



SCIENCE

LINGUISTIQUE
**MOLIÈRE EST
BIEN L'AUTEUR
DE SES PIÈCES**

ÉCONOMIE
**LES INÉGALITÉS
DE RICHESSE
MODÉLISÉES**

ÉGYPTOLOGIE
**LES ENTRAILLES
DES MOMIES VUES
AU SCANNER**

JANVIER 2020
N° 507



LES CRISTAUX TEMPORELS

**Un nouvel état
de la matière**



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 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



É DITO



**MAURICE
MASHAAL**
Rédacteur
en chef

DES CRISTAUX DANS LA QUATRIÈME DIMENSION

Le terme d'«espace-temps» est aujourd'hui familier: la théorie de la relativité, dont nous a gratifiés Einstein il y a environ un siècle, a habitué les physiciens au fait peu intuitif que l'espace et le temps constituent deux entités interdépendantes de notre Univers. Avec cette interdépendance, les longueurs et les durées sont relatives à l'état de mouvement de l'observateur, et perdent ainsi le caractère absolu que la physique classique leur attribuait.

Mais les relations entre l'espace et le temps ne s'arrêtent pas là. Le formalisme mathématique de la relativité les fait apparaître comme deux grandeurs presque équivalentes, traitées sur un pied d'égalité. Ainsi, bien qu'il y ait des différences importantes entre les deux entités (par exemple, l'écoulement du temps ne se fait que dans un seul sens), une certaine symétrie prévaut entre elles.

Or la notion de symétrie, qu'elle se rapporte à l'espace-temps ou à d'autres grandeurs physiques, s'est révélée extrêmement féconde pour la physique du ^{xx}e siècle. Et il semble que ce soit loin d'être fini. En témoignent les «cristaux temporels» que le physicien théoricien Frank Wilczek, lauréat du prix Nobel en 2004, a imaginés en 2012 et qu'il nous décrit dans ce numéro (*voir pages 24 à 32*).

L'idée était presque simple. Dans un cristal ordinaire, les atomes ou molécules sont disposés de façon régulière: les motifs moléculaires se répètent de façon strictement périodique dans l'espace. Peut-on alors, par esprit de symétrie, envisager des systèmes physiques dont l'agencement se répète à intervalles de temps réguliers? Telle est, à quelques subtilités près, l'idée des cristaux temporels. Laquelle a fait son chemin: les premières réalisations de tels systèmes, que certains qualifient de «nouvel état de la matière», datent de 2017. Simples curiosités scientifiques ou prémices d'une nouvelle branche de la physique riche en applications, aux horloges ultraprécises par exemple? L'avenir nous le dira. ■

SOMMAIRE

N° 507 /
Janvier 2020

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Un trou noir surprenant dans la Voie lactée
- Le gigantopithèque enfin mis à sa place
- Sortie des eaux des végétaux: un scénario revisité
- Un facteur aggravant pour l'Antarctique
- Mucoviscidose: une trithérapie
- Des autruches, des moutons et des chèvres
- La rougeole provoque une «amnésie immunitaire»
- Les plaques entraînent parfois le manteau
- Des sursauts gamma record
- Les abeilles, championnes de la glisse

P. 16

LES LIVRES DU MOIS

P. 18

AGENDA

P. 20

HOMO SAPIENS INFORMATICS

Stocker sur la durée, un défi!

Gilles Dowek

P. 22

QUESTIONS DE CONFIANCE

Une assiette sans foie ni loi

Virginie Tournay

GRANDS FORMATS



P. 34

ÉGYPTOLOGIE

DANS LES ENTRAILLES DES MOMIES

Marie Zawisza

Les Égyptiens anciens ont développé des techniques d'embaumement de pointe. Pour percer leurs secrets, les chercheurs s'appuient aujourd'hui sur la scanographie. Fascinant.



P. 54

LINGUISTIQUE

MOLIÈRE EST BIEN L'AUTEUR DE SES ŒUVRES

Florian Cafiero
et Jean-Baptiste Camps

On a longtemps soupçonné Molière de ne pas avoir écrit ses pièces, dont le véritable auteur serait Corneille. Mais l'étude de la langue de Molière et de ses contemporains rend à l'homme de théâtre ce qui lui est dû.



P. 44

PALÉONTOLOGIE

LES MAÎTRES DU CIEL MÉSOZOÏQUE

Michael Habib

Comment les ptérosaures, créatures géantes à la tête démesurée, pouvaient-ils voler? De nouveaux fossiles et la modélisation mathématique donnent des réponses.



P. 60

ÉCONOMIE

AUX SOURCES MATHÉMATIQUES DES INÉGALITÉS DE RICHESSE

Bruce M. Boghosian

Un modèle mathématique simple décrit la répartition de la richesse dans les économies modernes avec une précision sans précédent. Et remet en question quelques idées reçues sur le libre marché.



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 :
© Mark Ross Studio

Les portraits des contributeurs
sont de Seb Jarnot



P. 68

ÉTHOLOGIE

FILOU COMME UNE SEICHE

Barbara King

Homo sapiens n'est pas la seule espèce qui mente. La tromperie règne dans le monde animal.



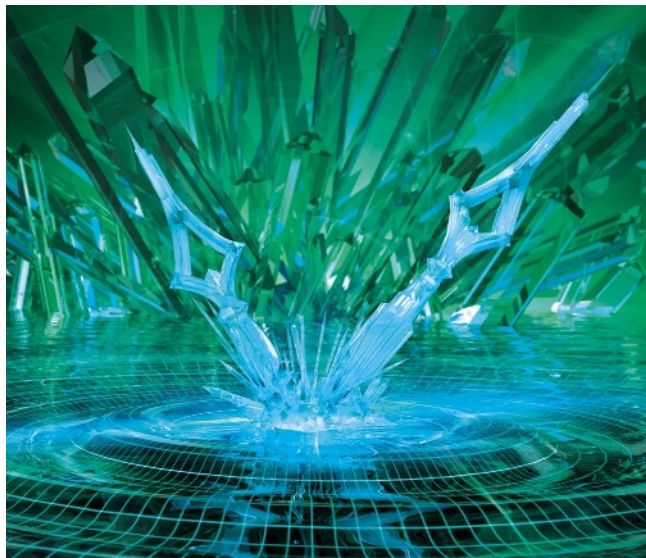
P. 74

HISTOIRE DES SCIENCES

LES BULLES DE LA PENSÉE

Jean-Gaël Barbara

Les neurones du cerveau s'échangent des informations en s'envoyant des messagers chimiques dans de microscopiques bulles. C'est ce que découvrit il y a soixante ans le neuroscientifique allemand Bernard Katz.



P. 24

PHYSIQUE

LES CRISTAUX TEMPORELS UN NOUVEAU ÉTAT DE LA MATIÈRE

Frank Wilczek

En imaginant des cristaux présentant un motif répété dans le temps plutôt que dans l'espace, les physiciens créent de nouveaux états de la matière aux propriétés surprenantes. Une piste pour concevoir des horloges ultraprécises.

RENDEZ-VOUS

P. 80

LOGIQUE & CALCUL

COMBINES POUR TÉTRADES

Jean-Paul Delahaye

La combinatoire géométrique exige une patience et une minutie dont souvent seul l'ordinateur est capable. Le cas des tétraèdres est exemplaire.

P. 86

ART & SCIENCE

La pierre idéale du facteur Cheval

Loïc Mangin



P. 88

IDÉES DE PHYSIQUE

Du granité pour bien patiner

Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik

P. 92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

Les gènes perdus des baleines

Hervé Le Guyader

P. 96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Des émulsions riches en curcuma

Hervé This

P. 98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.16 Livres du mois

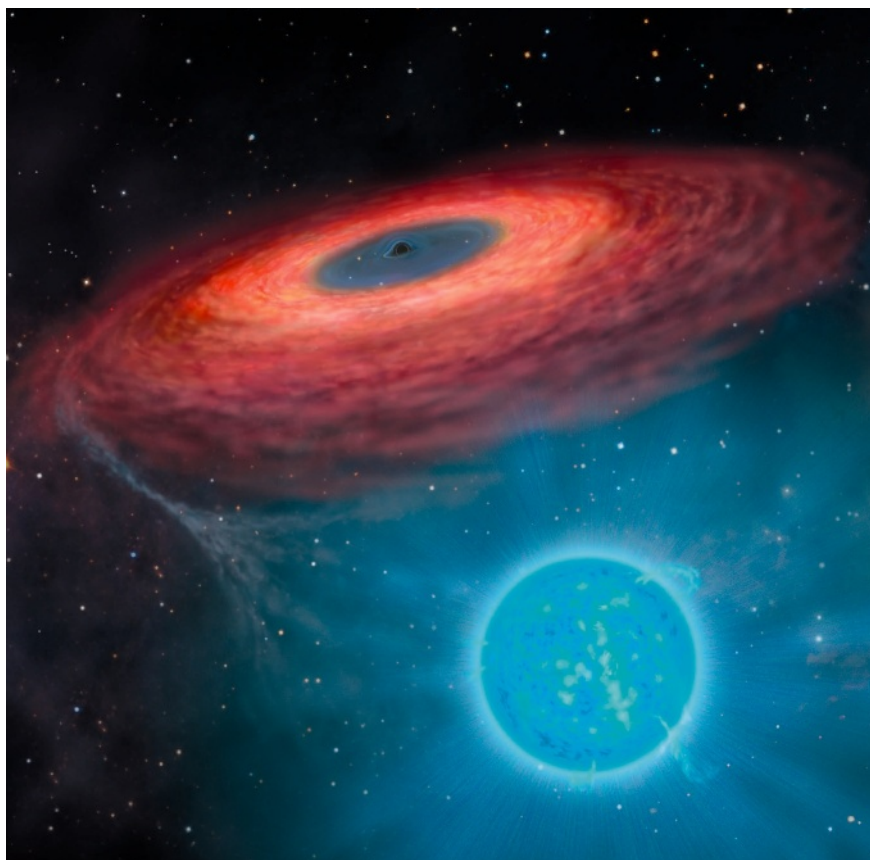
P.18 Agenda

P.20 Homo sapiens informaticus

P.22 Questions de confiance

ASTROPHYSIQUE

UN TROU NOIR SURPRENANT DANS LA VOIE LACTÉE



Dans le système binaire LB-1 (ici une vue d'artiste), le disque d'accrétion (en rouge) du trou noir est trop petit pour émettre assez de lumière. C'est grâce au mouvement orbital de l'étoile de type B (en bleu) que le trou noir a été découvert.

Découvert récemment, le trou noir LB-1 a une masse estimée à 68 masses solaires. C'est bien plus que ne le prévoient les modèles...

En dehors du trou noir super-massif central, fort d'une masse de 4 millions de fois celle du Soleil, la Voie lactée compterait de l'ordre de 100 millions de trous noirs dits « stellaires », chacun d'eux étant né à la suite de la mort d'une étoile. D'après les modèles d'évolution stellaire, ces trous noirs atteindraient jusqu'à environ 25 masses solaires. Pourtant, Jifeng Liu, de l'Académie chinoise des sciences, à Beijing, et ses collègues viennent d'identifier un trou noir de 68 masses solaires. Comment résoudre l'énigme de sa formation ?

En plus de sa masse hors normes, le trou noir LB-1, distant de 15 000 années-lumière, présente une autre originalité : il a été identifié d'une façon exceptionnelle. La plupart des trous noirs stellaires découverts dans la Galaxie l'ont été grâce aux rayons X émis par la matière brûlante de leur disque d'accrétion. Mais la majorité des trous noirs, dénués d'un disque important, sont invisibles.

Comment alors les détecter ? En cherchant des étoiles lumineuses présentant un mouvement périodique (on parle de vitesse radiale), qui indique leur appartenance à un système binaire où leur

compagnon est un trou noir. Grâce à cette méthode, l'équipe de Jifeng Liu a repéré le système LB-1, composé d'une étoile lumineuse de type B, ayant une période orbitale de 78,9 jours, et d'un trou noir de 68 masses solaires. Ces mesures restent à confirmer, mais si elles sont correctes, la masse du trou noir est bien trop élevée pour que cet astre soit né de l'effondrement d'une étoile en fin de vie.

Récemment, les dispositifs *Ligo* et *Virgo* de détection d'ondes gravitationnelles ont mis en évidence des fusions de paires de trous noirs, chacun faisant entre 20 et 50 masses solaires. Ces coalescences ont donné naissance à des trous noirs plus grands, ce qui pourrait être une piste pour expliquer LB-1.

Il faut cependant prendre en compte un autre paramètre : la « métallicité » des