant d'attribuer ces régularités à des lois, tente une lecture du monde, et cela s'appelle penser.

Heidegger a beau avoir affirmé qu'il ne blâmait pas la science, sa formule trahit son désir de donner le primat à la philosophie. Refusons ce jeu pitoyable. La philosophie pense. La science aussi. Évidemment. Elles n'ont d'ailleurs pas de fierté à en tirer, parce que penser n'évite pas de se compromettre avec le pire – la vie de Heidegger lui-même en atteste.

Si j'ai fait des contresens sur Heidegger, la faute en revient à Pierre Bayard.

→ À QUI PROFITE LE PROGRÈS ?

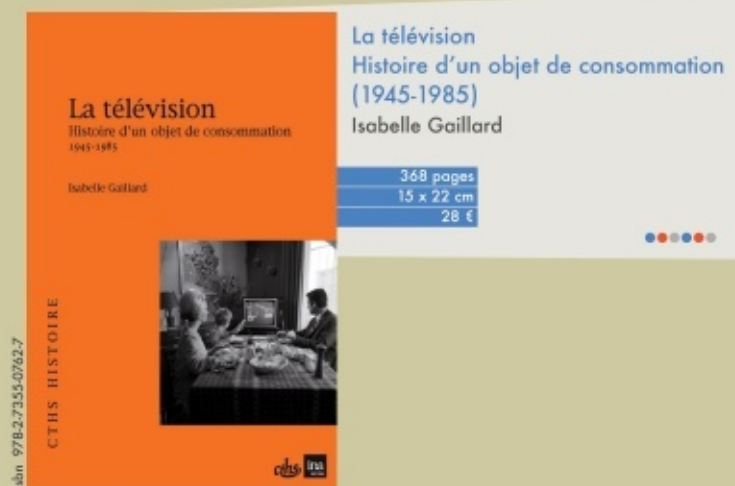
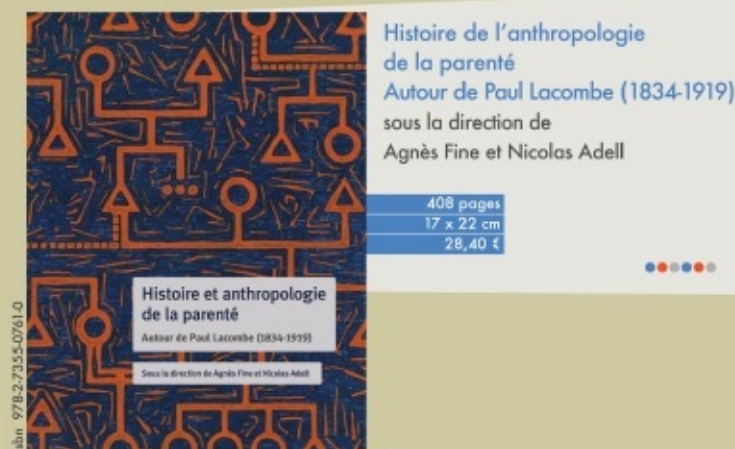
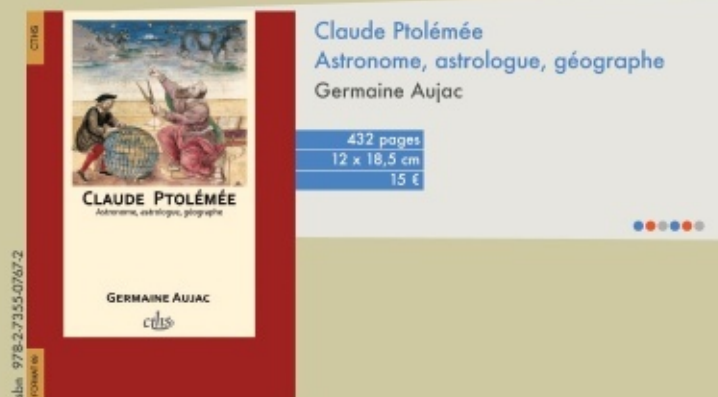
Notre société est constituée d'innombrables composantes n'ayant ni les mêmes buts ni les mêmes atouts. Les avancées qui, *a priori*, paraissent universelles profitent, en fait, aux unes plus qu'aux autres. La technologie tend à aggraver l'exclusion de ceux qui n'ont pas les moyens financiers de suivre. Les progrès de la médecine dépendent d'appareils onéreux, et cela pose la question politique, conflictuelle, de savoir qui va payer.

Les chercheurs et les inventeurs qui, en toute sincérité, escomptent que leurs découvertes profiteront à la société entière négligent le fait que celle-ci n'est pas homogène. Ils risquent de se mettre en réalité au service des plus forts, et d'eux seuls. ■



Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

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



* ventes@cths.fr * vente en librairie ou sur notre site : www.cths.fr * Distribution SODIS *

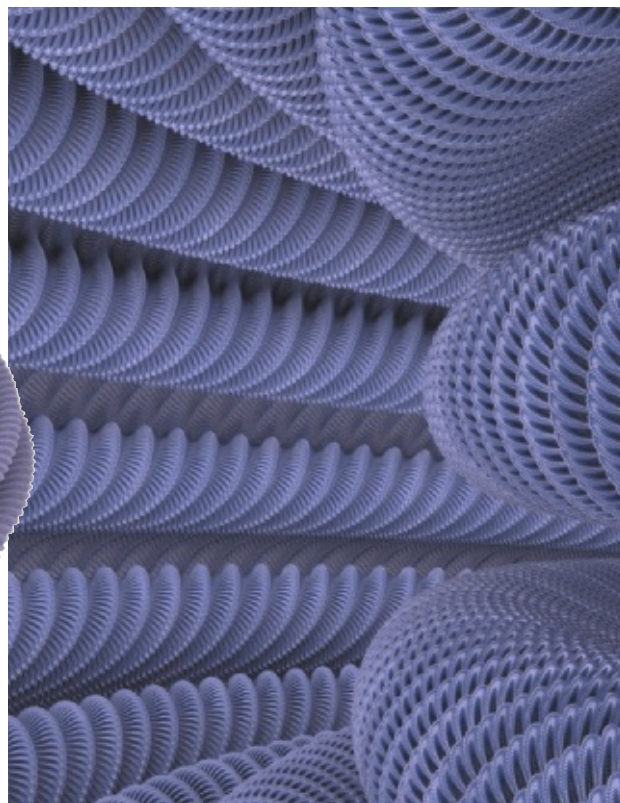
Mathématiques

Le tore plat bien tordu

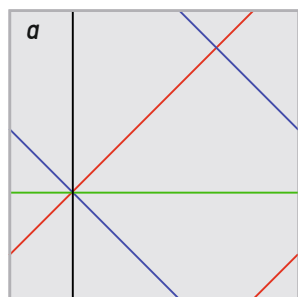
Transformer un carré plat en un tore sans modifier les longueurs : c'est ce qu'ont fait des chercheurs de Grenoble et Lyon.



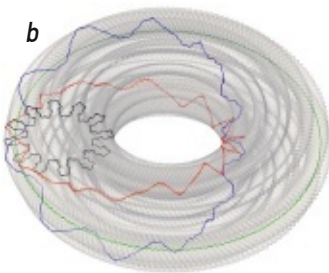
Le tore obtenu par plongement isométrique dans l'espace tridimensionnel du tore carré plat, vu de l'extérieur (*ci-dessus*) et de l'intérieur (*à droite*).



V. Borrelli, S. Jabrane, F. Lazarus et B. Thibert



V. Borrelli, S. Jabrane, F. Lazarus et B. Thibert



Les quatre droites tracées sur le tore carré plat (*a*, en rouge, bleu, vert et noir) sont transformées par plongement isométrique en quatre courbes fermées sur la surface torique de l'espace tridimensionnel (*b*), tout en gardant leurs longueurs initiales.

Le tore ordinaire est une surface fermée en forme de bouée. Il peut être obtenu en courbant un carré de façon à joindre ses côtés deux à deux opposés. Une version abstraite de cette opération consiste à garder le carré plat, mais à identifier ses côtés opposés, de sorte qu'un mobile qui sort du carré par l'un des côtés y revient immédiatement en pénétrant par le côté opposé (comme dans l'ancien jeu vidéo *Pacman*). Le carré muni de cette identification est nommé « tore carré plat ».

Quand on passe du tore carré plat au tore ordinaire, la topologie est préservée, mais pas les distances. Quatre chercheurs de Grenoble et de Lyon (Institut Camille Jordan, GIPSA-Lab et Laboratoire Jean Kuntzmann) ont pourtant construit un tore en 3D qui conserve les distances tracées sur le tore carré plat. C'est ce qu'on appelle un plongement isométrique (le terme isométrie désigne toute transformation qui conserve les longueurs).

Dans les années 1950, le Néerlandais Nicolaas Kuiper et l'Américain John Nash avaient montré

qu'un tel plongement isométrique est possible si l'on n'est pas trop exigeant sur la régularité de la surface obtenue. Plus précisément, c'est possible si cette dernière est de classe C^1 (surface continue et ayant des dérivées premières continues en tous ses points), mais pas si elle est de classe C^2 (dérivées secondes continues, en plus des conditions C^1). Mais personne n'avait jusqu'ici réussi à appliquer le procédé indiqué par Kuiper et J. Nash pour obtenir une représentation du tore.

Vincent Borrelli, Saïd Jabrane, Francis Lazarus et Boris Thibert ont exploité une technique abstraite puissante, dite de l'intégration convexe, due au Russe Mikhail Gromov et développée dans les années 1970-1980. Ils ont ainsi conçu un programme réalisant une suite de plongements du tore carré plat dans l'espace, lesquels deviennent de plus en plus proches d'un plongement isométrique (celui-ci étant atteint à la limite).

Le tore plat est d'abord transformé en un tore ordinaire où toutes les longueurs sont raccourcies, puis

ce dernier est déformé par une succession d'ondulations, dénommées corrugations, de plus en plus fines. Les déformations sont telles que les longueurs sont étirées différemment selon les directions, jusqu'à ce que l'on retrouve, à la limite, les mêmes longueurs que dans le tore carré plat.

Quatre itérations ont suffi pour construire une surface qui ne se modifie plus de façon visible. Elle ressemble à une fractale, avec des corrugations s'emboîtant à toutes les échelles, mais ce n'en est pas exactement une. En effet, cette surface torique a en tout point un plan tangent, contrairement aux fractales, beaucoup plus irrégulières. V. Borrelli et ses collègues ont qualifié de « fractale C^1 » le type de surface obtenue.

Ces travaux ont une portée plus grande qu'il n'y paraît. Entre autres, ils montrent que l'intégration convexe est utilisable pour calculer des solutions d'équations aux dérivées partielles, omniprésentes dans les sciences.

→ Maurice Mashaal

V. Borrelli et al., PNAS, en ligne, 20 avril 2012

Paléontologie

Un spinosaure en Asie

Égypte, Angleterre, Niger et Brésil : ce sont les seuls pays où l'on avait découvert des spinosaures, dinosaures carnivores au museau allongé et doté de dents proches de celles des crocodiles. Dès lors, on imaginait que le continent asiatique n'avait hébergé aucun de ces reptiles. C'était une erreur ! Ronan Allain, du Muséum national d'histoire naturelle (CNRS/UPMC), et ses collègues ont mis au jour un spinosaure à Tang Vay, au Laos.

L'animal est nommé *Ichthyovenator laosensis*, soit « le chasseur laotien de poissons », en référence à son régime piscivore. Outre leur gueule de crocodile, les spinosaures se distinguent souvent par une voile, portée par des prolon-

gements osseux (des épines neurales) des vertèbres dorsales et caudales. Cette spécificité a conduit les paléontologues à l'identification du fossile.

Précisons que cette découverte, qui prouve la présence de spinosaures en Asie, et donc dans

le monde entier, valide les travaux du paléontologue français Eric Buffetaut : avec Rucha Ingavat, il avait formulé cette hypothèse dès 1986, sur la base de dents mises au jour en Thaïlande.

→ **Loïc Mangin**

Naturwissenschaften, en ligne, 18 avril 2012



En bref

SOINS AUX NANOPARTICULES

Une maladie nommée infirmité motrice cérébrale est responsable de troubles moteurs chez environ trois enfants sur 1 000. Des chercheurs américains l'ont partiellement soignée chez le lapin, à l'aide d'une molécule anti-inflammatoire liée à une nanoparticule (un polymère synthétique). Les nanoparticules ont fait franchir la barrière hémato-encéphalique au médicament et l'ont guidé jusqu'aux cellules cérébrales lésées, selon des mécanismes qui restent à découvrir.

RECORD À NEUF PLANÈTES

Le spectromètre HARPS, installé sur un télescope européen à La Silla, au Chili, mesure les variations de vitesse radiale d'une étoile dues aux planètes en orbite. Suite à une nouvelle analyse des données de cet observatoire, l'astronome Mikko Tuomi, de l'Université de Hertfordshire, a calculé qu'il y aurait neuf planètes autour de l'étoile HD 10180 et non sept comme on le pensait. Les deux nouvelles sont très proches de leur étoile. Par son nombre de planètes, ce système est le plus important connu à ce jour.

MOINS DE ZONES HUMIDES

Les zones humides (marais, tourbières, etc.) se raréfient : à l'échelle du globe, leur étendue a diminué de six pour cent entre 1993 et 2007. Des chercheurs du CNRS et de l'IRD l'ont montré à partir de cartographies effectuées par satellite. La contraction est la plus forte dans les régions où la population a le plus augmenté. Cela confirme le rôle de l'homme, notamment via l'assèchement des marais pour l'urbanisation et les prélèvements d'eau pour l'agriculture.

Neurosciences

Les facultés conceptuelles des abeilles

Moins d'un millimètre cube : c'est la taille du cerveau d'une abeille, qui comprend environ 960 000 neurones, contre 100 milliards pour un cerveau humain. Pourtant, les capacités cognitives de l'insecte sont étonnantes. Avec leurs collègues, Aurore Avarguès-Weber et Martin Giurfa, de l'Université de Toulouse, ont montré que l'abeille est capable, pour prendre une décision, d'utiliser simultanément deux concepts abstraits (indépendants d'objets physiques particuliers), à savoir ceux de position relative et de différence.

Dans leur expérience, les chercheurs affichaient deux images tantôt l'une au-dessus de l'autre, tantôt côte à côte. Un orifice situé entre les deux images donnait soit une récompense (une goutte d'eau sucrée), soit une sanction (une goutte de quinine). Les abeilles étaient entraînées à privilégier l'une ou l'autre des relations spatiales entre les images : pour cer-



Les abeilles ont été entraînées à reconnaître des relations particulières entre deux images (par exemple, des images distinctes et situées l'une au-dessus de l'autre). Le dispositif visible au centre livre une récompense ou une sanction.

tains individus, par exemple, des images l'une au-dessus de l'autre étaient systématiquement associées à la récompense. En outre, lors de l'entraînement, les deux images étaient différentes, afin de tester si les abeilles intégraient aussi cette relation.

Après une trentaine d'essais, ce qui correspond à un entraînement d'environ trois heures, les abeilles choisissaient toujours les combinaisons gagnantes : des images différentes et qui présentaient la disposition spatiale récompensée (par exemple, « l'une au-dessus de l'autre »). Elles faisaient ce choix même quand elles étaient confrontées à des images qu'elles n'avaient jamais vues. Cela signifie que leur cerveau, bien que minuscule, avait intégré les concepts de position relative et de différence, indépendamment des objets physiques qui les sous-tendent.

→ **Guillaume Jacquemont**

PNAS, en ligne, 19 avril 2012

Génétique

Le silence des gènes expliqué

Les microARN sont des petites molécules d'ARN dites non codantes (elles ne sont pas traduites en protéines) qui jouent un rôle important dans le contrôle de l'expression des gènes. Normalement, un ARN messager, noté ARNm, code une protéine. Mais quand un microARN s'associe à un ARNm, il l'empêche d'être traduit en protéine. On ignorait cependant le détail de cette répression : s'agit-il d'un « simple » blocage, ou l'association entre le microARN et l'ARNm conduit-elle à la dégradation de l'ARNm ?

Deux équipes, celle de Sergej Djuranovic, de l'Université Johns Hopkins, et celle de Ariel Bazzini, de l'Université Yale, ont précisé

les étapes de ce mécanisme essentiel par lequel des gènes sont réduits au silence.

Le premier groupe s'est intéressé à la cinétique des événements dans des cultures de cellules issues de mouches drosophiles. Le second a étudié le fonctionnement des microARN chez le poisson zèbre. Leurs travaux montrent qu'un microARN bloque la traduction d'un ARNm, et que cet ARNm subit ensuite une transformation nommée déadénylation, où est éliminée la queue poly(A) – une suite de nucléotides de type adénosine (A) située à l'extrémité des ARNm. Cette queue poly(A) est essentielle à l'initiation de la traduction en protéine

et à la stabilité de l'ARNm : la durée de vie d'un ARNm dans le cytoplasme est d'autant plus longue que cette queue l'est aussi. Aussi, son élimination opérée par le microARN entraîne la rapide dégradation de l'ARNm.

On en déduit que le microARN agit grâce à deux mécanismes indépendants, le blocage de la traduction et la déadénylation, ce qui optimise la répression de l'ARN cible, donc du gène correspondant. L'importance de chaque processus dépendrait du microARN concerné, mais aussi du type de cellule.

→ L. M.

S. Djuranovic et al., *Science*, vol. 336, pp. 237-240, 2012 ;

A. Bazzini et al., *ibidem*, pp. 233-237

Un microARN. Ce type de molécule empêche un gène de s'exprimer en bloquant l'ARN messager correspondant et en le transformant.

© Shutterstock/moleculabe

90 × 10⁻¹⁸ JOULE : le dispositif optoélectronique conçu par l'équipe d'Edo Waks, aux États-Unis, n'a besoin que de cette énergie pour rediriger un faisceau lumineux.

Astrophysique

Des poussières dans l'œil de Fomalhaut

La photographie de l'étoile Fomalhaut prise par le télescope *Hubble* en 2004 a marqué les esprits car elle rappelait l'œil de Sauron dans le film *Le seigneur des anneaux*. Pour les astrophysiciens, cette étoile jeune – âgée de quelques centaines de millions d'années et distante de 25 années-lumière – est un objet d'étude riche d'enseignement sur la formation des systèmes stellaires. Elle héberge, à plus de trois fois la distance Soleil-Pluton, un anneau de débris et de poussière et, probablement, des planètes qui, en attirant la matière, rendent nets les bords de l'anneau. Des astrophysiciens ont utilisé l'interféromètre ALMA, dans le désert d'Atacama, au Chili, pour étudier

ces planètes. Ils montrent que leur masse est d'au plus quelques fois celle de la Terre. On pensait jusqu'à présent qu'il s'agissait de planètes géantes gazeuses.

D'après les observations du télescope spatial *Herschel*, l'an-

neau est constitué de grains de poussière dont la taille ne dépasse pas quelques micromètres. Ces particules s'agglutinent en agrégats peu liés, de la même façon que les particules de poussière cométaire du Système solaire.

Cependant, comment se régénère cet anneau de fines poussières qui, normalement, devraient être soufflées par le vent stellaire ? L'équipe de *Herschel* suppose que des collisions fréquentes d'astéroïdes le réapprovisionnent en grains de poussière. Pour compenser les pertes dues au vent stellaire, il faudrait quotidiennement 2000 collisions d'objets de plus de un kilomètre de diamètre. On en déduit la présence de plus de 1000 milliards d'astéroïdes dans l'anneau, ce qui représente plus d'une centaine de fois la masse de la Terre.

→ Sean Bailly

A. C. Boley et al., *Astrophys. J. Lett.*, à paraître ;
B. Acke et al., *Astronomy & Astrophysics*, vol. 540, A125, 2012



L'étoile Fomalhaut et son anneau de poussière vus par *Herschel*.

Archéologie

Embuscade à l'âge du bronze

Rien n'est plus rare qu'un site de bataille bien conservé. D'ordinaire, les cadavres pourrissent, les os blanchissent et disparaissent, les armes et bagages sont récupérés. Plus tard, la charue détruit le reste. Aussi la découverte des vestiges d'un massacre qui s'est produit il y a 3250 ans dans la vallée du Tollensetal, en Allemagne, est-elle exceptionnelle.

Un groupe d'une centaine de personnes s'était apparemment engagé dans une petite vallée marécageuse traversée d'un cours d'eau, quand un parti plus nombreux l'a attaqué. Les hommes jeunes (la majorité des victimes), dont certains étaient à cheval, ont défendu le groupe, mais n'ont pas eu le dessus. Les fuyards ont suivi la rivière, mais ont été rattrapés, abattus et jetés dans l'eau, ce qui explique l'excellente conservation de leurs restes.

Manifestement, la bataille, violente, visait l'extermination, même

si la sous-représentation des jeunes femmes parmi les victimes suggère que certaines ont été capturées. Sur les 89 individus identifiés par des restes, 40 portent des traces de percussion. L'un des coups de massue constatés sur les crânes correspond à une arme en forme de maillet, que l'on a retrouvée. Une flèche en silex est restée fichée dans le coude d'un des cavaliers. Il semble que l'armement de l'un des camps était en bois et silex, tandis que celui de l'autre était au moins en partie en bronze (pointes de flèches et de lances). Trop précieuses et trop proches des corps pour être perdues, les épées ont sans doute été toutes récupérées.

À une époque où la densité de population était très faible, le rassemblement de plusieurs centaines de guerriers était un événement majeur. Reste à en expliquer la raison.

→ François Savatier

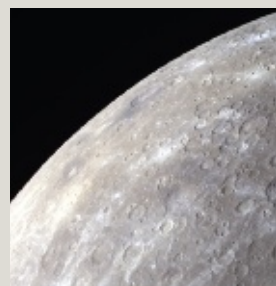


Le crâne ci-dessus (au milieu) a été enfoncé par une sorte de marteau en bois. Les deux pointes de flèche, l'une en bronze (en haut) et l'autre en silex (en bas), illustrent l'importance de l'arc dans les batailles de l'âge du bronze.

En bref

MERCURE : UN GRAND CŒUR

Grâce à l'analyse des anomalies du champ gravitationnel, des relevés topographiques et des études spectrométriques, la sonde *Messenger* dévoile la structure interne de Mercure. Cette planète est atypique avec un cœur volumineux, qui représente 85 pour cent du rayon total. Autre particularité, le noyau est séparé du manteau par une couche d'environ 100 kilomètres d'épaisseur, qui serait riche en fer et en soufre. Reste à intégrer ces résultats dans un scénario cohérent de la formation de Mercure.



MASA/Univ. Johns Hopkins/Inst. Carnegie

Physico-chimie

Du sable au verre : un suivi en temps réel

La difficulté majeure dans la fabrication du verre est d'éliminer les cristaux non fondus et les bulles. L'industrie utilise des mélanges de sable et de carbonates de calcium et de sodium, qui fondent à environ 1050 °C, mais qui sont portés à 1500 °C pour que tous les défauts soient éliminés. Un procédé efficace, mais très coûteux en énergie. L'amélioration des techniques de production passe par une meilleure compréhension des pro-

cessus microscopiques à l'œuvre. Emmanuelle Goullart, du Laboratoire Surface du verre et interfaces (CNRS/Saint-Gobain), à Aubervilliers, et ses collègues ont œuvré en ce sens. À l'ESRF, l'installation européenne de rayonnement synchrotron, à Grenoble, ils ont suivi par microtomographie par rayons X la transformation du sable en verre.

Le carbonate de sodium agit comme un fondant : il abaisse la température de fusion du mélange

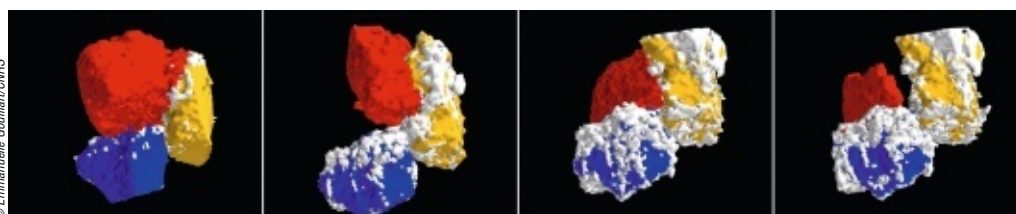
— la silice seule fondrait à 1750 °C. L'étude montre qu'au-dessous de 750 °C, les cristaux de carbonate de sodium se déforment pour épouser la forme des cristaux de silice. Ces éléments réagissent pour former des silicates de sodium.

Le carbonate de calcium protège chimiquement le verre, en particulier vis-à-vis des effets de l'eau. Au contact du carbonate de sodium, il forme des carbonates doubles. Isolé, il se dissocie en chaux et en dioxyde de carbone.

À partir de 810 °C, les premiers cristaux fondent. Mais, en fonction des contacts entre les constituants, certains cristaux ne fondent qu'à des températures supérieures : les grains de silice qui ne sont pas entourés de silicate de sodium sont toujours solides à 900 °C et peuvent créer des défauts dans le verre. Des pistes pour améliorer la fabrication du verre ?

→ S. B.

E. Goullart et al., *The Journal of the American Ceramic Society*, en ligne, 19 mars 2012



Un grain de carbonate de sodium (en rouge) et des grains de silice (en jaune et en bleu). L'élévation de température entraîne la formation de silicate de sodium (en blanc) qui enrobe les grains de silice.

© Emmanuelle Goullart/CNRS

Écologie

Manchots comptés de haut

Les manchots empereurs sont plus nombreux qu'on ne le croyait. C'est ce qu'indique le recensement effectué à partir d'images satellitaires par Peter Fretwell, du *British Antarctic Survey*, et ses collègues : les oiseaux adultes seraient près de 600 000, contre 270 000 à 350 000 selon les estimations précédentes.

Les manchots empereurs, qui vivent dans l'océan, en sortent plusieurs mois par an pour pondre et couvrir. Ils forment alors de grandes colonies, bien visibles sur les étendues blanches de l'Antarctique. Des satellites en ont pris des photographies en haute définition, améliorées ensuite par divers traitements. Les scientifiques ont estimé le nombre d'individus dans chaque colonie grâce à une relation liant ce nombre à la surface occupée par les manchots, avec des corrections pour prendre en compte les oiseaux absents, tels les individus trop jeunes pour se reproduire et restés en mer. C'est le premier recensement d'une espèce effectué depuis l'espace.



Sur cette vue obtenue par satellite, les colonies de manchots apparaissent en noir et leurs traînées de guano en marron.

→ G. J.

P. Fretwell et al., *PLoS ONE*, en ligne, 13 avril 2012

Biologie

De la résistance cellulaire

D'où vient la résistance des cellules, capables de supporter de fortes tensions sans se déchirer ? De leur faculté à recruter des lipides en masse dans leur membrane en cas de stress mécanique. En étudiant la réponse de cellules de levures à des étirements, les équipes de Tobias Walther, de l'Institut Max Planck de biochimie de Martinsried, en Allemagne, et de Robbie Loewith, de l'Université de Genève, ont précisé l'un des mécanismes de ce recrutement.

Composée de protéines et de lipides, la membrane cellulaire est constituée de divers domaines, notamment des « eisosomes » répartis régulièrement à la surface de la cellule. Les biologistes ont montré qu'ils jouent un rôle majeur dans le recrutement de lipides. Quand une forte contrainte est exercée sur la cellule, une protéine des eisosomes se déplace vers d'autres domaines membranaires, lesquels contiennent un complexe qui régule la production de lipides, TORC2. La protéine se lie à ce complexe et le suractive, ce qui augmente la production de lipides ; ces derniers s'insèrent alors dans la membrane. Lorsque la tension se relâche, les eisosomes cessent d'envoyer leur message, et TORC2 stoppe la production de lipides supplémentaires.

→ Marie-Neige Cordonnier

D. Berchtold et al., *Nature Cell Biology*, prépublication en ligne, 15 avril 2012

Astrophysique

Matière noire... et à embarras

Depuis 1933 et les premières hypothèses sur la masse manquante du Suisse Fritz Zwicky, la matière noire pose des soucis aux scientifiques. On interprète de nombreuses observations en supposant qu'elle existe en quantité cinq fois supérieure à la matière ordinaire dans l'Univers. Elle explique par exemple le mouvement des étoiles dans les galaxies spirales ou certaines caractéristiques du fond diffus cosmologique. Mais il s'agit d'observations indirectes de la matière noire, dont la nature reste inconnue.

Christian Moni Bidin et ses collègues de l'Université Conception, au Chili, ont étudié, avec un télescope de 2,2 mètres de diamètre de l'Observatoire européen austral de La Silla, le mouvement de 400 étoiles géantes rouges à moins de 13 000 années-lumière du Soleil. Ils ont montré que la matière ordinaire suffit pour expliquer les forces gravitationnelles qui régissent le déplacement de ces étoiles. Ces astrophysiciens concluent que les environs du Soleil sont dépourvus de matière noire. Selon eux, la distribution de cette dernière dans la galaxie n'est pas sphérique comme on le suppose généralement, mais serait aplatie le long du disque galactique, de façon que le Soleil serait en dehors de la zone de matière noire.

Ce résultat, s'il se confirme, est une mauvaise nouvelle pour les

expériences de détection directe. Le principe en est simple : des capteurs traquent l'interaction, au sein du détecteur, d'une particule de matière noire avec un atome. Ces événements sont rares et si la Terre est dans une région pauvre en matière noire, la probabilité de détecter un signal diminue drastiquement.

Cependant, Juan Collar et ses collègues, de l'expérience CoGeNT, dont le détecteur est situé dans la mine Soudan, dans le Minnesota, viennent d'annoncer qu'ils ont obtenu un résultat similaire à celui de l'installation italienne DAMA, au Gran Sasso. Il s'agit d'un signal périodique annuel qui peut s'interpréter ainsi : si le Soleil se déplace par rapport à la matière noire de la galaxie, alors la Terre va contre le « vent » de matière noire pendant la moitié de sa révolution autour du Soleil (six mois) ; le nombre de particules qui croisent les détecteurs est alors plus important qu'au cours des six autres mois, lorsque la Terre va dans le même sens que le vent. Mais contrairement à DAMA et CoGeNT, l'expérience CDMS, également dans la mine Soudan, n'observe pas ce signal périodique. La matière noire ne semble pas prête de s'éclaircir...

→ S. B.

C. Moni Bidin et al., <http://arxiv.org/abs/1204.3924> ; I. Collar et N. E. Fields, <http://arxiv.org/abs/arXiv:1204.3559>



Quelle est la forme du halo de matière noire dans une galaxie spirale telle que M81 (ci-dessus) ou la Voie lactée : une boule ou un disque ?

Neurosciences

Des babouins forts en orthographe

Comment distingue-t-on, en une fraction de seconde, un mot d'une succession aléatoire de lettres ? En lui attribuant un sens, comme le postule la théorie dominante, ou en détectant certaines régularités formelles dans l'enchaînement des lettres ? Jonathan Grainger, de l'Université d'Aix-Marseille, et ses collègues penchent pour la seconde hypothèse : ils ont appris à des babouins à distinguer des mots écrits de pseudomots (des séquences de lettres dépourvues de sens), ce qui montre qu'une telle distinction est possible en l'absence de facultés linguistiques.

Pour enseigner un nouveau mot à un babouin, les chercheurs lui présentaient des séquences de quatre lettres par tranches de 100 : dans 25 cas, il s'agissait du nouveau mot ; dans 25 autres, de mots appris précédemment ; et dans les 50 cas restants, de pseudomots. En pressant une forme ovale ou une croix sur un écran

tactile, le babouin indiquait s'il était confronté à un mot ou à un pseudomot. Il recevait une récompense en cas de bonne réponse. L'animal identifiait ainsi un mot comme une séquence de lettres qui lui était régulièrement présentée (les pseudomots, eux, variaient souvent), sans lui attribuer de contenu sémantique.

Les babouins ont appris plusieurs dizaines, voire centaines, de mots. À mesure des apprentissages, ils distinguaient de plus en plus souvent un pseudomot d'un mot dès la première présentation de ce dernier : ainsi, les singes décelaient des régularités dans l'organisation des mots, tels des groupes de deux lettres apparaissant fréquemment. Cette capacité d'analyse statistique serait donc partagée par l'homme et par certains primates, ce qui suggère qu'elle remonte à l'un de leurs ancêtres communs.

→ G. J.

J. Grainger et al., *Science*, vol. 336, pp. 245-248, 2012

Les babouins partagent avec l'homme des facultés de reconnaissance visuelle et d'analyse statistique, grâce auxquelles ils peuvent apprendre à distinguer un mot d'une séquence aléatoire de lettres.

JUSQU'AU 2 JUILLET 2012

AU FIL DES ARAIGNÉES

JUSQU'AU 2 JUILLET 2012

EXPOSITION AU JARDIN DES PLANTES

GRANDE GALERIE DE L'ÉVOLUTION
36 RUE GEOFFROY SAINT-HILAIRE — PARIS 5^e
<http://araignees.mnhn.fr>

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Logos des partenaires : e, new.com, LE FIGARO, SCIENCE, PSYCHOLOGIES, SCIENCES AVENIR, ANOUS PARIS, Wapiti, metro, etc.

Histoire des sciences

Deux lettres de Descartes

Erik-Jan Bos, de l'Université d'Utrecht, vient de raconter comment, en 2009, il a retrouvé sur Internet une lettre de Descartes. Préparant une édition critique de la correspondance du philosophe et soucieux de ne manquer aucune référence, il tape souvent dans Google les mots «Descartes» et «Autograph letter» (lettre manuscrite). Un jour, le moteur de recherche indique un résultat qui lui est inconnu. John Anderies, le conservateur des collections de l'Université de Haverford, en Pennsylvanie, qui détient le document, lui en fait parvenir une copie. E.-J. Bos découvre alors une lettre volée en France au XIX^e siècle, dans laquelle Descartes confie à son ami Mersenne qu'il a remanié à la dernière minute l'introduction de ses *Méditations métaphysiques*. Par ailleurs, Jean Bonna, collectionneur suisse et correspondant de l'Académie française des beaux-arts, a récemment découvert dans une vente aux enchères une autre lettre perdue. Descartes s'y adresse, *via* Mersenne, au philosophe anglais Hobbes... Des dizaines d'autres lettres restent à retrouver.

→ F. S.

www.bibliotheque-institutdefrance.fr/actualites/Descartes_Haverford.html

Astrophysique

Pas de sursauts à neutrinos

En Antarctique, une équipe internationale traque les neutrinos cosmiques avec l'expérience IceCube – des détecteurs pris dans la glace et sensibles au rayonnement Cerenkov émis par le passage d'un muon, une particule chargée née de l'interaction d'un neutrino avec la matière. Un groupe de physiciens s'est intéressé aux neutrinos provenant des sursauts gamma, des événements violents à l'origine des rayons cosmiques de très haute énergie. Ces sursauts proviennent soit d'étoiles très massives qui s'effondrent en trou noir, soit de la coalescence d'un système binaire d'objets compacts (étoiles à neutrons ou trous noirs). Ces deux phénomènes créent une explosion qui libère une grande quantité d'énergie sous forme de photons, d'électrons, de positrons et de protons. Des neutrinos devraient être produits, mais, en étudiant plus de 300 sursauts gamma, IceCube n'en a détecté aucun. Les modèles actuels décrivant les sursauts gamma surestiment-ils la quantité de neutrinos produits?

→ S. B.

Nature, vol. 484, pp. 351-354, 2012

Physique

Interférences de molécules massives

Markus Arndt et ses collègues, des physiciens de Vienne, Tel-Aviv, Karlsruhe et Bâle, ont mis au point un nouveau dispositif permettant d'obtenir des interférences d'ondes de matière associées à des molécules massives.

Dès 1923, le physicien français Louis de Broglie émit l'hypothèse – depuis confirmée – de la dualité onde-corpuscule : tout objet a un comportement à la fois d'onde et de particule. Mais comme la longueur d'onde est d'autant plus petite que l'objet est massif, il est difficile de voir les effets ondulatoires sur les particules lourdes.

Dans l'expérience des fentes de Young, deux fentes étroites et proches sont éclairées par un faisceau lumineux ; un écran placé derrière les fentes restitue la figure d'interférence : une série de bandes lumineuses et sombres, ou franges. De façon étonnante, si on reproduit cette expérience photon par photon – les particules de la lumière –, l'accumulation des points d'arrivée des particules produit la même figure d'interférence. En 1976, la même expérience était réalisée avec des électrons.

Jusqu'où peut-on augmenter la masse des particules utilisées ? M. Arndt et ses collègues ont utilisé un réseau ultrafin – un ensemble de fentes parallèles fondé sur le même principe que les fentes de

Young – ainsi qu'un dispositif optique permettant de localiser chaque molécule sur l'écran avec une précision de dix nanomètres. Ils ont procédé avec des molécules organiques, la phtalocyanine et l'un de ses dérivés (514 et 1298 unités de masse atomique). Les physiciens obtiennent en quelques minutes une figure d'interférence de ces molécules. Ce dispositif pourrait être utilisé pour des molécules encore plus massives et ainsi explorer la dualité onde-corpuscule à des échelles toujours plus grandes.

→ S. B.

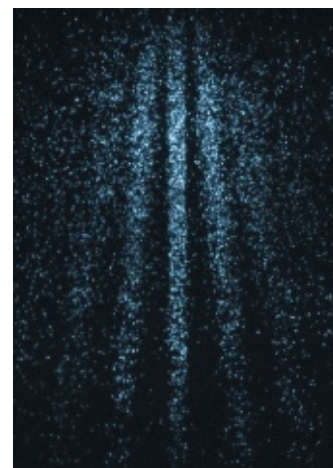
T. Juffmann et al., Nature Nanotechnology, en ligne, 25 mars 2012


Image en fluorescence (fausses couleurs) d'une figure d'interférence obtenue avec des molécules de phtalocyanine.

T. Juffmann et al., Nature Nanotechnology

DERNIÈRE minute ...

UNE ÉTOILE DÉCHIRÉE PAR UN TROU NOIR

À quelque deux milliards d'années-lumière de nous, une étoile vient d'être déchirée par les forces de marée d'un trou noir. C'est ce qu'ont annoncé des astronomes américains, qui ont observé le pic ultraviolet émis par les débris de l'étoile tombant à grande vitesse vers le trou noir. Pour la première fois, ils ont identifié précisément les deux astres : un trou noir

de deux millions de masses solaires et une géante rouge ayant perdu son enveloppe.

LES JUMENTS, PLUS DOMESTICABLES

Selon l'équipe de Vera Warmuth, de l'Université de Cambridge, le cheval a été domestiqué à l'Ouest de la steppe eurasiatique, il y a quelque 6 000 ans, puis les troupeaux de chevaux domestiques se sont multipliés vers l'Est. Dans

ce processus, les éleveurs auraient capturé des juments sauvages, mais évité les mâles, ce qui expliquerait la grande diversité mitochondriale (due aux juments) et la faible variété du chromosome Y (due aux étalons) constatées.

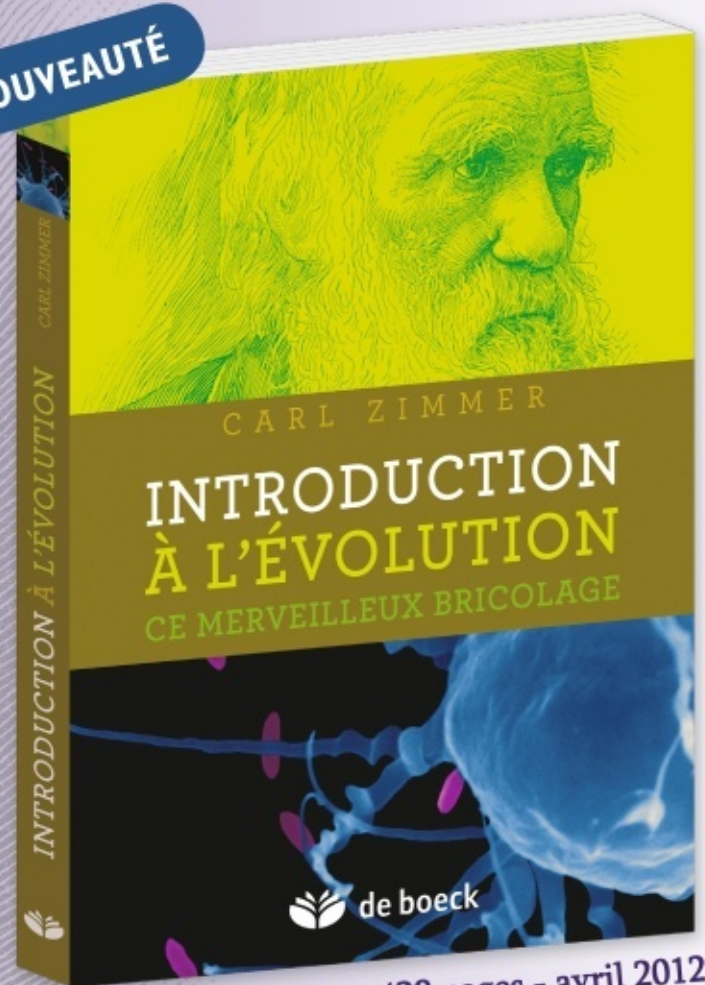


Retrouvez plus d'actualités et toutes les références sur www.pourlascience.fr

INTRODUCTION À L'ÉVOLUTION

CE MERVEILLEUX BRICOLAGE
CARL ZIMMER

NOUVEAUTÉ



47 € - 428 pages - avril 2012

L'évolution est davantage qu'une théorie : c'est une façon de comprendre le monde.

Cet ouvrage retrace les grandes lignes de la science de l'évolution, depuis les pré-darwiniens jusqu'aux derniers développements en génétique et en médecine évolutionniste.

L'étude des phénomènes du monde vivant, tels que la sélection naturelle, l'évolution et la disparition des espèces, n'est pas un champ réservé aux seuls chercheurs. En effet, les implications de ces phénomènes sur notre existence sont nombreuses et colossales.

Un livre abondamment illustré qui offre une introduction claire et complète à l'évolution.



En librairie et sur www.deboeck.com



de boeck

Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ LE TRANSPORT DU FLORIGÈNE

La floraison est le mécanisme essentiel de la reproduction des plantes à fleurs. En 2009, François Parcy expliquait notamment que le « florigène », c'est-à-dire le signal produit dans la feuille et provoquant l'apparition du bouton floral au sommet de la tige, était la protéine FT (voir « Mais qu'est-ce qui fait fleurir les plantes ? », *Pour la Science*, juillet 2009, http://bit.ly/PLS381_Parcy).

Toutefois, le transport du florigène dans les vaisseaux de la plante restait mal compris. Lu Chiu et des collègues de l'Université de Singapour viennent de faire un progrès notable (*PLoS Biology*, 17 avril 2012). Ils ont montré qu'une protéine de la membrane du réticulum endoplasmique – une « usine » de transformation des protéines présente chez tous les eucaryotes (organismes dont les cellules ont un noyau) – s'associe à la protéine FT. Cela permet au florigène de passer des « cellules compagnes », où il est produit, aux cellules du tube criblé, qui sont le point d'entrée dans le système vasculaire assurant le transport de la sève. Ils ont nommé cette protéine régulatrice FTIP1, pour *FT Interacting Protein* ou « protéine interagissant avec FT ». Difficile de faire plus simple...

→ NOUVELLE SIMULATION DU GO

On ne sait pas bien simuler le jeu de go, mais les techniques probabilistes changent la donne, expliquait Sylvain Gelly dans un article où il nous présentait l'approche *MoGo* fondée sur la méthode de Monte-Carlo (voir « L'ordinateur, champion de go ? », *Pour la Science*, avril 2007, http://bit.ly/PLS354_Gelly). Pour leur part, Bertrand Georgeot, de l'Université de Toulouse, et Olivier Giraud, de l'Université Paris-Sud, viennent d'appliquer au go la théorie des réseaux (*Europhysics Letters*, 13 mars 2012). Pour cela, ces physiciens théoriciens ont modélisé le jeu en le réduisant à ses phénomènes locaux. Ils ont défini les 3⁸ « plaquettes » qui consistent en une intersection entourée de ses huit

→ TOUT ACCÉLÈRE : LES GLACIERS ANTARCTIQUES AUSSI

Les banquises de l'Antarctique étayent les glaciers qui débouchent dans les mers entourant le continent blanc et ralentissent ainsi leur avancée. Robin Bell expliquait cela dans un article discutant de l'effet lubrifiant de l'eau circulant sous les calottes de glace (voir « L'eau, une menace pour les calottes polaires », *Pour la Science*, mai 2008, http://bit.ly/PLS367_Bell). Or Hamish Pritchard, du Service de recherche antarctique britannique (*British Antarctic Survey*), et des collègues européens et américains révèlent que c'est surtout la fonte de la base des banquises qui, en les amincissant, facilite leur fragmentation et, de ce fait, diminue, voire annihile, leur rôle d'étalement pour les glaciers (*Nature*, 26 avril 2012). Pour ce faire, les chercheurs ont mesuré par radiométrie laser satellitaire les épaisseurs des banquises et modélisé les névés qui les surmontent afin d'établir une carte de l'amincissement des banquises autour de l'Antarctique. Il en ressort que les glaciers débouchant dans la mer accélèrent avec l'amincissement. Cela prouve que l'épaisseur des banquises est le principal paramètre de contrôle de la vitesse avec laquelle les écoulements de glace antarctiques viennent alimenter la montée des eaux océaniques. Les chercheurs ont remarqué que c'est surtout aux endroits où le courant circumpolaire atteint la banquise que l'amincissement de la glace est le plus important.



Les plaquettes, nœuds du réseau associé au go, sont constituées par une position centrale entourée de ses huit voisines (en bleu).

voisines, lesquelles peuvent être soit vides, soit occupées par une pierre (blanche ou noire). Les symétries de position ou de couleur réduisent le nombre des 6 561 plaquettes possibles *a priori* à 1 107 plaquettes non équivalentes. Ces dernières constituent les nœuds d'un réseau associé au go, dont les liens sont définis par la configuration des arêtes. Il restait aux chercheurs à analyser les évolutions possibles du réseau et à repérer celles qui sont favorables.

B. Georgeot et O. Giraud ont pour cela exploité les 865 parties jouées dans les prin-

cipaux tournois professionnels japonais depuis 1941, auxquelles ils ont ajouté pour comparaison 4 000 parties d'amateurs. Il apparaît que, dans ces parties hautement tactiques, les fréquences des coups choisis par les joueurs respectent la loi dite de Zipf. Remarquée initialement sur la répétition des mots, cette loi empirique stipule que les fréquences d'apparition des coups sont inversement proportionnelles à leur rang dans un classement par fréquences d'apparition décroissantes.

Les chercheurs ont ensuite étudié les différentes « matrices d'adjacence » utilisées en théorie des réseaux pour définir des « graphes pondérés », c'est-à-dire des séquences d'états du réseau dont les liens entre nœuds successifs sont caractérisés par des probabilités. Ces dernières sont liées aux « vecteurs propres » des matrices d'adjacence, qui diffèrent d'un tournoi à l'autre et entre les joueurs professionnels et amateurs, mais qui peuvent être groupés afin de caractériser des types de stratégies. Les deux physiciens sont persuadés qu'en poussant plus loin l'étude de la distribution de ces vecteurs propres, on pourra concevoir un simulateur capable de battre les meilleurs professionnels. À suivre...

François Savatier