

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

Dossier Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Développement numérique : Philippe Ribeiro-Gésippe

Directrice artistique : Céline Lapert

Maquette : Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Correction et assistance administrative : Anne-Rozenn Joubert

Marketing & diffusion : Laurence Hay, Arthur Peys

assisté de William Armand

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 :

Didier Aurelle, Maud Bruguère, Eric Buffetaut, Gwendoline Fox,

Aline Gerstner, Évelyne Host-Platret, Laurence Henry, Cédric

Hubas, Capucine Jahan, Stefan Lalonde, Christophe Pichon,

Pierre Sans-Jofre, Daniel Tacquenot, Loïc Villain

PRESSE ET COMMUNICATION

Susan Mackie

susan.mackie@pourlascience.fr – Tél. 01 55 42 85 05

PUBLICITÉ France

Directeur de la publicité : Jean-François Guillotin

jf.guillotin@pourlascience.fr – Tél. 01 55 42 84 28

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

Tarifs d'abonnement 1 an - 12 numéros

France métropolitaine : 59 euros - Europe : 71 euros

Reste du monde : 85,25 euros

COMMANDES DE LIVRES OU DE MAGAZINES

<http://boutique.pourlascience.fr/>

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.

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

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 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.

Siège social : 170 bis boulevard du Montparnasse 75014 Paris.

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 intégra-

lement 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 %

Certification : PEFC

« Eutrophisation » ou « Impact sur l'eau » :

P_{tot} 0,007 kg/tonne



Maurice Mashaal
rédacteur en chef

Ruée sur l'espace-temps



Qu'est-ce que l'espace ? Qu'est-ce que le temps ? Jusqu'au début du XX^e siècle, les physiciens voyaient l'espace et le temps comme un cadre vide et totalement passif au sein duquel se déroulent les phénomènes : une sorte de réceptacle inerte où le réel se manifeste et qui se décrit à l'aide de quatre dimensions, trois pour l'espace et une pour le temps.

Même la relativité restreinte d'Einstein, théorie publiée en 1905, n'a pas modifié fondamentalement cette conception. Elle a certes montré que les relations entre coordonnées spatiales et temporelles sont plus complexes que celles de la physique galiléenne, au point qu'il était pertinent d'introduire le terme d'espace-temps, mais on restait sur l'idée d'un cadre vide et passif.

Un aperçu sur son intimité quantique ?

La véritable révolution est venue en 1915 avec la théorie de la relativité générale. L'espace-temps y obtenait le statut d'acteur physique à part entière : la déformation de la géométrie de l'espace-temps traduit ce que nous appelons la gravitation, déformation qui dépend elle-même de la matière et de l'énergie présentes.

En physique quantique, en revanche, l'espace-temps continue de jouer le rôle d'un réceptacle passif. C'est l'un des symptômes de l'incompatibilité entre la physique quantique et la relativité générale – et de l'inexistence, à ce jour, d'une théorie quantique de la gravitation. Mais les théoriciens ne sont pas à court d'idées. Tout un projet international consiste ainsi à explorer l'hypothèse que l'espace-temps émerge de l'intrication quantique de minuscules entités fondamentales (voir pages 20 à 26). Et deux éminents physiciens ont découvert un lien étonnant entre relativité générale et théorie quantique, en étudiant l'intrication quantique de deux trous noirs (voir pages 28 à 35). Un premier aperçu sur l'intimité quantique de l'espace-temps ? Il serait... temps, la science attend cela depuis près d'un siècle. ■

3 Édito

Actualités

- 6 Sida : des réservoirs du virus démasqués
- 7 Changer l'arbre de parenté des dinosaures ?
- 8 Le méthane, facteur clé de la Grande Oxydation
- 9 Dans le dédale de l'embryon humain
- 12 De belles mosaïques à Uzès



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Réflexions & débats

- 14 **Point de vue**
Une stratégie payante : personnifier la nature
Catherine Larrère
- 16 **Homo sapiens informaticus**
L'informatique va rompre le lien entre travail et revenu
Gilles Dowek



- 17 **Cabinet de curiosités sociologiques**
Le prix de la réciprocité
Gérald Bronner

Ce numéro comporte une offre d'abonnement L'Éléphant sur une sélection d'abonnés France métropolitaine.
En couverture : © Malcolm Godwin, Moonrunner Design

À LA UNE

20

PHYSIQUE THÉORIQUE

À la poursuite de l'espace-temps quantique

Clara Moskowitz

L'espace et le temps émergeraient de l'intrication quantique de minuscules bribes d'information : telle est l'audacieuse hypothèse explorée par le projet collaboratif intitulé *It from Qubit*.

28

L'intrication quantique est-elle un trou de ver ?

Juan Maldacena

Réconcilier enfin relativité générale et physique quantique ? Un rêve de physiciens qui prendrait corps avec une nouvelle théorie : l'intrication quantique de deux trous noirs correspondrait à la formation d'un trou de ver reliant les deux astres.

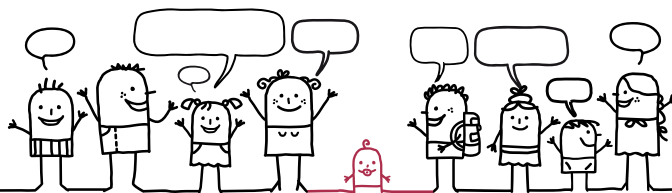
36

LINGUISTIQUE

Au-delà de la grammaire universelle

Paul Ibbotson et Michael Tomasello

L'enfant est-il muni de règles de grammaire innées qui lui permettent d'apprendre n'importe quelle langue ? Cette théorie de Noam Chomsky, longtemps dominante, a du plomb dans l'aile. L'enfant apprendrait plutôt de ce qu'il entend, en exploitant des facultés cognitives générales.



44 **BIOLOGIE CELLULAIRE** L'indispensable dialogue des cellules

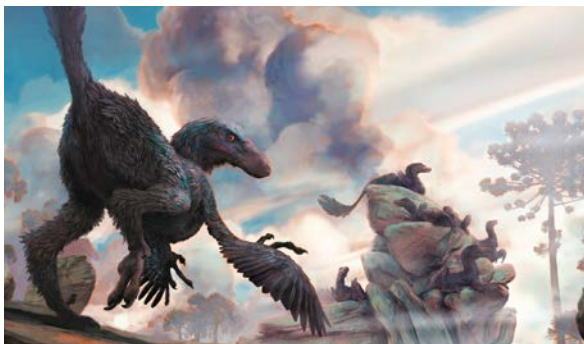
Dale Laird, Paul Lampe et Ross Johnson

La plupart des cellules communiquent avec leurs voisines *via* des myriades de minuscules canaux. Un système de signalisation essentiel tant aux battements cardiaques qu'à la cicatrisation.

54 **PALÉONTOLOGIE** Comment les ailes sont venues aux dinosaures

Stephen Brusatte

Les fossiles de dinosaures à plumes du Liaoning, en Chine, révèlent que la transformation de certains dinosaures en oiseaux a été longue. Et que les premières plumes n'avaient rien à voir avec la capacité de voler.



64 **GÉNÉTIQUE** Le paradoxe de Huntington

Chiara Zuccato et Elena Cattaneo

Le gène à l'origine de la maladie de Huntington, une maladie neurodégénérative dévastatrice, a joué un rôle crucial dans l'évolution de notre système nerveux.

72 **PORTFOLIO** Dans les greniers des lycées

Francis Gires

Fruit d'un périple de longue haleine dans les oubliettes des lycées, une encyclopédie présente près de 1 000 instruments ayant servi à enseigner la physique du XVIII^e siècle au milieu du XX^e... Des trésors à remettre au goût du jour !



Rendez-vous

78 **Logique & calcul**

Quand considère-t-on qu'un théorème est définitivement prouvé ?

Jean-Paul Delahaye

Renforcer la confiance qu'on a dans la preuve d'un théorème difficile est possible. Il faudrait le faire pour le grand théorème de Fermat.

84 **Science & fiction**

L'imaginaire des profondeurs

J.-Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

86 **Art & science**

Terminator et la petite fleur

Loïc Mangin

89 **Idées de physique**

Les infidèles micros de la guitare électrique

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik



92 **Question aux experts**

Avaler un corps étranger est-il dangereux ?

Bernard Schmitt

94 **Science & gastronomie**

Le goût du fumé sans ses inconvénients

Hervé This

96 **À lire**

98 **Bloc-notes**

Les chroniques de Didier Nordon

Archives numériques

POUR LA
SCIENCE.fr

Tous les numéros
depuis 1996



Suivez-nous sur les réseaux sociaux

