

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

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédacteurs : François Savatier, Marie-Neige Cordonnier,
Philippe Ribeau-Gésippe, 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-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 : François Combes,
Didier Demolin, Mohammad Heydari-Malayeri,
Évelyne Host-Platret, Nunzio Lanotte, Philippe May,
Christophe Pichon, Patrice Pomey, Sevet Sen,
Rossana Tazzioli, Jean-Philippe Uzan.

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

(jf.guillotin@pourlascience.fr)

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

Magie et complexité

« Même quand nous comprenons ce [que les magiciens] font, le processus par lequel ils y sont arrivés nous est inaccessible. Ils n'ont que très rarement, voire jamais, d'élèves, car [...] il doit être terriblement frustrant pour un jeune esprit brillant d'être confronté aux voies impénétrables de l'esprit d'un magicien. Richard Feynman est un magicien d'un niveau exceptionnel. »

Pourquoi Richard Feynman, qui, en 1965, partagea le prix Nobel de physique avec Julian Schwinger et Sin-Itiro Tomonaga, fut-il qualifié de magicien par le mathématicien Mark Kac qui travailla avec lui ? Un magicien réalise ce qui semble impossible avec une apparente facilité. C'est ainsi qu'avec ses colauréats, il travailla à l'élaboration de l'électrodynamique quantique, théorie qui décrit l'interaction électromagnétique des particules chargées. Pour ce faire, il élaborait notamment des figures – les diagrammes qui portent son nom – permettant de représenter et de calculer ces interactions. Toutefois, aussi puissants soient-ils, les diagrammes de Feynman sont devenus insuffisants pour traiter, par exemple, la complexité des interactions des particules dans le LHC, le grand collisionneur de hadrons. Une nouvelle méthode, dite d'unitarité, prolonge celle de Feynman (voir *Boucles et arbres, à la recherche d'une nouvelle physique, page 72*).

La complexité est parfois un atout.

Mais la complexité est parfois un atout, car des propriétés nouvelles peuvent en émerger. C'est le cas notamment dans les sociétés d'insectes sociaux – fourmis ou termites, par exemple –, où le chaos semble régner, mais d'où naissent des constructions dont les plans n'ont rien à envier à ceux d'architectes rigoureux et organisés (voir *L'art de la construction chez les insectes sociaux, page 28*). Dans un autre domaine, celui de l'Univers, l'étude des interactions complexes du trou noir situé au centre de la Voie lactée avec son environnement révèle que ce monstre, ni trop vorace ni trop repu, aurait favorisé l'apparition de conditions propices à la vie sur Terre (voir *Les bienfaits des trous noirs, page 22*). La vie serait-elle une propriété émergente des systèmes cosmiques complexes ?

Le cerveau est aussi un système complexe, et la conscience en est une propriété émergente. Sans doute en est-il de même pour les pièges de la conscience, les illusions. Et, pour revenir à Richard Feynman, s'il fut un magicien de la complexité, sa contribution à la physique fut loin d'être une illusion.

1
4

ÉDITO

BLOC-NOTES

Didier Nordon

Actualités

6

Premiers succès
pour *Curiosity*

7

Vers la pilule
pour les hommes ?

9

Des mémoires
ferroélectriques
pour bientôt ?

13

L'aile optimale du cricquet
... et bien d'autres sujets.

14

ON EN REPARLE

Opinions

16

POINT DE VUE

L'imagerie cérébrale
au tribunal ?

Olivier Oullier

17

DÉVELOPPEMENT DURABLE

L'eau comptabilisée
à l'échelle européenne

Philippe Crouzet

21

VRAI OU FAUX

Les *Mac* résistent-ils mieux
aux virus que les *PC* ?

Jean-Yves Marion



Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement *Pour la Science* et un encart « lunettes 3D » brochés sur la totalité du tirage ; une édition spéciale comportant un courrier posé en 4^e de couverture est envoyée à 700 lycées en France métropolitaine.
En couverture : © Kenn Brown, Mondolithic Studios

À LA UNE

22

ASTROPHYSIQUE

Les bienfaits des trous noirs

Caleb Scharf

Le monstre supermassif qui engloutit de la matière au centre de la Voie lactée a peut-être joué un rôle clef dans l'apparition de conditions propices à la vie dans notre région de la Galaxie.

28

ÉTHOLOGIE

L'art de la construction
chez les insectes sociaux

Guy Théraulaz, Andrea Perna et Pascale Kuntz

Les termitières et les fourmilières sont des prouesses architecturales. Pourtant, chaque ouvrier bâtisseur n'a qu'une perception locale du nid qu'il construit. Des modèles simples révèlent leurs secrets.

Portfolio 3D

Lunettes en page 28

36

ÉTHOLOGIE

Voyage au centre des termitières
et des fourmilières

G. Théraulaz, F. Picarougne et Ch. Jost

Grâce à la tomographie à rayon X et à une reconstitution informatique, des éthologues visitent virtuellement les galeries de ces nids à l'architecture remarquable. Voici les premières images de leur voyage. À vos lunettes 3D !

44

ARCHÉOLOGIE

Les mégalithes
de Sumatra

Dominik Bonatz

Les mégalithes des hautes terres de Sumatra, que l'on croyait néolithiques comme ceux d'Europe, témoignent en fait des intenses échanges entre les tribus de la forêt et les royaumes bouddhiques du Moyen Âge indonésien.



52 TECHNOLOGIE

Hélium : la pénurie menace

Christian Gianese

L'hélium, indispensable pour de multiples applications, obéit à des contraintes de production et de distribution complexes. Un contexte aujourd'hui si tendu que ce gaz inerte manque déjà.



60 IMMUNOLOGIE

Système immunitaire contre cancer

Eric von Hofe

Et si notre meilleur allié contre le cancer était... notre propre organisme ? Des traitements visant à apprendre au système immunitaire à reconnaître et à combattre les tumeurs sont en cours de développement.

66 LINGUISTIQUE

Les langues du monde : un même débit d'information

Fr. Pellegrino, Ch. Coupé et E. Marsico

Le débit de parole varie selon les langues, mais plus il est rapide, moins chaque syllabe véhicule d'information. Ainsi la vitesse de transmission de l'information est à peu près la même pour toutes les langues.

72 PHYSIQUE THÉORIQUE

Boucles et arbres, à la recherche d'une nouvelle physique

Zvi Bern, Lance Dixon et David Kosower

On calcule les probabilités des processus impliquant les particules élémentaires à l'aide de diagrammes dits de Feynman. Une nouvelle méthode simplifie ces calculs et remet au goût du jour certaines théories unificatrices.



Regards

80 HISTOIRE DES SCIENCES

Les multiples ancêtres du jeu de Nim

Lisa Rougetet

Le jeu de Nim, un jeu numérique simple, a fourni, au début du XX^e siècle, les bases de la théorie des jeux combinatoires.

86 LOGIQUE & CALCUL

La suite de Stern-Brocot, sœur de Fibonacci

Jean-Paul Delahaye

Si la définition de la suite diatomique de Stern est simple, sa structure est riche de propriétés.

92 SCIENCE & FICTION

Pourquoi tant de grosses têtes dans la science-fiction ?

Jean-Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

94 ART & SCIENCE

Les objets impalpables dans l'espace

Loïc Mangin

96 IDÉES DE PHYSIQUE

Les torches à plasma

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

101 SCIENCE & GASTRONOMIE

Conserver les vins au frais

Hervé This

102 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.

→ FAUX PAS

Le pas qu'a fait Neil Armstrong en juillet 1969, lorsqu'il a posé le pied sur la Lune, fut petit pour lui, mais immense pour l'humanité. Le pas qu'il a franchi en août 2012, lors de son décès, fut immense pour lui, mais petit pour l'humanité : quoi de plus banal, à l'échelle de celle-ci, que de mourir ?

Grâce au pas d'Armstrong sur la Lune, on en sait plus sur la Lune. Malgré son pas dans la mort, on n'en sait pas plus sur la mort.

Le pas le plus immense dont l'humanité puisse rêver serait d'accéder enfin à une connaissance rationnelle sur ce qui advient après la mort. Ce pas-là – on pourra marcher sur la Lune tant qu'on voudra – reste interdit.



→ RELATIVITÉ PARTICULIÈRE

Les sociologues des sciences les plus radicaux ne vont pas jusqu'à expliquer les différences entre la théorie classique de la gravitation et la théorie relativiste par les différences de personnalités entre Newton et Einstein. Même si tout savoir est marqué par les conceptions du temps et du lieu où il voit le jour, on ne lui attribue le nom de théorie scientifique que s'il a un minimum indiscutable d'indépendance par rapport aux personnes qui l'ont établi.

Il est douteux que les théories économiques aient ce minimum d'indépendance. Un libéral et un altermondialiste, par exemple, ne hiérarchisent de la même façon ni les facteurs ni la priorité des maux à traiter. Ce qui est théorie aux yeux de l'un est pure idéologie aux yeux de l'autre. L'expression « théorie économique » signifie (soyons un brin polémique !) : « C'est mon point de vue, et je m'y tiens. »

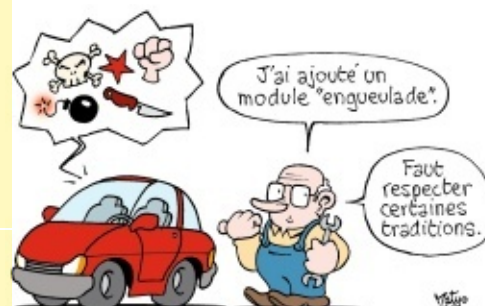
Quant à la famille, c'est un sujet sur lequel aucune réflexion n'est indépendante de son auteur. Un être humain ne peut pas penser la famille en faisant abstraction de ce qui l'a déterminé au plus profond : sa propre famille, avec laquelle (ou contre laquelle) il s'est éveillé au monde. Quand les gens favorables à l'adoption par les couples homosexuels et les tenants de la famille « traditionnelle » se combattent, ce sont des ressentis personnels qui s'opposent, non des théories entre lesquelles des arguments permettent de trancher. Il n'y a pas de théories de la famille discriminant ce qui est souhaitable et ce qui ne l'est pas, mais des constructions individuelles rationalisant des attitudes engendrées par des vécus eux aussi individuels.

→ DRONE D'HISTOIRE

La technologie nécessaire aux drones étant désormais au point, nous allons pouvoir remplacer nos voitures par des drones terrestres. Ces voitures automatisées éviteront mieux que nous les fausses manœuvres, d'où une meilleure sécurité.

Actuellement, la plupart des voitures n'ont d'autre occupant que le conducteur. Devenues drones, elles circuleront vides, puisque le conducteur sera inutile. Il n'y aura donc personne dedans pour s'énervier dans les embouteillages. Nous marcherons tranquillement sur le trottoir en les contemplant de l'extérieur. Et nous tiendrons des

propos amusés sur l'absurdité de la situation à laquelle sa passion pour l'automobile conduit notre civilisation...



→ PETIT DERNIER

Deux termes désignent le lien plus ou moins passionnel qu'un homme entretient avec son pays : patriotisme, nationalisme. Mais il n'y en a aucun pour désigner le lien qu'il entretient avec son époque. Pourtant, un homme est attaché à elle autant qu'à son pays. Détester tout de son époque ferait de lui un inadapté, de même que détester tout de son pays. Forger des analogues temporels aux mots patriotisme et nationalisme s'impose donc.

Le terme « tempisme », pour désigner le fait d'aimer son temps, serait confondu avec « tantpisme » : rejetons-le. Écartons aussi « époquisme », qui serait parasité par la connotation « vieillerie ». Je suggère « chronisme ». Ce mot n'existe pas non plus, mais il apparaît dans beaucoup de composés (anachronisme, synchronisme, etc.), manifestant ainsi un évident désir de naître. Il s'impose donc pour dénommer une notion qui, tout comme lui, n'existe pas, mais ne demande qu'à naître. Quant à l'amour exclusif, excessif, d'un homme pour son époque, je propose « hyperchronisme ». L'hyperchronisme est au chronisme ce que le nationalisme est au patriotisme.

Peut-être objectera-t-on que, le patriotisme et le nationalisme ayant contribué à trop de malheurs, il n'est pas avisé de leur adjoindre des équivalents temporels.

Reproche infondé : on ne peut pas, au nom de l'hyperchronisme, déclarer la guerre à quelque époque révolue et y commettre des atrocités. Du moins, tant que la machine à remonter le temps n'est pas au point...

→ PRISE DE E-POUVOIR

On peut regarder dix fois, cent fois, un même article d'un dictionnaire papier. Celui-ci, avec une patience d'ange, répète dix fois, cent fois, le renseignement qu'il a déjà fourni. Cette pédagogie est la plus mauvaise qui soit. On n'est pas incité à retenir ce qu'on lit, si on est certain de le retrouver dans le dictionnaire dès qu'on veut.

Le salut viendra des dictionnaires électroniques. Programmons-les pour que, au bout de trois consultations d'un article, celui-ci s'efface à jamais. L'utilisateur peut donc consulter l'article, l'oublier, le consulter une deuxième fois, l'oublier encore. À la troisième reprise, le dictionnaire avertit : « Vous consultez cet article pour la dernière fois. Faites enfin l'effort de mémoriser ce que vous lisez. » Il ajoute une tirade de longueur et de sévérité proportionnelles au nombre d'articles qu'il a déjà effacés : « Je n'ai jamais vu un utilisateur aussi nul que vous. » Pour s'éviter l'humiliation d'une telle remontrance, l'utilisateur aiguillonnera sa mémoire, laquelle, à force d'être ainsi stimulée, deviendra peut-être – qui sait ? – aussi puissante que celle dont ont joui nos ancêtres avant l'expansion de l'écriture. ■



Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

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



Dictionnaire des sculpteurs
neo-baroques français
(1870-1914)
Guillaume Peigné

560 pages
12 x 18 cm
ill. n. et b.
16 €

ISBN 978-2-7355-0780-1



Guide des sources
de l'histoire de l'art
aux Archives nationales
et aux Archives de Paris
Sous la direction de Martine Plouvier

784 pages
17 x 22 cm
ill. couleur et n. et b.
35 €

ISBN 978-2-7355-0773-6



On est tous dans le brouillard
Essai d'ethnologie urbaine
Colette Pétonnet
Réédition établie par Catherine Choron-Baix

544 pages
12 x 18 cm
ill. n. et b.
16 €

ISBN 978-2-7355-0779-5

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