

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

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

Dossiers Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Rédacteur : Guillaume Jacquemont

Cerveau & Psycho

L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

Directrice artistique : Céline Lapet

Secrétariat de rédaction/Maquette : Annie Tacquenot,

Sylvie Sobelman, Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Site Internet : Philippe Ribeau-Gésippe assisté de Ifedayo Fadoju

Marketing : Élise Abib

Direction financière : Anne Gusdorf

Direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Jérôme Jalabert assisté de Marianne Sigogne

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Conseillers scientifiques : Philippe Boulanger et Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

Michel Arthur, David Baratoux, Xavier Bonnet, Cécile Chevrier,
Frédéric Chevy, Jean-Philippe Chippaux, Gaël Clément,
Serge Crouzy, Étienne Dombre, Sophie Gallé-Soas,
Marion Guillaume, Edith Heard, Étienne Kœchlin, Sid Kouider,
Bruno Malaizé, Mickaël Naassila, Christophe Pichon,
Alberto Podjarny, Emili Saló, Daniel Tacquenot.

PUBLICITÉ France

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

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Bouffaré. Tél. : 01 55 42 84 04

Espace abonnements :

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

Adresse e-mail : abonnements@pourlascience.fr

Adresse postale :

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

Commande de livres ou de magazines :

0805 655 255 (numéro vert)

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

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 conte-
nus 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'adop-
tation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le
nom commercial « Scientific American » sont la propriété de Scientific Ame-
rican, 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-Augus-
tins - 75006 Paris).



Démons maîtrisés

Pierre Simon de Laplace (1749-1827) imagina qu'un esprit supérieur qui connaîtrait à un instant donné tous les mouvements des composantes de l'Univers pourrait en prédire l'état n'importe quand dans le futur. Le démon de Laplace est une expérience de pensée qui matérialise le déterminisme, selon lequel tous les événements physiques, quelle que soit leur échelle, obéiraient aux lois de causalité. Comme celui de Laplace, le démon de Maxwell a une connaissance parfaite du monde, mais à l'échelle des molécules. Le physicien James Clerk Maxwell (1831-1879) – le père de l'électromagnétisme – imagina qu'un démon pourrait trier les molécules d'un gaz en fonction de leur vitesse, et les séparer, au moyen d'une cloison qu'il commanderait, en une partie froide et une partie chaude. Un tel tri viole les lois de la thermodynamique.

Or des physiciens ont mis au point un dispositif expérimental qui joue le rôle du démon de Maxwell et permet d'atteindre des températures proches du zéro absolu. Outre les applications techniques envisagées, ce superfroid pourrait révéler des états inédits de la matière,

Un démon plus facétieux que diabolique

voire permettre de sonder les propriétés de l'antimatière (voir *Un démon de Maxwell pour refroidir les atomes*, page 56).

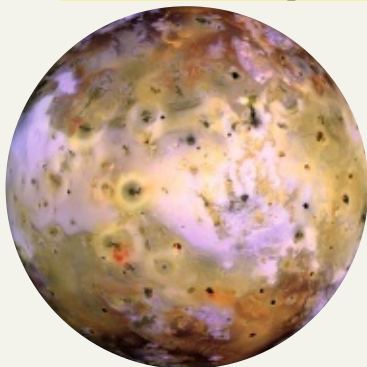
Au VI^e siècle avant notre ère, Socrate lui-même fit appel à un démon. Pour lui, il s'agissait d'une force invisible ou d'une voix intérieure qui l'empêchait d'accomplir une mauvaise action au moment où il en ressentait l'impulsion. Le démon de Socrate a été interprété comme la première expression de la notion de conscience. Or certains neurobiologistes qui étudient la conscience suivent des personnes épileptiques. Plus que toute autre, l'épilepsie a longtemps été considérée comme une manifestation de quelque démon. Aujourd'hui, l'étude des troubles du comportement qui lui sont associés permet de préciser quelques caractéristiques de la conscience, un champ d'étude encore quasi vierge (voir *Les crises de la conscience*, page 40).

Mais le démon de Socrate tenait plus du bon génie que de l'esprit maléfique. Celui de Maxwell était plus facétieux que diabolique. Celui de Laplace était-il trop ambitieux ? Les scientifiques qui cherchent à prévoir le climat futur le pensent sans doute, car ils ne parviennent pas (encore ?) à débarrasser leurs modèles de toute incertitude (voir *Une bande de précipitations mouvante*, page 62).

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

Actualités

- 6 **Un océan de magma sous lo**



- 7 **ADN-ARN : une copie infidèle**
 12 **La danse des chromosomes X**
 12 **L'argent espagnol d'Europe et d'Amérique**
 ... et bien d'autres sujets.

- 14 **ON EN REPARLE**

Opinions

- 16 **POINT DE VUE**
Vitamine D : des insuffisances à éliminer
Laure Esterle
- 17 **DÉVELOPPEMENT DURABLE**
L'innovation au service des plus pauvres
Patrick Kohler
- 20 **VRAI OU FAUX**
Le CO₂ est-il le principal gaz à effet de serre ?
Hervé Le Treut
- 22 **QUESTIONS OUVERTES**
Le baclofène : un relaxant musculaire efficace contre la dépendance à l'alcool ?
Jean-Pol Tassin
 D'un côté, les « résolument pour ». De l'autre, les « foncièrement sceptiques ». Pour dépasser les luttes d'opinions, des études scientifiques validées sont indispensables.

À LA UNE

26 ÉNERGIE

L'hydrogène, une énergie propre pour demain ?

V. Artero, N. Guillet, D. Fruchart et M. Fontecave

Produire de l'hydrogène, le stocker et le convertir en électricité à la demande est désormais possible. Pour que la filière hydrogène devienne compétitive, il reste à en réduire le coût. Les chimistes s'inspirent de bactéries pour perfectionner les catalyseurs utilisés.



36 ÉNERGIE

De l'énergie issue des feuilles artificielles

Antonio Regalado

La photosynthèse utilise la lumière du Soleil et l'eau pour produire de l'énergie. Pourrait-on imiter ce procédé naturel pour obtenir de l'hydrogène ?

40 NEUROSCIENCES

Les crises de la conscience

Don Tucker et Mark Holmes

En observant comment la conscience est altérée lors de certaines crises d'épilepsie, les neuroscientifiques comprennent mieux son fonctionnement normal et découvrent des réseaux cérébraux impliqués.

52 TECHNIQUES MÉDICALES

Les gélules robots

Paolo Dario et Arianna Menciassi

Un voyage dans le corps humain n'est plus du domaine de la science-fiction. De minuscules « robots » pourraient bientôt aider au diagnostic, effectuer des interventions chirurgicales et administrer des médicaments.

56 **PHYSIQUE** Un démon de Maxwell pour refroidir les atomes

Mark Raizen

Une expérience de pensée du XIX^e siècle inspire une technique permettant de manipuler des atomes afin de les ralentir et d'abaisser leur température à des valeurs proches du zéro absolu.

62 **CLIMATOLOGIE** Une bande de précipitations mouvante

Julian Sachs et Conor Myhrvold

En cartographiant les précipitations équatoriales sur le Pacifique depuis l'an 800, les scientifiques reconstituent les déplacements de la ceinture pluviale. Ils obtiennent ainsi un aperçu de l'évolution du climat tropical d'ici 2100.

68 **PALÉONTOLOGIE** Premiers accouplements

John Long

Depuis quand les animaux supérieurs s'accouplent-ils pour procréer? La découverte de fossiles de poissons archaïques, vieux de 375 millions d'années, offre une réponse à la question et éclaire notre propre évolution.



74 **BIOLOGIE ANIMALE** Le serpent à tentacules, un tueur né

Kenneth Catania

Le serpent à tentacules utilise ses appendices pour repérer sa proie et d'ingénieuses stratégies pour la capturer. Et ce, dès la naissance: son comportement de chasse est ancré dans ses gènes.

Regards

78 **HISTOIRE DES SCIENCES**

La controverse du gaz d'éclairage

Jean-Baptiste Fressoz

En 1823, la construction d'une immense usine à gaz rue du Faubourg Poissonnière, à Paris, déclenche une si vaste polémique que le gouvernement demande une expertise à l'Académie des sciences...

82 **LOGIQUE & CALCUL**

Le défi des faibles complexités

Jean-Paul Delahaye

Comme les très petites durées ou longueurs, les faibles complexités sont délicates à estimer. Paradoxalement, leur évaluation exige des calculs colossaux.

88 **ART & SCIENCE**

Le ciel se couvre chez Murillo

Loïc Mangin

90 **IDÉES DE PHYSIQUE**

Scintillations estivales

Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik

93 **SCIENCE & GASTRONOMIE**

Le temps des cerises

Hervé This

94 **À LIRE**

Sur la totalité des numéros:

deux encarts d'abonnement pages 24 et 25.

Encarts commande de livres et abonnement pages 72 et 73.

En couverture: © Shutterstock/Gualtiero Boffi

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 RARE EXPERTISE DU CAPITAINE HADDOCK

Il est dommage que les injures soient, comme tous les mots, dotées d'un sens. Quand vous êtes furieux contre quelqu'un, c'est une limitation, puisque cela les empêche de jouer le rôle que vous en attendez : dire tout le mal qu'il y a à dire de cet individu pire que tout ce qu'on peut dire ! L'injure idéale aurait une puissance de destruction absolue. Elle frapperait dans toutes les directions, comme une bombe atomique, et, dans chaque direction, elle serait d'une précision aussi dévastatrice qu'un rayon laser bien ajusté. Hélas, en l'état actuel du langage, les injures ont toujours un sens soit trop étroit, soit trop vague, si bien qu'aucune ne parvient à exprimer ce que vous ressentez. Voilà pourquoi, quand ça chauffe, il vous reste pour seule ressource, hélas plus théorique que pratique, de traiter l'autre de tous les noms.



→ LA CRITIQUE N'EST PAS SI AISÉE !

Limites de la critique rationnelle. Le malade qui, souffrant le martyre malgré les efforts des médecins, se décide à consulter un charlatan agit de façon rationnelle : tout ce dont il espère la fin de ses souffrances est justifié. Le charlatan agit aussi de façon rationnelle : tout ce qui peut l'enrichir est bon.

La seule critique possible repose sur la morale, non sur la raison. Et encore,

elle ne peut s'appliquer qu'au charlatan. Qualifier d'immorale la conduite d'un malade qui se débat au milieu de grandes souffrances serait déplacé.

Contrairement aux idées reçues, critiquer n'est pas facile.

→ LES ALÉAS DU HASARD

Paradoxe. Les sciences ont fait de grands progrès dans l'étude du hasard. Or rien n'a changé quant au rôle que le hasard tient dans nos vies : surprises et accidents nous bousculent comme ils bousculent les hommes depuis toujours.

C'est que le hasard des sciences est fort différent de celui de la vie courante. Il se situe à l'intérieur d'un cadre fixé, au sein duquel on peut en donner une définition opérante. Cela permet d'aborder des questions comme : dans le cadre des suites de nombres, telle ou telle suite relève-t-elle du hasard ? Dans la vie, le hasard naît au contraire d'un changement de cadre imposé par l'intrusion d'un événement que nul n'attendait. Au moment où je me demande si la suite de nombres relève du hasard, je n'envisage pas le hasard d'une tout autre espèce qui, peut-être, va faire tomber sur mon bureau un avion en perdition et me sortir sans ménagement du cadre approprié à mon étude. Les sciences analysent un hasard appriivoisé, la vie affronte un hasard sauvage.

Quant aux vieux procédés, ils n'ont pas pris une ride. Aujourd'hui comme hier, la pièce lancée en l'air décide de qui engage le match, l'urne contient les sujets d'examen parmi lesquels chaque candidat tire le sien, le loto enrichit l'État en faisant rêver les naïfs. Ces procédés sont d'une curieuse nature intermédiaire. Comme dans la vie courante, ils font changer de cadre, mais, comme en sciences, la situation reste sous contrôle. Ainsi, quand des enfants se disputent un objet, on propose de tirer le vainqueur à la courte paille ; on espère que ce jeu de hasard se substituera à leur querelle et y mettra fin. Cette irruption du hasard est cependant maîtrisée par l'adulte qui tente de ramener le calme.

Le hasard usuel ne pourra relever des sciences que le jour où nous serons à l'abri des imprévus nous forçant à sortir du cadre où nous pensions rester. Inconcevable bouleversement de la condition humaine ! Parions plutôt qu'une part immémoriale d'impondérable demeurera toujours hors d'atteinte de toute science.

« Le Conseil constitutionnel n'a rien laissé au hasard : il est allé jusqu'à tirer au sort l'ordre de passage des candidats » [Gérard Genette, *Bardadrac*, Seuil, 2006, p. 246].

→ MA LIONNE SUPERBE ET GÉNÉREUSE...

On peut s'amuser à trouver chez les animaux un analogue à presque toutes les professions humaines. Musicien : le rossignol. Artiste plasticien : le paon faisant la roue. Ingénieur : le castor construisant un barrage. Pilote : l'oiseau migrateur. Géomètre : l'araignée tissant sa toile. Manipulateur génétique : l'insecte pollinisateur. Spéléologue : la taupe. Ouvrier spécialisé : la fourmi. Agent multiple : le caméléon. Philosophe : la chouette [qui, comme la raison, s'éveille tard]. Quant à s'approprier le bien d'autrui par la force, la ruse ou le parasitisme, ou à prendre le pouvoir dessus, rien d'étonnant à ce que ces procédés constituent l'essence de tant de professions : ils sont omniprésents dans le monde animal.

Le langage familial fait toutefois des distinctions. Il dira volontiers qu'une fourmi traînant sa charge, ou un castor construisant un barrage, travaillent ; il ne le dira pas d'une lionne aux aguets. Pourtant, l'activité de celle-ci s'inscrit dans une organisation

