

**POUR LA
SCIENCE**

www.pourlascience.fr
170 bis boulevard du Montparnasse – 75014 Paris
Tél. 01 55 42 84 00

Groupe POUR LA SCIENCE
Directrice des rédactions: Cécile Lestienne

POUR LA SCIENCE
Rédacteur en chef: Maurice Mashaal
Rédactrice en chef adjointe: Marie-Neige Cordonnier
Rédacteurs: François Savatier, Sean Bailly
Community manager: Aela Keryhuel

HORS-SÉRIE POUR LA SCIENCE
Rédacteur en chef adjoint: Loïc Mangin
Développement numérique: Philippe Ribeau-Gésippe
Conception graphique: William Londiche
Directrice artistique: Céline Lapert
Maquette: Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy
Révisseuse: Anne-Rozenn Jouble
Marketing & diffusion: Arthur Peys
Direction du personnel: Olivia Le Prévost
Direction financière: Cécile André
Fabrication: Marianne Sigogne et Olivier Lacam
Directeur de la publication et gérant: Frédéric Mériot
Anciens directeurs de la rédaction: Françoise Pétry et Philippe Boulanger
Conseiller scientifique: Hervé This
Ont également participé à ce numéro:
Romain Amiot, Silvana Condemi, Chantal Ducoux, Thomas Ferrand, Xavier Müller, Claude Murat, Vincent Wieczny

PRESSE ET COMMUNICATION
Susan Mackie
susan.mackie@pourlascience.fr • Tél. 01 55 42 85 05

PUBLICITÉ France
stephanie.jullien@pourlascience.fr

ABONNEMENTS
Abonnement en ligne: <https://boutique.pourlascience.fr>
Courriel: pourlascience@abopress.fr
Tél.: 03 67 07 98 17
Adresse postale: Service des abonnements – Pour la Science, 19 rue de l'Industrie, BP 90053, 67402 Illkirch Cedex

Tarifs d'abonnement 1 an (12 numéros)
France métropolitaine: 59 euros – Europe: 71 euros
Reste du monde: 85,25 euros

DIFFUSION
Contact kiosques: À Juste Titres ; Stéphanie Troyard
Tél. 04 88 15 12 48
Information/modification de service/réassort:
www.direct-editeurs.fr

SCIENTIFIC AMERICAN
Editor in chief: Mariette DiChristina
President: Dean Sanderson
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. », 162 rue du Faubourg Saint-Denis, 75010 Paris.
© 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).

Origine du papier: Autriche
Taux de fibres recyclées: 30 %
«Eutrophisation» ou «Impact sur l'eau»: P_{tot} 0,007 kg/tonne



Certifié PEFC

Ce produit est issu de forêts gérées durablement et de sources contrôlées.

10-31-1282

pefc-france.org



**MAURICE
MASHAAL**
Rédacteur
en chef

POUR SORTIR DE LA CRISE, SUS À L'ORTHODOXIE!

La partie de la physique théorique qui s'intéresse aux quatre interactions fondamentales connues traverse ces temps-ci ce qu'il faut bien appeler une crise. Trois de ces interactions sont décrites de façon unifiée par le «modèle standard de la physique des particules», édifice théorique achevé au début des années 1970. La quatrième, la gravitation, fait bande à part: elle relève de la théorie de la relativité générale, mise au point par Einstein en 1915. Or le modèle standard est une théorie obéissant aux principes de la physique quantique, tandis que la relativité générale repose sur des concepts classiques, donc très différents.

Cette schizophrénie heurte les physiciens et leur sens de l'esthétique ou de la symétrie, fortement aiguë par les découvertes du xx^e siècle. C'est donc naturellement qu'ils ont recherché une théorie quantique permettant d'englober la gravitation. Seulement voilà, après une soixantaine d'années d'efforts acharnés et d'idées brillantes, une théorie quantique de la gravitation manque toujours. Et pour couronner le tout, le modèle standard, que l'on sait pourtant incomplet, ne montre aucune faille susceptible d'orienter vers une théorie meilleure – tandis que l'espoir de découvrir expérimentalement et dans un avenir proche de nouvelles particules, indicatrices d'une nouvelle physique, est bien mince.

Comment sortir de l'impasse? Antoine Tilloy décrit ici une issue possible (*voir pages 28 à 37*): faire l'hypothèse très peu orthodoxe que la gravitation reste d'essence classique et chercher à la coupler avec la matière, d'essence quantique. Pour ce faire, explique-t-il, on est amené à s'interroger sur les concepts fondamentaux de la physique quantique – c'est-à-dire à remettre en question l'interprétation orthodoxe de cette théorie, qui prévaut depuis près de cent ans.

En cherchant une meilleure théorie de la gravitation, finira-t-on ainsi par mieux comprendre les très étranges lois auxquelles obéit le monde quantique? On assisterait alors à l'un de ces cocasses retournements de situation dont l'histoire a le secret. ■

SOMMAIRE

N° 495 /
Janvier 2019

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- L'inosine, ingrédient possible des débuts de la vie
- Antibiorésistance: impact en hausse en Europe
- Les premières machines molles artificielles
- Des fractales quantiques
- Grippe: un traitement universel grâce au lama?
- Une preuve de l'avantage des ordinateurs quantiques
- Un processus culturel chez la drosophile
- Les plus anciennes peintures sont à Bornéo

P. 20

LES LIVRES DU MOIS

P. 22

AGENDA

P. 24

HOMO SAPIENS INFORMATICS

Limiter la vitesse des voitures autonomes?

Gilles Dowek

P. 26

CABINET DE CURIOSITÉS SOCIOLOGIQUES

Repousser le dernier moment

Gérald Bronner

GRANDS FORMATS



P. 38

GÉOSCIENCES

LE RUAPEHU, UN VOLCAN SENSIBLE À LA LUNE

Corentin Caudron

On sait que la Lune ne fait pas pousser les cheveux ni ne déclenche les naissances. Mais l'astre de la nuit agit sur les marées... et peut-être sur les volcans.



P. 54

MATHÉMATIQUES

L'ANALYSE DE FOURIER, PILIER DU NUMÉRIQUE

Patrick Flandrin, Stéphane Jaffard et Jean-Michel Morel

Représenter une fonction quelconque sous la forme d'une somme de fonctions élémentaires: cette méthode, mise au point au XIX^e siècle par Joseph Fourier, a connu plusieurs avatars récents et joue un rôle clé dans la révolution numérique.



P. 44

BIOLOGIE

LA GÉNÉALOGIE D'UNE TUMEUR

Jeffrey Townsend

Dans un cancer, le principal danger vient des métastases de la tumeur primaire. La détermination de l'arbre de parenté des tissus cancéreux chez un même patient a montré que ces tumeurs secondaires ont pour origine plusieurs mutations clés survenues très tôt dans le foyer initial.



P. 64

PALÉONTOLOGIE

LE TRIOMPHE IMPROBABLE DES DINOSAURES

Stephen Brusatte

L'histoire était entendue: à leur apparition, les dinosaures avaient vite surpassé les autres vertébrés. Faux, indiquent de nouveaux fossiles. Rien ne prédestinait les terribles lézards à devenir les maîtres du Mésozoïque.



POUR LA
SCIENCE.FR
LETTRE D'INFORMATION

NE MANQUEZ PAS
LA PARUTION DE
VOTRE MAGAZINE
GRÂCE À LA NEWSLETTER

- Notre sélection d'articles
- Des offres préférentielles
- Nos autres magazines en kiosque



Inscrivez-vous
www.pourlascience.fr



En couverture :
© Agsandrew/Shutterstock.com

Les portraits des contributeurs
sont de Seb Jarnot