

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 H.S. Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

L'Essentiel Cerveau & Psycho H.S.

Rédactrice : Bénédicte Salthun-Lassalle

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Sylvie Sobelman,

Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy, Caroline Vanhoove

Site Internet : Philippe Ribeau-Gésippe

Marketing : Élise Abib et Ophélie Maillet assistées de Anaïs Grelet

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 : Christophe Coupé,

Thierry Dauxois, Philippe Delorme, Sophie Gallé-Soas, Evelyne

Host-Platret, Maël Lebreton, Matthieu Leclair, Éric Lingueglia,

Egidio Marsico, François Pellegrino, Christophe Pichon, Jim Reid,

Daniel Tacquet, Richard Taillat, Pascale Thiollier-Dumartin

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

[j.f.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

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 : Fred Guterl, Ricky Rusting, Philip Yam, Mark Fischetti,

Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, Gary Stix,

Kate Wong. President : Steven Inchcoombe. Executive Vice

President : Michael Florek.

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].



Structures cachées

La théorie de la Gestalt, ou théorie de la forme, a été proposée à la fin du XIX^e siècle. S'intéressant à la psychologie de la perception, elle applique l'aphorisme attribué à Aristote : le tout est davantage que la somme de ses parties. Ainsi, un film est plus que la succession des images qui le constituent, une mélodie plus que la simple juxtaposition des notes qui la composent. L'étude des parties ne renseigne pas toujours sur le tout. Mais, à l'inverse, peut-on déduire d'une forme des informations sur ses composants ? C'est précisément ce que font les géophysiciens qui étudient la Soufrière de Guadeloupe. Ils sondent l'intérieur de ce massif volcanique en suivant comment les muons, des particules élémentaires issues des rayons cosmiques, sont atténués lorsqu'ils le traversent, et comment cette atténuation évolue. Ils radiographient, quasi en direct, les entrailles du volcan, espérant un jour déceler dans une modification les prémices d'une éruption (voir *Sonder les volcans avec des rayons cosmiques*, page 44).

Une mélodie est plus que la simple juxtaposition des notes qui la composent.

Ainsi, la structure est l'agencement des parties d'un système complexe qui confère sa cohérence à l'ensemble. Cette définition s'applique notamment au langage. Structuré en plusieurs niveaux (phonèmes, syllabes, mots, phrases, etc.), le langage est organisé en réseaux, les mots étant situés aux nœuds d'un maillage, dont l'étude précise l'origine et l'évolution (voir *La structure en réseaux du langage*, page 36).

Relier une structure et ses constituants, c'est également ce que font les biologistes et les naturalistes qui s'intéressent aux fleurs de glace. Ces sculptures éphémères apparaissent quand un liquide, mélange d'eau et de sève, est extrudé par les pores de la tige de certaines plantes et se fige au contact de l'air froid (voir *Les fleurs et les rubans de glace*, page 20). Ou encore les physiciens qui étudient les écoulements chaotiques : ils ont ainsi montré que, dans les océans notamment, des structures cachées, des « frontières invisibles », servent d'« autoroutes » aux polluants ou aux débris (voir *L'ordre caché des écoulements chaotiques*, page 28). Une nouvelle preuve de l'ordre qui se dissimule derrière le chaos !

1 ÉDITO

4 BLOC-NOTES

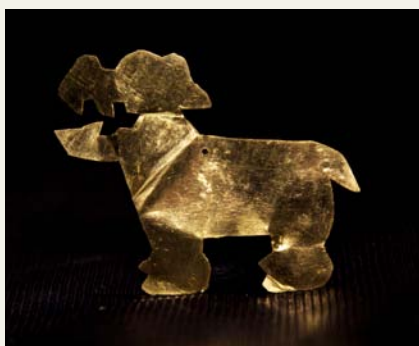
Didier Nordon

Actualités

6 Une jumelle brûlante de la Terre

7 Une souris insensible à la douleur

7 Des pumas au fond du lac Titicaca



10 Des terres rares essentielles à certaines bactéries

... et bien d'autres sujets.

Opinions

16 POINT DE VUE

Cigarette électronique et santé publique

Marion Adler

17 DÉVELOPPEMENT DURABLE
Comment refroidir de façon durable ?

Didier Coulomb

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement
Pour la Science brochés sur la totalité du tirage.
En couverture : © James R. Carter

À LA UNE

20 BIOPHYSIQUE

Les fleurs et les rubans de glace

James R. Carter

Quand les conditions météorologiques sont favorables, les tiges de certaines plantes donnent naissance à de magnifiques structures de glace. Un phénomène rare et partiellement élucidé.

28 PHYSIQUE
L'ordre caché

des écoulements chaotiques

Thomas Peacock et George Haller

De nouvelles techniques d'analyse en mécanique des fluides permettent d'identifier des lignes de séparation. Elles promettent de meilleures prévisions du déplacement des polluants dans les océans ou dans l'atmosphère.

36 LINGUISTIQUE
La structure en réseaux du langage

Ricard Solé, Bernat Corominas-Murtra et Jordi Fortuny

Des techniques d'analyse issues des mathématiques et de la physique révèlent les structures du langage et renseignent ainsi sur son origine et son évolution.

44 SCIENCES DE LA TERRE**Sonder les volcans avec des rayons cosmiques***N. Lesparre, D. Gibert et J. Marteau*

Prévoir les éruptions volcaniques reste un défi pour les scientifiques. La solution viendra-t-elle des muons, issus du rayonnement cosmique, qui permettent de radiographier l'intérieur des volcans ?

52 BIOLOGIE ANIMALE**La migration nocturne des oiseaux, une épreuve extrême***Paul Bartell et Ashli Moore*

De nombreux oiseaux migrateurs parcourent plusieurs milliers de kilomètres en voyageant la nuit. Comment surmontent-ils une telle épreuve ?

**62 ENVIRONNEMENT****La Grande Muraille verte***René Bally et Robin Duponnois*

Le projet de la Grande Muraille verte vise à implanter ou à stabiliser une bande végétale en bordure du Sahara à travers tout le continent africain, afin d'endiguer la progression du désert vers le Sud.

**Regards****70 HISTOIRE DES SCIENCES****Les dessous de la gamme cosmétique *Tho-Radia****Thierry Lefebvre et Cécile Raynal*

Fin 1932, un pharmacien opportuniste fait fortune en créant des produits de beauté à base de radium.

76 LOGIQUE & CALCUL**Bitcoin, la cryptomonnaie***Jean-Paul Delahaye*

La cryptographie et la puissance des réseaux ont rendu possible l'existence de monnaies purement numériques et dépourvues d'une autorité centrale de contrôle.

84 SCIENCE & FICTION**Matière à fiction***J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq***86 ART & SCIENCE****Le retour de la Grande Comète de 1680 ?***Loïc Mangin***88 IDÉES DE PHYSIQUE****Tomber plus vite qu'en chute libre***Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik***93 SCIENCE & GASTRONOMIE****Et si la cuisine traditionnelle était la vraie malbouffe ?***Hervé This***94 À LIRE****Nouveautés numériques****POUR LA SCIENCE.fr**

Le site de référence de l'actualité scientifique internationale

■ L'application *Pour la Science*

Retrouvez dès leurs sorties *Pour la Science* + son hors-série *Dossier Pour la Science* en version numérique optimisée.

■ Les Petits Thématiques

Des compilations numériques fiables et pratiques sur l'actualité scientifique.

■ www.SciLogs.fr

La nouvelle plateforme de blogs scientifiques francophones.



→ BIEN JOUÉ !

Nous retenons mieux, en général, les formules que les raisonnements, et nous nous laissons subjugué par elles. Les démagogues et les sophistes le savent, et savent en tirer profit.

Même dans le domaine de la pensée, les raisonnements, qui devraient pourtant régner sans partage, peuvent être mis en échec par les formules. Ainsi, j'ai beau avoir été convaincu par certains textes critiquant la thèse de Popper selon laquelle « un énoncé, pour être scientifique, doit être réfutable », il n'y a rien à faire : la formule de Popper, simple et frappante, me reste en mémoire, alors que les arguments qui la mettent à mal s'estompent.

Quand le bien dit se met au service du bien pensé, tant mieux. Sinon, nous sommes, dans l'ensemble, plus réceptifs au bien dit qu'au bien pensé. Tant pis !

→ PERFIDES ANALOGIES

« **L**e cerveau ne doit pas être autre chose, à notre avis, qu'une espèce de bureau téléphonique central : son rôle est de "donner la communication", ou de la faire attendre » écrivait Bergson [*Matière et mémoire*]. D'autres auteurs, à la fin du XIX^e siècle, voyaient des analogies entre le système nerveux et le télégraphe. Ces rapprochements datent, aujourd'hui. C'est à un ordinateur que nous comparons le cerveau. Ou, mieux encore, à des ordinateurs en parallèle, puisque le modulaire est à la mode.



Comparer un organe naturel à la dernière en date des réalisations techniques est frappant, mais est-ce pertinent ? Que la technique trouve dans la nature une source d'inspiration toujours renouvelée n'implique pas qu'elle ait pour mouvement de concevoir des objets ressemblant de plus en plus à ceux de la nature. Les hommes regardent les oiseaux, ont envie de voler, ont l'idée de fabriquer des ailes. Suite à quoi, les caractéristiques des avions sont sans rapport avec celles des oiseaux. Le fait que, comme les cerveaux, les ordinateurs calculent et aient de la mémoire ne prouve pas que leurs fonctionnements soient apparentés. Peut-être même, au contraire : puisque la vitesse et la mémoire des ordinateurs surpassent tellement celles des cerveaux, c'est qu'aucune analogie entre eux n'est significative.

Les nouveautés techniques ne sont pas le dernier cri de la nature ! Plus on colle à elles pour décrire la nature, plus vite on risque d'avoir l'air vieillot.

→ DE CAUSE À EFFET

Chacon le constate, la créativité de la nature est impressionnante. Les termes luxuriance, profusion inouïe, incroyable foisonnement, etc., sont courants dans les descriptions des écrivains et des voyageurs, les embranchements sont innombrables dans les classifications des scientifiques. La nature, dirait-on, met en œuvre une inventivité débridée pour explorer jusqu'en ses moindres interstices tout le champ des possibles.

Appliquer un principe de parcimonie pour expliquer les phénomènes naturels est une espèce de pari contre l'évidence, puisque ce principe enjoint de porter à son maximum la disproportion entre l'énorme variété des effets observés et le petit nombre des causes auxquelles on tente de les ramener. Certes, les automates cellulaires prouvent que des règles simples et peu nombreuses peuvent faire surgir des configurations d'une infinie diversité. Mais, à cause justement de leur propension à engendrer du complexe à partir

du simple, les automates cellulaires sont intrigants. Alors, si on parvient à rendre compte de la multiplicité de la nature à partir de peu de facteurs, on ne fera peut-être qu'ajouter à son mystère.

→ RESPECTER LE PROTOCOLE

Lorsqu'ils expliquent quel protocole est désormais appliqué contre telle ou telle maladie, les médecins manifestent souvent une rassurante satisfaction. À les en croire, ce protocole est enfin le bon : s'approchant au plus près de ce qu'il faut faire, il a su tirer les leçons des erreurs qu'on commettait encore il y a seulement 10 ou 20 ans. Voilà qui est rassérénant. Quitte à être malade, mieux vaut l'être maintenant que par le passé.

C'est rassérénant... sauf si on imagine le discours que leurs confrères tiendront dans 10 ou 20 ans. Il est vraisemblable que, *mutatis mutandis*, ce sera à peu près le même. Il y a en effet des chances que le protocole dont les médecins sont contents aujourd'hui révèle des failles cachées : l'histoire est tissée de telles déconvenues. Mais la médecine saura sans doute y remédier – au moins provisoirement. Ainsi, une longue série de changements de protocoles est probable, et ces changements forment un processus que, en tant que malades potentiels, nous avons autant de raisons de craindre que de raisons d'espérer !

