

POUR LA SCIENCE

Édition française de Scientific American

MATHÉMATIQUES
**LE PRINCIPE
DES TIROIRS FAIT
DES PRODIGES**

BIOLOGIE
**LE BLOB,
CELLULE GÉANTE...
ET INTELLIGENTE!**

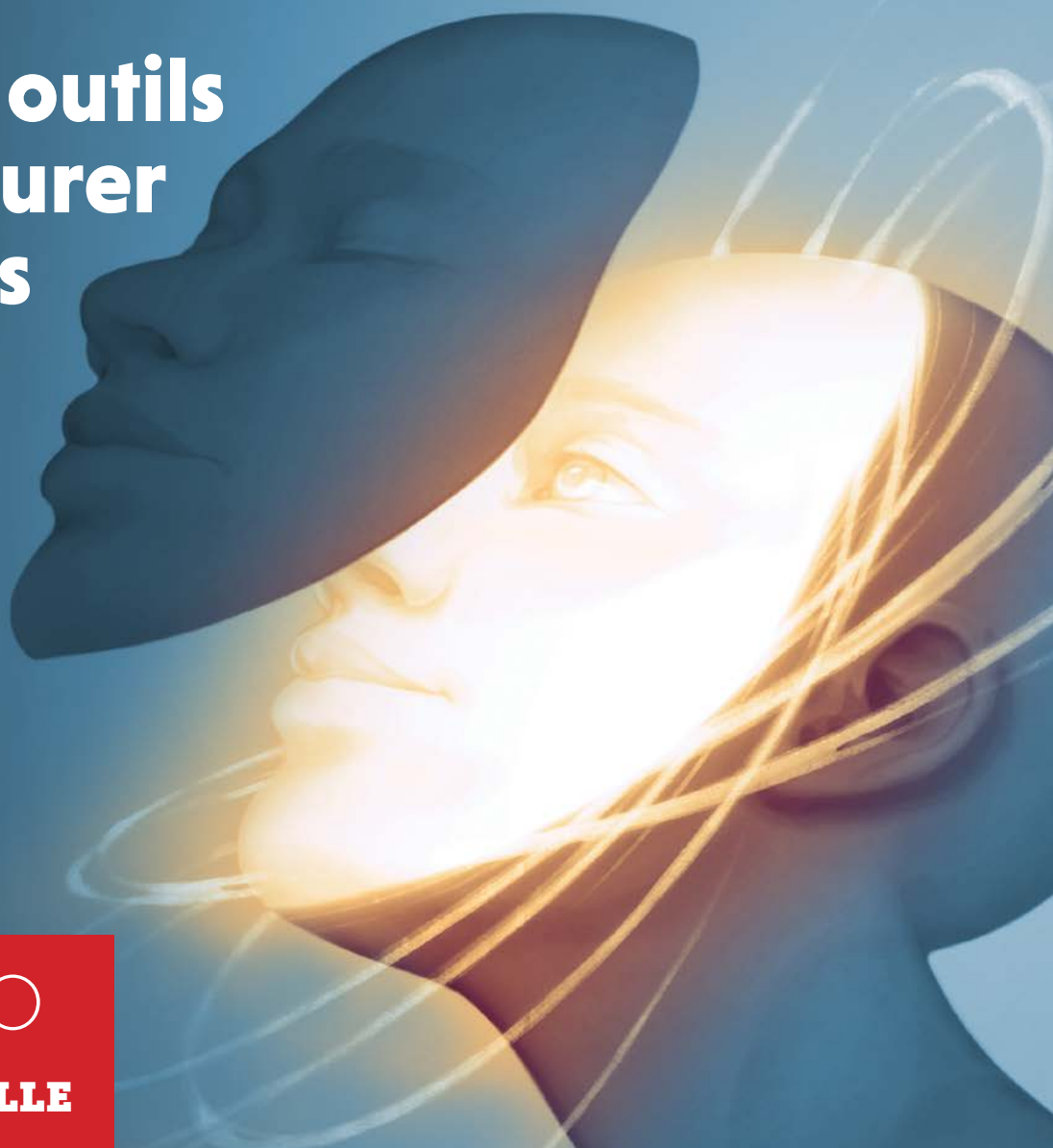
ASTRONOMIE
**NEW HORIZONS
RÉVÈLE LES FACES
CACHÉES DE PLUTON**

JANVIER 2018
N° 483



DÉTECTER LA CONSCIENCE

Enfin des outils
pour mesurer
les degrés
de coma



PORTFOLIO
**VOIR LES FLEURS
COMME UNE ABEILLE**



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

LA CONSCIENCE OBJECTIVÉE

La conscience est un phénomène énigmatique. Une perception consciente est subjective, propre à chaque individu et incommunicable. Elle semble échapper à toute objectivation. Comment savez-vous que votre interlocuteur est conscient, qu'il voit le rouge ou le jaune de la même façon que vous, qu'un son aigu lui fait le même effet qu'à vous? En toute rigueur, vous ne le savez pas; vous le supposez, parce qu'il est fait comme vous, parce qu'il se comporte à peu près comme vous, parce qu'il répond comme vous aux questions, etc. Mais il vous est impossible d'«entrer dans sa tête».

La question, un peu théorique, devient beaucoup plus concrète et pressante quand on est confronté à des personnes qui ne réagissent pas et ne communiquent pas, notamment des patients souffrant de lésions cérébrales et plongées dans le coma. Là, il importe de savoir si la personne ressent quelque chose, si elle souffre par exemple: il en va des difficiles décisions à prendre par les médecins et la famille concernant les soins.

Bien que la conscience soit un phénomène subjectif, elle se manifeste dans l'activité cérébrale. Or les neuroscientifiques ont réalisé de grands progrès pour caractériser l'état de conscience d'un sujet à partir de l'activité de son cerveau. Le chercheur Christof Koch nous présente ainsi une méthode qui permet littéralement de mesurer l'état de conscience d'un patient – une méthode qui s'appuie sur une théorie particulière de la conscience et que mettent en perspective deux autres grands spécialistes, Steven Laureys et Lionel Naccache (voir pages 26 à 40).

Les caractéristiques observables de la conscience se précisent ainsi, comme ses rouages que tentent de décrire plusieurs théories neuroscientifiques. Reste ce qu'on appelle le «problème difficile de la conscience»: comment une qualité mentale subjective, non matérielle, peut-elle émerger d'un système matériel comme le cerveau? On est loin d'une réponse à cette question. Or il s'agit là d'une énigme majeure, existentielle: si aucun être n'était conscient, nulle part, jamais, alors l'existence du monde et son inexistence seraient équivalentes.

SOMMAIRE

N° 483 /
Janvier 2018

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Une peau humaine régénérée
- L'évolution des inégalités de richesse
- Comment le Sahara vert a disparu
- Des cristaux liquides dans tous leurs états
- Des photons font la paire
- Un trésor retrouvé à Cluny
- Les ptérosaures pondaient en colonie
- Un liquide de spins quantique
- Pourquoi l'océan d'Encelade ne gèle pas

P. 18

LES LIVRES DU MOIS

P. 20

AGENDA

P. 22

CABINET DE CURIOSITÉS SOCIOLOGIQUES

Internaute,
quel est ton nom ?

Gilles Dowek

P. 24

HOMO SAPIENS INFORMATICS

Weinstein
et la viscosité sociale
Gérald Bronner

GRANDS FORMATS

P. 42

PLANÉTOLOGIE

LES FACES CACHÉES DE PLUTON

Alan Stern

La mission spatiale *New Horizons* a tout changé à ce que nous croyions savoir sur la neuvième planète.



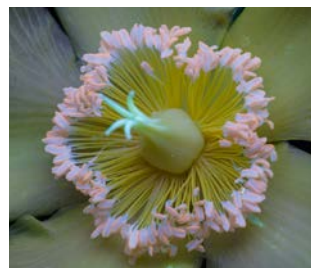
P. 52

BIOLOGIE

LE BLOB, CELLULE GÉANTE... ET INTELLIGENTE !

Audrey Dussutour
et David Vogel

Étonnant organisme macroscopique constitué d'une seule cellule, le blob peut apprendre et même transmettre son savoir. Il est capable de trouver le plus court chemin pour sortir d'un labyrinthe ou d'imiter le réseau ferroviaire japonais.



P. 58

PORTFOLIO

VOIR LES FLEURS COMME UNE ABEILLE

Aline Raynal-Roques
et Albert Roguenant

Les insectes sont, contrairement aux humains, sensibles à l'ultraviolet. Cette capacité leur confère une vision des fleurs bien différente de la nôtre. Démonstration avec des prises de vue sous éclairage ultraviolet.



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:
© Ashley Mackenzie

Les portraits des contributeurs
sont de Seb Jarnot



À LA UNE



NEUROSCIENCES

P. 26

MESURER LA CONSCIENCE EST ENFIN POSSIBLE

Christof Koch

Comment savoir si une personne est consciente ou non quand elle ne peut pas communiquer avec autrui? Une méthode consistant à enregistrer l'activité électrique du cerveau juste après une stimulation magnétique a fait ses preuves.

P. 36

« LE CONCEPT MÊME DE CONSCIENCE MINIMALE EST À REVOIR »

Entretien avec Lionel Naccache

Grâce à de nouvelles approches combinant neuro-imagerie et mathématiques, on évalue de mieux en mieux l'état de conscience d'une personne – suffisamment pour réviser la classification des états de la conscience.



P. 68

HISTOIRE DES SCIENCES

DES BACILLES DU CHARBON DANS L'AIR SOVIÉTIQUE

Paul Keim, David H. Walker et Raymond A. Zilinskas

Les armes biologiques sont dangereuses pour tout le monde. Illustration avec un accident survenu en Union soviétique il y a près de quarante ans, et dont on connaît mieux aujourd'hui les détails.

RENDEZ-VOUS

P. 74

LOGIQUE & CALCUL

TRIVIAL, MAIS PUISSANT: LE PRINCIPE DES TIROIRS

Jean-Paul Delahaye

Depuis son introduction en théorie des nombres par Dirichlet, le « principe des tiroirs » bien connu se révèle un levier de raisonnement d'une déconcertante efficacité.

P. 80

ART & SCIENCE

Ceci n'est pas un puzzle

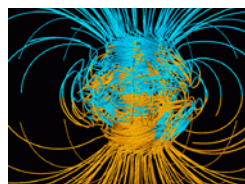
Loïc Mangin

P. 82

IDÉES DE PHYSIQUE

Des pendules de Foucault sur puce

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik



P. 86

SCIENCE & FICTION

Magnéto, maître du champ magnétique

Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

P. 92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

L'homme s'est-il autodomestiqué?

Hervé Le Guyader

P. 96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Meringues en poupées russes

Hervé This

P. 98

À PICORER

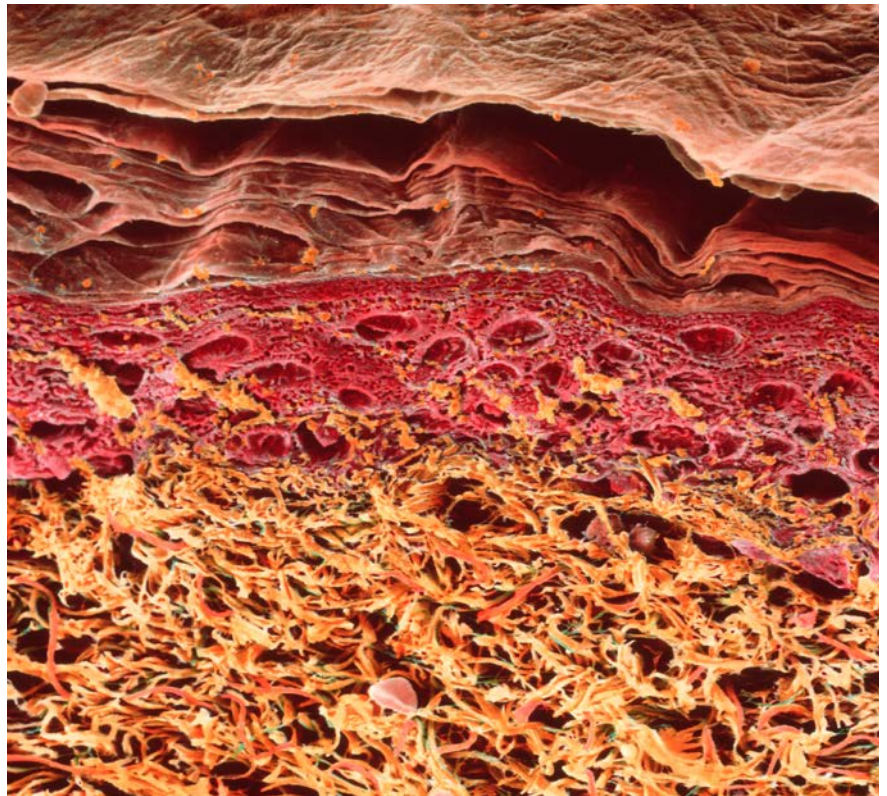
A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos
 P.18 Livres du mois
 P.20 Agenda
 P.22 Homo sapiens informaticus
 P.24 Cabinet de curiosités sociologiques

MÉDECINE

UNE PEAU HUMAINE RÉGÉNÉRÉE À L'AIDE DE CELLULES SOUCHES



Chez un individu sain, l'épiderme (ici en rose et rouge sur une coupe transversale vue en microscopie électronique à balayage) est solidement fixé au derme (en orange). Ce n'est plus le cas chez une personne atteinte d'épidermolyse bulleuse.

La peau d'un enfant atteint d'une maladie génétique rare a été réparée grâce à ses propres cellules souches, que l'on a génétiquement corrigées avant de les greffer.

Agé de sept ans, l'enfant était dans un état critique quand il fut admis, en juin 2015, à l'hôpital des enfants de l'université de la Ruhr, à Bochum, en Allemagne. Atteint d'une maladie génétique de la peau et des muqueuses, l'épidermolyse bulleuse jonctionnelle, il avait perdu une partie de son épiderme à la suite d'une infection bactérienne et aucun traitement n'améliorait son état. Avec l'accord de ses parents et du comité éthique de l'université, l'équipe

médicale décida de pratiquer sur l'enfant une thérapie à la fois cellulaire et génique. Aujourd'hui, deux ans plus tard, celle-ci se révèle un succès.

Les épidermolyses bulleuses sont un groupe de maladies génétiques rares de la peau dues à des mutations sur des gènes codant des protéines de la matrice qui sert de support aux cellules, la matrice extracellulaire. Dans la forme jonctionnelle de la maladie, les mutations touchent des gènes qui codent la laminine-332, une protéine contribuant à l'ancrage des cellules dans la matrice. Cette protéine intervient

dans la fixation de l'épiderme (la couche cellulaire externe de la peau qui protège le corps de l'environnement extérieur) sur le derme (la couche qui donne à la peau sa résistance et son élasticité). Quand la laminine est mutée, l'adhérence des deux couches est plus faible et l'épiderme se décolle au moindre frottement. Aussi, dès la naissance de la personne atteinte, des lésions bulleuses apparaissent sur tout son corps.

En septembre 2015, l'enfant avait perdu 80 % de sa peau. Dans une région intacte, Tobias Hirsch et ses collègues ont prélevé un fragment de 4 centimètres carrés qu'ils ont mis en culture. Ils ont ensuite introduit le gène non muté de la laminine dans les cellules de l'échantillon, puis ont fait croître ce dernier jusqu'à obtenir près de 1 mètre carré de greffon,

tout en vérifiant que le nouveau gène ne perturbait pas la séquence d'autres gènes lorsqu'il s'insérait dans le génome des cellules. Le greffon a alors été transplanté sur le derme de l'enfant entre octobre 2015 et janvier 2016, d'abord sur les lésions des jambes et des bras, puis sur celles du dos et, enfin, sur les lésions restantes.

Au bout de quatre mois, non seulement l'enfant n'avait pas rejeté la greffe, mais l'épiderme s'était régénéré et adhérait désormais fermement au derme, sans former de cloques, signe que des cellules portant le bon gène de la laminine avaient colonisé durablement la peau. Par quel mécanisme ? Dans la culture des cellules du patient, les chercheurs ont repéré trois types cellulaires : des colonies de cellules non différenciées qui prolifèrent et sont capables de se renouveler (holoclon), des cellules différenciées se renouvelant difficilement (paraclon) et des intermédiaires (méroclon). Le renouvellement du greffon était-il assuré par les holoclon ?

Pour le savoir, les chercheurs ont suivi le devenir de ces différents types cellulaires à l'aide de prélèvements effectués avant la greffe, et quatre et huit mois après. Ils ont ainsi observé que nombre de paraclon et de méroclon avaient peu à peu disparu. Au bout de huit mois, la quasi-totalité de la peau était dérivée d'une petite population des holoclon initiaux, ce qui suggère que la peau est maintenue par un petit nombre de cellules souches contenues dans ces colonies – en d'autres termes, des cellules souches de l'épiderme qui ont été corrigées avec le gène de la laminine. Ainsi, la greffe a fourni un nouveau réservoir de cellules souches corrigées qui alimente l'épiderme de l'enfant et s'est maintenu jusqu'à aujourd'hui. Un résultat par ailleurs en faveur d'une idée longtemps débattue : la peau se régénérerait à partir non pas d'un grand nombre de cellules précurseurs de l'épiderme, mais d'un petit groupe de cellules souches spécialisées.

Certes, il s'agit à présent de suivre l'évolution à long terme de l'enfant pour s'assurer que sa peau reste stable. Ses muqueuses internes, par ailleurs, n'ont pas pu être traitées et restent très fragiles, notamment celle de l'œsophage. Néanmoins, depuis mars 2016, il est de retour à l'école. ■

MARIE-NEIGE CORDONNIER

T. Hirsch *et al.*, *Nature*, vol. 551, pp. 327-332, 2017 ; M. Aragona et C. Blanpain, *Nature*, vol. 551, pp. 306-307, 2017

Comment ont évolué les inégalités de richesse

Une équipe dirigée par Timothy Kohler, de l'université d'État de Washington, et Michael Smith, de l'université d'État de l'Arizona, a étudié le développement des inégalités de richesse au fil des millénaires en comparant 63 sites archéologiques de divers endroits dans le monde et de diverses époques. Elle révèle que les inégalités se sont davantage marquées en Eurasie qu'en Amérique du Nord et en Mésoamérique. L'éclairage de Michelle Elliott.



Propos recueillis par MAURICE MASHAAL

MICHELLE ELLIOTT
maître de conférences
à l'université Paris 1
Panthéon-Sorbonne
(UMR 7041)

Quelles régions et quelles époques l'échantillon de sites archéologiques étudié couvre-t-il ?

Sont représentées l'Amérique du Nord, la Mésoamérique, l'Europe et l'Asie. Deux sites africains sont aussi inclus, l'un en Égypte et l'autre en Afrique du Sud. Sur le plan chronologique, cet échantillon s'étend sur les 9 millénaires avant notre ère pour l'Ancien Monde (à l'exception du site sud-africain, qui est actuel), et de 1000 avant notre ère jusqu'au *xvii*^e siècle pour le Nouveau Monde.

Timothy Kohler et ses collègues ont choisi, comme critère d'inégalités de richesse au sein d'une communauté, la variabilité de la taille des habitations. Pourquoi ?

D'une part, c'est un paramètre bien visible dans les vestiges archéologiques ; d'autre part, les études ethnographiques et historiques ont montré que la taille d'une habitation est étroitement corrélée au niveau économique de ses occupants. Ainsi, les habitations tendent à être de la même taille dans les groupes où les individus ont à peu près le même niveau économique, alors qu'il y aura plutôt un mélange de grandes et petites maisons dans les groupes où certains individus sont plus riches que les autres. La variabilité de la taille des maisons est donc un indicateur assez universel des inégalités de richesse, qui s'applique à tous les sites. Il n'en est pas de même avec, par exemple, les objets contenus dans les tombes, parce qu'ils varient avec la culture et parce que les sépultures ne représentent qu'une partie des membres de la société.

Comment les différents sites ont-ils été comparés ?

À partir des données disponibles, Timothy Kohler et ses collègues ont calculé le « coefficient de Gini » associé

à la taille des habitations de chaque site. Ce coefficient statistique mesure la variabilité de cette taille : il va de 0, si toutes les habitations sont de taille similaire (pas d'inégalités de richesse), à 1, si l'une d'elles est beaucoup plus grande que les autres (une personne monopolise toutes les richesses). Par ailleurs, la plupart des sites eurasiatiques étant plus anciens que les sites américains, les chercheurs ont établi une échelle de comparaison en classant les sites selon la durée écoulée depuis l'apparition de l'agriculture dans la région en question.

Qu'en concluent-ils ?

Comme on s'y attendait, les inégalités se révèlent plus fortes dans les sites d'agriculteurs que dans les sites de chasseurs-cueilleurs, et elles sont d'autant plus prononcées que la société a une grande population, une structure politique complexe ou un régime autoritaire. Plus surprenante est la constatation que, passé 2 500 années d'agriculture, le niveau des inégalités de richesse se stabilise dans les sites américains alors qu'il augmente sensiblement en Eurasie.

Comment expliquer cette différence ?

Selon Timothy Kohler et ses collègues, elle serait due à la présence en Eurasie – mais pas en Amérique – de grands animaux domestiques (bovins, chevaux...) capables de transporter des marchandises, de labourer des champs et de véhiculer des guerriers. Cela aurait favorisé la compétition au sein de la société et permis à certains d'acquiescer plus de terres et de pouvoir, avec parfois la constitution d'une classe de paysans sans terre. L'hypothèse est intéressante, mais reste à prouver. L'étude des sociétés pastorales andines, qui disposaient de lamas et d'alpagas pour le transport de marchandises, mais pas pour labourer ou pour porter des cavaliers, serait un bon test. Il reste donc à compléter ces travaux inédits avec des sites plus nombreux, représentatifs de toutes les régions et toutes les périodes. ■

T. A. Kohler *et al.*, *Nature*, M. Elliott, *ibid.*, en ligne le 15 novembre 2017