

POUR LA SCIENCE

Édition française de Scientific American

MATHÉMATIQUES
**COMMENT PAVER
LE PLAN AVEC
UN PENTAGONE**

ASTROPHYSIQUE
**QUAND UN TROU
NOIR DÉVORE
UN SOLEIL**

NEUROSCIENCES
**SÉJOURNER
DANS L'ESPACE
NUIT AU CERVEAU !**

DÉCEMBRE 2017
N° 482



La nouvelle piste
des sources chaudes terrestres

LES VOLCANS BERCEAU DE LA VIE ?

**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,
assisté de Donovan Thiebaud

Conception graphique: William Londiche

Directrice artistique: Céline Lapert

Maquette: Pauline Bilbault, Raphaël Queruel,

Ingrid Leroy, assistés de Marie Marty

Révisseuse: Anne-Rozenn Jouble

Marketing & diffusion: Laurence Hay et Arthur Peys

Direction financière et direction du personnel:

Marc Laumet

Fabrication: Marianne Sigogne et Olivier Lacam

Directrice de la publication et gérante: Sylvie Marcé

Anciens directeurs de la rédaction: Françoise Pétry

et Philippe Boulanger

Conseiller scientifique: Hervé This

Ont également participé à ce numéro:

Olivier Baud, Olivier Berné, Maud Bruguère,

Damir Buskulic, Frédéric Foucher, Sophie Gallé-Soas,

Hélène Gélot, Sylvain Guiriec, François Jouve,

Hélène Loevenbruck, Tania Louis, Patrick Michel,

Bruno Moulia, Mathieu de Naurois, Christophe Pichon

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: <http://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 ; Benjamin Boutonnet

Tél. 04 88 15 12 41

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

À LA RECHERCHE DES ORIGINES DE LA VIE

Comment et quand est apparu sur Terre cet extraordinaire phénomène qu'est la vie? Et celle-ci existe-t-elle ailleurs dans l'Univers? Ces questions font partie des grandes interrogations auxquelles l'humanité tente d'apporter des réponses. Certains peuvent se contenter de prendre à la lettre les récits contenus dans les textes religieux ou mythiques. Mais libre aux autres de rechercher des explications détaillées, argumentées sur la base d'observations et d'expérimentations précises, et réfutables. Tel est l'esprit de la démarche scientifique.

Au cours des dernières décennies, les recherches sur l'origine de la vie ont ainsi connu plusieurs développements importants, dont la découverte dans le Pacifique, en 1977, de sources hydrothermales profondes, un environnement extrême où vivent notamment des bactéries primitives, grâce à un apport de minéraux et d'énergie. Depuis, domine chez les scientifiques l'hypothèse que les sources hydrothermales profondes - dues au volcanisme sous-marin - ont constitué un milieu propice à l'apparition des premières formes de vie.

Mais dans ce numéro, des chercheurs présentent une nouvelle hypothèse, qui repose sur des expériences et sur l'étude de roches australiennes vieilles de 3,5 milliards d'années recelant des traces de vie microbienne (voir pages 28-35). D'après eux, la vie serait née dans des milieux terrestres riches en sources chaudes et mares d'origine volcanique. Exposé à d'incessants cycles de séchage et de mouillage, cet environnement aurait favorisé, à partir d'ingrédients organiques simples, la constitution de structures de plus en plus complexes et, *in fine*, vivantes.

Cette nouvelle théorie de l'origine de la vie s'imposera-t-elle? Ce n'est pas sûr car, comme d'autres, elle a ses difficultés (voir l'entretien avec Frances Westall, pages 36-38). Mais les trouvailles des futures missions d'exploration de Mars fourniront peut-être des arguments supplémentaires en sa faveur... ■

S

OMMAIRE

N° 482 /
Décembre 2017

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Des ondes gravitationnelles issues de la fusion de deux étoiles à neutrons
- Un recensement d'insectes inquiétant
- Les bactéries et la séquestration du carbone
- Un trou de ver liquide
- Un liquide poreux
- 200 000 ans de forêt virtuelle
- La véritable histoire des couleurs de la peau
- L'ADN d'une deuxième femme de Néandertal séquencé
- De l'aile d'avion optimisée au bec d'oiseau

P. 18

LES LIVRES DU MOIS

P. 22

AGENDA

P. 24

HOMO SAPIENS INFORMATICS

La mutation du billet de train

Gilles Dowek

P. 26

CABINET DE CURIOSITÉS SOCIOLOGIQUES

De l'exaptation sociale

Gérald Bronner



En couverture :

© Werner Van Steen/Getty Images

Les portraits des contributeurs sont de Seb Jarnot

GRANDS FORMATS



P. 40

NEUROSCIENCES

LE CERVEAU, INTERDIT DE VOYAGE SPATIAL

Charles Limoli

Des expériences sur des souris montrent que le rayonnement cosmique détruit des connexions neuronales et dégrade les performances cognitives. Un obstacle plus sérieux qu'on ne le pensait pour les voyages interplanétaires habités.



P. 48

ARCHÉOLOGIE

LES PREMIERS SANCTUAIRES DES CHASSEURS-CUEILLEURS

Marion Benz

Il y a 11 000 ans, sur une colline turque surplombant la Syrie, des mégalithes de plusieurs mètres encastrés dans des murs formaient de monumentales installations. Les sanctuaires auraient-ils précédé l'agriculture et l'élevage ?



P. 56

ASTRONOMIE

LE TROU NOIR DÉVOREUR DE SOLEILS

Bradley Cenko et Neil Gehrels

Lorsqu'une étoile s'approche trop d'un trou noir supermassif, elle est happée et finit déchiquetée dans une explosion de lumière. Un cataclysme cosmique que l'on détecte depuis peu et qui est riche en informations sur ces ogres tapis au centre des galaxies.



P. 64

PSYCHOLOGIE

LE DISCOURS INTÉRIEUR, UNE FENÊTRE SUR L'ESPRIT

Charles Fernyhough

Converser mentalement avec soi-même fait partie du quotidien de chaque individu. Quel est le rôle de ce langage intérieur et quelles sont ses caractéristiques ? L'imagerie du cerveau en activité apporte un éclairage sur ces questions.



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



P.72

HISTOIRE DES SCIENCES

LES DESSOUS DE L'ENCYCLOPÉDIE

Pierre Crépel

L'*Encyclopédie* de Diderot et D'Alembert est loin d'être un texte sans âme écrit au kilomètre. En témoigne une nouvelle édition numérisée critique et collaborative, où l'on se perd avec délice à la recherche des règlements de compte et des opinions passées en douce...

À LA UNE

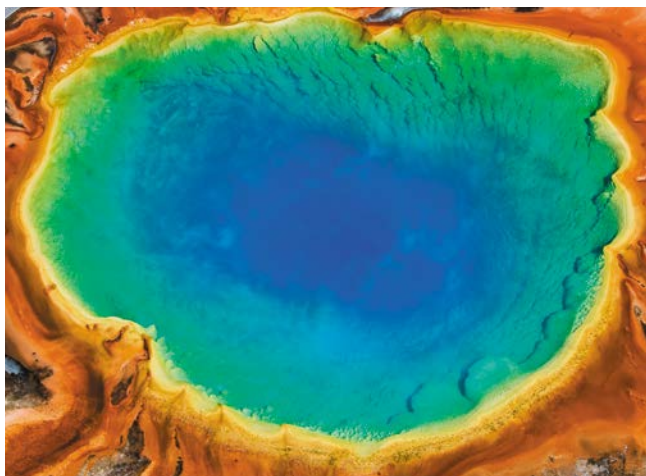
P.28

GÉOSCIENCES

LES VOLCANS, BERCEAU DE LA VIE ?

Martin J. Van Kranendonk, David Deamer et Tara Djokic

La vie n'a peut-être pas émergé au fond des océans, mais dans des sources chaudes à proximité de volcans. Telle est l'histoire que racontent des bulles récemment trouvées dans des roches de plusieurs milliards d'années.



P.36

« MARS, UN AUTRE LABORATOIRE POUR EXPLORER LES ORIGINES DE LA VIE »

Entretien avec Frances Westall

Où et quand la vie est-elle apparue sur Terre? Différentes hypothèses sont envisagées. Comment influent-elles sur la préparation des deux missions qui partiront en 2020 à la recherche de traces de vie sur Mars, l'europpéenne *ExoMars 2020* et l'américaine *Mars 2020*?

RENDEZ-VOUS

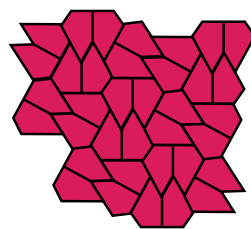
P.80

LOGIQUE & CALCUL

PAVER LE PLAN AVEC UN PENTAGONE CONVEXE

Jean-Paul Delahaye

L'ordinateur est parfois bon géomètre. C'est en l'utilisant qu'un mathématicien français vient de mettre le point final à la solution du problème des polygones convexes permettant de recouvrir le plan.



P.86

ART & SCIENCE

Quand les bateaux font le zèbre

Loïc Mangin

P.88

IDÉES DE PHYSIQUE

Retournement temporel pour téléphonie 5G

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

P.92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

The walking head

Hervé Le Guyader

P.96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Des squelettes croustillants

Hervé This

P.98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.18 Livres du mois

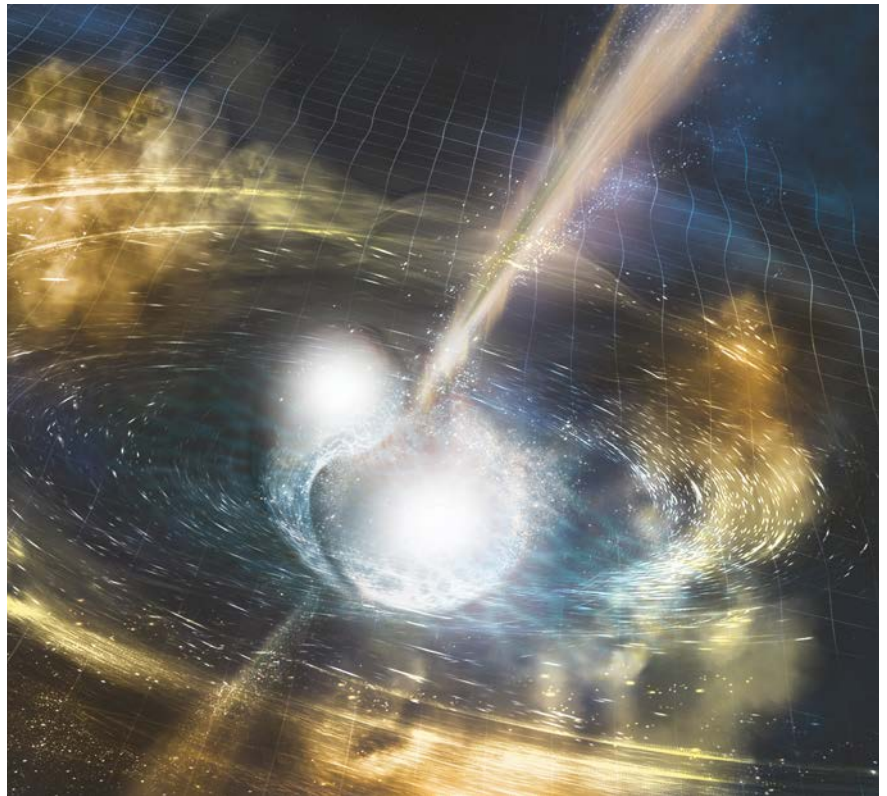
P.22 Agenda

P.24 *Homo sapiens informaticus*

P.26 Cabinet de curiosités
sociologiques

ASTROPHYSIQUE

LA FUSION DE DEUX ÉTOILES À NEUTRONS A FAIT VIBRER LIGO ET VIRGO



Vue d'artiste de la coalescence de deux étoiles à neutrons avec l'émission d'ondes gravitationnelles et de rayonnement électromagnétique.

Cette source d'ondes gravitationnelles a la particularité d'émettre aussi de la lumière. Un événement que près de 70 observatoires et télescopes ont constaté et étudié.

Le 17 août 2017, les interféromètres laser géants *Ligo* et *Virgo* ont de nouveau détecté des ondes gravitationnelles. L'analyse de ces ondes montre que, contrairement aux précédentes fois, elles ont été émises par la fusion de deux étoiles à neutrons et non de deux trous noirs. Cela a enthousiasmé l'ensemble de la communauté des astrophysiciens, car, en plus d'émettre des ondes gravitationnelles, la coalescence de deux étoiles à neutrons s'accompagne d'importantes émissions électromagnétiques – que de nombreux observatoires

au sol ou dans l'espace ont observées. Pour Laura Cadonati, porte-parole de la collaboration *Ligo*, l'événement, noté GW170817, a été « l'un des événements astrophysiques les plus étudiés à ce jour ». Et les découvertes qui accompagnent cette observation unique en son genre sont déjà nombreuses.

Que s'est-il passé exactement le 17 août 2017, à 14h41 (heure de Paris)? Le programme d'analyse en temps réel des données de *Ligo* a détecté un fort signal d'onde gravitationnelle sur l'un de ses deux interféromètres. À peine 2 secondes plus tard, l'observatoire spatial *Fermi* a

enregistré un sursaut gamma, une bouffée intense de rayonnement électromagnétique de haute énergie. Pendant ce temps, les logiciels d'analyse ont confirmé la présence de l'onde gravitationnelle dans les données des deux interféromètres de *Ligo* et de celui de *Virgo*. Du fait de la simultanéité des divers signaux, il est quasi certain qu'ils provenaient d'une source unique.

Par triangulation, à partir de l'intensité des signaux et le moment exact de leur arrivée sur les trois interféromètres, cette source a été localisée dans une région d'environ 30 degrés carrés (soit environ 120 pleines lunes) dans l'hémisphère Sud, dans la constellation de l'Hydre. Cette information a aussitôt été transmise à près de 70 observatoires et télescopes dans le monde. À peine 12 heures plus tard, l'équipe utilisant le télescope *Swope*, au

Chili, a annoncé avoir identifié la présence d'un nouveau point lumineux – la source des ondes gravitationnelles et du sursaut gamma – dans la galaxie NGC 4993, située à 130 millions d'années-lumière.

Le signal gravitationnel capté a duré près de 100 secondes. Son analyse a établi que les masses des astres impliqués étaient comprises entre 1,1 et 1,6 fois la masse du Soleil, des masses typiques des étoiles à neutrons. Ces dernières sont le stade ultime de l'évolution de certaines étoiles massives qui ont explosé en supernovæ en laissant un cœur dense. Ce cœur, l'étoile à neutrons, a un diamètre d'environ 20 kilomètres et il est si dense qu'un dé à coudre de sa matière pèse de l'ordre du milliard de tonnes.

La contrepartie électromagnétique du signal gravitationnel a fourni de nombreuses informations intéressantes et confirme certains modèles. Par exemple, le sursaut gamma observé par *Fermi* est classé comme sursaut court (car il a duré moins de 2 secondes). Or les astrophysiciens suspectaient qu'une partie des sursauts courts étaient produits par la coalescence de paires d'étoiles à neutrons. L'événement GW170817 leur donne raison.

Un autre résultat important porte sur la matière expulsée au moment de la fusion des deux astres. Cette matière initialement très chaude s'est vite refroidie en émettant de la lumière dans différentes longueurs d'onde. On parle de kilonova; ce phénomène, que l'on avait prédit théoriquement, est donc désormais observé.

Par ailleurs, d'après les modèles, la coalescence de deux étoiles à neutrons est le siège de réactions nucléaires qui conduisent à la synthèse d'éléments plus lourds que le fer. Or parmi les nombreux observatoires qui ont scruté le rayonnement de GW170817 pendant les heures, les jours, voire les semaines qui ont suivi la fusion, l'observatoire américain *Gemini*, le VLT européen et le télescope spatial *Hubble* ont détecté dans l'infrarouge des indices de production de plomb, d'or et de platine. On aurait ainsi observé pour la première fois ce qui est probablement l'un des principaux processus de production d'éléments lourds dans l'Univers.

On le voit: l'«astronomie multimessagers», qui combine ondes gravitationnelles et ondes électromagnétiques, tient ses promesses! ■

SEAN BAILLY

B. P. Abbott et al., *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 848, n° 2, 2017

Un recensement d'insectes inquiétant

En moins de trente ans, les populations d'insectes volants ont subi une baisse de 75 % de leur biomasse. Cette estimation est le fruit d'une étude de longue durée réalisée en Allemagne à partir de captures d'insectes dans des zones protégées. Jean-François Silvain revient sur les causes et les impacts de ce résultat alarmant.



Propos recueillis par DONOVAN THIEBAUD

JEAN-FRANÇOIS SILVAIN
chercheur à l'IRD et
président de la Fondation
pour la recherche
sur la biodiversité

Comment Caspar Hallmann et ses collègues ont-ils réalisé ce recensement ?

L'étude repose sur une méthode simple. Elle consiste en l'usage de pièges d'interception non sélectifs, ou « tentes Malaise » (du nom de leur inventeur, René Malaise), installés depuis 27 ans dans 63 zones protégées en Allemagne. Les chercheurs ont collecté des insectes et estimé l'évolution de ces populations.

Plusieurs aspects sont intéressants dans cette étude. Sa durée, tout d'abord, mais aussi son caractère non sélectif qui est assez rare. De plus, les prélèvements ont été réalisés dans des zones protégées, relativement préservées de l'urbanisation. Les chercheurs ont ainsi constaté une diminution de plus de 75 % de la biomasse des insectes volants.

Les causes de cette baisse sont-elles identifiées ?

Les chercheurs ont considéré divers facteurs dont ils ont estimé l'influence dans cette perte de biomasse. Par exemple, les effets liés au réchauffement climatique ne semblent pas intervenir. Par ailleurs, en réalisant leur étude dans des zones protégées, l'équipe a écarté deux autres hypothèses souvent avancées pour expliquer la disparition des insectes : les changements paysagers dus à l'activité humaine – une forêt transformée en zone agricole par exemple – et les pratiques agricoles qui conduisent à un déclin de la biodiversité végétale.

En revanche, ils n'excluent pas la piste des pesticides. En effet, ces produits passent très facilement des zones cultivées aux zones protégées. Cette hypothèse rejoint de nombreux travaux actuels portant sur l'influence de ces pesticides, en particulier des néonicotinoides, sur la biodiversité. Mais ces études se focalisent en général sur des espèces particulières, inconvénient que ne présente pas l'étude allemande.

Les résultats de cette étude, qui a eu lieu en Allemagne, sont-ils généralisables ?

Dans la publication, les chercheurs citent l'exemple d'une étude anglaise de 2009 assez similaire. Les résultats montrent une baisse drastique des populations d'insectes sur un site où l'activité agricole a été intensifiée. Il n'y a pas de raisons de penser que les conclusions valables en Allemagne et en Angleterre ne le seraient pas en France et plus globalement en Europe occidentale et en Amérique du Nord. Dans tous ces pays, l'agriculture est intensive et utilise massivement des pesticides. Un exemple simple pour constater cette diminution des insectes est le « phénomène du pare-brise ». Partout en Europe de l'Ouest, dans les années 1990, vous ne pouviez pas rouler à pleine vitesse plus de 200 kilomètres sans avoir à laver votre pare-brise, en raison des impacts d'insectes. Tout le monde peut constater que ce n'est plus le cas aujourd'hui.

Quelles sont les conséquences ?

Cette diminution de la biomasse d'insectes retire un socle majeur à l'échelle trophique. De nombreux oiseaux se nourrissent d'insectes et on compte aussi beaucoup de mammifères insectivores. Il faut donc s'attendre à des phénomènes en cascade conduisant à des chutes de population dans toutes les chaînes trophiques. Deuxième conséquence, de nombreuses fonctionnalités écologiques sont assurées par des insectes. La pollinisation en est un exemple. On a beaucoup parlé de la baisse du nombre d'abeilles, mais en fait, ce sont tous les pollinisateurs qui sont menacés.

Les risques associés à la perte de la biodiversité ont souvent été négligés, notamment par rapport aux défis que pose directement le changement climatique. Les études récentes sur la baisse de biodiversité des vertébrés et ce nouveau résultat sur les insectes soulignent que la situation est réellement alarmante. ■

C. A. Hallmann et al., *PLoS One*, vol. 12(10), e0185809, 2017