

■ POUR LA

SCIENCE

Novembre 2013 - n° 433

www.pourlascience.fr

Édition française de Scientific American

BIG BANG numérique

Les données massives
changent-elles le monde ?

Fragiles archives numériques
Comment protéger la vie privée
Tout le savoir en libre accès ?
Les mémoires de demain
L'ADN, une mémoire modèle ?

Allemagne : 10,20 € - Belgique : 7,8 € - Canada : 11,95 CAD - Guadeloupe/St Martin : 7,90 € - Guyane : 7,90 € - Italie : 7,90 € - Luxembourg : 7,90 € - Maroc : 69 MAD - Martinique : 7,9 € - Nlle Calédonie Wallis : 1100 XPF - Polynésie Française : 1100 XPF - Portugal : 7,90 € - Réunion : 9,90 € - Suisse : 12 CHF

M 02687 - 433S - F : 6,80 € - RD



Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédacteurs : François Savatier, Marie-Neige Cordonnier,
Philippe Ribeau-Gésippe, Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossiers Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice : Bénédicte Salthun-Lassalle

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Sylvie Sobelman,

Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy, Caroline Vanhoove

Site Internet : Philippe Ribeau-Gésippe

Marketing : Élise Abib et Ophélie Maillet assistées d'Anaïs Grelet

Direction financière : Anne Gusdorf

Direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Jérôme Jalabert assisté de Marianne Sigogne

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Conseillers scientifiques : Philippe Boulanger et Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

Philippe Gérard, Jean-Claude Guillemin, Jacques Laskar, Gilles
Laurent, Caroline Martel, Alessandro Papitto, Laurence Perotto,
Christophe Pichon, Sean Raymond, Pascale Thiollier-Dumartin

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

(jf.guillotin@pourlascience.fr), assisté de Nada Mellouk-Raja
Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97 • Fax : 01 43 25 18 29

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Bouffaré. Tél. : 01 55 42 84 04

Espace abonnements :

<http://tinyurl.com/abonnements-pourlascience>

Adresse e-mail : abonnements@pourlascience.fr

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

Commande de livres ou de magazines :

0805 655 255 (numéro vert)

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel : 04 88 15 12 41

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-oies - 1130 Bruxelles.

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

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina. Editors :
Fred Guterl, Ricky Rusting, Philip Yam, Mark Fischetti, Christine Gor-
man, Anna Kuchment, Michael Moyer, Gary Stix, Kate Wong. Pres-
ident : Steven Inchcombe. 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 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
partiellement la présente revue sans autori-
sation de l'éditeur ou du Centre français de
l'exploitation du droit de copie (20, rue des
Grands-Augustins - 75006 Paris).



Évolution ou révolution ?

Le mot de révolution est galvaudé. Au moindre chan-
gement, à la moindre évolution, d'aucuns prédisent
rapidement une révolution. Mais si l'on s'en tient à sa
définition, il s'agit d'« un changement brusque et impor-
tant dans l'ordre social et moral, d'une transformation complète. »
Quelles ont été les « vraies » révolutions scientifiques : l'invention
de l'imprimerie ? La révolution industrielle ? Le séquençage du
génom humain ? L'avènement des neurosciences ?

Selon Victor Hugo, « L'invention de l'imprimerie est le plus grand
événement de l'histoire. » Un événement, pas une révolution. Pour-
tant, permettre une diffusion et une conservation du savoir aurait
sans doute mérité le vocable. La révolution industrielle porte en elle
son qualificatif. Le séquençage du génome et l'avènement des neu-
rosciences ont laissé croire à des révolutions. Mais les désillusions
ont suivi l'engouement des débuts. La génomique n'a pas apporté
les progrès escomptés, sans doute parce que l'on avait trop négligé
le dialogue entre gènes et environnement. Les neurosciences ont
beaucoup promis, mais divers blocages se font jour.

Si les livres se conservent des centaines d'années, les mémoires numériques sont éphémères.

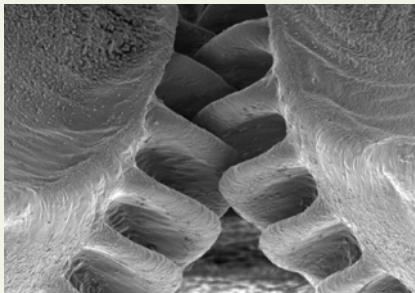
Sans doute est-ce le lot de toutes les révolutions de passer par
des phases d'effervescence, puis de déception. Est-ce le cas pour
le big bang numérique ? Aujourd'hui, nous serions dans la phase
d'effervescence : l'accès pour tous au savoir universel, la mise en
mémoire de tout ce que produisent l'être humain, la nature et la
science ; la puissance des outils numériques est considérable,
pleine de promesses pour la recherche scientifique et technique.
Mais... elle présente la fragilité du colosse aux pieds d'argile, car,
si les livres se conservent des centaines d'années, les mémoires
numériques sont éphémères.

Dès lors, faut-il sélectionner les données à conserver ? Comment
les organiser, les archiver, les partager ? Quels supports utiliser pour
assurer leur pérennité ? Par ce que le numérique modifie déjà, par
ce qu'il va transformer, le terme de révolution est justifié. Ou plutôt
celui de big bang ouvrant une ère nouvelle de communication et de
partage. À condition que l'homme n'ait pas à vivre avec un *Big Brother*
hypermnésique – selon l'expression de Gilles Dowek – surveillant
sans cesse ses faits et gestes, voire ses pensées. À condition qu'il
ait le droit à l'oubli. Et si les concepteurs de supports numériques
s'inspiraient de l'ADN, gigantesque mémoire du vivant, et de la mémoire
biologique, naturellement dotée de la capacité d'oublier ? ■

1 **ÉDITO**4 **BLOC-NOTES**

Didier Nordon

Actualités

6 **Les insectes ont aussi inventé les engrenages**7 **L'Univers est-il hyperbolique ?**11 **Des bactéries pour combattre l'obésité ?**12 **De l'oxygène atmosphérique très ancien**

... et bien d'autres sujets.

Opinions

18 **POINT DE VUE****ISSET : un test génétique prénatal à encadrer**

Floriane Blanc

19 **DÉVELOPPEMENT DURABLE****Énergies renouvelables : le coût de l'intermittence**

Renaud Crassous et Fabien Roques

23 **VRAI OU FAUX****Certains autistes sont-ils surdoués ?**

Isabelle Soulières

24 **ENTRETIEN****La difficile transmission... d'un autoapprentissage**

Entretien avec Philippe Descola et l'un de ses élèves, Emmanuel de Vienne, autour de la méthode de travail des ethnologues.

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement *Pour la Science* brochés sur la totalité du tirage et un encart *Voyage en Turquie (Dialogue Marketing)* posé sur la totalité de la diffusion abonnés
Illustration de couverture : © agsandrew/shutterstock.com

26 **SCIENCE ET SOCIÉTÉ**
L'explosion mémorielle change la donne

Gilles Dowek

32 **INFORMATIQUE**
Un déluge de données

Serge Abiteboul et Pierre Senellart

36 **PHYSIQUE**
Les pétaoctets du LHC

Faïrouz Malek

38 **BIOLOGIE**
Génomes, protéomes et transcriptomes à foison

Guy Perrière

40 **ASTRONOMIE**
SDSS, un relevé... astronomique !

Céline Reylé

42 **SCIENCES DE L'INFORMATION**
Au cœur d'un centre d'archivage

Francis Daumas et Marion Massol

48 **SCIENCES DE L'INFORMATION**
La numérisation des bibliothèques

Frédéric Blin

- 52 SCIENCES DE L'INFORMATION**
Dictionnaires et encyclopédies à l'ère numérique
Rémi Mathis
- 54 SCIENCES DE L'INFORMATION**
La science accessible à tous
Christine Berthaud et Agnès Magron
- 56 SCIENCES SOCIALES**
Orienter la société grâce aux données massives
Alex Pentland
- 62 INFORMATIQUE**
Comment préserver l'anonymat ?
Tristan Allard, Benjamin Nguyen et Philippe Pucheral
- 70 INFORMATIQUE**
La protection des informations sensibles
Rémy Chrétien et Stéphanie Delaune
- 78 TECHNOLOGIE**
La quête d'un support numérique durable
Franck Laloë et Erich Spitz
- 86 INFORMATIQUE**
Organiser le partage pour préserver les données
Roberto Di Cosmo
- 92 PHYSIQUE**
Les mémoires du futur
Luca Perniola
- 100 BIOTECHNOLOGIE**
Stocker de l'information dans l'ADN
Christophe Dessimoz
- 102 GÉNÉTIQUE**
L'ADN, mémoire numérique du vivant
Vincent Daubin, Simon Penel et Éric Tannier
- 110 NEUROSCIENCES**
La mémoire biologique est-elle codée ?
Franck Chaillan

Regards

- 118 HISTOIRE DES SCIENCES**
Cinquante ans de chaos
Adilson Motter et David Campbell
 En 1963, le météorologiste américain Edward Lorenz montrait que la prédictibilité déterministe est dans certains cas illusoire.
- 124 LOGIQUE & CALCUL**
La quête du pavé apériodique unique
Jean-Paul Delahaye
 On espérait depuis longtemps découvrir un pavé unique avec lequel le pavage du plan serait forcément non périodique. Un tel pavé a été trouvé... enfin, presque.
- 132 SCIENCE & FICTION**
Le sexe chez les extraterrestres
J.-Sébastien Steyer et Roland Lehoucq
- 134 ART & SCIENCE**
Promenade dans un paysage... épigénétique
Loïc Mangin
- 136 IDÉES DE PHYSIQUE**
Des gouttes bien calibrées
Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik
- 141 SCIENCE & GASTRONOMIE**
Il faut faire sauter le riz après l'avoir cuit à l'eau
Hervé This
- 142 À LIRE**

POUR LA
SCIENCE

Maintenant sur tablette et sur smartphone !

Téléchargez gratuitement
 l'application « Pour la Science »



Le 1^{er} numéro est offert !

- lecture intuitive
- sommaire interactif
- contenus enrichis
- feuilletage hors-connexion



→ SOMMES-NOUS SI MALADES ?

Il y a les médecins, les infirmiers et les secouristes, bien sûr. Mais aussi les assistants sociaux, les éducateurs, les psychologues, les conseillers en économie sociale et familiale, les conseillers conjugaux, les aides aux personnes âgées, les travailleurs du *care*, les sophrologues et les nombreux autres dispensateurs de techniques de bien-être, les prédicateurs de toutes sortes de religions montrant la voie vers le bonheur, les inventeurs de solutions miracles, etc., etc. Quiconque voudrait oublier que l'humanité est une espèce malade n'a qu'à se remémorer la liste impressionnante des professions consacrées uniquement à guérir des maux – maux du corps, maux de l'âme – pour revenir à une appréciation plus véridique de la situation.



→ L'ILLUSION DE LA PENSÉE UNIVERSELLE

Si je suis athée, je ne considérerai pas la foi comme une tendance universelle de l'être humain. Si j'ai de l'aversion pour les mathématiques, je ne verrai pas en elles un langage universel. Si je crois à la nécessité de réguler l'économie, je ne prendrai pas la compétition entre les marchés pour un idéal universel.

Une conception ne peut passer à mes yeux pour universelle que si elle est mienne. Voilà une évidence dont on oublie de se méfier. Pire, on se laisse parfois aller à une espèce de réciprocité implicite. J'ai telle conception ;

or je ne suis ni idiot ni aveuglé de préjugés ; donc elle est universelle. Ou devrait l'être.

Parmi les idées d'un individu, en vérité, n'ont valeur universelle que celles qui ne dépendent ni de sa personnalité ni de sa culture, donc qui n'expriment rien de lui. Voilà qui n'est pas engageant. D'abord, il n'est pas donné à un individu d'être certain qu'une idée qui l'habite est indépendante de lui. En outre, à supposer qu'elle le soit effectivement, il n'a aucune raison de s'attacher à quelque chose d'aussi désincarné. Voilà pourquoi je soupçonne quiconque professe l'universalisme de vouloir imposer à tous des idées qui, en fait, expriment sa culture, voire sa seule individualité.

→ PLOMBS FAUTIFS

Rldasedlrad les dlcmyhpbgf. Ce n'est pas un message codé. Enfin, peut-être que si.

Ce n'est pas une série de fautes d'impression : une telle accumulation, vous n'y pensez pas. En fait, si, c'en est une.

Ce charabia illisible ne saurait être le titre d'un texte français. Et pourquoi pas ?

Ce borborygme imprononçable ne se traduit sûrement pas. Mais si. En anglais.

Cessons les mystères, expliquons-nous.

Rldasedlrad les dlcmyhpbgf n'est pas un message codé, en ce sens que je suis tombé dessus sans m'être mêlé de codage. Mais rien ne garantit que jamais personne n'a utilisé cette suite de lettres pour crypter quelque message.

En 1923, Valéry Larbaud a lu dans un journal l'annonce de la proche parution de l'un de ses livres, intitulé, selon le journal, *Rldasedlrad les dlcmyhpbgf*.

Cette information a produit la commotion qu'on devine : le titre du livre que Larbaud avait en préparation n'était évidemment pas cet ahurissant fatras de lettres ! Les responsables de la bourde étaient les linotypistes du journal. Il arrivait parfois que les fautes d'impression chamboulent une ligne entière.

Comme quoi, nous avons progressé : certes, les fautes d'impression continuent d'être abondantes dans nos journaux, mais elles laissent en général deviner, sous ce qui est, ce qui aurait dû être. Tel n'était pas le cas du temps de Larbaud. Ce dernier s'est vengé avec humour des linotypistes dans un texte intitulé, cela va de soi, « Rldasedlrad les dlcmyhpbgf », paru en 1927 dans le recueil *Jaune Bleu Blanc*.

Une erreur fréquente des linotypes anglaises était de faire apparaître la suite *Étaoin shrdlu*. Erreur si classique, que *Étaoin shrdlu* fait l'objet d'un article sur Wikipédia. Je propose donc de traduire le français *Rldasedlrad les dlcmyhpbgf* par l'anglais *Étaoin shrdlu*. Ma traduction n'est pas belle, mais elle est fidèle.

→ LE COMTE POSEUR

« Le désespoir est la plus petite de nos erreurs », a écrit Isidore Ducasse, alias Lautréamont (*Poésies*, II). Quand on sait que cet auteur, qui n'eut aucun succès de son vivant, est mort à peine moins jeune qu'Évariste Galois, on ne peut qu'être bouleversé par sa sincérité. Il a pressenti le tragique de la condition humaine, dont il allait donner un exemple.

Mais, si on sait aussi que Vauvenargues avait écrit : « Le désespoir est la plus grande de nos erreurs », la phrase de Lautréamont acquiert la tonalité d'un jeu littéraire, qui la rend beaucoup moins émouvante. On peut même y soupçonner un brin de pose.

À quel point le sens d'une phrase change selon ce qu'on sait du contexte dans lequel elle a été écrite !



→ PENSÉES VERLANES

Critiquant l'accumulation des horreurs dans les livres de Sade, qu'il jugeait lassante, l'écrivain Jean Paulhan disait : « Le pire est l'ennemi du mal. »

Inspirés par Paulhan, inversons terme à terme des formules connues, afin d'en obtenir de nouvelles. Une citation éculée de Coubertin (« Il n'est pas nécessaire d'espérer pour entreprendre, ni de réussir pour persévérer ») donne ainsi : « Il n'est pas nécessaire de craindre pour renoncer, ni d'échouer pour abandonner », réflexion qui, ma foi, en vaut d'autres. Inverser la boutade « La culture, c'est ce qui reste quand on a tout oublié », ne mène à rien de nouveau, puisqu'on obtient : « L'inculture, c'est ce à quoi on parvient quand on retient tout. » Or

Talleyrand avait dit : « [Les émigrés] n'ont rien appris ni rien oublié. » Le dicton « Les grands esprits se rencontrent » devient « Les petits corps s'évitent » : de quoi inquiéter les physiciens qui placent trop d'espairs dans les collisionneurs.

« Pensée échappée. Je la voulais écrire ; j'écris au lieu qu'elle m'est échappée. » Ce fragment, dans lequel Pascal déclare une absence de pensée, se trouve dans le recueil des pensées de Pascal ! C'est le fragment obtenu en l'inversant qui serait en droit de figurer dans un recueil de pensées : « Pas de pensée. J'écris que je n'en ai pas, et cela est une pensée. » Ne faisons pas de jaloux, inversons Descartes.

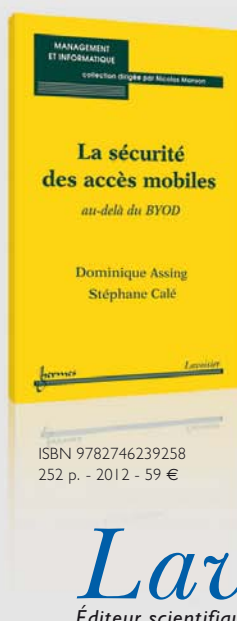
« Je ne pense pas, donc je ne suis pas. » Parfait. D'après Pascal inversé, écrire « Je ne pense pas », c'est faire acte de pensée. Or, d'après Descartes, je pense implique que je suis. Donc, quand j'écris que je ne pense pas, je suis et je ne suis pas. Que pouvions-nous espérer de mieux que ce paradoxe définitif ? ■

Hier, dès le soir, à l'heure où noircit la ville...



Cybersécurité : enjeux et nouvelles pratiques

Disponibles chez
votre libraire habituel ou sur
www.lavoisier.fr



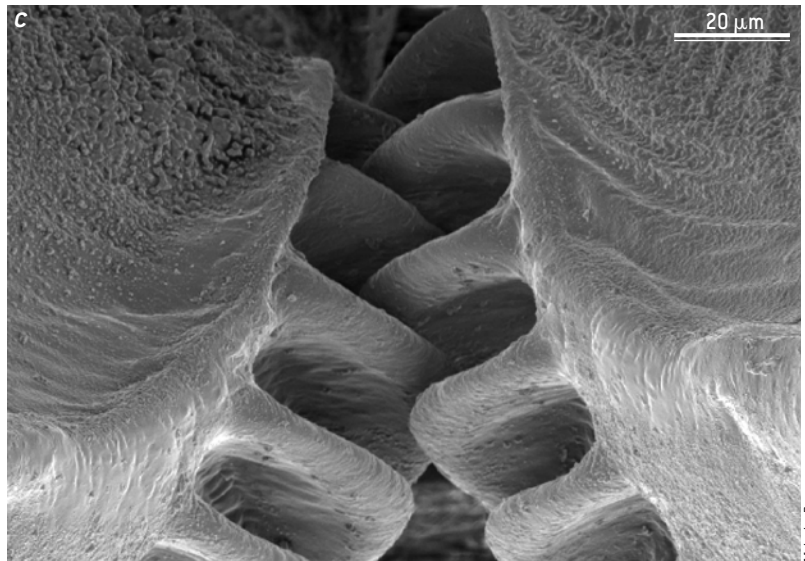
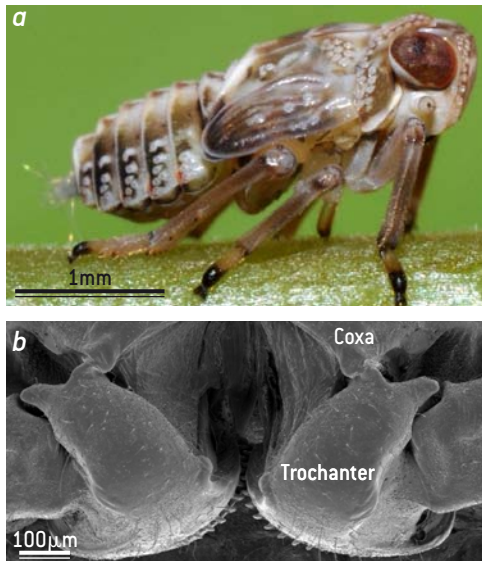
hermes
science
publications

Lavoisier
Éditeur scientifique, technique et médical

Biophysique

Les insectes ont aussi inventé les engrenages

Chez la nymphe d'une petite cigale sauteuse, des dents d'engrenage assurent la synchronisation du mouvement des deux pattes postérieures.



Chez la nymphe de la cigale bossue, *Issus coleoptratus* (a), le mouvement des deux pattes postérieures, responsables du saut, met en jeu un mécanisme d'engrenage. Ce dernier implique le trochanter (partie de la patte précédant le fémur et située sous le corps de l'insecte). Une vue du dessous de l'insecte, prise au microscope électronique à balayage, montre les deux trochanters avec leur rangée de dents sur le côté interne (b). L'imbrication des deux rangées de dents apparaît sur une autre vue, de grossissement supérieur (c).

La bio-ingénierie consiste à s'inspirer du monde vivant pour concevoir des dispositifs techniques innovants. Inversement, les organismes vivants s'inspireraient-ils des inventions de l'homme ? On pourrait presque le croire : Malcolm Burrows, de l'Université de Cambridge au Royaume-Uni, et son collègue Gregory Sutton ont mis au jour un mécanisme d'engrenage impliqué dans le saut d'une petite cigale sauteuse, la «cigale bossue» *Issus coleoptratus*.

Chez les insectes sauteurs (criquets, puces, cercopes, cicadelles, etc.), le saut est réalisé par une détente rapide et puissante des deux pattes postérieures. On trouve deux configurations de ces dernières. Chez les criquets et les puces, les deux pattes bougent dans des plans verticaux distincts de chaque côté du corps de l'insecte. Chez les très bons sauteurs, tels les cercopes et les cicadelles, les bases des pattes postérieures, sous le corps de l'insecte, tournent en

sens inverses et dans un même plan à peu près horizontal. Mais cette seconde configuration exige une synchronisation précise des mouvements des deux pattes : sinon, en sautant, l'insecte subirait une rotation dans le plan horizontal.

Comment cette synchronisation est-elle assurée ? Chez la cigale bossue, les influx nerveux sont envoyés aux muscles correspondants par deux paires indépendantes de neurones, ce qui ne suffit pas à synchroniser de façon assez précise, à l'échelle de quelques microsecondes, les mouvements des deux pattes. Grâce à de la vidéo ultrarapide et à un examen anatomique, M. Burrows et G. Sutton ont montré que chez la nymphe de la cigale bossue, une synchronisation précise a lieu grâce à une rangée courbe de dents présente sur le côté interne du trochanter (partie de la patte qui suit la coxa, ou hanche, et précède le fémur) de chaque patte (voir la figure). Les deux trochanters, en

contact sur une partie de leur côté interne, s'articulent ainsi par un engrenage qui les contraint à se mouvoir de conserve, avec un décalage inférieur à 30 microsecondes.

Ce mécanisme à engrenage ne concerne que la nymphe de la cigale bossue et d'autres espèces apparentées. Les dents disparaissent lors de la dernière mue, quand l'insecte devient adulte. Comment alors expliquer que les adultes sautent encore mieux que les nymphes ? M. Burrows avait établi en 2010 que chez eux, la synchronisation des deux pattes postérieures est assurée, au moins en partie, par le frottement entre les coxae. Le frottement pourrait être plus avantageux chez les adultes en raison de leur plus grande taille. Un autre point à souligner est que chez les nymphes, des dents cassées sont remplacées lors de la mue suivante, ce qui ne peut être le cas chez les adultes.

→ Maurice Mashaal

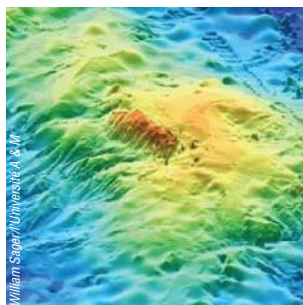
Science, vol. 341, pp. 1254-1256, 2013

Géophysique

Le plus grand volcan terrestre est... sous-marin

Avec des collègues, William Sager, de l'Université A & M au Texas, vient de montrer qu'un mont sous-marin situé à quelque 1500 kilomètres à l'Est du Japon est l'un des plus grands volcans du Système solaire.

Les géophysiciens ont établi par plusieurs profils sismiques que le mont Tamu, vaste plateau de 650 kilomètres de long et de 450 kilomètres de large, est une structure d'une seule pièce. Sous les sédiments qui le recouvrent, des strates de laves alternent avec des épanchements basaltiques épais de dizaines de mètres. Ces laves sont inclinées de moins de deux degrés, ce qui



Représentation 3D du Massif Tamu, le plus grand volcan connu sur Terre (650 sur 450 kilomètres).

montre qu'elles se sont étalées alors qu'elles étaient encore très fluides. Bref, tout indique que le mont Tamu est un immense

volcan bouclier construit par des épanchements successifs, si grand qu'il ne peut être comparé qu'à l'Olympus Mons sur Mars.

D'après l'âge radiométrique de ses roches, il s'est formé il y a quelque 145 millions d'années à la rencontre de trois dorsales, ce qui rappelle le cas de l'Islande : à cheval sur la dorsale médio-atlantique, cette île résulte d'une remontée du matériau mantellique profond. Quoi qu'il en soit, nous avons appris qu'il est possible qu'un immense plateau sous-marin soit un volcan.

→ François Savatier

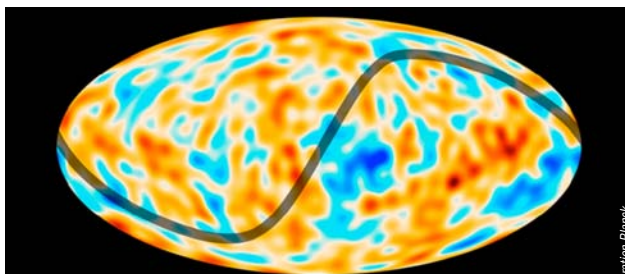
Nature Geoscience, en ligne le 5 septembre 2013

Cosmologie

L'Univers est-il hyperbolique ?

Le rayonnement du fond diffus cosmologique recèle peut-être des surprises. Les mesures du satellite *Planck* ont montré que les propriétés de ce rayonnement émis lorsque l'Univers était âgé de 380 000 ans sont compatibles avec le modèle du Big Bang dans sa version la plus simple. Elles présentent néanmoins quelques anomalies. Les propriétés de la température du rayonnement devraient être identiques dans toutes les directions. Or ce n'est pas le cas des minuscules fluctuations autour de sa valeur moyenne : leur amplitude est plus grande dans un hémisphère du ciel que dans l'autre. Andrew Liddle et Marina Cortès, de l'Université d'Édimbourg, proposent une explication à ce déséquilibre : à très grande échelle, l'Univers aurait une géométrie hyperbolique.

Les cosmologistes ont étudié un scénario d'inflation – l'expansion rapide de l'Univers alors âgé



Les fluctuations du rayonnement du fond diffus cosmologique. La ligne noire sépare deux hémisphères pour lesquels la distribution des fluctuations est significativement différente.

de moins d'une seconde – qui explique l'asymétrie des observations. L'inflation est contrôlée par la présence d'un champ dit scalaire, l'inflaton. Celui-ci assure que la densité de matière et le rayonnement du fond diffus sont homogènes. Mais un champ scalaire supplémentaire, le curvaton, pourrait influencer légèrement sur la distribution de matière à très grande échelle.

A. Liddle et M. Cortès ont relié les propriétés du curvaton à la courbure de l'Univers. Un

rayon de courbure négatif, qui correspond à une géométrie hyperbolique (comme la surface d'une selle de cheval), permettrait d'expliquer les asymétries constatées dans les fluctuations du fond diffus cosmologique. Et si ce rayon est supérieur à celui de l'Univers observable, on a localement une géométrie euclidienne, comme observé. Reste à valider ce modèle, peut-être avec les données de *Planck*.

→ Sean Bailly

Phys. Rev. Lett., vol. 111, 111302, 2013

En bref

D'anciens fleuves au Sahara

Selon une étude germano-britannique, trois grands systèmes fluviaux auraient coulé dans le Sahara, du Sud au Nord, il y a environ 100 000 ans. Les chercheurs ont combiné des simulations paléoclimatiques avec des données topographiques et hydrologiques (infiltration, évaporation) pour reconstituer l'écoulement ancien des eaux de surface. Ces systèmes auraient constitué des « couloirs verts » qui favorisaient les migrations vers les régions méditerranéennes fertiles révélées par les données archéologiques.

Quand le rouge devient noir

Le pigment vermillon (du sulfure de mercure) a été très utilisé en peinture. Or il s'assombrit à la lumière. Deux hypothèses ont été avancées : soit la structure cristalline du pigment change, ce qui noircit ce dernier, soit une réaction avec les ions chlore de l'air conduit à la formation de gouttelettes métalliques de mercure. Karolien De Wael, de l'Université d'Anvers, et ses collègues ont montré que c'est le mercure qui est le vrai coupable.

Neuf espèces en une

Ce que l'on pensait être une seule espèce de crustacé, *Eurythenes gryllus*, est en fait un complexe de neuf espèces. C'est ce qu'a montré l'équipe germano-belge de Charlotte Havermans et ses collègues à partir d'analyses génétiques et morphologiques. La plupart de ces espèces (qui mesurent jusqu'à 14 centimètres) ont des aires de répartition plus ou moins restreintes et sont donc plus vulnérables qu'une seule espèce présente un peu partout. Sept des neuf espèces vivent à une profondeur supérieure à 3 000 mètres, ce qui illustre la richesse de la biodiversité des abysses, longtemps sous-estimée.

En bref

Une île sur dix submergée ?

Jusqu'à 12 pour cent des îles françaises risquent d'être englouties par les eaux d'ici 2100, en raison de l'élévation du niveau des mers provoquée par le réchauffement climatique. C'est la conclusion d'une étude du CNRS, qui a analysé les conséquences d'une élévation de un à trois mètres de ce niveau, en prenant en compte le relief des îles. Quelque 300 espèces endémiques, en majorité des plantes, pourraient alors disparaître en raison de l'immersion totale de leur aire de répartition.

Orangs-outans planificateurs

On a longtemps cru la capacité de planification réservée à l'espèce humaine. Après plusieurs observations de cette capacité chez certains animaux captifs, des chercheurs suisses l'ont aussi décelée chez des orangs-outans sauvages de Sumatra. Ces singes émettent une catégorie particulière de cris, de préférence dans la direction de leurs futurs déplacements, même quand ceux-ci se produisent le jour suivant. Planifier leurs déplacements leur permettrait de les signaler aux femelles et aux rivaux, de rejoindre une source de nourriture connue, etc.

Astrochimie

Des acides aminés produits par les impacts de comètes

De la matière organique se retrouve partout dans l'Univers, du milieu interstellaire jusqu'aux planètes, en passant par les comètes. Parmi les composés carbonés qui forment la matière organique, les acides aminés sont les précurseurs des protéines – des molécules indispensables à la vie telle que nous la connaissons.

Il existe de nombreuses façons de former des acides aminés, à commencer par l'expérience de Stanley Miller qui, en 1953, en synthétisa dans une enceinte censée reproduire les conditions de la Terre primitive. Zita Martins, de l'Imperial College à Londres, et ses collègues ont étudié un nouveau mécanisme de synthèse des précurseurs d'acides aminés les plus simples : il serait à l'œuvre lors de la collision d'une comète

avec une planète si l'un ou l'autre de ces corps est glacé.

À l'aide d'un canon, les chercheurs ont bombardé de la glace d'eau avec un projectile en métal



L'impact de comètes sur la surface glacée d'Encelade (une lune de Saturne) pourrait y former des acides aminés. C'est ce que laissent penser des expériences de laboratoire.

lancé à sept kilomètres par seconde. La glace contenait, en proportions parfaitement contrôlées, les éléments typiques présents à la surface des planètes ou lunes glacées (telle Encelade, une lune de Saturne) : de l'ammoniac, du dioxyde de carbone et du méthanol. Après le choc et l'évaporation de l'eau, les résidus organiques ont été analysés. Les chercheurs ont trouvé des traces d'acides aminés, la glycine et l'alanine. D'après eux, la pression du choc et la chaleur libérée par l'impact ont rendu possible la synthèse de composés organiques tels que des composés carbonyles, puis du cyanure d'hydrogène. L'hydrolyse de ce dernier conduit à la formation de glycine.

→ S. B.

Z. Martins et al., *Nature Geoscience*, en ligne le 15 septembre 2013

Parasitologie

Tiques et maladie de Lyme, une coévolution

L'évolution est souvent une coévolution. Coralie Herrmann, de l'Université de Neuchâtel, en Suisse, en a étudié un exemple frappant : *Borrelia burgdorferi*, la bactérie responsable de la maladie de Lyme, engraisse son vecteur, la tique !

En Europe, c'est la tique de l'espèce *Ixodes ricinus* qui est responsable de la plupart des infections par la maladie de Lyme (jusqu'à 15 000 cas par an en France). Entre le printemps et l'automne, cet acarien se perche sur la végétation basse dans l'attente du passage d'un mammifère, sur lequel il se laisse tomber pour lui sucer le sang.

Très sensible à la sécheresse, il doit régulièrement quitter son perchoir pour aller se réhydrater dans l'humus.

Entre 2010 et 2013, C. Herrmann a étudié la résistance de 1500 tiques de l'espèce *Ixodes ricinus* placées dans des enceintes où régnaient différents taux d'humidité (13, 32, 51,5, 61 et 89 pour cent) et températures (12,5 et 25 °C). Elle a observé que certains individus demeuraient dans des endroits secs, tandis que d'autres fuyaient à la recherche d'humidité. Des tests génétiques ont révélé que les tiques les plus résistantes étaient infectées par *Borrelia burgdorferi*. Avec l'aide

de ses collègues, C. Herrmann a alors mis au point un protocole pour quantifier la masse de graisse d'une tique et, à la faveur d'une nouvelle expérience, a prouvé que les réserves des tiques infectées sont 12,1 pour cent supérieures à celles des tiques saines – ce qui est très significatif chez des acariens aussi vulnérables aux conditions sèches. Manifestement, *Borrelia burgdorferi* agit sur le métabolisme de son vecteur d'une façon qui améliore sa survie et, par là, augmente ses chances d'infecter un hôte, un humain par exemple.

→ F. S.

International Journal of Parasitology, vol. 43 (6), pp. 477-483, 2013



© Eric Isselée / Shutterstock.com

Cette tique (*Ixodes ricinus*) s'est fixée sous l'œil d'un chien pour le parasiter.



PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

Editeur scientifique de référence depuis 1980



DISPARITION PROGRAMMÉE

Yves Bolognini, Marielle Stamm

Tous les ordinateurs sans lesquels les prouesses technologiques et informatiques actuelles n'auraient jamais vu le jour. Une autre histoire de l'informatique, richement illustrée et accessible à tous.

204 p., ISBN 978-2-88074-968-2

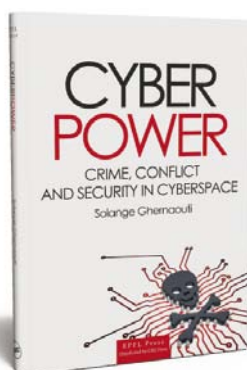
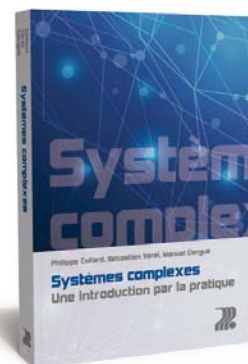
SYSTÈMES COMPLEXES

Une introduction par la pratique

Sébastien Collard, Sébastien Verel, Manuel Clergue

Les systèmes complexes sont devenus omniprésents; cet ouvrage pour non spécialistes expose comment les modéliser et les contrôler.

320 p., ISBN 978-2-88074-991-0



CYBERPOWER

Crime, Conflict and Security in Cyberspace

Solange Ghernaoui

This book explains the stakes of cyberpower in terms of cybercriminality, cyberterrorism, cyberconflicts and cyberwarfare. It evaluates the impacts on, and consequences for, individuals, organisations and states.

472 p., ISBN 978-2-940222-66-7

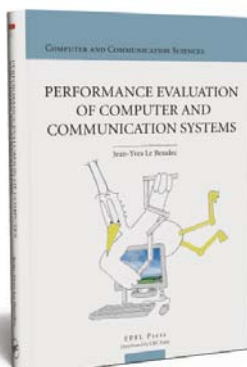
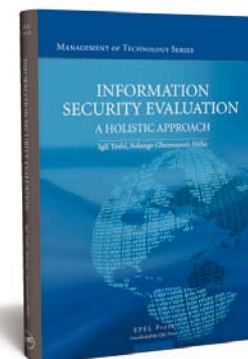
INFORMATION SECURITY EVALUATION

A Holistic Approach

Igli Tashi, Solange Ghernaoui

This book proposes a model to holistically assess all dimensions of security in order to minimize the likelihood that a given threat will exploit the weakest link.

220 p., ISBN 978-2-940222-53-7



PERFORMANCE EVALUATION OF COMPUTER AND COMMUNICATION SYSTEMS

Jean-Yves Le Boudec

Performance evaluation is a critical stage of software and hardware-system development that every computer engineer and scientist should master.

420 p., ISBN 978-2-940222-40-7

NOUVEAUTÉS

ET OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

www.ppur.org
www.epflpress.com

Ouvrages disponibles en librairie

LES FONDAMENTALES

Le forum du CNRS

En association avec **Le Monde**

PARIS, 14, 15 ET 16 NOVEMBRE 2013
RENDEZ-VOUS AVEC LES SCIENCES
À LA SORBONNE

SORBONNE

UNIVERSITÉ DE PARIS

« QUE RESTE-T-IL À DÉCOUVRIR ? »
PLUS DE 100 CHERCHEURS
RÉPONDENT

Entrée gratuite sur inscription
www.cnrs.fr/lesfondamentales



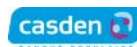
dépasser les frontières



MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE



LVMH RECHERCHE
PARFUMS & COSMÉTIQUES



L'intelli'agence
www.intelligence.fr



POUR LA
SCIENCE



Astrophysique

Une étoile à neutrons versatile

Étrange : l'étoile à neutrons PSR J1824-2452I émet alternativement, à quelques semaines d'intervales, des ondes radio et un rayonnement X. L'équipe dirigée par Alessandro Papitto, de l'Institut de sciences spatiales de Barcelone, explique ce comportement versatile par le fait que l'étoile appartient à un système binaire dont l'étoile compagnon est de faible masse, ce qui ferait osciller le système entre deux régimes très différents.

L'étoile à neutrons, d'une masse supérieure à celle du Soleil pour un rayon de dix kilomètres, attire la matière de son compagnon. Mais le flux de matière étant faible, le champ magnétique de l'étoile à neutrons serait assez intense pour empêcher, dans un premier temps, la matière de s'effondrer sur l'étoile. Autrement dit, la matière arrachée à son compagnon est maintenue à une certaine distance, ce qui l'empêche d'être accélérée et de chauffer. Dans ce régime,

l'étoile à neutrons se comporte comme un pulsar ordinaire, qui émet des impulsions radio avec une période de l'ordre de la milliseconde. Au bout d'un certain temps, l'accumulation de matière du compagnon finit par vaincre le champ magnétique. Se forme alors un disque d'accrétion qui s'échauffe et émet un rayonnement X. Jusqu'à ce que la matière en accrétion se raréfie et que le cycle reprenne...

→ S. B.

Nature, vol. 501, pp. 517-520, 2013



L'étoile PSR J1824-2452I oscille entre un régime d'accrétion de matière, avec émission de rayons X, et un régime de pulsar radio.

250 mètres : c'est la profondeur de certains canaux détectés par satellite et par radar sous la banquise de l'Antarctique et creusés par les eaux de fonte.

Microbiologie

Des bactéries pour combattre l'obésité ?

La flore intestinale de personnes minces, transférée à des souris, protège ces dernières de l'obésité. C'est ce qu'a montré une équipe internationale dirigée par Jeffrey Gordon, de l'Université de Washington, aux États-Unis.

On savait que certains microbiotes – les bactéries de la flore intestinale – favorisent le développement de l'obésité. Les biologistes ont précisé lesquels en introduisant, chez la souris, des microbiotes de personnes obèses et minces – des jumelles, pour que les situations soient comparables. Ils ont transféré le microbiote de chaque jumelle dans l'intestin de souris stériles, dépourvues de microbiote. Les souris qui avaient reçu le microbiote de la jumelle obèse ont grossi, contrairement aux autres.

Était-ce le microbiote provenant de la personne obèse qui causait l'obésité ou, au contraire, celui de la personne mince qui protégeait de l'obésité ? Pour le savoir, les biologistes ont fait cohabiter de nouvelles souris portant chacune le microbiote d'une jumelle. En groupe, les souris ont l'habitude de manger les matières fécales de leurs congénères et, par conséquent, d'ingérer leur microbiote.

La cohabitation débutait dès la stabilisation de leur flore intestinale, cinq jours après l'inoculation des microbiotes humains. Après dix jours de cohabitation, les souris portant le microbiote de la jumelle obèse n'avaient pas grossi et leur microbiote avait été colonisé par celui de leurs congénères, provenant de la jumelle mince. Toutefois, ce n'était le cas que lorsque leur

régime alimentaire était riche en fibres et pauvre en graisses. Dans le cas contraire, leur microbiote n'était pas colonisé et elles devenaient obèses. En revanche, la cohabitation est restée sans effet sur les souris ayant reçu le microbiote de la jumelle mince : leur microbiote n'a pas été colonisé par celui provenant de la jumelle obèse, et elles sont restées minces.

Qu'en conclure ? D'une part, que le microbiote de la jumelle mince protège les souris de celui de la jumelle obèse. D'autre part, que le microbiote de la jumelle mince peut « l'emporter » contre le microbiote de la jumelle obèse, à condition que la souris qui porte ce dernier suive un régime adéquat. Chez l'homme, ces résultats suggèrent que le microbiote des personnes minces les protège de l'obésité. Et qu'il sera peut-être



possible, un jour, de prémunir contre l'obésité par un régime adéquat et l'injection d'un cocktail de bactéries conçu à partir du microbiote de personnes minces.

→ Marie-Neige Cordonnier

V. K. Ridaura et al. / A. W. Walker et J. Parkhill, *Science*, en ligne le 6 septembre 2013