

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédactrice en chef adjointe : Marie-Neige Cordonnier

Rédacteurs : François Savatier, Philippe Ribeau-Gésippe,
Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossier Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef adjointe : Bénédicte Salthun-Lassalle

Développement numérique : Philippe Ribeau-Gésippe

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Sylvie Sobelman,

Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy, Caroline Vanhoove

Marketing : Élise Abib et Ophélie Maillet

Direction financière et 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 :

Jean Bérard, Geneviève Brandeis, Franck Daninos,
Isabelle Gallagher, Jean-Marc Guehl, Stéphane Huvé,
Anne Jambois, Christophe Lacave, Julien Lesgourgues,
Anouck Ody, Philippe Poulin, Cécile Vigneau, Loïc Villain

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

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

Commande de livres ou de magazines :

Pour la Science 628 Avenue du Grain d'Or 41350 Vineuil

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 Inchcombe. 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).



Couleurs et perception

La Terre, planète bleue. Mars, planète rouge. On est habitué à associer des couleurs à certaines planètes du Système solaire. Le reste de l'Univers, plongé dans l'obscurité, semble sans couleurs. Pourtant, les astrophysiciens ont récemment repéré des exoplanètes colorées (en bleu profond, gris, mauve et même noir). Ces couleurs renseignent sur la composition de l'atmosphère de ces objets lointains. Vapeur de sodium, brouillard de particules, qui diffusent ou absorbent certaines longueurs d'onde : les mécanismes qui donnent naissance aux couleurs sont variés (voir *Les couleurs des exoplanètes*, page 20).

D'après le dictionnaire, la couleur est la « sensation résultant de l'impression produite sur l'œil par une lumière émise par une source et reçue directement ou après avoir interagi avec un corps non lumineux. » Définition qui pose une question : quelle est cette « impression » ? Ce serait une perception élaborée par le cerveau, au-delà de la sensation immédiate. La perception permet à un organisme d'interpréter grâce à son système nerveux les sensations reçues du monde extérieur.

Les mécanismes qui donnent naissance aux couleurs sont variés.

Dès lors, la perception implique un système nerveux, ce dont sont dotées les guêpes. Effectivement, leur cerveau est assez élaboré pour qu'elles perçoivent leurs congénères, et même qu'elles les reconnaissent individuellement (voir *La reconnaissance visuelle chez les insectes*, page 28). En revanche, que dire des plantes ? Les biologistes montrent qu'elles réagissent à leur environnement : la lumière, la gravité, le contact par exemple. Les réactions chimiques sous-jacentes mettent en œuvre des molécules similaires à celles présentes dans le règne animal. *Stricto sensu*, les plantes ne « perçoivent » pas leur environnement. Mais faute d'un terme adapté, les biologistes emploient le mot. Ces propriétés des végétaux soulèvent la question des frontières entre le monde animal et le monde végétal (voir *Percevoir et bouger : les plantes aussi !*, page 40).

La perception implique conscience et intelligence, grâce auxquelles le poète Paul Éluard peut écrire dans *L'amour la poésie* (1929) : « La Terre est bleue comme une orange [...] »
Les guêpes fleurissent vert [...]. » ■

1 ÉDITO

4 BLOC-NOTES

Didier Nordon

Actualités

6 L'horizon des trous noirs remis en question

9 *Homo erectus*, deux fois sorti d'Afrique

10 Cancer du sein avancé : vers une médecine personnalisée

11 Des neutrinos massifs, clé d'une énigme cosmologique

12 Équations de Navier-Stokes : une preuve difficile

... et bien d'autres sujets.

Opinions

16 POINT DE VUE

Agir pour rendre l'université plus attractive

Bertrand Monthubert

19 VRAI OU FAUX

Peut-on avoir une acuité visuelle supérieure à 10/10 ?

Laurent et Julia Laloum

65 CAHIER SPÉCIAL

Adaptation au changement climatique

En partenariat avec



Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement brochés sur la totalité du tirage ; un encart « Voyage culturel en Turquie » est posé sur la totalité de la diffusion.

En couverture : © Sdecoret/shutterstock.com

À LA UNE

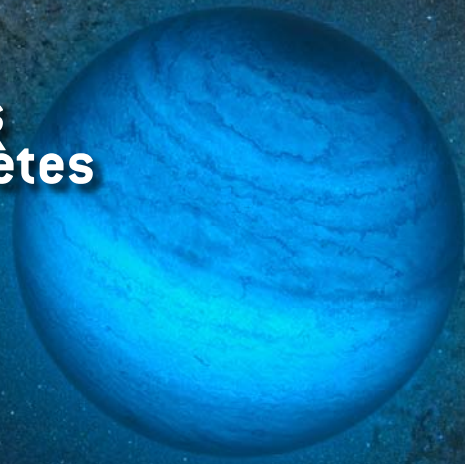
20

ASTROPHYSIQUE

Les couleurs des exoplanètes

F. Pont et Th. Evans

La Terre est bleue, Mars est rouge... Et les planètes extrasolaires ? Isis est la première d'entre elles à avoir révélé sa couleur, livrant ainsi de précieux indices sur la composition de son atmosphère.



28

ÉTHOLOGIE

La reconnaissance visuelle chez les insectes

Elizabeth Tibbetts et Adrian Dyer

Reconnaître les traits faciaux de ses congénères ne requiert pas un cerveau complexe. Certains insectes sont étonnamment doués pour cette tâche.



36

MATHÉMATIQUES

Des coïncidences pas si étranges

David Hand

Quand deux tirages successifs du loto donnent les mêmes numéros gagnants, faut-il être surpris ? En fait, de telles coïncidences, qui nous paraissent très improbables, se produisent souvent – et cela en conformité avec la théorie des probabilités.

40 **BIOLOGIE VÉGÉTALE** **Percevoir et bouger : les plantes aussi !**

*Catherine Lenne, Olivier Bodeau
et Bruno Moulia*

Les plantes perçoivent leur environnement et s'y adaptent par diverses formes de mouvements. Des capacités qu'on a longtemps cru réservées aux animaux et que l'on commence à décrypter.



48 **ARCHÉOLOGIE** **Les débuts européens de la production laitière**

Mélanie Roffet-Salque et Richard Evershed

L'analyse biochimique de tessons de poterie a révélé comment la production laitière s'est mise en place dans l'Europe néolithique et a apporté la preuve que l'on fabriquait du fromage il y a au moins 7500 ans.



56 **MÉDECINE** **Cancer : desserrer les tumeurs pour mieux les traiter**

Rakesh Jain

Dans une tumeur, les vaisseaux sanguins et lymphatiques sont souvent comprimés, ce qui empêche les médicaments anticancéreux d'atteindre leurs cibles. Des cancérologues espèrent améliorer l'efficacité des traitements en réduisant cette compression.

Regards

- 94 **HISTOIRE DES SCIENCES**
**Le monde givré de Bernardin
de Saint-Pierre**
Frédérique Rémy
En 1784, l'écrivain Bernardin de Saint-Pierre imagina d'énormes masses de glaces polaires dont les cycles de fonte auraient régi la Terre.
- 86 **LOGIQUE & CALCUL**
Les preuves de travail
Jean-Paul Delahaye
Donner à des ordinateurs des problèmes à résoudre permet de les freiner. C'est utile pour lutter contre les spams par exemple.
- 100 **SCIENCE & FICTION**
Le retour des Titans
J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq
- 102 **ART & SCIENCE**
**La jupe des derviches :
et pourtant, elle tourne...**
Loïc Mangin
- 104 **IDÉES DE PHYSIQUE**
**La recette d'une belle
mousse de bière**
Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik
- 109 **SCIENCE & GASTRONOMIE**
Des insectes à cuisiner
Hervé This
- 110 **À LIRE**

POUR LA
SCIENCE

Maintenant sur tablette et sur smartphone !

Téléchargez gratuitement
l'application « Pour la Science »



Le 1^{er} numéro est offert !

- lecture intuitive
- sommaire interactif
- contenus enrichis
- feuilletage hors-connexion



→ LE POIDS DE LA POUSSIÈRE

Évaluer le poids de la poussière qui, chaque jour, se dépose sur les meubles et sur les sols des appartements, maisons, foyers, locaux, etc., existant en France.

Évaluer le poids de la poussière ôtée chaque jour, en France, par les balais et les aspirateurs qui s'y agitent.

En déduire que le poids du bâti en France est une fonction croissante du temps.

Quelle est la probabilité qu'un grain de poussière, après avoir été balayé ou aspiré, s'évade de la poubelle et revienne en circulation ? Quelle est la probabilité qu'un grain de poussière ôté d'un meuble dans une maison bordelaise ait déjà été ôté antérieurement du sol d'un appartement parisien ?

Peut-on imaginer un procédé de valorisation qui transforme la poussière en une matière utile et non génératrice de poussière ? Si oui, peut-on espérer que la poussière, un jour, disparaisse et qu'il n'y ait plus jamais besoin de faire le ménage ?

À ceux qui trouveraient frivole cette chronique, rappelons une observation d'Alexandre Vialatte : « L'homme n'est que poussière, c'est dire l'importance du plumeau. »

→ L'AVENIR... AURA BIEN LIEU

Les experts ont beau se réunir en comités de 10, 20 ou 30 afin d'explorer les scénarios possibles pour l'avenir, celui-ci déjoue les supputations. Sur le terrain, les interactions de millions d'acteurs créent des chemins inattendus, qu'aucun comité

ne peut anticiper : l'imagination humaine excède l'imagination humaine !

Cependant, le *crowdsourcing* – en bon français le « collaborat » – permet désormais de faire coopérer une foule entière. Laquelle peut être aussi créative, voire davantage, que l'ensemble des acteurs appelés à façonner l'avenir. Il suffit pour cela qu'elle coïncide avec ledit ensemble. Les prévisions faites par cette foule ne risquent alors pas d'être démenties, étant donné que les interactions en son sein se déroulent « en temps réel » : puisqu'elles sont aussi nombreuses, elles durent un temps égal à celui de la réalisation effective du scénario.

On retrouve, transposé au domaine temporel, le paradoxe de la carte à l'échelle 1. C'est la plus précise, mais c'est la moins utile.

Grâce à cette expérience de pensée, la technologie moderne confirme un constat empirique. La seule façon sûre de connaître l'avenir, c'est d'attendre qu'il se réalise.

→ GREFFES D'IDÉES

Nous sommes portés à considérer toute pensée étrangère comme une forme d'agression à l'encontre de nos propres convictions. [...] Penser, c'est plus souvent refuser qu'accepter. Je pense, donc je récus ce qui est étranger à mes accommodements intérieurs, c'est-à-dire à ma personnalité. [...] L'esprit a une capacité quasi miraculeuse à organiser ses propres défenses contre l'ennemi extérieur, contre le fait ou l'idée inopportune qui risque de déstabiliser son système interne en y introduisant le doute et le trouble » [Georges Picard, *Penser comme on veut*, Corti, 2014].

Lors d'une greffe d'organe, la médecine a appris à inhiber le rejet du non-soi par le soi. Si la greffe d'idée pouvait faire un progrès semblable, la pensée connaîtrait un foisonnement prodigieux. Un cerveau hébergeant une idée qui lui est radicalement étrangère, s'en nourrissant et la nourrissant, porterait en effet des fruits admirables de nouveauté. Greffons la foi à un athée, et il dotera Dieu d'atours qu'aucun croyant n'a jamais conçus.



Greffons la franchise à Tartuffe, et il célébrera la chair en des hymnes dont la hardiesse magnifique supplantera celle du poète le plus voluptueux.

La greffe d'organe permet au corps de survivre, la greffe d'idée permettra à l'esprit de se surpasser.

→ LES VERTUS DE LA BÊTISE

La bêtise est la chose au monde la mieux partagée. La preuve, c'est que les gens qui se piquent d'être intelligents s'en croient souvent exempts – ce qui est une forme criante de bêtise !

« Qu'entendez-vous par bêtise ? », demandera-t-on. Tenter de répondre serait tomber dans un piège. La définir incite à se placer en extériorité par rapport à elle, au risque d'être victime d'un effet paille et poutre : l'auteur ajuste sa définition de façon qu'elle s'applique admirablement aux autres, pas à lui. Il sombre alors dans la bêtise de croire lui échapper.

La bêtise d'autrui est agaçante, révoltante. Mais excrérer la bêtise en général, dans l'abstrait, est vain. Cette vitupération mène soit à s'excréter soi-même, soit à se figurer qu'on échappe au lot commun et à se poser en victime de la bêtise des autres, alors qu'on est coupable aussi.

Quoique le mot bêtise évoque les animaux, la bêtise est une spécialité humaine avant tout. Dire que les bêtes sont bêtes est un pléonasme que même le bon sens vulgaire refuse. Depuis quelques années, cependant, les chercheurs trouvent de plus en plus d'intelligence chez les animaux. Ne doutons pas, alors, qu'ils vont trouver chez

