

POUR LA SCIENCE

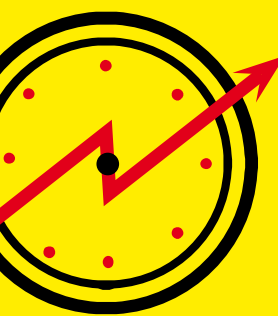
Avril 2016 - n° 462

www.pourlascience.fr

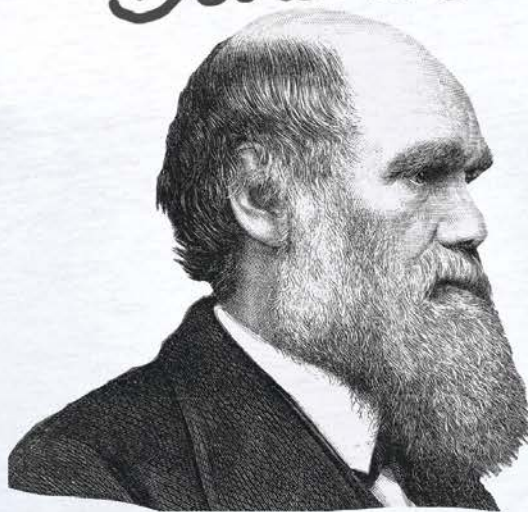
Édition française de Scientific American

Ondes gravitationnelles

- La dernière preuve de la **THÉORIE D'EINSTEIN**
- Les **TROUS NOIRS** comme on ne les a jamais vus
- Une **RÉVOLUTION** pour l'astronomie

**OBÉSITÉ, DIABÈTE, DÉPRESSION, CANCER****QUAND LES HORLOGES
BIOLOGIQUES SE DÉRÈGENT**

je descends de
Darwin



DARWIN L'ORIGINAL

JUSQU'AU 31 JUILLET 2016

M Porte de la Villette - réservation conseillée : cite-sciences.fr - #Darwin

L'EXPO

cité
des sciences &
de l'industrie

EN COLLABORATION AVEC

AVEC LE SOUTIEN DE



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Slate.fr

SCIENCE & VIE



arte



Le Point



8 rue Férou - 75278 Paris Cedex 06

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, Philippe Ribeau-Gésippe, Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossier Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Développement numérique : Philippe Ribeau-Gésippe

Directrice artistique : Céline Lapert

Maquette : Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Correction et assistance administrative : Anne-Rozenn Joubert

Marketing : Laurence Hay et Ophélie Maillet,

assistées de Marie Chaudy

Direction financière et direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Marianne Sigogne et Olivier Lacam

Presse et communication : Susan Mackie

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 :

Maud Bruguère, Damir Buskulić, Gianpiero Cagnoli,

Sophie Gallé-Soas, Nadine Guilhou, Évelyne Host-Platret,

Henri Leridon, Francis Lévi, Christophe Pichon,

Daniel Tacquenot, Loïc Villain

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

(j.f.guillotin@pourlascience.fr)

Tél. : 01 55 42 84 28 • Fax : 01 43 25 18 29

ABONNEMENTS

Abonnement en ligne : <http://boutique.pourlascience.fr>

Courriel : pourlascience@abopress.fr

Téléphone : 03 67 07 98 17

Adresse postale : Service des abonnements - Pour la Science, 19 rue de l'Industrie, BP 90053, 67402 Illkirch Cedex

COMMANDES DE LIVRES OU DE MAGAZINES :

Pour la Science, 628 avenue du Grain d'Or, 41350 Vineuil

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel. : 04 88 15 12 41

Information/modification de service/réassort :

Magazine disponible sur www.direct-editeurs.fr

Canada : Edipresse : 945 avenue Beaumont, Montréal,

Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303 rue du Pré-aux-Dies - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8 rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

Tarifs d'abonnement 1 an - 12 numéros

France métropolitaine : 59 euros Europe : 71 euros

Reste du monde : 85,25 euros

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina.

Executive editor: Fred Guterl. Design director: Michael Mrak. Editors:

Ricky Rusting, Philip Yam, Robin Lloyd, Mark Fischetti, Seth Fletcher,

Christine Gorman, Michael Moyer, Gary Stix, Kate Wong.

President : Keith McAllister. 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. », 8 rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de tra-

duction, 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. Li-

cence accordée à « Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est inter-

dit 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).



Maurice Mashaal
rédacteur en chef

La découverte du siècle ?

Des rumeurs bruissaient depuis des semaines. Le 11 février 2016, des conférences de presse organisées par les collaborations *LIGO*, aux États-Unis, et *Virgo*, en Europe, ont mis fin au suspense : on y a annoncé que les détecteurs de *LIGO* avaient enregistré le 14 septembre 2015 une onde gravitationnelle. Laquelle avait été émise par un très lointain couple de trous noirs pendant quelques dixièmes de seconde, juste avant que les deux astres ne fusionnent pour n'en faire qu'un.

La détection de ces vibrations de l'espace-temps, qui se propagent à la vitesse de la lumière, a fait la une des médias. À juste titre. Elle confirme directement l'existence des ondes gravitationnelles, prévue en 1916 par Einstein et sa théorie de la relativité générale – où la gravitation s'identifie à la déformation de l'espace-temps. Et elle nous révèle un objet astronomique jamais observé auparavant : un système binaire de trous noirs, en coalescence qui plus est.

Les observatoires gravitationnels vont propulser l'astrophysique dans une nouvelle ère

Cela laisse entrevoir tout le potentiel des observatoires à ondes gravitationnelles, qui vont sans doute propulser l'astrophysique dans une nouvelle ère (voir notre dossier pages 26 à 37).

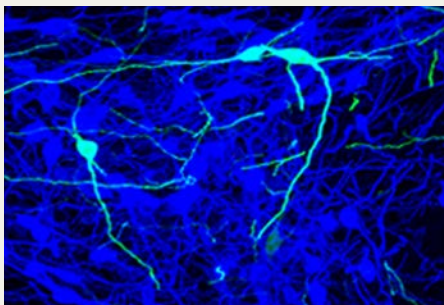
Est-ce la « découverte du siècle », comme beaucoup l'ont claironné ? Espérons que non, car le siècle ne fait que commencer... De plus, le mot « découverte » n'est pas tout à fait approprié, puisqu'on disposait déjà d'une preuve indirecte de l'existence des ondes gravitationnelles. L'événement n'en est pas moins historique.

Par ailleurs, rassurons-nous : bien que ces ondes déforment l'espace et le temps, elles ne risquent pas de dérégler nos horloges biologiques et de nous rendre malades (voir « *Quand nos horloges biologiques se dérèglent* » pages 38 à 46) : les déformations temporelles sont infimes, bien plus que les déformations spatiales, elles-mêmes si minuscules qu'il a fallu un siècle pour les détecter ! ■

3 Édito

Actualités

6 Trente neurones contre la douleur



7 Néandertal : un métissage il y a 100 000 ans

8 Pourquoi le parasite de la toxoplasmose nous manipule

9 À l'écoute de la dynamique cétacés-harengs

11 Le vent à tout rompre

Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Réflexions & débats

12 **Point de vue**
Huile de palme : une taxe qui ne tirera pas la filière vers le haut
Alain Rival

16 **Entretien**
Université Paris-Saclay :
« Pas sûr que les pôles augmentent la visibilité internationale »
Jérôme Aust et Christine Barats

20 **Cabinet de curiosités sociologiques**
Sisyphes au pays des rumeurs
Gérald Bronner

22 **Homo sapiens informaticus**
Essayez de m'oublier... vous n'y parviendrez pas !
Gilles Dowek

24 **Lu sur SciLogs.fr**
Les complots finissent-ils toujours par être révélés ?
Nicolas Gauvrit

En couverture : © W. Bengier

À LA UNE

26 **ASTROPHYSIQUE** La détection des ondes gravitationnelles, une nouvelle fenêtre sur l'Univers

Sean Bailly

Prédites par Einstein en 1916, les ondes gravitationnelles n'avaient jamais été détectées directement. C'est enfin chose faite : en enregistrant les ondes émises par la fusion de deux trous noirs, l'expérience *Advanced LIGO* inaugure une nouvelle ère pour l'astronomie.

34 « Avec les ondes gravitationnelles, nous verrons l'Univers comme nous ne l'avons jamais vu »

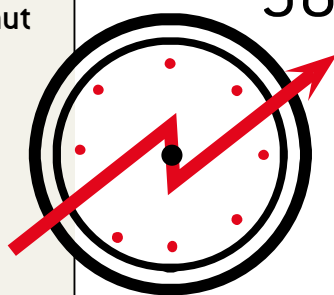
Entretien avec Benoît Mours

La détection d'ondes gravitationnelles par les deux interféromètres d'*Advanced LIGO* est un grand succès technique et scientifique : elle permettra d'étudier des objets cosmiques étonnants et inaccessibles aux télescopes.

38 **BIOLOGIE** Quand nos horloges biologiques se dérèglent

Keith Summa et Fred Turek

Les fonctions du foie, du pancréas et d'autres tissus se synchronisent avec l'horloge centrale de l'organisme grâce à l'action de certains gènes. Le dérèglement de ces horloges périphériques augmente le risque d'obésité, de diabète, de dépression...



48 **DÉMOGRAPHIE** 6 milliards d'Africains ?

Robert Engelman

Les projections démographiques pour l'Afrique sont alarmantes. Pour les démentir, il faudra donner aux femmes plus de droits et d'autonomie.



56 **ÉGYPTOLOGIE** **Un chemin d'étoiles pour les défunts**

Sarah Symons et Elizabeth Tasker

Il y a 4000 ans, les Égyptiens ont peint des tables astronomiques au revers des couvercles de certains cercueils. À quoi servaient-elles ? Peut-être à orienter les morts dans leur voyage vers l'au-delà.



64 **ÉTHOLOGIE** **Vivre connecté, un atout pour l'animal**

Lee Alan Dugatkin et Matthew Hasenjager

Chez de nombreuses espèces animales, la survie et le succès des individus dépendent de la qualité et de l'intensité de leurs liens sociaux.



72 **HISTOIRE DES SCIENCES** **Émile Duclaux, physicien, pastorien et dreyfusard**

Christine Moissinac

Dans le sillage de Pasteur, un jeune Auvergnat, physicien et chimiste, devient à la fin du XIX^e siècle un pilier de la microbiologie naissante. Fort de son autorité en sciences, il s'implique en tant que citoyen pour défendre la vérité, la justice, l'accès au savoir et l'hygiène sociale.

Rendez-vous

80 **Logique & calcul**

Adoucir son comportement ou le durcir

Jean-Paul Delahaye et Philippe Mathieu

Les simulations des diverses stratégies qu'il est possible d'adopter dans le « dilemme itéré du prisonnier » indiquent que, dans les grands ensembles sociaux, il est préférable d'être coopératif, surtout au début.

86 **Science & fiction**

Antman, petit mais costaud !

J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

88 **Art & science**

L'art-chéologie

Loïc Mangin

91 **Idées de physique**

Un poisson-coffre dans la voiture

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik



94 **Science & gastronomie**

Rattraper la sauce hollandaise

Hervé This

96 **À lire**

98 **Bloc-notes**

Les chroniques de Didier Nordon

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



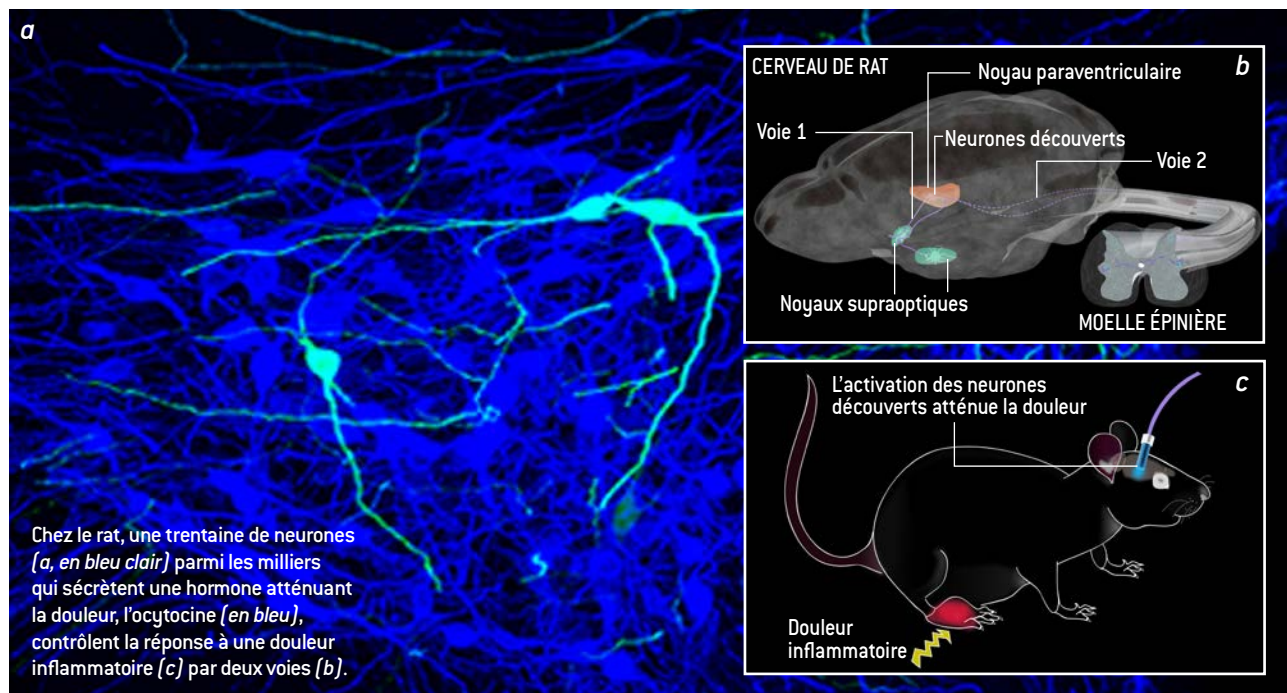
Recevez gratuitement la lettre d'information en inscrivant uniquement votre adresse mail sur www.pourlascience.fr

Actualités

Neurobiologie

Trente neurones contre la douleur

Dans le cerveau, une toute petite population de neurones coordonne les différentes étapes d'un processus qui atténue les douleurs de type inflammatoire.



© a : Valéry Grinvald, b : Thomas Spiletz, c : Alexandre Charlet

Atténuation de la douleur, contraction de l'utérus lors de l'accouchement, lactation, attachement de l'enfant à sa mère, orgasme, régulation de l'anxiété, de l'empathie... Une molécule, l'ocytocine, produit à elle seule tous ces effets. Or sur les quelque 90 milliards de neurones que comporte notre cerveau, seule une population de 40 000 à 60 000 neurones, située au cœur de l'hypothalamus, sécrète ce messager. Libérée dans le sang ou directement dans le cerveau, l'ocytocine cible les neurones périphériques, les cellules musculaires de l'utérus, les glandes mammaires ou le cerveau antérieur, selon les signaux qui ont déclenché son émission. Comment un si petit centre commande-t-il une telle palette d'actions ?

Au sein de ce centre ocytocinergique, de petites sous-populations de neurones assureraient chacune un rôle. Cette hypothèse est envisagée depuis quelques années, mais on n'avait encore mis en évidence aucune sous-population... jusqu'à aujourd'hui. Une équipe internationale coordonnée en France par Alexandre Charlet, de l'Institut des neurosciences cellulaires et intégratives (CNRS/université de Strasbourg), a montré que, chez le rat, une trentaine de neurones de ce centre contrôlent la réponse à un certain type de douleurs, les douleurs inflammatoires.

Les neurobiologistes voulaient cartographier le centre ocytocinergique afin de mieux comprendre comment il dialogue avec ses différentes cibles, notamment le cerveau antérieur.

En effet, l'ocytocine est produite par deux types de neurones : les neurones magnocellulaires, de gros neurones qui projettent leur axone vers le système sanguin et le cerveau antérieur, et les neurones parvocellulaires, de petits neurones dont l'axone rejoint d'autres régions du tronc cérébral et de la moelle épinière. Dans l'hypothalamus, ces deux types de neurones cohabitent, certains produisant de l'ocytocine, d'autres non, et l'ensemble ressemble à un écheveau complexe que les chercheurs démêlent.

Ils ont commencé par étudier la neuroanatomie du système ocytocinergique du rat, très proche de celui de l'homme. Ils se sont ainsi aperçus que dans une région de l'hypothalamus, le noyau paraventriculaire, une

trentaine de neurones parvocellulaires ocytocinergiques projettent deux axones les reliant l'un à des neurones magnocellulaires ocytocinergiques d'une autre région de l'hypothalamus, les deux noyaux supraoptiques, l'autre à une population particulière de neurones dans les couches profondes de la moelle épinière.

Or les couches profondes de la moelle épinière sont le lieu où, lors d'une douleur, le message sensoriel provenant des nerfs touchés est interprété et codé en une information qui rejoint d'autres neurones, dont le centre ocytocinergique. Ce dernier libère alors de l'ocytocine dans le sang, qui atteint ainsi les nerfs touchés, dont elle diminue les signaux de douleur émis.

Les neurobiologistes ont donc regardé si la population de trente