



# SCIENCE

GÉOSCIENCES

**UN VOLCAN  
SOUS L'INFLUENCE  
DE LA LUNE**

PALÉONTOLOGIE

**LES DINOSAURES,  
POULIDORS  
DE L'ÉVOLUTION**

MATHÉMATIQUES

**L'ANALYSE  
DE FOURIER, CLÉ  
DU NUMÉRIQUE**JANVIER 2019  
N° 495

# ET SI LA GRAVITÉ N'ÉTAIT PAS QUANTIQUE ?

## La théorie qui bouscule 60 ans de recherches



**MAURICE  
MASHAAL**  
Rédacteur  
en chef

## POUR SORTIR DE LA CRISE, SUS À L'ORTHODOXIE!

**L**a partie de la physique théorique qui s'intéresse aux quatre interactions fondamentales connues traverse ces temps-ci ce qu'il faut bien appeler une crise. Trois de ces interactions sont décrites de façon unifiée par le «modèle standard de la physique des particules», édifice théorique achevé au début des années 1970. La quatrième, la gravitation, fait bande à part: elle relève de la théorie de la relativité générale, mise au point par Einstein en 1915. Or le modèle standard est une théorie obéissant aux principes de la physique quantique, tandis que la relativité générale repose sur des concepts classiques, donc très différents.

Cette schizophrénie heurte les physiciens et leur sens de l'esthétique ou de la symétrie, fortement aiguë par les découvertes du xx<sup>e</sup> siècle. C'est donc naturellement qu'ils ont recherché une théorie quantique permettant d'englober la gravitation. Seulement voilà, après une soixantaine d'années d'efforts acharnés et d'idées brillantes, une théorie quantique de la gravitation manque toujours. Et pour couronner le tout, le modèle standard, que l'on sait pourtant incomplet, ne montre aucune faille susceptible d'orienter vers une théorie meilleure – tandis que l'espoir de découvrir expérimentalement et dans un avenir proche de nouvelles particules, indicatrices d'une nouvelle physique, est bien mince.

Comment sortir de l'impasse? Antoine Tilloy décrit ici une issue possible (*voir pages 28 à 37*): faire l'hypothèse très peu orthodoxe que la gravitation reste d'essence classique et chercher à la coupler avec la matière, d'essence quantique. Pour ce faire, explique-t-il, on est amené à s'interroger sur les concepts fondamentaux de la physique quantique – c'est-à-dire à remettre en question l'interprétation orthodoxe de cette théorie, qui prévaut depuis près de cent ans.

En cherchant une meilleure théorie de la gravitation, finira-t-on ainsi par mieux comprendre les très étranges lois auxquelles obéit le monde quantique? On assisterait alors à l'un de ces cocasses retournements de situation dont l'histoire a le secret. ■

# SOMMAIRE

N° 495 /  
Janvier 2019

## ACTUALITÉS

P. 6

### ÉCHOS DES LABOS

- L'inosine, ingrédient possible des débuts de la vie
- Antibiorésistance: impact en hausse en Europe
- Les premières machines molles artificielles
- Des fractales quantiques
- Grippe: un traitement universel grâce au lama?
- Une preuve de l'avantage des ordinateurs quantiques
- Un processus culturel chez la drosophile
- Les plus anciennes peintures sont à Bornéo

P. 20

### LES LIVRES DU MOIS

P. 22

### AGENDA

P. 24

### HOMO SAPIENS INFORMATICS

Limiter la vitesse des voitures autonomes?

Gilles Dowek

P. 26

### CABINET DE CURIOSITÉS SOCIOLOGIQUES

Repousser le dernier moment

Gérald Bronner

## GRANDS FORMATS



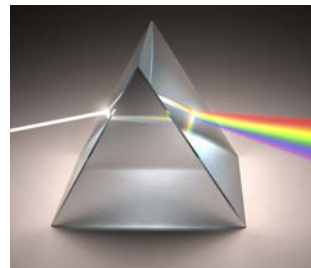
P. 38

### GÉOSCIENCES

#### LE RUAPEHU, UN VOLCAN SENSIBLE À LA LUNE

Corentin Caudron

On sait que la Lune ne fait pas pousser les cheveux ni ne déclenche les naissances. Mais l'astre de la nuit agit sur les marées... et peut-être sur les volcans.



P. 54

### MATHÉMATIQUES

#### L'ANALYSE DE FOURIER, PILIER DU NUMÉRIQUE

Patrick Flandrin, Stéphane Jaffard et Jean-Michel Morel

Représenter une fonction quelconque sous la forme d'une somme de fonctions élémentaires: cette méthode, mise au point au XIX<sup>e</sup> siècle par Joseph Fourier, a connu plusieurs avatars récents et joue un rôle clé dans la révolution numérique.



P. 44

### BIOLOGIE

#### LA GÉNÉALOGIE D'UNE TUMEUR

Jeffrey Townsend

Dans un cancer, le principal danger vient des métastases de la tumeur primaire. La détermination de l'arbre de parenté des tissus cancéreux chez un même patient a montré que ces tumeurs secondaires ont pour origine plusieurs mutations clés survenues très tôt dans le foyer initial.



P. 64

### PALÉONTOLOGIE

#### LE TRIOMPHE IMPROBABLE DES DINOSAURES

Stephen Brusatte

L'histoire était entendue: à leur apparition, les dinosaures avaient vite surpassé les autres vertébrés. Faux, indiquent de nouveaux fossiles. Rien ne prédestinait les terribles lézards à devenir les maîtres du Mésozoïque.



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](http://www.pourlascience.fr)



En couverture :

© Agsandrew/Shutterstock.com

Les portraits des contributeurs  
sont de Seb Jarnot



P.74

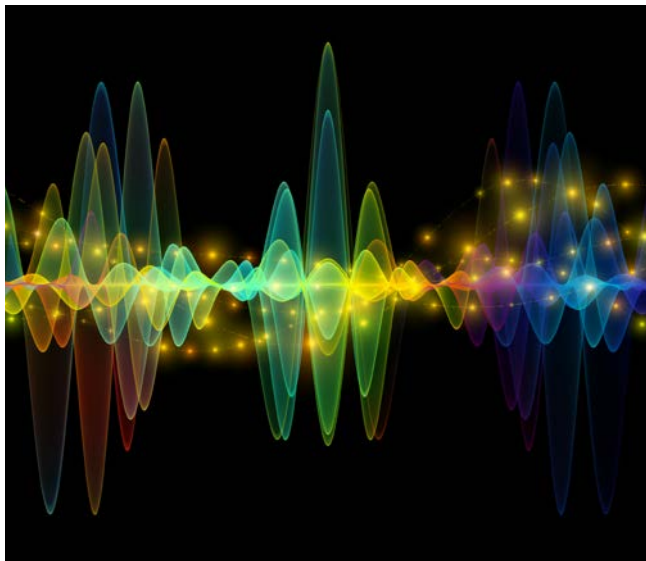
**HISTOIRE DES SCIENCES**

## LA CONTROVERSE DE LA GÉLATINE

*Fani Papadopoulou*

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, un industriel mit au point un dispositif pour extraire la gélatine des os à grande échelle et proposa de l'utiliser pour nourrir malades, personnel hospitalier, soldats, marins et pauvres. Mais la substance était-elle réellement nutritive?

À LA UNE



P.28

**PHYSIQUE THÉORIQUE**

## ET SI LA GRAVITÉ N'ÉTAIT PAS QUANTIQUE?

*Antoine Tilloy*

Les tentatives d'échafauder une théorie quantique de la gravitation ont jusqu'ici échoué. Des physiciens explorent une autre voie, où cette force resterait de nature classique. Mais cela implique de repenser les fondements de la physique quantique.

**RENDEZ-VOUS**

P.80

**LOGIQUE & CALCUL**

## RANGER AU MIEUX DES CARRÉS, DES CERCLES...

*Jean-Paul Delahaye*

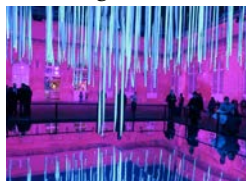
Disposer des formes géométriques identiques dans le plus petit espace possible: les problèmes de ce type attirent non seulement les amateurs de récréations mathématiques, mais aussi des chercheurs de métier.

P.86

**ART & SCIENCE**

## Entrer dans la lumière

*Loïc Mangin*



P.88

**IDÉES DE PHYSIQUE**

## Dépressions sur Terre... et dans l'évier

*Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik*

P.92

**CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION**

## Le Lego de la coagulation sanguine

*Hervé Le Guyader*

P.96

**SCIENCE & GASTRONOMIE**

## Un café qui a plus de goût que le café

*Hervé This*

P.98

**À PICORER**

# A

## CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.20 Livres du mois

P.22 Agenda

P.24 *Homo sapiens informaticus*

P.26 Cabinet de curiosités  
sociologiques

### BIOCHIMIE

# L'INOÏSINE, INGRÉDIENT POSSIBLE DES DÉBUTS DE LA VIE



La molécule d'ARN est constituée de nucléotides caractérisés par quatre types de nucléosides notés A, T, G, U. Les conditions de la Terre primordiale permettaient peut-être la synthèse d'une forme d'ARN proche, où l'inosine remplace G, la guanosine.

**La molécule d'ARN a-t-elle eu un rôle crucial dans l'émergence de la vie sur Terre ? Peut-être, si l'un de ses constituants était l'inosine et non la guanosine.**

**L'**une des grandes énigmes de la science est l'origine de la vie. Celle-ci serait apparue sur Terre il y a plus de trois milliards d'années, mais comment ? Dans le scénario de « l'hypothèse du monde à ARN », l'acide ribonucléique, ou ARN, aurait eu une place centrale très tôt dans cette histoire. Mais cette piste s'accompagne de nombreuses questions. Notamment, les composés présents sur la Terre primordiale permettaient-ils la synthèse de l'ARN ou d'une forme apparentée ? Jack Szostak, de l'université Harvard, et ses collègues ont étudié

une molécule, l'inosine, qui pourrait avoir joué un rôle clé dans ce scénario.

L'ADN est le support de l'information génétique. Il contient les instructions pour la production de protéines, mais sa répllication n'est possible qu'avec des catalyseurs, des protéines. Dès lors, on imagine mal l'ADN en tant que précurseur de la vie. En 1982, Thomas Cech et Sidney Altman (Prix Nobel de chimie en 1989) ont ouvert une autre piste en découvrant que l'ARN, très proche chimiquement de l'ADN et capable de transporter de l'information génétique, peut aussi avoir un rôle de catalyseur, comme les protéines.

Mais l'ARN, molécule complexe, peut-il être produit par des processus de chimie prébiotique, c'est-à-dire à partir des composés présents sur Terre avant l'apparition de la vie ? Peut-être. Une autre possibilité serait que la vie ait débuté avec des molécules plus simples et que l'ARN se soit formé plus tard. De nombreux chercheurs étudient cependant « l'hypothèse du monde à ARN » où cette molécule aurait été produite directement dans des conditions prébiotiques.

Produite comment ? Même si l'ARN peut avoir un rôle de catalyseur, on ne connaît pas de processus non enzymatiques (donc en l'absence de certaines protéines) par lesquels l'ARN, dans sa forme actuelle, pourrait se répliquer sans trop d'erreurs. Une solution est d'imaginer que les premières formes de vie auraient