

encore d'augmentation des émissions de carbone, qui devraient ensuite décroître de quelques pour cent par an. Si la sensibilité climatique est de 2,5°C, la lutte contre le réchauffement sera un peu moins brutale, mais elle restera difficile.

Ce n'est pas la seule source d'inquiétude. La valeur limite de 450 ppm a été obtenue en ne considérant que les rétroactions dites rapides, résultant par exemple des changements dans les nuages, la vapeur d'eau et la banquise. Mais pour certains experts du climat, dont James Hansen, précédent directeur de l'Institut Goddard de la NASA pour les études spatiales, il existe aussi des rétroactions plus lentes, telles celles provoquées par l'évolution des glaces continentales. Les prendre en compte impliquerait que nous devrions faire redescendre la concentration de CO<sub>2</sub> à son niveau du milieu du XX<sup>e</sup> siècle, soit 350 ppm, si nous voulons limiter les dommages liés au réchauffement. Cela nécessiterait de déployer des technologies coûteuses pour capturer le CO<sub>2</sub> atmosphérique.

En outre, l'idée qu'un réchauffement inférieur à 2°C soit sans danger est subjective. Elle est fondée sur une estimation du moment où la majorité du globe sera exposée à des changements climatiques potentiellement irréversibles. Or des modifications destructrices se sont déjà produites dans certaines régions. En Arctique, la fonte de la banquise et le dégel du pergélisol nuisent aux populations indigènes et aux écosystèmes. Les nations insulaires vivant à basse altitude voient leurs terres et l'eau douce disparaître, en raison de la montée du niveau de la mer et de l'érosion. Dans ces régions, le réchauffement – qui va s'aggraver d'au moins 0,5°C avec le CO<sub>2</sub> déjà émis – est dès à présent problématique.

Espérons que la sensibilité climatique correspond à l'estimation probable la plus faible, soit 2,5°C. Cela autoriserait un optimisme prudent quant à la possibilité de prévenir des dégâts irréparables pour la planète. Mais c'est à la condition de réduire la dépendance aux énergies fossiles de façon urgente et notable. ■

## ■ SUR LE WEB

Détails sur le modèle de bilan énergétique utilisé pour les simulations :  
ScientificAmerican.com/  
apr2014/mann

## ■ BIBLIOGRAPHIE

A. P. Schurer *et al.*, **Separating forced from chaotic climate variability over the past millennium**, *Journal of Climate*, vol. 26(18), pp. 6954-6973, 2013.

M. E. Mann, **The Hockey Stick and the Climate Wars**, Columbia University Press, 2012.

M. E. Mann, **Defining dangerous anthropogenic interference**, *PNAS*, vol. 106(11), pp. 4065-4066, 2009.

**Climat : comment éviter la surchauffe ?**, *Dossier Pour la Science*, n° 54, janvier-mars 2007.

**NUIT**

**EXPOSITION**  
Jardin des Plantes  
12 fév. — 3 nov. 2014

Grande Galerie de l'Évolution  
36 rue Geoffroy Saint-Hilaire — Paris 5<sup>e</sup>

NUIT.MNHN.FR

5 TROIS PARIS REGION JUNIOR ANOUS PARIS 20 LE FIGARO Europe 1

# La sélection de livres

## ■ POUR LA SCIENCE

*Mathématiques, astronomie, animaux...*  
*Découvrez notre sélection de livres scientifiques et partez*  
*à la découverte des nanotechnologies, de l'humain,*  
*des catastrophes naturelles... et bien d'autres sujets encore !*



### **Nouveauté** L'exploration des planètes

*De Galilée à nos jours... et au-delà*

Thérèse Encrenaz et James Lequeux

Réf. 70116195

En retraçant la conquête pacifique du système solaire, ce livre met à la portée d'un large public les démarches et les résultats des générations d'astronomes qui se sont succédé depuis Galilée. Il ouvre sur une nouvelle dimension de la planétologie avec la découverte récente de près d'un millier d'exoplanètes... où peut-être d'autres formes de vie seront détectées ?

Éditions Belin 2014 - 224 pages - 24,50 € - ISBN 978-2-7011-6195-2

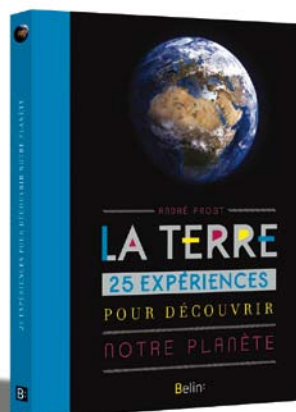
### **Nouveauté** La Terre - 25 expériences pour découvrir notre planète

André Prost

Réf. 70118965

Comment naissent les dunes ? Comment une rivière creuse-t-elle une vallée ? Comment se produit un glissement de terrain ? Pourquoi les pierres se dressent-elles sous l'action du gel ? Etc. Dans ce livre, l'auteur propose 25 expériences ludiques et faciles à réaliser pour comprendre comment le vent, la pluie, la glace, les cours d'eau... modelent le visage de la Terre.

Éditions Belin 2014 - 128 pages - 18 € - ISBN 978-2-7011-8965-9



### **Nouveauté** La libido déficiente de la licorne

*Et autres histoires de science et d'animaux*

Sébastien Thorin

Réf. 74650762\*

Et si la disparition des licornes était due à leur corne ? Et les rayures du zèbre tout bêtement destinées à camoufler sa tendance à l'obésité ? Faut-il vraiment consommer du steak de kangourou pour sauver la planète ? Une mine d'informations insolites, cocasses - et parfois totalement inventées ! - sur de nombreuses espèces animales... dont la nôtre !

Éditions Le Pommier 2014 - 160 pages - 15 € - ISBN 978-2-7465-0762-3

### Dans la peau d'une plante

*70 questions impertinentes sur la vie secrète des plantes*

Catherine Lenne

Réf. 70118315



Fleur d'un jour, chêne millénaire, brin d'herbe, arbre majestueux : à la ville, au jardin, en promenades, les plantes nous entourent. Mais

sait-on vraiment comment elles vivent ? En 70 questions impertinentes, le lecteur se trouve transporté dans la peau d'une plante : sa vie sexuelle, sa vie sociale, ses problèmes de poids, ses voyages, rien ne lui échappe ! Catherine Lenne, chercheuse en biologie végétale, n'a pas son pareil pour expliquer et faire partager sa passion des plantes. Facile à lire, scientifiquement irréprochable, ce livre comblera tous les curieux de nature et de connaissances !

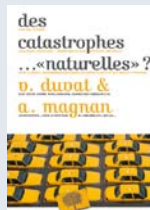
Éditions Belin 2014

256 pages - 23 € - ISBN 978-2-7011-8315-2

### Des catastrophes... « naturelles » ?

Virginie Duvat et Alexandre Magnan

Réf. 74650679\*



Xynthia, Katrina, Fukushima... Penser que les catastrophes naturelles sont la conséquence des colères de la nature et que nous n'y pouvons

rien, c'est se voiler la face. Tempêtes, tremblements de terre et autres tsunamis ont certes une origine naturelle, mais les dégâts considérables qu'ils provoquent sont à mettre au crédit des sociétés humaines. Nous sommes des fabricants de catastrophes, pour le coup plus si « naturelles » que ça.

Éditions Le Pommier 2014

312 pages - 23 € - ISBN 978-2-7465-0679-4

En partenariat avec les éditeurs

**Belin:**  
ÉDITEUR INDÉPENDANT  
DEPUIS 1777

**Le Pommier**

Pour commander ces ouvrages [www.pourlascience.fr/librairie](http://www.pourlascience.fr/librairie)\*

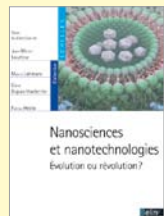
ou en renvoyant le bon de commande ci-contre.

\* Pour commander les titres édités par Le Pommier : [www.editions-belin.fr](http://www.editions-belin.fr)

Privilégiant les savoirs les plus actuels, la collection « Échelles » propose des ouvrages scientifiques avec une présentation simple de questions réputées complexes !

## Nanosciences et nanotechnologies

Évolution ou révolution ?



Jean-Michel Lourtioz, Marcel Lahmani, Claire Dupas-Haeberlin, Patrice Hesto

Réf. 70118354

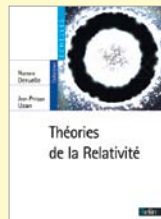
Une synthèse interdisciplinaire sur

les nanosciences et leurs applications, très illustrée, qui couvre un large spectre des recherches sur les « nanos », allant de la physique et la chimie aux biotechnologies, à la médecine et aux aspects environnementaux et sociétaux.

Éditions Belin 2014 - 448 pages - 45 €  
ISBN 978-2-7011-8354-1

## Théories de la relativité

Jean-Philippe Uzan et Nathalie Deruelle



Réf. 70115848

L'ouvrage présente de façon synthétique, en trois grandes parties (Mécanique et gravitation newtoniennes ; Relativité restreinte

et théorie de Maxwell et Relativité générale et gravitation), les trois représentations de l'espace et du temps, leurs domaines de validité et la manière dont elles s'articulent.

Éditions Belin 2013 - 656 pages - 40 €  
ISBN 978-2-7011-5848-8

## Introduction à la théorie analytique et probabiliste des nombres



300 exercices corrigés

Gérald Tenenbaum

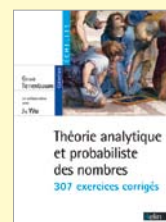
Réf. 70114750-5

Solide initiation aux méthodes analytiques et probabilistes de

l'arithmétique, ce livre constitue une référence indispensable. Il fournit une présentation systématique, cohérente et autonome du domaine.

Éditions Belin 2008 - 592 pages - 47,20 €  
ISBN 978-2-7011-4750-5

## Théorie analytique et probabiliste des nombres



Gérald Tenenbaum et Jie Wu

Réf. 70118350

Plus de 300 exercices en complément de l'Introduction à la théorie analytique

et probabiliste des nombres. Les plus simples proposent une application des notions fondamentales introduites dans le traité d'introduction ; d'autres, plus poussés, initient le lecteur à la recherche en théorie analytique des nombres.

Éditions Belin 2014 - 336 pages - 34 €  
ISBN 978-2-7011-8350-3



## Qu'est-ce que la matière (n°18)

Françoise Balibar, Jean-Marc Lévy-Leblond et Roland Lehoucq

Réf. 74650767\*

Ce petit livre nous révèle les secrets de cet Univers qui nous entoure et que nous connaissons si mal. Et pourquoi les étoiles brillent-elles ? Quel message nous envoie leur lumière ? Comment expliquer la variété et la répartition des atomes ? Quand et comment ont-ils été formés ?

Éditions Le Pommier 2014 - 192 pages - 10 €  
ISBN 978-2-7465-0767-8



## Les frontières de l'humain (n°19)

Henri Atlan et Frans de Waal

Réf. 74650768\*

La vie, l'humain ont changé de statut : voici une nouvelle définition qui allie les apports de la philosophie, de la biologie et de l'éthologie !

Éditions Le Pommier 2014 - 144 pages - 10 €  
ISBN 978-2-7465-0768-5

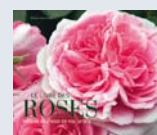


## Le monde des teintures naturelles (nouvelle édition)

Dominique Cardon

Réf. 70116143

Éditions Belin 2014  
800 pages - 60 € - ISBN 978-2-7011-6143-3



## Le livre des roses

Histoire des roses de nos jardins

Daniel Lemonier

Réf. 70117668

Éditions Belin 2014  
336 pages - 38 € - ISBN 978-2-7011-7668-0



## Trois prédateurs dans un salon

Une histoire du chat, du chien et de l'homme

Pierre Jouventin

Réf. 70118954

Éditions Belin 2014  
224 pages - 18 € - ISBN 978-2-7011-8954-3



## Le petit déjeuner du tarsier

Et autres indisciplinés du monde animal

François Moutou

Réf. 74650647\*

Éditions Le Pommier 2013  
192 pages - 20 € - ISBN 978-2-7465-0647-3

# BON DE COMMANDE

À retourner accompagné de votre règlement à :

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

☐ Oui, je commande les livres présentés dans la sélection de Pour la Science. Je reporte les titres, prix et références à 6 chiffres correspondant aux ouvrages choisis :

| Titre                                         | Réf. | Prix |
|-----------------------------------------------|------|------|
|                                               |      | €    |
|                                               |      | €    |
|                                               |      | €    |
|                                               |      | €    |
|                                               |      | €    |
|                                               |      | €    |
| Frais de port (4,90 € France - 12 € étranger) |      | +    |
| Total à régler                                |      | =    |

## J'indique mes coordonnées :

Nom : \_\_\_\_\_

Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

C.P. : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Pays : \_\_\_\_\_ Tél.\* : \_\_\_\_\_

E-mail\* : \_\_\_\_\_

@ \_\_\_\_\_

\*pour recevoir la newsletter Pour la Science (à remplir en majuscules).

## Je choisis mon mode de règlement :

☐ par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ par carte bancaire

Numéro \_\_\_\_\_

Date d'expiration \_\_\_\_\_

Cryptogramme \_\_\_\_\_

Signature obligatoire

SCIENCE Belin ÉDITEUR INDÉPENDANT DEPUIS 1777 Le Pommier

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher la case ci-contre ☐.

Tous ces livres sont également disponibles en librairie.

## HISTOIRE DES SCIENCES

### Guldin et les indivisibles de Cavalieri

*La préhistoire du calcul intégral, au XVII<sup>e</sup> siècle, a été marquée par la querelle sur les « indivisibles » de l'italien Bonaventura Cavalieri. Les raisons profondes de la controverse ne relevaient pas uniquement des mathématiques.*

Amir ALEXANDER

**L**e calcul intégral est une partie des mathématiques qui, dans sa forme la plus simple et dans son principe, consiste à déterminer la longueur, l'aire ou le volume d'un objet en le découpant en petits morceaux que l'on additionne, et en procédant à des découpages de plus en plus fins. Un débat entre deux savants du XVII<sup>e</sup> siècle a contribué à ses origines.

En 1635, le mathématicien italien Bonaventura Cavalieri avança l'idée que tout plan est composé d'une infinité de droites parallèles, et que tout volume est constitué d'une infinité de plans parallèles. Cette décomposition par la pensée d'une surface en lignes ou d'un volume en plans est au fondement de la « méthode des indivisibles » de Cavalieri. Selon cette méthode, deux figures planes (par exemple) ont la même aire si leurs indivisibles (les lignes parallèles qui les composent) ont les mêmes longueurs.

La méthode des indivisibles peut être considérée comme un ancêtre du calcul intégral. Mais les indivisibles de Cavalieri ont d'abord dû survivre aux attaques du mathématicien suisse Paul Guldin. Bien que le différend ait porté sur une question mathématique, on peut y déceler la trace de divergences plus profondes, liées au fait que Guldin et Cavalieri appartenaient à des ordres catholiques différents. Comme on va le voir ici, ces deux mathématiciens, le premier étant un jésuite et le second un jésuite, avaient une conception différente de l'utilisation des mathématiques pour comprendre la nature de la réalité.

Guldin critique les indivisibles de Cavalieri dans le livre IV de son *De Centro Gravitationis* (également intitulé *Centrobaryca*), paru en 1641. Tout d'abord, argumente Guldin, les preuves de Cavalieri ne sont pas des preuves constructives, telles que les mathématiciens classiques les aiment.

Dans l'approche euclidienne classique, les figures géométriques sont construites pas à pas, en partant du simple au plus complexe, à la règle et au compas. Chaque étape d'une preuve doit faire intervenir une telle construction, suivie d'une déduction des implications logiques pour la figure résultante.

Or Cavalieri procède à l'envers : il part de figures géométriques toutes faites telles que des paraboles, des spirales, etc., qu'il

divise en un nombre infini de parties. Une telle procédure pourrait être qualifiée de déconstruction plutôt que de construction : son but n'est pas de construire une figure géométrique nouvelle, mais de déchiffrer la structure interne d'une figure existante.

Guldin s'attaque ensuite aux fondements de la méthode de Cavalieri : l'idée qu'un plan soit composé d'une infinité de lignes, ou un solide d'une infinité de plans. Pour Guldin, c'est absurde : « Aucun géomètre n'acceptera jamais que la surface soit, et puisse être appelée en langage géométrique "toutes les lignes d'une telle figure". »

#### Lignes sans épaisseur

En d'autres termes, puisque les lignes n'ont pas d'épaisseur, on pourra en placer côte à côte autant qu'on voudra, on ne parviendra jamais à couvrir le plus petit morceau de plan qui soit. L'idée de Cavalieri de calculer l'aire d'une figure plane à partir de la dimension de « toutes ses lignes » est donc absurde.

Cela amène Guldin à son argument final. La méthode de Cavalieri repose sur l'établissement d'un rapport entre toutes les lignes d'une figure et toutes les lignes d'une autre. Or, souligne Guldin, les deux ensembles de lignes sont infinis, et le rapport d'une infinité sur une autre infinité n'a pas de sens. Vous aurez beau multiplier autant de fois que vous le voulez un nombre infini d'indivisibles, il ne dépassera jamais un autre ensemble infini d'indivisibles.

Prise globalement, la critique de la méthode de Cavalieri par Guldin incarnait les



**1. BONAVENTURA CAVALIERI (1598-1647)**, statue datant de 1844, réalisée par Giovanni Antonio Labus et située dans la cour du palais de Brera, à Milan.