

**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

HORS-SÉRIE POUR LA SCIENCE
Rédacteur en chef adjoint: Loïc Mangin

Développement numérique: Philippe Ribeau-Gésippe
Community manager: Aëla Keryhuel

Conception graphique: William Londiche
Directrice artistique: Céline Lapert
Maquette: Pauline Bilbault, Raphaël Queruel,
Ingrid Leroy, Patrick Cœurui
Révisseuse: Anne-Rozenn Jouble
Marketing & diffusion: Arthur Peys
Chef de produit: Charline Buché
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:
Gustavo Alcuni, Maud Bruguère, Eric Buffetaut,
Pauline Colinet, François-Xavier Coudert, Philippe Lopez,
Christophe Risacher, Jérôme Sueur

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

É DITO



**MAURICE
MASHAAL**
Rédacteur
en chef

TROIS COUPS DE PROJECTEUR

Les chiffres ronds ont une vertu, celle d'être plus immédiatement accessibles à la conscience que les autres nombres, d'où leur place dans les célébrations. *Pour la Science* profite ainsi de son 500^e numéro pour faire une pause dans le maelström du flot de découvertes et donner un coup de projecteur sur trois des grandes théories qui marquent la science moderne: la théorie quantique, celle de l'évolution et celle de l'inconscient.

Comme le montrent les trois dossiers que nous vous proposons, ces domaines connaissent depuis plusieurs décennies de passionnantes... évolutions. Par exemple, du côté de la physique quantique, les réflexions sur les problèmes d'interprétation se sont renouvelées tout en faisant apparaître des liens avec la quête d'une théorie quantique de la gravitation. Du côté de la théorie de l'évolution, les mécanismes de modification des espèces se précisent et se révèlent d'une richesse et complexité inattendues, notamment avec ce qu'on appelle l'épigénétique. Du côté de l'inconscient, enfin, les idées freudiennes s'effacent peu à peu devant les découvertes de la psychologie expérimentale et des neurosciences, lesquelles esquissent une théorie bien différente du fonctionnement de l'esprit humain.

Quantique, évolution, inconscient, ces mots clés exercent une forte attraction. Pas toujours pour le meilleur. Des charlatans accolent l'adjectif «quantique» à leurs élocubrations pour leur donner un vernis de science et de mystère. Des pourfendeurs de la théorie de l'évolution l'attaquent avec incompétence ou malhonnêteté intellectuelle pour des raisons religieuses. Et des psychothérapeutes improvisés invoquent l'inconscient pour lui faire dire n'importe quoi... On peut s'en désoler; mais n'est-ce pas aussi une preuve supplémentaire que les trois théories touchent à des choses essentielles? ■

Nous avons eu la tristesse d'apprendre le décès, le 19 avril, de Marie-Claude Brossollet, qui a dirigé les éditions Belin de 1994 à 2008 et le groupe *Pour la Science* de 2003 à 2010. Toute l'équipe de *Pour la Science* adresse ses sincères condoléances à sa famille et à ses proches.

SOMMAIRE

N° 500 /
Juin 2019

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Un témoignage géologique des derniers instants des dinosaures
- Biodiversité mondiale: un rapport accablant
- Du nouveau sur l'origine des mitochondries
- Multiplier plus vite
- La molécule HeH^+ enfin vue dans l'espace
- Le cerveau à l'échelle de la cellule, en 3D et en couleurs
- Recette pour MOF amorphe
- La première vraie image d'un trou noir
- Deux nouvelles pièces du puzzle dénisovien

P. 16

LES LIVRES DU MOIS

P. 18

AGENDA

P. 20

HOMO SAPIENS INFORMATICS

La vertu des masques
Gilles Dowek

P. 22

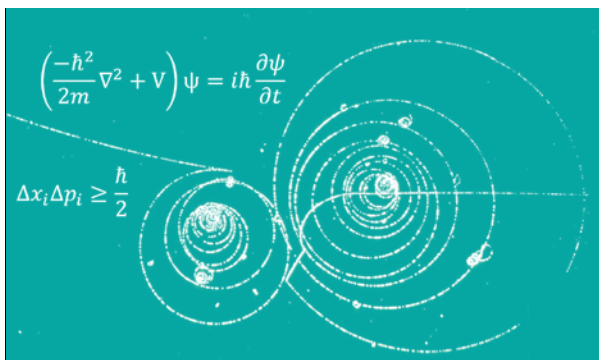
QUESTIONS DE CONFIANCE

L'État ubérisé et l'intérêt général
Virginie Tournay

LE RENOUVEAU DES GRANDES THÉORIES

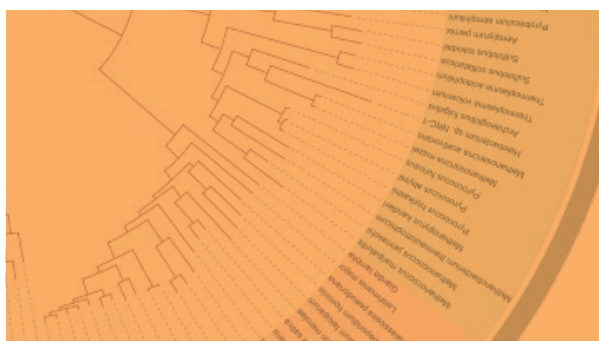
P. 25 **PHYSIQUE**

LA THÉORIE QUANTIQUE DE DEMAIN



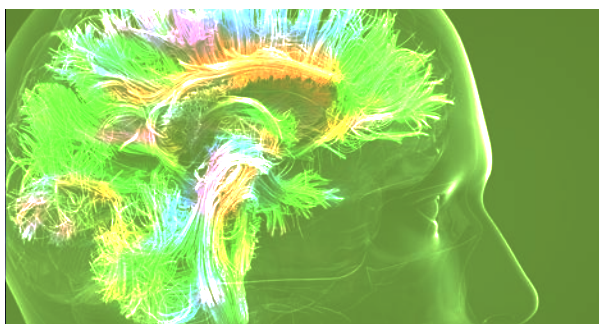
P. 45 **BIOLOGIE**

LE NOUVEAU VISAGE DE LA THÉORIE DE L'ÉVOLUTION



P. 65 **NEUROSCIENCES**

VERS UNE THÉORIE DE L'INCONSCIENT?



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 :
© Bildagentur Zoonar GmbH /
shutterstock.com

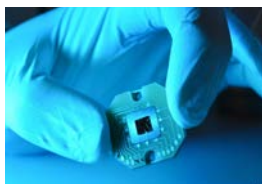
Les portraits des contributeurs
sont de Seb Jarnot



P. 26
**LES NOUVEAUX DÉFIS
DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE**

Étienne Klein et Carlo Rovelli

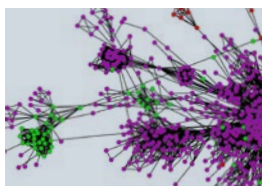
Le problème de la gravitation sera-t-il résolu grâce à une réinterprétation de la théorie quantique?



P. 38
**« L'ORDINATEUR QUANTIQUE
DEVIENT UN ENJEU POLITIQUE »**

Entretien avec Pascale Senellart-Mardon

Le rêve d'ordinateurs opérant sur des bits quantiques et non classiques se concrétise... à petits pas!



P. 46
**LES MUTATIONS
DE LA THÉORIE DE L'ÉVOLUTION**

Hervé Le Guyader

La théorie de l'évolution ne cesse... d'évoluer depuis sa première formulation par Darwin, en 1859.



P. 58
**« L'ÉPIGÉNÉTIQUE EST
UN MODULATEUR CLÉ DE L'ÉVOLUTION »**

Entretien avec Edith Heard et Vincent Colot

En régulant des éléments mobiles du génome, l'épigénétique contrôle un vaste réservoir de variations.



P. 66
**L'INCONSCIENT DOIT
ENCORE FAIRE SES PREUVES**

Axel Cleeremans et Adélaïde de Heering

La psychologie expérimentale et les neurosciences redéfinissent l'inconscient et son rôle.



P. 74
OBSERVER LA CONSCIENCE

Lionel Naccache

Grâce notamment à l'imagerie cérébrale, on comprend mieux aujourd'hui ce qui caractérise l'état conscient.

RENDEZ-VOUS

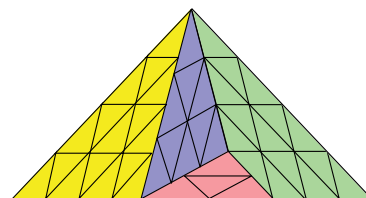
P. 82

LOGIQUE & CALCUL

**DÉCOUPER
UN TRIANGLE
EN TRIANGLES**

Jean-Paul Delahaye

Est-il possible de découper un triangle en un nombre donné de morceaux triangulaires plus petits? Aujourd'hui encore, on découvre de nouveaux et remarquables résultats sur ce type de questions.



P. 88

IDÉES DE PHYSIQUE

Du noir presque parfait

*Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik*

P. 92

**CHRONIQUES
DE L'ÉVOLUTION**

**Du pot au lait
à la mucoviscidose**

Hervé Le Guyader

P. 96

SCIENCE & GASTRONOMIE

**Des aliments plus
ou moins mi-cuits**

Hervé This

P. 98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P. 6 Échos des labos

P. 16 Livres du mois

P. 18 Agenda

P. 20 *Homo sapiens informaticus*

P. 22 Questions de confiance

PALÉONTOLOGIE

UN TÉMOIGNAGE GÉOLOGIQUE DES DERNIERS INSTANTS DES DINOSAURES



Sur le site de Tanis, en Amérique du Nord, une couche de 1,3 mètre d'épaisseur et âgée de 66 millions d'années renferme les restes de nombreux poissons et de plantes enchevêtrés, associés à des traces géologiques de l'impact d'une météorite.

On a découvert le témoignage fossile d'une hécatombe qui s'est produite quelques minutes après l'impact de la météorite ayant mis fin au règne des dinosaures.

La disparition des dinosaures à la fin du Crétacé est attribuée à la chute d'un astéroïde au Mexique. Mais que s'est-il passé exactement ce jour-là ? Pour l'essentiel, nous l'ignorons. Cependant, Robert DePalma, de l'université du Kansas, a étudié une extraordinaire capsule temporelle contenant le témoignage précis d'une mort en masse apparemment liée à l'impact, qui apporte quelques précisions sur les suites immédiates de la catastrophe.

La fin du Crétacé s'est produite il y a quelque 66 millions d'années, quand un

astéroïde d'environ 10 kilomètres de diamètre frappa la Terre près de l'emplacement du village actuel de Chicxulub. L'énergie libérée par le choc était équivalente à celle de quelque 100 milliards de bombes de Hiroshima, ce qui aurait eu de grandes conséquences écologiques, notamment l'extinction des dinosaures.

Nommé Tanis, le gisement paléontologique étudié par Robert DePalma se trouve dans le Dakota du Nord, à 3000 kilomètres du point d'impact. Il s'agit d'une couche de 1,3 mètre d'épaisseur mêlant des sédiments à un amas de fossiles de plantes et d'animaux très bien conservés. Les bouches

ouvertes des poissons d'eau douce fossilisés (des poissons-spatule et des esturgeons) et les signes de tétanie due à l'asphyxie des animaux prouvent que c'est bien le contenu d'un fleuve qui a brusquement été rejeté en vrac sur la rive végétalisée d'un méandre du paléofleuve Tanis. Coulant vers l'est, ce dernier se jetait dans la mer intérieure nord-américaine présente à l'époque. Le dépôt fait donc penser au genre de chaos sédimentaire laissé par les tsunamis. Pour autant, son profil granulométrique oblige à le subdiviser en deux strates superposées. Il y a donc eu deux déferlements successifs.

L'âge du dépôt suggère fortement une fossilisation rapide liée à l'impact de Chicxulub : depuis le début de l'étude de Tanis, pas moins de 40 datations à l'argon (fondées sur le rapport $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) se sont