

ÉNERGIE

Des gisements
d'hydrogène naturel !

NEUROSCIENCES

L'étonnant cerveau
des adolescents

ASTROPHYSIQUE

Trous noirs :
un horizon de feu ?

■ POUR LA

SCIENCE

Octobre 2015 - n° 456

www.pourlascience.fr

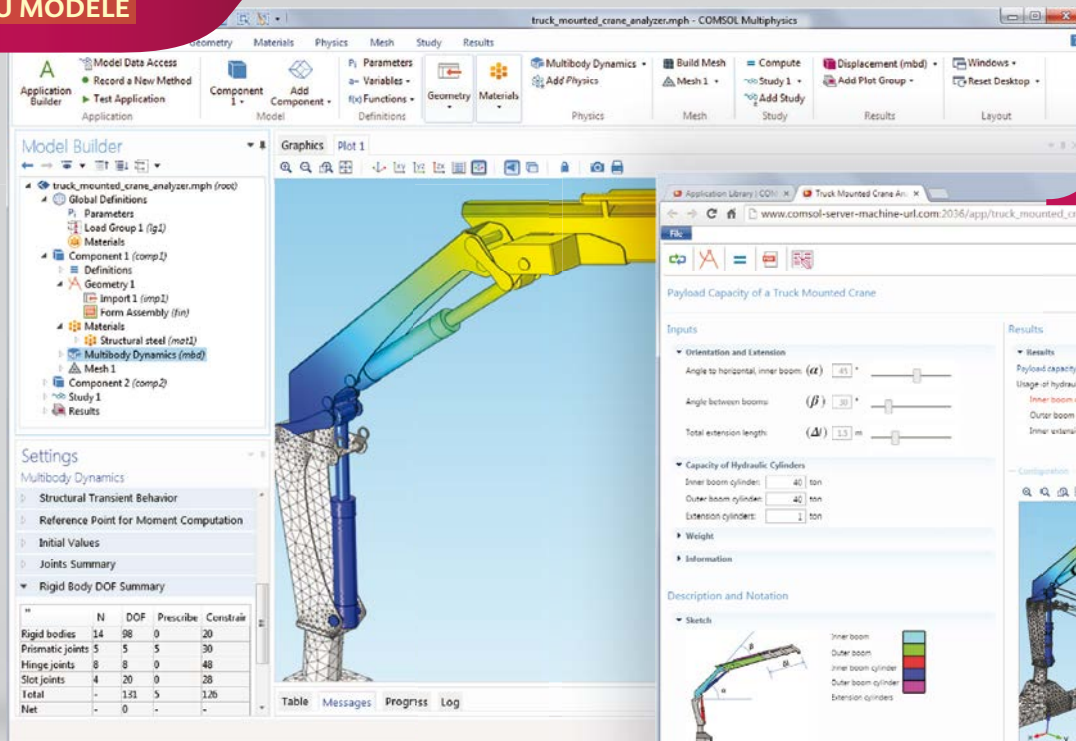
Édition française de Scientific American

CRISPR-Cas9

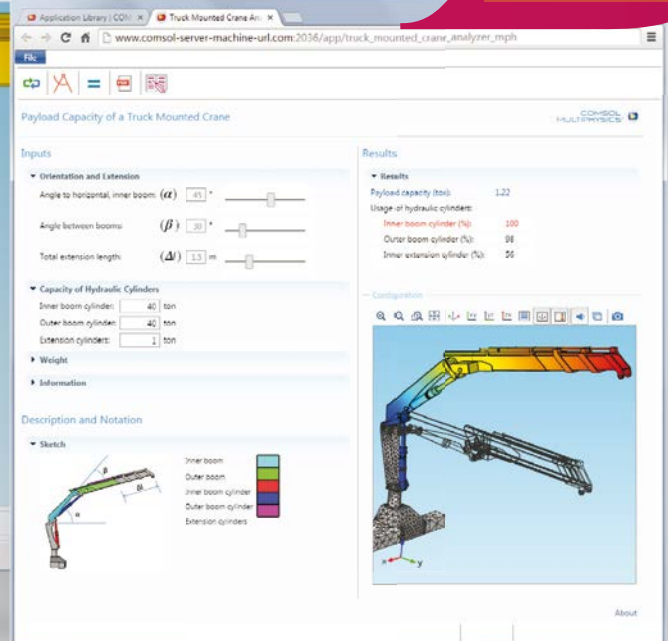
**L'enzyme qui
révolutionne
la génétique**

L'ADN est devenu
modifiable à volonté

M 02687 - 456 - F: 6,50 € - RD



COMSOL
MULTIPHYSICS®



COMSOL
SERVER™

Comment créer le meilleur design et partager votre expertise en simulation ?

**GRÂCE À DE PUISSANTS OUTILS DE CALCULS.
AVEC DES APPLICATIONS FACILEMENT PARTAGEABLES.**

comsol.fr/5.1

PRODUCT SUITE

- COMSOL Multiphysics®
- COMSOL Server™

ELECTRICAL

- AC/DC Module
- RF Module
- Wave Optics Module
- Ray Optics Module
- MEMS Module
- Plasma Module
- Semiconductor Module

MECHANICAL

- Heat Transfer Module
- Structural Mechanics Module
- Nonlinear Structural Materials Module
- Geomechanics Module
- Fatigue Module
- Multibody Dynamics Module
- Acoustics Module

FLUID

- CFD Module
- Mixer Module
- Microfluidics Module
- Subsurface Flow Module
- Pipe Flow Module
- Molecular Flow Module

CHEMICAL

- Chemical Reaction Engineering Module
- Batteries & Fuel Cells Module
- Electrodeposition Module
- Corrosion Module
- Electrochemistry Module

MULTIPURPOSE

- Optimization Module
- Material Library
- Particle Tracing Module

INTERFACING

- LiveLink™ for MATLAB®
- LiveLink™ for Excel®
- CAD Import Module
- Design Module
- ECAD Import Module
- LiveLink™ for SOLIDWORKS®
- LiveLink™ for Inventor®
- LiveLink™ for AutoCAD®
- LiveLink™ for Revit®
- LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™
- LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®
- LiveLink™ for Solid Edge®
- File Import for CATIA® V5

POUR LA SCIENCE

www.pourlascience.fr

8 rue Férou - 75278 Paris Cedex 06

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, Philippe Ribeau-Gésippe, Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossier Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Développement numérique : Philippe Ribeau-Gésippe

Directrice artistique : Céline Lapert

Maquette : Pauline Bilbault, Ingrid Leroy,

Nathalie Ravier (stagiaire)

Correction et assistance administrative : Maud Bruguère

Marketing : Élise Abib et Ophélie Maillet,

assistées de Héloïse Clément (stagiaire)

Direction financière et direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Marianne Sigogne et Olivier Lacam

Presse et communication : Susan Mackie

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 Crida, Gérard Eberl, Vincent Enouf, Sophie Gallé-Soas,

Nicolas Georgieff, Évelyne Host-Platret, Jean Le Loeuff,

Christophe Pichon, Loïc Villain, Jean-Baptiste Yon

PUBLICITÉ France

Directeur de la publicité : Jean-François Guillotin

[j.f.guillotin@pourlascience.fr]

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

SERVICE ABONNEMENTS

Nada Mellouk-Raja. Tél. : 01 55 42 84 04

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

Courriel : abonnements@pourlascience.fr

Service des abonnements - 8 rue Férou - 75278 Paris Cedex 06

Commande de livres ou de magazines :

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

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel. : 04 88 15 12 41

Information/modification de service/réassort :

Magazine disponible sur www.direct-editeurs.fr

Canada : Edipresse : 945 avenue Beaumont, Montréal,

Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303 rue du Pré-aux-Dies - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8 rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

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 adressés 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

traduction, d'adaptation et de représentation réservés pour

tous les pays. La marque et le nom commercial « Scientific

American » sont la propriété de Scientific

American, Inc. Licence accordée à « Pour la

Science S.A.R.L. ».

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

interdit de reproduire intégralement ou partiel-

lement 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

Le couteau suisse de la génétique

Un nouveau sigle qui semble imprononçable envahit depuis quelque temps le monde de la biologie moléculaire et de la génétique : CRISPR-Cas9. Impronomçable ? On peut dire en français « crispère-casse-neuf ». Ce problème de lecture étant réglé, de quoi s'agit-il ? D'une technique développée grâce à la découverte, en 2007, d'un système de défense des bactéries contre les virus, reposant sur une séquence particulière de leur ADN nommée CRISPR. En 2012, l'équipe de la microbiologiste française Emmanuelle Charpentier et, à Berkeley, celle de Jennifer Doudna se sont inspirées de ce système et ont montré que l'enzyme bactérienne Cas9 permet de couper aisément, avec précision et à l'endroit souhaité, l'ADN de n'importe quelle cellule.

CRISPR-Cas9 : une technique qui, comme d'autres, peut être utilisée à mauvais escient.

Ainsi, comme Emmanuelle Charpentier et le journaliste Pierre Kaldy nous l'expliquent (voir pages 24 à 32), les chercheurs disposent depuis d'un outil puissant et universel grâce auquel ils peuvent modifier à volonté l'ADN, donc les gènes, d'un organisme, et cela en des temps records – quelques semaines là où, avec les méthodes précédentes, plus complexes et moins fiables, il fallait des mois ou plus.

L'enjeu est d'abord scientifique : CRISPR-Cas9, par sa polyvalence et sa facilité, va considérablement accélérer le progrès des connaissances en biologie et en génétique. La technique ouvre aussi de vastes horizons en médecine, en agriculture, en chimie... Mais elle peut être utilisée à mauvais escient (armes biologiques, modifications inconsidérées du vivant, eugénisme, etc.), ce qui appelle, à tout le moins, à des réflexions et débats éthiques (voir pages 34-35). C'est la sempiternelle dualité inhérente à toute innovation technique. ■