

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 Tacquenot,
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 : 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

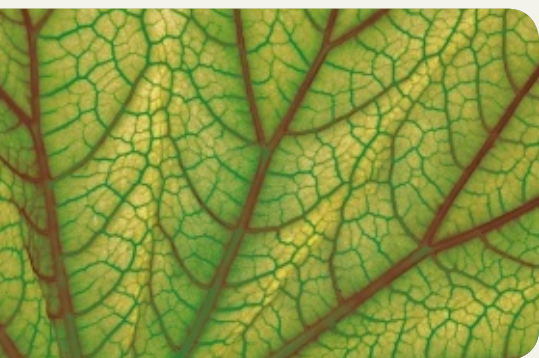
Didier Nordon

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