

SOMMAIRE

N° 526 / Août 2021

CAHIER PARTENAIRE
PAGES I À III (APRÈS LA P. 46)

**Radiothérapie du cancer
du sein. Mieux préserver
le cœur**

parrainé par

IRSN



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

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- « Où vas-tu petit canard? », une question indécidable!
- La cohésion garantie malgré la mort de cellules
- Plier un livre, un modèle de frottements
- Des « plaques tectoniques » sur Vénus
- Plantes et champignons, une symbiose ancienne
- Les origines géologiques de Zélandia
- Deux systèmes de pluies pour le Sahara vert
- La sépulture de Mtoto, la plus ancienne d'Afrique
- La fusion qui manquait
- Jean Dalibard, Médaille d'or du CNRS

P. 18

LES LIVRES DU MOIS

P. 20

DISPUTES ENVIRONNEMENTALES

Protéger 30% de la planète: une ambition équivoque

Catherine Aubertin

P. 22

LES SCIENCES À LA LOUPE

Classer les classements... et les déclasser

Yves Gingras

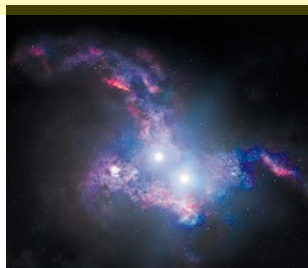


En couverture:
© Shutterstock.com/Piotr Krzeslak

Les portraits des contributeurs sont de Seb Jarnot

Ce numéro comporte un encart d'abonnement *Pour la Science*, broché en cahier intérieur, sur toute la diffusion kiosque en France métropolitaine. Il comporte également un courrier de réabonnement, posé sur le magazine, sur une sélection d'abonnés.

GRANDS FORMATS



P. 36

ASTROPHYSIQUE

DES PULSARS POUR TRAQUER LES ONDES GRAVITATIONNELLES

Gilles Theureau, Siyuan Chen et Antoine Petiteau

En mesurant avec précision les signaux radio périodiques de plusieurs dizaines de pulsars, les astrophysiciens comptent détecter les ondes gravitationnelles émises par des paires de trous noirs supermassifs. Les premiers résultats sont encourageants.



P. 50

ARCHÉOLOGIE

UN «STONEHENGE» ALLEMAND

Karin Schlott

Sur les bords de l'Elbe, en Saxe-Anhalt, des archéologues ont retrouvé les vestiges d'un sanctuaire néolithique, siège de cruels rituels. Et fort similaire à celui de Stonehenge.



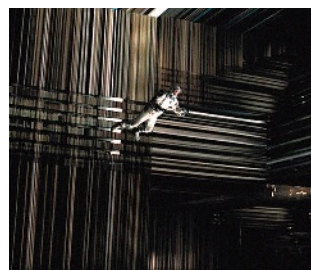
P. 58

GÉOSCIENCES

LES MONTAGNES FONDENT... ET S'EFFONDRENT!

Ludovic Ravanel

Le réchauffement climatique a une conséquence spectaculaire. Il accélère un phénomène millénaire: la déstabilisation des parois rocheuses de haute montagne.



P. 66

SCIENCE & FICTION

L'UNIVERS, COMBIEN DE DIMENSIONS?

Roland Lehoucq et Jean-Sébastien Steyer

Notre monde semble avoir trois dimensions d'espace et une dimension de temps. Pourtant, les auteurs de science-fiction n'hésitent pas à emmener leurs lecteurs dans des univers déroutants où le nombre de dimensions est différent. Ils ne sont pas les seuls: la science conduit souvent les chercheurs sur de tels territoires exotiques.



P. 72

HISTOIRE DES SCIENCES

PRÉDIRE LE TEMPS AU MOYEN ÂGE

Anne Lawrence-Mathers

Y aura-t-il de la neige à Noël? La sécheresse va-t-elle durer tout l'été? Afin de répondre à de telles questions, les savants de l'Europe médiévale ont développé l'«astrométéorologie», avec des registres de données qui ont préparé le terrain à la science météorologique moderne.



P. 24

BIOLOGIE

QUAND LES PLUMES FONT DES MATHS

Marie Manceau

Répartition des plumes, striures, couleurs... D'où viennent la richesse et la régularité des motifs cutanés des oiseaux? Aujourd'hui, embryologie et mathématiques révèlent les mécanismes à l'œuvre. Et qui semblent transposables à bien d'autres motifs animaux.

RENDEZ-VOUS

P. 80

LOGIQUE & CALCUL

DES NOMBRES PREMIERS ROBUSTES OU DÉLICATS

Jean-Paul Delahaye

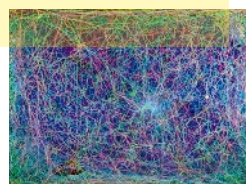
Manipuler les chiffres des nombres premiers est un jeu stimulant... qui réserve de nombreuses surprises.

P. 86

ART & SCIENCE

Une harpe aux milliers de cordes

Loïc Mangin



P. 88

IDÉES DE PHYSIQUE

Mélanger, une opération pas si simple

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

P. 92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

Les crevettes à poigne du Cambrien

Hervé Le Guyader

P. 96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Des suspensions en poupées russes

Hervé This

P. 98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.18 Livres du mois

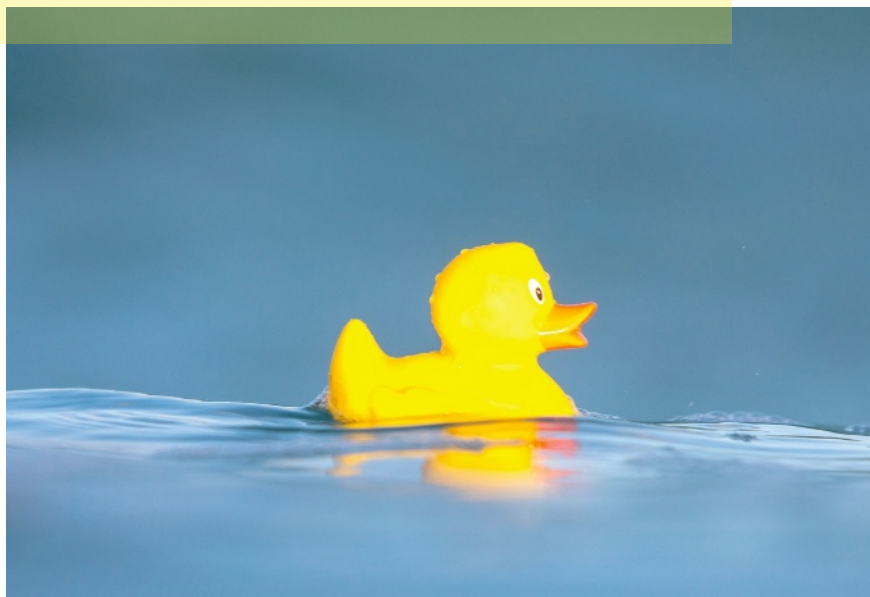
P.20 Disputes environnementales

P.22 Les sciences à la loupe

MATHÉMATIQUES

« OÙ VAS-TU PETIT CANARD ? », UNE QUESTION INDÉCIDABLE !

Quand 29 000 canards en plastique sont tombés en 1992 dans l'océan Pacifique, certains ont été retrouvés quinze ans plus tard sur les rives de l'Angleterre. Leur trajectoire était-elle prévisible ?



Une équipe de mathématiciens a prouvé que déterminer à long terme la trajectoire d'une particule de fluide est un problème indécidable.

Le 10 janvier 1992, pris dans une tempête sur l'océan Pacifique, un bateau perdit une partie de sa cargaison : 29 000 petits canards en plastique tombèrent à la mer et partirent à la dérive. On retrouva quelques mois plus tard certains de ces Friendly Floatees sur les rives de l'Alaska, puis d'autres au Japon. Certains traversèrent le détroit de Béring, l'océan Arctique et finirent leur périple sur les rivages de l'Angleterre en 2007, soit quinze ans plus tard. L'océanographe américain Curtis Ebbesmeyer les a rendus célèbres en les utilisant pour analyser les courants marins.

Aurait-il été possible de déterminer la trajectoire des canards depuis leur point de départ ? L'exercice est difficile. Les courants océaniques font partie de ces systèmes dont la dynamique est décrite

par les équations de Navier-Stokes de la mécanique des fluides ; or les solutions de ces équations sont tellement sensibles aux conditions initiales qu'il est en pratique impossible de prévoir où les courants emporteront chacun des canards. Avec trois collègues, Eva Miranda, de l'université polytechnique de Catalogne, à Barcelone, et de l'observatoire de Paris, vient de montrer que cette impossibilité est bien plus fondamentale : il s'agit d'un problème indécidable.

Les questions d'indécidabilité sont intimement liées au concept de machine de Turing. Les travaux d'Eva Miranda et ses collègues s'inscrivent en effet dans un contexte plus large : est-il possible de simuler une « machine de Turing universelle » avec des systèmes physiques ? La réponse est oui pour certains systèmes optiques ou des réseaux de neurones

artificiels. Et dès 1991, Christopher Moore, de l'institut de Santa Fe, aux États-Unis, a posé la question pour les systèmes hydrodynamiques : sont-ils assez complexes pour servir à effectuer des calculs ? C'est cette question qui vient de trouver une réponse et qui conduit à la notion d'indécidabilité dans les trajectoires des fluides.

Imaginée par le mathématicien Alan Turing en 1936, une machine de Turing est une construction abstraite qui peut effectuer des opérations élémentaires afin de réaliser un algorithme. Munie d'instructions simples, la machine prend en entrée une séquence de 0 et de 1, et, après un certain nombre d'étapes, restitue une nouvelle séquence de 0 et de 1. Il est possible d'imaginer une machine de Turing dite « universelle », qui prendrait en entrée la description de n'importe quelle machine de Turing et pourrait simuler son comportement. Une machine de Turing universelle pourrait calculer tout ce qui est calculable. Elle est dite « Turing-complète ». Cette idée a donné naissance