

**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

Stagiaire: Lucas Gierczak

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, Charlotte Calament,

Ingrid Leroy, Raphaël Queruel

Révisseuse: Anne-Rozenn Jouble

Marketing & diffusion: Arthur Peys

Chef de produit: Charline Buché

Direction du personnel: Olivia Le Prévost

Secrétaire général: Nicolas Bréon

Fabrication: Marianne Sigogne et Séléna Berteloot

Directeur de la publication et gérant: Frédéric Mériot

Anciens directeurs de la rédaction: François Pétry

et Philippe Boulanger

Conseiller scientifique: Hervé This

Ont également participé à ce numéro:

Rodolphe Barrangou, Céline Bon, André Brack,

Régis de la Bretèche, Maud Bruguère, Pierre Charolles,

Pauline Colinet, Audrey Dussutour, David Holcman,

Astrid Lamberts, Paul-Antoine Libourel,

Olivier Minazzoli, Laurent Naudon, Jérôme Novak,

Christophe Pichon, Romain Pirrachio, François Rouyer,

Jean Vannier

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

Acting editor in chief: Curtis Brainard

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 adressés 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

UNE PHALANGE DEVENUE LÉGION?

Pour les paléanthropologues, l'année 2010 restera dans les annales en raison de deux événements majeurs. Tout d'abord, elle a vu le décryptage du génome de l'homme de Néandertal, cette espèce sœur de la nôtre, *Homo sapiens*, et que l'on a longtemps considérée à tort comme une sous-espèce – y compris dans le sens péjoratif du terme. L'autre événement paléogénétique majeur de cette année-là a été le décryptage de l'ADN contenu dans un tout petit bout d'os, un fragment de phalange vieux de plus de 50000 ans découvert dans la grotte de Denisova, en Sibérie. Or cette analyse a révélé que cette phalange humaine n'appartenait ni à un *Homo sapiens* ni à un Néandertalien: cela signait la découverte d'une troisième espèce humaine, sœur et contemporaine des deux autres – l'homme de Denisova.

C'est cette épopée de la paléanthropologie que nous raconte dans ce numéro l'un de ses principaux acteurs, Jean-Jacques Hublin (voir pages 28 à 36). Et cela jusqu'à ses développements les plus récents, car l'homme de Denisova ne se résume plus à l'ADN d'une phalange. Depuis 2010, d'autres vestiges mis au jour renseignent sur la répartition géographique des Denisoviens, leurs sous-populations, voire leur apparence physique... Et ces études ne font sans doute que commencer: dans les collections paléontologiques de la Chine, les fossiles non encore analysés et dont l'appartenance dénisovienne est vraisemblable semblent légion. ■

SOMMAIRE

N° 506 /
Décembre 2019



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

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Modifier le génome sans introduire trop d'erreurs
- La prévalence des maladies rares évaluée
- Nombres premiers jumeaux: la conjecture avance
- Des trilobites qui se suivent en file indienne
- De l'ARN formé dans une soupe primordiale?
- Un graviton massif?
- Le gène du petit dormeur
- Une nécropole domestique à Narbonne
- Des magnétars nés de la fusion d'étoiles?
- Pas de bouchons chez les fourmis

P. 18

LES LIVRES DU MOIS

P. 22

AGENDA

P. 24

HOMO SAPIENS INFORMATICS

La hotte virtuelle du père Noël
Gilles Dowek

P. 26

QUESTIONS DE CONFIANCE

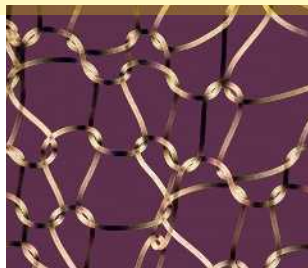
Un cache-sexe qui brise les conventions
Virginie Tournay



En couverture:
D'après D. Gokham et al., *Cell*, vol. 179, pp. 180-192, 2019.
© Shutterstock.com/Denis Maliugin
© Shutterstock.com/life_in_a_pixel

Les portraits des contributeurs sont de Seb Jarnot

GRANDS FORMATS



P. 38

PHYSIQUE

ÉLASTIQUE COMME UN TRICOT

Samuel Poincloux

Un réseau de mailles présente des propriétés mécaniques singulières. Leur étude révèle des connexions étonnantes avec les séismes. Et inspire aussi la conception de robots souples.



P. 50

ASTROPHYSIQUE

KAGRA, L'ÉVEIL DU GÉANT SOUS LA MONTAGNE

Lee Billings

La mise en fonction du premier instrument de détection d'ondes gravitationnelles installé sous terre, au Japon, est imminente.



P. 44

NUTRITION

LES EFFETS PERVERS DU COMMERCE DU POISSON

Daniel Pauly

L'essentiel du poisson pêché dans les pays en voie de développement est expédié à l'étranger, alors qu'en consommant une fraction sur place suffirait à réduire les carences nutritionnelles dont souffrent les populations locales.



P. 56

BIOLOGIE

QUAND LES BRANCHES DE L'ARBRE DU VIVANT S'ENTREMÊLENT

Éric Tannier, Bastien Boussau et Vincent Daubin

Par divers mécanismes, de multiples gènes passent d'un organisme à un autre sans qu'ils soient parents directs. Si l'on ne peut plus s'appuyer sur ces gènes pour retracer l'histoire du vivant, serait-ce la fin des arbres de parenté? Bien au contraire...



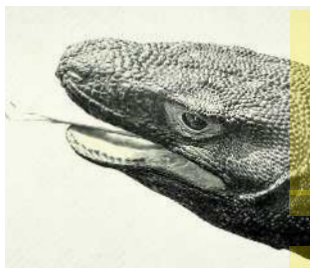
P.66

NEUROSCIENCES

NE DORMIR QUE D'UN DEMI-CERVEAU

Gian Gastone Mascetti

Dauphins et phoques partagent avec d'autres animaux une remarquable capacité: dormir avec un seul hémisphère de leur cerveau, tandis que l'autre reste éveillé. Un demi-sommeil qui présente bien des avantages.



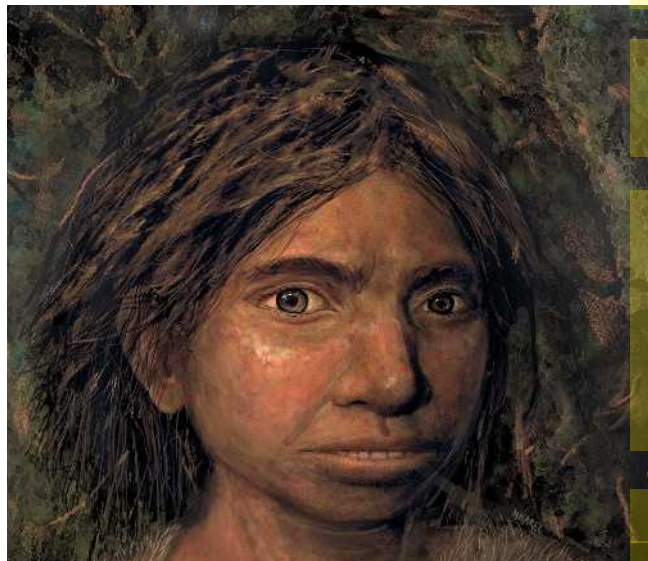
P.72

HISTOIRE DES SCIENCES

À LA POURSUITE DU DRAGON DE KOMODO

Benoît Grison

En 1927, William Burden, un jeune explorateur américain, relata son expédition dans un « monde perdu » des îles hollandaises où régnaient de mystérieux « dragons ». Il n'en fallut pas plus pour transformer le grand varan de Komodo en superstar...



P.28

PALÉOANTHROPOLOGIE

DENISOVA, NOTRE COUSIN D'ASIE SORT DE L'OMBRE

Jean-Jacques Hublin

Il y a dix ans, des paléogénéticiens ont découvert une nouvelle espèce humaine fossile, l'homme de Denisova, uniquement grâce à de l'ADN ancien conservé dans une phalange retrouvée dans l'Altai. Mais pourquoi ce cousin n'avait-il pas laissé de fossiles plus imposants? En fait, ils étaient sous nos yeux...

RENDEZ-VOUS

P.80

LOGIQUE & CALCUL

LA PHYSIQUE A-T-ELLE BESOIN DES NOMBRES RÉELS?

Jean-Paul Delahaye

L'usage des nombres réels pour représenter des grandeurs physiques semble aller de soi. Pourtant, ces nombres ne sont pas aussi réels que le suggère leur nom, et ils engendrent parfois illusions et faux espoirs.

P.86

ART & SCIENCE

Nous aurons des coquelicots

Loïc Mangin



P.88

IDÉES DE PHYSIQUE

Des volants pleins d'énergie

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

P.92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

L'impénétrable venin du serpent à sonnettes

Hervé Le Guyader

P.96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Une nouvelle sauce: les jaunes au beurre

Hervé This

P.98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.18 Livres du mois

P.22 Agenda

P.24 *Homo sapiens informaticus*

P.26 Questions de confiance

GÉNÉTIQUE

MODIFIER LE GÉNOME SANS INTRODUIRE TROP D'ERREURS

La nouvelle génération d'outils d'édition de l'ADN repose sur la technique CRISPR-Cas9, mais avec une précision améliorée et moins de défauts.



Une nouvelle technique de modification de l'ADN, le « prime editing », améliore l'outil CRISPR-Cas9 en offrant plus de fiabilité et de polyvalence.

En 2012, Emmanuelle Charpentier, alors à l'université d'Umeå, en Suède, et Jennifer Doudna, de l'université de Californie à Berkeley, déclenchaient une révolution dans le domaine de la génétique. Avec leurs collègues, elles ont développé un outil simple, peu coûteux et efficace, nommé CRISPR-Cas9, capable d'« éditer » une séquence d'ADN quasi à volonté (*voir PLS n° 456*). Les perspectives de traiter certaines maladies par cette approche étaient très encourageantes. Cependant,

même si cette technique fait maintenant partie de la boîte à outils des généticiens, elle souffre de quelques défauts. David Liu, de l'Institut Broad (associé au MIT et à l'université Harvard), aux États-Unis, et ses collègues viennent d'améliorer la technique, en la rendant plus fiable et plus polyvalente.

Pour mettre au point CRISPR-Cas9, Emmanuelle Charpentier, Jennifer Doudna et leurs collègues s'étaient inspirés d'un mécanisme de défense que l'on trouve chez des bactéries. Celui-ci agit un peu comme un système immunitaire: il

reconnaît l'ADN d'un virus qui aurait déjà tenté par le passé d'infecter la bactérie. Comment cela fonctionne-t-il? Lors d'une première attaque virale, la bactérie récupère une séquence de l'ADN du virus et la conserve dans une région de son propre génome, nommée CRISPR et faisant office de bibliothèque. Quand le même virus envahit de nouveau la bactérie, l'enzyme bactérienne Cas9, guidée par deux ARN, reconnaît l'ADN viral et le rend inopérant en le coupant de façon spécifique.

Les généticiens ont détourné ce système de façon astucieuse. Un seul ARN, molécule facile à synthétiser en laboratoire, sert de guide à l'enzyme Cas9. Il est conçu pour identifier la région du génome à modifier; Cas9 se fixe alors à l'ADN et coupe ses deux brins à l'endroit