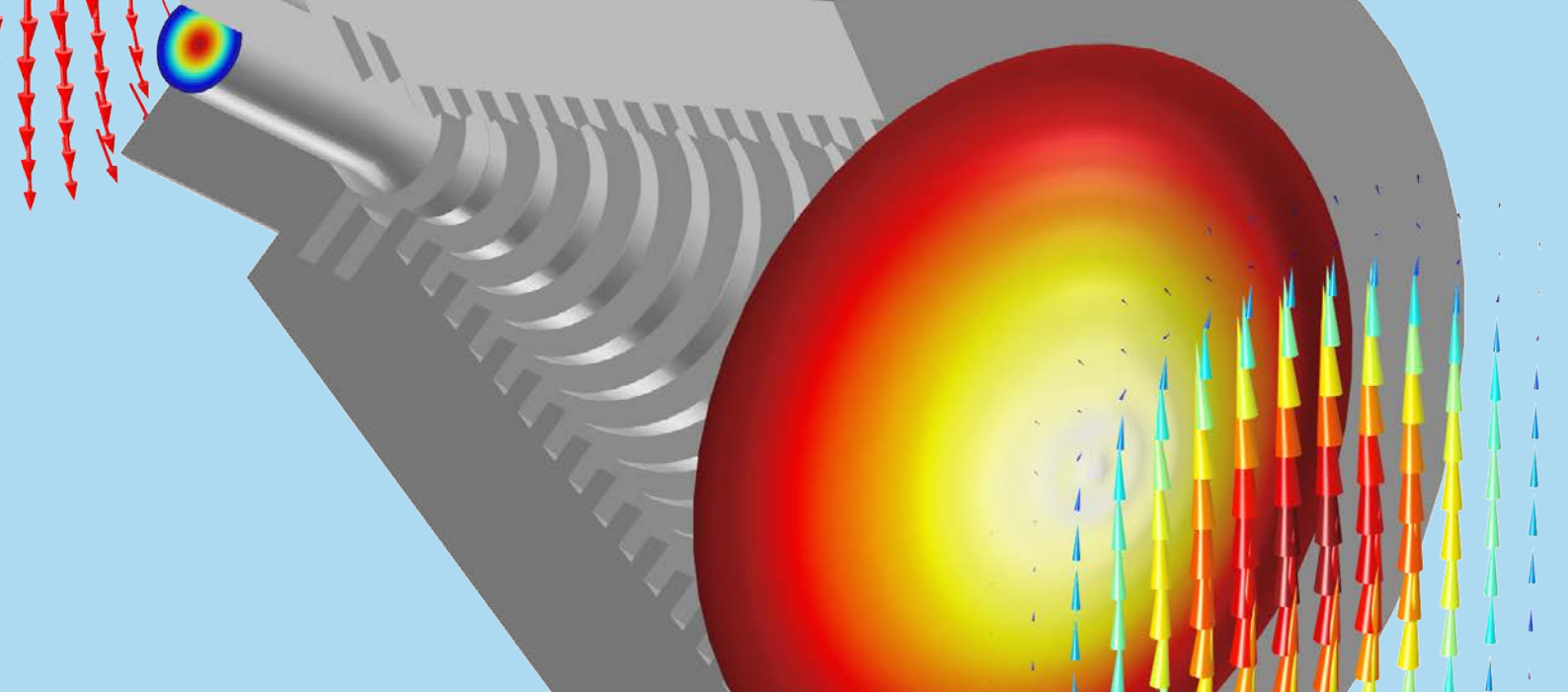




LA MULTIPHYSIQUE POUR TOUS

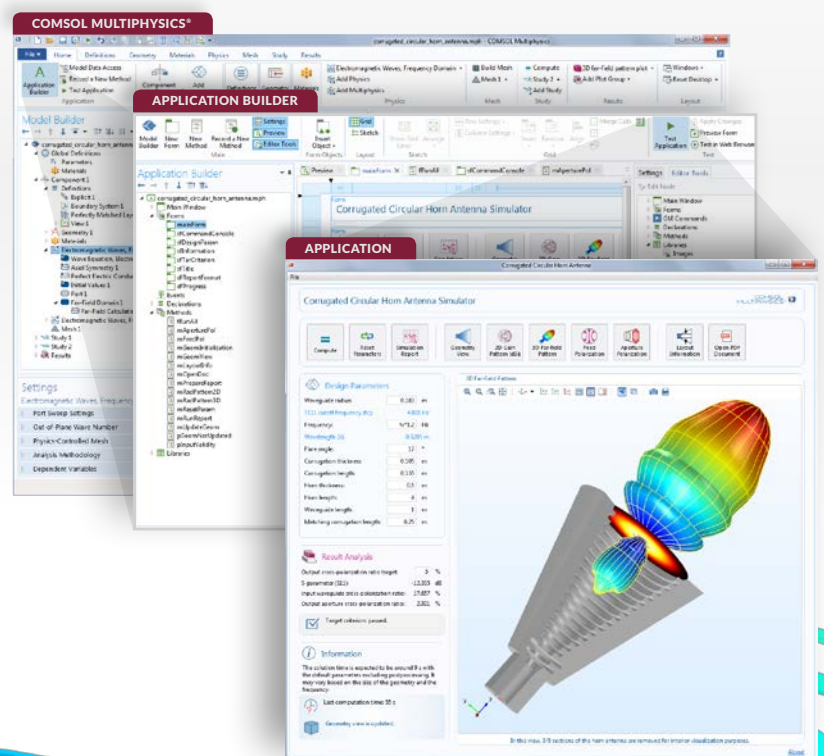
L'évolution des outils de simulation numérique vient de franchir un cap majeur.

Des applis spécialisées sont désormais développées par les spécialistes en simulation avec l'application Builder de COMSOL Multiphysics®.

Une installation locale de COMSOL Server™, permet de diffuser les applis dans votre organisme et dans le monde entier.

Faites bénéficier à plein votre organisme de la puissance de l'outil numérique.

comsol.fr/application-builder



Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice des rédactions : Cécile Lestienne

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédactrice en chef adjointe : Marie-Neige Cordonnier

Rédacteurs : François Savatier, Sean Bailly

Dossier Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Développement numérique : Philippe Ribeau-Gésippe

Directrice artistique : Céline Lapert

Maquette : Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Correction et assistance administrative : Anne-Rozenn Jouble

Marketing & diffusion : Laurence Hay et Ophélie Maillet

Direction financière et direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Marianne Sigogne et Olivier Lacam

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Anciens directeurs de la rédaction : Françoise Pétry

et Philippe Boulanger

Conseiller scientifique : Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

Aurélien Barrau, Bill Burns, Mathilde Causse, Hao Fang, Patrick

Forterre, Gérard Fouchard, Sophie Gallé-Soas, Marie-Laure Geai,

Michelle Garcin, André Nel, Laurence Perotto, José Pessis,

Christophe Pichon, Mickael Rigault, Daniel Tacquenot,

Hayan Tong

PRESSE ET COMMUNICATION

Susan Mackie

susan.mackie@pourlascience.fr - 01 55 42 85 05

PUBLICITÉ France

Directeur de la publicité : Jean-François Guillotin

(jf.guillotin@pourlascience.fr)

Tél. : 01 55 42 84 28 • Fax : 01 43 25 18 29

ABONNEMENTS

Abonnement en ligne : <http://boutique.pourlascience.fr>

Courriel : pourlascience@abopress.fr

Téléphone : 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

COMMANDES DE LIVRES OU DE MAGAZINES

<http://boutique.pourlascience.fr/>

DIFFUSION

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tél. : 04 88 15 12 41

Information/modification de service/réassort :

www.direct-editeurs.fr

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina.

Executive editor : Fred Guterl. Design director : Michael Mrak. Editors :

Ricky Rusting, Philip Yam, Robin Lloyd, Mark Fischetti, Seth Fletcher,

Christine Gorman, Michael Moyer, Gary Stix, Kate Wong.

President : Keith McAllister. 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. », 8 rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de tra-

duction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous

les pays. La marque et le nom commercial « Scientific Ameri-

can » sont la propriété de Scientific American, Inc. Licence ac-

cordée à « Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est inter-

dit 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).



Maurice Mashaal
rédacteur en chef

Une exception née du chaos

Il y a plus de vingt ans, en 1995, on découvrait pour la première fois une planète en orbite autour d'un soleil autre que le nôtre. Depuis, plusieurs milliers d'exoplanètes, donc presque autant de systèmes planétaires, se sont ajoutées aux catalogues de l'astronomie. Et à mesure que les découvertes se multiplient, le Système solaire que nous habitons apparaît de plus en plus comme une banalité cosmique.

Le Système solaire, une banalité ? En fait, pas du tout. Car sa structure, avec quatre petites planètes rocheuses dans la région interne, proche de l'étoile, et quatre planètes géantes et gazeuses dans la région externe, ne semble pas avoir d'équivalents parmi les systèmes extrasolaires connus à ce jour.

L'effet chasse-neige gravitationnel de Jupiter et Saturne

Ce caractère atypique a incité les astrophysiciens à revoir les scénarios qui décrivent la formation du Soleil et de son cortège planétaire à partir d'un nuage géant de gaz et de poussière. Et il y a peu, leurs travaux ont convergé pour raconter une toute nouvelle histoire. Trois des principaux protagonistes de ces recherches sur les débuts du Système solaire nous l'exposent dans ce numéro (voir pages 22 à 31).

La nouvelle version de ce lointain passé qui remonte à environ 4,5 milliards d'années diffère beaucoup du récit précédent où, somme toute, la formation du cortège solaire se déroulait tranquillement. Elle décrit plutôt un gigantesque chaos où, notamment, Jupiter et Saturne ont dévié vers le Soleil, créant des collisions destructrices et un effet chasse-neige gravitationnel, avant de revenir sur des orbites lointaines. Un chaos bien loin de la régularité d'horloge des mouvements planétaires d'aujourd'hui, sur laquelle l'humanité s'est longtemps appuyée pour concevoir le temps et le mesurer. ■

3 **Édito**

Actualités

- 6 L'isomorphisme des graphes, moins complexe qu'on ne pensait
- 7 Mieux cultiver pour stocker le carbone
- 8 Une mutation génétique qui a profité au cerveau d'*Homo sapiens*
- 11 Le puissant arsenal de guerre des bactériophages



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Réflexions & débats

- 14 **Point de vue**
Les brevets sur les plantes mettent en danger le modèle agricole européen
Frédéric Thomas
- 18 **Cabinet de curiosités sociologiques**
Pourquoi les chantiers sont-ils toujours en retard ?
Gérald Bronner
- 20 **Homo sapiens informaticus**
Spoutnik 2.0 : il faut relancer l'enseignement des sciences
Gilles Dowek



Ce numéro comporte une offre d'abonnement L'Express sur une sélection d'abonnés France métropolitaine.
En couverture : © Kenn Brown Mondolith Studios

À LA UNE

22 **ASTROPHYSIQUE** Le Système solaire, une exception née du chaos

Konstantin Batygin, Gregory Laughlin et Alessandro Morbidelli

Les premiers âges du Système solaire se caractérisent par des planètes vagabondes aux orbites instables et des collisions planétaires destructrices. Ce chaos a engendré un système qui, comparé aux autres systèmes planétaires découverts, constitue une anomalie.

32 **ÉCOLOGIE** Mieux recenser les tigres pour les sauver

Ullas Karanth

Les techniques de suivi des populations de tigres ont connu de grands progrès au cours des dernières années. Encore faut-il que les organismes chargés de la protection du grand félin asiatique les appliquent.

40 **MATHÉMATIQUES** La simulation numérique au service du son 3D

Matthieu Aussal et François Alouges

Un univers sonore comme si vous y étiez, mais avec un simple casque d'écoute : grâce notamment à des méthodes efficaces pour résoudre numériquement certaines équations, ce rêve des techniques de réalité virtuelle se concrétise enfin.

48 **MÉDECINE** L'amertume, sentinelle du système immunitaire

Robert Lee et Noam Cohen

Les récepteurs du goût amer ne se trouvent pas seulement sur la langue. Présents dans tout l'organisme, ils forment... une première ligne de défense contre les infections !