

Dès 1822, le mathématicien Joseph Adhémar s'attaque lui aussi au problème du déluge. Il a lu Bernardin, reprend les mêmes références, raconte les mêmes anecdotes et, surtout, lui emprunte son hypothèse de la fonte puissante des glaces polaires entraînant un flux d'eau extraordinaire qui recouvre tous les continents. En revanche, pour Adhémar, la cause de la fonte est la précession des équinoxes, c'est-à-dire le décalage des équinoxes au fil des ans, connu depuis l'Antiquité. Autrement dit, ce n'est pas la fonte des glaces qui modifie l'axe de rotation de la Terre, mais le mouvement de la Terre qui modifie la fonte des glaces.

La précession des équinoxes est due au changement de direction de l'axe de rotation de la Terre et influe donc sur la durée des saisons. À l'époque de Bernardin (et toujours aujourd'hui), l'orientation de l'axe de rotation de la Terre est telle que la planète est au plus près du Soleil pendant l'été austral (et l'hiver boréal). Aussi l'été austral est-il plus long que l'été boréal, et le climat boréal, plus froid. Les observations des XVII^e et XVIII^e siècles suggèrent une période d'environ 25 000 ans. Adhémar refait le calcul et trouve une période de 21 000 ans : tous les 10 500 ans, un hémisphère donné connaîtra un hiver plus long que l'autre.

Ainsi, la calotte de l'hémisphère qui connaît le plus long hiver grossit lentement, mais sûrement, et 10 500 ans plus tard, l'orbite terrestre est telle que cette calotte fond. L'eau se répand sur toute la Terre et provoque le déluge, tandis que se forme une autre calotte dans l'autre hémisphère, et ainsi de suite. Adhémar pense que cette énorme calotte attire par gravité les eaux vers elle, ce qui explique la différence de profondeur des océans austral et boréal. Il peut ainsi, lui aussi, estimer le volume de la calotte australe. Il trouve une hauteur de 20 lieues, soit environ 90 kilomètres. Publié en 1842, son calcul ne sera réellement lu et repris qu'après réédition, en 1860.

En 1840, le géologue suisse Louis Agassiz publie son *Étude sur les glaciers*, où il montre que les blocs erratiques (ou moraines) retrouvés çà et là, ou que les stries sur certains rochers, sont la preuve de glaciations passées. Peu à peu, dans le

courant du siècle, l'hypothèse de glaciations répétées remplace celle du déluge. Le scénario est alors tout trouvé : la précession des équinoxes entraîne l'avancée périodique des glaces.

Cette année-là aussi, Sébastien Dumont d'Urville découvre l'Antarctique. Il ne connaît pas encore la taille de ce continent, mais, au fil des expéditions polaires, on prendra peu à peu conscience de la masse considérable de cette calotte polaire, pas si éloignée des estimations de Bernardin.

La nature est un immense réseau

La postérité a retenu qu'Adhémar était le découvreur de la cause des glaciations. Ne lui retirons pas le mérite d'avoir eu l'idée judicieuse du rôle de la précession des équinoxes dans les glaciations et d'avoir mathématisé le problème. Néanmoins, n'oublions pas qu'il recherchait surtout les causes du déluge et qu'il a emprunté à Bernardin son scénario. Enfin, pour expliquer les déluges périodiques, il a effectué un calcul tenté à la même époque par de nombreux autres savants, tel le philosophe Jean Reynaud, qui publia un tel calcul en 1841...

Ainsi, le rôle des glaces dans le système terrestre, que l'on sait si capital de nos jours, fut anticipé bien avant que l'on ne découvre les preuves de leur importance actuelle et passée. Certes, l'argumentation de Bernardin a de quoi laisser perplexe. Et en effet, l'écrivain a toujours été rejeté en tant que scientifique. Il a eu toutefois de remarquables intuitions. Il a combattu nombre d'idées fausses de l'époque, qu'il s'agisse du mythe de la mer libre de glace ou du refroidissement terrestre. Il a aussi eu une vision élaborée et complète du cycle de l'eau.

Enfin et surtout, il a bâti un système cohérent dans lequel tous les éléments terrestres se répondent. Pour Bernardin, chaque phénomène sur Terre est lié à un système complexe dont il est à la fois une cause et une conséquence. La nature est un immense réseau dont chaque composante est liée et imbriquée aux autres. Une vision plus que jamais d'actualité. ■

■ L'AUTEUR



Frédérique RÉMY, directrice de recherche au CNRS, est responsable de l'équipe « cryosphère » à l'Observatoire Midi-Pyrénées, à Toulouse.

■ À ÉCOUTER

Le jeudi 3 avril 2014, de 14h à 15h, Frédérique Rémy reviendra sur les glaces polaires imaginées par Bernardin de Saint-Pierre dans la partie Actualités de l'émission *La marche des sciences*, sur France Culture. www.franceculture.com

■ BIBLIOGRAPHIE

F. Rémy, *Le monde givré de Bernardin de Saint-Pierre*, dans J. Ducos (sous la dir.), *Météores et climats d'hier*, Hermann, pp. 81-96, 2013.

F. Rémy, *Histoire des pôles, Mythes et réalités polaires, XVII^e-XVIII^e siècles*, Desjonquères, 2009.

E. Bard, *Greenhouse effect and ice ages : historical perspective*, *C. R. Geoscience*, vol. 336, pp. 603-638, 2004.

La sélection de livres

POUR LA SCIENCE

Mathématiques, astronomie, aéronautique...
Découvrez toutes les nouveautés 2014. Partez
explorer l'univers des planètes et des étoiles,
les systèmes dynamiques, la géométrie
et bien d'autres sujets scientifiques...

Nouveauté



Le cerveau mélomane

Sous la direction d'Emmanuel Bigand

Réf. 84245118

La musique ne laisse personne indifférent et suscite de multiples émotions. Ce que l'on sait moins, c'est la puissance de la musique. Elle a des effets positifs sur les capacités cognitives et intellectuelles de ceux qui en écoutent souvent ou qui la pratiquent ; mais elle a aussi des effets thérapeutiques chez certains sujets.

Éditions Belin-Pour la Science 2013 – 200 pages – 21 euros – ISBN 978-2-8424-5118-9

Nouveauté



Les mille et une nuits de la science

Philippe Boulanger

Réf. 70118964

Quand Schéhérazade conte la science et les tribulations des savants ! Ce pastiche est une manière totalement originale de raconter la science, en abordant des sujets aussi divers que les mathématiques, la physique, la paléontologie, etc.

Éditions Belin 2014 – 160 pages – 15 euros – ISBN 978-2-7011-8964-2

Nouveauté



L'exploration des planètes

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 – 23 euros – ISBN 978-2-7011-6195-2

Nouveauté

Concorde 001 et l'ombre de la Lune

Pierre Léna

Réf. 74650728*



Lors de l'éclipse totale du 30 juin 1973, sept scientifiques ont embarqué à bord de Concorde 001, prototype d'essais d'un avion extraordinaire qui sera le premier supersonique commercial. La science, la technique, l'aéronautique et l'histoire se marient dans le récit d'une aventure humaine singulière à bord d'un avion légendaire, illustré d'une iconographie riche et originale.

Éditions Le Pommier 2014 – 160 pages
17 euros – ISBN 978-2-7465-0728-9

Ce que disent les étoiles

Danielle Briot
et Noël Robichon

Réf. 70116285



Qu'est-ce qu'une étoile et par quel mécanisme brille-t-elle ? Comment naît une étoile, comment meurt-elle ? Qu'est-ce qu'un pulsar, une naine brune, une supernova ? Ce livre, signé de deux astronomes de l'Observatoire de Paris, propose un vaste panorama de l'astrophysique des étoiles en une trentaine de sujets de quatre pages chacun, abondamment illustrés de photographies époustouflantes.

Éditions Belin 2013 – 160 pages
25 euros – ISBN 978-2-7011-6285-0

En partenariat avec les éditeurs

Belin:
ÉDITEUR INDÉPENDANT
DEPUIS 1777

Le Pommier

Pour commander ces ouvrages 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

À LIRE AUSSI...

Destination Systèmes dynamiques avec Poincaré

Aurélien Alvarez (Dir.)
Réf. 74650707*

Prévoir l'avenir, calculer le futur...
Vraiment ? ! Prédire le devenir
d'un système en évolution
au cours du temps n'est pas
chose facile ! Henri Poincaré
s'est très tôt passionné pour
les systèmes dynamiques.

Aujourd'hui, les mathématiciens
étudient beaucoup de systèmes
dynamiques de natures bien
différentes les uns des autres...

Éditions Le Pommier 2013 – 160 pages
19 euros – ISBN 978-2-7465-0707-4

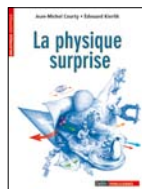
se voiler la face. Tempêtes,
tremblements de terre et
autres tsunamis ont certes
une origine naturelle, mais les
dégâts considérables qu'ils
provoquent sont à mettre au
crédit des sociétés humaines.
Nous sommes des fabricants de
catastrophes, pour le coup plus si
« naturelles » que ça...

Éditions Le Pommier 2014 – 312 pages
23 euros – ISBN 978-2-7465-0679-4

La physique surprise

Jean-Michel
Courty
et Édouard
Kierlick

Réf. 84245121



Passionnés de physique et
curieux de tout, Jean-Michel
Courty et Édouard Kierlick
vous invitent à une nouvelle
promenade sur ces chemins
de traverse dans un langage
accessible, simple et imagé, sans
jargon ni formules. Avec eux,
laissez-vous surprendre par un
phénomène physique que vous
avez déjà côtoyé sans même le
remarquer.

Éditions Belin-Pour la Science 2013
184 pages – 24 euros
ISBN 978-2-8424-5121-9

Mathémagic !

David Acheson
Réf. 70117686



De pi au pendule chaotique,
de Pythagore à Andrew
Wiles, embarquez pour une
fascinante balade au pays
des mathématiques ! De
savoureuses illustrations
achèveront de convaincre le
profane comme l'initié qu'il
s'agit là d'un des livres les plus
réjouissants jamais écrits sur
le sujet.

Éditions Belin 2013 – 176 pages
15 euros – ISBN 978-2-7011-7686-4

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

Les énigmes mathématiques du 3^e millénaire

Keith Devlin
Réf. 74650704*

Éditions Le Pommier 2013
416 pages – 12 euros
ISBN 978-2-7465-0704-3



La complexité, vertiges et promesses

Réda Benkirane
Réf. 74650703*

Éditions Le Pommier 2013
416 pages – 12 euros
ISBN 978-2-7465-0703-6



Le cannabis ?

Marina Julienne
Réf. 70116380

Éditions Belin 2013
80 pages – 19 euros
ISBN 978-2-7011-6380-2



La procréation assistée ?

Lise Barnéoud
Réf. 70116144

Éditions Belin 2013
80 pages – 19 euros
ISBN 978-2-7011-6144-0



BON DE COMMANDE

À retourner accompagné de votre règlement à :
Groupe Pour la Science • 628 avenue du Grain d'Or • 41350 Vineuil
Tél. : 0 805 655 255 • e-mail : pourlascience@daudin.fr

POUR LA
SCIENCE

☐ 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

Tous ces livres sont également
disponibles en librairie.

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 ☐.

SCIENCE & FICTION

Le retour des Titans

Quand les scientifiques se penchent sur certaines productions cinématographiques, ils montrent que la science fait parfois la part trop belle à la fiction !

Roland Lehoucq et Jean-Sébastien Steyer

Si vous vous êtes un jour demandé à quoi ressemblerait une confrontation entre Goldorak et Godzilla, vous avez sans doute adoré *Pacific Rim*, film de Guillermo del Toro sorti sur les écrans durant l'été 2013. Des monstres géants issus d'un autre univers – les kaijus – piétinent sans vergogne les plus grandes cités du monde tandis que des robots titanesques – les jaegers – leur donnent la réplique, utilisant des cargos en guise de gourdin. Si jaegers et kaijus sont d'incontestables réussites esthétiques, nul n'est dupe quant à leur caractère plausible. Essayons de quantifier l'écart qui sépare nos techniques de celles nécessaires pour réaliser de tels Titans.

Le jaeger : un poids lourd

Le principal jaeger du film, Gipsy Danger, a des dimensions impressionnantes. Il mesurerait 88 mètres de hauteur et pèserait 6 400 tonnes. Ces caractéristiques sont-elles cohérentes ? Si l'on considère qu'il est environ 50 fois plus haut qu'un humain, et qu'il en a grossièrement les proportions, il est 50 fois plus large, plus haut, plus profond, soit un volume $50 \times 50 \times 50$ fois plus important. Pour déterminer la masse du jaeger, il faut aussi connaître sa densité, qu'on imagine sans aucun doute plus élevée que celle d'un corps humain. Pour s'en faire une idée, rappelons que le robot humanoïde Asimo élaboré par la Société Honda et dont

la première version date de 2000, mesure 1,3 mètre et pèse 54 kilogrammes, quasiment le double d'un jeune humain de cette taille. Ayant un volume voisin de celui d'un humain de sa taille, Asimo a donc une densité double. Mais la structure d'un jaeger devant être très résistante, et donc riche en métaux, une densité au moins trois fois supérieure à celle d'un humain paraît raisonnable.

Ainsi, la masse de Gipsy Danger serait au moins égale à 26 000 tonnes. Par conséquent, la masse annoncée pour ce jaeger ne correspond pas à la hauteur, que l'on peut évaluer lors d'une scène de combat à Hong Kong : quand il passe près d'un immeuble, le sommet de la tête de Gipsy Danger atteint facilement le 25^e étage. Les jaegers sont donc des monstres de métal, en comparaison desquels le plus gros robot marcheur du monde fait figure de nain : Tradinno est un robot-dragon de 15 mètres de long pesant 11 tonnes et dont les ailes font 12 mètres d'envergure. Il est visible au Drachenstich, une fête folklorique qui se tient chaque année dans le village de Furth im Wald, en Bavière. Bien que capable de cracher du feu, il ne ferait pas le poids face à un jaeger !

Avoir un robot géant ne suffit pas. Encore faut-il le conduire sur les lieux du combat. Compte tenu des dimensions d'un jaeger, la tâche n'est pas aisée. Au début du film, Gipsy Danger sort d'un hangar qui ressemble beaucoup au VAB (*Vehicle Assembly Building*), le grand bâtiment (160 mètres de hauteur pour 218 mètres de longueur et



1. LE FILM *PACIFIC RIM* met en scène des robots géants, qui auraient bien des difficultés à se mouvoir dans la réalité !