

FOOT SAINT-GOTHARD PARADOXE DU PANDA QUANTIFIED SELF TV 3D
ESPÉRANCE DE VIE ALCOOLÉMIE SKATE VOLANT HOMARD OSTRACON SOLEIL

SCIENCE&VIE

SCIENCE&VIE

JUIN 2016 N° 1185  MONDADORI FRANCE



ALPHABET
LE MYSTÈRE
DE L'OSTRACON

TV 3D
LES RAISONS
D'UN ÉCHEC



APRÈS LES DRONES LES MICRO ROBOTS

SUR TERRE, SOUS L'EAU, DANS LES AIRS...
DEMAIN, ILS SERONT PARTOUT

SOLEIL GARE À SES MÉGA-COLÈRES

D: 6,90 € - BEL: 4,80 € - ESP: 4,90 €
GR: 4,90 € - DOM S: 4,90 €
DOM A: 6,90 € - ITA: 4,90 € - LUX: 4,80 €
PORT CONT: 4,90 € - CAN: 6,75 \$ CAN
MAR: 50 DH - TOM S: 7,50 CFP - TOM A:
1,400 CFP - CH: 8,5 FS - TUN: 9 DTU



Avant-propos SCIENCE & VIE

Emilie Rauscher
e.rauscher@mondadori.fr

Dessine-moi un alphabet...

Tout a commencé par une surprise, une publication annonçant lire dans quelques lignes rédigées en hiéroglyphes égyptiens les prémices de l'alphabet... Un paradoxe, puisque ces deux types d'écriture fonctionnent sur des bases différentes. Les experts sont intrigués : tiennent-ils une pièce maîtresse du puzzle des origines de l'écriture ? Entre épigraphie et cognition, ces lignes nous plongent dans les méandres d'une des plus grandes inventions de l'humanité : la pensée alphabétique.



Thomas Cavaillé-Fol
t.cavaille@mondadori.fr

A chaque échelle, sa révolution

En 2014, nous avons consacré un dossier spécial à la révolution des drones, qui se sont échappés des laboratoires pour s'intégrer dans la société en un temps record. Et deux ans auparavant encore, un autre dossier aux nanorobots qui, eux, à l'échelle moléculaire, se préparent à envahir l'industrie. Or, voici qu'une nouvelle révolution pourrait s'opérer pile entre ces deux mondes, à l'échelle des insectes : la révolution des microrobots. Maturité des technologies, intérêt des applications, possibilité de les produire en masse... Notre enquête dans les laboratoires du monde entier nous a convaincus : il faut se préparer à cette nouvelle invasion.

Vincent Nouyrigat
v.nouyrigat@mondadori.fr

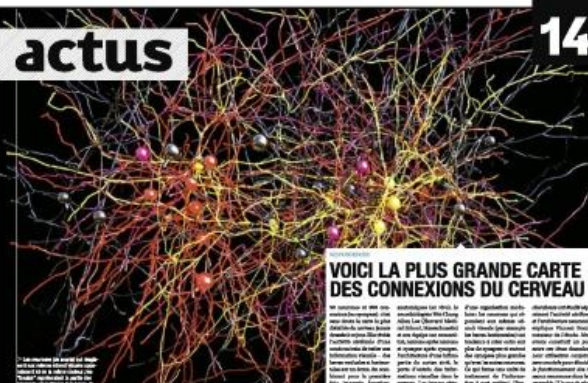
Un nouveau venu dans la liste des calamités

Autant l'avouer une bonne fois pour toutes, même si ce n'est pas toujours facile à assumer : les grandes catastrophes nous fascinent. Mais ces drames absolus, qui pourraient abattre notre civilisation, n'intéressent pas seulement les journalistes en quête de sujets affriolants. Les scientifiques sont les premiers à se pencher sur les événements les plus extrêmes : méga-tsunamis, superséismes, éruptions volcaniques dantesques... Une liste glaçante à laquelle il faudrait peut-être ajouter désormais des éruptions solaires aux proportions jusqu'ici inimaginables.

Sommaire

juin 2016 n° 1185

actus **14**



VOICI LA PLUS GRANDE CARTE DES CONNEXIONS DU CERVEAU

Un atlas de 100 milliards de connexions... Une carte de 100 milliards de connexions... Une carte de 100 milliards de connexions...

L'événement **44**

10%

COMMOTIONS CÉRÉBRALES SUR LES TERRAINS DE SPORT L'ALERTE!

La boxe, le rugby... mais aussi le foot! Car c'est là que les chocs à la tête sont les plus nombreux, au risque de graves séquelles, parfois chez les jeunes. À l'heure où débute l'été, Martin Courtes, directeur de l'Unité...



52

APRÈS LES DRONES

LES MICRO ROBOTS

SUR TERRE, SOUS L'EAU, DANS LES AIRS... DEMAIN, ILS SERONT PARTOUT

Ils mesurent entre quelques millimètres et quelques centimètres. Ils peuvent voler, nager, marcher sur l'eau ou s'accrocher au plafond, bondir, se faufiler partout, porter cent fois leur poids. À la clé? De multiples usages, qui commencent seulement à s'esquisser. Ceux-ci professionnels ou grand public... C'est sûr, une révolution est en marche. Les micro-robots arrivent! Et ils risquent de déferler en masse dans notre quotidien. Car si les drones ont ouvert la voie, leur taille d'insecte, leurs performances, la possibilité de les produire en série changent la donne. Demain, chacun pourrait posséder son micro-robot. Ou plutôt, dix, cent, mille 'e-insectes'!

PAR THOMAS CAVALLE-FOL, FRÉDÉRIC LERT ET GABRIEL SIMÉON



74

Supersuprême Le Soleil est-il un monstre?

De nouvelles données indiquent que le Soleil est un monstre... De nouvelles données indiquent que le Soleil est un monstre...



84

Alphabet L'ostéon qui bouleverse ses origines

Un ostéon qui bouleverse ses origines... Un ostéon qui bouleverse ses origines...



SCIENCE VIE 8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex
Tél.: 01 46 48 48 48 - Fax: 01 46 48 48 67
E-mail: svmens@mondadori.fr

Recevez Science & Vie chez vous. Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp.119 et 133. Pour commander d'anciens numéros, rendez-vous sur www.kiosquemag.com. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur www.kiosquemag.com.

Une enveloppe Multi-éditeurs "Prix Légers" Version 1 est jetée sur une partie de la diffusion abonnés France Métropolitaine. Une enveloppe Multi-éditeurs "Prix Légers" Version 2 est jetée sur une partie de la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Boutique Science&Vie est jeté sur la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Croisière S&V Turquie-Grèce est jeté sur la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un encart Musée du Quai Branly est broché sur la diffusion abonnés France Métropolitaine.

08 Forum

Actus

14 Labos

L'origine du gigantisme des sauropodes a été élucidée; on sait comment se sont peuplées les Amériques; sur les comètes, se crée une molécule essentielle à la vie...

26 Environnement

La consommation en eau menace les ressources de la planète; réintroduire des espèces exige de la prudence...

32 Médecine

L'insomnie chronique est bien une pathologie cérébrale; on peut prévenir le diabète en évitant aussi le sel...

38 Technos

L'ISS teste un nouveau module gonflable; la voiture autonome se prépare à la course...

Evénement

44 Commotions cérébrales sur les terrains de sport: l'alerte!

A la Une

52 LES MICROROBOTS

Sur terre, sous l'eau, dans les airs: demain, ils seront partout

58 7 microrobots à la loupe

68 L'avant-garde d'une invasion massive

Science & découvertes

74 Astrophysique

Superéruptions: le Soleil est-il un monstre?

77 Virologie

Virus: ils se livrent une guerre sans merci

80 Evolution

Le paradoxe du panda

84 Archéologie

Alphabet: l'ostracon qui bouleverse ses origines

Science & techniques

90 Grand chantier

Saint-Gothard: le tunnel de tous les records

96 Chimère

Génome minimal: la vie en moins de 500 gènes

100 Patrimoine

La cathédrale passée au scanner: sauver Beauvais!

Science & futur

104 Le concept de cité flottante prend forme; 120 robots sous-marins vont surveiller la lagune de Venise; tests d'échanges d'énergie réussis entre une maison et une voiture; le plus long tunnel sous la mer reliera l'île de Taïwan à la Chine; Microsoft projette d'héberger son cloud au fond de l'océan; la construction d'une université écoresponsable est lancée au Sahara...

La science & la vie

Science & société

112 Podomètres, tensiomètres, balances connectés: pas si probants que ça... pour l'instant

116 Vers l'arrêt des téléviseurs 3D: les raisons d'un échec

118 L'espérance de vie des femmes ne progresse presque plus

Science & vie pratique

120 Bon à savoir

122 Technofolies

Science & culture

128 Questions/Réponses

134 A voir / à lire

136 Il y a... 40 ans: l'ordinateur démontre le théorème des 4 couleurs

Forum

Merci d'adresser vos courriers à : sev.lecteurs@mondadori.fr

Particule X: les mathématiques en échec?

Vous écrivez dans votre dossier sur la particule découverte au Cern: "Le X laisse entrevoir la possibilité que les raisons profondes de l'Univers demeurent à jamais inaccessibles aux descriptions théoriques que l'on en donne." Anouk Barberousse renchérit en émettant l'hypothèse que "les mathématiques ne s'appliquent qu'à une infime

partie de ce monde et [que] nous faisons preuve de myopie en nous extasiant sur leur extraordinaire efficacité." Or, de nombreuses pistes théoriques expliquent déjà ce X, et je conçois mal un monde non régi par des lois mathématiques. A moins que vous ne pointiez qu'une simple limite à l'entendement humain?

Carlos Eduardo, internet



SV Aucune de ces pistes n'est satisfaisante car les propriétés de cette probable particule sont plus que surprenantes!

Du coup, l'occasion est belle de s'interroger sur cette certitude selon laquelle les lois du monde s'expriment forcément en langage mathématique. L'Univers matériel est-il tout entier contenu dans les équations qui le décrivent? La question hante l'épistémologie, avec d'un côté les tenants d'un Univers presque moins "réel" que les théories qui le décrivent; de l'autre, ceux pour qui la relation mathématique que nous entretenons avec le monde est le reflet de la façon dont fonctionne notre cerveau. Quant à savoir s'il y a une limite à notre entendement... Le débat se poursuit sur notre blog (science-et-vie.com/category/particule-x/).

“ Vous prenez vos lecteurs pour des acrobates capables de lire un magazine dans n'importe quelle position? Au cas où vous en douteriez, mes yeux sont situés l'un à côté de l'autre. C'est plutôt courant, je crois, non? ”

Bernard Moyson, internet



Vers des selles... lumineuses?

Votre article d'avril sur la bioluminescence nous informe que des organismes *E. Coli* ont été manipulés avec des gènes d'une bactérie marine bioluminescente. Risquent-ils de coloniser nos intestins... avec de joyeuses conséquences lumineuses dans nos toilettes? *Cum grano salis*.

Armand Havaux, internet

SV Pas de risque, selon Sandra Rey, fondatrice de Glowee: "La lumière se produit dans certaines conditions et n'est visible qu'à partir d'une densité très très importante de bactéries, ce qui n'arrivera pas dans les intestins, ni dans ce qui en sort!" *Lux in tenebris non lucet...*

La France bientôt couverte de villes fantômes ?

Je vis dans un immeuble HLM qui n'a pu être rénové en raison de la présence d'amiante dans les peintures... Et à la lecture de votre article "Amiante: le problème ne fait que commencer" (S&V n° 1184, p. 36), je crains que ces travaux ne soient jamais effectués! A terme, on peut même se demander si la France ne sera pas couverte de villes fantômes, faute d'avoir pu traiter ce problème...

Michelle Schwan, Outreau (62)

Et si on vitrifiait tout simplement l'amiante!

A propos de votre article sur les difficultés du désamiantage, il serait intéressant de savoir qu'il existe un canon plasma qui permet de vitrifier l'amiante. Ce procédé, inventé par la société française Europlasma, pourrait neutraliser ces fibres...

Lionel Breuil, Gagny (93)

SV La technique que vous mentionnez permet seulement de traiter les déchets amiantés – le but est d'éviter la création de nouveaux sites d'enfouissement, de plus

en plus contestés par les riverains. Malheureusement, les procédés assurant un désamiantage sûr des bâtiments peinent encore à émerger à l'échelle industrielle. Les rares innovations en termes de décapage sans émission de ces poussières cancérogènes sont plutôt le fait de bricolages individuels. Et ce sujet en proie aux scandales n'a guère les faveurs des scientifiques... Mais cela pourrait changer: le gouvernement a lancé le 30 juin 2015 un "plan de recherche et développement amiante".



UN PREMIER EXOMONDE A DÉJÀ ÉTÉ OBSERVÉ IL Y A... 100 ANS!

Faire du neuf avec du vieux. En octobre 2013, *Science & Vie* racontait l'histoire de ces trésors scientifiques retrouvés dans les archives: échantillons biologiques abandonnés, bandes magnétiques de missions spatiales oubliées dans un carton, fossiles égarés au fond d'un musée... qui, loin d'être obsolètes, permettent parfois des avancées décisives dans leur discipline.

Une nouvelle trouvaille bouleversante vient d'être rendue publique: un astronome britannique, Jay Farihi, a inopinément débusqué dans les archives de l'Observatoire du Mont Wilson (Etats-Unis) la toute première preuve de l'existence d'un "système extrasolaire", sous la forme d'une plaque photographique datant de... 1917! Officiellement, la première détection d'une exoplanète remonte à 1995, et elle est le fait de l'astrophysicien suisse Michel Mayor. Seulement voilà: cette relique en verre, sur laquelle figure le spectre lumineux d'une étoile baptisée Van Maanen, témoigne de la présence d'un nuage de poussières autour de cette naine blanche. Certes, cette donnée brute n'a pas mis directement en évidence une planète, mais ces débris en sont très probablement la manifestation indirecte. Bref: après avoir célébré l'an passé les vingt ans de la découverte du premier exomonde, il faudrait se préparer à fêter l'an prochain... son centenaire.

Vincent Nouyrigat

MEMBRE DE STAR ALLIANCE 

Fais de beaux rêves, M. Robot.

Chaque
passager est
un invité de
marque



Chez Lufthansa, nous essayons de faire de chaque seconde de votre vol un moment exceptionnel. Nous faisons donc tout ce que nous pouvons pour que vous vous sentiez toujours bienvenu à bord. Des vols faciles à réserver aux atterrissages en douceur, vous bénéficiez d'une prise en charge experte, à chaque instant. Sur votre premier vol. Sur le suivant. Et sur tous les autres.

LH.com



Lufthansa



Forêts et CO₂: vous êtes sûrs de votre calcul ?

Dans votre numéro d'avril, vous répondez à la question "Combien d'arbres pourraient compenser nos rejets?". Il me semble que vous oubliez une information importante en affirmant qu'il faudrait couvrir 91 % du territoire français. En effet, cela n'absorberait que les émissions d'une année. Il faudrait donc couvrir une surface représentant 91 % de notre territoire tous les ans pour couvrir nos émissions annuelles.

Xavier Mouret, internet

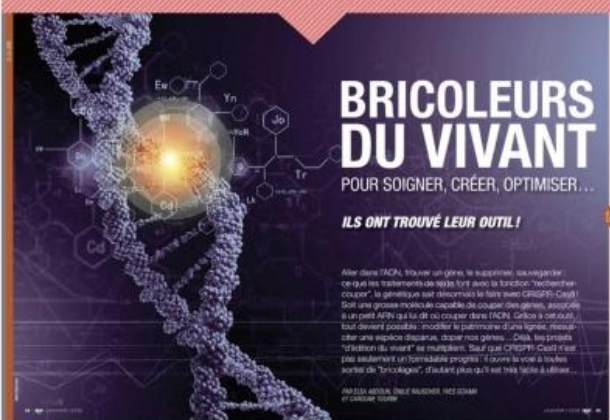
S&V Notre calcul ne tient pas compte de l'ensemble du carbone stocké dans les forêts, mais seulement du nouveau stock que les arbres accumulent chaque année en poussant (soit environ 10 m³/ha/an de bois, en comptant des racines jusqu'aux rameaux). Même si cela reste inenvisageable en pratique, recouvrir le territoire français à 91 % permettrait donc bel et bien de compenser toutes nos émissions, une bonne fois pour toutes !

L'homme et son menton

Votre article sur le menton en fait le véritable propre de l'homme (S&V n° 1184, p. 76). Or, en communication non verbale, avancer le menton signifie qu'on veut dominer son interlocuteur. Les militaires, lors des revues, sont invités à "donner un coup de bouc" devant leur supérieur, montrant ainsi leur caractère volontaire. Il serait intéressant d'étudier si ce geste est universel ou culturel.

Michel Olivier, internet

On en reparle



CRISPR-CAS9 TESTE LA CORRECTION DU SIDA CHEZ L'EMBRYON

Stupéfaits par les capacités de CRISPR-Cas9, ces "ciseaux enzymatiques" capables de corriger facilement et précisément l'ADN de n'importe quelle espèce, nous leur avons consacré notre dossier en janvier (n° 1180). Nous avons alors détaillé 9 grandes promesses déjà étudiées en laboratoire: améliorer un individu, soigner le cancer, sauver les espèces en danger, corriger l'ADN d'un embryon... Des perspectives au cœur de nombreux débats scientifiques.

Et CRISPR-Cas9 continue d'avancer! Une équipe chinoise de l'université médicale de Canton vient de publier la seconde étude sur embryons humains (non viables). Leur objectif: tester la modification d'un gène afin de protéger les cellules du virus du sida – soit nos "promesses" 2 et 4 réunies, parmi les plus porteuses d'espoir, mais aussi les plus polémiques. Les chercheurs ont réussi à injecter la bonne correction du gène du récepteur CCR5 pour éviter l'entrée du virus dans les cellules, et à éviter des mutations imprévues observées précédemment. Mais, tout n'est pas gagné. La correction n'a fonctionné que sur 4 des 26 embryons manipulés: trop peu pour envisager un usage médical à court terme. Les biologistes apportent toutefois des précisions techniques importantes sur les faiblesses des protocoles employés. Conscients des enjeux, ils soulignent aussi l'importance de la question éthique dans ce genre de travaux, et leurs limites. **Emilie Rauscher**

La boutique SCIENCE & VIE

Plus de

400

► Livres

► Objets scientifiques

► Idées cadeaux

www.laboutiquescienceetvie.com



NOUVELLE JAGUAR F-PACE.

AVANT TOUT, C'EST
UNE JAGUAR.



Découvrez le premier SUV de Jaguar ! Directement inspirée par la F-TYPE, la nouvelle F-PACE est la Jaguar la plus attendue du moment.

Avec son système quatre roues motrices (AWD), elle offre une conduite dynamique et une tenue de route irréprochable, quelle que soit la surface. Sa structure légère en aluminium et ses nouvelles motorisations Diesel Ingenium lui permettent également de limiter ses émissions de CO₂ à partir de seulement 129 g/km. Avec un coffre de 650 litres, la nouvelle F-PACE se présente comme le SUV le plus polyvalent de sa catégorie à partir de **42 740 €⁽²⁾**.

jaguar.fr



THE ART OF PERFORMANCE

L'art de la performance

⁽¹⁾ 3 ans de garantie et d'entretien inclus, kilométrage illimité. Conditions sur jaguar.fr. ⁽²⁾ Prix TTC recommandé hors option au 14/09/2015 de la F-PACE.

Modèle présenté : F-PACE Première édition V6 3L Diesel 300ch CEE, BVA, avec option vitres teintées : **84 075 €**.

F-PACE Première édition, série limitée de 67 exemplaires pour la France. Uniquement disponible sur stock, contactez votre concessionnaire Jaguar France le plus proche. **Consommations mixtes (l/100km) : 4,9 à 8,9. Émissions de CO₂ (g/km) : 129 à 209.** Jaguar France. Siren 509 016 804 RCS Nanterre.

Coloscopie, appendicite... Pas touche à ma flore!



J'ai parcouru avec intérêt votre dossier sur le ventre (S&V n° 1183) et je me pose plusieurs questions, vu l'importance de sa flore. Que se passe-t-il lorsqu'il y a des parasites dans les intestins et qu'on les élimine chimiquement? La flore en est-elle affectée? Et lors d'une coloscopie, quand le colon est vidé? Et *quid* de l'ablation de l'appendice et de ses répercussions éventuelles? Sait-on mieux envisager son rôle aujourd'hui?

Françoise Delsuc,
St-Colomb-de-Lauzun (47)

S&V Vos questions sont pertinentes. Concernant l'effet des anti-parasitaires sur le microbiote, les chercheurs s'y intéressent, mais rien n'a encore été démontré. Les parasites eux-mêmes, en revanche, ont un impact sur nos bactéries. Certains sont même suspectés de lui être bénéfiques en augmentant sa diversité! Même chose pour le lavement intestinal pré-coloscopie: il est clairement démontré qu'il perturbe le microbiote et on commence à s'intéresser aux manières de limiter cet effet, qui n'est



cependant pas néfaste pour tout le monde. "Certains patients souffrant de troubles intestinaux constatent une amélioration après une coloscopie", affirme même Gabriel Perlemuter, chef du service hépato-gastro-entérologie à l'hôpital Antoine-Béclère (92). Enfin, une

hypothèse nouvelle a été formulée sur l'appendice: très riche en bactéries, sa réserve servirait à repeupler les intestins après une infection. Et des recherches suggèrent que l'appendicectomie augmenterait le risque d'infections par *C. difficile*. Mais c'est encore à démontrer.

SCIENCE & VIE

Une publication du groupe

MONDADORI FRANCE

PRÉSIDENT: Ernesto Mauri

RÉDACTION

8, rue François-Ory
92543 Montrouge CEDEX
Tél.: 01 46 48 48 48 - Fax: 01 46 48 48 67
E-mail: svmens@mondadori.fr

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Matthieu Villiers,
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS

Grégoire Boullier (chef d'édition),
François Lassagne

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diraison

CHEFS DE SERVICE

Valérie Greffoz (actualités, société),
Caroline Tourbe (médecine)

CHEF DE RUBRIQUE

Muriel Vallin (technologies)

RÉDACTEURS

Elsa Abdoun, Thomas Cavallé-Fol, Mathilde Fontez, Vincent Nouygrat, Emilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucolle

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION

Anne Riera, Clara Baudel

MAQUETTISTES

Valérie Samuel-Charrier (1^{re} maquettiste),
Elisabeth de Garrigues

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Anne Levy (chef de service photo),
Katia Davidoff, Boris Bellanger
(chef de service infographie)

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy, Frédéric Vladyslav

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquino, K. Bettayeb, L. Blancard,
B. Bourgeois, F. Cadu, O. Capronnier,
T. Cavallé-Fol, L. Cavicchioli, B. Cessieux,
G. Cirade, M. Corniou, A. Debrouse,
A. Dagan, S. Devos, S. Fay, F. Gracci,
E. Haentjens, M. Kontente, O. Lapirot,
F. Lert, C. Martin, C. Michaut, E. Monnier,
E. Picaud, A. Pihen, A. Rambaud,
B. Rey, Y. Scilama, G. Siméon, M. Spée,
E. Thierry-Aymé, M. Ydri

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE

Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

DIFFUSION

Jean-Charles Guérault (directeur diffusion),
Sihem Daassa (responsable diffusion marché)

MARKETING/INTERNATIONAL

Giliane Douls, Mathilde Janier-Bonnichon,
Michèle Guilliet

PUBLICITÉ

Valérie Camy (directrice exécutive),
Caroline Soret (directrice de groupe
commercial titres Automobile et Science),
Virginie Commun (directrice de publicité
adjointe), Lionel Dufour (directeur de
clientèle), Christine Chesse (assistante),
Stéphanie Guillard, Angélique Consoli,
Sabrina Rossi-Djenidi (planning), Stéphane
Durand (trafic), Jean-Jacques Benezzech,
Grégory Gounse, Anne-Sophie Chauvière
(opérations spéciales)

Grande-Bretagne: Publieurope LTD

(info@publieurope.com - 44 (0)20 7927 9800);

Allemagne: Publieurope Munich

(info@publieurope.com 0049 89 2908150);

Suisse: Publieurope Lausanne

(info@publieurope.com 0041 21 323 3110);

Espagne: Publimedia Madrid

(info@publimedia-gestion.es 0034 91 212 83 00)

FABRICATION

Gérard-Laurent Greck,
Marie-Hélène Michon

FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneskis

ÉDITEUR

MONDADORI MAGAZINES FRANCE

Siège social: 8, rue François-Ory

92543 Montrouge Cedex

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Carmine Perna

ACTIONNAIRE PRINCIPAL

Mondadori France SAS

IMPRIMEUR: ELCOGRAF - ITALIE

N° ISSN: 0036-8 369

N° DE COMMISSION PARITAIRE:

1020 K 79977. Tarif d'abonnement légal:

1 an, 12 numéros: 44,80 €

1 an, 12 numéros + 6 HS: 64,80 €

Dépôt légal: juin 2016

ABONNEMENTS

Christophe Ruet (directeur),

Catherine Grimaud (directrice marketing direct)

Johanne Gavarini (responsable marketing direct)

Clara Billaud (chef de produit marketing direct)

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par téléphone: 01 46 48 48 96

Par courrier:

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE,

CS 90125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

Pour vous abonner par internet:

www.kiosquemag.com

Etats-Unis et Canada: Express Mag,

Tél.: 1 800 363-1310 (français)

et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse: Edigroup, 022 860 84 50

mondadori-suisse@edigroup.ch.

Belgique: Edigroup Belgique, 070 233 304

mondadori-belgique@edigroup.be

Autres pays: nous consulter.

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, merci d'indiquer votre numéro d'abonné présent sur le film ainsi que vos coordonnées. Les noms, prénoms et adresses sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec S&V sauf opposition motivée. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits envoyés ne sont pas rendus.

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS

Par courrier:

8, rue François-Ory,

92543 Montrouge Cedex

Par mail: sev.lecteurs@

mondadori.fr

COMMANDE D'ANCIENS

NUMÉROS, RELIURES

ET WPC

Tel: 01 46 48 48 83

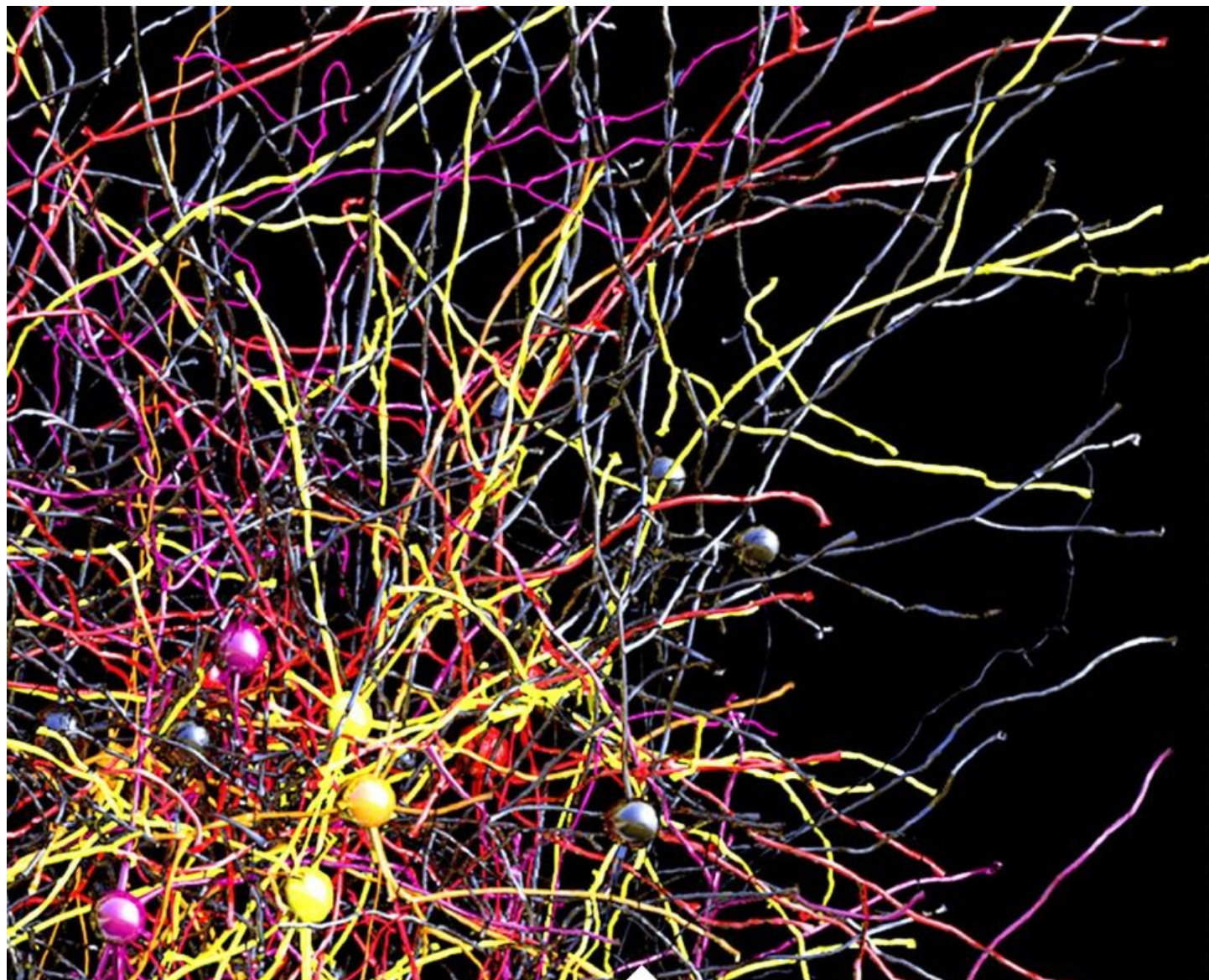
Contact@laboutiquescienceetvie.com



actus



➤ Les neurones (de souris) qui réagissent aux mêmes stimuli visuels apparaissent ici de la même couleur ; les "boules" représentent la partie des neurones où se trouve leur noyau et dont émergent l'axone et les dendrites.



NEUROSCIENCES

VOICI LA PLUS GRANDE CARTE DES CONNEXIONS DU CERVEAU

50 neurones et 990 connexions (ou synapses): c'est sans doute la carte la plus détaillée du cerveau jamais dressée à ce jour. Elle révèle l'activité cérébrale d'une souris en train de traiter une information visuelle – des barres verticales et horizontales sur un écran. En combinant pour la première fois imagerie fonctionnelle (*in vivo*) et mesures

anatomiques (*ex vivo*), le neurobiologiste Wei-Chung Allen Lee (Harvard Medical School, Massachusetts) et son équipe ont reconstitué, neurone après neurone et synapse après synapse, l'architecture d'une infime partie du cortex strié, la porte d'entrée des informations visuelles dans le cerveau. Les images obtenues confirment l'existence

d'une organisation modulaire: les neurones qui répondent aux mêmes stimuli visuels (par exemple les barres horizontales) ont tendance à créer entre eux plus de synapses et surtout des synapses plus grandes qu'avec les autres neurones. Ce qui forme une unité de traitement de l'information à part entière! "Pendant des décennies, les

chercheurs ont étudié séparément l'activité cérébrale et l'architecture neuronale, explique Vincent Bonin, coauteur de l'étude. Nous avons construit un pont entre ces deux domaines. Leur utilisation conjointe sera cruciale pour élucider le fonctionnement des réseaux neuronaux dans leur ensemble." Un pas de géant pour les neurosciences.E.H.



PALÉONTOLOGIE

L'ORIGINE DU GIGANTISME DES SAUROPODES A ÉTÉ ÉLUCIDÉE

Les dinosaures herbivores à long cou, les sauropodes géants, sont les plus grands animaux à avoir foulé la Terre. Pourtant, les premiers sauropodes apparus il y a 230 millions d'années ne mesuraient qu'une quarantaine de centimètres. Comment l'évolution les a-t-elle façonnés pour aboutir, 100 millions d'années plus tard, à l'*Argentinosaurus*, ses 40 m de longueur et ses 50 t ? C'est ce qu'une équipe in-

ternationale a reconstitué grâce à un modèle en 3D qu'elle a alimenté avec les dimensions des fossiles de 17 taxons de sauropodes d'époques différentes, et l'évaluation du poids des différentes parties du corps (avec une marge d'erreur due aux volumes inconnus des parties molles). Résultat : au cours d'une première phase d'évolution, leur queue s'est allongée, déplaçant le centre de gravité vers l'arrière et

favorisant l'apparition de bipèdes aux courtes pattes avant. Au Trias moyen, le cou s'est à son tour allongé, et le centre de gravité s'est déplacé vers l'avant. Les pattes avant se sont alors renforcées, le torse s'est développé, et la quadrupédie a permis l'émergence d'espèces géantes. Ça leur a plutôt réussi : les sauropodes sont les seuls dinosaures à avoir survécu jusqu'à la grande extinction du Crétacé. **A.D.**

△ Ces dinosaures herbivores sont passés de 40 cm à 40 m de longueur en seulement 100 millions d'années.

PALÉONTOLOGIE

L'homme de Florès n'a pas un crâne de *Sapiens*

Depuis leur découverte en 2003 sur l'île de Florès, une femme fossile d'environ 1 m de haut et ses 8 compagnons font débat : sont-ils les membres d'une espèce inconnue ou des *Sapiens* affligés de nanisme ? Le paléoanthropologue Antoine Balzeau et le paléopathologiste Philippe Charlier ont analysé par microtomographie la répartition de l'épaisseur osseuse du crâne, un paramètre qui varie selon les espèces : Mme Florès présente des caractéristiques antérieures à *Sapiens*. **E.R.**

MICROBIOLOGIE

Une bactérie respire du fer

Les bactéries des sources du Yellowstone (Etats-Unis) n'ont pas d'oxygène pour vivre... mais du fer. Au lieu de l'oxyder, elles lui cèdent des électrons et forment des composés chimiques réactifs porteurs d'énergie. Une réaction qui ressemble à notre respiration : nos cellules cèdent des électrons à l'oxygène. De quoi mieux interpréter les dépôts de fer dans les sédiments anciens ou sur Mars ? Même peu oxydés, ils peuvent désormais témoigner d'une vie... **A.D.**



△ *Geobacter metallireducens* échange des électrons avec le fer, comme nous avec l'oxygène de l'air.



Way of Life!®

SEXY. Swift

Irrésistible...



Une gamme à partir de 9 990 €⁽²⁾

5 ANS de garantie et 5 ANS d'assistance offerts⁽³⁾

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Disponible en 3 ou 5 portes, essence ou Diesel, boîte manuelle ou automatique. Existe aussi en version 4x4.

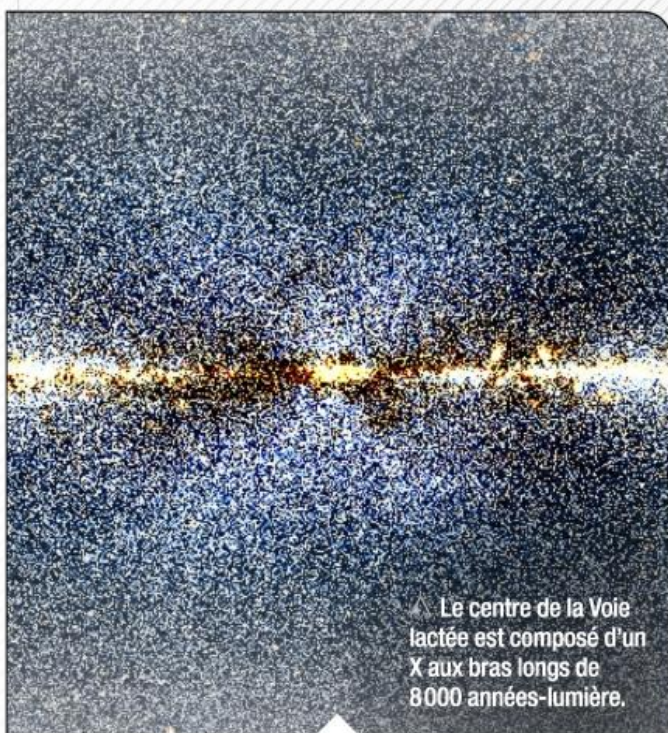
(1) Offre de location avec option d'achat réservée aux particuliers d'une durée de 25, 31, 37 ou 49 mois avec un apport facultatif pouvant aller jusqu'à 35%. Conditions en vigueur au 1^{er} janvier 2016. Exemple pour une SUZUKI Swift neuve au prix de 9 990 €. Kilométrage standard 10 000km/an. Location avec option d'achat 37 mois, 1^{er} loyer de 900 €, suivi de 36 loyers de 129,46 € (Protexio Lease compris). Option d'achat de 6 200 €. Montant total dû 11 724,56 €. Le montant des loyers intègre le montant mensuel de la prime d'assurance obligatoire Protexio Lease⁽⁴⁾. Cette assurance garantit le paiement d'un capital en cas de vol ou de destruction totale du véhicule loué. Dans l'exemple ci-dessus le montant mensuel de l'assurance Protexio Lease serait de 9,09 €. L'adhésion à cette assurance est obligatoire pour l'obtention de la location avec option d'achat Switch and Go. Protexio Entretien OFFERT. Le coût mensuel de l'assurance facultative Protexio Santé (Décès, Perte totale et Irréversible d'Autonomie et Temporaire Totale de travail), souscrite auprès de Cardif Assurance Vie et Cardif Assurances risques divers, est de 10 € et s'ajoute au montant du loyer mensuel ci-dessus. Le coût total de cette assurance facultative est de 360,00 €. (2) Prix TTC de la Swift 1.2 VT Advantage 3 portes, après déduction d'une remise de 2 100 € offerte par votre concessionnaire Suzuki. Offre réservée aux particuliers, valable pour tout achat d'une Swift neuve du 01/04/2016 au 30/06/2016, en France métropolitaine dans la limite des stocks disponibles, chez les concessionnaires participant. Modèle présenté : Swift 1.2 VVT Privilège 5 portes avec option peinture métallisée So'Color : 12 530 € après déduction d'une remise de 1 800 € offerte par votre concessionnaire ou à partir de 177 € par mois, formule LOA Switch and Go 37 mois avec un premier loyer de 900 € suivi de 36 loyers de 177 € soit un montant total dû en cas d'acquisition de 14 706,05 €. Consommations mixtes CEE gamme Swift (l/100 km) : de 3,9 à 5,6. Emissions CO₂ (g/km) : de 101 à 128. Prix TTC conseillés clés en main au 29/03/2016. (3) Offre valable du 01/04/2016 au 30/06/2016, chez les concessionnaires Suzuki participant à l'opération dans la limite des stocks disponibles, pour les modèles Swift sauf Swift BIBA et Casual Edition commandés pendant cette période. La valeur totale du contrat Garantie Club Suzuki tarif public est de 429 € TTC. Offre réservée exclusivement aux particuliers, en France métropolitaine et cumulable avec l'offre de remise en cours. Les prestations Panne Mécanique et Assistance sont gérées par la société Opteven Assurances : Société d'assistance au capital de 5 335 715 euros - Siège social : 35-37 Rue Louis Guérin 69100 VILLEURBANNE - RCS Lyon n°379 954 886. SUZUKI FRANCE se réserve le droit de modifier à tout moment et sans préavis les prix, les couleurs, les matériaux, les équipements et les spécifications techniques de ses véhicules. Photographies non contractuelles, réalisées sur voies autorisées. Tous prix conseillés TTC clés en main, tarifs au 28/03/2016. (4) Détail des conditions et limites de garanties disponible sur simple demande. Protexio Lease est un produit de Cardif Assurance Vie. (5) Détail des conditions et limites de garanties disponible sur simple demande. Protexio Entretien est un produit d'Icaro. Sous réserve d'étude et d'acceptation de votre dossier par Cofica Bail, société détenue à 100% par BNP Paribas Personal Finance - au capital de 12 800 000 €, 399 181 924 RCS Paris, Siège social : 1 bd Haussmann 75009 Paris. N°ORIAS : 07 023 197 (www.orias.fr) Société de courtage d'assurances non soumise à l'exclusivité : liste des entreprises d'assurances partenaires disponibles sur simple demande. Sociétés soumises à l'Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution 61 rue Taitbout 75009 Paris. Vous disposez d'un droit de rétractation. Publicité diffusée par le concessionnaire en qualité d'intermédiaire de crédit à titre non exclusif de Cofica Bail. Cet intermédiaire apporte son concours à la réalisation d'opérations de crédit sans agir en qualité de prêteur. * Un style de vie !

À partir de
129€⁽¹⁾
par mois

Formule LOA Switch
and Go 37 mois
1^{er} loyer de 900 €
Suivi de 36 loyers
de 129 €⁽¹⁾
Montant total
dû en cas
d'acquisition :
11 724,56 €



www.suzuki.fr



Le centre de la Voie lactée est composé d'un X aux bras longs de 8 000 années-lumière.

ASTRONOMIE

OUI, LA VOIE LACTÉE A BIEN UN BULBE EN FORME DE CROIX

C'est avéré: le centre de notre galaxie est marqué d'une croix. Un gigantesque X composé d'étoiles, dont les bras mesurent 8 000 années-lumière de longueur. Pour le mettre en évidence, Melissa Ness, de l'Institut Max-Planck d'astronomie, à Heidelberg, s'est fondé sur les images en infrarouge de la Voie lactée prises par le satellite *Wise*. On y distingue en effet le disque galactique et son bulbe, un renflement sphérique central, tous deux typiques d'une galaxie spirale comme la nôtre. C'est sur ce bulbe que la chercheuse s'est focalisée. Elle

a appliqué à l'image des traitements informatiques de manière à faire ressortir les régions les plus concentrées en étoiles. Or celles-ci forment indéniablement le fameux X, qui contient plus de 40 % de la masse du bulbe, et que depuis la Terre on voit sous un angle de 27 degrés: les bras du côté gauche paraissent plus grands car ils sont plus proches de nous. Voilà donc tranchée la question du X, observé depuis plusieurs années dans d'autres galaxies étudiées "sur la tranche", mais dont certains n'avaient encore l'existence dans la Voie lactée. **B.R.**

GÉNÉTIQUE

L'héritage de l'homme de Denisova réapparaît en Asie

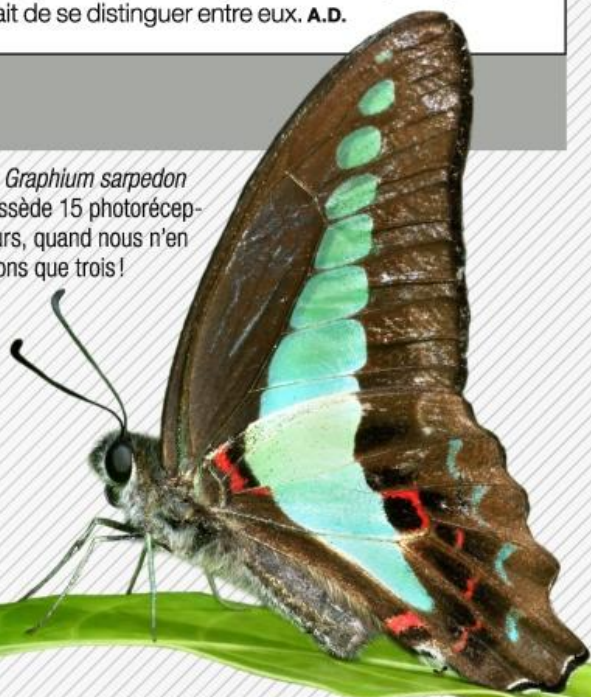
Il y a plus de 30 000 ans, *Homo sapiens* s'est hybridé avec l'homme de Denisova. Une équipe américaine a recensé, dans le génome de 120 populations actuelles, les séquences génétiques qu'il nous a léguées. Et c'est en Asie et en Océanie qu'elles sont les plus fréquentes, même si on les trouve aussi ailleurs. Les populations de Papouasie-Nouvelle-Guinée devraient ainsi à Denisova un odorat plus subtil, et les Tibétains une meilleure adaptation à l'altitude. **A.D.**

PHYSIOLOGIE ANIMALE

Ce papillon est capable de voir en 15 couleurs

Vivant en Australasie, *Graphium sarpedon* offre un festival de bleus et de verts. Pourtant, notre vision des couleurs est bien fruste par rapport à la sienne: sa rétine est tapissée de 15 types de photorécepteurs, contre 3 chez nous! Un est sensible dans l'ultraviolet, un autre au violet, trois dans les bleus, un au bleu vert, quatre dans les verts et cinq dans les rouges. Une équipe japonaise en a fait le compte en les stimulant avec différentes longueurs d'onde. "Un record chez les insectes", selon Almut Kelber (université de Lund, Suède). Ils doivent voir leurs couleurs avec plus de nuances que nous." Ce qui leur permettrait de se distinguer entre eux. **A.D.**

Graphium sarpedon possède 15 photorécepteurs, quand nous n'en avons que trois!



Une autre façon de voir la vie.



Ford KUGA

Consommations mixtes (l/100 km) : 4,6/7,4. Rejets de CO₂ (g/km) : 120/171 (données homologuées conformément à la Directive 80/1268/EEC amendée).
Ford France, 34, rue de la Croix de Fer - 78122 St-Germain-en-Laye Cedex. SIREN 425 127 362 RCS Versailles,
ford.fr



Go Further



< Cet échassier vit en symbiose avec l'alligator: il lui jette ses œufs en trop en échange de sa protection.

ÉTHOLOGIE

LE CROCODILE AUSSI PROFITE DES OISEAUX

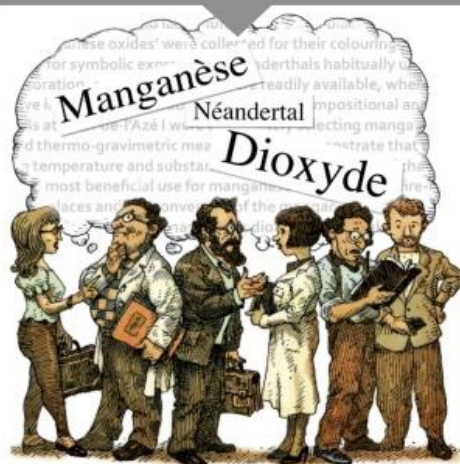
Pour les échassiers, nicher au-dessus d'alligators est une aubaine: ceux-ci effraient les mammifères voleurs d'œufs, comme les rats laveurs et les opossums. Mais quel bénéfice en retirent ces gardes du corps, au beau milieu des Everglades, en Floride? Des amuse-gueules! Ou plutôt, un complément nutritif sous la forme... de poussins morts ou d'œufs expulsés du nid, les échassiers en

pondant généralement plus que ce qu'ils sont capables d'élever. Des chercheurs américains ont effectivement découvert que les crocodiliens vivant près des colonies de hérons, d'aigrettes ou d'ibis étaient plus gros que ceux qui restaient isolés. Autrement dit, et c'est ici démontré pour la première fois: l'interaction est profitable non seulement aux oiseaux, mais aussi aux alligators. **M.S.**

1 259

C'est, en jours, la durée de la plus longue éclipse d'étoile, selon Joseph Rodriguez (université de Nashville). L'étoile compagnon de la géante rouge TYC-2505-672-1 la masque tous les 69 ans. Cet événement, normalement fugace, s'est prolongé entre 2011 et 2015, soit pendant près de 3 ans et demi! La faute à un gigantesque disque de poussières qui aurait caché la géante? Confirmation... en 2080. **B.R.**

Ça reste à prouver



Neandertal aurait été un véritable chimiste...

L'image du sot néandertalien s'éloigne à mesure que généticiens et paléoanthropologues découvrent ses capacités... La dernière en date ne manque pas de surprendre: et si, pour allumer ses feux plus facilement, en plus de frotter des silex, notre cousin disparu avait utilisé des "allume-feu" de sa composition? L'étonnante hypothèse est celle de l'équipe de Peter Heyers et Marie Soressi, de l'université de Leyde (Pays-Bas). Travaillant sur le site de Pech-de-l'Azé (Dordogne), occupé il y a quelque 50 000 ans, ils ont entrepris d'analyser les nombreux fragments d'oxydes de manganèse présents, notamment au niveau des foyers – comme dans d'autres sites néandertaliens d'ailleurs. Surprise: il s'agissait surtout de dioxyde de manganèse (MnO_2)... Pourquoi cette préférence, alors que ces blocs devaient lui servir de pigments sombres pour dessiner, et que tous les oxydes donnent la même teinte? Le dioxyde a-t-il une particularité? Oui, ont constaté les chercheurs: il est bien plus inflammable et, versé sous forme de poudre sur du bois, il abaisse sa température d'autocombustion de 350 à 250 °C! De quoi en faire une aide précieuse pour lancer un feu, un savoir-faire aujourd'hui perdu par notre espèce... **E.R.**

SHUTTERSTOCK / ORHAN CAM - S. AQUINO



De la place
pour tout
stocker

Nouvelle
Livebox



Disque
dur 1 To

Accessible
à distance

Mes nouveaux rangements

orange™

**Vous rapprocher
de l'essentiel**

Stockez, partagez et accédez à vos fichiers, musiques, photos ou vidéos, où que vous soyez en toute sécurité avec le disque dur 1 téraoctet à insérer dans la Nouvelle Livebox.

Conditions et tarifs en boutique Orange, sur orange.fr, **1014** Service à appel gratuits

Offre soumise à conditions valable en France métropolitaine, sous réserve d'éligibilité. Usages mobiles sur réseaux compatibles (hors coûts de connexion internet mobile). **1 To** : à insérer dans la Livebox, en option avec offre compatible. Accès avec application Le Cloud d'Orange à télécharger, équipements et systèmes d'exploitation compatibles.

✓ L'ADN de momies précolombiennes a permis de retracer le périple des Amérindiens (ici une jeune fille morte il y a 500 ans).



GÉNÉTIQUE

ON SAIT COMMENT SE SONT PEUPLÉES LES AMÉRIQUES

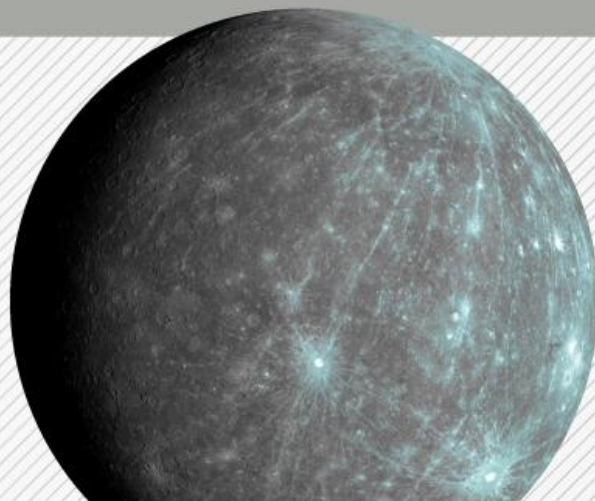
Qui mieux que les anciens Amérindiens eux-mêmes pourraient raconter le peuplement de l'Amérique? L'équipe de généticiens d'Alan Cooper (université d'Adélaïde, Australie) a ainsi interrogé 92 momies et squelettes vieux de 8600 à 500 ans, venant du Mexique au Chili. En analysant leurs ADN mitochondriaux (révélateurs des lignées maternelles), ils y ont distingué 84 lignées, dont les différences permettent d'estimer la taille de la population et la durée de séparation des groupes. Tout aurait commencé il y a 23 000 ans, lorsqu'une dizaine de milliers de personnes ont quitté la Sibérie

et se sont retrouvées isolées pendant près de 6000 ans, sans doute en Béringie, ce "pont" disparu entre la Sibérie et l'Alaska. Une explosion de diversité génétique signale ensuite, il y a 16 000 ans, un accroissement de la population: un épisode compatible avec le retrait des glaces côtières qui a ouvert un passage vers le sud. En mille quatre cents ans, ils peuplent tout le continent et se fixent. Si les chercheurs ont été surpris de la cohérence du récit, ils ont surtout été émus de découvrir qu'aucun de ces lignages ne semble exister aujourd'hui. Un effet tragique de l'arrivée des Européens? **E.R.**

PHYSIOLOGIE ANIMALE

C'est son microbiote qui permet à l'ours d'hiberner

Chaque été, les ours bruns se gavent de nourriture et doublent leur stock de graisse pour l'hiver. Comment leur organisme gère-t-il cette prise de poids rapide? Une équipe scandinave vient de découvrir que l'été, leurs intestins abritent une plus grande variété de bactéries que l'hiver. Or, transféré chez des souris, ce microbiote a bien favorisé leur prise de poids. La flore intestinale serait donc la clé d'une hibernation réussie: car malgré cette "transformation", l'ours ne souffre d'aucun déséquilibre (diabète...). **A.D.**

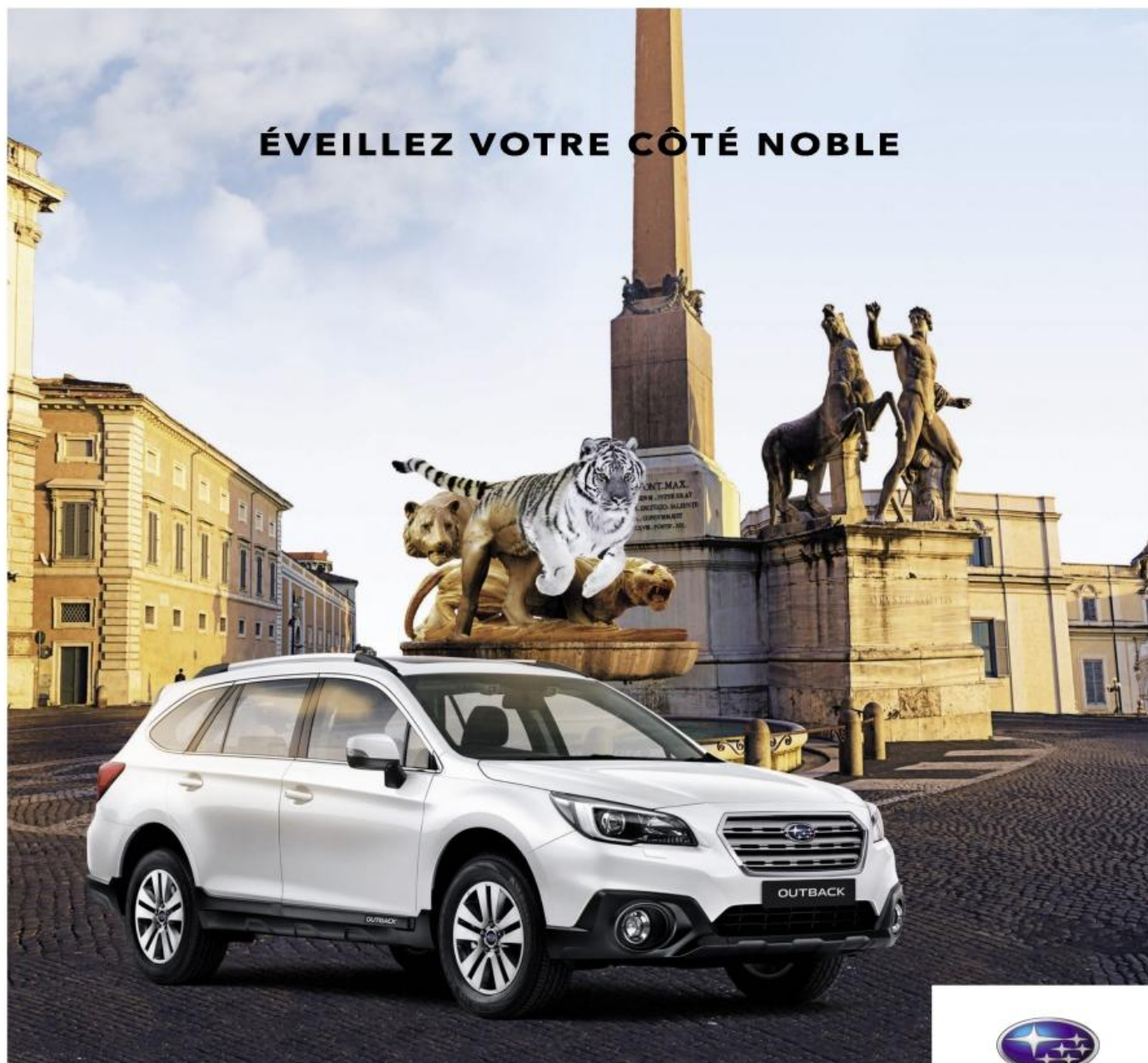


PLANÉTOLOGIE

Si Mercure paraît grise, c'est qu'elle est couverte de carbone

Bien que ce soit la planète qui reçoit le plus de rayonnement solaire, Mercure est intrinsèquement très sombre. Sa surface grise a un albédo tellement faible qu'elle semble avoir été coloriée au crayon gris... et de fait, elle est couverte de carbone graphite! Pour le découvrir, Patrick Peplowski (université Johns-Hopkins, E.-U.) a épluché les données de *Messenger*, dont le spectromètre neutronique a innocenté le minerai de fer, longtemps soupçonné, et identifié le carbone, dont la planète abrite d'importantes réserves. Ce matériau est déterré et dispersé par les astéroïdes qui se fracassent à sa surface... **B.R.**

ÉVEILLEZ VOTRE CÔTÉ NOBLE



SUBARU

Confidence in Motion

NOUVEAU SUBARU OUTBACK



Racé et tout en souplesse avec sa boîte Lineartronic, l'Outback se révèle d'une douceur féline en toutes circonstances. Avec son moteur boxer Essence ou Diesel et ses 4 roues motrices permanentes, la puissance est là, disponible à tout moment. En ajoutant son système EyeSight, vous bénéficiez d'un dispositif de repérage des obstacles incroyable. L'œil du tigre en plus rapide...



REJOIGNEZ-NOUS SUR FACEBOOK

Gamme Outback à partir de 39 390 €. **Modèle présenté** : Outback 2.0D Luxury EyeSight (PM incluse) : 45 000 €. Tarif public au 1^{er} février 2016. Consommations et émissions de CO₂ (sur parcours mixtes) de la gamme Outback : de 5,6 à 7 l/100 km et de 145 à 161 g/km.



RETROUVEZ LA GAMME SUR SUBARU.FR

NOUVEAUTÉ 2016



SUBARU XV



FORESTER SPORT



OUTBACK



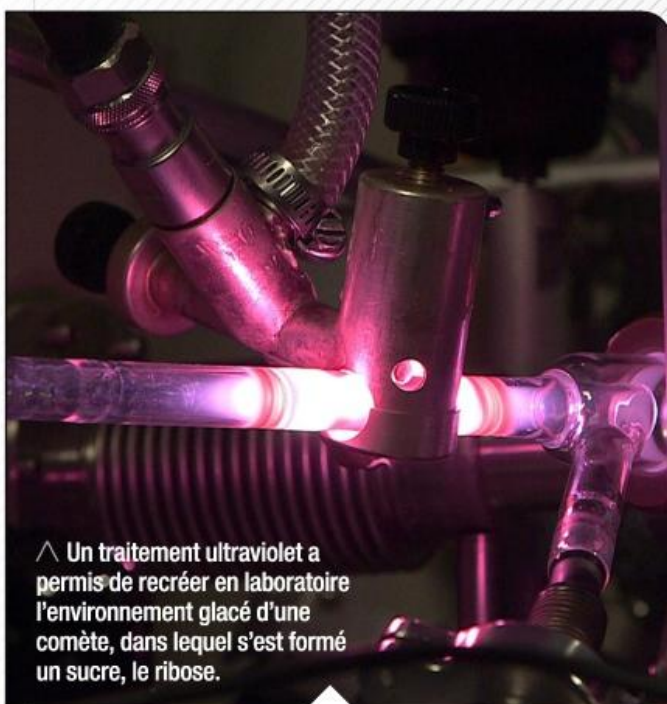
LEVORG



WRX STI



SUBARU BRZ



△ Un traitement ultraviolet a permis de recréer en laboratoire l'environnement glacé d'une comète, dans lequel s'est formé un sucre, le ribose.

COSMOCHIMIE

SUR LES COMÈTES, SE CRÉE UNE MOLECULE ESSENTIELLE À LA VIE

Et si la vie venait des comètes? L'hypothèse n'est pas nouvelle, mais relancée par la découverte, dans une "comète artificielle" fabriquée en laboratoire, d'une molécule, le ribose, indispensable à la vie sur Terre. Ce ribose sert de charpente à l'ARN, une molécule très semblable à l'ADN, qui intervient dans la synthèse des protéines dans les cellules. Des chercheurs de l'université de Nice Sophia Antipolis et du synchrotron Soleil (Gif-sur-Yvette) ont reproduit les conditions qui règnent sur ces corps célestes: un froid glacial (-200 °C), le vide, l'eau ge-

lée, quelques substances minérales et une forte irradiation qui déclenche des réactions chimiques. En analysant les molécules issues de ces réactions, ils ont découvert le ribose et trente acides aminés, briques élémentaires des protéines. "La chromatographie 'multidimensionnelle', notre nouvelle méthode d'analyse, plus sensible, nous a permis de découvrir le ribose et des acides aminés non détectés auparavant," explique Uwe Meierhenrich, responsable de l'équipe niçoise. Mais si on a les briques et la charpente, l'ARN, et surtout l'ADN restent loin. C.M.

QUAND LE SCARABÉE PRATIQUE L'ABSTINENCE...

La femelle scarabée *Nicrophorus vespilloides* sécrète deux hormones: la première la rend infertile temporairement, la seconde, anti-aphrodisiaque, rend le mâle abstinent. Ainsi, toute l'énergie du couple est consacrée aux soins des petits! M.S.

...ET L'ARAIGNÉE LE BONDAGE

Selon des chercheuses américaines, l'araignée mâle *Pisaurina mira* attache sa dulcinée pendant l'acte sexuel. Il lui emballage les pattes avec de la soie et s'accouple avec elle avant de s'enfuir... pour éviter de se faire manger! M.S.

CHEZ LES POISSONS, QUI S'ASSEMBLE FINIT PAR SE RESSEMBLER

Prenez des cichlidés zébrés, poissons monogames. Dressez leur profil comportemental et formez des couples mal assortis: leurs comportements vont converger. Si leur convergence aboutit, ils auront autant de petits que les couples assortis. A.D.

BOTANIQUE

Les plantes sélectionnent leurs souvenirs

On connaissait la mémoire des plantes, moins son côté sélectif. Or, après un stress intense (sécheresse...), une plante a le choix entre mémoriser les ajustements métaboliques réalisés, ou se réinitialiser. Une décision capitale: continuer en mode "survie" lui permet de mieux réagir si l'agression se reproduit, mais détourne une partie des ressources nécessaires à sa croissance. Pour les biologistes australiens à l'origine de cette découverte, c'est la quantité d'ARN cellulaire (qui régulent l'expression des gènes) qui fait pencher la balance d'un côté ou de l'autre. E.H.



> Une plante doit choisir entre mémoriser ses réponses au stress (infection, sécheresse...) ou privilégier sa croissance.

PEEL

LE BON GESTE



* LE MOMENT WILLIAM PEEL ?

C'est l'assemblage parfait de whiskies de malt et de grains qui lui confère son goût rond aux notes maltées et fruitées.

IT'S PEEL TIME*

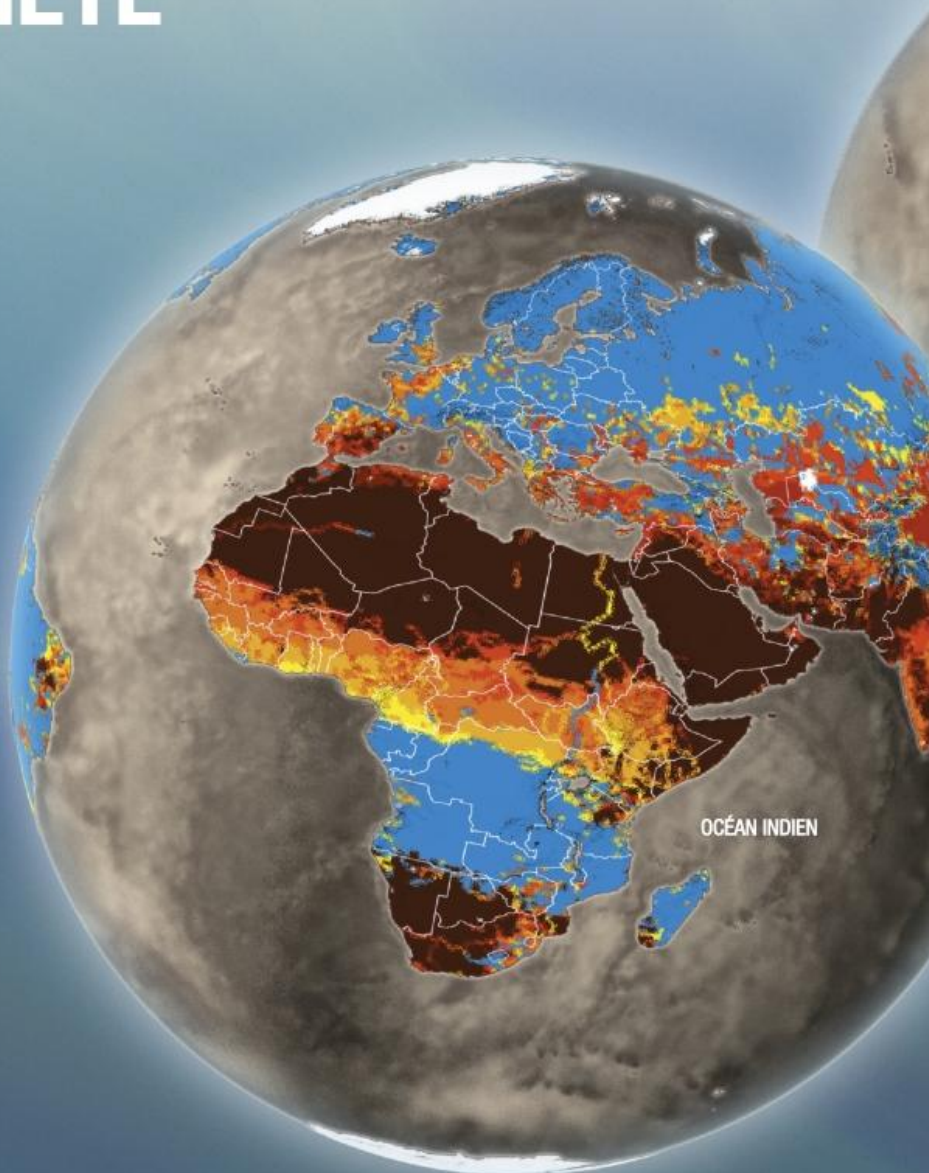
L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.

HYDROLOGIE

LA CONSOMMATION EN EAU MENACE LES RESSOURCES DE LA PLANÈTE

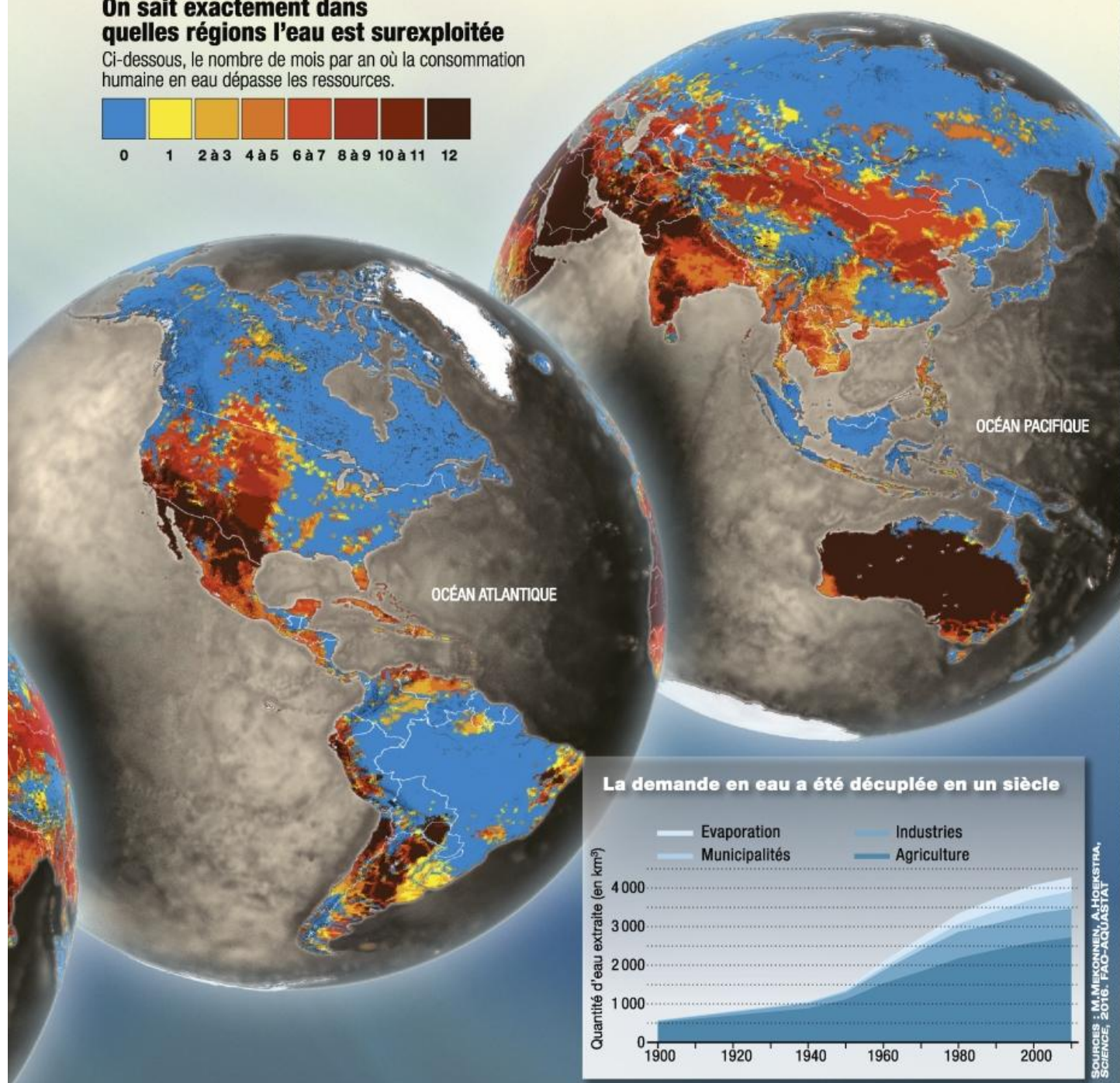
La crise de l'eau est bien là, et pour l'instant ce sont les écosystèmes qui en payent le prix. C'est ce que révèle la carte ci-contre, tout juste établie par deux hydrologues néerlandais. Même si de nombreux territoires semblent épargnés (en bleu sur la carte), la majorité de la population vit dans des régions où la consommation dépasse la ressource. Cette carte reflète le stress que l'humanité impose aux écosystèmes aquatiques, puisque c'est dans les lacs, nappes et rivières qu'elle puise pour satisfaire son besoin d'eau, mettant ces milieux sous tension. Au point que certains fleuves, comme le Colorado, n'arrivent plus à la mer plusieurs mois par an ! *"Ce stress n'est pas forcément visible en temps réel. Mais à long terme, il détériore les milieux aquatiques"*, indique Arjen Hoekstra, l'un des auteurs de ce travail, qui a consisté à calculer localement, mois par mois, l'eau fournie par les précipitations, puis la proportion qu'en prélèvent les activités humaines, en particulier l'agriculture irriguée. Selon les chercheurs, près de 3 milliards d'êtres humains vivent dans des régions où le déficit d'eau dépasse quatre mois par an : *"il faut prioritairement y mettre en place des systèmes de modération de la demande"*, estime Arjen Hoekstra.

Y.S.

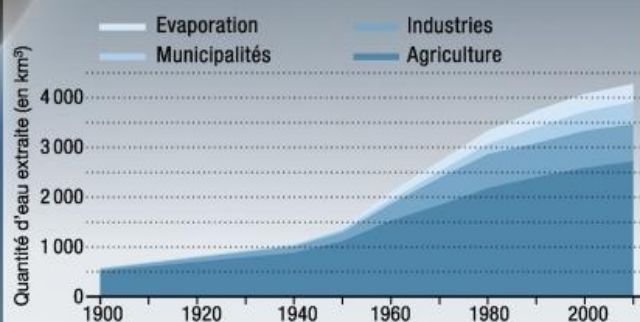


On sait exactement dans quelles régions l'eau est surexploitée

Ci-dessous, le nombre de mois par an où la consommation humaine en eau dépasse les ressources.



La demande en eau a été décuplée en un siècle



SOURCES : M. MEIKONEN, A. HOEKSTRA, SCIENCE, 2016. FAO-AQUASTAT

2,5%

C'est la part d'eau douce sur la quantité totale d'eau sur Terre.

800%

L'augmentation de la consommation d'eau par l'humanité au cours du XX^e siècle.

70%

La part de la consommation humaine consacrée à l'irrigation.

G. CIRADE - M. KONTENTE

CLIMATOLOGIE

LE SAHARA VA LIBÉRER MOINS DE POUSSIÈRES

Le Sahara génère à lui seul environ la moitié des poussières en suspension dans l'atmosphère terrestre, soit plusieurs milliards de tonnes par an. Un chiffre que le réchauffement climatique pourrait diviser par deux d'ici un siècle. "Le vent a un rôle décisif, indique Cyrille Flamant, du Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales (Latmos), co-auteur de l'étude. Lorsqu'il dépasse 5 à 6 m/s, il commence à

mettre en suspension des particules. Or le Sahara est balayé, du nord au sud, par un vent puissant et régulier, l'harmattan." Et ce vent devrait s'affaiblir d'ici à la fin du XXI^e s., selon les modèles atmosphériques. "Ce pronostic est assez robuste, souligne le chercheur, car autant la pluviométrie est difficile à prévoir, autant les évolutions des vents sont plutôt bien modélisées." Les conséquences? Elles seront multiples. Les

effets bénéfiques des poussières seront atténués : elles fertilisent l'Amazonie, par exemple, et favorisent le développement du plancton en Atlantique et Méditerranée. Elles ombragent aussi l'océan et réduisent son réchauffement, ce qui limite les cyclones. A l'inverse, la santé publique bénéficiera de la réduction des poussières, qui génèrent des maladies respiratoires et de meurtrières épidémies de méningite en Afrique. **Y.S.**

^ C'est l'affaiblissement des vents qui va réduire le volume des poussières atmosphériques.

SISMOLOGIE

Un risque inédit vise des millions d'Américains

A mesure que la fracturation hydraulique se répand aux Etats-Unis, les scientifiques observent une hausse du nombre de séismes. Ils sont provoqués principalement par la réinjection dans le sous-sol d'eau souillée dont la pression élevée provoque des cassures dans les roches. Résultat : le risque sismique est désormais plus élevé en Oklahoma qu'en Californie, la région en principe la plus active d'Amérique du Nord ! Environ 7 millions d'Américains se retrouvent exposés à ce risque inédit. **Y.S.**

ÉTHOLOGIE

Les oiseaux des villes sont plus futés que ceux des champs

C'est ce que suggèrent deux chercheurs de l'université McGill (Canada), qui ont soumis à diverses épreuves cognitives des pinsons issus de milieux ruraux et urbains. Ces derniers ont en effet réussi à résoudre plus de problèmes et semblent davantage capables de nouveaux apprentissages. Explication possible : seuls les individus dotés de ces qualités sont parvenus à s'adapter à ce milieu conquis récemment. Une forme de sélection naturelle...

✓ Les mésanges des villes ont appris à ouvrir les bouteilles de lait.





DÉSIN-VOLT

DÉSIGN-VOLT



Cabriolet électrique 4 places

CITROËN E-MEHARI est un clin d'œil à l'icône pop lancée par la Marque en 1968, Mehari. Optimiste et décomplexée, E-MEHARI incarne un esprit de liberté unique.

CRÉATIVE TECHNOLOGIE

CITROËN préfère TOTAL

citroen.fr

[illegible]



^ A Bornéo, les croisements de sous-espèces non locales ont engendré des hybrides fragiles.

ÉCOLOGIE

RÉINTRODUIRE DES ESPÈCES EXIGE DE LA PRUDENCE

La raréfaction de certaines espèces et l'importance croissante de la conservation ont augmenté la fréquence des réintroductions d'animaux. Mais une étude réalisée par deux chercheurs de l'Institut Max-Planck de Leipzig questionne cette pratique. Ils soupçonnent en effet les réintroductions d'orangs-outans en Indonésie d'avoir involontairement

croisé des sous-espèces différentes, induisant sans doute de nombreux cas de "dépression hybride", autrement dit des individus affaiblis par l'écart génétique trop grand entre leurs parents. Les chercheurs appellent à procéder à des analyses génétiques poussées avant toute réintroduction, tout particulièrement dans les îles. **Y.S.**

1 000 milliards

C'est le nombre de nanoparticules de plastique générées par un seul petit déchet de quelques millimètres flottant dans l'océan, ont estimé des chercheurs français. Les rayons UV provoquent la décomposition des micro-déchets en nano-déchets, démultipliant les effets de cette pollution invisible : ces nanoparticules, toxiques, risquent d'être assimilées par les plus petits organismes, contaminant ainsi toute la chaîne alimentaire marine. **F.G.**

On tenait
à vous dire



Climat : il est encore permis d'espérer

L'Agence internationale de l'énergie n'a pas pour habitude de verser dans l'optimisme béat – elle aurait même plutôt tendance à broyer du noir. Une fois n'est pas coutume, les résultats qu'elle s'apprête à publier fin juin esquissent une lueur d'espoir. Jugez plutôt : en 2015, les émissions mondiales de CO₂ n'ont pas augmenté, pour la deuxième année consécutive ! Pareil phénomène avait déjà été remarqué lors de crises majeures ; choc pétrolier de 1973, chute de l'URSS, crise financière... sauf que, cette fois-ci, rien de tel : la croissance économique globale dépasse actuellement les 3 %. Que faut-il en penser ? Eh bien, mine de rien, nos efforts commencent à payer : technologies plus sobres, développement des énergies renouvelables (qui représentent désormais 90 % des nouvelles installations de production d'électricité) tandis que le charbon commence à reculer aux Etats-Unis et en Chine. Les émissions actuelles (32,1 milliards de tonnes de CO₂) restent évidemment excessives et chacun sait que les objectifs climatiques exigeraient une réduction immédiate et drastique – et non une simple stagnation. Mais, aussi fragile soit-elle, cette lueur d'espoir mérite d'être signalée. **Vincent Nouyrigat**

G.L.BANES - S.AQUINO

Vous avez du diabète ?

Le lecteur de glycémie OneTouch Verio Flex™ et l'application mobile OneTouch Reveal® fonctionnent ensemble pour vous aider à mieux gérer votre équilibre glycémique



Simple, fiable et
rapide à utiliser

Indicateur d'objectif
simple avec 3 couleurs



Télécharger dans
l'App Store

DISPONIBLE SUR
Google play

Disponible en option, cette application vous
permet de visualiser vos résultats glycémiques
sur votre smartphone ou votre tablette

**OneTouch Verio Flex™ transmet vos
résultats par connexion Bluetooth®.***

Une version web est également disponible
sur le site : www.onetouchreveal.fr

Demandez plus d'informations à votre professionnel de santé.

Les seuils " inférieur " et " supérieur " que vous définissez s'appliquent à tous les résultats glycémiques. Ils ne tiennent pas compte du moment où les tests glycémiques sont effectués (avant ou après les repas), de la prise de médicaments ni des activités pouvant avoir un impact sur la glycémie. L'objectif glycémique doit être fixé par votre médecin, il doit être individualisé en fonction de chaque profil et peut donc évoluer au cours du temps. Avec l'aide de votre professionnel de santé, confirmez ou modifiez les seuils de votre lecteur de glycémie en fonction de vos propres besoins.

Rev : 03/2016. OneTouch VerioFlex™ : le lecteur de glycémie et les bandelettes sont des dispositifs d'AutoSurveillanceGlycémique (ASG) destinés aux personnes atteintes de diabète. L'ASG est employée lorsqu'elle est susceptible d'entraîner une modification de la thérapeutique ; elle doit être systématique et pluriquotidienne dans le diabète de type 1 et limitée à certains patients dans le diabète de type 2. Elle nécessite une éducation avec un professionnel de santé. Lisez attentivement la notice. En cas de discordance entre le résultat et votre état de santé actuel, contactez votre professionnel de santé. Ces dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro* sont des produits de santé réglementés qui portent, au titre de cette réglementation, le marquage CE.

L'application Web et Mobile OneTouch Reveal® – interface patient – est destinée aux patients atteints de diabète, et est conçue pour recueillir et présenter les résultats des lecteurs de glycémie des pompes à insuline LifeScan. OneTouch Reveal® – interface patient – n'est pas un dispositif médical et ne se substitue pas aux conseils des professionnels de santé. Lire attentivement la notice. Pour connaître la liste des produits compatibles avec OneTouch Reveal®, appelez OneTouch® Services au 0800459 459.

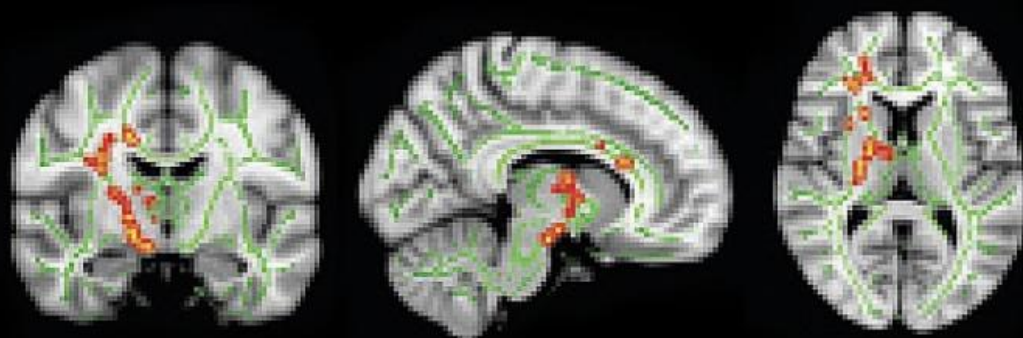
■ LifeScan Europe, Division de Cilag GmbH International (Zug-Suisse). 1506LFSGP002 (Rev 01).

© LifeScan, Division de Cilag GmbH International 2015 – LFS160221GP.

LIFESCAN – 1 rue Camille Desmoulins – 92787 Issy-les-Moulineaux Cedex 9 - S.A.S. au capital de 1 112 064 €
- 330 202 334 R.C.S. Nanterre.

*La marque et les logos Bluetooth® sont des marques déposées appartenant à Bluetooth SIG, Inc., et toute utilisation de ces marques par LifeScan Europe est soumise à licence. Apple et le logo Apple sont des marques déposées par Apple Inc., enregistrées aux États-Unis et dans d'autres régions. App Store est une marque d'Apple Inc. Google Play est une marque déposée de Google Inc.

ONETOUCH®



^ Sur cette IRM du cerveau d'un insomniaque, le thalamus, siège de l'horloge biologique, laisse apparaître des anomalies cérébrales (en rouge).

NEUROLOGIE

L'INSOMNIE CHRONIQUE EST BIEN UNE PATHOLOGIE CÉRÉBRALE

Les insomnies inexplicables pourraient être liées à des anomalies cérébrales. C'est ce que suggère une équipe de l'hôpital de Canton (Chine). De 3 à 5 % des adultes se plaignent de troubles du sommeil sans raison apparente (ni bruit ni stress...). Ce à quoi s'ajoutent souvent dépressions et difficultés de concentration ou d'apprentissage. Des travaux

avaient déjà suggéré que ces personnes présentaient des anomalies cérébrales dans les longues fibres nerveuses reliant certaines régions de leur cortex. Pour creuser cette piste, les chercheurs ont utilisé une technique très avancée d'IRM permettant de visualiser l'orientation de ces fibres nerveuses. Ce qui leur a permis d'observer pour la première fois des

anomalies dans plusieurs régions précises, dont le thalamus ou le corps calleux, sièges respectivement de l'horloge biologique qui régle le cycle veille/sommeil, et des fonctions sensorielles et motrices. L'ampleur des anomalies dans le thalamus était même associée à l'ancienneté des insomnies. Reste à s'assurer du lien de cause à effet... **A.R.**

PHARMACOLOGIE

Contraceptif masculin : il passe un cap

Des chercheurs américains ont testé avec succès un gel contraceptif sans hormone, efficace à long terme, et potentiellement réversible sur des lapins mâles. Vasalgel est une barrière chimique constituée d'un polymère. Injecté dans les conduits qui transportent les spermatozoïdes jusqu'aux canaux éjaculateurs, il empêche le passage des cellules sexuelles : durant un an, les lapins traités n'avaient plus de spermatozoïdes dans leur sperme. Reste à vérifier que ce barrage se désagrège bien passé quelques années. Il pourrait être disponible avant 2020. **K.B.**

PHYSIOLOGIE

Le jeûne thérapeutique a aussi des résultats chez les bébés

Les enfants gravement malades qui jeûnent récupèrent plus vite. C'est l'étonnant résultat observé sur 1440 enfants d'un an et demi en moyenne, des unités de soins intensifs de Louvain (Belgique), Rotterdam (Pays-Bas) et Edmonton (Canada) : non alimentés par perfusion la première semaine, ils ont développé moins d'infections (-8%). Mais la mortalité était comparable dans les deux groupes. Ces résultats remettent en cause les pratiques courantes, alors que l'intérêt du jeûne a déjà été montré dans le cas du cancer. Mais ses mécanismes restent mal connus. **O.C.**

> Ce gel contraceptif bloque le passage des cellules sexuelles dans le sperme pendant plusieurs mois.





Nous créons
de la chimie
pour que la
croissance des
villes respecte
la diversité des
paysages.

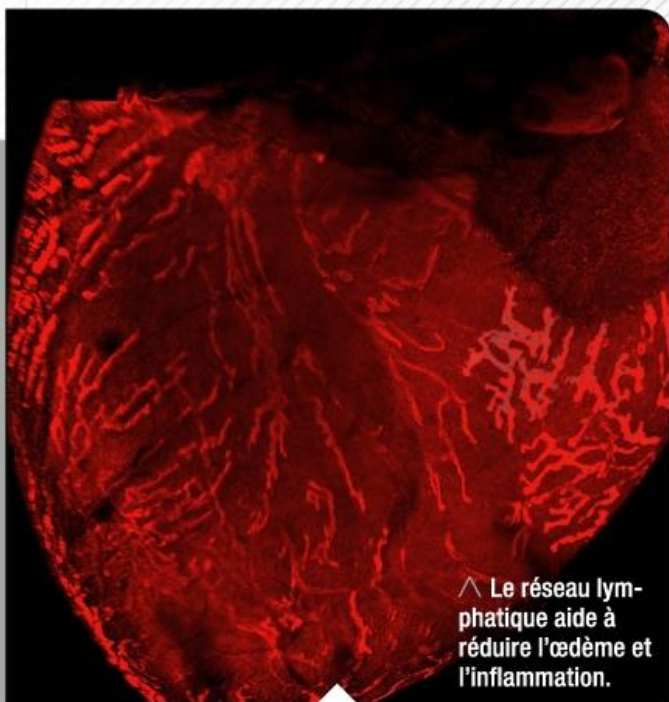
Le secteur du bâtiment représente actuellement environ la moitié de la consommation mondiale d'énergie et de ressources. C'est beaucoup, mais ce chiffre peut être réduit grâce à une bonne utilisation de la chimie.

Nous avons développé un certain nombre de solutions qui rendent les chantiers plus respectueux de l'environnement, et les bâtiments plus durables et performants tout au long de leur cycle de vie. Ainsi, les nouveaux modes de construction permettent d'économiser les ressources de notre planète, aussi bien à court qu'à long terme.

Si nous pouvons construire mieux tout en consommant moins, c'est parce que chez BASF, nous créons de la chimie.

Pour partager notre vision, rendez-vous sur wecreatechemistry.com

 **BASF**
We create chemistry



^ Le réseau lymphatique aide à réduire l'œdème et l'inflammation.

CARDIOLOGIE

LA LYMPHE VIENT AU SECOURS DU CŒUR APRÈS UN INFARCTUS

Les cardiologues devraient s'intéresser à la lymphe, ce liquide qui provient du filtrage d'une partie des éléments du sang, suggèrent des chercheurs de Rouen. "En plus des problèmes vasculaires, l'infarctus provoque une large désorganisation du réseau lymphatique cardiaque", explique Vincent Richard, directeur de l'unité Inserm, ce qui engendre un œdème cardiaque persistant." Les chercheurs ont injecté dans le cœur de rats une molécule connue pour participer à la croissance du système lymphatique: le VEGF-C, enfermé dans des microcapsules qui se dégradent pour une

libération lente et locale. "Nous avons observé une réorganisation du réseau lymphatique, une réduction de l'œdème et une restauration de la fonction cardiaque", détaille Vincent Richard. Chez l'homme, œdème et inflammation sont des composantes connues de l'insuffisance cardiaque. Or la circulation de la lymphe agit sur ces deux processus. "Il faut vérifier que les mêmes altérations se produisent chez l'homme, ou quand l'insuffisance résulte d'autres causes, telle l'obésité. Il serait aussi intéressant de stimuler à la fois la formation des vaisseaux sanguins et lymphatiques." O.C.

NEUROLOGIE

Des souris Alzheimer ont retrouvé des souvenirs!

Si les malades d'Alzheimer oublient d'abord les événements récents, une étude américaine a montré, chez la souris, que le cerveau continue à stocker de nouveaux souvenirs dans l'hippocampe. Ce qui est altéré, c'est la capacité à y accéder: les neurones porteurs de l'information ne peuvent plus être réactivés. Or, sur des souris génétiquement programmées, les chercheurs ont fait ressurgir des souvenirs récents grâce à un stimulus lumineux. Soulevant l'espoir d'en trouver aussi le chemin chez l'homme... O.C.

✓ Ce sérum permettra de traiter les personnes allergiques aux piqûres d'abeilles (ici un dard).



PHARMACOLOGIE

Il existera bientôt un antivenin contre les piqûres d'abeilles

L'université de Botucatu (Brésil) vient de lancer, chez l'homme, un premier essai d'un sérum capable de neutraliser les principales toxines du venin des abeilles sud-américaines... Elles ne sont pas plus toxiques que les autres espèces, mais elles font preuve d'une agressivité inouïe, pouvant attaquer jusqu'à des centaines de fois un même individu, au risque de provoquer complications cardiaques et hépatiques. "L'objectif est de vérifier l'innocuité du sérum et de trouver la dose idéale", explique Rui Ferreira, coordinateur de l'essai. Il pourrait à terme être aussi utilisé chez les personnes allergiques. A.R.

ON VOUS A RAPPORTÉ UN PETIT SOUVENIR DU FUTUR

HONDA
The Power of Dreams



*Accessoire - DDB

FORZA 125

Le meilleur du Sport et du GT est enfin réuni. Moteur ESP quatre soupapes pour une réactivité accrue. Système Idle Stop pour une coupure du moteur au ralenti et une consommation maîtrisée (seulement 2,29l/100 km, normes WMTC). Signature phare Full LED inédite et design racé. Des millions de personnes ont imaginé le futur, il est temps pour vous de l'essayer. Tarif clef en main 4 599 € (au lieu de 4 799 €) jusqu'au 31 juillet 2016.



Idle Stop



ABS



Bulle réglable
6 positions



Support
smartphone*



Rangement 2
casques intégraux

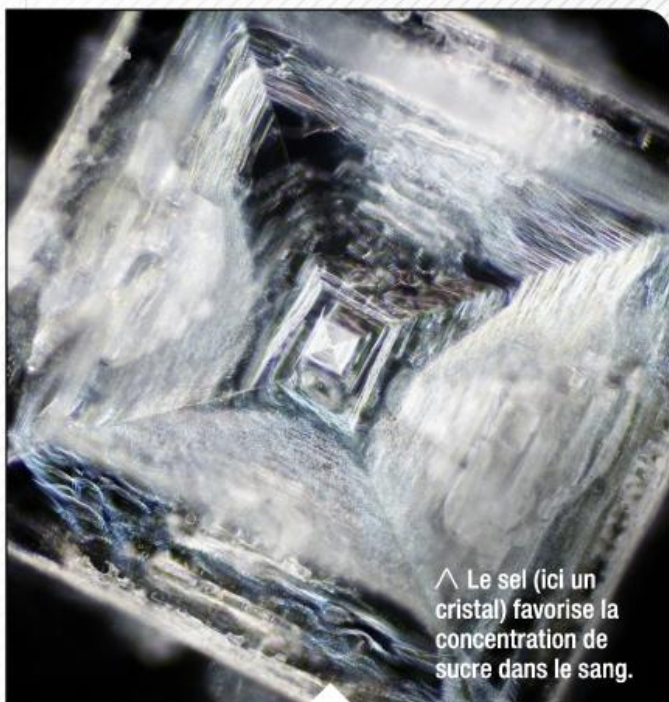


HONDA
Finance

HONDA
ASSURANCE

MOTUL

forzahonda.fr



^ Le sel (ici un cristal) favorise la concentration de sucre dans le sang.

DIABÉTOLOGIE

ON PEUT PRÉVENIR LE DIABÈTE EN ÉVITANT AUSSI... LE SEL

Séparer le sel du sucre pour combattre le diabète de type 2: une approche pertinente au regard de récents travaux menés au CHRU de Lille. En tentant de comprendre pourquoi la chirurgie gastrique, chez les patients obèses, permet aussi de guérir du diabète de type 2, les chercheurs ont découvert le rôle majeur du sel dans l'absorption du glucose à travers la paroi intestinale. L'opération dite "bypass", qui consiste à court-circuiter l'estomac et une partie de l'intestin, modifie en effet le trajet de la bile, qui favorise la digestion: elle rejoint les aliments

plus bas dans l'appareil digestif. Or, c'est seulement à ce point de rencontre que le glucose commence à être absorbé, grâce au sel de la bile. Ajouter du sel à l'alimentation redéclenche l'absorption du glucose dès le début de l'intestin et augmente sa concentration dans le sang. *"Éviter de consommer sucre et sel en même temps – comme dans les plats industriels – aide donc à lutter contre le diabète chez les personnes à risque et favorise le contrôle de la glycémie chez celles déjà touchées",* explique François Pattou, responsable de ces travaux. **A.R.**

UN NOUVEAU PROTOCOLE CONTRE LES PTSD

Contre le stress post-traumatique (PTSD), un essai clinique a commencé à Paris: une psychothérapie associée à un traitement connu pour son action contre la migraine, le propranolol. L'espoir? Diminuer la force émotionnelle des souvenirs. **C.T.**

30 NEURONES UNIS CONTRE LA DOULEUR

Des chercheurs du CNRS ont identifié un nouveau centre de contrôle de la douleur dans l'hypothalamus. Une trentaine de neurones y coordonnent la libération de l'ocytocine, l'hormone qui atténue la douleur. **C.T.**

DES JUMEAUX NÉS DE PÈRES DIFFÉRENTS!

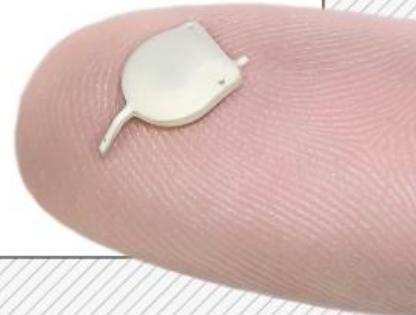
Une analyse ADN menée sur des jumeaux nés au Vietnam a révélé qu'ils étaient en fait... demi-frères! Une double ovulation de la mère au cours du même cycle s'est conjuguée à une double fécondation par deux hommes différents. **C.T.**

OPHTALMOLOGIE

Un implant va pouvoir freiner les effets du glaucome

Une équipe suisse vient de développer le premier implant oculaire permettant de contrôler à distance la quantité de liquide dans un œil atteint de glaucome. Deuxième cause de cécité en France, ce trouble est lié à une accumulation excessive de liquide dans l'œil, ce qui presse le nerf optique et finit par réduire le champ visuel. L'eyeWatch est doté d'un minuscule tuyau en silicone qui évacue le trop-plein. *"L'ophtalmologiste peut ajuster à distance le débit via un stylet muni d'un aimant",* explique Adan Villamarin, l'un des membres de l'équipe. *"Ce dispositif simple est très intéressant pour réguler la pression oculaire après une opération",* commente l'ophtalmologiste Philippe Denis (hôpital de la Croix-Rousse, Lyon). Greffé avec succès sur cinq patients, il devrait être commercialisé fin 2016. **K.B.**

✓ Le petit "robinet" de l'eyeWatch évacue le surplus de liquide qui comprime le nerf optique.



Magique ?

La lumière naturelle qui vient d'ailleurs Conduit de lumière VELUX



Faire entrer la lumière du jour dans les pièces aveugles de votre maison ne relève plus de la science-fiction. Découvrez un concept ingénieux et efficace qui diffuse une lumière naturelle équivalente à une ampoule de 60 W*. Place à une lumière douce et pure, en une demi-journée d'installation seulement ** !

*Rendement du conduit de lumière flexible : 2100 lumens pour une longueur théorique de 1 m dans des conditions extérieures optimales de lumière estivale.

** Configurations standard, installation par un professionnel.

▶ Le concept en vidéo :
www.velux.fr

VELUX®



△ Des cellules en 3D, un réseau pneumatique, et l'objet se déforme selon la pression de l'air.

MATÉRIAU

CE CUBE MUTANT SE DÉFORME EN TOUS SENS

Il peut s'élancer, s'aplatir, se ramollir ou se rigidifier... en un clin d'œil ! Voici l'étonnant métamatériau réalisé par des chercheurs de Harvard (États-Unis). Sa structure s'inspire de l'origami : ses "cellules" s'emboîtent de telle sorte que sa forme peut être modifiée en agissant sur certaines zones. Mieux : ses unités de base sont en 3D – 24 faces, 36 arêtes – et ses déformations peuvent être programmées. "Nous avons inséré dans la structure des poches d'air reliées à un réseau pneumatique. Selon qu'elles sont pleines ou vides, elles déforment des arêtes spécifiques,

modifiant ainsi l'ensemble de l'objet", décrit Katia Bertoldi, qui a dirigé l'étude. Son équipe a connecté 64 de ces cellules (chacune de quelques centimètres) pour former un objet tantôt plat et souple, tantôt massif et rigide. "Nous avons utilisé du plastique, mais on pourrait durcir la structure avec de l'aluminium, prévoit la chercheuse. On pourrait aussi agir dessus via un champ magnétique ou la chaleur." Parmi les applications envisagées : des outils chirurgicaux, des abris d'urgence ou des toits capables de s'ouvrir lorsqu'il fait trop chaud !

G.S.

ÉLECTRONIQUE

Les circuits deviennent élastiques

Une équipe de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse) a mis au point un circuit électronique pliable et étirable jusqu'à quatre fois sa longueur, et qui garde une excellente conductivité électrique. Son secret : des couches fines de métaux liquides – un alliage d'or et de gallium – intégrées à un support de polymères très élastiques. Ces circuits pourraient servir à créer des dispositifs de monitoring du corps humain, car ils s'adaptent facilement aux mouvements. S.D.

ROBOTIQUE

Le premier robot-guide collaboratif fait ses preuves

Spencer, ce robot-guide conçu par un consortium européen, a conduit son premier groupe de passagers vers leur porte d'embarquement de l'aéroport de Schiphol, à Amsterdam. Implémenté du plan de l'aéroport, il choisit le chemin le plus direct après avoir scanné les cartes des voyageurs. Grâce à ses capteurs et caméras embarqués, il évite les obstacles, ajuste sa vitesse, attend un passager...

A.P.

➤ Doté de scanners, caméras et programmes informatiques, Spencer est capable de guider des passagers à l'intérieur d'un aéroport.

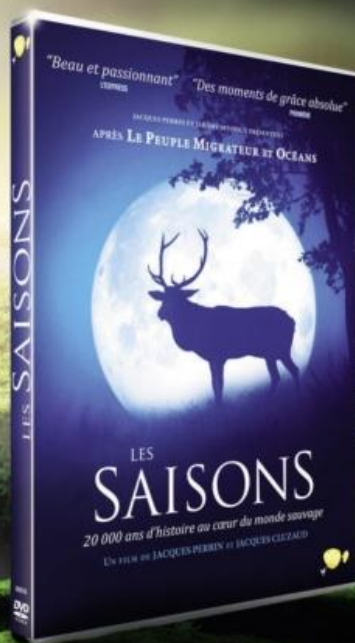
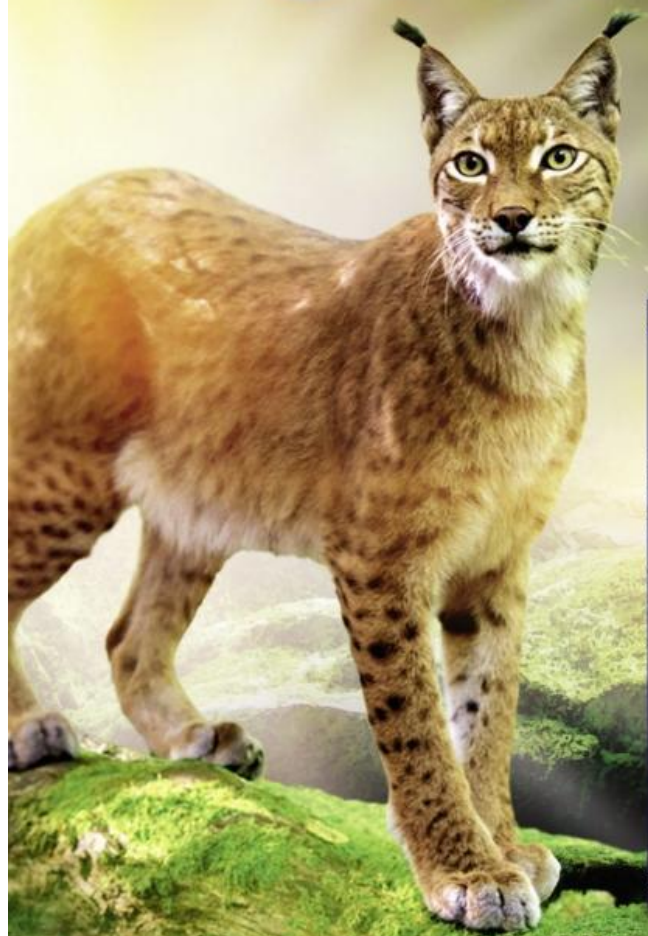


PLONGEZ AU CŒUR DU MONDE SAUVAGE

APRÈS LE PEUPLE MIGRATEUR ET OCÉANS

LES SAISONS

UN FILM DE JACQUES PERRIN
ET JACQUES CLUZAUD



Copyright © 2015. Subotic, Warr, Daulton, Evans, & Collins. All rights reserved. This work is published by the American Psychological Association or one of its allied publishers. This article is intended solely for the personal use of the individual user and is not to be disseminated broadly.



**MAINTENANT EN DVD, BLU-RAY™,
ET VOD SUR **pluzzVAD****
vidéo à la demande

SCIENCE & VIE

pluzzVAD
vidéo à la demande





S'il se révèle assez résistant, le module BEAM sera destiné à des missions lointaines.

TECHNOLOGIE SPATIALE

L'ISS TESTE UN NOUVEAU MODULE GONFLABLE

Une nouvelle structure, conçue par la société américaine Bigelow Aerospace et nommée BEAM (Bigelow Expandable Activity Module), vient d'être accrochée à la Station spatiale internationale (ISS). Gonflable, peu encombrante et peu coûteuse à acheminer dans l'espace de par son faible poids (1,4 tonne), elle est partie le 8 avril à bord du

cargo américain *Dragon*. Un bras de la station spatiale l'a saisie et arrimée au module *Tranquility*, où un système de pressurisation l'a gonflée en un cylindre de 4 m de longueur et 3,23 m de diamètre. Le module BEAM sera testé pendant deux ans pour s'assurer de la manière dont il supporte les radiations, conserve sa température et sa pression et ré-

siste aux micrométéorites. Ses performances devraient être garanties par le matériau constituant son enveloppe: le Vectran est composé de Kevlar et de fibres céramiques. Si les tests sont positifs, des modules similaires pourraient servir à de premières installations humaines sur Mars ou à effectuer des missions spatiales lointaines. S.F.

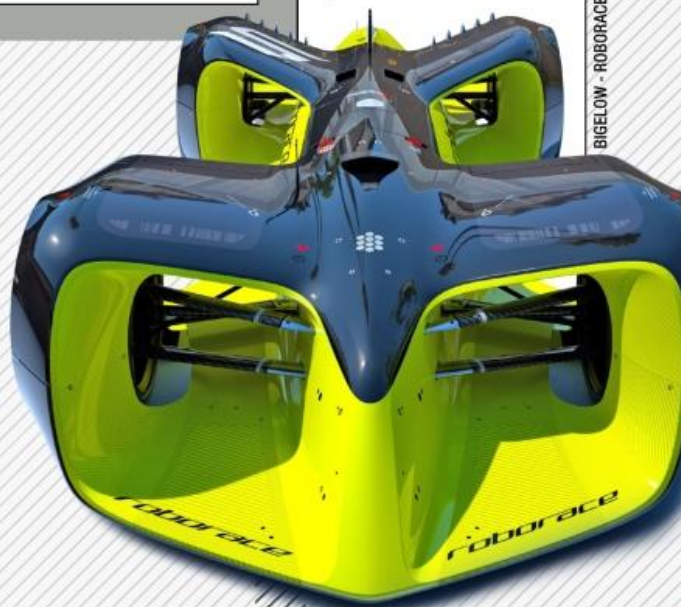
MÉCANIQUE

La voiture autonome se prépare à la course

Les véhicules sans chauffeur auront bientôt leur propre compétition. C'est dans cette optique que la voiture dessinée pour Kinetic par Daniel Simon a été conçue; elle devrait dépasser les 300 km/h. Avec deux larges bouches à l'avant censées optimiser l'appui au sol, elle sera équipée d'un moteur électrique et bardée de capteurs (radars, télédétection laser, caméras, GPS, cartographie HD...). Une plate-forme commune pour toutes les écuries, qui pourront seulement modifier les logiciels embarqués. E.T.-A.

348

C'est, en picomètres (10^{-12} m), la taille de l'atome d'holmium sur lequel a été stocké 1 bit d'informations à environ 40 K (-233,15°C). Conçu par des scientifiques suisses de l'EPFL et de l'ETHZ, il s'agit du plus petit support de mémoire à ce jour. Une prouesse qui pourrait servir à la miniaturisation des dispositifs de stockage et aux calculateurs quantiques. A.P.





GARDEZ LE CONTROLE
SUR VOS PETITES FUITES

SCA HYGIENE PRODUCTS - S.A.S. au capital de €3 380 128 € - RCS Boulogne 509 395 109



NOUVEAU TENA MEN EXTRA LIGHT

Une protection noire et discrète pour les petites fuites urinaires
Echantillon gratuit sur tenamen.fr

Les produits TENA Men sont disponibles en grandes surfaces et en pharmacies.

Les protections pour fuites urinaires TENA Men sont des dispositifs médicaux. Pour toute information, veuillez vous référer aux instructions figurant sur les packs ou demandez conseil à un professionnel de santé. Fabricant : SCA HYGIENE PRODUCTS - Mai 2016.



800 espèces d'oiseaux de France et d'Europe!

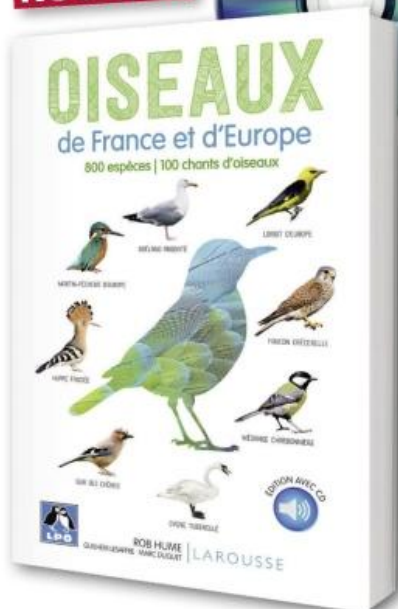
Un guide complet pour identifier facilement les oiseaux avec des photographies en gros plan, des dessins de leur vol, des cartes de localisation. Et en bonus, un CD avec 100 chants d'oiseaux.

Oiseaux de France et d'Europe avec CD audio

2000 PHOTOS, 500 DESSINS.
DIM. 14 x 21 cm. 456 PAGES.
Ed. LAROUSSE

LE LIVRE
29,95€
seulement!

NOUVEAU



100 CHANTS D'OISEAUX!

TNT HD



PAIEMENT
3x
SANS FRAIS

129€

LIVRAISON RAPIDE
COLISSIMO
OFFERTE

Regardez partout vos DVD et la télévision en HD!

Avec son écran rotatif et sa télécommande, très simple d'utilisation et multi-fonctions, il capte toutes les chaînes TNT, lit vos DVD et vos fichiers multimédias grâce à son entrée USB et son port de cartes SD/MMC.

Lecteur DVD TNT HD 9" rotatif

INOXATION. ÉCRAN ROTATIF À 180° 9" (23 cm) 16:9. ANTENNE TNT. BATTERIE RECHARGEABLE INTÉGRÉE : 2 h d'AUTONOMIE. RÉSOLUTION : 640 (RVB) x 234. ENTRÉE USB. FORMATS COMPATIBLES : DVD / CD / JPEG / MP3 / XVID. LECTEUR DE CARTES SD / MMC. SACOCHE. CHARGEUR ALLUME-CIGARES. CONNECTIQUE ET TÉLÉCOMMANDE FOURNIES. GARANTIE 1 AN (HORS BATTERIE). ÉCO-PARTICIPATION INCLUSE.

LA TECHNOFOLIE DU MOIS

Sauvegardez vos DVD et VHS en HD!

NOUVEAU

Branchez le boîtier de votre convertisseur compact sur votre magnétoscope ou votre lecteur DVD et convertissez toutes vos vidéos (DVD, VHS, Hi8) en HD facilement et rapidement. Équipé d'un écran LCD de 6 cm, vous pouvez contrôler les vidéos en cours de numérisation mais aussi sélectionner et/ou couper certaines images. Sa carte SD vous permet de lire et d'enregistrer vos vidéos sur d'autres supports (ordinateur, tablette...) pour les conserver.



Sans ordinateur!

Adaptateur et câbles fournis

PAIEMENT
3x
SANS FRAIS

129€

LIVRAISON RAPIDE
COLISSIMO
OFFERTE



Convertisseur vidéo numérique

DIM. 10,5 x 7 x 2,4 cm. FABRICATION ABS ANTICHOC. LIVRÉ AVEC CARTE MÉMOIRE 4 Go, ADAPTEUR SECTEUR USB AV, CÂBLE USB, CÂBLE AV, CÂBLE CVBS. FORMAT D'ENREGISTREMENT AVI. GARANTIE 1 AN. ÉCO-PARTICIPATION INCLUSE.

NOUVEAU



Déstressant et ludique!

Niveau de difficulté ★★★★★

Ce casse-tête va vous faire tourner en rond!

Grisant, le but de ce labyrinthe cylindrique rotatif est de faire descendre la bille jusqu'à l'extrémité en évitant les pièges, à travers 4 niveaux et sur des axes rotatifs indépendants.

Patience, concentration et dextérité sont les maîtres mots pour parvenir au bout!

Labyrinthe cylindrique rotatif - 25,90€

DIMENSIONS : DIAMÈTRE : 5 cm. HAUTEUR : 18 cm. POIDS : 197 g. MATIÈRE : PVC.



La Boutique

SCIENCE & VIE

Chaque mois, La Boutique Science & Vie sélectionne pour vous des livres, idées cadeaux et des objets scientifiques ou insolites.

Maîtrisez-vous le principe du cadran ?

Ce livre vous explique le mouvement du soleil dans le ciel et les connaissances astronomiques indispensables pour appréhender les cadrans solaires qui décorent les murs des mairies et des églises. L'auteur, spécialiste du sujet et chercheur à l'Observatoire de Paris, vous explique comment construire votre propre cadran et vérifier son bon fonctionnement avec des conseils pratiques et illustrés.

Les cadrans solaires - 19,90 €

DIM. 18,5x25 CM. 144 PAGES. ÉDITIONS BELIN. AUTEUR : DENIS SAVOIE.



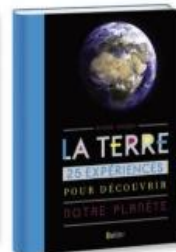
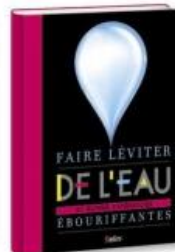
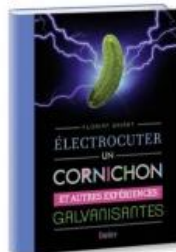
NOUVEAU

- Quelles heures peut indiquer un cadran vertical plein nord ?
- Comment repérer son anniversaire sur cadran horizontal ?
- Comment fonctionne une boussole solaire ?
- À quoi ressemble un cadran solaire sous les tropiques ?



Retrouvez nos anciens numéros spéciaux et hors-séries sur LABOUTIQUESCIENCEETVIE.COM

Toujours disponibles dans la même collection :



- Électrocuter un cornichon - 19,90 €
- Faire léviter de l'eau - 21 €
- La Terre - 21 €

Plein d'énigmes et autres idées d'expériences !

POUR COMMANDER ET S'INFORMER

www.laboutiquescienceetvie.com

Exclusivité Internet : Livraison en Points Relais®, PayPal®

Renvoyez le bon de commande avec votre règlement à La Boutique SCIENCE & VIE - CS 90 125 - 27 091 ÉVREUX CEDEX 9

01 46 48 48 83 (6 jours/7 paiement CB uniquement)

EN CADEAU pour toute commande

Le Science & Vie hors-série

« Les mystères du sommeil » avec le code avantage 369 900



BON DE COMMANDE

Articles	Réf.	Quantité	Prix	Sous-total
Livre « Oiseaux de France et d'Europe » + CD 100 chants	397.307	x	29,95 €	= €
Labyrinthe cylindrique rotatif	397.547	x	25,90 €	= €
Convertisseur vidéo numérique	395.335	x	129 €	= €
Lecteur DVD portable 9" TNT HD	380.527	x	129 €	= €
Livre « Les cadrans solaires »	395.640	x	19,90 €	= €
Livre « Électrocuter un cornichon »	394.841	x	19,90 €	= €
Livre « Faire léviter de l'eau »	385.781	x	21 €	= €
Livre « La Terre »	387.167	x	21 €	= €
SOUS-TOTAL				€

Avec ma commande, je reçois en CADEAU le Science & Vie hors-série « le sommeil » OFFERT

FRAIS D'ENVOI (cocher la case de votre choix)		Envoi normal	6,90 €
Frais d'envoi offerts dès 49 € de commande!		Ma commande atteint 49 € Envoi Colissimo	GRATUIT
		Livraison rapide Colissimo	7,90 €
		Ma commande atteint 75 € Livraison rapide Colissimo	GRATUIT
TOTAL			€

Offres valables en France métropolitaine uniquement dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 30/05/2016. Délai de livraison des produits : maximum 2 semaines après l'enregistrement de votre commande sauf si envoi par Colissimo (5 jours max.). Selon l'article L121-21 du code de la consommation, vous disposez d'un délai de 14 jours pour changer d'avis et nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Le droit de retour ne peut être exercé pour les enregistrements vidéo scellés. Les frais d'envoi et de retour sont à votre charge. En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'opposition et de rectification auprès de Mondadori. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. Cochez la case si refus.

À RENVoyer DANS UNE ENVELOPPE AFFRANCHIE AVEC VOTRE RÈGLEMENT À : LA BOUTIQUE SCIENCE & VIE - CS 90 125 - 27 091 ÉVREUX CEDEX 9

> Mes coordonnées

CODE AVANTAGE : 369.900

☐ M. ☐ M^{me} ☐ M^{lle}

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Complément d'adresse _____

(résidence, lieu-dit, bâtiment)

CP _____ Ville _____

Tél. _____

Grâce à votre N° de téléphone (portable) nous pourrions vous contacter si besoin pour le suivi de votre commande.

E-mail _____

☐ Je souhaite bénéficier des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori)

> Mode de paiement

☐ Je règle par chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE

☐ en 1 fois la totalité de ma commande

☐ en 3 fois sans frais (à partir de 99 € d'achat)

☐ Je règle par carte bancaire

☐ en 1 fois la totalité de ma commande

☐ en 3 fois sans frais (à partir de 99 € d'achat)

PAIEMENT
3x
SANS
FRAIS

Carte bancaire N° _____

Expire fin : ____ / ____

Date et signature obligatoires

Cryptogramme _____

Les 3 chiffres au dos de votre CB

COMMOTIONS CÉRÉBRALES SUR LES TERRAINS DE SPORT **L'ALERTE!**

La boxe, le rugby... mais aussi le foot ! Car c'est là que les chocs à la tête sont les plus nombreux, au risque de graves séquelles, surtout chez les jeunes. A l'heure où débute l'Euro, **Marine Corniou** dévoile un vrai fléau.

Sous la brutalité du choc, le joueur s'effondre. Reste au sol. Ses coéquipiers retiennent leur souffle. Les soigneurs se précipitent sur le terrain. Peu après, le joueur se relève. Ouf ! Bien qu'un peu sonné, il reprend vaillamment son poste. Que ce soit en rugby, au football ou au handball, la scène est familière. Après tout, il y a eu plus de peur que de mal...

A tort ! *"On a longtemps cru que, sans perte de connaissance, il ne pouvait pas y avoir de traumatismes crâniens légers ou 'commotions cérébrales'". Or, dans 90 % des cas, la*

victime d'une commotion reste consciente", explique Dave Elleberg, neuropsychologue à l'université de Montréal et auteur d'un livre sur la question (2013).

Aujourd'hui, l'évidence est difficile à nier : à partir d'une certaine puissance, les chocs à la tête, même sans perte de conscience, peuvent faire briguebaler le cerveau dans la boîte crânienne et provoquer des dommages irréversibles. A tel point qu'en les ignorant ou en les banalisant, on hypothèque la santé du joueur – voire son avenir ou sa vie. Ce n'est pas pour rien si, au rugby, a été instauré en 2012

le protocole de commotion cérébrale, qui oblige à faire sortir un joueur s'il a subi un choc et à lui interdire de jouer, si la commotion est confirmée, pendant 2 jours à 3 semaines.

Le plus inquiétant, c'est que ces commotions cérébrales sont loin de concerner uniquement les sportifs professionnels. *"Ce fléau affecte autant, sinon plus, les sportifs amateurs que les professionnels",* poursuit →

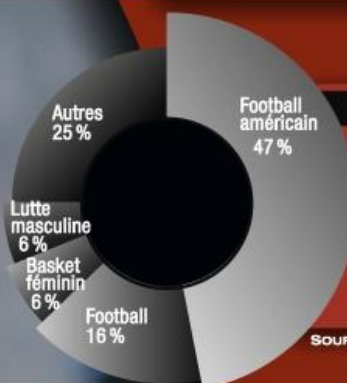




Un phénomène largement ignoré

LA PART DES SPORTIFS SOUFFRANT D'UNE COMMOTION

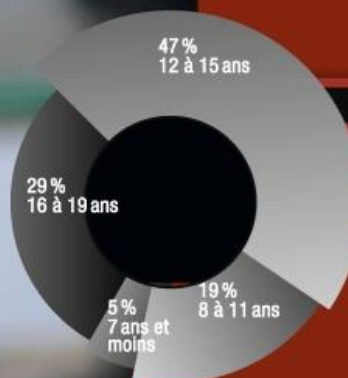
5 à 10 % des sportifs sont victimes d'au moins une commotion par saison aux Etats-Unis, l'un des seuls pays à les recenser chez les professionnels.



DES DISCIPLINES PLUS EXPOSÉES

Pas de chiffres en Europe, seuls les Etats-Unis comptent les sports, d'où la part du football américain. Ces données montrent surtout que les autres sports, dont le football classique, présentent des risques.

SOURCE : AMERICAN J. OF SPORT MED.



UNE MENACE POUR LES ADOLESCENTS

Près de la moitié des jeunes victimes de commotions liées au sport ont entre 12 et 15 ans.

SOURCE : CPSC NEISS, USA 2013



UN TRAUMATISME SOUS-ESTIMÉ

Sur 10 personnes subissant, sur le terrain, un choc qui met en danger le cerveau, une seule perdra connaissance. La moitié ne se rendra même pas compte d'avoir subi une commotion cérébrale, et continuera à jouer comme si de rien n'était. S'exposant ainsi à un risque 4 à 6 fois plus important de subir une nouvelle commotion.

Entraînement 22 %

Compétition 78 %

Risque de subir une commotion cérébrale

L'ESPRIT DE COMPÉTITION AUGMENTE LE RISQUE

L'enjeu et la "culture du guerrier" poussent les joueurs à s'exposer aux chocs en compétition. Mais des commotions cérébrales surviennent également lors de simples entraînements.

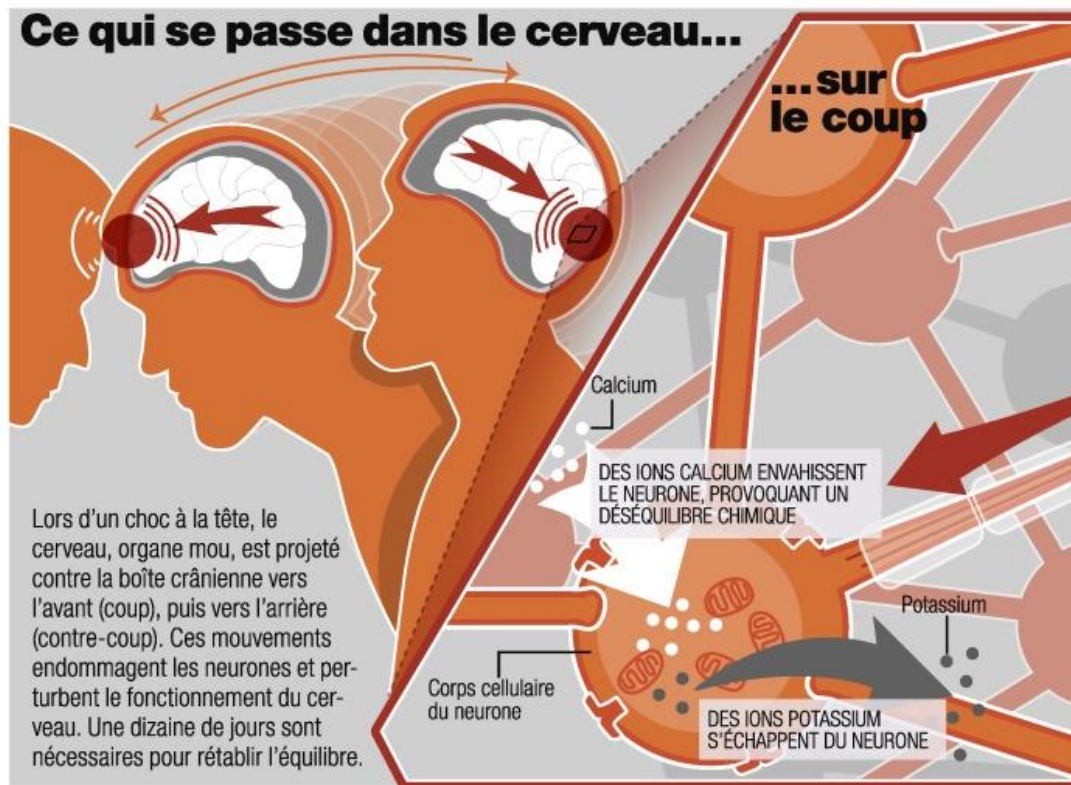
SOURCE : COMMISSION MÉDICALE DE LA FFF



DAVE ELLEMBERG
Neuropsychologue à l'université de Montréal (Canada)

Le fléau affecte autant, sinon plus, les sportifs amateurs que les professionnels

Ce qui se passe dans le cerveau...



Lors d'un choc à la tête, le cerveau, organe mou, est projeté contre la boîte crânienne vers l'avant (coup), puis vers l'arrière (contre-coup). Ces mouvements endommagent les neurones et perturbent le fonctionnement du cerveau. Une dizaine de jours sont nécessaires pour rétablir l'équilibre.

→ Dave Ellemberg. Pire : ce sont les jeunes, et en particulier les adolescents, dont le cerveau est en pleine maturation, qui sont les plus exposés.

Le chercheur l'affirme sans détour : dans le sport, les commotions sont une véritable épidémie. Mais

une épidémie silencieuse, faute de données et de diagnostics systématiques. De fait, rares sont les sportifs du dimanche à s'être alarmés à cause d'un coup à la tête ou d'une chute un peu violente sur le terrain...

Une partie du sport professionnel a déjà compris

l'ampleur de la menace. Ainsi, les équipes de football américain se sont brutalement "réveillées" après des années de déni, suite au décès du champion Mike Webster, atteint de *dementia pugilistica*, une maladie neurodégénérative. C'était il y a quinze ans. Son cas a révélé au grand jour que les coups répétés étaient à l'origine de son trouble : connue depuis les années 1920, l'encéphalopathie traumatique chronique (ETC) était jusqu'alors considérée comme une maladie de boxeurs. Pour la première fois, le risque de commotion dépassait officiellement les limites du ring pour toucher les bords d'un terrain.

Sauf qu'aujourd'hui, le spectre doit encore être considérablement élargi.

Le cerveau souffre-t-il des "têtes" ?

Les "têtes" font le spectacle au football. *"Mais de plus en plus de données montrent que ces 'sub-commotions' altèrent la structure et le fonctionnement du cerveau. Le fait de frapper délibérément la balle n'y change rien",* explique Dave Ellemberg. Il s'apprête à publier une étude comparant les performances neurologiques de footballeurs universitaires à celles de joueurs de tennis et de badminton. Bilan : les footballeurs amateurs de têtes sont plus performants que ceux ayant eu des commotions, mais moins que les tennismen. L'échantillon est petit (50 personnes), mais le résultat confirme celui d'une étude américaine de 2013 qui avait montré que cette pratique était associée à des anomalies de la matière blanche et à des performances affaiblies, surtout au-delà de 1 800 têtes par an. La fédération américaine de soccer (nom du football européen aux Etats-Unis) a donc préféré interdire les têtes aux enfants de moins de 11 ans. Ce qui fait bondir les fédérations européennes : pour l'instant, les données se contredisent et l'impact clinique n'est pas prouvé.



“En plus du foot américain, il faut penser aux sports de combat, au hockey sur glace et évidemment au rugby, où les risques commotionnels sont les plus élevés. Mais si l'on tient compte du nombre de licenciés, en France et partout dans le monde, c'est en réalité le football qui est le premier sport concerné”, confirme Jean-François Chermann, responsable de la consultation Commotion cérébrale et sport à l'hôpital Léopold-Bellan, à Paris.

EXEMPLAIRES, LES PROS ?

Cet ancien rugbyman est aujourd'hui le référent pour le Stade Français et le Racing 92, pour l'équipe de France de foot et le Paris Saint-Germain...

Le football ! La discipline star entre toutes serait

confrontée à une situation d'autant plus préoccupante que “plus on descend dans les niveaux de la Ligue, moins il y a de médecins et de gens capables d'examiner les joueurs au bord du terrain”, reconnaît sans ambages le Dr Pierre Rochcongar, président de la Commission médicale de la Fédération française de football, même s'il précise que tous les entraîneurs et les arbitres qui passent leur diplôme en France vont dorénavant recevoir une formation sur la commotion.

Il n'empêche ! En 2014, lors de la dernière Coupe du monde, plusieurs joueurs et joueuses ont subi des commotions violentes, avec perte de connaissance, et ont malgré tout fini la partie après s'être relevés. Bel exemple ! Difficile



JEAN-FRANÇOIS CHERMANN
Neurologue à l'hôpital Léopold-Bellan (Paris)

Si l'on tient compte du nombre de licenciés partout dans le monde, le foot est le premier sport concerné

d'imaginer alors que l'ignorance ne soit pas la règle lors des milliers de matchs de foot amicaux qui ont lieu chaque semaine.

Que se passe-t-il exactement dans un cerveau au moment du choc ? “Quand la tête prend un coup ou subit une rotation violente, le cerveau se heurte aux

parois, ce qui entraîne un écrasement et des lésions à l'avant et à l'arrière. De plus, l'accélération et la torsion du cerveau provoquent un étirement voire un déchirement des axones, les filaments qui prolongent les neurones”, explique Dave Ellemberg. A l'intérieur, c'est un véritable



**STÉPHANE
TERCIER**
Chirurgien
pédiatre au
Centre hospi-
talier universi-
taire vaudois
(Suisse)

Contrairement à ce qu'on pourrait penser, la récupération chez les adolescents est bien plus longue

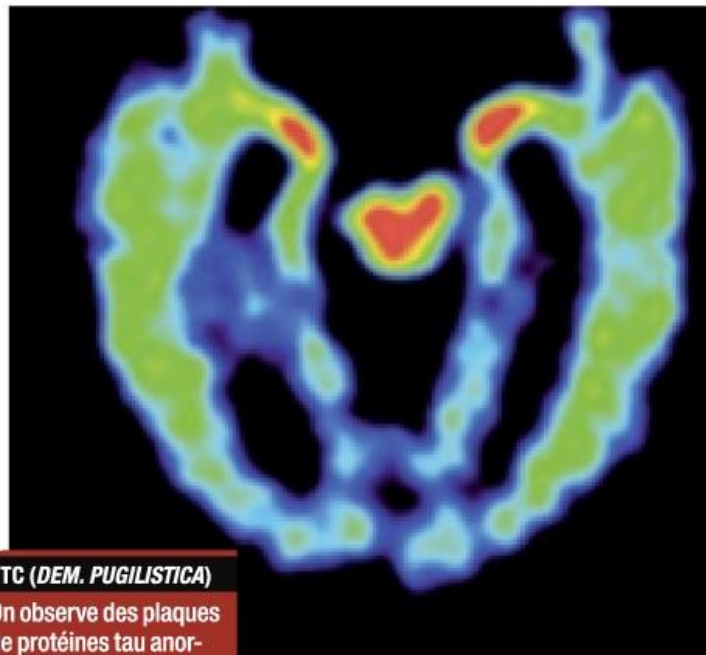
→ **raz de marée:** en s'étirant, les axones deviennent perméables et libèrent des protéines, des ions et des neurotransmetteurs, comme le glutamate ou l'acétylcholine, ce qui provoque une excitation massive des neurones. Au menu: perte de conscience, confusion, comportement erratique. Puis les axones blessés enflent et se déconnectent les uns des autres

par endroits, l'inflammation s'installe...

"Après une première commotion, on risque 3 à 5 fois plus d'en subir une autre, parce que les réflexes sont moins aiguisés et qu'un impact plus petit suffit à endommager de nouveau le cerveau", ajoute l'expert. Un deuxième choc dans les heures ou les jours qui suivent, même minime, peut ainsi être drama-

ETC (DEM. PUGILISTICA)

On observe des plaques de protéines tau anormales dans les couches supérieures du cortex.



tique: c'est le "syndrome du second impact", qui entraîne un œdème cérébral fatal dans 90% des cas. Si ce syndrome reste rarissime, une chose est sûre: *"A chaque nouvelle commotion, les séquelles sont plus graves et la récupération plus longue",* avertit Dave Ellemberg, insistant sur le fait qu'il n'y a pas de "petite" commotion.

En 2012, son équipe a comparé les effets de ces secousses chez des adultes, des adolescents et des enfants. Ce qu'il a découvert n'a rien de réjouissant: les commotions sont plus graves chez les enfants que chez les adultes. *"De plus, ils sont moins habiles, moins musclés, et donc encore plus exposés",* note-t-il. Mais c'est à l'adolescence que le cerveau est le plus vulnérable.

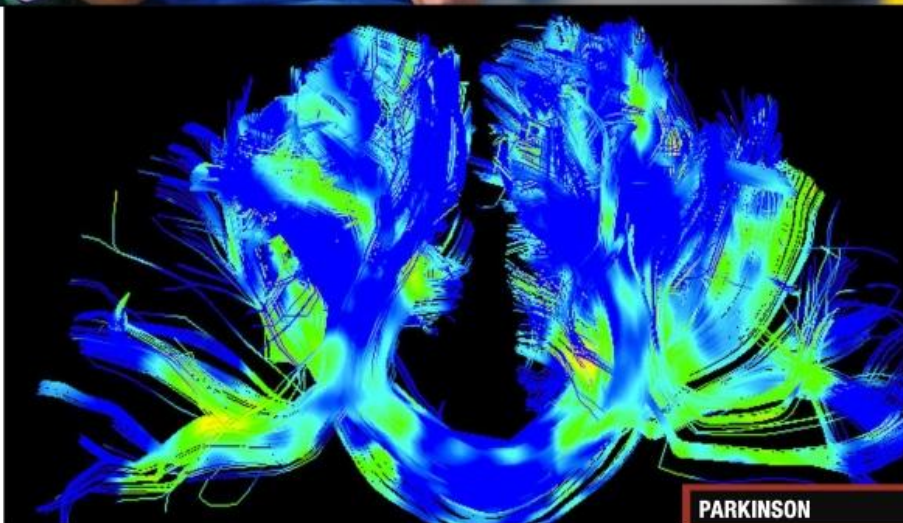
"La récupération est bien plus longue, contrairement à ce qu'on pourrait penser. Et comme le sport a beaucoup évolué, avec un nombre d'heures de pratique en constante augmentation, il y a de quoi s'inquiéter pour les jeunes", confirme Stéphane Tercier, chirurgien pédiatre et responsable d'une consultation Ados et sport au Centre hospitalier universitaire vaudois, en Suisse.

DIAGNOSTIC QUASI ABSENT

Ce spécialiste mène une étude sur les connaissances du personnel médical en matière de traumatismes crâniens légers. Son constat? *"Beaucoup de médecins n'ont pas les notions de base. Le diagnostic est difficilement posé, et d'ailleurs on ne cherche pas à détecter les commotions. On n'en décèle peut-être que 1 sur 10",* déplore-t-il.

Les casques, de faux amis

Casque ou pas? En rugby, les sortes de cagoules en tissu limitent peut-être les plaies externes mais ne protègent pas du tout le cerveau. Quant aux casques de football américain, ils ne protègent pas des commotions violentes. Des chercheurs de l'université de Washington travaillent à la mise au point de nouveaux modèles avec renforts intérieurs et structure modélisée pour mieux absorber l'onde de choc. Cependant, les protections ne peuvent pas tout. L'exemple du ski est à ce titre emblématique: une étude réalisée par des chercheurs de la Western Michigan University School of Medicine a montré que sur les pistes aux Etats-Unis, les blessures à la tête ont augmenté de 60% entre 2004 et 2010 alors que les chiffres des autres blessures restaient stables. Se sentant mieux protégés, les skieurs auraient tendance à prendre plus de risques...



Un impact à long terme ?

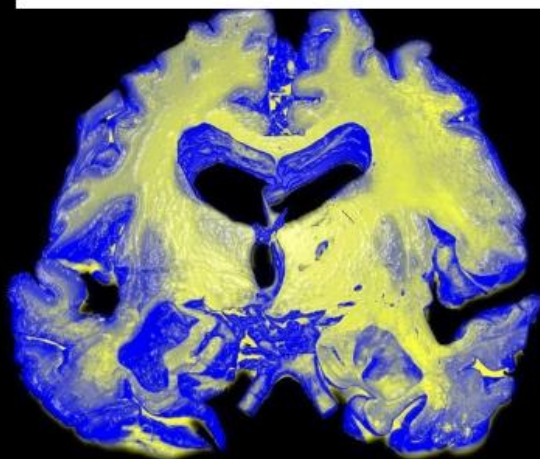
Les commotions répétées pourraient augmenter le risque de développer ultérieurement des maladies neurodégénératives : encéphalopathie traumatique chronique (ETC), Parkinson, Alzheimer.

PARKINSON

Plusieurs études ont révélé un lien direct entre les chocs répétés et son apparition.

ALZHEIMER

En provoquant la mort de nombreux neurones, les traumatismes graves rendent plus vulnérable à cette maladie.



Difficile d'évaluer l'ampleur des dégâts. Aux États-Unis, il y aurait chaque année de 1,6 à 3,8 millions de commotions dues au sport et aux activités de loisir; 30 % concernent des enfants de 5 à 19 ans. "Au Québec, de 50 à 100 jeunes subissent une commotion chaque semaine. Si on extrapole, cela fait 500 à 1 000 en France!", avance Dave Ellemberg. "Hélas, on n'a aucune donnée épidémiologique, précise de son côté

le Dr Chermann. Il n'y a aucun enseignement sur la commotion en neurologie, on ne comptabilise pas les cas : c'est un véritable vide médical."

La prise de conscience de ce fléau est d'autant plus cruciale qu'il existe un moyen très simple d'éviter un désastre neurologique : le repos. Car une commotion cérébrale n'a le plus souvent aucune conséquence grave, à une condition : mettre le cerveau au

repos immédiatement après le choc, comme le préconisent les directives internationales élaborées en 2012. "Dès qu'on soupçonne une commotion, il faut sortir le joueur et lui imposer un repos physique et mental d'au moins 48 heures si le diagnostic est confirmé", explique Jean-François Chermann. Quant à la reprise progressive de l'activité physique, elle ne devrait se faire qu'en l'absence de tout symptôme.

"Dans les heures ou les jours qui suivent, le joueur souffre d'un syndrome post-commotionnel qui se manifeste par des maux de tête, des troubles de l'humeur et du sommeil, de la fatigue. Dans 80 % des cas, ces symptômes se ré-

Le triste palmarès du sport mondial

Quatre joueurs de l'équipe anglaise de football championne du monde 1966 sont atteints de la maladie d'Alzheimer, en lien, selon les médecins, avec des commotions cérébrales à répétition.

Christoph Kramer, footballeur allemand, en finale de la Coupe du monde 2014, prend un coup violent puis poursuit le match alors qu'il ne sait plus ni quel en est l'enjeu ni s'orienter. Il finit par quitter le terrain.

Mike Webster, premier joueur de football américain officiellement diagnostiqué comme atteint de *dementia pugilistica*, jusqu'alors associée à la boxe. Son autopsie en 2002 a provoqué une prise de conscience dans le football américain.

Mohammed Ali, champion de boxe, révèle dans les années 1980 être atteint par la maladie de Parkinson, suite aux commotions cérébrales subies durant sa carrière.

Eduard Coetzee, rugbyman à Biarritz, arrête sa carrière à 32 ans sur les conseils de son neurologue.



sorbent en moins d'une semaine", précise le médecin.

"Il y a cinq ans, aucun neurologue français ne connaissait cette discipline, explique l'auteur du livre *KO, le dossier qui dérange* (2010). Aujourd'hui, au moins dans le sport professionnel, on en parle de plus en plus. Au rugby, j'ai mis en place des recommandations pour qu'un joueur commotionné soit vu par un neurologue

avaient perdu connaissance ou présenté des symptômes d'amnésie sur le terrain. Et plusieurs ont repris le sport prématurément, contre l'avis du neurologue.

Et pas la peine de compter sur les casques remboursés pour se protéger! "Ils n'empêchent pas le cerveau de cogner à l'intérieur, explique le Dr Chermann. Il faudrait qu'ils immobilisent aussi le cou pour protéger vraiment." L'effet est

lemborg a constaté qu'une seule commotion suffit à modifier l'activité cérébrale pendant des mois, voire des années. "Les tests montrent que même après disparition des symptômes, la mémoire et les capacités d'organisation ne sont pas aussi efficaces qu'auparavant", indique-t-il. Pire: une équipe de l'hôpital du Sacré-Cœur de Montréal a découvert en 2014, chez des sexagénaires, qu'une commotion subie vers 20 ans suffisait à accélérer le déclin de la mémoire et de la vitesse d'exécution.

Autrement dit, les sportifs trinquent. Et la liste de leurs maux est longue. Outre le vieillissement prématuré, les migraines persistantes et les troubles du sommeil qui affectent certains athlètes à la retraite, on déplore aussi un risque accru de dépression. Une étude canadienne menée sur 230 000 personnes, publiée en février dernier, suggère que le risque de suicide à long terme serait multiplié par trois chez les anciens commotionnés.

Et ce n'est pas tout. Ces athlètes sonnés ont une véritable épée de Damoclès au-dessus de la tête: les maladies neurodégénératives, dont les cas se multiplient chez les anciens joueurs de football américain. En plus du diagnostic de *dementia pugilistica*, on voit apparaître des cas de maladie de Parkinson, d'Alzheimer, de sclérose latérale amyotrophique: ils risquent deux à cinq fois plus que le reste de la population de mourir d'une telle affection.

Sans surprise, plus la tête cogne souvent, pire c'est. "Il semble y avoir un seuil de 3 commotions à partir duquel les probabilités de développer une dépression majeure ou une maladie de type Alzheimer sont jusqu'à 10 fois plus élevées", précise Dave Ellemberg.

ÉTUDES SYSTÉMATIQUES

"Pour l'instant, on ignore tout ou presque du lien entre les commotions et les mécanismes neurodégénératifs. On ne sait pas quel pourcentage d'athlètes en souffriront, ni quels sont les facteurs prédisposants, génétiques ou autres. Il faut absolument mener des études systématiques pour comprendre la neurobiologie, les mécanismes de réparation et l'apparition de l'encéphalopathie traumatique chronique", souligne Henrik Zetterberg. Ce chercheur de l'université de Göteborg (Suède) travaille à évaluer l'ampleur du choc en mesurant, dans le sang, la quantité de protéines libérées par les neurones. "Pour l'instant, on se fie à ce que nous dit le joueur, qui, souvent, n'a pas envie d'être écarté du jeu", ajoute-t-il.

Surtout, "quel que soit le sport, la culture du guerrier continue d'être valorisée, déplore Dave Ellemberg. Les commotions sont encore trop souvent brandies comme des trophées, des signes de vaillance au combat". Et qu'importe si l'on paie un lourd tribut, du moment qu'on gagne le match.

9 petites questions pour repérer une commotion

Après un choc, la Fédération française de rugby demande que les joueurs répondent systématiquement à neuf questions précises. Une seule réponse fausse traduit une commotion cérébrale. Ce questionnaire modèle pourrait servir de base pour d'autres sports, comme le football: 1. Sur quel stade sommes-nous? 2. Comment s'appelle ton club ou ton équipe? 3. Quel est ton poste de jeu? 4. Quel est ton adversaire? 5. Quelle mi-temps est-ce? 6. Dans quelle partie de la mi-temps sommes-nous (début, milieu, fin)? 7. Quelle équipe a marqué les derniers points? 8. Contre quelle équipe avons-nous joué lors du dernier match? 9. Avons-nous gagné le dernier match?

indépendant 48 heures après le choc pour autoriser ou non la reprise."

Hélas, trop souvent, on ne laisse pas le cerveau récupérer, même chez les professionnels. Entre 2009 et 2014, le Dr Chermann a mené une étude sur 211 athlètes français, hommes et femmes, majoritairement rugbymen et footballeurs, l'ayant consulté pour une commotion. Bilan? 50 % d'entre eux avaient continué le match, même s'ils

même pernicieux, selon lui. Par exemple, depuis que certains Etats américains ont rendu le port du casque obligatoire au ski, il y a 20 ou 30 % de plus de traumatismes crâniens: se sentant mieux protégés, les skieurs sont moins prudents.

Et, histoire de compliquer le tout, les commotions sont indétectables par l'imagerie classique. Pourtant, les dommages sont bien là. A l'aide d'outils de neuro-imagerie fonctionnelle, Dave El-

SCIENCE & VIE

VOUS PRÉSENTE

DU 3 AU 12 OCTOBRE 2016

À partir de

1880 €

(10 jours / 9 nuits)

VOL INCLUS AU
DÉPART DE PARIS
OU MARSEILLE

La croisière des grands explorateurs

ET DES DÉCOUVERTES SCIENTIFIQUES

• ATHÈNES • LES MÉTÉORES
• SANTORIN • LES CYCLADES

Avec la présence EXCEPTIONNELLE de :



Jean Louis Etienne*
Médecin,
explorateur.



Yves Coppens*
Paléanthropologue,
professeur au Collège
de France.



Françoise Gaill*
Spécialiste des Abysses
et directeur de recherches
au CNRS.

NOUVEAU

Le M/S Astoria, un navire
de 260 cabines !



*Appelez-nous ! C'est rapide, facile
et cela n'engage à rien !*

INFORMATIONS & RÉSERVATIONS

01 41 33 59 60

Du lundi au vendredi de 9h00 à 18h00

TÉLÉCHARGEZ LA BROCHURE COMPLÈTE SUR

www.croisieres-lecteurs.com/sv

ou écrivez-nous en renvoyant le coupon ci-dessous.

Complétez, découpez et envoyez ce coupon à CROISIÈRE SCIENCE&VIE DES GRANDS EXPLORATEURS - CS 90125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

SCIENCE & VIE

☐ OUI, je souhaite recevoir GRATUITEMENT et SANS ENGAGEMENT la documentation complète de cette croisière proposée par Science&Vie.

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Tél. : Email :

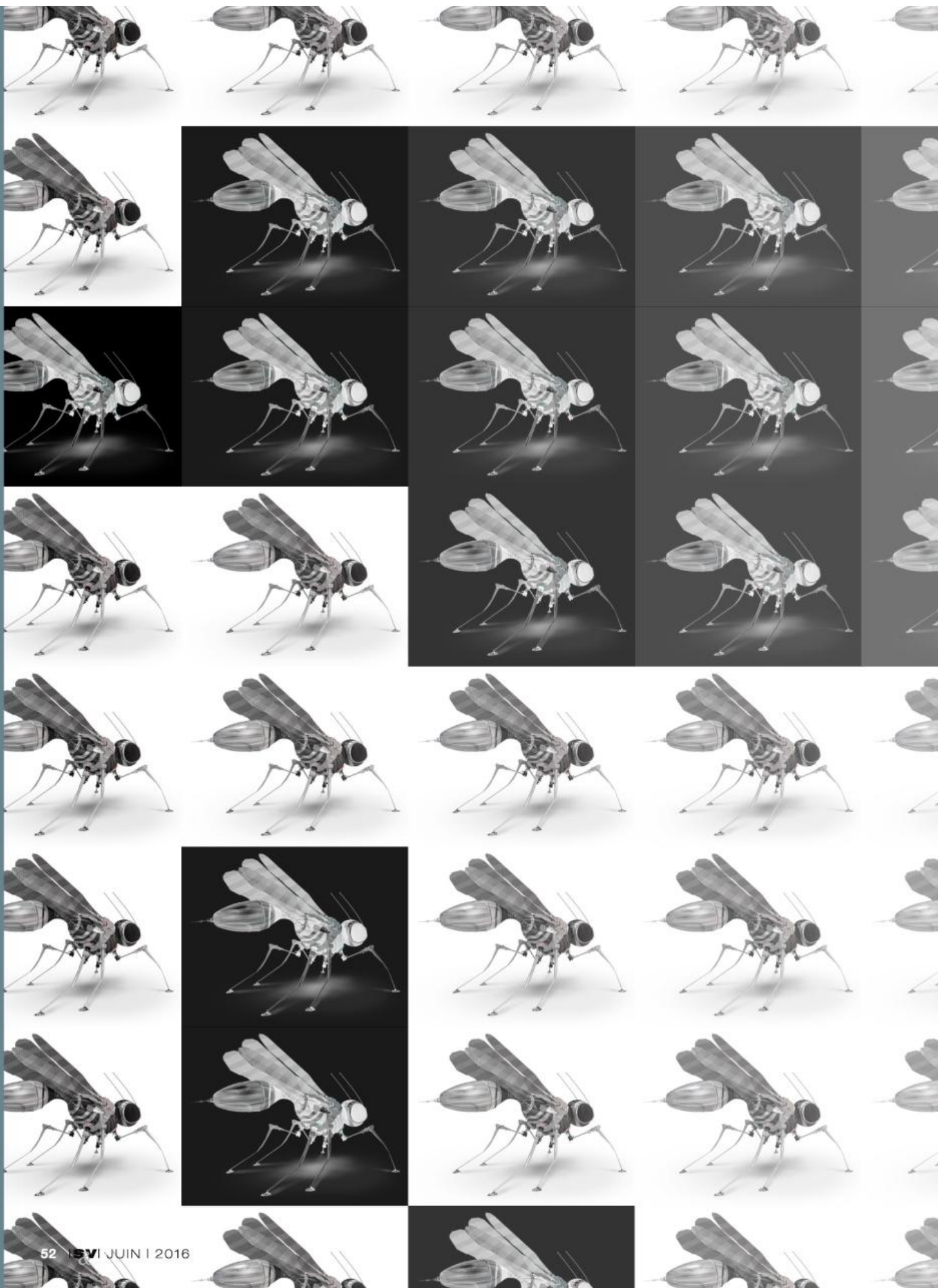
☐ Oui je souhaite bénéficier des offres de Science&Vie et de ses partenaires

Avez-vous déjà effectué une croisière (maritime ou fluviale) ☐ OUI ☐ NON

Conformément à la loi "Informatique et Liberté" du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression de ces données par simple courrier. Crédits photos : * Rivages du Monde * IStock. Cette croisière est organisée en partenariat avec Rivages du Monde. Science&Vie est une publication du groupe Mondadori France, siège social : 8 rue François Ory - 92543 Montrouge Cedex.

Rivages du Monde

CRI6SV2P





APRÈS LES DRONES

LES MICRO ROBOTS

À LA UNE

SUR TERRE, SOUS L'EAU, DANS LES AIRS...
DEMAIN, ILS SERONT PARTOUT

Ils mesurent entre quelques millimètres et quelques centimètres. Ils peuvent voler, nager, marcher sur l'eau ou s'accrocher au plafond, bondir, se faufiler partout, porter cent fois leur poids. A la clé ? De multiples usages, qui commencent seulement à s'esquisser. Ceux-ci professionnels ou grand public... C'est sûr, une révolution est en marche. Les micro-robots arrivent ! Et ils risquent de déferler en masse dans notre quotidien. Car si les drones ont ouvert la voie, leur taille d'insecte, leurs performances, la possibilité de les produire en série changeant la donne. Demain, chacun pourrait posséder son microrobot. Ou plutôt, dix, cent, mille "e-insectes" !

PAR THOMAS CAVAILLÉ-FOL, FRÉDÉRIC LERT
ET GABRIEL SIMÉON

Préparez-vous : la nouvelle révolution de la robotique arrive. Et ce n'est pas celle de l'intelligence artificielle, dont les authentiques prouesses – la machine ne vient-elle pas de battre le champion du monde de go ? – ne garantissent pas que le Graal, cette incroyable intelligence généraliste dont l'évolution nous a dotés, sera atteint rapidement. Ce ne sont pas non plus les robots humanoïdes, dont les performances, bien que réelles, ne suffisent pas à faire notre égal : trop complexes, trop chers, leur avant-garde pourrait le rester encore longtemps, entre showrooms et usages très spécialisés.

Non, cette révolution-là, qui pourrait être plus impressionnante encore que l'arrivée des drones, se passe dans une autre dimension. Une dimension que notre attention ignore le plus souvent. Celle qui se situe entre plusieurs millimètres et quelques centimètres : la dimension des insectes. Des robots-insectes ? Pas assez grands pour qu'on les considère. Pas assez petits pour que la fée miniaturisation nous ensorcelle. Sans compter que les insectes, les vrais, ont beau fournir le plus large contingent de matière animée sur Terre, ils ne récoltent guère plus que notre dédain.

UN MICROMONDE DE ROBOTS-INSECTES

Et pourtant... C'est bien dans cet interstice entre deux mondes que la robotique est peut-être en train de faire sa percée la plus décisive. Car, surprise : dans ce micromonde où les insectes sont rois, les forces qui régissent la physique sont complètement chamboulées ! On peut marcher sur l'eau, se coller au plafond, encaisser sans broncher de brutales accélérations, soulever des centaines de fois son poids...

"Si vous réduisez un objet, disons un dé, 10 fois, alors sa surface sera divisée par 100, et son volume le sera par 1 000, car ce dernier dépend du cube de la longueur, explique Michaël Gauthier, directeur de recherche au département Automatique et systèmes micromécatroniques du CNRS. Conséquence : à mesure que l'on miniaturise,

À L'ÉCHELLE DES INSECTES, LES LOIS PHYSIQUES SONT CHAMBOULÉES

Dans le "micromonde" où les insectes sont rois, les forces qui régissent la physique n'ont pas la même influence qu'à notre échelle, offrant des perspectives inédites aux roboticiens. Celles liées au volume (dont la gravité) deviennent moins importantes que d'autres forces, notamment celles liées à la surface.



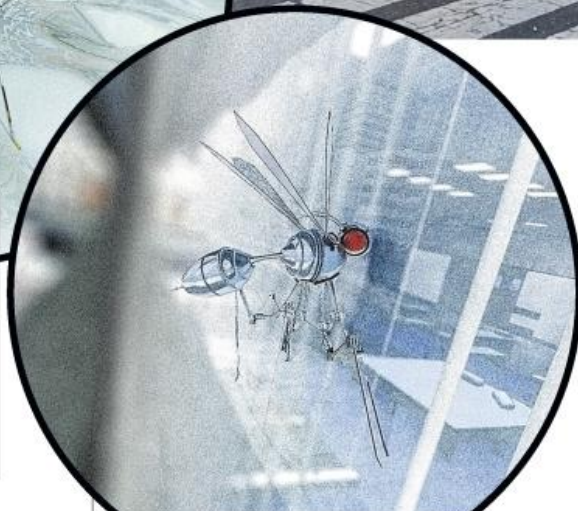
On peut marcher sur l'eau

Le poids d'un moustique robotique est très faible, si faible que la tension de surface, qui maintient l'intégrité de la pellicule d'eau, est plus importante : le moustique ne coule pas.

les forces liées au volume, dont la gravité fait partie, ont de moins en moins d'importance contrairement à d'autres, comme celles liées à la surface."

Voilà le secret des capacités des insectes que nous, humains soumis à la gravité, trouvons si extraordinaires. Ainsi la fourmi tombe-t-elle d'un immeuble sans se casser une antenne parce que sa vitesse maximale en chute libre est très faible, les forces de frottement de l'air n'étant plus si dérisoires comparées à la force de gravité.

Ce même effet d'échelle permet au bousier de pousser plus de 1 000 fois son poids ou à la mouche de marcher au plafond. "Inversement, les insectes



On résiste aux chocs

En cas de collision (ici contre une vitre), l'énergie cinétique du robot-moustique, qui dépend de sa masse, est très faible. Et les forces de compression produites par la décélération sont également minimales, laissant intact l'exosquelette.

doivent trouver surnaturelle notre capacité à prendre un bain, c'est-à-dire à briser la force de tension de surface qui maintient les molécules d'eau entre elles", s'amuse Michaël Gauthier.

Oubliez donc les robots géants : Power Rangers et Transformers ont un rapport



On peut rester collé au plafond

Quand il progresse au plafond ou sur un mur vertical, le robot-moustique peut compter sur les forces de van der Waals : ces forces qui font adhérer ses pattes à la surface sont, à cette échelle, supérieures à son poids.

On peut porter cent fois son poids

La puissance développée par les membres varie avec le carré de la taille (elle est proportionnelle à la section des muscles), alors que le poids est proportionnel au cube de la taille. Plus un robot est petit, plus le rapport entre sa force et sa taille est donc élevé. Un moustique robotique pourra ainsi porter plusieurs centaines de fois son propre poids.



voir plus

grand, juste-

ment : qu'en est-il si on les multiplie, assignant à dix, cent, mille micro-robots la même tâche ? Car comme chez les insectes, leur force réside aussi dans leur nombre.

Ce qui amène à s'interroger sur l'un des principaux défis de la microrobotique : le prix. Pour chaque euro gagné sur un micro-robot, ce sont des milliers d'économisés à l'échelle de l'essaim. Les technologies sont-elles prêtes ?

"Il ne suffit pas de miniaturiser la robotique existante pour créer un micro-robot, prévient Mehdi Boukallel, du laboratoire de robotique et de mesorobotique du CEA. Les contraintes de poids et de taille impliquent d'utiliser des matériaux et des procédés adaptés à cette échelle. C'est l'arrivée des composants MEMS [microsystèmes électromécaniques] dans les années 1980 qui a permis de développer la

microrobotique, laissant entrevoir de nouveaux moyens d'actionnement, de mesure et de microfabrication."

Ces systèmes, dont certains ne mesurent que quelques micromètres et qui mêlent engrenages et composants, réagissent aux champs électriques et magnétiques et peuvent capter une information ou induire une action selon les propriétés physiques de leurs matériaux de structure. *"Ainsi, les matériaux piézoélectriques permettent, sous l'effet d'une tension, de produire un actionnement avec une excellente densité de force volumique. C'est intéressant pour actionner des ailes, par exemple", illustre Mehdi Boukallel.*

LE DÉFI DE L'ALIMENTATION EN ÉNERGIE

Un microrobot doit aussi pouvoir communiquer, embarquer un capteur optique ou un minilaboratoire... Autant de systèmes et de procédés de fabrication connus et déjà utilisés dans l'industrie (voir l'infographie pp. 56-57). Tous, sauf un. *"Il n'existe pas de batterie miniature permettant d'alimenter assez longtemps un microrobot, confie Mehdi Boukallel. L'arrivée d'un tel dispositif serait une immense percée."*

Sur ce point, les recherches vont bon train : au Japon, une micropile à combustible de seulement 1 mg a été conçue ! A l'université de Californie, c'est la durée de vie d'une batterie au lithium qui a été multipliée par 400. Or, c'est ce type de batterie qui alimente les robots-termites de Harvard (lire p. 66). Des microrobots qui ne sont, en l'état, actifs que 24 heures tout au plus, avec une seule charge – même s'ils sont capables d'être en veille des mois durant.

Les microrobots pourraient également tirer leur énergie de leur environnement. Les cellules solaires

À LA UNE

seraient des candidats de choix : elles aussi bénéficient de l'effet d'échelle, l'énergie tirée dépendant de leur surface et non de leur volume. L'université de Bristol a ainsi mis au point un robot aquatique totalement autonome : sa pile à combustible microbienne fonctionne comme un estomac et se nourrit des bactéries trouvées dans l'eau ! Il pourrait donc nettoyer indéfiniment des surfaces polluées...

UNE INTELLIGENCE DE GROUPE

Le défi de l'alimentation pourrait être relevé plus tôt que n'osent l'espérer les roboticiens. C'est pourquoi les chercheurs s'empressent de peaufiner leurs prototypes, guidés par les trouvailles dont l'évolution a doté les insectes.

Parallèlement à cet aspect purement technologique, les chercheurs mettent au point des programmes d'intelligence qui permettront de faire émerger de véritables essaims de microrobots.

Nicolas Bredeche, professeur à l'Institut des systèmes intelligents et robotiques, explique : *"Notre travail est divisé en deux parties : la première consiste à observer le vivant. Bancs de poissons, fourmilières ou colonies de cafards sont autant d'exemples d'intelligence de groupe. Chaque individu prend des décisions très simples, basées par exemple sur la position de ses proches voisins, alimentant une véritable entité aux comportements complexes : l'essaim. La seconde partie consiste à créer des algorithmes pour reproduire ce genre d'interactions avec des robots."* Autre avantage de cette multiplication de la force de travail : chaque essaim peut accueillir ou perdre des effectifs sans que son fonctionnement en soit altéré.

Profitant de technologies arrivées à maturité ou sur le point d'y parvenir, misant sur l'intelligence collective à l'œuvre dans la nature, la "robodiversité" ne cesse de s'enrichir. Robots-abeilles, puces, fourmis... s'apprêtent à pointer antennes et pattes hors des laboratoires. Bienvenue dans le micro-monde.

T.C.-F.

MICROROBOT : LEURS 8 SECRETS TECHNOLOGIQUES

Composants ultraminiaturisés, capteurs optiques et réseaux de neurones artificiels... Les microrobots disposent d'un arsenal adapté à leurs contraintes de taille et de poids.

UN MODULE DE COMMUNICATION MINIATURE

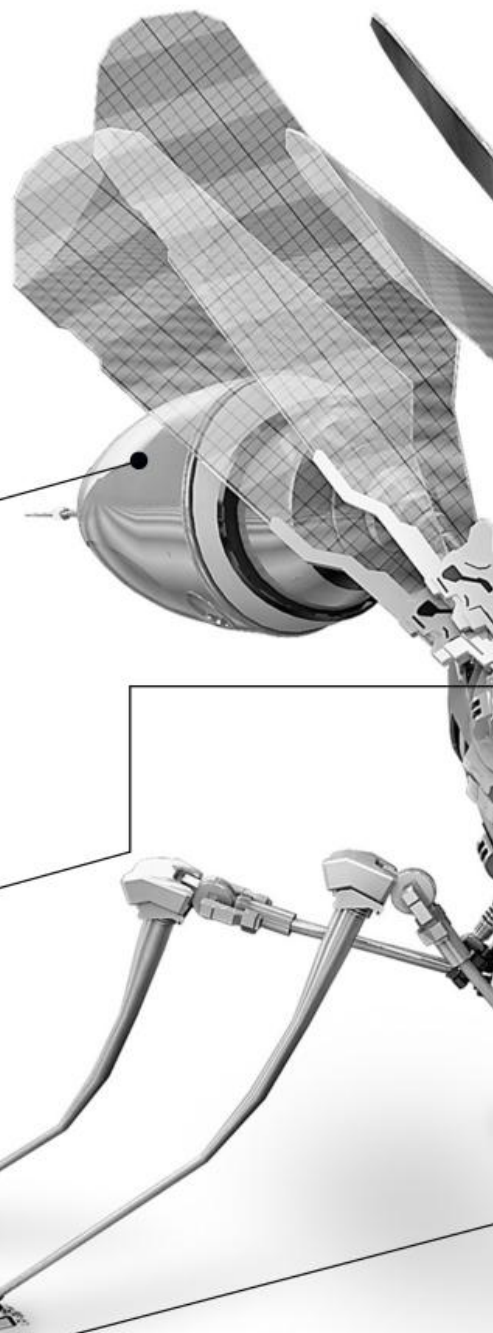
Pour communiquer, envoyer des mesures à leur opérateur ou se repérer dans l'espace, les microrobots sont dotés d'émetteurs/récepteurs miniaturisés fonctionnant avec la lumière (infrarouge...) ou les ondes radio (Bluetooth...).

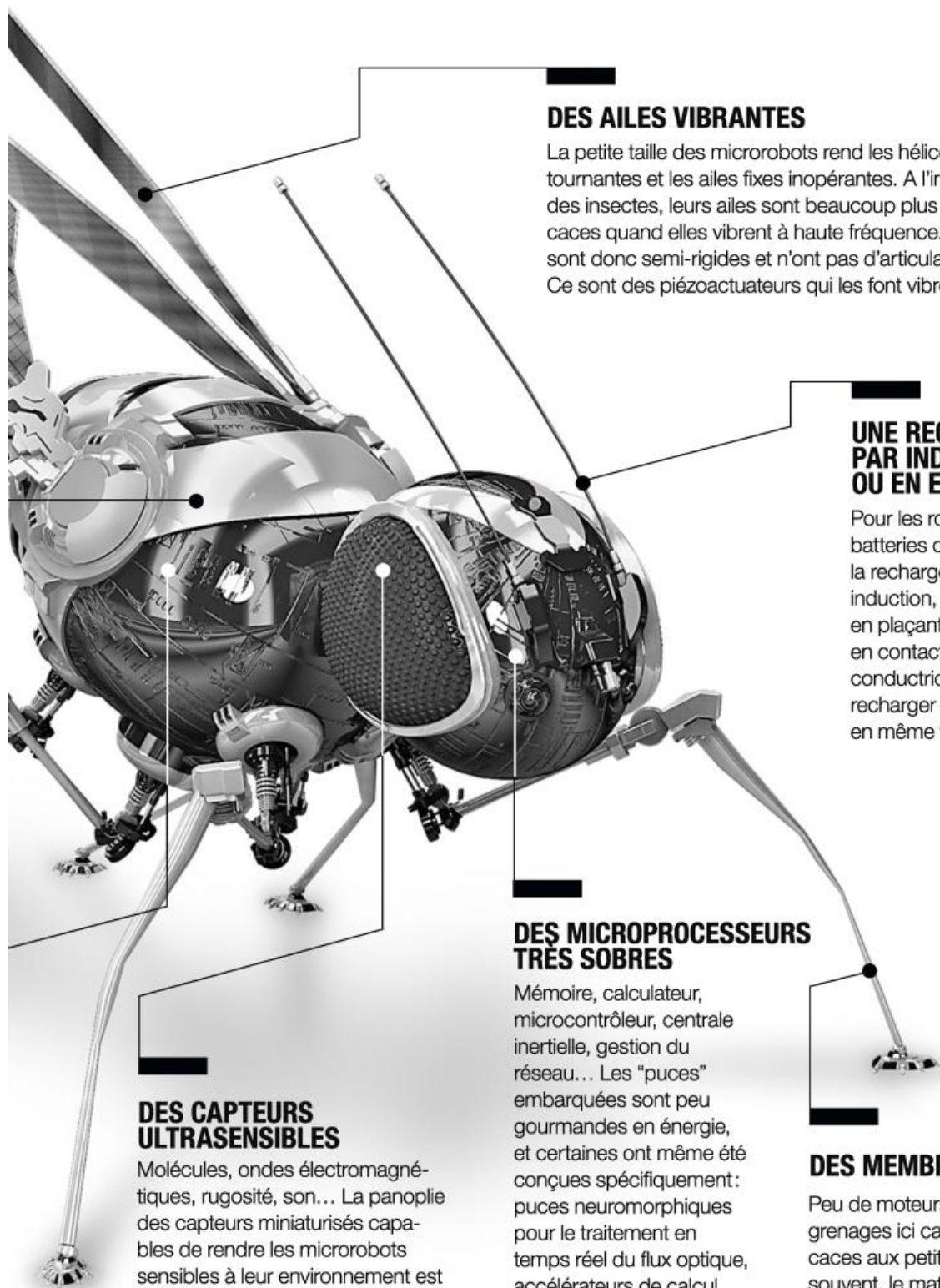
UN EXOSQUELETTE DÉFORMABLE

Pour protéger les "organes vitaux" des chocs et des agressions chimiques, ce sont, le plus souvent, des feuillets de polymères qui font office d'exosquelette. En faisant varier épaisseur et composition, les roboticiens permettent à certaines sections de se déformer.

DES SOURCES D'ÉNERGIE ADAPTÉES

Selon leur taille et leur design, les microrobots font appel, pour alimenter microprocesseurs et actuateurs, à des dispositifs issus de l'industrie électronique (cellules photovoltaïques, microbatteries lithium-polymère, microcondensateurs), ou de la microfluidique (micropiles à combustible).





DES AILES VIBRANTES

La petite taille des microrobots rend les hélices tournantes et les ailes fixes inopérantes. A l'instar des insectes, leurs ailes sont beaucoup plus efficaces quand elles vibrent à haute fréquence. Elles sont donc semi-rigides et n'ont pas d'articulation. Ce sont des piézoactuateurs qui les font vibrer.

UNE RECHARGE PAR INDUCTION OU EN ESSAIM

Pour les robots-insectes à batteries ou condensateurs, la recharge peut se faire par induction, sans contact, ou en plaçant les "antennes" en contact avec une barre conductrice pouvant recharger plusieurs unités en même temps.

DES MICROPROCESSEURS TRÈS SOBRES

Mémoire, calculateur, microcontrôleur, centrale inertielle, gestion du réseau... Les "puces" embarquées sont peu gourmandes en énergie, et certaines ont même été conçues spécifiquement : puces neuromorphiques pour le traitement en temps réel du flux optique, accélérateurs de calcul dédiés à la gestion de la locomotion...

DES CAPTEURS ULTRASENSIBLES

Molécules, ondes électromagnétiques, rugosité, son... La panoplie des capteurs miniaturisés capables de rendre les microrobots sensibles à leur environnement est très large. Parmi eux, les capteurs de flux optique, sortes de micro-caméras ultrasensibles aux variations d'intensité lumineuse, permettent d'esquiver les obstacles.

DES MEMBRES SEMI-RIGIDES

Peu de moteurs électriques et d'engrenages ici car ils sont moins efficaces aux petites échelles. C'est, souvent, le matériau même des membres, rigides mais déformables, qui sert au mouvement : alliages à mémoire de forme, polymères photosensibles ou électrosensibles...

À LA UNE

IJNEWIND/SHUTTERSTOCK

LE ROBOT-ABEILLE

Il réinvente le vol grâce à ses ailes vibrantes

Au cours de millions d'années de tâtonnements, la nature a patiemment perfectionné deux systèmes de vol : les ailes battantes et les ailes vibrantes. Les premières, dotées d'une structure rigide et d'articulations, sont l'apanage des oiseaux. Une équipe de Harvard s'en est inspirée pour développer le RoboBee. Chez ce robot miniature de 65 mg pour 3 cm d'envergure, un actionneur entraîne une structure rigide qui suit un mouvement imposé de battement et retournement des ailes, sans déformation. Une mécanique propre aux engins centimétriques. *"En dessous du centimètre, on arrive aux limites de ce que peut offrir l'aile battante",* note Sébastien Grondel.

Avec son projet Clear-Flight, ce professeur de l'université de Valenciennes a choisi de suivre l'autre voie inventée par la nature : celle des ailes vibrantes. *"L'aile battante fournit la portance [force qui permet de se maintenir en altitude] grâce à sa force d'inertie, qui exige beaucoup d'énergie, explique-t-il. Pour entrer dans le monde des*

insectes, où les volumes et les masses disponibles exigent de travailler avec très peu de puissance, il faut faire comme la nature : changer de logique et réinventer le vol."

Et ce, en exploitant la physique telle qu'elle se manifeste à l'échelle des abeilles : l'inertie des ailes ne suffit pas à compenser la viscosité de l'air, qui prend la texture de l'huile, tandis que des turbulences se produisent à l'avant des ailes.

Des centaines de battements par seconde

Ces caractéristiques étranges, Clear-Flight s'en accommode très bien. Car ce microrobot de 20 mg fait appel à la mécanique flexible : ses ailes ne battent pas, mais se tordent et fléchissent. Imaginez une règle souple appuyée sur un coin de table : une pichenette à son extrémité peut engendrer une vibration puissante. Dans la nature, une abeille utilise ses muscles pour faire vibrer son thorax. Et c'est cette vibration qui peut entraîner les ailes à plusieurs centaines de battements par seconde.

CARACTÉRISTIQUES

OÙ Université de Valenciennes (IEMN), avec l'Ensiame, Thurmelec, l'Onera et Arts et Métiers ParisTech Lille

TAILLE 2,5 cm

POIDS 20 mg

ÉNERGIE Electricité

Chez Clear-Flight, un actionneur composé d'un aimant et d'une bobine reproduit ce mécanisme. Le courant circulant dans la bobine attire et repousse alternativement l'aimant, dont les mouvements font vibrer le "thorax" et la paire d'"ailes" qui y est attachée. L'amplitude des mouvements des ailes atteint 15° en torsion et 20° en flexion, ce qui ressemble peu ou prou aux mouvements des bras dans la brasse papillon. *"Ces valeurs sont inférieures à celles des insectes [40° et 70°], mais la force de poussée produite atteint aujourd'hui 30 mg, précise Sébastien Grondel. Suffisant pour permettre à notre robot de se soulever. Et nous pouvons encore optimiser le mouvement des ailes."*

Avec un premier décollage réalisé en avril, l'équipe de Clear-Flight revendique la paternité du plus petit robot volant utilisant ce principe dit "vibratoire résonant". Mais le projet, qui entre dans sa troisième et dernière

B.BOURGEOIS - GETTY - N.BRUNDLE/GETTY - ERIC FLOIGNY/PICTURETANK



SÉBASTIEN GRONDEL

Responsable du projet Clear-Flight à l'université de Valenciennes

Pour miniaturiser notre robot, il a fallu faire comme la nature et changer de logique

année de développement, doit encore faire face à plusieurs obstacles.

D'abord, celui de la source d'énergie : Clear-Flight (comme RoboBee) dépend encore d'une alimentation électrique extérieure. Les chercheurs regardent du côté des micropiles à combustible de quelques milligrammes. De quoi, a priori, rendre autonome Clear-Flight... mais pas RoboBee, qui fait face à un défi autrement considérable, puisque son cœur piézo-électrique exigerait dix fois plus d'énergie pour fonctionner.

Autre défi : la commande de l'appareil. *"Le faire évoluer dans toutes les directions exige d'utiliser plusieurs actionneurs qu'il faudra alimenter"*, souligne Sébastien Grondel. Pour qu'il puisse se repérer dans l'espace, il faudra ensuite équiper le robot d'une centrale inertielle et d'accéléromètres. Et, à terme, car telle est l'ambition finale de ce type de microrobot volant, lui greffer une charge utile et un système de communication. **F.Le.**

> Un actionneur constitué d'un aimant et d'une bobine fait vibrer le thorax... et décoller le robot.



Ce qu'il pourra faire

Les usages potentiels de ces microrobots à peine plus grands qu'une abeille et dotés des mêmes aptitudes de vol sont multiples : ils pourraient par exemple contribuer à la pollinisation des cultures ; aider les scientifiques à mieux comprendre le vol des insectes ; se rendre utiles à l'armée, en embarquant caméras, capteurs chimiques et autres détecteurs de mouvement (voire participer à des attaques en essaim) ; assister les services de secours ; renouveler, dans la lignée des drones commerciaux, le genre de la photo aérienne ; sans compter de nombreux usages ludiques.

LE ROBOT-CAFARD

Très résistant, il s'aplatit pour se glisser partout

Les cafards, c'est connu, ont un talent certain pour courir le long des murs et se glisser dans les plus petites cavités... et ce grâce à une incroyable faculté : celle d'aplatir leur corps. En comprimant leur exosquelette, ils parviennent à ramper à travers des ouvertures mesurant à peine un quart de leur hauteur ! Il leur suffit pour cela de modifier la posture de leurs six pattes, le tibia prenant le relais du tarse (l'extrémité de la patte) comme point d'appui. Cette souplesse s'accompagne d'une étonnante résistance, puisque l'exosquelette du cafard peut supporter une force de

compression égale à plusieurs centaines de fois sa masse lorsqu'il pénètre brutalement dans une cavité.

C'est ce modèle animal qui a guidé la conception du microrobot Cram (pour "robot compressible avec mécanismes articulés") de l'université de Californie, à Berkeley. Long de 18 cm et haut de 7,5 cm, le Cram fait office de géant dans la ménagerie des microrobots – bien qu'il ne pèse, batterie comprise, que 46 g. Sa structure flexible et son exosquelette déformable, inspiré des "plaques" recouvrant l'abdomen des cafards, lui permettent cependant de passer à travers des ouvertures de 3,5 cm

de hauteur tout en supportant une force de compression de 1 kg. Certes, moins vite que dans la "position haute" qui fait de lui un sprinteur, mais à un respectable 14 cm/s.

Pour le fabriquer, les chercheurs ont utilisé les Smart Composite Microstructures mises au point à Berkeley : un assemblage de feuilles rigides (carton, carbone ou fibre de verre) prenant en sandwich une feuille de polymère. L'ensemble est découpé au laser. Sous sa "carapace", le robot est équipé d'actionneurs transmettant aux pattes la puissance de deux micro-moteurs. **F.Le.**



LE ROBOT-TÊTARD

Il ondule sous l'eau, dirigé par la seule lumière

Ni rames, ni pales d'hélice, ni hydrojet... Le robot-têtard mis au point par l'équipe de Xiaojun Tian, au laboratoire de robotique de

l'Institut Shenyang, en Chine, ne doit rien aux techniques classiquement employées pour faire progresser une machine sous l'eau. "Dans la nature,

les micro-organismes nagent essentiellement de deux manières, explique le chercheur dans une étude publiée il y a quelques mois. Ils

CARACTÉRISTIQUES

OÙ Institut Shenyang (Chine)

TAILLE 2,8 cm de longueur

POIDS 31,9 mg

ÉNERGIE Lumière

> Comme un têtard, ce robot dispose d'un flotteur, qui lui permet de se mouvoir sans dépenser trop d'énergie.



CARACTÉRISTIQUES

OÙ Université de Californie, à Berkeley (Etats-Unis)

TAILLE 18 cm de longueur, 7,5 cm de hauteur

POIDS 46 g

ÉNERGIE Batterie

< Le Cram peut comprimer son exosquelette (de 7,5 cm à 3,5 cm de hauteur) tout en supportant une force de 1 kg.

Ce qu'il pourra faire

"Notre microrobot est la première étape menant à la conception d'un robot à bas coût qui pourrait être utilisé lors de catastrophes : un essaim de robots équipés de capteurs pourrait par exemple détecter des personnes ensevelies sous des débris", explique Robert J. Full, le responsable du projet.

À LA UNE

disposent en général d'un flagelle [filament mobile], soit de forme hélicoïdale, soit de forme allongée et flexible. Nous nous sommes inspirés de ce second type de solution."

A l'échelle de la dizaine de millimètres, la physique de la nage n'est plus la même qu'à l'échelle humaine. Les forces de surface devenant prépondérantes, le liquide "colle" littéralement aux bactéries, aux spermatozoïdes... et aux microrobots. Battre des nageoires est vain. Faire onduler un flagelle, en revanche, est efficace, car la masse à déplacer, très petite, nécessite peu d'énergie.

Une pince contrôlée à distance

Encore fallait-il trouver comment faire onduler un microrobot, et comment le diriger. L'équipe chinoise propose une solution aussi simple qu'élégante. Le "muscle" de son robot tient dans un film polymère contenant une molécule, l'azobenzène, qui est

chromophore : elle change de forme selon la nature de la lumière qu'elle reçoit. Sous l'action des UV, le film se contracte ; éclairé par de la lumière visible, il reprend sa forme initiale. La couche supérieure du film est plus exposée aux UV, ce qui produit un mouvement de torsion. La suite est simple : les déformations répétées du matériau, sous l'effet des flashes lumineux, font onduler le flagelle, l'azobenzène changeant de forme en moins de 200 microsecondes. En plaçant des LED de part et d'autre du robot, les chercheurs le dirigent et contrôlent sa vitesse (une centaine de micromètres par seconde).

La même technique a permis de doter le robot-têtard d'une pince, placée à l'avant de sa "tête", capable de s'ouvrir et de se fermer sur commande. "Nous allons remplacer les LED par des lasers, afin de contrôler le robot sur de plus longues distances", annonce Xiaojun Tian. **F.Le.**

Ce qu'il pourra faire

Piscines de refroidissement nucléaires ? Canalisations industrielles complexes ? Le microrobot nageur pourrait être utilisé pour des travaux de micromanipulation ou de transport (réparation, pose de capteurs...) dans des environnements liquides particulièrement dangereux ou difficiles d'accès, où le recours à des champs magnétiques ou des câbles (pour l'alimenter en énergie et le guider) n'est pas envisageable, mais où il serait en revanche possible de faire passer des flashes lumineux précisément calibrés.

LE ROBOT-FOURMI

Il réussit à tracter jusqu'à 2 000 fois son poids

Tirer à lui seul un fardeau de 22,5 kg ; déplacer un mug rempli de café sur une table sans en renverser une goutte... A priori, rien d'épatant pour un robot. Sauf que celui-ci joue dans une catégorie très éloignée des machines manutentionnaires classiques : celle des poids plume. Le Microtug (microremorqueur) conçu à l'université Stanford, en Californie, ne mesure que 2,5 cm et ne pèse que 12 g. Mais ne vous fiez pas aux apparences. Ce petit robot est un redoutable athlète, capable de tracter près de 2 000 fois son propre poids !

De petits animaux comme la fourmi, l'araignée ou le scarabée sont coutumiers de tels efforts depuis des millions d'années. Et c'est justement leur gabarit miniature qui leur permet de déplacer des charges très lourdes (par rapport à leur poids). En effet, la puissance d'un organisme est proportionnelle à la taille au carré, alors que le poids est proportionnel à la taille au cube. Autrement dit, en divisant la taille par 10, le poids

est divisé par 1 000, mais la puissance ne l'est que par 100.

Et ce n'est pas le seul avantage exploité par les Microtugs. Ils peuvent aussi compter sur des forces à l'œuvre entre leurs "pattes" et la surface sur laquelle elles reposent : *"Lorsque deux matériaux sont suffisamment proches, à une distance de l'ordre de l'atome, leurs champs électriques ont tendance à s'attirer"*, expose David Christensen, docteurant en ingénierie mécanique à Stanford et cocréateur du robot. Ce sont ces forces, dites de van der Waals, qui permettent à une fourmi d'adhérer au sol lorsqu'elle tracte une lourde charge – au lieu de glisser vers sa prise.

Pour tirer le maximum de ces forces de surface, prépondérantes aux petites échelles, le Microtug dispose, au niveau du "ventre" (sous une microbatterie, un processeur et des moteurs électriques, et entre un microtreuil et deux minuscules roues), d'une dalle adhésive constituée d'une série de microtuges en silicone.

DAVID CHRISTENSEN
Cocréateur du Microtug à l'université Stanford

Plus on construit petit, plus le ratio entre la force et le poids devient intéressant



CARACTÉRISTIQUES

OÙ Université Stanford (Etats-Unis)

TAILLE 2,5 cm de longueur

POIDS 12 g

ÉNERGIE Batterie

S'il ne parvient pas à tirer une charge en roulant – parce que, la charge étant trop lourde, les roues se mettent à patiner –, l'axe portant les roues est relevé, et la dalle adhésive plaquée au sol. Le treuil commence alors à enrouler le câble de remorquage. *"A mesure que le robot continue de tirer sur le câble, les tiges s'écrasent sur toute leur longueur contre la surface, augmentant la zone de contact, et donc la puissance d'adhérence"*, décrit le chercheur.

A six, ils ont remorqué une voiture !

Une fois le microremorqueur fermement scotché au sol, sa force (jusqu'à 45 newtons) ne dépend plus que de la puissance de son treuil. Lorsque ce dernier arrive en bout de câble, les tiges se redressent et libèrent le robot, qui repart, en roulant, jusqu'à s'arrêter pour une nouvelle séquence de remorquage, de nouveau plaqué au sol. Lors d'un test en laboratoire, le robot a ainsi réussi à déplacer une charge de 22,5 kg en la tirant de quelques millimètres toutes les trois secondes.

Plus impressionnant : le Microtug peut aussi remorquer des objets à la verticale ! Une variante de 9 g, dépourvue de roues mais dotée de deux dalles adhésives – qui adhèrent à la paroi à tour de rôle – est capable de hisser une charge de 1,1 kg (122 fois son poids) en progressant de 3 mm par seconde sur une paroi de verre – une allure respectable pour un si petit robot.

"Notre Microtug peut opérer sur différentes surfaces : il excelle sur

le verre et présente de bons résultats sur l'acier et le bois", vante son créateur. En revanche, il est presque inutilisable sur le béton et l'asphalte, dont la rugosité annihile – pour l'heure – sa capacité d'adhérence.

S'inspirant des fourmis et convaincus que "l'union fait la force", les chercheurs ont également tenté de faire travailler leurs robots en équipe. Pari gagnant : disposés en ligne, six Supertugs (pesant cette fois 100 g chacun) ont réussi à tirer... une voiture et son chauffeur. Soit une charge de 1,8 tonne : 3000 fois le poids de l'équipe ! *"Plus on construit petit, plus le ratio entre la force et le poids devient intéressant, pointe David Christensen. La taille des moteurs dotera les gros robots de vitesse et de puissance brute, quand les plus petits pourront bénéficier de l'adhérence pour opérer dans des milieux à échelle humaine."*

Son équipe s'est fixé d'autres objectifs : permettre aux Microtugs d'affronter des terrains rugueux, de franchir des obstacles et de tourner sur une surface verticale. Comme les fourmis... Et comme elles, ces robots seront bientôt amenés à opérer en colonie. **G.S.**

◀ Doté de deux dalles adhésives, ce microremorqueur peut même hisser des objets à la verticale.

Ce qu'il pourra faire

Les fantastiques capacités des microremorqueurs – tirer et hisser de lourdes charges, grimper à la verticale, travailler en équipe – pourraient être exploitées dans des domaines variés : le bâtiment (pour colmater les microfissures d'une structure), le nettoyage (pour déboucher un conduit inaccessible à l'homme) ou l'assistance aux personnes. *"Nous espérons utiliser ce genre de petits robots configurables en équipe lors d'opérations de recherche et de secours", anticipe David Christensen.*

À LA
UNE

LE ROBOT-ARAIGNÉE D'EAU

Il bondit sur l'eau sans risquer de couler

Alors que la plupart des êtres vivants couleraient à pic, ce micro-robot réussit l'exploit de se maintenir à la surface de l'eau. Et ce n'est pas tout. Comme les araignées d'eau dont il s'inspire, il peut aussi sauter en l'air à partir d'une étendue d'eau, trois fois plus haut que la taille de ses longues jambes ! Le tout sans même se mouiller...

Le secret de telles aptitudes ? Outre la substance hydrophobe (repoussant l'eau) qui recouvre ses pattes, leur permettant de tenir à la surface de l'eau et de s'en extraire plus facilement, le robot tire profit de sa corpulence ultraréduite. Né au laboratoire de biorobotique de l'université de Séoul, il pèse moins de 70 mg. Son tronc et ses quatre pattes, majoritairement constitués de nickel et de titane, ne mesurent que 2 et 5 cm. Une carrure minuscule qui lui permet de se mettre les lois de la physique dans la poche en bénéficiant d'une force à l'œuvre à l'interface entre l'air et l'eau : la tension superficielle.

Contrairement aux robots aquatiques, contraints de se propulser à toute vitesse pour rester à la surface sans couler, cette araignée mécanique est si fine et si légère que la pellicule d'eau se comporte sous ses pattes comme un élastique. Elle fait bloc au lieu de rompre.

Catapulté à près de 6 km/h

"Pour que notre robot bénéficie de la force de tension superficielle, le diamètre de ses jambes devait être inférieur à 1 mm, sinon d'autres forces – gravitationnelle, inertielle... – auraient pris le dessus, précise Ho-Young Kim, spécialiste de biorobotique à l'université de Séoul. Nous l'avons donc doté de pattes dix fois moins épaisses que cette limite."

Grâce à sa silhouette, le robot peut aussi bondir au-dessus de l'eau. Ses pattes, aux extrémités recourbées vers le haut, ont été taillées pour ne pas s'enfoncer de plus de 3,8 mm à chaque saut – au-delà, la surface de l'eau se briserait, prédit le chercheur. Il prend appui sur l'interface air-eau

CARACTÉRISTIQUES

OÙ Laboratoire de biorobotique de l'université de Séoul (Corée du Sud)

TAILLE 7 cm de longueur

POIDS 70 mg

ÉNERGIE Ressort

et minimise l'énergie nécessaire au bond qui se dissipe dans l'eau.

Ce saut s'apparente d'ailleurs plutôt à un catapultage. *"L'une des pièces d'alliage du robot agit comme un loquet, libérant le mécanisme de saut [une sorte de ressort] lorsqu'elle est chauffée via un fil placé sous le robot"*, explique Ho-Young Kim. Le tronc fuse alors vers le haut – à près de 6 km/h, une vitesse folle pour un si petit robot ! – et les jambes se redressent en effleurant la surface de l'eau. Sans s'enfoncer. **G.S.**

Ce qu'il pourra faire

Jouer la vigie antipollution dans les marais, collecter des déchets à la surface de l'eau, tout en esquivant d'un bond les obstacles... Les impressionnantes capacités de ce micro-robot ne manquent pas d'intérêt. *"Il pourrait être utile lors de missions d'observation ou d'exploration simples, mais très spécifiques, partout où des robots plus gros ne pourront pas aller, balaie Ho-Young Kim. Le tout avec un coût de fabrication beaucoup moins élevé."*



> Les pattes de cette araignée robotique sont recourbées pour ne pas s'enfoncer dans l'eau.

> Au moindre obstacle, la puce robotique bondit, propulsée par un *jetpack* logé sous son "ventre".



CARACTÉRISTIQUES

OÙ Centre de robotique de l'université du Maryland (Etats-Unis)

TAILLE 4 mm de longueur

POIDS 0,3 g

ÉNERGIE Explosifs chimiques

LE ROBOT-PUCE

Il franchit les obstacles en sautant 20 fois sa taille

Imaginez un robot humanoïde de 1,75 m, capable de bondir en un dixième de seconde au sommet d'un immeuble de 35 m... Un rêve de roboticien. Mais un rêve irréalisable. Car un tel Spiderman mécanique subirait inmanquablement de sévères dommages lors du saut, l'accélération en jeu se traduisant en forces insupportables pour sa structure.

Des chercheurs du centre de robotique de l'université du Maryland ont pourtant réussi à concevoir un robot capable de pareille prouesse... sauf qu'il est minuscule. Leur robot, un hexapode de 4 mm tout juste équipé de quelques condensateurs et transistors emballés dans un châssis en plastique, s'est en effet projeté à une altitude 20 fois supérieure à sa taille – soit l'équivalent, rapporté à son échelle, de ce bond de 35 m. Et ce, en un dixième de seconde!

Là encore, le secret tient à sa carapace ultraréduite et à son poids plume (0,3 g). *"A accélération égale, un petit robot ne subit pas la*

même force qu'un robot plus grand, expose Thomas Steinmann, ingénieur d'études à l'université de Tours. *Il peut encaisser une accélération beaucoup plus importante, et dégringoler des dizaines de fois sa taille sans être détruit."*

Il décolle comme une fusée

A quoi bon doter les microrobots d'une telle capacité? C'est que chez une si petite machine, le moindre tas de poussière peut faire barrage. *"Notre robot peut facilement se déplacer sur des terrains accidentés sans se soucier de sa stabilité ni des obstacles",* vante Sarah Bergbreiter, qui a supervisé sa conception.

Avec son équipe, elle cherche encore à optimiser le saut. En l'état, c'est une pastille de silicone poreux de 2 mm de diamètre, logée sous le ventre du robot, qui fait office de *jetpack* (propulseur). L'envol s'apparente moins à un saut de puce qu'au décollage d'une fusée.

Sauf qu'ici, pas de

compte à rebours. La mise à feu a lieu lorsque le photodétecteur du robot détecte un seuil lumineux. Une résistance chauffe alors la pastille et déclenche une réaction chimique entre le silicone et le perchlorate de sodium contenus dans ses pores, libérant brutalement des gaz.

Récemment, les chercheurs sont parvenus à faire bondir un robot similaire à 40 cm de hauteur, soit 100 fois sa taille. *"Il est doté d'un système de propulsion à ressorts, que nous devons encore déclencher nous-mêmes avec une pince",* précise Sarah Bergbreiter.

S'il accède un jour à l'autonomie, le robot-puce concurrencera les champions naturels du saut en hauteur, les cercoptes, des insectes capables de sauter 100 fois leur taille. Faisant faire un bond de géant à la robotique. **G.S.**

Ce qu'il pourra faire

Rechercher des survivants en terrain sinistré, surveiller une zone ou effectuer des missions d'observation (pour ne pas dire d'espionnage): voilà l'avenir que ses créateurs envisagent pour ce robot-puce. Ce n'est donc pas un hasard si ces recherches sont menées en collaboration avec l'armée américaine... qui pourrait privilégier des missions là où le sol, instable, ne se prête ni à la marche ni à la locomotion sur roues. Et qui sait si le robot-puce ne ferait pas un bon explorateur des sols poudreux de planètes du système solaire?



À LA UNE

• LES ROBOTS-TERMITES

Déployés en colonie, ils font preuve d'intelligence

Voilà un robot qui a le sens de l'organisation. Non qu'il sache planifier ses tâches ou mettre de l'ordre dans ses pensées... Son talent s'observe plutôt en groupe : chez les robots-insectes, le Kilobot, à l'instar des termites, est le roi de l'intelligence collective.

Né en 2011 à l'Institut Wyss de l'université Harvard, ce robot pas plus large qu'une pièce de 2 euros se décline en effet au pluriel : seul, ce n'est qu'une machine fragile et peu dégourdie ; en colonie (jusqu'à 1 024 individus pour l'instant), il accomplit des merveilles.

Une colonie de Kilobots peut ainsi s'auto-organiser pour prendre la forme d'une étoile, d'une clé à molette, d'une lettre de l'alphabet... bref, de n'importe quel motif.

L'intérêt ? Dans la nature, des groupes constitués de centaines de spécimens, voire bien davantage, tirent profit de leur incroyable capacité de coordination : les bancs de poissons bifurquent

au quart de tour devant un prédateur, les colonies de termites construisent des abris sophistiqués... Chez les microrobots, cette aptitude est la promesse de pouvoir répartir tous les individus de manière optimale, sans supervision, que ce soit pour suivre un schéma de construction (chaque "micro-ouvrier" s'installant seul à son "poste de travail") ou un plan d'intervention (pour contenir une fuite, par exemple).

Pour ce faire, les Kilobots n'ont pas besoin de connaître leur position ni leur destination, encore moins de répéter la chorégraphie de leur futur ballet. Ils peuvent aussi se disperser aléatoirement ou suivre un "leader" en file indienne. Leur secret : l'efficacité avec laquelle chaque entité interagit

CARACTÉRISTIQUES

OÙ Institut Wyss de l'université Harvard (Etats-Unis)

TAILLE 3 cm de diamètre

NOMBRE 1 024 unités par essaim

ÉNERGIE Batterie

avec ses voisins. "Ils communiquent et déterminent la distance qui les sépare les uns des autres grâce à un émetteur-récepteur infrarouge situé entre leurs trois pattes rigides", décrit Claude-Alain Nessi, de l'entreprise suisse K-Team, qui les commercialise.

En pratique, le signal émis est réfléchi par la surface sur laquelle ils évoluent – avec une portée de trois robots. Son intensité permet d'évaluer la distance à laquelle se trouve l'émetteur. Les Kilobots disposent d'un microcontrôleur et de deux moteurs électriques vibrants pour se déplacer en ligne droite ou tourner.

Des capacités assez limitées, mais néanmoins suffisantes pour exécuter

“

CLAUDE-ALAIN
NESSI

Directeur
des ventes chez
K-Team (Suisse),
qui commercialise
les Kilobots

*Nos Kilobots
communiquent entre
eux et savent évaluer la
distance qui les sépare*



B. BOURGEOIS - HARVARD UNIV



un complexe algorithme d'auto-assemblage, comportant trois fonctions primitives. Un Kilobot peut longer les bords du troupeau, s'attribuer un "gradient de proximité" pour évaluer sa distance à un robot "source" en fonction des gradients de proximité de ses plus proches voisins, ou encore former un système de coordonnées, basé sur des collègues immobiles, pour se localiser.

Saisissants de précision

Lors d'un réassemblage, quand la colonie passe d'un motif à un autre, quatre robots immobiles servent de jonction entre l'ancienne forme et la nouvelle: ce sont les "sources". Le ballet commence par les Kilobots les plus éloignés, qui quittent tour à tour leur position pour longer le groupe jusqu'aux sources, en se référant aux gradients. A partir de là, chacun se sert des signaux issus des robots sources, immobiles, pour se trouver une place dans la forme.

Si le résultat est toujours saisissant de précision, les chercheurs ont remarqué que l'obtention d'un même motif pouvait varier d'une fois sur l'autre, car les Kilobots ne connaissent pas à l'avance leur position finale et laissent parfois libre cours à l'improvisation... Ce qui se révèle être un avantage: au sein de groupes aussi grands, les imprécisions de trajectoire s'accumulent vite. *"Beaucoup d'erreurs sont corrigées par le simple échange d'informations avec les voisins"*, indiquent dans une étude les créateurs des Kilobots.

Le procédé, pour être très efficace, n'en est pas moins lent: il faut actuellement jusqu'à plusieurs heures aux Kilobots pour composer les configurations les plus complexes. Une vitesse d'exécution très modeste... mais qui est aussi la rançon de la simplicité de ces termites robotiques. *"Les Kilobots ont du succès parce que leurs composants sont peu coûteux, fait valoir Claude-Alain Nesi. Les robots plus grands sont généralement équipés de blocs-moteurs beaucoup plus onéreux, ce qui limite la taille maximale de l'essaim."*

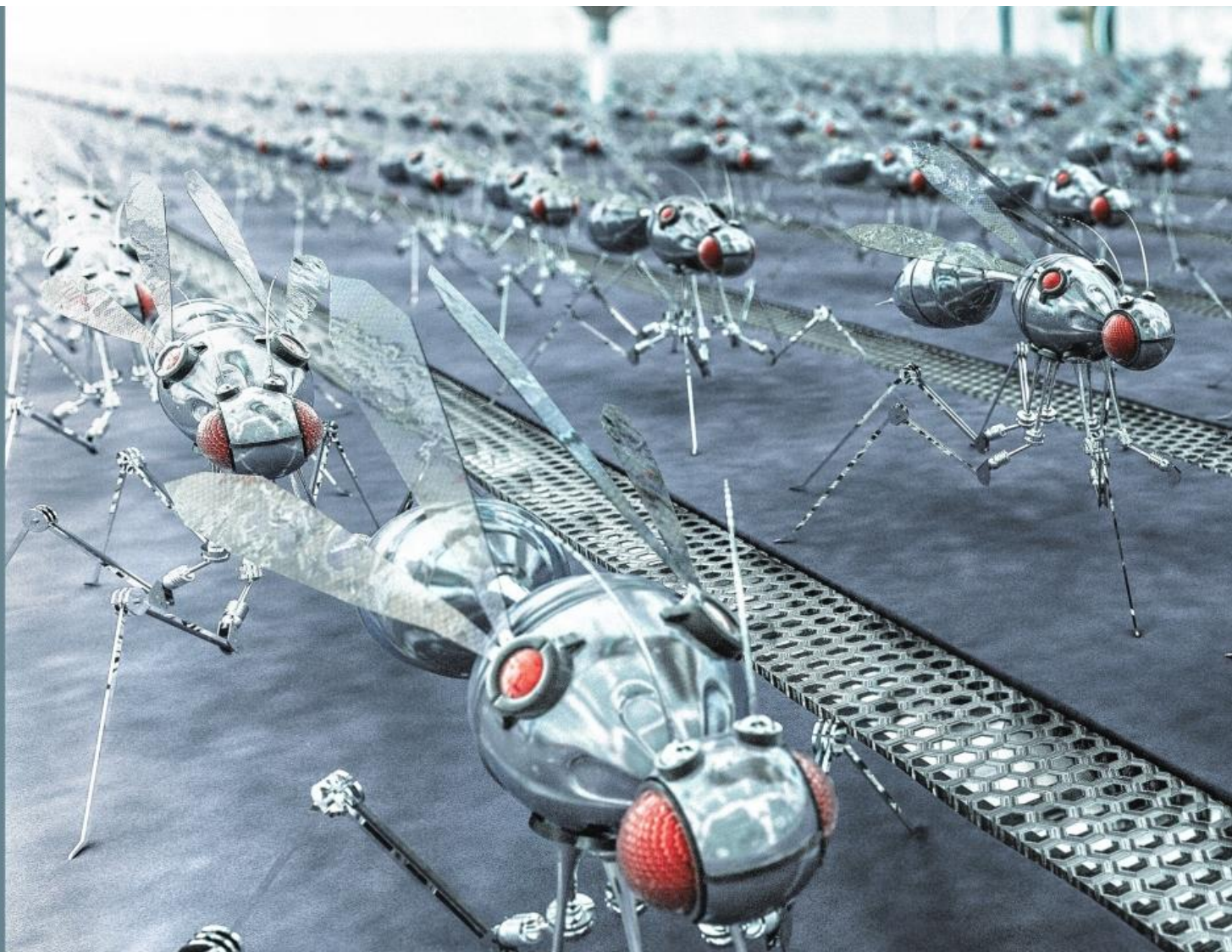
< Les Kilobots se coordonnent collectivement pour prendre la forme voulue.

Or, pour les chercheurs qui exploitent les Kilobots afin d'étudier les comportements collectifs au sein de larges colonies, l'espace et le budget à disposition incitent à privilégier les robots les plus simples. Sachant par ailleurs qu'il serait inenvisageable de devoir recharger chaque jour les batteries de mille robots ayant la taille et la complexité d'un chien, par exemple. Les Kilobots, eux, font le plein d'énergie par dix, simplement en accrochant leur broche à une barre de chargement. **G.S.**

Ce qu'ils pourront faire

Les Kilobots ont initialement été conçus dans le but de fournir à d'autres chercheurs un outil peu coûteux pour étudier les comportements collectifs au sein de grands groupes. *"C'est dans le cadre de ces recherches que seront inventées les futures applications des Kilobots"*, estime Claude-Alain Nesi, de la société K-Team, qui les commercialise. Et qui les imagine d'ores et déjà aptes à se rendre utiles dans l'aide à la personne (tâches ménagères, etc.), la logistique (manutention, en essaim, de petits objets) ou la surveillance (quadrillage d'un lieu).

À LA UNE



L'AVANT-GARDE D'UNE INVASION MASSIVE

Les microrobots vont-ils envahir notre quotidien? Une chose est sûre: toutes les conditions du succès sont réunies. La preuve par quatre.

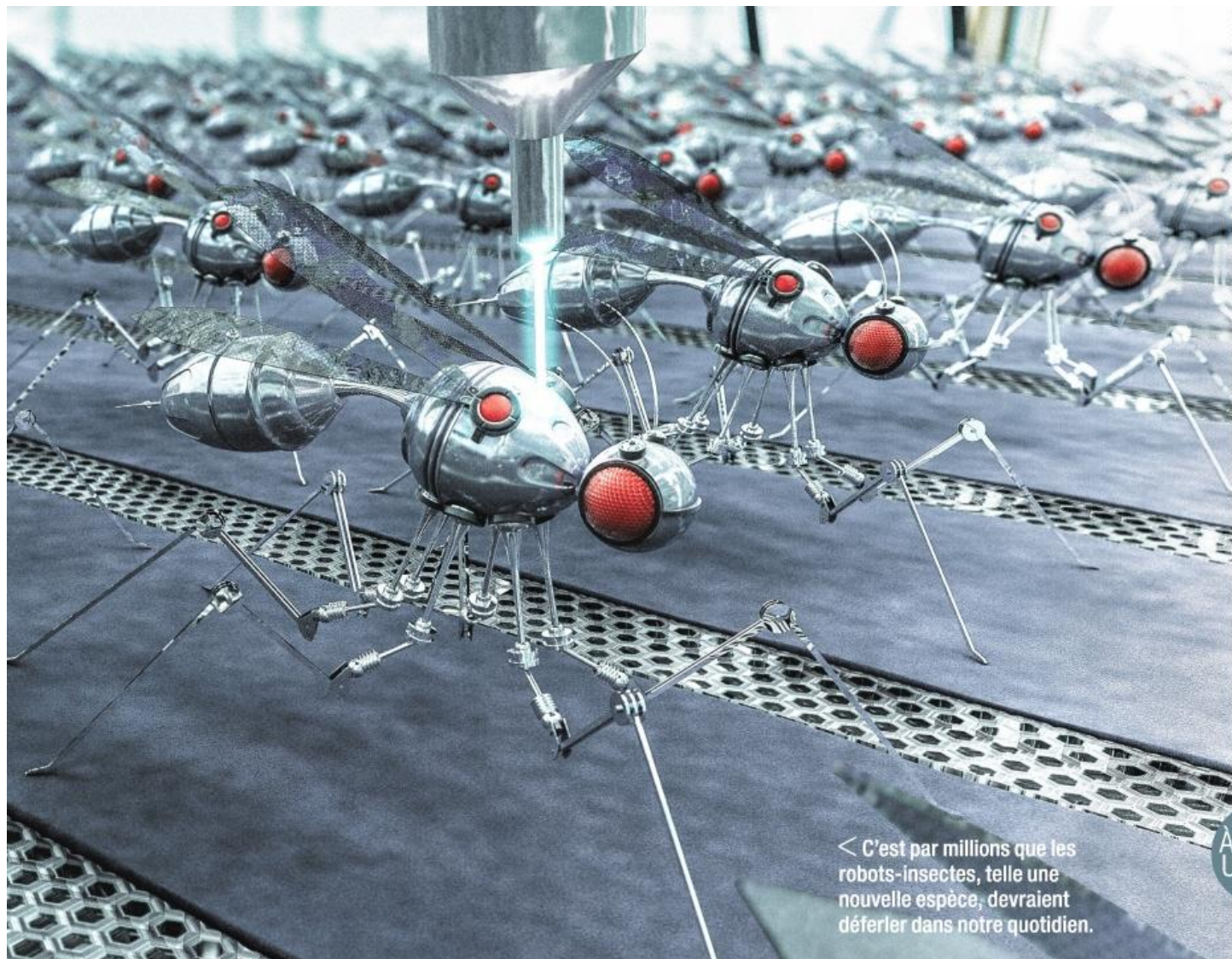
On se rappellera peut-être un jour que, de tous les animaux, les insectes sont ceux qui ont résisté le mieux à tous les cataclysmes. On se le rappellera lorsque les microrobots aux allures de blatte, d'abeille, de moustique, de puce ou de têtard auront essaimé sur la planète (voir pages précédentes). Pure science-fiction? Délire de l'ima-

G. CIRAIDE

gination? On disait déjà cela lorsque les premiers drones sont arrivés... Or, ces microjouets de haute technologie ont tout pour déferler en pleine nature ou en milieu urbain. Et cette fois, il ne s'agira pas de quelques milliers d'engins volant ici ou là, mais d'une invasion massive, à la fois volante, rampante et bondissante, comme

l'apparition d'une nouvelle espèce sur terre, dans les airs ou dans l'eau. Un nouveau peuple insecte! Tenez-vous prêts, les premiers prototypes qui sortent aujourd'hui des laboratoires sont l'avant-garde d'une révolution qui, à court terme, pourrait bien bouleverser notre quotidien.

D'ailleurs, les concepteurs des premiers "e-insectes" leur imaginent d'innombrables casquettes: espions, sauveteurs, réparateurs, constructeurs, dératiseurs, nettoyeurs... Sans oublier la première de toutes: soldats. Et ce n'est qu'un début. Nul



< C'est par millions que les robots-insectes, telle une nouvelle espèce, devraient déferler dans notre quotidien.

À LA UNE

doute que d'autres emplois leur seront trouvés dans l'industrie, forcément intéressée par ces microtravailleurs bon marché.

Un premier microrobot a d'ores et déjà quitté le laboratoire qui l'a vu naître, afin d'être commercialisé. Il s'agit du Kilobot de l'université Harvard (lire pp.66-67), mis au point en 2011 et manufacturé dès l'année suivante pour être vendu en lots de dix par l'entreprise suisse K-Team. Claude-Alain Nési, directeur des ventes, détaille un processus de fabrication bien rodé : *"La première étape, la fabrication de la carte électronique, est complètement automatisée. De la soudure est déposée sur la platine nue, puis les différents composants – résistance, LED, capteur infrarouge... – sont ajoutés en 'pick and place'. Les étapes suivantes sont effectuées à la*

main : assemblage des robots, tests de contrôle, programmation, puis emballage." Rien d'extraordinaire, finalement. Produire en série des microrobots ne semble pas plus compliqué que produire à la chaîne des cartes mères d'ordinateur...

VERS UNE PRODUCTION DE MASSE

Pour l'instant, les Kilobots sont surtout achetés par des laboratoires de recherche, qui les utilisent pour tester leurs algorithmes d'intelligence collective. K-Team en vend aujourd'hui environ 2 000 par an, à 1 000 € les dix. Un prix prohibitif, comparé aux 18 \$ (15,7 €) pièce proposés par l'université Harvard pour un Kilobot à monter soi-même. Il s'explique par le coût élevé de la main-d'œuvre suisse et le temps de fabrication : d'un à deux mois

pour 1 000 pièces. Des facteurs qui peuvent facilement s'améliorer. *"Les composants d'un Kilobot sont très communs et utilisés dans de nombreuses autres technologies, comme les téléphones portables ou les calculatrices", assure Claude-Alain Nési. Si la demande augmente, ce qui risque d'arriver très vite, l'industrie est en capacité de passer à une production de masse. Et, bien sûr, une partie de la réalisation, manuelle en premier lieu, pourrait être délocalisée pour que le prix devienne plus attractif."*

Voilà donc à quoi l'on peut s'attendre : d'immenses chaînes d'assemblage de microrobots en Asie, à l'instar de celles qui produisent chaque année des millions de smartphones. Et des prix bradés – 2 000 € les 100 robots –, permettant →

Les 4 clés d'un succès annoncé

Pratiques par leur petite taille et leur polyvalence, peu chers en raison des matériaux et des techniques de production utilisés, les microrobots devraient connaître un succès au moins égal à celui des drones.



Une taille micro

Elle les rend plus maniables, plus discrets, aptes à se faufiler partout... mais aussi plus appropriables. On peut même les transporter sur soi.

aux professionnels, mais aussi à des particuliers, de posséder leur propre essaim. Une démocratisation propice au succès, le marché des drones l'a amplement démontré.

Mais tous les robots ne sont pas aussi simples à fabriquer que le Kilobot. D'autres sont plus complexes car plus petits et dotés de composants plus sophistiqués. C'est le cas du RoboBee ailé de Harvard (lire p. 58). Sa production en série sera-t-elle véritablement plus difficile ? Pas si sûr : ses concepteurs l'ont d'ores et déjà envisagée, en inventant un processus simplifié, inspiré des livres pop-up pour enfants, qui créent une structure 3D quand on les ouvre. Dix-huit feuilles de matériaux sont disposées sur une plaque qui, une fois pliée, déploie la structure complète. Cette méthode précise et rapide ouvrirait la voie à une production à grande échelle, et pourrait de plus s'adapter à la fabrication d'autres microrobots.

Le moment est donc proche où vont déferler des myriades d'insectes ro-



Une production en série

Des techniques d'assemblage innovantes laissent envisager des productions en masse, des coûts raisonnables et donc des prix de vente bas.

botiques. Qui seront les premiers servis ? Sûrement ceux qui ont financé les recherches. Et parmi eux, sans surprise, le laboratoire de recherche de l'armée des États-Unis...

DES MICROROBOTS KAMIKAZES ?

Les concepteurs du RoboBee ont beau clamer que leur prototype est d'abord destiné à une activité pollinisatrice, il est évident que les forces armées voient dans ces insectes volants un intérêt... moins écologique. Si elle reste discrète sur l'avancée de cette technologie -



Des usages multiples

Surveillance, renseignement (ici, une vidéo de l'armée américaine), opérations de sauvetage, jeux... et sûrement d'autres usages encore insoupçonnés.

et n'a pas souhaité répondre à nos questions -, l'armée américaine a déjà publié des vidéos mettant en scène ces robots en action. Elles donnent une idée des missions qu'entendent leur confier les militaires. En particulier dans le domaine de la défense : quelques microrobots kamikazes pourraient, à peu de frais, détruire un drone, voire un missile. L'espionnage n'est pas en reste, vu leur petite taille et leur capacité à se glisser par une porte entrouverte. Une fois à l'intérieur d'un immeuble, ces robots pourraient même quadriller les lieux et en réaliser une carte, ce que ne peut pas faire un drone, trop gros, trop bruyant. Enfin, les microrobots pourraient neutraliser un tireur isolé, en l'approchant furtivement puis en le piquant. Où l'on repense au film *Minority Report*, avec ces essaims de microrobots Spider patrouillant dans tous les coins, bardés de capteurs et de caméras pour détecter toute présence humaine. Ce qui était de la science-fiction n'en paraît plus aujourd'hui...

Du reste, les vidéos de l'armée américaine, en images de synthèse, empruntent largement aux codes cinématographiques des films d'action. Un aveu... ou une fanfaronnade ? L'avenir proche plutôt... Car,



L'exemple des drones

Le succès des drones a créé un précédent, dans le public comme chez les professionnels (ici, la police chinoise). Encore moins chers, les microrobots pourraient suivre la voie.

techniquement, nous sommes déjà dans le futur. "Si l'on veut amener des microrobots à un endroit précis, on peut les programmer pour qu'ils soient sensibles à une odeur ou un signal, qu'il faut alors déposer préalablement sur la cible, décrit Mehdi Boukallel, ingénieur-chercheur au du laboratoire de robotique et de mesorobotique du CEA. Sinon, il suffirait d'en piloter un, peut-être un peu plus gros à cause de la technologie nécessaire, et de faire suivre le reste de l'essaim."

Des chercheurs de l'université Rice de Houston (Etats-Unis) ont même inventé un programme permettant de contrôler plusieurs microrobots à l'aide d'un unique joystick... à décliner sur smartphone? "Et si l'on veut quadriller une zone précise, il suffit de poser des balises émettant un signal, continue Mehdi Boukallel. Cela peut être des microrobots équipés de GPS, des drones survolant la zone, une balise centrale qui envoie des ondes à portée limitée..."

L'armée américaine assure que ses microrobots seront prêts d'ici une petite quinzaine d'années.

Voire plus tôt. "Nous sommes à une époque charnière, prévient Simon Garnier, professeur au Swarm Lab de l'Institut technologique du New Jersey (Etats-Unis). A la fin des années 1980, l'intelligence collective était un fantasme. Aujourd'hui, elle est suffisamment mûre pour sortir des labos. Nous allons d'ailleurs en avoir un premier aperçu à grande échelle avec les voitures autonomes. Il y aura bien sûr des dysfonction-

nements, puisqu'il est impossible de prévoir tous les scénarios. Mais si la technologie fait ses preuves sur le terrain, elle sera déclinée en d'innombrables applications."

POUR AFFRONTÉ LES DANGERS

C'est dit. La seule limite aux microrobots sera celle de notre imagination. Déjà, en 1987, alors qu'ils n'existaient qu'à l'état de rêves, A.M. Flynn, expert en robotique avancée au Massachusetts Institute of Technology, listait leurs utilisations possibles. Terre, mer, espace... Tous les terrains s'annonçaient déjà accessibles aux microrobots. Ils pourraient inspecter l'état d'un bâtiment, ou, par exemple, d'appareils complexes, évoluer dans des milieux dangereux pour l'homme, comme une navette spatiale. "L'un des joints toriques [ceux qui garantissent l'étanchéité des réservoirs de carburant] de votre navette préférée donne des signes de faiblesse? Envoyez un petit robot rampant bardé de capteurs pour vérifier son état", s'enthousiasmait à l'époque le chercheur. "Imaginez un court-circuit dans une ligne électrique enterrée. Le robot parcourt le conduit, mesure la conductivité électrique de la ligne à chacun de ses pas. Quand une de ses pattes atteint la coupure, il lui suffit de l'enjamber pour ➔

À LA UNE

La vie privée encore plus menacée ?

L'arrivée imminente des microrobots risque de poser des problèmes au quotidien. En témoigne Raja Chatila, directeur de l'Institut des systèmes intelligents et de robotique à l'université Pierre-et-Marie-Curie, à l'origine de "l'Initiative pour l'éthique des systèmes autonomes". "La protection de la vie privée, déjà menacée par les drones, le sera infiniment plus avec ces microrobots. Comment lutter contre l'espionnage si l'on ne voit pas l'espion?" souligne d'emblée le chercheur. Avant d'évoquer la question des essaims: "Cette entité ne sera pas aussi facile à contrôler qu'un seul objet. Les programmes d'intelligence collective vont se heurter à des scénarios qui risquent de développer des comportements imprévisibles." Enfin, dans un registre plus écologique, Raja Chatila s'interroge: "Que vont devenir les robots cassés? Pourrons-nous récupérer de si petits objets? Ou les laisserons-nous polluer la nature?"

→ rétablir lui-même le circuit", évoquait-il encore. Le développement accéléré de l'industrie microélectronique et la compréhension toujours plus fine des insectes viennent aujourd'hui concrétiser ces rêves.

"Nous étudions actuellement la manière dont les fourmis légionnaires s'accrochent entre elles pour créer des chaînes, afin que des microrobots reproduisent ce comportement, illustre Simon Garnier. Imaginez qu'on les envoie ensuite dans une brèche. Ils peuvent se lier entre eux et la colmater. Et il suffit d'en envoyer d'autres si le trou s'agrandit."

Les microrobots seraient aussi des alliés de choix pour les missions de sauvetage. Par exemple dans une ville ravagée par un tremblement de terre, à la recherche de rescapés; ou pour mesurer le taux de radioactivité après un incident nucléaire... Ils pourraient aussi servir à construire des composants plus grands qu'eux, voire d'autres microrobots! C'est le cas des robots développés par SRI international (États-Unis), qui façonnent même leurs propres outils. Par centaines, ils circulent à grande vitesse sur des supports électromagnétiques, se saisissent de minuscules composants et coordonnent leur travail pour assembler une sorte de Meccano sophistiqué.

UNE RÉGLEMENTATION À INVENTER

Et pour les particuliers? L'exemple des drones a montré qu'à un prix abordable, monsieur Tout-le-monde s'approprie volontiers le dernier cri technologique. Ce qui ne va pas sans poser de problèmes: si le succès des microrobots se répand dans la population, la loi devra s'en préoccuper. Imaginez votre voisin indélicat envoyant des microblattes dans votre maison tandis que vous faites un barbecue... D'un autre côté, quoi de mieux, pour surveiller sa maison, qu'un robot dans chaque pièce et quelques-uns quadrillant le jardin?

Par ailleurs, les insectes robotiques pourraient servir de système de survie, lors d'expéditions en mer ou en

Insectiser les robots... ou robotiser les insectes?

C'est l'autre méthode pour coloniser le micromonde. Pourquoi ne pas contrôler les insectes eux-mêmes en les transformant en cyborgs? Là aussi, les recherches sont nombreuses. Le projet Cyborg Beetle, initié en 2008 par l'université du Michigan, permet de piloter un coléoptère. Trois électrodes sont implantées dans l'insecte larvaire: deux dans les muscles des ailes, la troisième dans son ganglion cérébral. L'envol du cyborg et sa direction sont alors influencés par stimulation électrique. Mieux, l'énergie produite par le mouvement des muscles peut être en partie récupérée grâce aux matériaux piézoélectriques, et ainsi aider à alimenter la technologie embarquée. Les blattes peuvent aussi être "cyborgisées". L'université du Texas parvient depuis 2015 à les contrôler avec 60 % d'efficacité. Un pilotage auquel même le particulier peut s'essayer: pour 99 \$, la société Backyard Brains vend tout le nécessaire. Si plonger un insecte dans l'eau glacée puis lui couper les antennes ne vous dérange pas... La microrobotique est peut-être plus compliquée, mais elle est moins barbare.

montagne. Par exemple, une poignée de microrobots volants, accrochés au sac à dos, seraient programmés pour prendre leur envol en cas de choc ou de changement brutal des paramètres vitaux du randonneur en détresse, et pour guider les secours. Pour les enfants, on peut imaginer les courses de microrobots dans la cour de récré... Mieux qu'Aibo, Paro, Sphero BB-8 et consorts, ils pourraient devenir de parfaits compagnons de jeux.

A peine ont-ils sorti une antenne des laboratoires que les "e-insectes" provoquent déjà une certaine excitation. Les industriels ont bien compris qu'une niche commerciale s'ouvrirait, et ils s'y engouffrent pour proposer cette technologie à tous. A tel point que le Centre pour la nouvelle sécurité américaine, *think tank* spécialisé dans les questions militaires, à Washington, s'inquiète de voir la puissance de l'essaim passer sous le contrôle de l'ennemi, et se prépare déjà au combat. Des méthodes de piratage sont étudiées, afin de couper les communications entre les microrobots d'un essaim, ou d'en prendre le contrôle. Plus radical: des faisceaux de microondes très puissantes pourraient, tels

des insecticides, mettre hors service l'électronique embarquée. Et la force brute, essaim contre essaim, est forcément au centre de l'attention... Un premier *war game* de l'intelligence collective, organisé par le laboratoire technologique et scientifique de la marine, aura d'ailleurs lieu en 2017. La course au meilleur algorithme de combat a déjà commencé.

Du champ de bataille à l'intérieur de nos maisons, les robots-insectes ont assurément la capacité d'investir de nombreuses niches. Alors retenons notre respiration et ouvrons grand les yeux. Car une fois qu'on en aura aperçu un, l'invasion aura déjà commencé. Ils seront en fait des milliers, et tout aura changé.

T.C.-F.



A consulter: les sites des projets présentés dans ce dossier, une sélection d'articles scientifiques présentant l'état de l'art (locomotion, pilotage, sources d'énergie...) de la microrobotique. A regarder: des vidéos des prototypes en action.

EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com

& Science découvertes

ÉRUPTION SOLAIRE
74

VIRUS
77

PANDA
80

ALPHABET
84

73

> **UN SCÉNARIO CATASTROPHE**
Des astrophysiciens ont calculé que les boucles magnétiques émises par notre astre pourraient mesurer 10 à 100 fois son diamètre ! Dès lors, l'effet serait dévastateur sur nos satellites et tous nos réseaux électriques.



Superéruptions

Le Soleil est-il un monstre ?

De nouvelles observations indiquent que notre étoile serait capable de colères totalement hors normes.

Au point de menacer nos modes de vie modernes ?

Vincent Nouyrigat a estimé le risque.

Et si le Soleil nous avait caché sa vraie nature ? Et si, derrière une apparence plutôt sage, notre étoile était capable du pire ? Entendez par là : capable de produire des éruptions dix, cent, mille fois plus puissantes que ses plus énormes colères recensées jusqu'ici – un phénomène comparable à un milliard de milliards de milliards de fois l'explosion atomique d'Hiroshima, qui propulserait dans l'espace

un tsunami de rayons X, d'ultraviolets, de protons et de plasma magnétique.

L'hypothèse fait frémir... Dirigées vers la Terre, ces radiations électromagnétiques pourraient anéantir l'ensemble de nos satellites et, pis encore, détruire les principaux composants de tous les réseaux électriques terrestres. Autant dire, la perspective d'un retour au Moyen Âge pendant plusieurs mois, voire années...

Une telle "superéruption" est-elle vraiment possible sur notre astre ? La question divise les astrophysiciens, qui multiplient théories, simulations et observations d'autres étoiles de type solaire. Et justement, de nouvelles données, issues du télescope de Guo Shoujing, dans le nord-est de la Chine, relancent l'effrayante hypothèse.

Plusieurs laboratoires japonais s'étaient déjà spécialisés dans l'art de détecter des superéruptions sur des centaines d'étoiles. Leurs résultats avaient défrayé la chronique... sans toutefois convaincre sur le cas particulier du Soleil.

UN SCÉNARIO CLASSIQUE

"Les détecteurs ne permettent pas d'évaluer avec précision la température de surface de ces étoiles, et encore moins leur vitesse de rotation, tance Guillaume Aulanier, astrophysicien à l'Observatoire de Paris. Or, ces paramètres influencent radicalement les mécanismes de convection et l'intensité de la dynamo magnétique, à la source des éruptions. On attend toujours la preuve indiscutable de l'existence d'une étoile superéruptive dont les caractéristiques

Chronologie

775 : probable superéruption, mise en évidence grâce à une trace repérée en 2012 dans deux arbres bimillénaires. **2 sept. 1859 :** la plus monumentale éruption solaire ayant frappé la Terre connue à ce jour, baptisée "tempête de Carrington". **4 nov. 2003 :** la plus forte tempête solaire observée au cours de l'âge spatial (son impact fut assez limité).

→ *correspondraient vraiment à celles du Soleil : température de 5 800 kelvins, période de rotation de plus de vingt-cinq jours...*

L'analyse chinoise qui vient d'être publiée est plus pointue et tient compte de l'activité magnétique des étoiles. Surprise : sur les quarante-huit astres superéruptifs étudiés, douze présentent un champ magnétique d'intensité

fracassent les unes contre les autres et... boum !

"Ces nouveaux résultats sont cohérents avec nos relevés : en particulier, l'existence de larges taches solaires est la clé pour produire des superéruptions", explique Hiroyuki Maehara, astronome à l'université de Tokyo. *"Toutes les observations actuelles établissent un lien entre notre Soleil et les étoiles superéruptives",*

"Un événement encore plus puissant nécessiterait une tache solaire si large qu'elle serait visible à l'œil nu... Or, il n'existe aucun témoignage en ce sens, même s'il faut reconnaître que les mesures régulières ont commencé il n'y a guère plus de cent cinquante ans", argumente l'astronome.

IL FAUT S'Y PRÉPARER...

Pour l'heure, *"on ne voit pas de mécanisme qui permettrait de générer des phénomènes beaucoup plus puissants",* insiste le chercheur. Seul Kazunari Shibata propose un processus d'accumulation de l'énergie magnétique au-dessous de la zone de convection solaire, qui pourrait émerger, au bout de plusieurs décennies, en un grand feu d'artifice, peut-être mille fois plus puissant que tout ce qui a été vécu jusqu'ici. Une hypothèse hasardeuse, qui demande à être étayée...

Reste que *"nous n'avons pas encore vu le maximum des capacités du Soleil",* convient Guillaume Aulanier. Et puis, une tempête solaire comparable à celle de Carrington paraît inévitable dans les décennies à venir (lire l'encadré). *"Un phénomène de cette ampleur suffirait à créer de lourds dégâts, avertit Christoffer Karoff. Sans même trancher sur la possibilité d'une superéruption, il serait judicieux de s'y préparer, dès maintenant..."*



A lire : les publications qui appuient l'hypothèse d'un Soleil superéruptif.

science-et-vie.com

**EN
SAVOIR
PLUS**

Lundi 23 juillet 2012 : le jour où la Terre l'a échappé belle !

Cela aurait pu être la tempête magnétique du siècle. Mais l'ouragan de plasma magnétisé éjecté par le Soleil ce jour-là est passé à côté de notre planète – il s'en est fallu d'une semaine. Sans être particulièrement puissante, cette éruption s'est distinguée par une succession d'éjections inhabituellement rapprochées. *"Cela a créé un effet 'chasse-neige', avec des vitesses d'éjection très élevées [près de 2 500 km/s]",* analyse Benoît Lavraud, à l'université de Toulouse. Si la Terre avait été touchée, l'impact au sol aurait été supérieur à celui de 1859. Un événement qui, selon de récents calculs, a 12 % de risques de se produire au cours de la prochaine décennie.

comparable, voire inférieure, à celui du Soleil. L'étau se resserre ! *"Nos courbes montrent que les étoiles superéruptives produisent leurs éruptions en suivant les mêmes mécanismes qu'une étoile comme le Soleil",* affirme Christoffer Karoff, qui a mené l'étude à l'université d'Aarhus (Danemark).

Jusqu'ici, les physiciens avaient envisagé des interventions extérieures – et assez exotiques – pour justifier de tels niveaux d'énergie. Mais non : superéruptions et éruptions classiques suivent le même scénario. Des boucles magnétiques se forment au niveau de structures appelées taches solaires, certaines lignes de champ se

renchérit Kazunari Shibata, à l'université de Kyoto.

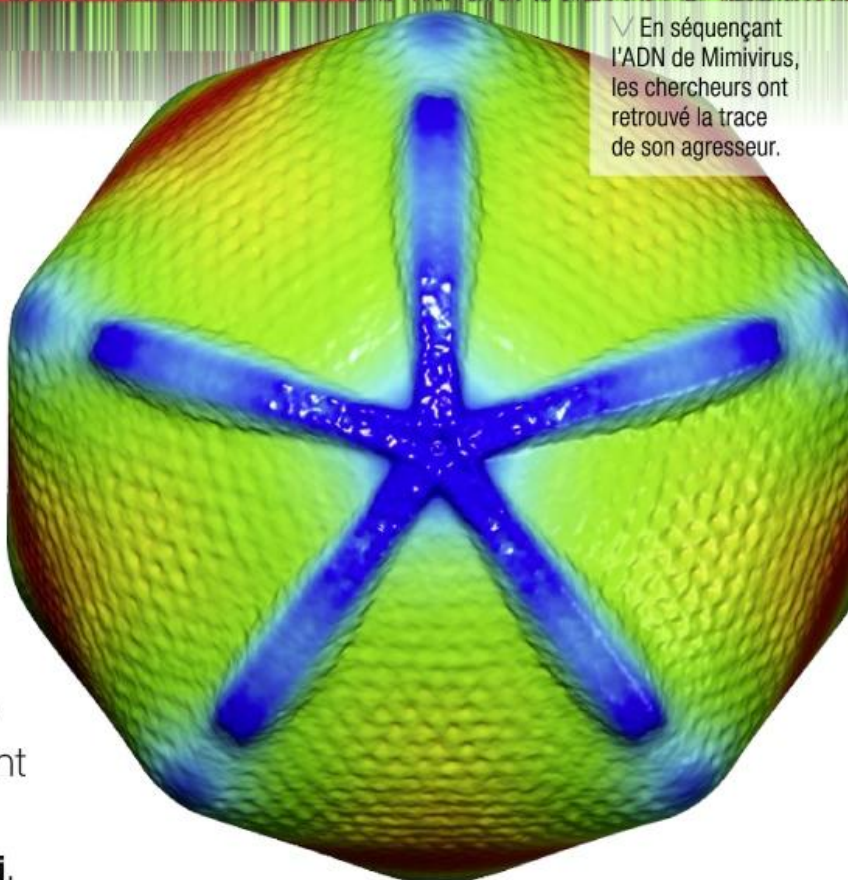
De là à conclure que l'astre du jour serait un monstre... Pas si vite ! *"C'est hautement spéculatif",* grince Ilya Usoskin, astrophysicien à l'université d'Oulu (Finlande). De fait, l'idée paraît saugrenue à bon nombre d'astronomes. En combinant le plus grand groupe de taches solaires jamais observé (en avril 1947) et le champ magnétique le plus intense autorisé par la théorie, Guillaume Aulanier a évalué la plus dantesque des éruptions solaires : le "Big One" atteindrait une énergie cinq fois supérieure à celle de la tempête de Carrington, en 1859 (voir la chronologie).

✓ En séquençant l'ADN de Mimivirus, les chercheurs ont retrouvé la trace de son agresseur.

VIRUS

Ils se livrent une guerre sans merci

Incroyables virus géants ! Non seulement ils sont la proie d'autres virus, mais ils disposent d'armes pour s'en défendre, nous raconte **Lionel Cavicchioli**.



La guerre virologique est encore plus violente que ce que l'on pensait.

Animaux, plantes, bactéries, champignons... depuis les frontières du vivant où ils sont cantonnés, on savait les virus capables d'infecter tous les types de cellules connus afin de s'y multiplier en piratant leurs ressources.

Repères

Petit génome d'ADN ou d'ARN, forme tubulaire ou polyédrique, taille minuscule... Ces traits ont délimité les frontières du monde viral durant plus de cinquante ans, mais aujourd'hui, **les virus géants** brouillent les cartes. Avec leurs attributs évoquant les cellules (grande taille, formes arrondies, génomes complexes, ADN et ARN...), ces colosses enchevêtrent les branches du buisson du vivant.

Mais de nouvelles victimes ont été repérées depuis une dizaine d'années : des virus, attaqués par d'autres virus !

Plus vertigineux encore : certains de ces agents infectieux, une fois eux-mêmes infectés, sont capables de contre-attaquer, grâce à une sorte de système immunitaire spécialement dédié à la mise en pièce de leurs assaillants.

Une vertigineuse guerre entre pirates !

Cette dimension inattendue de la guerre microscopique a été révélée suite à la découverte, il y a plus de dix ans, d'un virus, doté de plusieurs centaines de gènes, beaucoup plus gros et complexe que ses congénères : Mimivirus.

Observés dès 1992, ces

étranges agents étaient alors, en raison de leur taille, confondus avec les bactéries. Ce n'est qu'en 2003 que Bernard La Scola et Didier Raoult, de l'université d'Aix-Marseille, ont compris leur vraie nature. Cinq autres familles de virus géants ont aujourd'hui été identifiées : *Marseilleviridae*, *Pandoraviridae*, *Pithoviridae*, *Faustoviridae* et *Molliviridae*.

Depuis, ces créatures hors normes ne cessent d'étonner les chercheurs.

Ainsi, en 2008, les deux microbiologistes français ont découvert que leur Mimivirus peut lui-même subir une infection virale : des virus beaucoup plus petits s'accrochent à la surface du géant pour pénétrer en même temps que

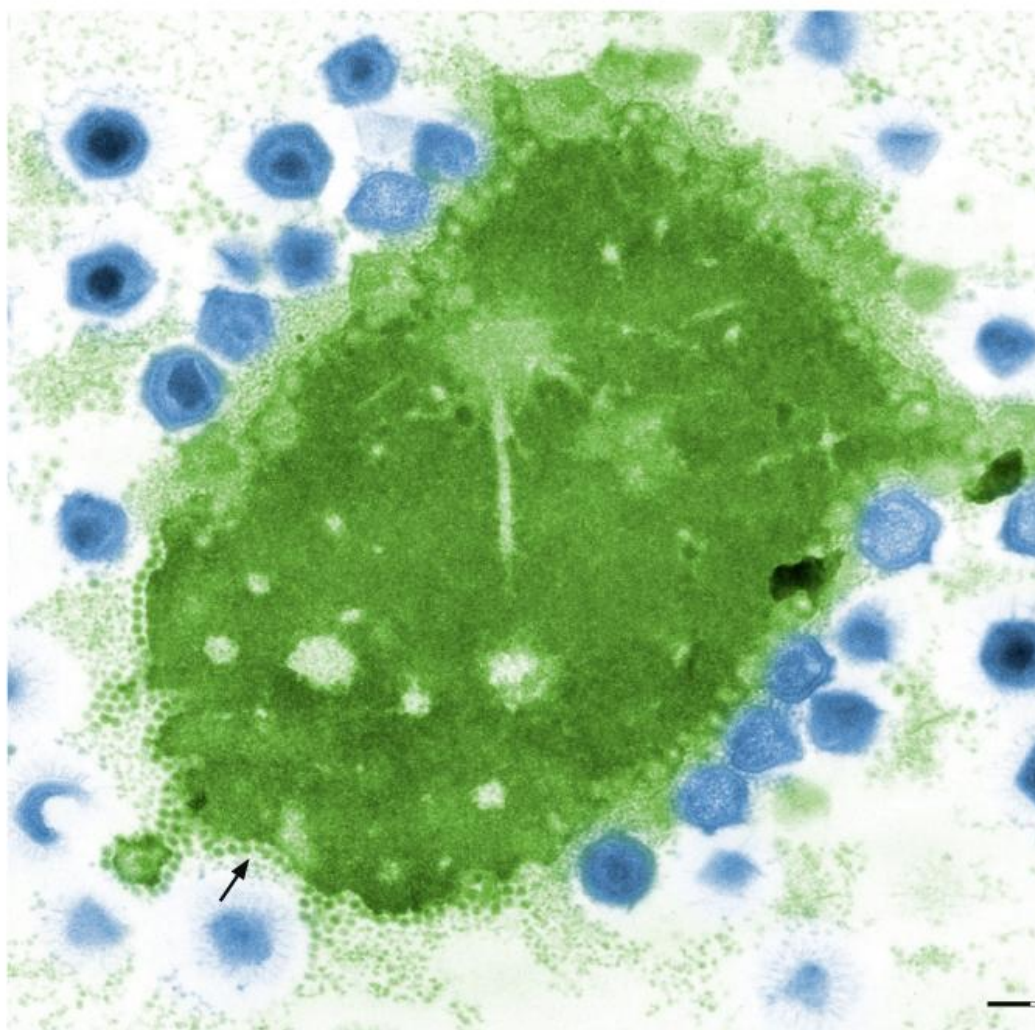
→ lui dans une cellule. Une fois à l'intérieur, ces intrus doublement clandestins se reproduisent grâce à la machinerie mise en place par le virus géant – machinerie qu'il a lui-même "empruntée" à la cellule. Ils piratent donc le pirate.

Le résultat de cette double infection intrigue cependant les chercheurs. *"Les effets des virophages sur les virus géants sont variables, souligne Bernard La Scola. Certains d'entre eux dégradent leur capacité à se reproduire, aboutissant à la production de virus géants malformés. D'autres semblent ne pas avoir d'effet..."*

UNE IMMUNITÉ INATTENDUE

En 2014, les deux spécialistes des virus géants ont réussi à isoler un de ces "mangeurs de virus" (lire Jargon ci-contre) apparemment inoffensifs, qu'ils baptisent Zamilon. Étrangement, celui-ci ne s'attaque qu'à deux des trois groupes de Mimivirus connus: le dernier semble complètement immunisé. *"Cette résistance de l'un des trois lignages suggérerait une origine génétique",* poursuit Bernard La Scola. Intrigués, les biologistes ont donc cherché dans le génome des Mimivirus invulnérables les traces d'un système de défense.

A quoi celui-ci pouvait-il bien ressembler? *"Depuis que nous les avons découverts, nous considérons les virus géants moins comme des virus que comme des microbes particuliers, dépourvus de l'appareil de production de protéines, explique Didier Raoult. Il était donc logique de chercher quelque chose de similaire à ce qui existe chez d'autres microbes, comme les*



Jargon

Les virophages sont des petits virus qui parasitent des virus géants. Découverts en 2008, ils constituent la famille des *Lavidaviridae*, qui comporte les deux genres **Sputnikvirus** (dont fait partie Zamilon) et **Mavirus**.

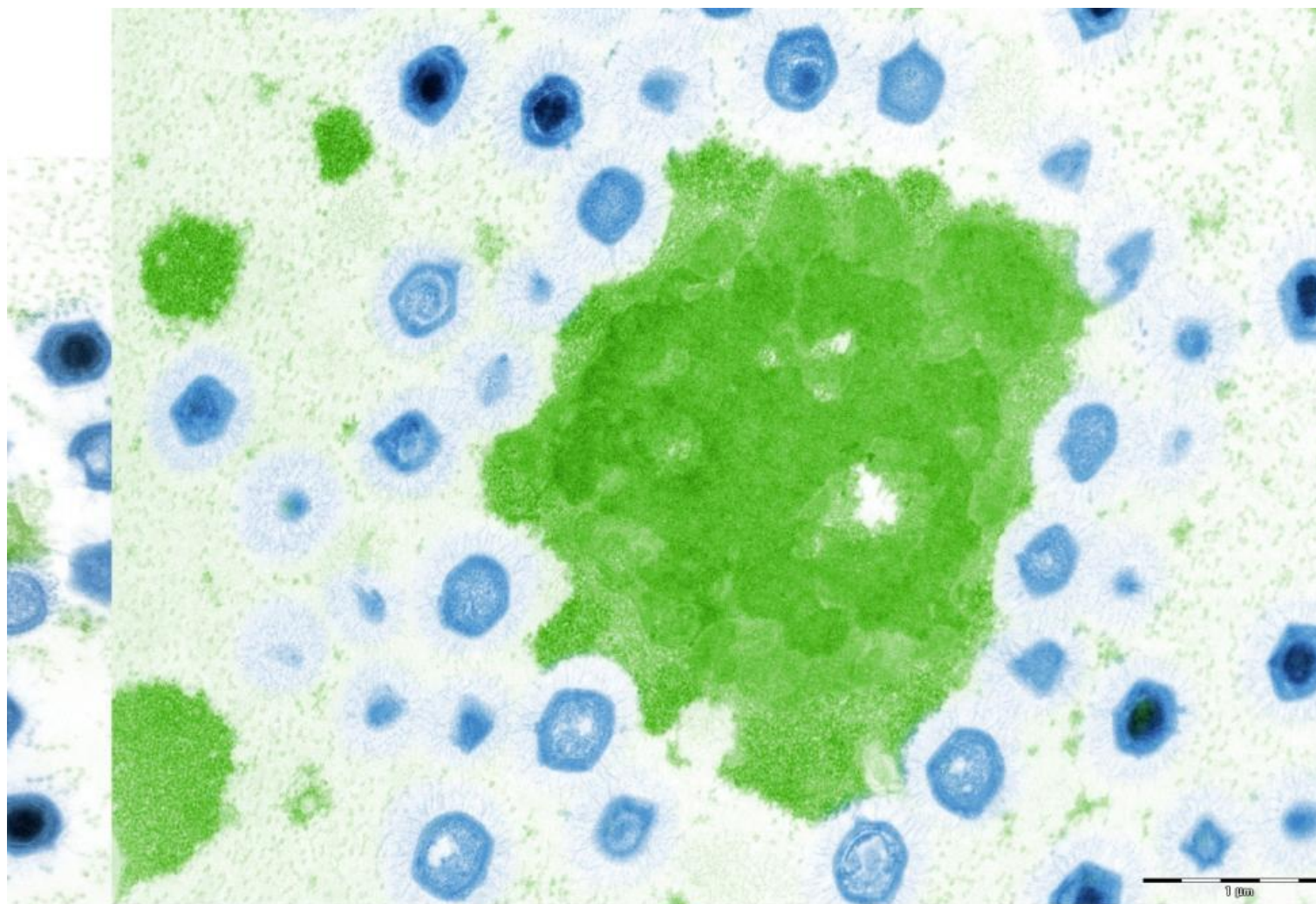
bactéries." Or, il s'avère que le système de défense antiviral des bactéries est particulièrement bien connu...

Répondant au doux nom de CRISPR, la DCA antivirale développée par les bactéries est devenue célèbre en 2012, quand elle a pu être transformée en "ciseaux moléculaires" capables de modifier n'importe quel génome (voir *S&V* n°1180, janvier 2016). Concrètement, lorsqu'une bactérie est infectée par un bactériophage, elle récupère des fragments du matériel génétique viral et les intègre à son propre ADN. Cette collection de "souvenirs" lui permet, lors

d'une infection ultérieure, de reconnaître l'intrus et de l'éliminer grâce à des enzymes spécifiques qui déroulent et coupent son ADN.

Partant de ce constat, les biologistes ont eu l'idée de traquer des traces du génome de Zamilon à l'intérieur de celui des Mimivirus résistants... Et ils en ont trouvé! Mieux: à proximité de ces séquences zamiloniennes, sont présents les gènes d'enzymes capables de dérouler et découper l'ADN – comme dans le système CRISPR. Enfin, cerise sur le gâteau: en inactivant ces gènes, ils rendent Mimivirus à nouveau sensible à Zamilon,

A. LEWASSEUR ET AL.



<^ MIMIVIRUS S'EST CONSTITUÉ UNE DÉFENSE IMMUNITAIRE

L'image de gauche montre Mimivirus (en bleu), associé à Zamilon qui l'a infecté (petits points verts fléchés), pour détourner le matériel cellulaire d'une amibe infectée (en vert). Ci-dessus, Mimivirus est le seul à se développer, son système immunitaire neutralisant Zamilon.

indiquant le rôle central des enzymes qu'ils codent dans la défense des virus géants.

Ce système antiviral, bien que rappelant le CRISPR bactérien, n'a pas la même origine et résulterait d'une évolution convergente. Même contrainte, même parade !

DES ORGANISMES À PART

Et, vu leur complexité et leurs centaines de gènes inédits, dont la fonction reste mystérieuse, qui sait si les virus géants ne recèlent pas d'autres surprises dans leur arsenal, comme des antibiotiques inconnus ?

La découverte d'un système immunitaire chez Mimivirus

souligne que les virus géants sont des êtres à part, très anciens, voire antérieurs au monde cellulaire que nous connaissons – peut-être même sont-ils la figure de proue d'un quatrième domaine du vivant, plus riche et répandu qu'on ne le croit.

Des traces de virus géants ont d'ailleurs déjà été détectées dans des animaux, des plantes, et même chez l'homme ! Ces organismes hors normes nous réservent encore de nombreuses surprises, et toutes ne seront peut-être pas bonnes.

Didier Raoult et Bernard La Scola mettent désormais en garde : "Nous avons de solides

raisons de croire que les virus géants sont impliqués dans certaines maladies humaines."

L'extension du domaine de la guerre est donc à prévoir, et de nouveaux champs de bataille impliquant ces géants attendent d'être découverts...

D'où l'intérêt de mieux cerner ces étranges organismes et d'en comprendre le fonctionnement et les défenses – face à d'autres virus aujourd'hui, face à qui demain ? Comme l'écrivait Sun Tzu dans *L'Art de la guerre* : "Connaissez l'ennemi et connaissez-vous vous-même ; en cent batailles vous ne courrez jamais aucun danger."



A lire : des publications sur les découvertes des virus de virus et le système immunitaire de Mimivirus.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com



*Cul-de-sac évolutif
ou génie de l'adaptation ?*

Le paradoxe du panda

C'est un animal aberrant... Le panda, mangeur de bambou patenté, serait en fait un pur carnivore ! **Vincent Nouyrigat** se penche sur ce tour de passe-passe de l'évolution.

A-t-on jamais vu une vache happer une biche en pleine course, avant de la dévorer goulûment ? Ou un tigre brouter de l'herbe en regardant passer les trains ? Ces scènes sont fondamentalement impensables : les tigres sont de purs carnivores et les vaches d'authentiques herbivores...

Mais le panda ?

La question est plus sérieuse qu'il n'y paraît. Et le sujet

particulièrement sensible lorsqu'on touche à cette espèce icône de la protection de l'environnement, élevée en Chine au rang de trésor national.

Que mange le panda ? La réponse semble évidente : tout le monde sait que l'irrésistible nounours se nourrit exclusivement de feuilles, de tiges et de pousses de bambou – certains complètent parfois avec un peu de miel. Ce qui devrait donc logiquement en faire un parfait herbivore.

Sauf que, depuis environ cinq ans, plusieurs études jettent le trouble... Des travaux de biologie moléculaire avancent en effet que le panda géant, alias *Ailuropoda melanoleuca*, possède un système digestif de... pur carnivore. Les dernières analyses révèlent que sa flore

intestinale est nettement plus proche de celle du tigre que de la vache !

Autrement dit : cet animal aux allures de dou-dou serait un carnivore qui s'ignore. Un carnivore qui se goinfre de bambou quatorze heures par jour, en avalant quotidiennement une dizaine de kilos. Un carnivore de toute évidence inadapté à ce régime alimentaire végétarien adopté il y a pourtant plusieurs millions d'années. Un étonnant paradoxe qui pousse même à s'interroger : et si l'emblème des animaux en voie de disparition était, en fait, une impasse évolutive ? Une erreur de la nature ?

Le doute est permis. Prenez la structure de son système digestif : "*Alors*

Repère

Emblème de la fondation WWF, le panda géant reste une espèce fragile : le dernier recensement fait état de 1 864 individus dans les forêts d'altitude du centre de la Chine, auxquels il faudrait ajouter environ 300 animaux en captivité. Des dizaines de millions d'euros sont consacrés à sa reproduction et un zoo dépense environ 800 000 € par an par animal.



UN CRÂNE D'HERBIVORE

Ses os lourds et denses sont capables de supporter les contraintes liées à la mastication intensive des végétaux.



A mi-chemin entre carnivore et herbivore

UNE MÂCHOIRE DE RUMINANT

L'arche zygomatique très développée et les dents larges et plates sont adaptées au broyage des végétaux.



UNE LANGUE MIXTE

La structure de ses papilles gustatives présente des caractéristiques mixtes entre herbivore et carnivore.

UN POUCE OPTIMISÉ POUR LE BAMBOU

L'excroissance de l'os du polignet est adaptée au geste de saisir et de porter à la bouche les tiges de bambou.



UN ESTOMAC POUR DIGÉRER LA VIANDE

Il n'a qu'un seul estomac et des intestins extrêmement courts : un système gastro-intestinal qui correspond à celui d'un carnivore.

LA FLORE INTESTINALE D'UN CARNIVORE

Sa flore intestinale est composée en majorité de bactéries (*Escherichia*, *Shigella*, *Streptococcus*...) que l'on rencontre normalement chez les carnivores.

AUCUN GÈNE D'HERBIVORE

Aucun gène ne code les enzymes permettant de dégrader la cellulose des végétaux : pour autant, le gène lié aux protéines de la viande n'est plus actif...

que les herbivores ont évolué en allongeant leurs intestins de manière à augmenter le temps de rétention du matériel végétal difficile à digérer, le panda, lui, possède un appareil gastro-intestinal court, droit, simple... typique d'un carnivore", lance Zhengsheng Xue, chercheur en microbiologie au laboratoire des sciences de la vie de l'université de Shanghai. Casser de longues chaînes de polymères comme la cellulose et en extraire un maximum d'éléments nutritifs exige normalement de multiplier les chambres de digestion.

UNE HÉRÉSIE ALIMENTAIRE

Le séquençage de son génome, réalisé en 2010, apporte un éclairage supplémentaire : "Nous n'avons pas trouvé chez lui les gènes spécifiques à la digestion de la cellulose, relève Rasmus Nielsen, généticien à Berkeley. Ce qui rend l'espèce entièrement dépendante de ses bactéries intestinales pour traiter cette nourriture."

De fait, tous les scientifiques misaient sur la flore intestinale habituellement très réactive aux changements de régime alimentaire. "Ce microbiote – parfois appelé 'second génome' ou 'organe oublié' – assure des fonctions métaboliques cruciales qui ne sont pas pleinement prises en charge par leur hôte. Chez les herbivores, il joue donc un rôle central dans l'extraction d'énergie et de nutriments issus des polysaccharides végétaux, impossibles à digérer autrement", insiste Zhengsheng Xue. Problème : la récente analyse menée par ce scientifique chinois chez 45 pandas captifs et en liberté montre que leur écosystème intestinal n'est aucunement

PHIL MYERS / BONE CLONES - PHIL MYERS / MUSEUM OF ZOOLOGY, UNIVERSITY OF MICHIGAN-ANN ARBOR - © KEREN SU/CORBIS - MAMMALS IN THE NATIONAL MUSEUM OF NATURE AND SCIENCE, TOKYO



Les biologistes s'interrogent encore

Si, pour tout le monde, le panda est avant tout un mangeur de bambou, depuis 5 ans, plusieurs études (génomique, morphologique, biologique...) remettent en cause son appartenance à la famille des herbivores.

→ adapté à ce régime ultrariche en fibres. *"Leurs intestins sont dominés par la présence de bactéries typiques des carnivores, comme Escherichia coli, Shigella et Streptococcus, tandis que l'on peine à détecter des organismes capables de dégrader la cellulose, comme les Ruminococcaceae et les Bacteroides",* poursuit-elle.

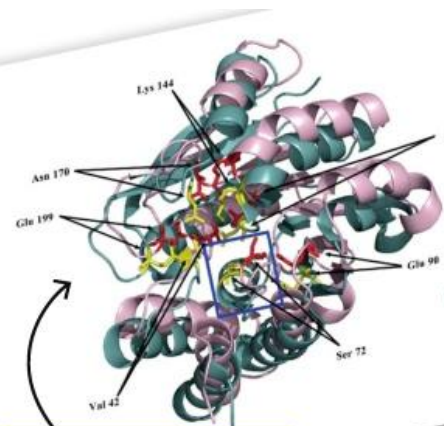
Comment expliquer une telle hérésie alimentaire alors que le petit gibier ne manque pas dans les montagnes du Sichuan ? Pourquoi le panda a-t-il délaissé une nourriture aussi nutritive et énergétique que la viande pour laquelle il est équipé ?

Les biologistes explorent plusieurs hypothèses. A commencer par la perception des saveurs, qui guide les choix alimentaires. *"L'analyse du génome du panda a montré que le gène T1R1 responsable de la détection de l'umami [la saveur associée, entre autres, aux protéines de la viande] a muté il y a 4,2 millions d'années et qu'il*

n'est plus exprimé, révèle James Crabbe, professeur de biochimie à l'université de Bedfordshire. Cette mutation fournit-elle l'explication ? Hélas non, car ce gène a été préservé chez des herbivores comme la vache ou le cheval." D'autres facteurs entrent forcément en ligne de compte. "Nous avons découvert que le métabolisme de la dopamine chez le panda était déficitaire : le bambou contient peut-être un composé capable de rétablir et de stimuler ces circuits de la récompense", suggère le chercheur. Cette hypothèse est à l'étude.

ASSISTÉ PAR LES HUMAINS

Mais cela ne règle pas le nœud du problème, le désarmant paradoxe du panda. *"En termes de régime alimentaire, le panda est un animal aberrant dans l'ordre des mammifères carnivores ; en termes d'appareil digestif, il est un cas unique chez les herbivores",* résume Zhengsheng Xue. Une étran-

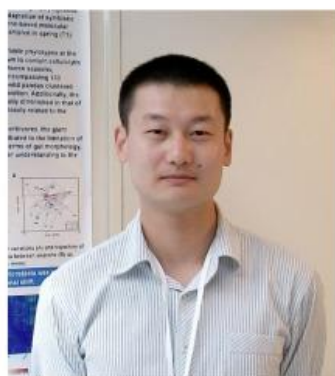


L'ANALYSE DE SON GÉNOME

En 2011, des scientifiques s'interrogent sur les raisons qui le poussent à manger du bambou : cela pourrait être lié à la désactivation d'un gène ?

geté qu'il paie de sa personne, sachant qu'il n'exploite que 20 % de la nourriture ingérée. Au point que certains chercheurs proposent d'améliorer la digestion du panda en intervenant sur son microbiote... Quitte à donner du grain à moudre à ceux qui considèrent cet ursidé comme une impasse de l'évolution ; un animal mignon tout plein mais totalement inadapté et assisté par les humains à fonds perdus. Le célèbre défenseur britannique des animaux Chris Packham avait ainsi déclaré : *"Je serais prêt à manger le dernier panda, si je pouvais disposer des sommes dédiées à la conservation de cette espèce pour la consacrer à d'autres."*

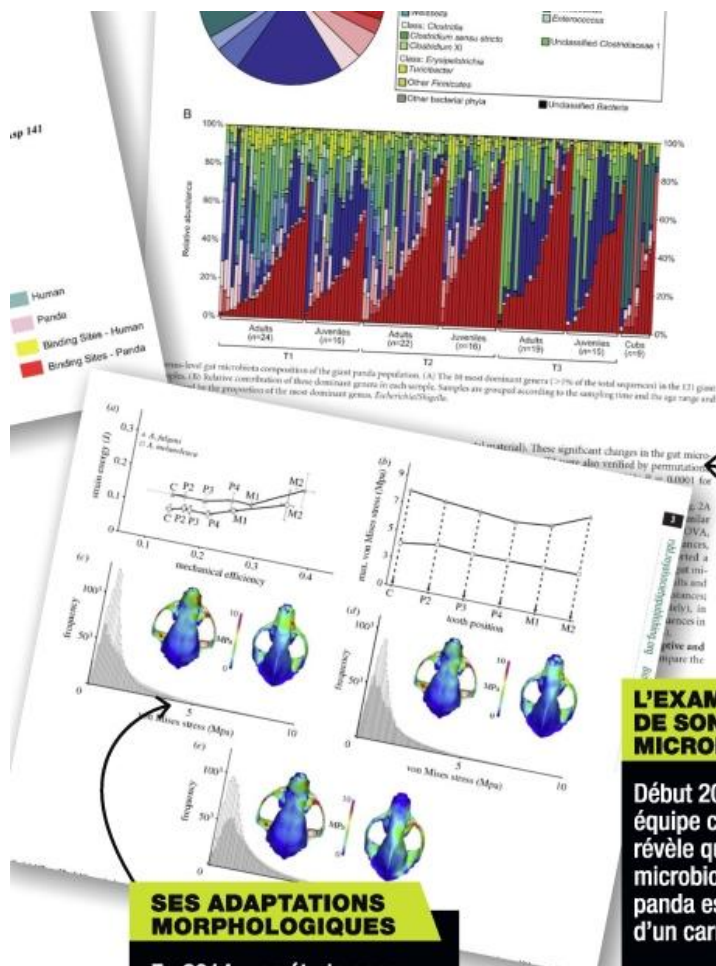
Ces attaques en règle ont fait réagir l'Institut de zoologie de Pékin dans une publication rageuse parue en 2014 dans *Molecular Biology and Evolution*. Son titre : *"Les pandas géants ne sont pas un cul-de-sac évolutif"*. Force est de constater que ces animaux ont survécu plusieurs millions d'années à ce régime restrictif et visiblement illogique. Sur le plan purement anatomique, le panda est en effet une remarquable machine à avaler du bambou : à l'image



ZHENGSHENG XUE

Microbiologiste, laboratoire des sciences de la vie, université de Shanghai

En termes de régime alimentaire, le panda est un cas aberrant dans l'ordre des mammifères carnivores



SES ADAPTATIONS MORPHOLOGIQUES

En 2014, une étude espagnole explore les liens entre le régime végétarien du panda et sa biomécanique.

de son pseudo-pouce qui permet de mieux saisir les tiges, de ses puissantes mâchoires et de ses dents larges et plates susceptibles de mettre en charpie toute structure fibreuse. Un vrai corps de ruminant... Même si, n'en démontre pas Zhengsheng Xue, "ces adaptations morphologiques ne sont de toute évidence pas suffisantes pour digérer complètement et efficacement les molécules complexes du bambou".

Cette digestion incomplète est cependant compensée par une insolente capacité à s'économiser – sans pour autant tomber en hibernation. Une étude parue en 2015 dans *Science*, basée sur le suivi de huit spécimens, montre que le panda consomme moins de 45 % de la dépense énergétique théo-

rique d'un mammifère de poids équivalent; un exploit réalisé, semble-t-il, grâce à des organes vitaux de petite taille, un métabolisme thyroïdien parcimonieux et une activité physique raisonnée (moins de 30 m parcourus à l'heure). Ce souci de sobriété va jusqu'à la mise bas de nourrissons de seulement 100 g – la mère pèse 900 fois plus lourd, quand le rapport est de 1 à 20 pour les humains. Autant de signes d'une évolution exemplaire.

UNE AUTRE HISTOIRE ÉVOLUTIVE

Il y aurait même du génie chez le panda, ose Charles Raubenheimer, chercheur en écologie nutritionnelle à l'université de Sydney: "En évoluant pour survivre à une alimentation à base de bambou, le panda s'est ainsi rendu disponible une source massive de nourriture avec très peu de concurrence.

ANIMAL PHYSIOLOGY

Exceptionally low daily energy expenditure in the bamboo-eating giant panda

Il vit littéralement au milieu d'un océan de nourriture! C'est une excellente stratégie évolutive, qui devient une impasse seulement quand les hommes commencent à détruire ce milieu...

Alors, le panda, génie ou raté? Herbivore ou carnivore? "Il ne faudrait pas voir le processus d'évolution à l'image d'un ingénieur qui cherche à optimiser tous les paramètres d'un objet, appuie Hervé le Guyader, professeur au laboratoire de biologie du développement. Le système digestif du panda n'est certes pas adapté. Mais l'évolution des espèces est parfois soumise à des contraintes extrêmement subtiles: exemple, le nombre de vertèbres cervicales est limité à sept chez tous les mammifères – même la girafe! – car ce paramètre est déterminé par un réseau de gènes dont la modification peut déclencher un cancer." "Le cas du panda illustre la somme de contraintes qui pèsent sur un génome tout au long de son histoire évolutive: nous devrions mieux tenir compte de cela dans nos analyses", rebondit Vincent Laudet, chercheur en zoologie moléculaire à l'Ecole nationale supérieure de Lyon.

Sous ses dehors parfois maladroits et ridicules, le panda cache donc une histoire évolutive pleine de dilemmes résolus, de casse-tête surmontés, de problèmes contournés. Derrière l'image simpliste de star des zoos et d'animal en peluche, se dévoilent en réalité des mécanismes d'évolution subtils – qui restent encore à découvrir. Joli paradoxe...

L'ÉTUDE DE SON MÉTABOLISME

Été 2015, une étude parue dans *Science* met en évidence son métabolisme extrêmement sobre.

L'EXAMEN DE SON MICROBIOTE

Début 2015, une équipe chinoise révèle que le microbiote du panda est typique d'un carnivore.



A consulter: les publications scientifiques les plus récentes sur cette espèce icône.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Alphabet

L'ostracon qui bouleverse ses origines

Où, quand et comment est né l'alphabet ? Une pierre égyptienne de 3 500 ans pourrait enfin élucider l'énigme. Une hypothèse qui, pour **Emilie Rauscher**, change la donne.

C'est un vulgaire fragment de calcaire de 9 cm couvert de hiéroglyphes comme l'Égypte pharaonique en a produit des milliers. Mais pour Ben Haring, cet "ostracon" (photo ci-contre) est une sorte de Graal archéologique : *"C'est potentiellement le plus ancien texte organisé de façon alphabétique connu !"*

Depuis leur découverte il y a vingt ans, ces signes peints élégamment à l'encre noire sur la pierre défiaient les spécialistes. C'était avant que l'égyptologue de l'université de Leyde (Pays-Bas) voie en eux l'une des plus vieilles traces de ce système magnifiquement simple qu'est l'alphabet. Soit l'association d'un signe à un son, le tout rangé dans un ordre donné.

Ce qui ferait de cet ostracon un témoin inattendu de l'invention de l'alphabet, dont les origines restent perdues dans le Levant du II^e millénaire avant notre ère. Un témoin clé paradoxal... puisque l'écriture égyptienne n'était pas alphabétique !

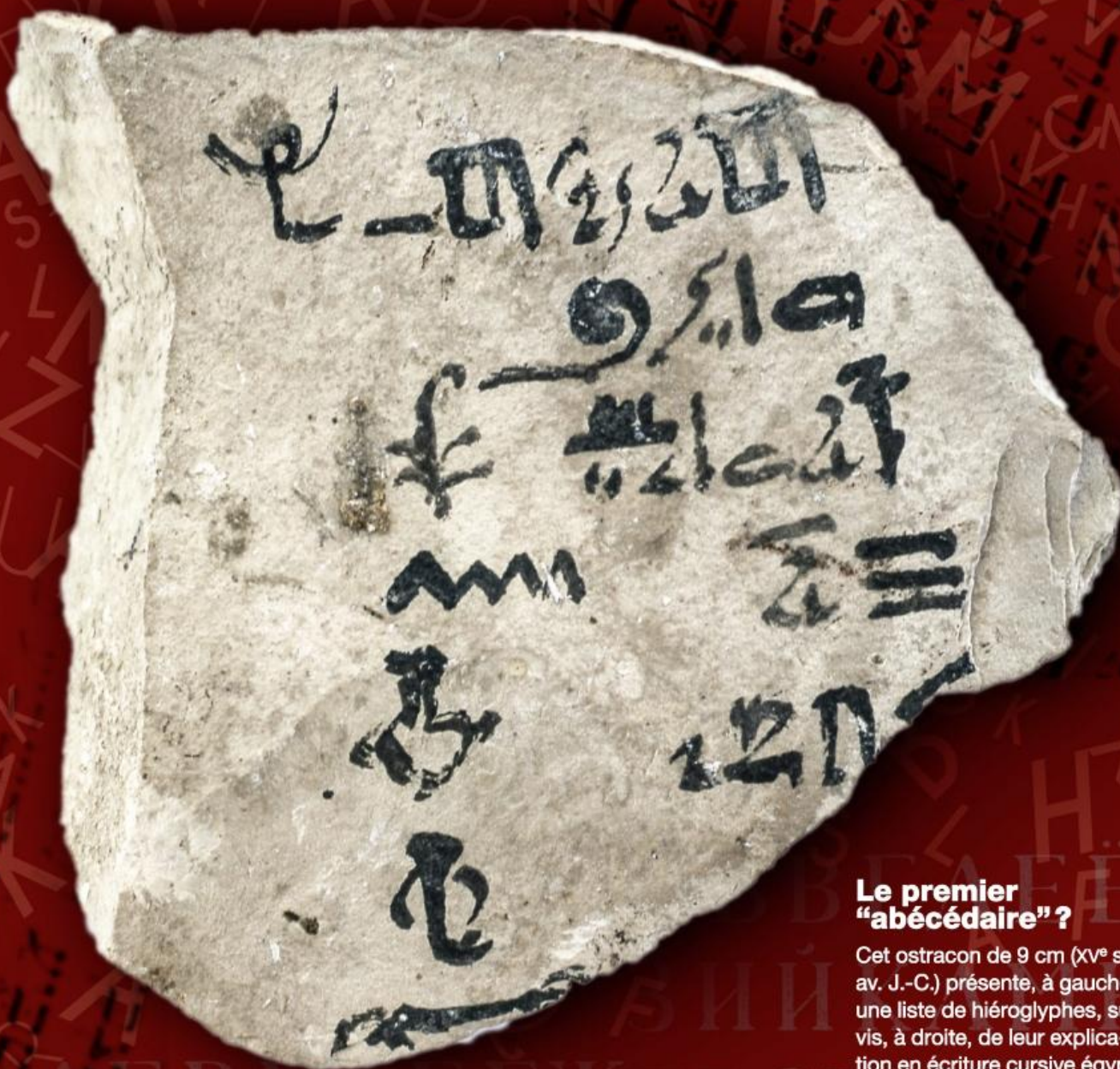
De fait, au long des quelques lignes ornant la pierre se succèdent signes hiéroglyphiques et hiératiques (leur version cursive), qui correspondent à des idéogrammes (des images) et à des syllabogrammes, et non à des lettres (des sons).

Première surprise, on est loin de l'organisation au cordeau typique des inscriptions égyptiennes : à gauche, un hiéroglyphe est séparé par une espace d'un "texte" en hiératique à droite. "Mon →



Repères

Au cours de son histoire, l'écriture a pris plusieurs visages. Née de l'image, elle a débuté sous forme de pictogrammes, puis d'idéogrammes et de syllabogrammes. L'ordre alphabétique est venu révolutionner ce système : un signe (une lettre) désigne cette fois un son, une trentaine d'entre eux suffisant à tout noter.



Le premier "abécédaire" ?

Cet ostracon de 9 cm (XV^e s. av. J.-C.) présente, à gauche, une liste de hiéroglyphes, suivis, à droite, de leur explication en écriture cursive égyptienne (hiératique). Cette liste semble correspondre à un ordre alphabétique connu.

LIGNE 1

SENS DE LECTURE ←



H

Hiéroglyphe

"Homme se réjouissant"

Ce hiéroglyphe correspond à la "phrase" adjacente. Il aurait été utilisé comme lettre sur d'autres sites.

"Texte" en hiératique

"Hy whn : se réjouir"

Le texte est écrit phonétiquement. Le son initial de cette première ligne (H) et des suivantes (voir ci-contre) suit un ordre alphabétique : l'halaham (HLHM).

LIGNE 2



"Rouleau de corde"

"Lw: ?"

L

LIGNE 3



"Roseau"

"Hrpt: plante"

H

LIGNE 4



"Eau ou son N"

"Mwn?: eau"

M

Le long chemin vers l'alphabet

Hiéroglyphique ou cunéiforme, alphabétique ou idéographique, l'écriture est l'une des inventions les plus fortes de l'humanité. Et si l'alphabet s'est imposé dans une partie du monde, il découle d'une succession de systèmes d'écriture remontant aux premiers desins de l'homme. Quatre étapes témoignent de sa maîtrise progressive.



Les premiers dessins (vers 33 000 av. J.-C.)

L'homme réalise avec ses premières peintures (ci-dessus la grotte Chauvet, en Ardèche) qu'il peut représenter le réel.



Jargon

L'acrophonie

consiste à employer un mot ou un idéogramme non pour son sens, mais pour la valeur phonétique de sa première lettre — arbre pour A, bateau pour B, etc. Elle semble avoir joué un rôle majeur dans l'invention de l'alphabet, tant pour la transition "signe-image"/ "signe-son" que dans les premières listes alphabétiques.

peu l'HLHM. Mais l'ostracon provient, lui, de la tombe de Senneferi, administrateur du pharaon Thoutmosis III, à Thèbes : une tombe qui date du XV^e siècle avant J.-C. Soit deux siècles plus tôt. Il y a 3 500 ans.

"S'il s'agit bien d'un exemple aussi précoce d'ordre alphabétique, alors il pourrait avoir des répercussions majeures dans notre compréhension de la création et de la propagation du système alphabétique", pose Philippa Steele, spécialiste de l'histoire de l'écriture à l'université de Cambridge.

Car cet ostracon pourrait démontrer que l'un des deux ordres alphabétiques au moins

quatre premières consonnes de l'halaḥam, le second canon alphabétique connu !"

Ce second alphabet, utilisé notamment dans l'éthiopien classique, est cousin du nôtre, l'ABC (ou ABG) — avec certaines lettres identiques et d'autres inversées, auxquelles s'ajoutent six ou sept signes — mais son classement est spécifique. "Que ces quatre consonnes se soient trouvées dans cet ordre précis ne peut pas être une coïncidence...", estime le chercheur.

D'où l'hypothèse qu'il s'agirait d'une sorte d'abécédaire. Les hiéroglyphes de cet ostracon porteraient en eux la révolution alphabétique, où un signe ne vaut plus pour ce qu'il représente, mais pour son son initial — et où les sons sont ordonnés en un classement précisément esquissé ici.

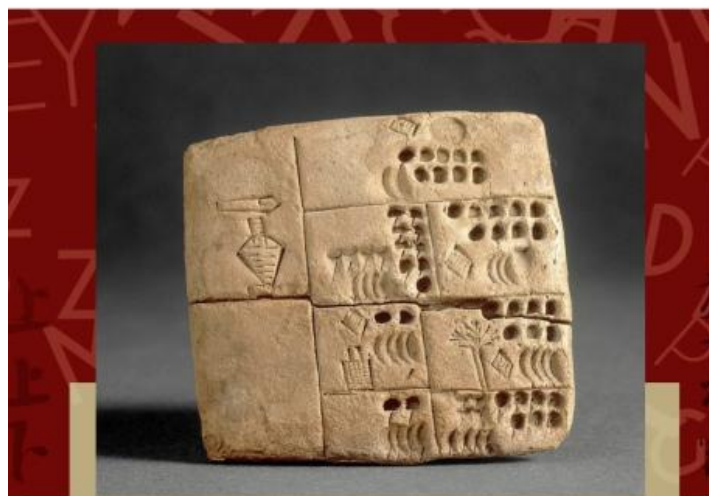
Jusqu'à présent, les premières traces connues des deux ordres alphabétiques remontaient au XIII^e siècle avant J.-C., à Ougarit (Syrie), l'ABC précédant de

impression, avance prudemment Ben Haring, est qu'il pourrait s'agir d'une liste où les signes tracés à gauche sont expliqués par les mots écrits à droite [la lecture se faisant de droite à gauche]."

Mais c'est surtout la transcription des mots qui a stupéfié l'égyptologue, car ils étaient épelés de "fason fonétic". Comme si leur orthographe avait moins compté que le son inspiré par le signe à gauche... Par exemple, "la première ligne au recto peut signifier 'hy hnw', qui veut dire 'se réjouir' en ancien égyptien, et à l'extrémité gauche se trouve le signe représentant un homme en train de se réjouir", explique-t-il.

UNE COÏNCIDENCE TROUBLANTE

Mis bout à bout, ces morceaux de phrases ne veulent rien dire... Mais titillé par l'anomalie phonétique, Ben Haring a poussé l'investigation. "Dans les écritures sémitiques [comme l'égyptien, l'hébreu, l'arabe, etc.], 'son' veut principalement dire 'consonne', souligne-t-il. Or, la séquence des sons initiaux des quatre premières lignes de l'ostracon est frappante : H-L-H-M, soit les



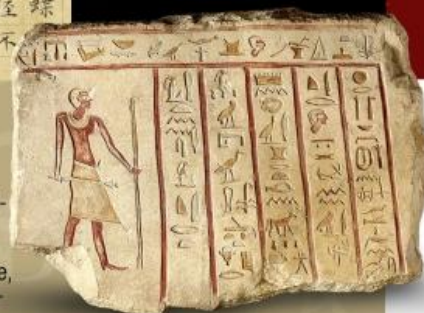
Les pictogrammes (4000 av. J.-C.)

Précurseurs des véritables écritures, ces signes simples (ci-dessus mésopotamiens, datant du III^e millénaire av. J.-C. ; ci-contre aztèques, du XV^e s.), inspirés de l'environnement, permettent aux scribes de noter des informations simples.



Les idéogrammes (3500 av. J.-C.)

Figuratifs mais de plus en plus stylisés, les idéogrammes (développés indépendamment en Chine, Égypte et Mésopotamie) peuvent tout écrire, du réel à l'abstrait. Leur sens général reste inféodé à l'image initiale.



serait né en Égypte, avant l'avènement des alphabets – lesquels se seraient coulés dans un classement élaboré par un autre système d'écriture.

Il pourrait même *"réfléter une tradition alphabétique plus ancienne, qui existait déjà dans l'orbite culturelle égyptienne"*, envisage Ben Haring.

Ces signes renvoient en effet à d'autres découvertes, qui avaient déjà attiré l'attention des spécialistes. En particulier des signes identiques à ceux inscrits sur les lignes 1, 2 et 4 (liés aux sons H, L et M) de l'ostacon, tracés peut-être 400 ans plus tôt à Wadi el-Hol (au nord-ouest de Louxor) et à Serabit el-Khadim (dans le Sinaï).

Serabit el-Khadim ? Un site minier perdu au milieu des montagnes, où les gisements de turquoise sont exploités par Pharaon depuis le Moyen Empire et où ne vivent que quelques scribes, militaires et



La révolution alphabétique (II^e millénaire av. J.-C.)

En rupture avec les précédents systèmes, l'alphabet retranscrit les sons d'un mot. L'inscription sur ce sphinx de Serabit el-Khadim est l'une des premières à utiliser des lettres. Et l'ostacon, avec son ordre alphabétique, complète l'invention.

prêtres égyptiens, ainsi que des mineurs cananéens. Et pourtant... Les parois des mines et certains petits objets montrent les plus vieux signes alphabétiques connus – sans trace d'ordre particulier.

L'égyptologue israélienne Orly Goldwasser soutient depuis cinq ans que ce sont les mains calleuses des mineurs

qui tenaient le stylet lors de ces écrits balbutiants. Loin de tout, en particulier de leurs divinités protectrices, cernés d'inscriptions égyptiennes et soumis à un travail dangereux, un besoin se serait imposé chez eux : contacter leurs dieux et laisser leur nom. Incapables de déchiffrer les hiéroglyphes qu'ils voyaient, ils auraient repris la forme de certains pour les utiliser autrement !

Leur coup de génie ? Attribuer comme valeur aux signes non ce qu'ils représentent, mais leur son initial – ce qu'on appelle

→ l'acrophonie (voir jargon). Les avantages de ce nouveau système sont légion : peu de signes, qui plus est faciles à apprendre, à comprendre et à adapter...

Les conclusions d'Orly Goldwasser restent débattues, et peut-être le pas n'a-t-il pas été franchi à Serabit el-Khadim. Qui sait si d'autres signes, plus anciens encore, ne pourraient pas être découverts ailleurs ? En tout cas, comme le souligne

mais pas seulement ! A mesure qu'ils les testaient, *"il est possible que [...] des scribes [aient] remarqué que certains signes étaient plus faciles à lire*, notait en 2007 le neuroscientifique Stanislas Dehaene dans son livre *Les neurones de la lecture. La communication écrite est tellement contrainte sur le plan cérébral qu'elle ne laisse guère de place au relativisme culturel : notre cerveau*

ceux qui suivront, plusieurs siècles passent discrètement au cours desquels ces signes se fixent, s'ordonnant peu à peu. *"A Serabit el-Khadim, les caractères imitent ceux des Egyptiens ; on les retrouve plus tard au Sud-Levant, où ils se font plus abstraits, puis plus au nord, où ils deviennent cunéiformes : le concept d'alphabet se déplace, et calque partout son apparence sur celle des écritures de prestige locales"*, a découvert Robert Hawley.

Il faudra qu'un roi de la cité d'Ougarit (où se retrouveront les deux ordres alphabétiques) l'adopte au XIII^e siècle avant J.-C. pour que l'alphabet s'impose finalement comme le véhicule graphique d'un patrimoine littéraire parrainé par les élites de tout un royaume.

Au final, l'ostracon de Thèbes pourrait devenir l'un des plus importants jalons de cette histoire de l'écriture que neurosciences, épigraphie, archéologie et linguistique esquissent désormais ensemble. Trait d'union entre l'ordre et la lettre, il est déjà un témoignage unique sur l'origine de la pensée alphabétique. La plus belle preuve que, comme l'avait pressenti Stanislas Dehaene, *"ce n'est pas notre cerveau qui a évolué pour l'écriture, mais l'écriture qui s'est adaptée à notre cerveau"*...



A lire : les interviews de P. Steele et de R. Hawley.
A voir : une conférence sur les débuts de l'alphabet.
A consulter : la publication de Ben Haring, et une sélection de sites et d'ouvrages.

science-et-vie.com

EN
SAVOIR
PLUS

"Emojis" : le grand retour des pictogrammes ?

Créés dès 1998 mais popularisés par l'iPhone en 2011, puis par Android en 2013, les emojis sont ces petites images qui peuplent la moitié de nos échanges par SMS ou sur les réseaux sociaux. Leur usage est exponentiel, au point que certains se lancent dans la transcription de romans (*Moby Dick* !) en "langage" emoji. S'il y a peu de chances que ce dernier devienne une véritable écriture, les linguistes sont fascinés par ce champ d'expérimentation unique en temps réel. *"Ils constituent un type particulier de signes écrits, assez similaires aux idéogrammes, mais dans un contexte différent et un registre circonscrit : ce n'est donc pas un retour en arrière, estime Philippa Steele. Ils appartiennent désormais à l'écriture informelle, qu'ils enrichissent."*

Robert Hawley, spécialiste des langues sémitiques au CNRS, *"c'est probablement ce contexte de marginalisation, loin des élites des grandes villes, qui a fourni aux inventeurs de l'alphabet la marge de manœuvre nécessaire pour mener leurs expériences innovatrices"*.

DES MOTIFS IMPRIMÉS EN NOUS

Omniprésentes, les images qui deviendront nos lettres sont pratiques à tracer et à reconnaître : tête de bœuf (notre A, inversé), vaguelettes (M), etc.

Pourquoi ces hiéroglyphes plutôt que d'autres ? Il y a le poids culturel, bien sûr...

de primate n'admet qu'un petit jeu de formes écrites..."

Des motifs simples, en forme de Y, de T ou de X, décrits par le neurobiologiste Mark Changizi, que notre région occipito-temporale ventrale gauche a appris à reconnaître dans des branches qui se croisent, un fleuve qui se divise, etc. Des sortes de "proto-lettres" imprimées en nous sur plusieurs millions d'années d'évolution pour nous permettre de reconnaître plus vite ce qui nous entoure, et donc de survivre.

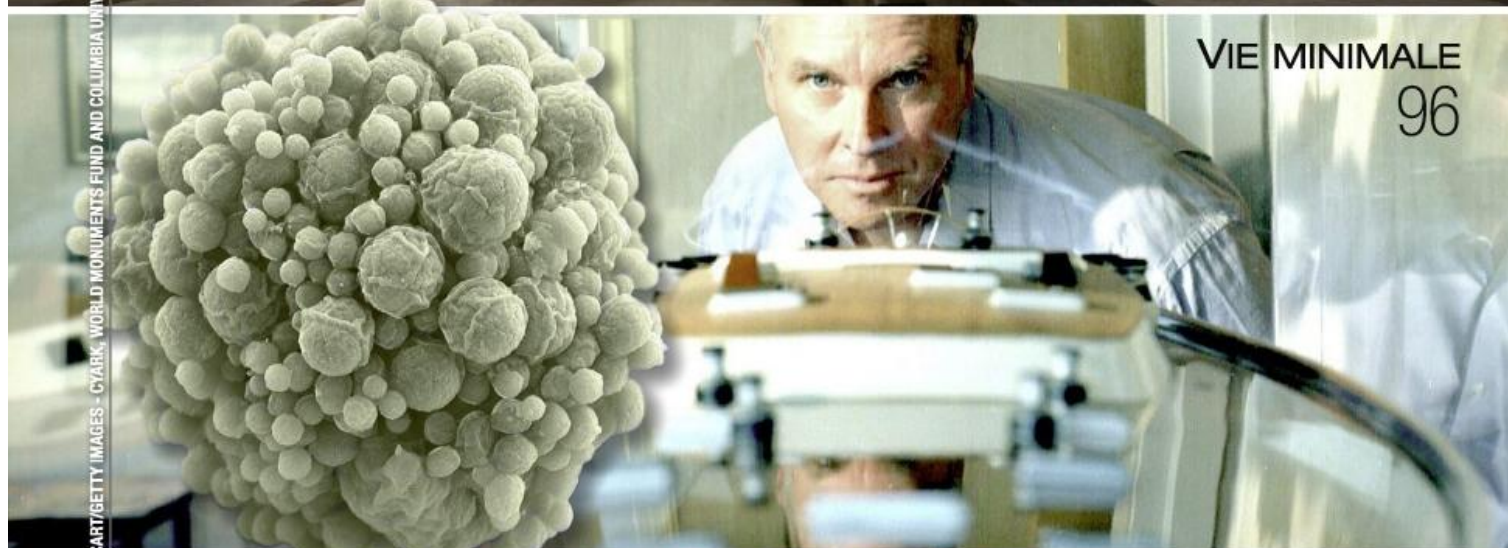
Entre les graffitis laissés à Serabit el-Khadim, ceux peints sur l'ostracon de Thèbes et

& Science techniques

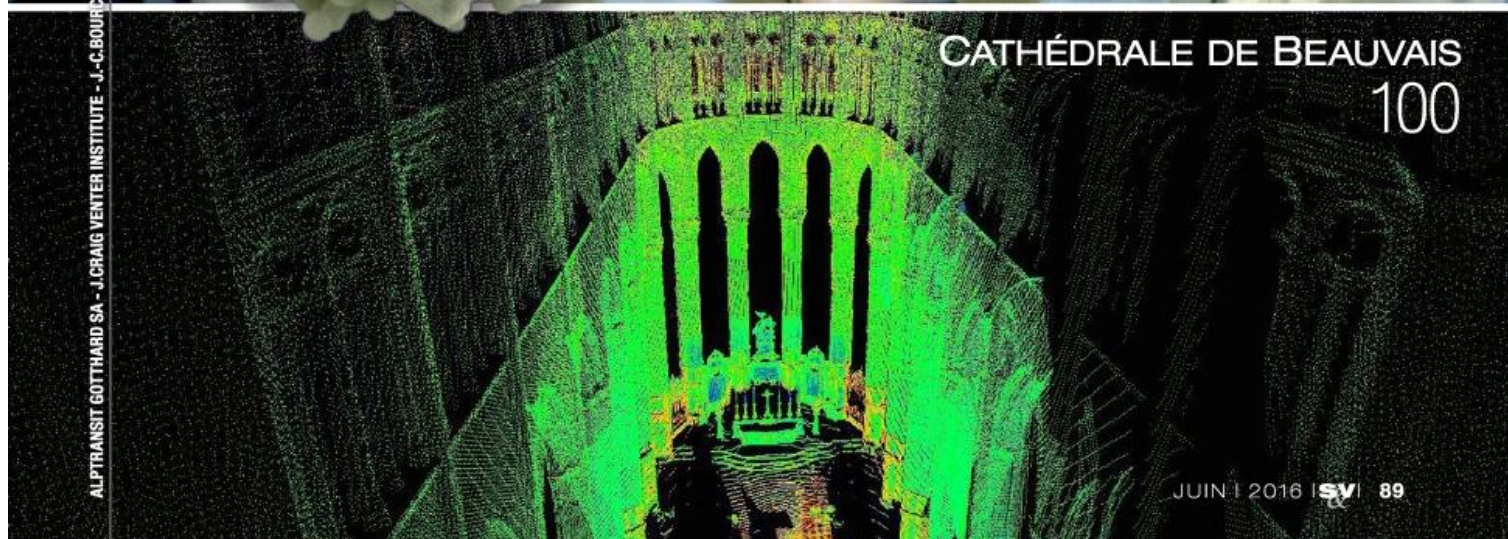
TUNNEL
90



VIE MINIMALE
96



CATHÉDRALE DE BEAUVAIS
100



Saint-Gothard

LE TUNNEL DE TOUS LES RECORDS

La Suisse inaugure, le 1^{er} juin, un tunnel ferroviaire d'une longueur et d'une profondeur sans précédents.

Olivier Lapirot a suivi cette incroyable épopée. Et nous raconte les défis colossaux que les ingénieurs ont dû relever pour mener à bien ce chantier titanesque.

C'est le plus long et le plus profond tunnel jamais percé. Les deux tubes parallèles de 8 m de circonférence transpercent le massif suisse du Saint-Gothard sur 57 km, surpassant de 3,1 km l'actuel détenteur du record, le tunnel ferroviaire japonais du Seikan, et de 6,5 km le tunnel sous la Manche. Le tout sous une couche rocheuse dont l'épaisseur atteint jusqu'à 2 300 m !

De quoi donner le vertige aux futurs passagers qui pourront filer à 200 km/h sous cette muraille alpine et relier Milan à Zurich en 2 h 50, contre 4 h 10 aujourd'hui – sachant que ce tunnel doit être complété par celui du Ceneri, dont l'achèvement est prévu pour 2020.

En attendant, dès sa mise en service en décembre prochain, 50 millions de tonnes de marchandises s'engouffreront dans ce vertigineux trou,

contre 20 actuellement – ce tunnel remplacera l'ancien, construit à la fin du XIX^e siècle au sommet du massif.

Avec un trajet réduit de 30 km, quasiment en ligne droite, et un très faible dénivelé, ces trains de marchandises circuleront plus vite, à plus grande fréquence et pour deux fois moins d'énergie.

“La Suisse veut protéger les Alpes, témoigne Nicolas Steinmann, ingénieur d'AlpTransit



Contexte

La Suisse est un haut-lieu de transit des camions de marchandises. Pour alléger cet important trafic routier, un nouveau tunnel ferroviaire, à travers le massif du Saint-Gothard, va permettre d'augmenter la cadence des trains de fret.

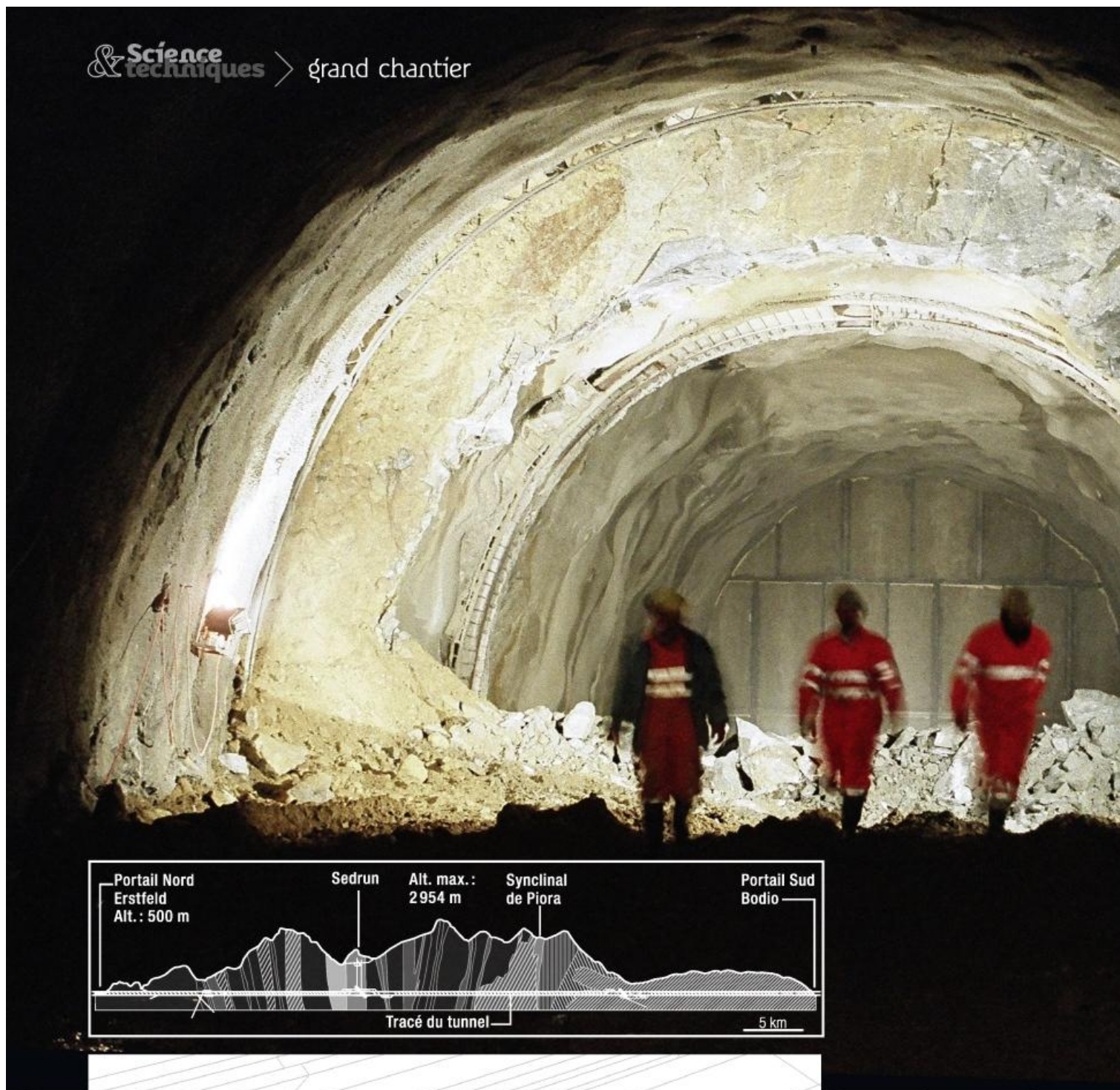
Gotthard, filiale des Chemins de fer fédéraux suisses assurant la maîtrise d'ouvrage. À l'heure actuelle, les deux tiers du trafic de marchandises transitent par le chemin de fer, un tiers par la route. Vu la hausse croissante du trafic, il était impératif d'augmenter la capacité de transport par le rail pour garder cette proportion.

Les derniers essais s'enchaînent depuis octobre. "Les trains circulent à 275 km/h,

10 % au-delà de la vitesse maximale de 250 km/h prévue. De quoi valider la voie, mais aussi les systèmes de communication et de signalisation dans le tunnel", détaille l'ingénieur. Ventilation, portes coupe-feu automatiques, tout ce qui touche à la sécurité est soigneusement vérifié. "Nous avons organisé plusieurs exercices d'évacuation grandeur nature, avec des trains de 500 à 800 personnes", précise-t-il.

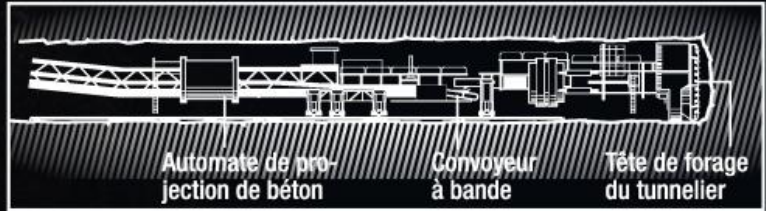
En comptant les études préalables, le percement puis l'aménagement, le chantier aura nécessité un quart de siècle et mobilisé près de 10 000 ouvriers, techniciens, ingénieurs et géomètres, pour un coût de 9 milliards d'euros. Un projet de titan qui a posé aux ingénieurs des défis géologiques, géométriques et mécaniques hors du commun.

Voici comment ils les ont relevés.



Le défi du tracé

Le plissement alpin est ici un véritable millefeuille géologique, avec une vingtaine de roches différentes, des plus dures aux plus friables. Vu la profondeur exceptionnelle du tunnel, les géologues ont dû extrapoler la nature du sous-sol à partir de documents, de forages et de failles repérées par photos aériennes. Le synclinal de Piora, une faille plongeante constituée d'une roche granuleuse comme du sucre et imbibée d'eau, aurait pu remettre en question le projet. Il a fallu creuser une galerie de reconnaissance de 5,5 km, 300 m au-dessus du tracé prévu, pour s'assurer que le futur tunnel passerait bien dans la couche de marbre située juste en dessous du synclinal. Le tracé final est légèrement galbé : un savant compromis entre la ligne droite, les installations en surface (barrages hydroélectriques...), la hauteur de recouvrement du tunnel et la qualité des roches.



Le défi de l'excavation

Pas moins de 28,2 millions de tonnes de roches arrachées au massif du Saint-Gothard! Alors que le tunnel affiche une longueur de 57 km, ce sont au total 152 km de galeries qui ont été creusés. Afin de réduire la durée du chantier, le tunnel, composé de deux tubes parallèles, a été percé à partir de trois points d'attaque intermédiaires, pour lesquels il a fallu creuser des galeries d'accès. Quatre tunneliers de 450 m de longueur et 3000 t y ont été descendus, pièce par pièce, puis montés sur place, afin d'éclater les roches dures au nord et au sud. Les roches les plus tendres, situées au centre du tracé et sur lesquelles les tunneliers auraient patiné, ont été attaquées à l'explosif. Une technique beaucoup plus lente: alors que cette portion représentait 15 % du tracé, elle a nécessité autant de temps que les 85 % avalés par les tunneliers.







Le défi de la précision

Comment ne pas perdre le cap sous 2 km de roches et sur une telle longueur ? Et sans GPS, à cause de la couche rocheuse. L'écart maximal toléré à la jonction entre deux tronçons (chacun long de 8 à 16 km) était fixé à 25 cm horizontalement et 12,5 cm verticalement. Les géomètres ont d'abord dû fixer en surface un réseau de 28 repères, qui ont servi de références pour mesurer angles et distances dans le tunnel. Ils ont ensuite transféré ces points plusieurs centaines de mètres plus bas : une technique inédite. Afin de limiter les erreurs, deux méthodes ont été exploitées en parallèle : le fil à plomb classique et le plomb optique (où le fil est remplacé par une visée optique au travers d'un collimateur). Sachant que les mesures du fil à plomb ont dû être corrigées en tenant compte des irrégularités du champ de gravitation. Résultat : un écart maximal de 13,7 cm horizontalement et 1,7 cm verticalement. Ultraprécis !



Le défi de la consolidation

En certains endroits, la poussée exercée par la roche atteint 2000 t/m² ! En plus des techniques classiques de consolidation (ancrage, treillis métallique, projection de béton), les ingénieurs ont dû mettre au point un système inédit : des cintres coulissants formant un anneau capable de se rétracter afin de laisser la roche se déformer suffisamment pour atténuer la pression à laquelle elle est soumise, avant de la bloquer. Le tunnel lui-même a été construit avec une double voûte. La première supporte les charges, le temps du chantier. Une couche imperméable de 5 mm la tapisse et protège des infiltrations d'eau la voûte définitive en béton. L'épaisseur de celle-ci varie, de 30 cm sur la majorité du tunnel jusqu'à 1 m, en fonction de la pression à supporter. Elle a été calibrée de manière à résister cent ans sans maintenance.



A voir :
l'historique
du chantier et
les vidéos
officielles du
projet.

**EN
SAVOIR
PLUS**

science-et-vie.com

Génome minimal

La vie en moins de 500 gènes

Combien de gènes suffisent à un organisme pour rester en vie ? 473 ! C'est le nouveau record que vient d'établir le célèbre Craig Venter. Une "vie minimale" aux allures d'exploit, qu'**Aude Rambaud** a décortiqué.

Et si la plus simple expression de la vie pouvait se résumer en 473 gènes ? Un équipement génétique qui serait suffisant pour assurer le développement, la croissance et la reproduction d'un organisme. Sachant que, dans la nature, c'est la bactérie *Mycoplasma genitalium* qui possède le plus petit génome connu, avec 525 gènes.

Repères

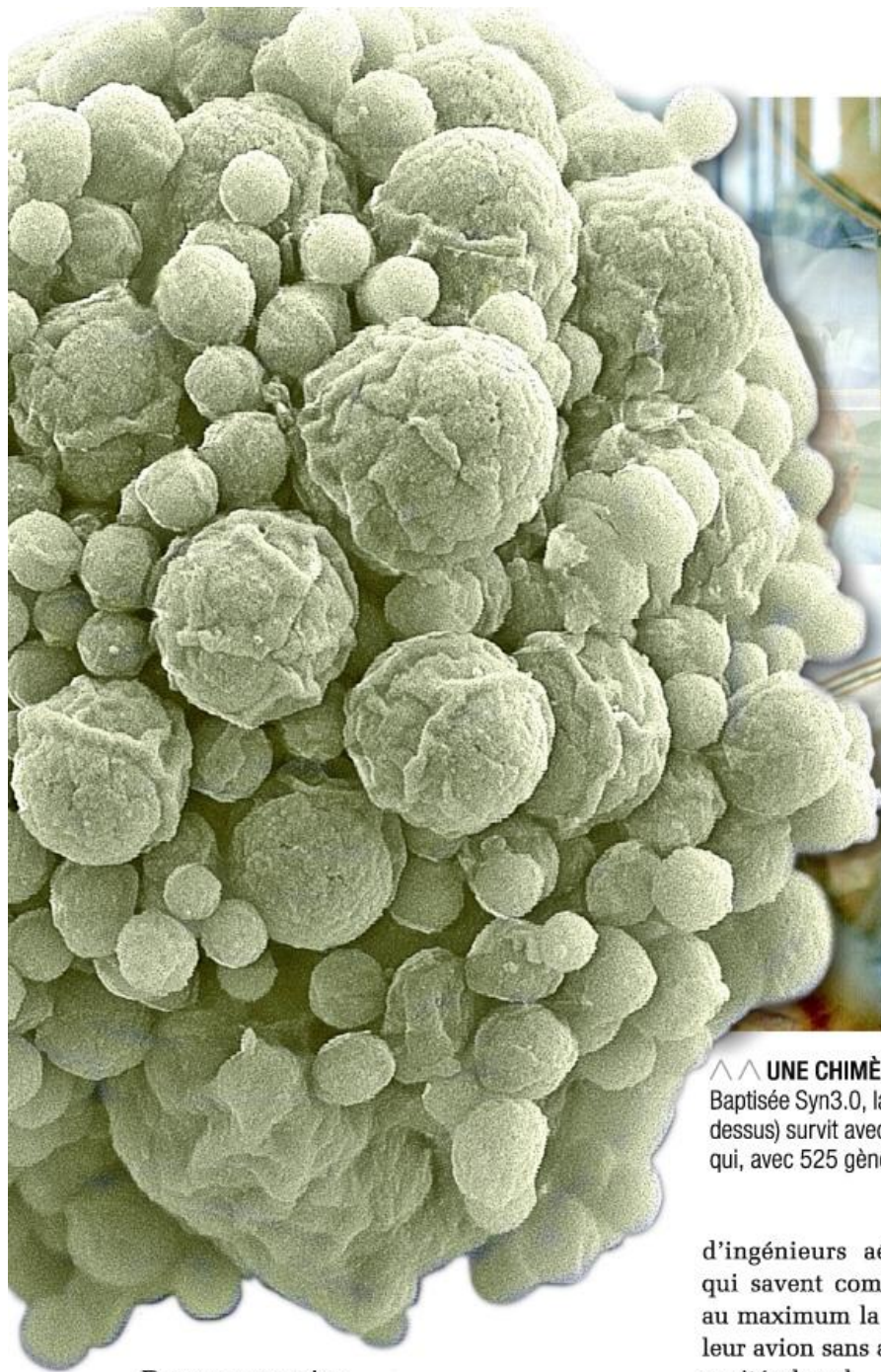
Dans la nature, les organismes possèdent bien plus de 473 gènes ! Et la taille du génome ne dépend ni de la taille, ni du degré d'évolution de l'espèce. Par exemple, aux **20 000 gènes de l'homme** on peut opposer les 45 000 gènes du peuplier ou les 120 000 du froment... Un paradoxe lié à des événements survenus au cours de l'évolution.

Or, preuve vient d'être faite qu'un génome encore plus minimal existe ! Lequel n'est pas le fruit d'une sélection naturelle : il se trouve à l'intérieur d'une bactérie vivant dans un laboratoire. Une pure chimère, dont l'acte de naissance est signé de l'équipe de Craig Venter, le trublion de la génétique.

Abonné aux exploits, le Californien à la tête de l'institut qui porte son nom est déjà à l'origine, en 2000, du premier séquençage de l'intégralité du génome humain. C'est encore lui qui a créé, en 2010, le premier organisme – une bactérie – contrôlé par un génome synthétique, nommé Syn1.0, copie exacte du génome naturel de la bactérie *Mycoplasma mycoides*.

Cette fois, le chercheur peut se targuer d'avoir battu de 52 gènes le record de la forme minimale de vie connue dans la nature. Il a baptisé sa nouvelle création Syn3.0.

Par quel prodige en est-il arrivé à ce résultat qui, de fait, interroge l'identité du vivant ? "Au lieu de construire un génome en partant de zéro, les chercheurs ont procédé par élimination en réduisant progressivement un génome donné", clarifie François Kepes, directeur de l'Institut de biologie systémique et synthétique, Génomole d'Evry. Pour simplifier sa tâche, Craig Venter est reparti de sa première bactérie synthétique, Syn1.0, qui contient 901 gènes.



^^ UNE CHIMÈRE QUI BAT LA NATURE DE 52 GÈNES

Baptisée Syn3.0, la bactérie créée de toutes pièces par Craig Venter (ci-dessus) survit avec 473 gènes. Elle bat donc *Mycoplasma genitalium* qui, avec 525 gènes, détient le record de vie minimale dans la nature.

Dans un premier temps, l'équipe a pratiqué une sélection drastique des gènes en fonction des connaissances scientifiques déjà acquises. Après avoir inactivé de nombreux gènes pour définir leur importance, les chercheurs estimaient en effet pouvoir éliminer tous ceux qui, *a priori*, n'étaient pas indispensables, comme par exemple ceux impliqués dans la production de nutriments pouvant être apportés par le milieu extérieur. Un peu à la manière

d'ingénieurs aéronautiques qui savent comment alléger au maximum la carlingue de leur avion sans altérer ses capacités de vol.

Sauf qu'appliquée à la génétique, la méthode a d'abord abouti à un crash ! Le jeu de 471 gènes sélectionnés introduit dans l'enveloppe d'une bactérie *Mycoplasma mycoides* ne lui a pas permis de survivre.

PROCESSUS FASTIDIEUX

Les scientifiques ont donc ravale leur orgueil. Et pour continuer de filer la métaphore aéronautique, ils se sont retrouvés dans la situation d'ingénieurs qui ignorent pourquoi leur

avion vole et, faute de mieux, se résignent à arracher au hasard des pans de la carlingue pour en vérifier l'utilité.

Une approche beaucoup plus hasardeuse et aléatoire. Pour laquelle l'équipe de Craig Venter a commencé par découper le génome de la bactérie synthétique Syn1.0 en morceaux. Chaque fragment a été testé seul ou combiné avec d'autres pour voir si ces combinaisons étaient indispensables ou pas. Cela a permis de réintégrer des séquences précédemment perçues comme superflues alors qu'elles se sont révélées nécessaires au bon fonctionnement cellulaire. Un processus fasti-

→ dieux, qui a nécessité de tester de nombreuses combinaisons.

Et c'est ainsi qu'ils ont abouti à cette fameuse version de 473 gènes qui, une fois intégrée à l'intérieur d'une bactérie *Mycoplasma mycoides* dénuée de son propre génome, lui permettent de se développer et de se multiplier. La colonie bactérienne ainsi formée continue de vivre entre les murs du J. Craig Venter Institute.

Pour l'instant, la prouesse est donc plus technique que scientifique: fruit d'une recette de cuisine technologique plus que d'une longue quête de connaissances fondamentales. D'ailleurs, des connaissances, les scientifiques en manquent encore. Ils ont ainsi eu la surprise de constater qu'ils ignorent totalement la fonction d'un tiers des 473 gènes utilisés! Ils ont juste remarqué que si l'un manque, la bactérie meurt.

Un peu comme le séquençage du génome humain, en 2000, n'était qu'un pavé de signes dénué de sens à l'époque, "ce résultat reflète l'état de la connaissance actuelle, commente Vincent Fromion, chercheur en biologie des systèmes à l'Inra à Jouy-en-Josas. Elle est encore insuffisante pour dessiner un génome à partir de rien. Il reste trop de gènes et de fonctions inconnues".

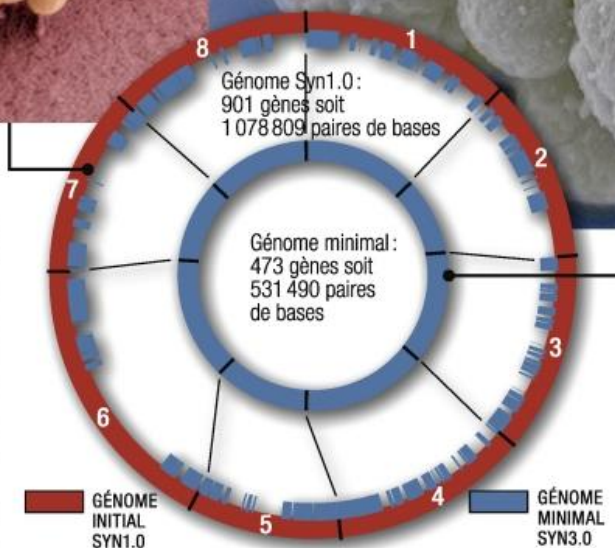
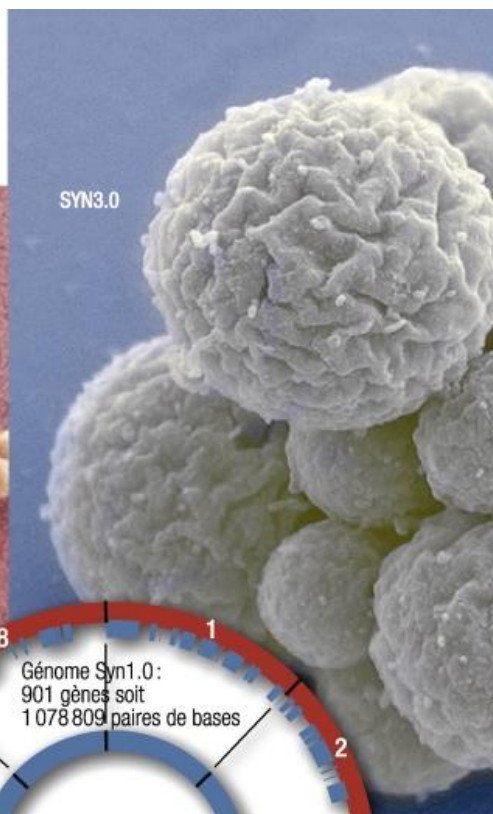
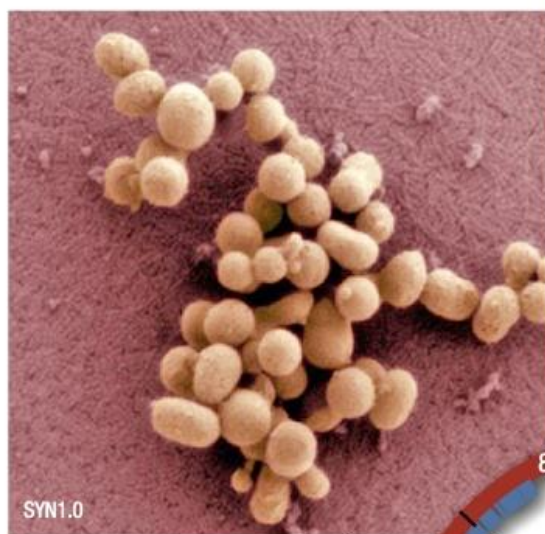
L'ESSENTIEL D'UNE CELLULE

Il n'empêche, le scientifique salue cette première, qui pose la base des éléments minimaux essentiels à une forme de vie cellulaire (lire interview ci-contre). "Certains gènes seront sûrement différents chez d'autres bactéries puisque des fonctions élémentaires peuvent être assurées de dif-

férentes manières, confirme le Pr Clyde Hutchison, auteur principal de ces travaux au J. Craig Venter Institute, mais cette avancée va nous permettre d'en apprendre beaucoup sur les mécanismes de base du vivant à l'échelle moléculaire", se réjouit-il.

Toutefois, l'équipe poursuit aussi des objectifs lucratifs! Ce succès intéresse en effet les industriels, qui misent déjà sur le "design bactérien" pour produire certains précurseurs de matières textiles, des molécules habituellement produites à partir du pétrole pour des plastiques, mais aussi des biocarburants, des protéines thérapeutiques, des nutriments pour l'alimentation animale...

Inventer l'usine biologique minimale: voilà bien ce qui guide Craig Venter dans cette aventure. "Disposer de bactéries débarrassées de tout matériel génétique superflu permettrait une multiplication plus rapide et moins énergivore, avec un risque réduit d'interférences entre séquences d'ADN endogènes et gènes importés exogènes. L'objectif est, en



> Comment est né le génome minimal...

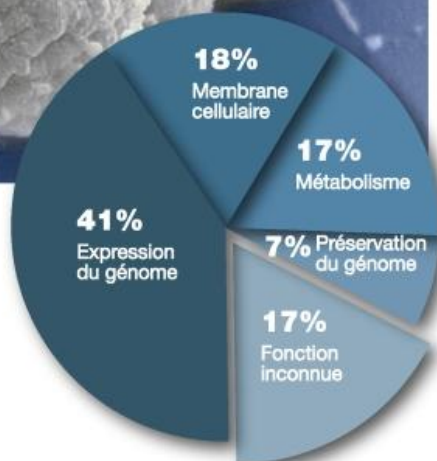
La segmentation du génome initial de Syn1.0 en 8 morceaux permet d'observer la quantité d'ADN conservée de chaque fragment dans le génome final de Syn3.0. Certaines régions, bien représentées, évoquent des associations de gènes indispensables; d'autres ont été très amputées, comme le fragment 6: il s'agit de gènes superflus ou de séquences devenues inutiles avec l'évolution.

quelques sortes, d'obtenir des bêtes de course pour produire mieux et plus vite", résume François Kepes.

Une perspective qui peut sembler effrayante. Un chercheur pourra-t-il, un jour, prendre une feuille de papier et imaginer l'organisme de ses rêves en choisissant des gènes et en les organisant harmonieusement? "C'est possible, car nous allons apprendre à dessiner des génomes en agencant efficacement des groupes

▼ ... A quoi servent ses 473 gènes

Ci-dessous, la répartition des tâches au sein du génome minimal.



de gènes, clarifie Clyde Hutchison. Et, personnellement, je ne trouve pas cela terrifiant, même si j'ai bien conscience qu'il faut protéger la société contre les dérives que pourraient induire ces nouveaux moyens." Autant dire que la quête du génome sur mesure de l'équipe Venter n'est pas terminée. Elle annonce d'ailleurs avoir commencé à s'attaquer au génome minimum chez la levure.



Le détail de la méthode :
Design and Synthesis
of a Minimal Bacterial
Genome, Hutchison CA
et al., Science 2016.

EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com



FRANÇOIS
KEPES

La vie d'une cellule ne se limite pas à son génome de base

Directeur de l'Institut de biologie systémique et synthétique, Génopole d'Evry

Science & Vie : Détient-on là le secret du génome minimum universel ?

François Kepes : Non, ce succès est spécifique à cette souche de bactérie. Peu de chances que ce génome minimum convienne à des cellules plus complexes de levures ou d'organismes supérieurs, comme des cellules humaines par exemple ! Il y aurait trop d'inadéquation entre ce génome et une cellule qui n'en serait pas à l'origine.

S&V : On est donc loin d'une découverte sur l'origine de la vie ?

F.K. : Oh oui ! D'une part, ce génome ne donne pas la vie par lui-même à une cellule mais il est introduit dans une bactérie préexistante à laquelle on a ôté son propre génome. D'autre part, cette bactérie est cultivée dans des conditions très strictes de milieu et sur le plan nutritif. Les modifier entraînerait certainement le décès des cellules sous-équipées pour s'adapter à son environnement. C'est pourquoi il s'agit d'une forme de vie dans des conditions données et non de LA vie en général. Rien ne permet de

prouver qu'on ne pouvait pas enlever encore du matériel génétique ou qu'une autre combinaison de gènes n'était pas possible.

S&V : Mais pourra-t-on un jour donner vie à un organisme entièrement dessiné sur mesure, en sélectionnant tous les gènes, voire en en inventant ?

F.K. : Je ne crois pas. La vie d'une cellule ne se limite pas à son génome de base, elle repose aussi sur les modifications épigénétiques issues de sa cellule mère. En tout cas, les organismes d'éthique devraient se saisir de la question car la biologie et la technologie vont très vite. Des sociétés de synthèse d'ADN proposent aujourd'hui des fragments de 4000 bases d'ADN à 15 centimes la base. Bientôt ce sera 10000 bases pour deux fois moins cher...

S&V : Des laboratoires travaillent-ils sur un génome minimum pour cellules humaines ?

F.K. : Non, je n'ai pas connaissance d'équipes travaillant sur des cellules autres que des bactéries ou des levures. Pour le moment.

La cathédrale passée au scanner **Sauver Beauvais !**

Elle ploie si fort qu'il y a urgence à la renforcer. A condition de savoir où se situent ses vrais points faibles. C'est ainsi que ce monument de l'art gothique va être entièrement scanné. Un recours au laser 3D dont **Myriam Ydri** nous livre un aperçu.

Il est américain, spécialiste des cathédrales gothiques, et veut sauver celle de Beauvais. Mal en point depuis des années, ce splendide édifice érigé au XIII^e siècle menace de s'effondrer. Son arme ? Le scanner laser 3D.

L'archéologue Stephen Murray (université Columbia) est venu poser ses instruments sur la dalle de l'édifice en mai dernier. Objectif: reconstruire virtuellement la cathédrale dans ses moindres détails pour calculer au plus près les tensions qui la travaillent et, ainsi, guider au mieux les travaux de consolidation qu'elle nécessite. Sachant que son édification ne

s'est pas faite en une seule fois, ce qui complique d'autant la compréhension de son architecture interne.

ELLE A BOUGÉ DE 2 MM EN 20 ANS

C'est que la merveille gothique de l'Oise tremble sur ses bases depuis qu'au tournant des années 1950, des architectes ont retiré des armatures métalliques de sa structure pour, disaient-ils, "*rendre à la cathédrale sa beauté originale*". Sauf qu'ils ignoraient alors que ces tirants, installés au fil de sa longue édification (lire la chronologie ci-contre), étaient "*indispensables au subtil équilibre des forces*" qui

maintiennent cet édifice hors normes, explique Jean-Louis Taupin, qui fut architecte des monuments historiques sur le site de Beauvais. Sans ces tirants, les piles, ces tours extérieures qui soutiennent la cathédrale, oscillent en effet dangereusement.

On sait qu'une légère oscillation est normale: toutes les cathédrales gothiques en connaissent. En effet, en circulant autour d'une pile, l'air crée des turbulences. Et plus il y a de piles, plus il y a de turbulences et plus elles sont violentes. Ce type d'édifice vibre donc légèrement. Mais à Beauvais, sans les barres de fer qui



La cathédrale de Beauvais, qui possède le plus haut chœur gothique d'Europe avec 48,50 m, a déjà connu plusieurs effondrements.

Chronologie

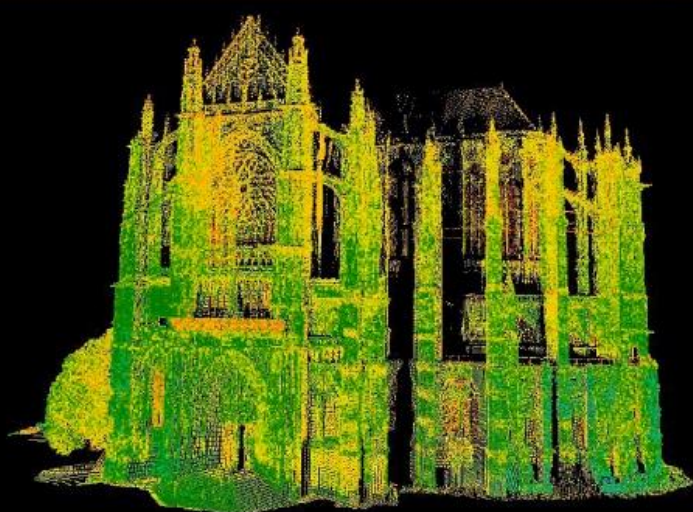
1225 Début du chantier.

1284 Les voûtes du chœur s'effondrent. Les travaux de consolidation dureront plus de cinquante ans.

1569 Pose de la croix sur la tour qui culmine à 159 m au-dessus du transept (la plus haute d'Europe).

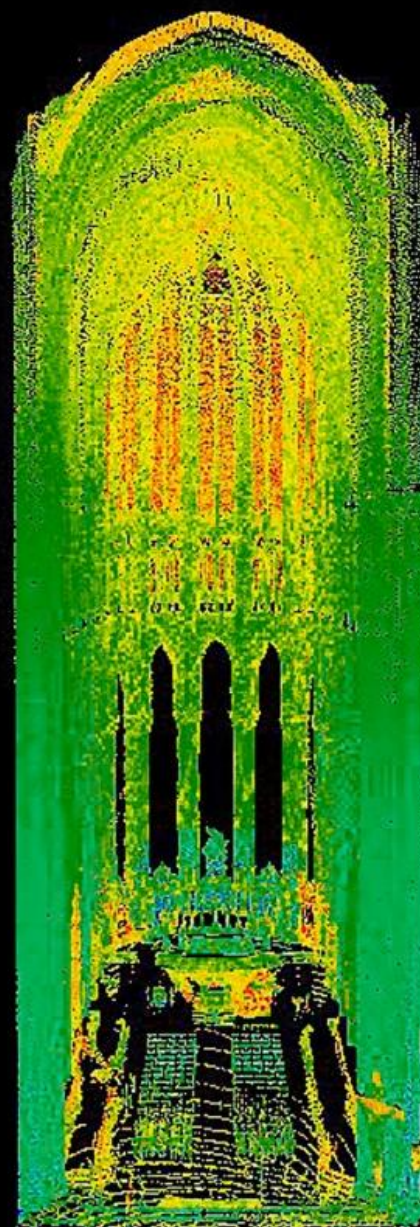
1573 La tour s'effondre.

1605 La construction doit être arrêtée par manque d'argent.



SCANNÉE SOUS TOUTES LES COUTURES

La campagne de scanners laser lancée en mai doit permettre la mise au point d'un modèle 3D ultraprécis. Objectif : reconstituer dans ses moindres détails une cathédrale virtuelle en combinant les milliards de points produits par le scan. Une modélisation qui aidera à évaluer les forces qui s'y exercent et à guider les travaux de consolidation.



→ relient les piles entre elles, les oscillations ont augmenté, faisant littéralement dériver la cathédrale. Elle aurait bougé de 2 mm en 20 ans. Négligeable à notre échelle... mais la durée de vie d'un tel édifice se compte en siècles. A terme, la catastrophe se profile. Sans compter que cette déviation se répercute sur les piliers intérieurs.

"Ils se sont petit à petit recourbés vers le centre, telles des bananes, comme dans toutes les cathédrales", illustre Stephen Murray. Sauf qu'à Beauvais, cette courbure est désormais jugée dangereuse. Dès la fin des années 1980, des étais ont pourtant été ajoutés pour parer à la menace d'effondrement, des câbles métalliques ancrés dans

les piles extérieures pour remplacer les tirants manquants, et une structure pyramidale de bois chargée de compenser la courbure des piliers intérieurs. Or, si ces étais rigidifient bien la structure, "ils sont aberrants, déplore l'archéologue. La trop grande raideur qu'ils imposent fragilise les parois". Le bâtiment n'oscille plus et encaisse de plein fouet les turbulences.

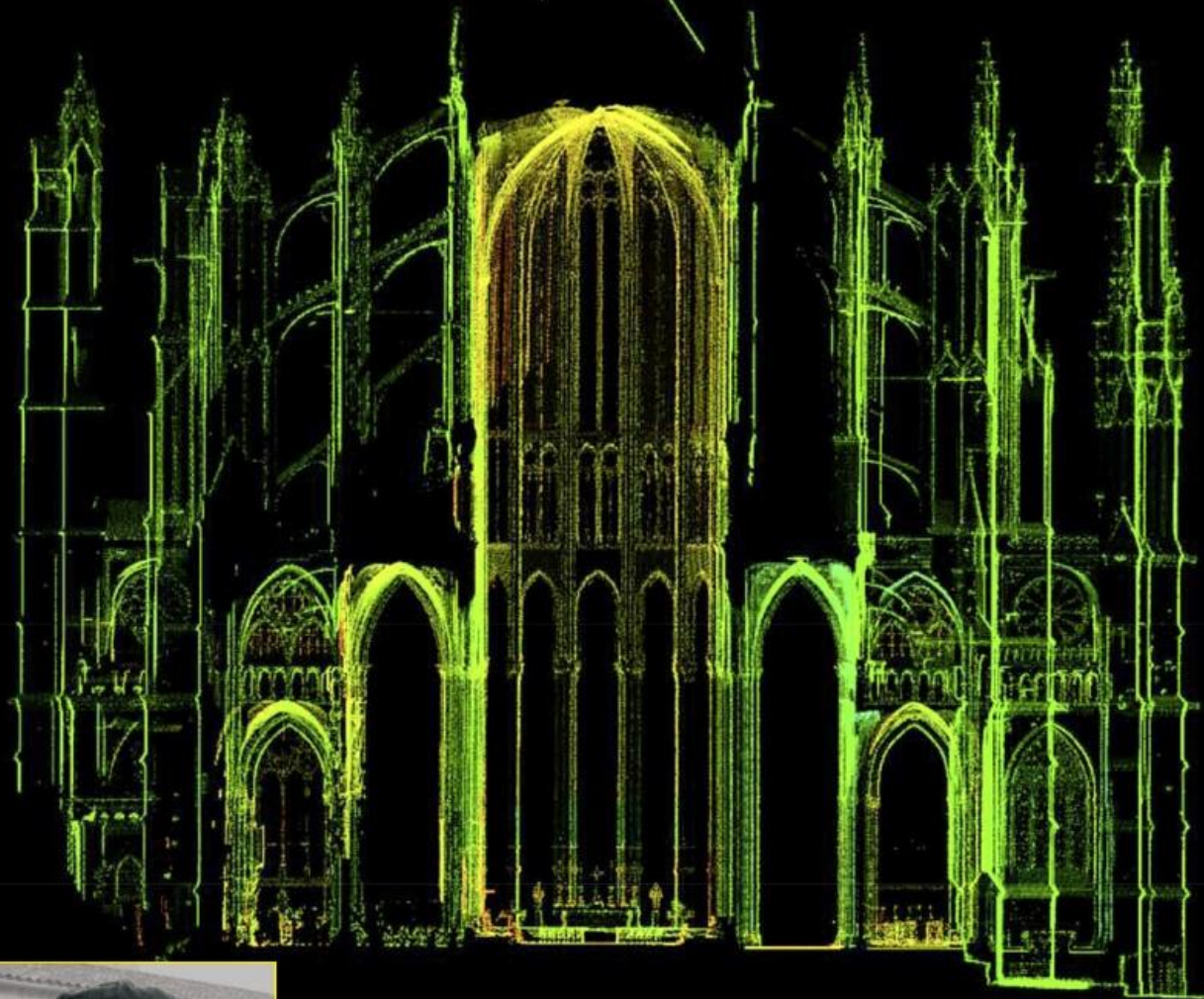
DES FAIBLESSES INVISIBLES

En scannant la cathédrale, Stephen Murray veut donc modéliser la forme et l'emplacement de la moindre pierre, du moindre renfort et, *in fine*, comprendre les forces qui s'y exercent.

Depuis un point fixe de l'édifice, le reflet d'un rayon laser

est envoyé, grâce à un miroir pivotant à grande vitesse, dans toutes les directions de l'espace et tous les points de la cathédrale, puis traduit en coordonnées. L'enregistrement est réitéré depuis plusieurs emplacements, chacun produisant plus d'un million de points. Pour obtenir ensuite un modèle 3D complet, il faut combiner ces "nuages" de points et les relier entre eux pour donner, au millimètre près, une texture à la modélisation. Un calcul de haute précision. Si scanner est rapide

CYARK, WORLD MONUMENTS FUND AND COLUMBIA UNIVERSITY - DR



“**STEPHEN MURRAY**

Archéologue,
université
Columbia
(Etats-Unis)

*Les piliers se
recourbent vers
le centre comme
des bananes !*

(il suffit d'une journée), le traitement informatique exige, lui, plusieurs semaines.

“En enregistrant les coordonnées de milliards de points en un temps très court, les scanners peuvent servir à surveiller l'évolution globale de la cathédrale, si l'on effectue plusieurs relevés à plusieurs mois d'intervalle”, explique El Mustapha Mouaddib, spécialiste de la modélisation des édifices anciens (université de Picardie). Et leur comparaison dévoilera les faiblesses invisibles à l'œil nu.

Le premier test date de 2013. C'est lui qui a permis à Stephen Murray d'étayer ses hypothèses, rendant nécessaire une vraie campagne de scanners. Des mesures qui, doublées des relevés

effectués depuis 2014 par l'entreprise de maintenance des ouvrages Osmos – humidité et température, mouvements de compression et décompression... – permettraient de libérer la cathédrale du carcan de fer et de bois qui l'étouffe ?

Delphine Lacaze, conservatrice des monuments régionaux, veut y croire. Comme François-Baptiste Cartiaux, responsable des mesures à Beauvais, pour qui le pari peut être gagné, à condition, précise-t-il, *“de poursuivre les relevés au moins jusqu'à la fin de l'année, voire sur plusieurs années”*. Ce qui a le don d'impatisser les admirateurs, mais qui n'est rien... au regard du défi lancé au temps par la cathédrale.



A consulter :
des études sur
la modélisation
3D des
monuments.

A lire : un
ouvrage sur la
cathédrale.

**EN
SAVOIR
PLUS**

science-et-vie.com



> Au cœur du futur quartier flottant prévu dans la baie de Tokyo, une tour de 1 609 m pourra accueillir 55 000 personnes.



TOKYO

Le concept de cité flottante prend forme

Pour gagner toujours plus de place, la ville de Tokyo va urbaniser une partie de sa baie. Cet espace vierge de 1 320 km² doit accueillir le projet Next Tokyo 2045. Le principe : relier les deux rives les plus proches l'une de l'autre, qui ne sont séparées que par 14 km, par une cité flottante. Le centre névralgique du quartier sera la Sky Mile Tower, une gigantesque tour résidentielle de 1 609 m de hauteur. Celle-ci pourra loger près de 55 000 personnes. Le long de la baie, des îlots et des digues seront construits afin de limiter les risques d'inondation. Pour alimenter les foyers en électricité, il est prévu de capturer l'énergie cinétique des trains qui traverseront la baie et d'utiliser des

panneaux photovoltaïques. La force du vent doit être également sollicitée pour produire de l'énergie grâce à des microturbines installées à l'intérieur des tours. Pour ce faire, un design particulier a dû être mis au point afin de limiter les risques d'effondrement dus aux séismes. *"Si les façades ont une forme conique, les fentes verticales à l'intérieur des tours permettront au vent de mieux circuler"*, ont expliqué les architectes de Kohn Pedersen Fox Associates et la designer Leslie E. Robertson. Enfin, des espaces agricoles seront cultivés le long de la baie. Les architectes prévoient notamment de réutiliser l'eau salée pour cultiver des algues qui produiront du biocarburant.

E.P.

KOHN PEDERSEN FOX ASSOCIATES PC

VENISE

120 robots sous-marins vont surveiller la lagune

Affectée par le changement climatique et le tourisme de masse, la lagune de Venise va accueillir un essaim de 120 robots sous-marins chargés de surveiller la qualité de l'eau (température, composition chimique, faune...): des moules artificielles posées sur les fonds marins, des nénuphars artificiels à la surface et des poissons artificiels vont circuler de manière autonome. Les premiers tests grandeur nature ont débuté en avril 2016 pour un déploiement complet prévu dans trois ans. *"Mais nous recevons des demandes du monde entier pour inspecter des rivières, des champs de gaz ou de pétrole en mer"*, précise Thomas Schmickl, qui coordonne ce projet européen. **L.B.**



OAK RIDGE (ÉTATS-UNIS)

Tests d'échanges d'énergie réussis entre une maison et une voiture

Pourquoi séparer les besoins en énergie de nos logements et de nos véhicules alors qu'ils peuvent être complémentaires ? C'est en partant de cette idée que des chercheurs américains du Laboratoire national d'Oak Ridge ont conçu, avec plusieurs partenaires industriels, une petite maison et un véhicule – tous deux imprimés en 3D –, qui partagent leur énergie. Une fois garée sur son chargeur sans fil après un trajet, la voiture hybride (électricité/gaz naturel) peut transférer le surplus d'énergie de sa batterie pour alimenter la maison. Inversement : les panneaux solaires de celle-ci peuvent ensuite servir à recharger la voiture pour repartir en balade. Les applications commerciales sont encore en discussion mais, vu la surface de la maison, les chercheurs envisagent plutôt d'adapter ce système à un habitat temporaire ou à un logement étudiant. **L.B.**

PÉKIN

Le plus long tunnel sous la mer reliera l'île de Taïwan à la Chine

Le 13^e plan quinquennal chinois envisage le percement d'un tunnel sous-marin de 126 km entre la ville de Pingtan, dans le sud de la Chine, et la ville d'Hsinchu, au nord de l'île de Taïwan. Des études menées depuis plus de quinze ans ont en effet exclu, compte tenu des conditions météorologiques, la construction d'un pont ou d'un barrage. Restait l'option du tunnel, sachant que c'est entre ces deux villes que le détroit est le plus étroit. Les eaux sont également peu profondes et la région sismiquement stable. Ce tunnel sous-marin, qui serait le plus long du monde, ouvrirait en 2030 une ligne TGV Pékin-Taïpei. Reste à convaincre les Taïwanais... **S.F.**



SUBCULTRON - ORNL

Idée neuve

“DES FILETS DÉRIVANTS BIODÉGRADABLES POURRAIENT AIDER À LUTTER CONTRE LA PÊCHE FANTÔME”

Seonghun Kim, département en recherche ingénierie, Institut national de la pêche scientifique de Busan, en Corée

Qu'un filet dérivant soit perdu en mer et, pendant des années, poissons et animaux marins continueront à être pêchés... pour rien. Ce phénomène est connu sous le nom de “pêche fantôme”. Pour y remédier, l'idée imaginée par Seonghun Kim, assez simple sur le papier, mais plus compliquée à mettre en œuvre, consisterait à utiliser des filets biodégradables. L'Institut national de la pêche scientifique de Busan a mis au point un mélange de polymères qui se dégrade à partir de deux ans passés dans l'eau : 82 % de polybutylène succinate (PBS), 18 % de polybutylène adipate-co-terephthalate (PBAT). “Nous avons comparé ses propriétés physiques avec celles d'un filet dérivant en nylon classique”, explique Seonghun Kim. Mouillé, le mono-filament biodégradable est moins rigide que le nylon conventionnel. “Donc moins efficace ? Pas pour les filets testés ici, qui servent à pêcher la courbine jaune, un poisson très prisé en Asie, et dont les plus gros spécimens font 40 cm. Les taux de captures relevés sont équivalents à ceux des filets classiques. Les phases de tests continuent.

E.T.-A.



CAMBRIDGE (ÉTATS-UNIS)

Les marins vont enfin pouvoir anticiper les vagues scélérates

Une vague scélérate est l'un des dangers les plus sournois de l'océan. Haute de plusieurs dizaines de mètres, elle peut en effet renverser un navire. Le MIT est en train de mettre au point un appareil capable de prédire ce danger. Sachant qu'une crête sur 9 arrive un peu plus haut que la moyenne, qu'une crête sur 81 encore plus haut, et ainsi de suite... un radar sondera la fréquence de 25 vagues successives et calculera, si l'enchaînement ressemble à ceux précédant une vague scélérate, la probabilité de sa survenue, permettant ainsi au navire de gagner quelques précieuses minutes pour se préparer au choc. Reste à savoir si le logiciel fonctionne aussi bien en mer qu'en... bassin. **B.C.**

LONDRES

La réalité virtuelle veut aider à soigner le trac

L'entreprise anglaise VirtualSpeech propose un environnement virtuel pour s'entraîner à parler en public. Plusieurs scénarios sont disponibles, de la simple réunion de bureau avec 15 personnes au podium face à une salle de 400 personnes. Le tout avec une vision à 360° et les sons d'ambiance correspondants. On peut même télécharger sa conférence pour la faire apparaître dans la réalité virtuelle et se chronométrer. Cette technologie est compatible avec les smartphones équipés du système Android et le Cardboard, le support de réalité virtuelle en carton de Google. **S.F.**

CALIFORNIE

Microsoft projette d'héberger son cloud au fond de l'océan

Immerger des datacenters en pleine mer... C'est le projet Natick de Microsoft. Cette immersion réglerait en effet plusieurs problèmes, expliquent les chercheurs, "en introduisant une nouvelle source d'énergie, en réduisant énormément les coûts de refroidissement, la distance avec les populations connectées et en rendant l'installation plus simple et plus rapide". Un premier test a été réalisé entre août et novembre 2015, à moins d'un kilomètre des côtes californiennes avec un container de 17 t contenant un centre de données d'une puissance égale à celle de 300 ordinateurs. Prochaine étape, alimenter le datacenter grâce à l'énergie marine.

E.T.-A.



MICROSOFT - VIRTUALSPEECH

Rendez-vous en...
2020

LES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES SERONT ACCESSIBLES À TOUS GRATUITEMENT

Le long chemin qui mène d'une découverte scientifique à son usage au bénéfice du plus grand nombre commence nécessairement par la publication des résultats de recherche dans une revue scientifique professionnelle – comme *Nature* ou *Science*, les plus célèbres –, après validation par un comité d'experts choisis par la revue. Or, dans la majorité des cas, seuls les chercheurs du domaine concerné – et les journalistes qui y deviennent une histoire passionnante – accèdent à ces publications. Car les revues sont chères, très chères : jusqu'à plusieurs dizaines d'euros pour quelques pages.

Mais cela va peut-être bientôt changer ! Les découvertes scientifiques pourraient en effet être enfin offertes à la curiosité de tous. C'est en tout cas le souhait de la présidence (néerlandaise) du Conseil de l'Union européenne, qui veut rendre accessibles gratuitement sur Internet, d'ici à 2020, toutes les publications européennes. Une aubaine pour les donateurs qui financent la recherche, les patients atteints de maladies rares, les amateurs éclairés...

Plusieurs initiatives ponctuelles, limitées à un pays, un domaine, etc., ont déjà été prises dans ce sens. Mais c'est la première fois qu'une telle impulsion est donnée à l'échelle européenne.

L.B.

LAÂYOUNE (MAROC)

La construction d'une **université écoresponsable** est lancée au **Sahara**

Construire une ville verte dans le désert, c'est déjà possible... mais le projet de technopole près de Laâyoune, dans le Sahara, propose une approche légèrement différente. "Nous nous appuyons sur le potentiel du site pour atteindre des performances durables sans abîmer le paysage", explique l'architecte Anthony Béchu, en charge du projet avec Fouad Bennouna. Evidemment, ce campus de 80 000 m² accueillera éoliennes et panneaux solaires. Mais son architecture de "tentes" en béton aux toits végétalisés rappellera aussi la forme des dunes. Au centre, la nature occupera une place importante grâce à une immense canopée. Et des ouvertures sur le toit créeront des courants d'air pour permettre une ventilation naturelle. Quant à l'alimentation en eau, elle sera assurée par une importante réserve souterraine présente naturellement sur place. Fin des travaux en 2018. **L.B.**



AGENCE D'ARCHITECTURE ANTHONY BÉCHU

LA SCIENCE & LA VIE

112

Objets de "quantified self"

**Pas si probants
que ça...
pour l'instant**



123

Technofolies

**Le drone qui
prend des
images à 360°**



132

Questions/Réponses

**Un chien aboie-t-il de
la même manière en
France qu'en Australie?**

**Science
& société**

112

Objets de "quantified self"
Pas si probants que ça... pour
l'instant

Hausse de la mortalité routière
"Abaisser le seuil d'alcoolémie
ne servirait à rien"

Vers l'arrêt des téléviseurs 3D
Les raisons d'un échec

Espérance de vie des femmes
Elle ne progresse presque plus

**Science
& vie pratique**

120

Bon à savoir

Dix conseils pratiques en direct des
publications scientifiques

Technofolies

Le drone qui prend des images à
360°; le premier skate volant tout-
terrain; un casque qui aide à bien
dormir; le vélo qui s'adapte à votre
manière de pédaler; un planétarium
dans son salon...

**Science
& culture**

128

Questions/Réponses

Un chien aboie-t-il de la même
manière en France qu'en Australie?
Pourquoi les morts deviennent raides?

A voir/A lire

L'exposition "Mental désordre" à la
Cité des sciences de la Villette

Il y a... 40 ans

L'ordinateur démontre le théorème
des 4 couleurs

SHUTTERSTOCK - DR - CORBIS

Podomètres, tensiomètres, balances connectés

Pas si probants que ça... pour l'instant

6h48: le réveil de Marion sonne. C'est 12 minutes avant l'heure habituelle. Mais son nouveau bracelet connecté a détecté qu'elle était en phase de sommeil léger à ce moment-là, et que son réveil serait donc moins douloureux. 7h36: malgré ce lever précoce, Marion rate son bus. En attendant le prochain, elle marche jusqu'à la station suivante. Son bracelet lui indique qu'elle a brûlé 25 calories durant ces 456 pas supplémentaires. Il en faudra bien plus pour renverser sa courbe

de poids, qu'hier son téléphone lui a révélée dangereusement ascendante.

Cette histoire reflète ce que vivent quotidiennement de plus en plus d'adeptes du *"quantified self"*, en français le *"soi quantifié"*. Une pratique consistant à mesurer régulièrement, voire en continu, de nombreux paramètres de sa physiologie et de sa vie quotidienne, grâce à des capteurs connectés (bracelets, montres, balances, tensiomètres...) reliés à un téléphone ou à un ordinateur, qui présente les données sous une forme interprétable.

L'utilisateur peut ainsi remarquer qu'il dort moins bien quand il boit de l'alcool, ou qu'il a grossi depuis qu'il va au travail en voiture. Quelques applications proposent des services complémentaires, en particulier de partager ces

données sur les réseaux sociaux pour se motiver ou encourager ses amis.

Si ces objets sont en partie utilisés par des malades chroniques (voir encadré, p. 114), la grande majorité des acheteurs seraient des personnes en bonne santé, qui désirent *"mieux se connaître, mais aussi modifier leurs comportements"*, explique Guillaume Marchand, médecin psychiatre et président de DMD santé, société spécialisée dans l'évaluation des technologies de santé mobile. Au moins 13 %

des Français auraient ainsi adopté un objet connecté dédié au bien-être ou à la santé. Mais ces capteurs peuvent-ils réellement nous aider à adopter des comportements plus sains et améliorer notre forme ?

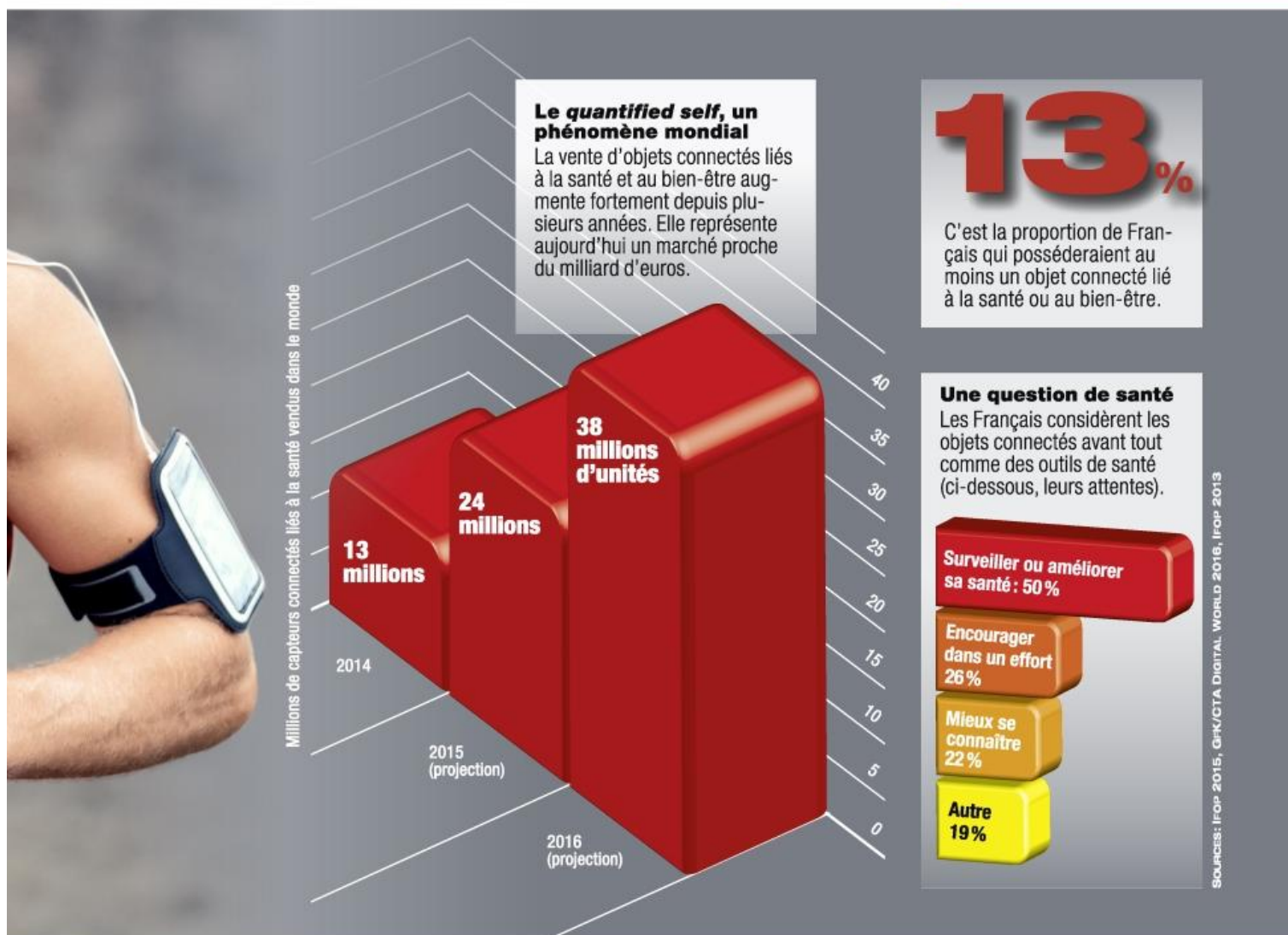
MANQUE DE FIABILITÉ

"On a beaucoup de promesses mais pas beaucoup de preuves", répond Mitesh Patel, médecin chercheur à l'université de Pennsylvanie et spécialiste de l'innovation en santé. Seules quelques études sur des podomètres suggèrent

LE RAPPEL DES FAITS

Le *"quantified self"*, ou *"soi quantifié"* est une tendance récente. Des conférences et des réseaux dédiés sont apparus en **2008 aux États-Unis**. La pratique a rapidement été adoptée en France, et un réseau QS Paris a été créé en 2011.





que leurs utilisateurs effectueraient entre 2 000 et 2 500 pas de plus par jour, et verraient leur poids et leur tension légèrement diminuer. Mais ces études présentent plusieurs défauts (courte durée, faible nombre de personnes testées...) qui rendent leurs conclusions incertaines. D'autant plus qu'il existe diverses raisons d'être dubitatif quant à la capacité des capteurs connectés à susciter, de manière durable, d'importants changements de comportement chez tout un chacun.

D'abord, de nombreux capteurs ne sont pas fiables. Des études ont mis en évidence des pourcentages d'erreur pouvant atteindre 30 % pour le calcul de la dépense d'énergie, et une sous-estimation de 20 % pour le nombre de pas.

Ensuite, *“la plupart se contentent actuellement de proposer de la visualisation de données et des statistiques”*, regrette Maulik Majmudar, directeur adjoint du laboratoire Transformation des soins à l'hôpital général du Massa-

chusetts. Certes, des études ont démontré que l'auto-surveillance peut suffire à influencer le comportement (les gens à qui on demande de se peser plus souvent, par exemple, arrivent mieux à perdre ou à contrôler leur poids).



MITESH PATEL
Médecin chercheur à l'université de Pennsylvanie

On a beaucoup de promesses mais pas beaucoup de preuves

L'utilité, pour la santé, des capteurs connectés reste à démontrer

Les balances (qui enregistrent la courbe de poids et d'éventuels objectifs), les montres et bracelets (qui mesurent le nombre de pas, la dépense énergétique et les phases du sommeil) et les tensiomètres (qui peuvent transmettre les données relatives à la tension à des proches) sont les principaux objets connectés possédés par les Français. Leur capacité à engendrer un mode de vie plus sain, en dehors de tout suivi médical, n'est pas prouvée.



→ Mais *"le savoir ne fait pas tout, et l'apport sera modeste"*, parie Nicolas Postel-Vinay, médecin à l'hôpital Georges-Pompidou de Paris, directeur du site automeasure.com.

Enfin, un tiers des détenteurs de capteurs d'activité connectés les abandonneraient dans les six mois suivant leur achat, d'après une étude américaine publiée en 2014. *"C'est la preuve que ça ne leur apporte pas grand-chose pour le moment"*, conclut Guillaume Marchand. Un constat d'autant plus décevant que *"les premiers acheteurs sont les plus motivés,*

donc ils devraient plus facilement changer leur comportement", analyse Maulik Majmudar.

COACHING PERSONNALISÉ

L'impact des capteurs connectés sur les comportements apparaît donc aujourd'hui comme probablement faible... mais ce n'est pas pour autant la fin de leur histoire. Car pour de nombreux experts, cette technologie n'a pas encore développé son vrai potentiel. A savoir un *"coaching"* personnalisé et permanent, basé sur les données récoltées, et pour un coût infiniment moindre que celui d'un professionnel.

Par exemple, les capteurs connectés pourraient rappeler à l'utilisateur son objectif au moment le plus opportun. De tels rappels par SMS, lorsqu'ils sont reçus à heure fixe, ont déjà démontré leur utilité, en augmentant l'activité physique quotidienne de femmes enceintes, ou bien l'utilisation de la crème solaire chez des adultes testés durant six semaines. Des rappels plus personnalisés, envoyés lorsque les capteurs détectent que la personne n'a pas fait d'exercice depuis plus de trois jours, ou qu'elle est exposée à de forts rayonnements UV, *"pourraient*

être encore plus efficaces", prédit Mitesh Patel.

Ensuite, l'amélioration des capteurs, et surtout des algorithmes analysant les données, devrait permettre de fixer des buts variables en fonction de l'état physique et mental de la personne et de ses contraintes. *"Il serait intéressant, par exemple, que l'application puisse dire : il fait beau et vous êtes en avance, alors pourquoi ne pas sortir du métro quelques stations plus tôt?"*, imagine Guillaume Marchand.

Enfin, *"pour être vraiment efficaces, les applications devront être plus incitatives, notamment financièrement"*, affirme Mitesh Patel. Quelques-unes donnent déjà la possibilité de se mesurer à d'autres utilisateurs, en particulier lors d'exercices physiques, ou de recevoir des récompenses financières pour un but atteint (réductions dans un magasin partenaire...).

Efficace pour les maladies chroniques

Relever sa tension, mesurer son rythme cardiaque... si l'utilité de l'autosurveillance n'est pas encore évidente chez des individus en bonne santé, son potentiel pour la gestion des maladies chroniques (hypertension, diabète, cancer...) ne fait pas de doute. Accompagnée d'un suivi à distance du médecin, voire d'un coaching personnalisé, elle permet aux patients de mieux gérer leur maladie. Des études ont ainsi révélé une baisse de la tension et un meilleur contrôle de la glycémie chez les patients connectés. Des applications pourraient être remboursées par la Sécurité sociale dès 2017.



... et 4% un tensiomètre.

Mais “elles ne sont pas assez nombreuses et ne se basent pas sur des données scientifiques”, poursuit le chercheur. En l'occurrence, son laboratoire a démontré que, chez des personnes en surpoids, la peur de perdre de l'argent présenté comme “déjà gagné”, si elles n'avaient pas effectué assez de pas, était plus incitative que la perspective d'en gagner si le nombre de pas visé était atteint.

En développant ces différentes pistes et une fois leur fiabilité améliorée, les capteurs connectés pourraient, demain, passer du statut de joujou high-tech à celui de véritable outil de santé publique, recommandé par les médecins... mais aussi, peut-être, par les employeurs et les compagnies d'assurance.

Elsa Abdoun

Pour aller plus loin :
www.science-et-vie.com

Hausse de la mortalité routière

“Abaisser le seuil d'alcoolémie ne servirait à rien”

Science & Vie : L'alcool est reconnu comme le 1^{er} facteur d'accidents mortels. En pleine crise de la sécurité routière, n'est-il pas temps d'abaisser le seuil d'alcoolémie ?

Bernard Laumon : Les études épidémiologiques montrent que cela n'aurait presque aucun effet. Certes l'alcool rétrécit le champ visuel, diminue les réflexes... Pour autant, le risque d'accident évolue très peu tant qu'on reste en dessous de la limite légale des 0,5 g d'alcool par litre de sang ; de fait, l'automobiliste semble compenser par une conduite plus prudente. Mais au-dessus des 0,5-0,8 g/l, la progression du risque devient exponentielle : à 1,5 g/l, le niveau de risque est multiplié par 25, à 2 g/l, par 50...

S&V : Sauf que d'autres pays européens ont établi leur limite légale à 0,2 g/l ou choisi la tolérance zéro, comme la République tchèque !

B.L. : J'entends ces arguments... D'ailleurs, en France, les conducteurs novices et les chauffeurs de car sont soumis à la limite des 0,2 g/l. Et la conduite sous l'emprise de stupéfiants relève du délit quelle que soit leur concentration dans le sang. Mais sur le plan de l'accidentologie, on ne gagnerait presque rien à abaisser le niveau d'alcoolémie sur l'ensemble des automobilistes. Quant à viser le niveau zéro, ce serait caricatural : notre organisme est un alambic naturel qui peut produire de l'alcool.

S&V : Que faire alors pour réduire drastiquement le nombre de morts ?

B.L. : Améliorer la sécurité routière exige des mesures de rupture. En installant des radars, nous avons en quelque sorte modifié le code de la route sans changer les panneaux. Ré-



BERNARD LAUMON
Epidémiologiste, président du comité d'experts du Conseil national de la sécurité routière

sultat ? Les grands excès de vitesse, mortifères, ont été réduits. D'après notre comité d'experts, la mesure la plus efficace aujourd'hui serait d'abaisser la vitesse sur le réseau secondaire de 90 à 80 km/h. Mais on nous oppose que cela nuit à la qualité des déplacements. Toute la question est là : combien de morts la société est-elle prête à accepter sur nos routes ? Et je pense notamment aux usagers de deux-roues motorisés, particulièrement vulnérables.

Propos recueillis par
V. Nouyrigat



LE RAPPEL DES FAITS

Après plus d'une décennie de baisse continue, la mortalité routière repart à la hausse depuis deux ans. En 2015, 3 464 personnes ont perdu la vie sur les routes françaises. Notre pays compte 53 tués pour 1 million d'habitants ; c'est plus que la moyenne européenne (51).

Vers l'arrêt des téléviseurs 3D

Les raisons d'un échec



Inconfort visuel, maux de tête, migraines... Visionner un film en 3D avec des lunettes stéréoscopiques n'est pas forcément une partie de plaisir. Pourquoi? Après tout, le procédé consiste à demander au cerveau de combiner deux images simultanées, afin de produire un effet de relief. Ce qu'il fait tout le temps. "Voir double? C'est le principe même

de la vision chez l'homme, rappelle Gilles Renard, directeur scientifique de la Société française d'ophtalmologie (SFO). *Sauf que le cerveau ne réussit pas toujours cet exercice. Surtout quand on lui propose deux images trop différentes.*"

Le problème ne vient pas des téléviseurs eux-mêmes: non, ce sont les films estampillés 3D qui ne sont pas à la hauteur, loin s'en faut.

Depuis huit ans qu'il travaille sur le sujet avec son équipe, le chercheur russe Dmitriy Vatolin, du Graphics and Media Lab (université Lomonossov, Moscou) a recensé pas moins de quinze erreurs d'encodage, sur un film, qui peuvent expliquer les maux de tête: œil gauche et œil droit inversés, couleurs divergentes entre les deux yeux, asymétrie spatiale, flou sur certains dé-

24% C'est la probabilité d'acheter un film Blu-ray 3D avec au moins une scène dont les images sont décalées

tails, bruits numériques (pixels parasites), différence de luminosité, décalage entre les images... Les causes peuvent être multiples: problèmes de synchronisation des capteurs des caméras lors de la prise de vue, erreurs de postproduction...

10000 ERREURS SUR 105 FILMS DÉCORTIQUÉS

Ce spécialiste du traitement vidéo a décortiqué 105 films en Blu-ray, parmi lesquels de gros blockbusters (*Avatar*, *Harry Potter*, *Pirates des Caraïbes*, *Men in Black 3*...). Verdict: quelle que soit la technologie utilisée (stéréoscopie native, images converties

depuis la 2D, images générées par ordinateur...), tous les films présentent des erreurs d'encodage. Et pas qu'un peu: "Sur les 105 films, 10 000 scènes posant problème ont été recensées, avec notamment 65 scènes où images droite et gauche ont été inversées, dans 23 films différents", atteste Dmitriy Vatolin.

Certes, "c'est une gêne sans risque pour la santé, insiste Gilles Renard. On n'a jamais perdu un œil ni eu le cerveau abîmé après avoir vu un film mal encodé". Et heureusement, ces dernières années, la situation s'est tout de même améliorée. "En 2010, l'encodage de

LE RAPPEL DES FAITS

Seulement 15 téléviseurs en 3D sur une soixantaine de modèles chez LG, et plus aucun chez Samsung en 2016... La 3D et ses lunettes stéréoscopiques qui devaient faire la révolution de la TV ne sont plus en vogue. Trop contraignante à domicile, la 3D y est un échec. Faute, également, de contenus suffisants et de qualité.



EN CHIFFRES

50

Si chaque Français supprimait 50 mails inutiles, c'est comme si tous les Parisiens éteignaient la lumière chez eux pendant un mois, a calculé le cabinet Carbone 4 pour l'opérateur Orange. Videz vos poubelles électroniques!

53%

C'est le pourcentage de cancers du sein chez les femmes ménopausées dus au mode de vie (alimentation déséquilibrée, surpoids, alcool, traitements hormonaux), selon l'Inserm. De quoi agir pour atténuer l'impact de ce cancer, le plus meurtrier chez les femmes.



nombreux films était vraiment terrible, précise Dmitriy Valtolin. Depuis 2012, la qualité moyenne a progressé." Mais aujourd'hui encore, la probabilité d'acheter un film Blu-ray 3D avec au moins une scène où images gauche et droite ont été inversées est d'environ 21 %. Elle monte à 24 % pour un décalage temporel.

Les téléspectateurs ne s'y sont pas trompés : ils ont largement boudé la technologie 3D. Et ne se sont jamais faits à l'idée de chausser des lunettes pour regarder leur télévision : "On vient d'abandonner la 3D parce que le port des lunettes était trop contraignant pour une utilisation à domicile", explique Jérôme Neiss, chef produits TV chez Samsung France. "La 3D n'est pas un critère de choix, souligne quant à elle Agnès Vaffier, son homologue chez LG France. Les contenus restent limités et les acheteurs recherchent d'abord ce qui se fait de mieux en matière d'image." Des téléspectateurs qui se tournent aujourd'hui vers l'ultra-haute définition ou les téléviseurs incurvés.

E. Thierry-Aymé



GILLES RENARD

Directeur scientifique de la Société française d'ophtalmologie

Voir double ? C'est le principe même de la vision. Mais si l'on propose au cerveau deux images trop différentes, il n'y arrive pas



Les livres sont désormais imprimables... en librairie

L'impression à la demande débarque dans les librairies françaises. Après l'installation, discrète, d'une première machine dans la librairie *Une page de vie*, à Viroflay (Yvelines) en septembre, une deuxième a fait sensation à l'inauguration de la librairie des Presses universitaires de France (PUF) à Paris, le 12 mars. Toutes deux ressemblent à de grosses photocopieuses et fabriquent un livre en moins de sept minutes. L'Espresso Book Machine des PUF imprime des pages en noir et blanc, une couverture en couleurs, puis relie et massicote le tout. Commercialisée depuis 2007 par la société américaine On Demand Books, elle équipe déjà une quarantaine de bibliothèques et une vingtaine de librairies dans le monde (surtout aux États-Unis, mais aussi à Milan et Amsterdam). On peut choisir son livre parmi les 3 millions de titres du domaine public, plus les 5 000 du catalogue des PUF. La machine de Viroflay, quant à elle, a été mise au point en 2015 par la start-up française Orsery, et son catalogue compte pour l'instant 4 000 titres (Seuil, Editis et Dargaud/Dupuis). Ce qui en sort est très proche d'un livre fabriqué en série : elle imprime tout en couleurs, notamment des BD. L'avantage de l'impression à la demande ? Plus de ruptures de stocks, ni d'invendus, ni de frais de distribution, ni de pilonnage : elle diminue drastiquement les risques de la gestion de stocks pour le libraire. Et offre à l'économie du livre un second souffle, car, comme l'explique le sociologue Vincent Chabault, "elle permet de faire vivre des titres au tirage modeste dont l'impression sur rotative n'est pas rentable". Il y a donc une vie à côté de Guillaume Musso et Marc Levy...

A. Debroise

1/3



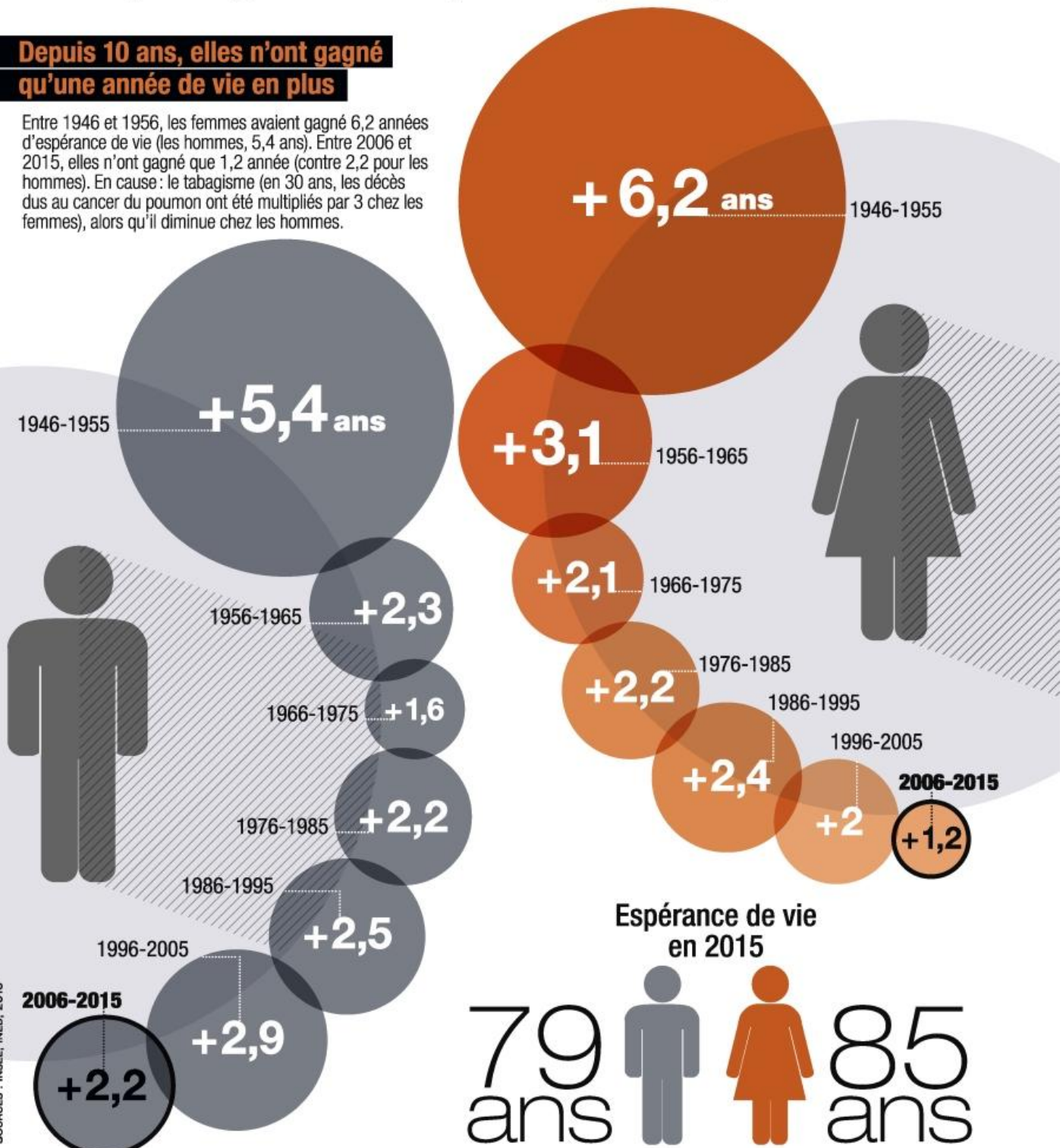
C'est la part des plus de 55 ans qui jouent à des jeux sur internet ou sur des applications, d'après un baromètre TNS Sofres. Qui a dit que les seniors se connectaient uniquement pour consulter des sites d'actualité ou envoyer des mails ?

Démographie

L'espérance de vie des femmes ne progresse presque plus

Depuis 10 ans, elles n'ont gagné qu'une année de vie en plus

Entre 1946 et 1956, les femmes avaient gagné 6,2 années d'espérance de vie (les hommes, 5,4 ans). Entre 2006 et 2015, elles n'ont gagné que 1,2 année (contre 2,2 pour les hommes). En cause : le tabagisme (en 30 ans, les décès dus au cancer du poumon ont été multipliés par 3 chez les femmes), alors qu'il diminue chez les hommes.



lecteurs !

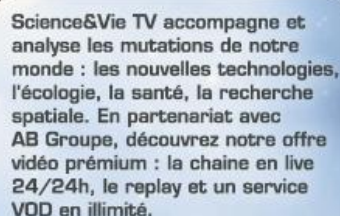
SCIENCE & VIE TV

79,90 € seulement
au lieu
de 121,60 €

1 an - 12 numéros

+ 6 hors-séries

+ l'accès à Science&Vie TV



Soit
34%
de réduction

Cet abonnement vous permet d'accéder à Science&Vie TV via internet, que ce soit depuis votre portable, votre tablette ou votre smartphone.

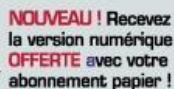


A compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à :
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS - CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

847 988

847 996

Indiquez impérativement votre adresse email dans le bulletin pour recevoir vos informations de connexion



Disponible sur
KiosqueMag.com

Nom : Prénom :

Adresse :

Complément d'adresse (résidence, lieu dit, bâtiment...) : _____

Code Postal : Ville :

Tél : _____ Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrions vous contacter si besoin pour le suivi de votre abonnement

E-mail :

Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori) ☐

□ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Date et signature obligatoires

Expire à fin Code Crypto
Les 3 chiffres au dos de votre Carte

Les 3 chiffres au dos de votre CE

**Prix public et Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 31/07/2016 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acheter chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,50€, chacun des 4 hors-séries au prix de 4,95€ et chacune des deux éditions spéciales au prix de 5,90€. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données nous concernant. Il vous suffit de nous écrire en indiquant vos coordonnées. Science & Vie - TSA 10005 rue François Ruy 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 177 360 €

Designed by freemk

LES LIENS SOCIAUX RÉDUISENT LES RISQUES D'AVC

Selon une étude américaine, le manque de lien social est lié à un risque accru d'environ 30 % d'être victime d'un accident vasculaire cérébral (AVC) ou de développer une maladie coronarienne, soit les deux principales causes de décès dans les pays à haut revenu. "Heart", avril 2016



LE BILINGUISME SE LIT DANS LE CORTEX DÈS 11 MOIS

Avant même qu'il sache parler, à 11 mois, un bébé bilingue sait détecter les sons propres à ses deux langues ! Et son développement cognitif est en avance : à l'écoute de ces sons, les régions cérébrales de la planification sont déjà en éveil. "Dev. Sci.", avril 2016

UN ALGORITHME REPÈRE QUI TWEETE EN ÉTAT D'IVRESSE

En analysant 3,5 millions de "tweets" (messages postés sur la plateforme Twitter), des universitaires ont mis au point un algorithme capable de savoir si un utilisateur boit régulièrement de l'alcool, et s'il est en train de le faire au moment où il tweete. "arXiv", mars 2016

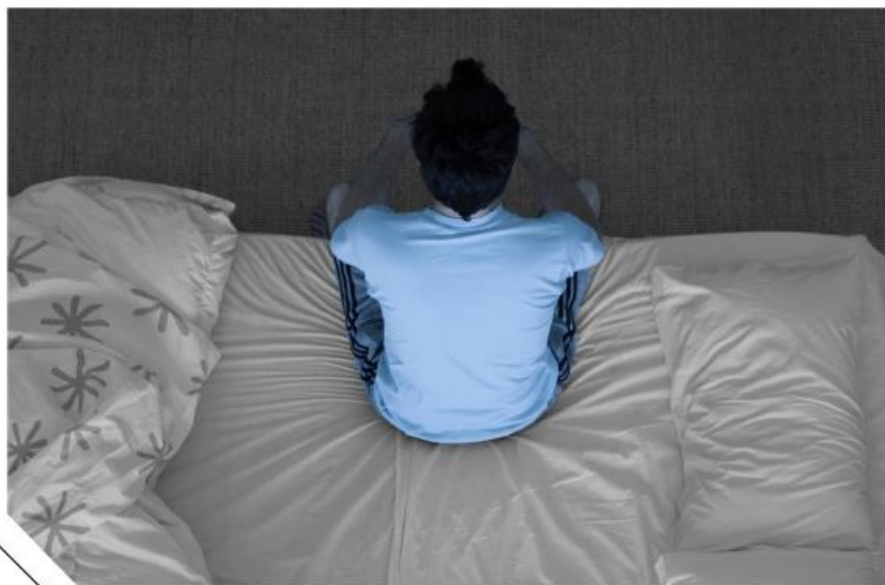
QUI MANGE SANS SE RESTREINDRE NE GROSSIT PAS

Halte aux régimes ! De nombreux travaux ont déjà porté sur les liens entre comportement alimentaire et corpulence, mais voici la première grande étude qui démontre que le meilleur moyen de garder la ligne consiste à adopter une alimentation "intuitive". Autrement dit, les personnes les moins à risque de surpoids et d'obésité sont celles qui mangent tout ce qu'elles veulent quand leur corps le réclame, ne se forcent pas si elles manquent d'appétit, et n'utilisent pas la nourriture contre le stress. Prochaine étape : étudier la sensation de satiété, pour savoir pourquoi, alors que les enfants s'arrêtent de manger quand ils n'ont plus faim, certains adolescents et adultes perdent cette capacité à évaluer leur appétit. "Obesity", mars 2016



DANS UN LIEU NOUVEAU, LE CERVEAU NE DORT QU'À MOITIÉ LA PREMIÈRE NUIT

On en a tous fait l'expérience. La première nuit passée dans un environnement non familier, à l'hôtel par exemple, est rarement la plus reposante. En cause, un mécanisme de défense que des chercheurs japonais viennent de dévoiler : pour anticiper les dangers potentiels, le cerveau ne dort... que d'un hémisphère ! À l'aide de la neuro-imagerie et de la polysomnographie (examen médical réalisé pendant que le patient dort), ils ont constaté que la moitié gauche du cerveau fait le guet, réagissant à la moindre stimulation. Ainsi, les chances de réveil augmentent et la réactivité est aussitôt maximale. Qu'on se rassure, dès la nuit suivante, le cerveau dort sur ses deux oreilles. "Curr. Biol.", avril 2016





RIRE AVEC UN AMI ÉMET UN SON RECONNU UNIVERSELLEMENT

Il est possible de deviner si deux personnes sont amies ou si elles viennent juste de se rencontrer... rien qu'en les écoutant rire! C'est la conclusion d'une étude internationale au cours de laquelle 966 individus, issus de 24 sociétés différentes à travers le monde, ont écouté des enregistrements de rires d'étudiants américains. Malgré les différences de langue ou d'origine, ces participants ont majoritairement su distinguer (avec 61 % de réussite) si l'hilarité provenait d'un échange entre amis ou non. Ce taux de réussite est même passé à 80 % lorsque les personnes en train de s'esclaffer étaient des femmes. Pour les chercheurs, ces résultats montrent que le rire a joué un rôle social précoce dans l'histoire humaine, puisqu'il traverse les frontières de la langue et de la culture. "PNAS", avril 2016

UN ADO QUI VA AU MUSÉE IRA VOLONTIERS À L'UNIVERSITÉ

Partager des activités culturelles avec son enfant à l'adolescence l'incitera plus tard à entreprendre des études supérieures, révèlent des travaux menés sur 4 500 jeunes de 10 à 15 ans. Ce serait même plus efficace que l'aide aux devoirs! "JofYS", avril 2016

LA DATE DE NAISSANCE INFLUE SUR CERTAINES ALLERGIES

Les natifs d'automne auraient un risque accru de développer de l'eczéma, selon une étude anglaise. La saison de naissance, par l'environnement associé, aurait des effets sur certains gènes, susceptibles de jouer un rôle dans la réactivité de l'immunité. "Allergy", mars 2016

LES JEUX VIDÉO TYPE "GTA" POUSSENT À LA MISOGYNIE

Contrairement aux jeux vidéo non-violents ou "juste" violents, ceux à la fois violents et sexistes diminuent, chez les garçons, l'empathie envers les femmes victimes de violence. Les joueurs s'identifiant le plus au personnage adhèrent le plus aux idées machistes. "PLOS One", avril 2016

MEYER/TENDANCE FLOUE - PLANPICTURE/PHOTOALTO/FREDERIC CIROU - © JOCHEN TACK/IMAGEBROKER/CORBIS - PLANPICTURE/FOGSTOCK/ENRIQUE SOL

LES SAVONS ANTIBACTÉRIENS NUISSENT AUSSI AU MICROBIOTE

On savait déjà que les savons antibactériens (contenant du triclosan ou du triclocarban) ne sont guère efficaces contre les bactéries (S&V n° 1178), alors qu'ils exposent aux allergies, stimulent la résistance aux antibiotiques et perturbent les hormones. D'après les résultats préliminaires d'une étude, ils dérèglent aussi très vite notre microbiote intestinal, barrière naturelle contre les infections. Par ailleurs, une autre étude récente révèle que ces produits réduisent l'action dépolluante des bactéries qui digèrent les eaux usées dans les usines d'épuration. "Env. Sci. Tech.", janv. 2016 et "bioRxiv", fév. 2016



Le premier skate volant tout-terrain

L'épaisse planche en matériaux composites qu'est l'ArcaBoard ne vous rappelle-t-elle pas l'Hoverboard du film *Retour vers le futur 2*? C'est pourtant le "skate volant" qui s'en rapproche le plus aujourd'hui! Conçu par la société américaine Arca Space, il peut, selon elle, léviter jusqu'à 30 cm au-dessus du sol avec une personne "à bord", et parcourir jusqu'à 2 km à la vitesse de 20 km/h. Mais l'ArcaBoard est également tout-terrain: selon l'entre-

prise, bitume, gravier, rail, neige, eau peuvent ainsi être survolés! Pour s'arracher à l'apesanteur, l'ArcaBoard dispose de 36 moteurs électriques actionnant autant de petits ventilateurs – il affiche une puissance de 272 ch. Il est normalement dirigé par simple inclinaison du corps, mais peut aussi être contrôlé depuis un smartphone. L'engin souffre néanmoins de trois défauts: son autonomie limitée à six minutes (trois pour le modèle conçu pour des passagers pesant entre 82

et 110 kg); son bruit comparable à celui d'une tondeuse à gazon (il émet 92 décibels); et enfin son prix, hors de portée de toutes les bourses.

G.S.

Prix: env. 13 300 €. Rens.: www.arcaspace.com

> L'ArcaBoard survole aussi bien le bitume que l'eau ou la neige.



✓ Le musicien précise sur un site en ligne son niveau, ses habitudes, le son souhaité... En fonction de ces données, un bec sur mesure est imprimé en 3D.



Des becs de saxophone imprimés en 3D sur mesure

Ces becs de saxophone imprimés en 3D ont une particularité: ils sont fabriqués sur mesure! Première étape: le musicien répond à un questionnaire en ligne (niveau, bec habituellement utilisé, défauts constatés, rendu sonore souhaité...). A partir de ces informations, la docteure en acoustique Pauline Eveno fait varier la géométrie du bec au dixième de millimètre près, modifiant ainsi le son produit par l'instrument. De quoi offrir au musicien un rendu vraiment personnalisé. Le matériau (plastique, résine ou métal sont proposés) n'a que peu d'influence.

L.B.

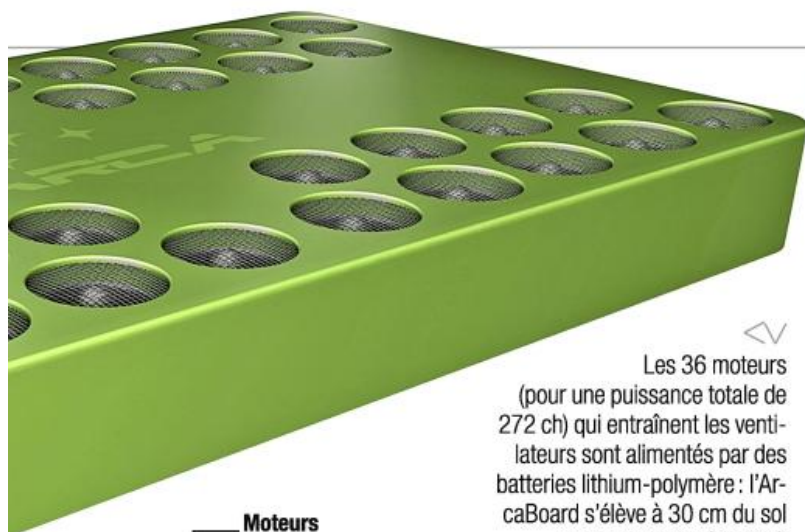
Prix: env. 200 € (bec alto) et 280 € (bec ténor). Rens.: www.syos.co

LE COIN DES PROTOTYPES

Des pneus "boules" pour la voiture sans conducteur

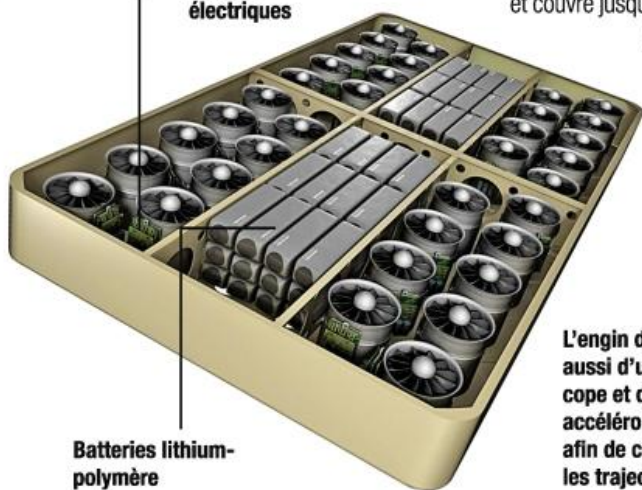
Remplacer les quatre pneus des véhicules par des enveloppes sphériques imprimées en 3D... Voici ce sur quoi parie l'entreprise Goodyear pour les futurs véhicules sans conducteur. Nom de baptême : Eagle-360. Leur intérêt ? Selon le manufacturier américain, ces roues en forme de boule devraient permettre de braquer à 360° et diminuer les risques de dérapage, notamment en cas de verglas. Des capteurs situés à l'intérieur permettront également de communiquer au véhicule tous les paramètres de la route. Côté design, Goodyear s'est inspiré de la nature avec une bande de roulement qui reprend le dessin de certains coraux et la texture des éponges... Histoire d'obtenir une empreinte au sol optimale et d'éviter l'aquaplaning.

E.T.-A.

Rens. : www.goodyear.eu

Les 36 moteurs (pour une puissance totale de 272 ch) qui entraînent les ventilateurs sont alimentés par des batteries lithium-polymère : l'ArcaBoard s'élève à 30 cm du sol et couvre jusqu'à 2 km à 20 km/h.

Moteurs électriques



Batteries lithium-polymère

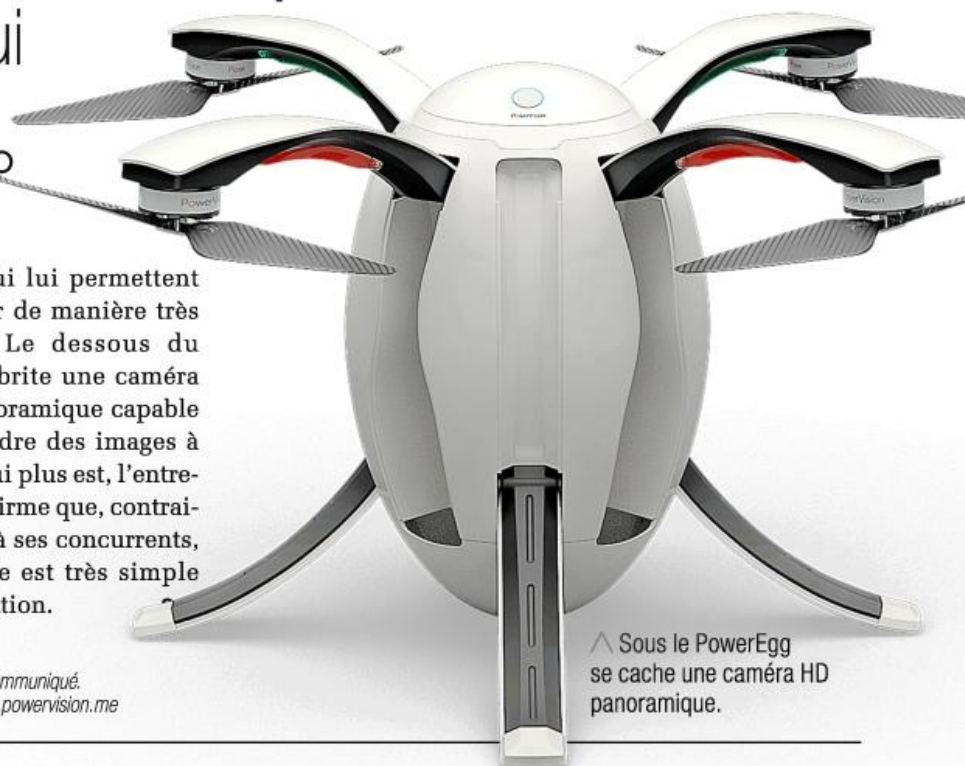
L'engin dispose aussi d'un gyroscope et d'un accéléromètre afin de corriger les trajectoires.

Le drone qui prend des images à 360°

La compagnie Powervision Robot Inc., basée à Pékin et leader dans le domaine des drones industriels, commercialise ce premier produit grand public, baptisé PowerEgg. Au repos, le drone a la forme ovale d'un gros œuf, qui le rend très facile à transporter. Une fois activé, il déploie quatre bras munis d'hélices à leur extré-

mité, qui lui permettent de voler de manière très stable. Le dessous du drone abrite une caméra HD panoramique capable de prendre des images à 360°. Qui plus est, l'entreprise affirme que, contrairement à ses concurrents, ce drone est très simple d'utilisation.

Prix : non communiqué.
Rens. : www.powervision.me



^ Sous le PowerEgg se cache une caméra HD panoramique.

Un casque qui aide à bien dormir

Agir sur le sommeil, tel est l'objectif du bandeau Dreem conçu par la start-up française Rythm. Porté sur la tête pendant la nuit, il améliore la qualité du sommeil profond, considéré comme le plus réparateur. Comment ça marche ? Des capteurs réalisent un électroencéphalogramme (EEG) en temps réel. Puis, chaque fois que l'EEG indique que le dormeur traverse une phase de sommeil

profond, le bandeau émet par conduction osseuse un son proche de celui d'une cascade, qui permet de la prolonger, et donc d'améliorer la qualité globale du sommeil. Au réveil, le bandeau se synchronise en Bluetooth avec l'application de l'iPhone et livre à l'utilisateur son "score" de sommeil ainsi qu'une analyse de ses différentes phases. Commercialisation à la fin de l'année. **L.B.**



> Quand les capteurs intégrés repèrent une phase de sommeil profond, le casque émet par conduction osseuse un son de cascade qui prolonge cette phase.

Prix : env. 350 €. Rens. : www.rythm.co

Un planétarium dans son salon

Envie de s'évader dans les étoiles sans quitter son salon ? Megastar Class est un planétarium compact (19x24 cm) et silencieux qui projette près d'un million

d'étoiles sur 180°. Le dispositif, imaginé par un designer japonais, est réglé sur le 35° parallèle nord (la localisation du Japon, seule possibilité pour l'instant) et tient compte du mouvement diurne. L'appareil peut aussi projeter un éclairage d'ambiance : ciel d'aube ou crépuscule. C'est la première fois qu'une telle qualité de projection est proposée aux particuliers... qui pourront y mettre le prix ! **M.S.**

Prix : environ 10 000 €. Rens. : www.megastar.jp/en

< Compact (19x24 cm), le Megastar Class projette 1 million d'étoiles à 180° au-dessus de son canapé.



La planche à voile version gonflable

Les débutants le savent bien : s'essayer à la planche à voile est souvent synonyme d'effort intense et de frustration. C'est en partant de ce constat et en s'inspirant des ailes de kitesurf (dotées de boudins gonflables) qu'est née la voile gonflable iRIG One de la marque allemande Arrows Inflatables. 70 % plus légère qu'une voile classique (de 1,5 à 2 kg selon le modèle), elle est plus facile à manier et se range, une fois dégonflée, dans un sac. Elle se décline en 3 tailles pour convenir aux enfants et aux adultes. **L.B.**

Prix : à partir de 380 € (taille S). Rens. : www.arrows-inflatables.com



Spécial Fête des Mères / Fête des Pères

12 magazines à prix coup de cœur!

Offre réservée aux lecteurs de **SCIENCE & VIE**

jusqu'à
-45%

Profitez-en vite!

* sur le prix kiosque



-29%

Le magazine déclencheur d'idées créatives

12 n° pour 19,50€
au lieu de 27,60€
soit 1,63€ le n° au lieu de 2,30€



-44%

Il a du style, il est unique, c'est mon basic!

12 n° pour 12€
au lieu de 21,60€
soit 1€ le n° au lieu de 1,80€



-44%

Le news fashion magazine!

26 n° pour 26€
au lieu de 46,80€
soit 1€ le n° au lieu de 1,80€



-40%

Nouvelle vie, nouvelles envies!

12 n° pour 26,50€
au lieu de 44,40€
soit 2,21€ le n° au lieu de 3,70€



-30%

Vital Food, la cuisine saine des filles malignes.

4 n° pour 11€
au lieu de 15,80€
soit 2,75€ le n° au lieu de 3,95€



-29%

Le magazine de la forme et du bien-être

6 n° pour 14,80€
au lieu de 21€
soit 2,50€ le n° au lieu de 3,50€



-27%

Le + pratique et complet de tous les mensuels de jardinage

8 n° pour 26€
au lieu de 36,00€
soit 3,25€ le n° au lieu de 4,50€



-45%

Le premier journal qui se met à la place du conducteur

26 n° + 1 guide pratique pour 29,90€
au lieu de 52,52€
soit 1,15€ le n° au lieu de 2,10€



-42%

Tous les plaisirs de l'automobile

12 n° pour 25€
au lieu de 43,68€
soit 2,08€ le n° au lieu de 3,64€



-29%

Pour tous ceux qui apprécient "la vie grandeur nature"

12 n° pour 26,90€
au lieu de 38,40€
soit 2,24€ le n° au lieu de 3,20€



-29%

Un voyage inédit au cœur des splendeurs et mystères du passé.

6 n° pour 25€
au lieu de 35,70€
soit 4,17€ le n° au lieu de 5,95€



-36%

Le magazine leader de la musique classique et de la hi-fi

8 n° pour 29,90€
au lieu de 47,20€
soit 3,74€ le n° au lieu de 5,90€

BULLETIN D'ABONNEMENT FÊTE DES MÈRES / FÊTE DES PÈRES

A compléter et à retourner à : Opérations "Multititres" - CS 90125 - 27091 EVREUX Cedex 9

1 Je choisis mes abonnements et je coche les cases ci-dessous.

Magazines	Réf.	Durée de l'abonnement	Prix normal au numéro	Mon prix	Ma réduction
<input type="checkbox"/> Modes&Travaux	12	1 an - 12 n°	27,60 €	19,50 €	- 29 %
<input type="checkbox"/> BIBA format poche	16	1 an - 12 n°	21,60 €	12,00 €	- 44 %
<input type="checkbox"/> Grazia	57	26 numéros	46,80 €	26,00 €	- 44 %
<input type="checkbox"/> Pleine Vie	18	1 an - 12 n°	44,40 €	26,50 €	- 40 %
<input type="checkbox"/> Vital Food	67	1 an - 4 n°	15,80 €	11,00 €	- 30 %
<input type="checkbox"/> Vital	61	1 an - 6 n°	21,00 €	14,80 €	- 29 %
<input type="checkbox"/> L'Ami des Jardins	10	8 mois - 8 n°	36,00 €	26,00 €	- 27 %
<input type="checkbox"/> Auto Plus	40	26 N° + 1 guide	52,52 €	29,90 €	- 45 %
<input type="checkbox"/> L'Auto-Journal	42	1 an - 12 n°	43,68 €	25,00 €	- 42 %
<input type="checkbox"/> Le Chasseur Français	03	1 an - 12 n°	38,40 €	26,90 €	- 29 %
<input type="checkbox"/> Cahiers de Science&Vie	36	1 an - 6 n°	35,70 €	25,00 €	- 29 %
<input type="checkbox"/> Diapason	04	8 mois - 8 n°	47,20 €	29,90 €	- 36 %
Nombre total d'abonnements			TOTAL DE MA COMMANDE		

2 Adresse(s) de livraison des abonnements : merci d'écrire en majuscule. 891.614

Mes coordonnées (à remplir obligatoirement). Référence des magazines choisis : _____

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

CP _____ Ville _____

Adresse de livraison si différente. Référence des magazines choisis : _____

Nom _____

Prénom _____

Adresse _____

CP _____ Ville _____

3 Mon règlement. Le montant total de ma commande est de : _____ €

☐ Je règle par chèque ci-joint à l'ordre de Mondadori Magazines France.

☐ Je règle par carte bancaire N° _____

Date _____

Signature (obligatoire) : _____

Expire le _____

Notez les 3 derniers chiffres du N° inscrit au dos de votre carte bancaire _____

Offre valable 2 mois. 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 de Mondadori Magazines France. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. En cas de refus de votre part, il vous suffit de nous prévenir par simple courrier.

EXCLUSIVITÉ INTERNET !
à partir de 2 abonnements
souscrits en ligne

-10%
supplémentaires

www.KiosqueMag.com

Enfin un mini-essuie-glace manuel pour casque et lunettes

Ce mini-essuie-glace manuel va faciliter la vie de bien des skieurs, motards... et même simples porteurs de lunettes de vue! Conçu par l'entreprise française Juléen, le Freevisio est une mini-raclette en caoutchouc associée à une bague réglable.

Fixée sur l'index, ganté ou non, elle permet d'éliminer toute trace de gouttes ou de buée sur les visières ou les verres des lunettes en un seul passage.

Simple, mais ingénieux! A.P.

Prix: env. 4 €. Rens.: www.freevisio.com

Elles se lacent toutes seules!

Les Hyperadapt 1.0 de Nike sont des chaussures de sport qui se lacent automatiquement. Plus de nœuds!

Lorsque l'on glisse son pied dans la chaussure, le lacet est lâche.

Mais quand le talon touche la semelle, il appuie sur un capteur qui commande le mécanisme de serrage.

Deux boutons sur le côté permettent de l'augmenter ou de le diminuer. On peut ainsi l'ajuster parfaitement et, quels que soient les mouvements des pieds, il reste constant. Les chaussures sont disponibles en trois teintes: noir, gris, blanc. S.F.



Prix: non communiqué.

Rens.: <http://news.nike.com/news/hyperadapt-adaptive-lacing>

Ce vélo s'adapte à votre manière de pédaler

Un fabricant anglais, Mike Hickman, vient d'inventer un vélo télescopique capable de s'adapter à votre morphologie et à votre type de course. Ici, ce sont carrément les éléments du cadre du vélo (constitué de tubes en acier chromé de haute qualité) qui coulisent et pivotent pour ajuster la hauteur de la selle, et l'avancer ou la reculer par rapport au pédalier. Il en est de même pour le guidon, dont l'inclinaison peut être adaptée. On peut

ainsi choisir une position plus ramassée pour une conduite sportive, ou au contraire allongée pour la promenade. S.F.

Prix: env. 2500 €. Rens.: www.hickman.bike

✓ Ce sont tous les éléments du cadre qui s'ajustent ici les uns par rapport aux autres pour adopter une position de sprint ou de promenade.



Enfin une bonne raison d'être dans la lune !



MON SCIENCE & VIE **JUNIOR**

La télé intelligente

Mon Science&Vie Junior est une chaîne interactive centrée sur l'apprentissage des sciences, destinée aux adolescents avides de découvrir, curieux d'explorer et soucieux de comprendre.



www.monsvj.fr @MonSVJ

à découvrir sur



bouygues



Pourquoi le homard a-t-il la réputation d'être immortel ?

Question de C. Charvillat, Pont-du-Château (63)

Le bruit court en effet sur internet: s'il n'était pas victime de la pêche, le homard serait immortel. Malheureusement pour lui, ce n'est pas le cas. *"Les homards meurent non seulement de maladie ou à cause de la prédation, mais aussi... de vieillesse!"*, explique le docteur Raouf Kilada, de l'université de New Brunswick, au Canada.

Comme les autres décapodes, dont l'écrevisse, le homard grandit tout au long de son existence par mues successives. Mais, le fait est qu'il bénéficie d'une durée de vie plus longue que sa

cousine, durant laquelle il ne semble pas vieillir: *"Le homard américain peut vivre jusqu'à 70 ans; le spécimen européen un peu moins"*, précise Raouf Kilada. Il conserve sa vitesse de jeunot et reste sexuellement actif tout au long de sa vie. Sa limite, c'est l'énergie nécessaire pour faire repousser sa carapace, qui doit être sans cesse plus grande.

UNE CROISSANCE CONTINUE

Le secret de cette vigueur? Des chercheurs ont trouvé une partie de l'explication: les télomérases, ces protéines qui protègent les

extrémités des chromosomes. En leur absence, les chromosomes deviennent un peu plus courts à chaque cycle de division – c'est une des marques du vieillissement. Chez les mammifères, l'activité de ces télomérases diminue après la naissance, jusqu'à ce qu'elles ne soient plus présentes que dans les cellules de la lignée germinale et les cellules souches. Chez le homard, par contre, elles sont exprimées dans tous les tissus, même chez l'adulte! Ce qui lui permet cette croissance continue pendant toute son existence.

De quoi inspirer des chercheurs en quête, non pas d'immortalité, mais d'un élixir de jeunesse... **M.Y.**



La crème solaire empêche-t-elle le corps de synthétiser la vitamine D ?

Question d'Eric Brugel, internet

En théorie, oui. En pratique, c'est autre chose. Les filtres chimiques qui la composent bloquent presque totalement les rayonnements ultraviolets B nécessaires pour transformer un dérivé du cholestérol, présent dans les couches profondes de la peau, en vitamine D. *"Les écrans d'indice 15 arrêtent 93% des UV-B et ceux d'indice 30, 97%", rappelle le docteur Brigitte Houssin, auteure d'ouvrages sur la vitamine D. Bien utilisés, ces*

écrans sont très efficaces." Or, très souvent, la couche appliquée sur le corps ne suffit ni à protéger du soleil, ni à empêcher de synthétiser la vitamine D. *"Pour respecter véritablement l'indice d'une crème solaire, il faudrait appliquer l'équivalent d'une balle de golf toutes les 2 h, soit un tube par jour!"*, prévient la dermatologue Catherine Oliveres-Ghouti. Les méfaits du soleil restent donc plus inquiétants que le manque de vitamine D. **F.C.**





^ La longévité du crustacé pourrait être due aux protéines qui protègent l'extrémité de ses chromosomes.

Les plantes développent-elles aussi des cancers ?

Question de B. Zamorano, Ensues-la-Redonne (13)

Pas à proprement parler. Rappelons qu'il existe deux types de tumeurs, correspondant à une multiplication excessive de cellules : les "bénignes" (grains de beauté, verrues) et les "malignes" qui forment des métastases dans d'autres zones du corps. Les plantes peuvent développer des tumeurs bénignes. Ainsi, la galle du collet est une excroissance due à une bactérie qui apparaît sur les racines ou à la jonction tige-racines. Mais *"les cellules végétales étant entourées d'une paroi rigide [contrairement aux nôtres], elles ne peuvent pas migrer et former des métastases"*, expliquent les biologistes John Doonan et Robert Sablowski. Ces tumeurs fatiguent cependant la plante. **K.B.**

▽ Les plantes ne sont victimes que d'excroissances bénignes (ici la galle du collet).



Pourquoi les morts deviennent-ils raides ?

Question de P. Germain, Basse-Ham (57)

Cette fameuse rigidité cadavérique a pour origine le dysfonctionnement des cellules musculaires. Car c'est dans un ordre bien défini que meurent les cellules d'une personne décédée. Et celles des muscles sont parmi les premières: elles libèrent en explosant une grande quantité de minéraux – phosphore, magnésium et surtout calcium. Or, ce sont ces ions calcium qui activent le processus de contraction musculaire: ils poussent les filaments protéiques à

s'accrocher entre eux (information). Résultat: le muscle s'immobilise. Et il faut attendre que ces structures protéiques se dégradent pour que le corps ramollisse.

"Entre 15 et 20 °C, la rigidité cadavérique intervient en général 6 h après le décès, et disparaît sous 48 h, informe le médecin légiste Philippe Charlier. Quand la putréfaction intervient, la rigidité a donc normalement disparu."

Une tache verdâtre sur l'abdomen indique que les

bactéries de l'appareil digestif et des poumons ont entamé cette nouvelle phase d'évolution du corps... Les gaz font gonfler l'abdomen comme un ballon, exorbitent les yeux, ressortir la langue; des liquides foncés s'écoulent par les orifices naturels dont les tissus se sont dégradés; les tissus adipeux fondent sous la peau, donnant au corps un éclat brillant, comme glacé; puis tous les tissus et les organes se liquéfient.

L'étude de la dynamique de la rigidité cadavérique et de la putréfaction est régulièrement utilisée par

les médecins légistes. Mais des facteurs peuvent faire varier son ampleur et sa durée: l'activité physique de l'individu, la prise de médicaments (notamment neurologiques), son poids, la température extérieure... Ainsi, *"la chaleur accélère la putréfaction et la dégradation des fibres protéiques, ce qui va rendre le temps de rigidité moins long"*, reprend le spécialiste. Qui ajoute qu' *"un cas exceptionnel de 'rigidité cadavérique' a déjà été découvert sur un individu vivant"*, vraisemblablement en raison de troubles neurologiques. F.C.

Quelle est la durée de conservation d'un légume resté en terre ?

Question de Vincent Arthur, Guignen (35)

Cela dépend du légume et des conditions météo. Certains légumes possèdent une "dormance génétique" pendant laquelle leur développement s'arrête une fois leur croissance normale terminée. *"Une pomme de terre présente une dormance génétique de trois mois maximum, renseigne Emmanuel Geoffriau, chercheur à l'Agrocampus Ouest d'Angers et à l'Institut de recherche en horticulture et semences. Durant ce laps de temps,*

elle ne développe pas de nouvelles pousses. Au contraire de la carotte qui, elle, ne présentant pas de dormance, 'pousse' davantage dès que les conditions le permettent." A la fin de cette période de dormance ou de développement, les légumes perdent leurs réserves et sont donc de moins bonne qualité. Ainsi, la teneur en vitamines de la carotte diminue, et *"le légume peut devenir trop dur ou trop sec"*, estime Bernard Lafon, propriétaire de l'exploitation Oh! Légumes oubliés. *"Mais le véritable risque est le pourrissement à cause de l'humidité ou du froid"*, poursuit Emmanuel Geoffriau. Ce qui peut être évité si le sol est sableux. La meilleure solution restant de récolter à maturité. F.C.



Pourquoi

Question de S. Delaporte,

Parce que, sans en être conscient, nous la portons en permanence depuis notre naissance. Or, exposé pendant un certain temps à une odeur donnée, notre système olfactif devient incapable de la percevoir. En cause: *"Un processus d'adaptation olfactive, qui est un phénomène vital"*, précise Anne-Marie Mouly, neuroscientifique au Centre de recherche en neurosciences de Lyon.

Avant d'entrer dans les détails, rappelons que les odeurs sont le fait de

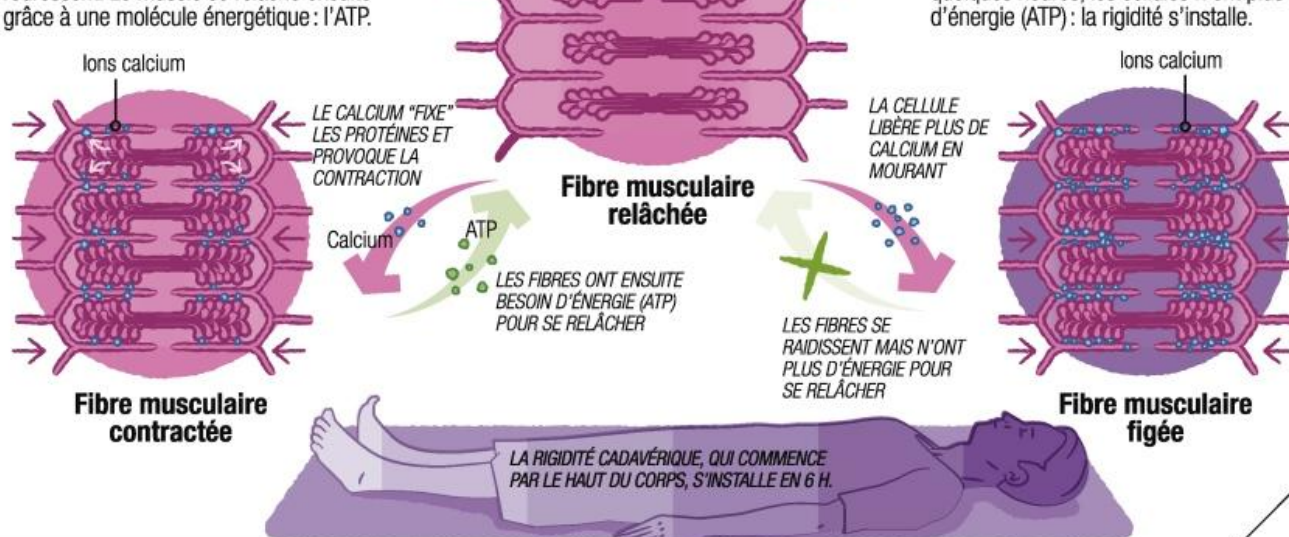
Car leurs muscles se figent sans pouvoir se relâcher

Les cellules musculaires se contractent et se relâchent naturellement...

Les ions calcium font se contracter les cellules du muscle : les têtes de myosine s'accrochent aux filaments d'actine et se redressent. Le muscle se relâche ensuite grâce à une molécule énergétique : l'ATP.

Mais sans énergie après le décès, elles restent figées

Les cellules libèrent en mourant beaucoup de calcium, provoquant le raidissement des muscles. Mais passé quelques heures, les cellules n'ont plus d'énergie (ATP) : la rigidité s'installe.



ne sentons-nous pas notre odeur?

Penmarch (29)

molécules odorantes volatiles. Lorsqu'on les respire, ces substances pénètrent dans notre nez où elles stimulent les dix millions de récepteurs olfactifs (neurones spécialisés dans l'odorat) nichés dans notre muqueuse nasale. Le message nerveux qui naît au niveau de ces neurones est ensuite acheminé, via le nerf olfactif, jusqu'au cerveau. Lequel analyse le message odorant et permet, au final, de percevoir l'odeur.

Lorsqu'une odeur stimule de façon continue

nos récepteurs olfactifs – comme c'est le cas de notre odeur corporelle, mais aussi de celle de notre maison ou du parfum que l'on porte depuis le début de la journée –, notre système olfactif va s'adapter.

UN PROCESSUS D'ADAPTATION VITAL

"La sensibilité de nos récepteurs olfactifs à cette odeur va diminuer progressivement avec le temps. Cette adaptation éteint en quelque sorte les récepteurs olfactifs stimulés par la senteur en question, via des mécanismes moléculaires encore mal compris.

Résultat : on ne sent plus l'odeur", précise Anne-Marie Mouly.

Quant à savoir à partir de quelle durée exacte on ne sent plus une odeur : cela dépend de son intensité (plus l'odeur est intense, plus on la sent longtemps) et – plus surprenant – de notre motivation ! *"On sent plus longtemps l'odeur d'un fumet appétissant quand on a faim"*, explique par exemple la chercheuse. Cela dit, le phénomène d'adaptation peut être très rapide, il suffit parfois de quelques dizaines de secondes seulement pour certaines odeurs.

Ce processus olfactif qui existe chez tous les animaux est vital : en occultant les odeurs habituelles de notre environnement, il nous permet en effet de détecter rapidement tout changement subtil d'odeur autour de nous, dont les senteurs dangereuses, comme celles du gaz, du brûlé ou d'aliments avariés.

Ce type d'adaptation existe d'ailleurs aussi pour les autres sens, notamment l'audition. Voilà pourquoi les personnes qui habitent près d'une route très empruntée n'entendent plus, à partir d'un moment, le bruit de la circulation. **K.B.**

Un chien aboie-t-il de la même manière en France qu'en Australie ?

Question de C. Fradin, St-Léger-sous-Cholet (49)

Oui, répond sans hésiter le comportementaliste animalier, spécialiste du chien, Eric Laborde: *"Il n'y a pas d'aboiements ou sons spécifiques à une localisation géographique, culturelle ou linguistique. En tout cas, ça n'a jamais été démontré. Un chien qui aurait vécu des années en Australie avant d'être importé en France ne modifiera pas sa production sonore générale."* Qui peut par contre changer selon l'état émotionnel de l'animal. S'il évolue, par exemple, dans un milieu qu'il ne connaît pas ou ne

comprend pas, sa communication sonore tendra vers les aigus, avec des aboiements plaintifs. S'il ressent une menace, elle sera davantage dans le registre des graves, avec des aboiements sourds.

La tonalité, l'intensité et la mélodie de l'aboiement peuvent également varier en fonction de l'individu que le chien a en face de lui: *"Il peut modifier son aboiement si aboyer de manière plus aiguë ou plus grave lui fait obtenir ce qu'il souhaite, comme une caresse ou un sucre, explique l'expert. Jusqu'à émettre des sons*



> Qu'il vive en France ou ailleurs, un chien n'a pas d'accent suivant sa nationalité.

différents, pour une même situation, selon les membres de la famille." Mais qu'il vive en France ou ailleurs ne change rien. **F.C.**

Pouvons-nous oublier notre langue maternelle ?

Question de L. Bensenouci, Joué-lès-Tours (37)

L'oublier partiellement, oui; totalement, non.

En dehors des cas pathologiques, une perte des capacités dans la langue natale peut survenir chez certains individus qui apprennent une autre langue: les bilingues tardifs. *"Tout apprentissage débute par un transfert de connaissances de la langue maternelle à une langue étrangère, explique Brigitte A. Eisenkolb, docteur en linguistique et*

psychologie, auteure d'une thèse sur le déclin naturel de la langue maternelle. *Il est alors possible que la nouvelle langue devienne dominante."* En étudiant ce phénomène, la chercheuse a ainsi observé *"une érosion des compétences linguistiques de la langue primaire dont disposait le bilingue"*.

Toujours selon l'auteure (dont le dernier livre s'intéresse aux cas de bilinguisme franco-allemand et franco-

italien), deux raisons peuvent être à l'origine de cette détérioration. Première possibilité: un manque d'utilisation de la langue natale, et dans ce cas, la mémoire du sujet ferait tout simplement défaut. Seconde hypothèse: l'influence directe de la nouvelle langue entraînerait une réorganisation cérébrale afin de s'y adapter.

Plusieurs exemples témoignent de ce déclin: oubli de mots, confusion syntaxique, accent provenant de la nouvelle langue... Mais, heureusement, la perte (relative) de la langue primaire n'est jamais irréversible! **F.C.**

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

Nous ne pourrions répondre à tous, mais les auteurs des questions sélectionnées se verront offrir un abonnement d'un an à la version numérique de *Science & Vie* (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

Envoyez vos questions, en indiquant clairement votre adresse postale, à: sev.qr@mondadori.fr ou bien par courrier à:

SCIENCE & VIE
QUESTIONS/RÉPONSES
8, rue François-Orly
92543 MONTROUGE CEDEX

Fête des pères



Soit
43%
de réduction

59,90 € seulement
au lieu
de 105,50 €

1 an - 12 numéros
+ 6 hors-séries
+ la batterie



Cette batterie externe recharge n'importe quel téléphone portable ou tablette. Facile à transporter, elle est idéale pour les longues journées. Batterie de secours de 2500 mAh pour une recharge complète de de smartphon Design ultra fin et résistant grâce aux 5 couches de protection.

A compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à :
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS - CS 90125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

- ☐ **Oui, je profite de l'offre spéciale lecteurs et je m'abonne à Science & Vie pour 1 an (12 n°) + 6 hors-séries + la batterie de secours pour 59,90 € au lieu de 105,50 € soit 43 % de réduction** 848 168
- ☐ **Je préfère m'abonner à Science & Vie pour 1 an (12 n°) pour 37,90 € au lieu de 54 € soit 30% de réduction** 848 176
- ☐ **Je commande uniquement la batterie de secours au prix de 19,90 € et je joins à mon courrier le règlement total de ma commande.** 848 184

**Science & Vie le journal de tous ceux
qui veulent vivre en intelligence avec le monde.**



NOUVEAU ! Recevez
la version numérique
OFFERTE avec votre
abonnement papier !



Disponible sur
KiosqueMag.com

Nom : Prénom :

Adresse : _____

Complément d'adresse (résidence, lieu dit, bâtiment) :

Code Postal : | | | | | Ville :

Tél : [] [] [] [] [] [] Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrions vous contacter si besoin pour le suivi de votre abonnement

E-mail :

Votre email est indispensable pour créer votre accès à l'abonnement numérique sur notre site kiosquemaq.com

Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori) ☐

➤ **Mode de paiement :** ☐ Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie

□ | | | | | | | | | | | |

Expire à fin | | | | | Code Crypto | | |

Les 3 chiffres au dos de votre CB

Date et signature obligatoires

*Prix Public et Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 31/07/2016 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acheter chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,50€, chacun des 4 hors-séries au prix de 4,95€ et chacune des deux éditions spéciales au prix de 5,95€ et la batterie au prix de 19,90€. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données vous concernant. Il vous suffit de nous écrire en indiquant vos coordonnées.

Science & Vie - TSA 10005 8 rue François Cray 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

©Designed by Freepik.com

Exposition "Mental désordre"

Dans ces têtes qui ne tournent pas rond

Que vient donc faire "la folie" à la Cité des sciences et de l'industrie de la Villette? Si le thème de l'exposition "Mental désordre" respire a priori davantage le couloir d'hôpital que l'atelier de R&D, c'est oublier que l'institution parisienne est une habituée des initiatives décalées où science et mise en perspective trouvent toujours leur chemin...

IMMERSION SENSORIELLE

En l'occurrence, l'ambitieux but affiché par cette coproduction avec le centre des sciences finlandais Heureka et Ciencia Viva, à Lisbonne, est de permettre de "déstigmatiser les troubles psychiques [bipolaires, alimentaires, de la personnalité...], et de porter sur les personnes qui en sont atteintes un regard plus éclairé et loin des idées préconçues". Pour ce faire, nous sommes invités à découvrir ce que savent les scientifiques de ces affections, mais aussi à expérimenter nous-mêmes ce que vivent ceux qui les subissent au quotidien.

L'exposition déploie à cet effet une inhabituelle scénographie qui fait la part belle au bois et aux étranges dessins de l'artiste finlandaise Vappu Rossi.

Nous y attendent

19 modules répartis sur 700 m² développant trois séquences: "Que sait-on?", "Comment se sent-on?" et le plus léger "Soyons fous!". Autant de "boîtes" alliant forme et fond qui se distinguent facilement par un aménagement spécifique, sobre et soigné. Ici des maquettes de présentation, là une mise en scène pour nous immerger dans une situation "anormale", ou encore des écrans interactifs et des œuvres d'art mouvantes: en passant d'un espace à l'autre, on navigue entre information scientifique et jeux, expérimentations, tests de nos perceptions ou de notre mémoire.

Question savoir, les six modules de "Que sait-on?" sont logiquement les plus riches. On y lit par exemple, dans les documents virtuels projetés sur un bureau, les symptômes de la dépression dont souffre le personnage de Maria et de la schizophrénie de Matti, ainsi que leurs traitements actuels... mais aussi et surtout ceux qu'ils auraient pu subir depuis l'Antiquité. A travers six trous de serrure, des dioramas d'hôpitaux et de cabinets de psychiatres racontent, grâce aux voix évoquant des visiteurs de l'époque, les types de soins perpétrés et l'attitude de la



► Mental désordre

- A la Cité des sciences et de l'industrie de la Villette, 30, avenue Corentin-Cariou, 75019 Paris
- Du 5 avril au 6 novembre 2016
- Ouvert de 10 h à 18 h (19 h le dimanche); fermé le lundi
- Tarifs: 9 € (réduit: 7 €; gratuit pour les moins de 6 ans)
- <http://www.cite-sciences.fr/fr/au-programme/expos-temporaires/mental-desordre/>
- Sur ce site sont présentées l'exposition et les nombreuses conférences et tables rondes associées, une sélection d'ouvrages, de webdocumentaires et de podcasts – et la CrazyApp, pour participer à une enquête sur la santé mentale.



société à l'encontre de ces patients hors normes.

Plus loin, on peut se renseigner sur une douzaine de troubles, des psychoses aux phobies, et comprendre quels dysfonctionnements du cerveau les engendrent: pour ce faire, des infographies animées sont projetées sur un miroir dans lequel on se regarde. Un espace d'aide est également proposé.

Et comme on ne comprend jamais aussi bien que quand on expérimente soi-même, les sept modules de "Comment se sent-on?" nous font découvrir ce que vivent les malades – la souffrance et les préjugés. Certains nous en font même effleurer les symptômes (hallucinations, phobie, perception de soi déformée...): une banale sortie chez le coiffeur devient ainsi un traquenard



◀ **Etat des lieux de la connaissance et tentative d'expérimentation de la folie (ci-dessous des tableaux de Vappu Rossi), l'exposition plonge les visiteurs dans le désordre mental.**



oppressant et menaçant; le bizarre "schizophone", une fois posé sur nos oreilles, "déspatialise" les sons et nous laisse déboussolé au milieu d'un brouhaha stressant; un miroir nous permet de jouer avec notre image... D'autres installations nous présentent des témoignages, dans le cadre confortable d'un petit salon, comme si on recevait chez soi une connaissance qui nous

NICOLAS KRIEF

raconterait cette partie intime de sa vie, et répondrait très simplement aux questions qu'on n'osait pas poser, par peur ou par crainte de gêner, tant ce sujet reste tabou dans nos sociétés.

COMPRENDRE "LES FOUS"

Et pour apporter une note joyeuse à cette exposition, en plus des différents tests et quiz proposés au fil des deux séquences précédentes, "Soyons fous!" met de l'ambiance. Le jeune public y est particulièrement actif, mais pas seulement. Chacun peut s'essayer au "broyeur de soucis", dont les engrenages broient le petit papier sur lequel on vient d'inscrire un problème; deviner les émotions exprimées par les autres, visage ou corps dissimulé – un jeu qui révèle l'importance de nos capacités de décryptage de

"l'autre" dans la moindre de nos interactions sociales.

Au final, émerge une meilleure compréhension de ceux qu'on a longtemps appelés "les fous" et de leurs troubles. De quoi éclairer ceux que la folie effraie ou dérange, ceux qui la redoutent pour eux, ceux qui la côtoient au quotidien, chacun selon ses besoins. C'est l'une des forces de l'exposition: laisser les visiteurs se plonger à leur rythme dans le désordre mental, avec la possibilité de revenir sur ses pas pour relire une définition ou relier un témoignage à une expérience tout juste vécue.

Une initiative bienvenue, quand on se rappelle que 7 % de la population française souffre de dépression, 2 % de bipolarité et que les troubles psychiques sont la première cause d'invalidité dans notre pays. **E. Rauscher**

A voir, à lire

WEBDOC

► **L'art de voler**

► http://www.lemonde.fr/culture/visuel/2016/03/14/l-art-de-voler_4882430_3246.html



Se mouvoir en apesanteur? *L'art de voler* est le carnet de bord vidéo des douze mois de création d'un spectacle de danse unique en son genre. En effet, cette chorégraphie est née de la rencontre inattendue entre des scientifiques du Centre national d'études spatiales et la chorégraphe Kitsou Dubois. Ce qu'ils ont en commun? Leur intérêt pour les modifications des perceptions du corps en apesanteur. Ce webdocumentaire donne ainsi l'occasion d'assister à des vols paraboliques au cours desquels artistes et chercheurs échangent leurs observations. Le langage de la danse trouve alors un écho singulier chez les spécialistes du mouvement et de la proprioception... **C.T.**

LIVRE

► **En compagnie des robots**

► Collectif
► Editions Premier Parallèle
► 132 p., 12 €



Alain Bensoussan: "Nao, as-tu la personnalité juridique?"

Nao: "Je suis un robot en état futur d'être humain. Je réclame une personnalité juridique. J'existe. Regarde mon Facebook." Ainsi se clôt l'étrange conversation entre Alain Bensoussan, avocat à la cour d'appel de Paris, et Nao, le robot de la société Aldebaran Robotics, qui ouvre ce petit livre hybride où se croisent et se répondent chercheurs et philosophe, ainsi que John McCarthy, un des "pères" de l'IA. Une exploration de ce futur proche où les robots pourraient être dotés de droits, comme certains animaux aujourd'hui. Stimulant! **F.L.**

21 juin 1976

L'ordinateur démontre le théorème des 4 couleurs

"Quatre couleurs suffisent"! Ce slogan orne, à l'été 1976, les enveloppes du département de mathématiques de l'université de l'Illinois, aux États-Unis. Un clin d'œil à l'exploit qu'ont réalisé, le 21 juin, deux de ses mathématiciens, Wolfgang Haken et Kenneth Appel: résoudre la conjecture des quatre couleurs, qui tenait en haleine leur discipline depuis plus d'un siècle. Victoire? Certains ne cachent pas leur trouble. Car les deux compères ne se sont pas contentés, pour leur démonstration, d'une feuille et d'un crayon. Pour la première fois dans l'histoire des mathématiques, ils ont utilisé un ordinateur. Dès lors, est-elle vraiment valide? Le débat fait rage.

Mais quatre couleurs suffisent pour quoi? Pour colorier n'importe quelle carte, si l'on s'impose comme seule condition que deux pays partageant une frontière commune (non réduite à un point) soient d'une couleur différente, sachant que chaque pays doit être constitué d'un seul bloc.

LA PREUVE PAR 5 COULEURS

Le 23 octobre 1852, le mathématicien de Morgan, à Londres, avait écrit à son confrère Hamilton, à Dublin, pour lui exposer ce constat fascinant rapporté par l'un de ses étudiants, Frederick Guthrie, qui le tenait lui-même de son frère: *"Si une figure est divisée de quelque manière que ce soit en com-*

partiments, de façon à ce que ceux qui partagent une quelconque frontière commune soient coloriés différemment, quatre couleurs peuvent être nécessaires mais pas davantage."

Est-ce vrai? La question restera sans réponse, puis sera oubliée. Jusqu'à ce qu'elle soit déterrée en 1878 par Arthur Cayley et qu'un juriste et mathématicien anglais, Kempe, en publie, l'année suivante, une belle démonstration... dans laquelle Heawood, en 1890, découvre une erreur. Mais tout n'est pas perdu car la démonstration de Kempe prouve que n'importe quelle carte peut être coloriée avec... cinq couleurs.

Comment passer de cinq à quatre? Le défi se révèle

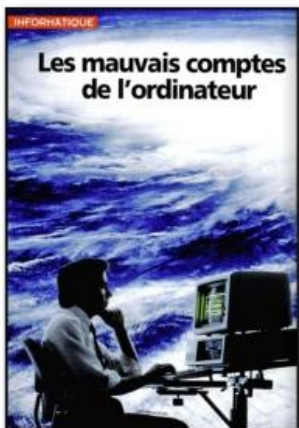
redoutable. Beaucoup tenteront de le relever. Comme l'Allemand Heinrich Heesch, invité en 1948 à l'université de Kiel (Allemagne) pour présenter ses tentatives. *"Cette conférence m'a beaucoup impressionné"*, se souvient Wolfgang Haken, aujourd'hui âgé de 88 ans, qui démarrait à l'époque ses études.

L'orateur présente en effet différentes façons de regrouper les pays, dont il peut prouver qu'elles sont réductibles, c'est-à-dire pour lesquelles la carte la plus simple possible ne nécessite pas plus de quatre couleurs. Heesch prétend alors qu'avec quelques milliers d'autres configurations réductibles, on devrait pouvoir prouver la conjecture.

SCIENCE&VIE en parlait déjà... PAR FIORENZA GRACCI

1996 L'ORDINATEUR N'A PAS TOUJOURS RAISON

Depuis qu'il a permis de déterminer 1 000 décimales du nombre π , l'ordinateur a gagné une confiance *"absolue"*. Mais, *"pour Jean-François Colonna, chercheur au CMAP de l'Ecole polytechnique, cette confiance est illusoire"*. Il peut *"décrocher complètement"*, même pour des calculs simples, *"dès qu'il s'agit de calculs itératifs"*. En cause, *"de fâcheux désaccords"* entre les notations des *"différents programmes"*. **S&V n°949**

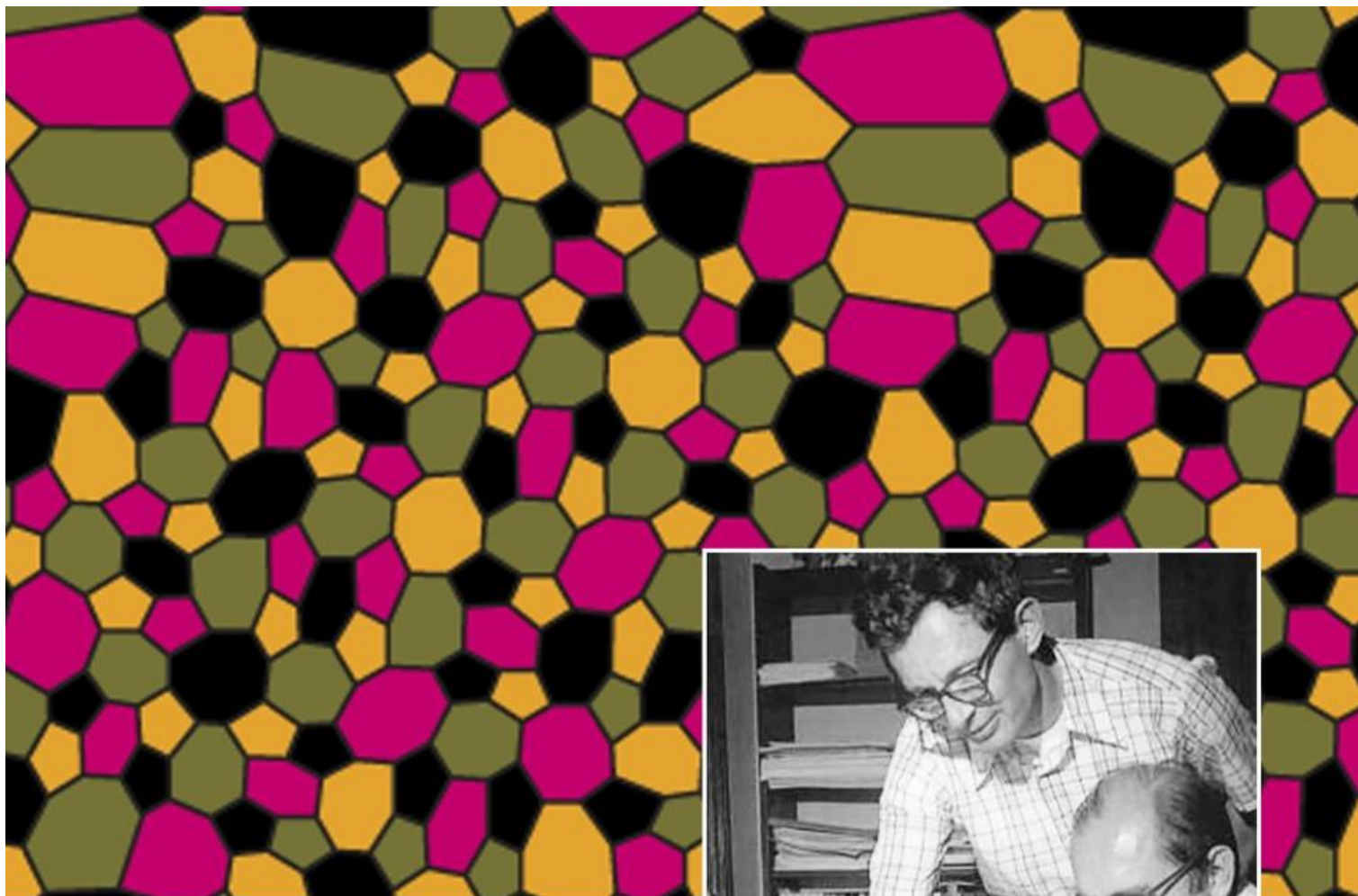


2003 L'INFORMATIQUE PROBANTE À 99 %!

"La façon la plus compacte d'entasser les sphères est de les empiler [...] en pyramide", affirme la conjecture de Kepler depuis le XVII^e s. La démontrer était *"l'un des grands défis du XX^e s."* Thomas Hales y serait parvenu grâce à un programme de 40 000 lignes de code! Après quatre ans, les mathématiciens chargés de la valider finissent par la déclarer *"vérifiée à 99 %"*. **S&V n°1035**

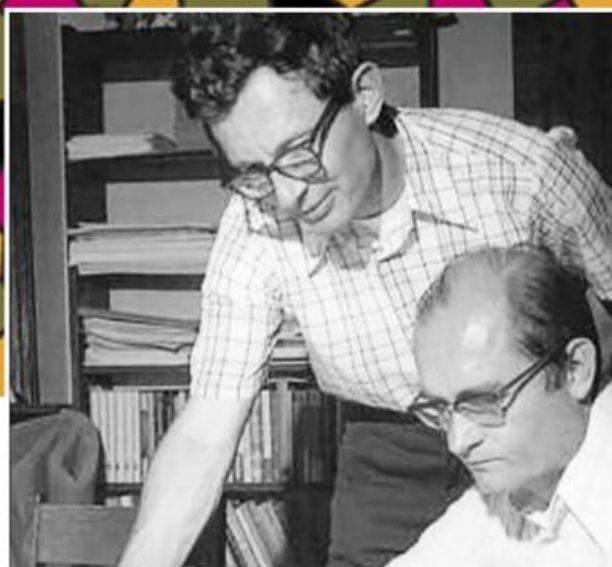
Conjecture de Kepler
Elle a été démontrée... ou presque





"A ce moment-là, personne dans la salle n'en comprenait davantage, si ce n'est qu'il lui fallait une journée entière de travail pour prouver qu'une seule configuration était réductible", confie Wolfgang Haken.

Le problème en reste donc là. Vingt ans plus tard, Haken, à l'université de l'Illinois, apprend que Heesch continue de chercher des configurations réductibles, à l'aide d'ordinateurs qui se révèlent l'un après l'autre



△ Kenneth Appel et Wolfgang Haken ont démontré, pour la première fois à l'aide d'un ordinateur, que 4 couleurs suffisent pour colorier une carte dans laquelle tous pays contigus ont des couleurs différentes.



2005 L'ORDINATEUR DEVIENT INCONTOURNABLE

La démonstration du théorème des quatre couleurs "résonne comme un accomplissement dans l'histoire des mathématiques commencée il y a plus de 2 500 ans [avec] l'ambition de créer des raisonnements parfaits et exempts de toute intuition". "Georges Gonthier et Benjamin Werner ont aujourd'hui sorti les mathématiciens de leur embarras" en la validant à l'aide du "regard infallible de leur 'assistant de preuve' Coq, un outil informatique développé depuis plus de vingt ans à l'Inria". **S&V n°1056**



→ l'autre insuffisamment puissants. "Heesch avait besoin de plus en plus de temps de calcul et on n'en voyait jamais la fin", évoque le vieux mathématicien; je me souviens de ce jour d'octobre 1968 où j'étais sur le point d'abandonner tout espoir dans le projet de Heesch, quand une idée très simple m'est venue."

UN PROGRAMME À CRÉER

D'abord, trouver "à la main" un "ensemble inévitable de configurations" (c'est-à-dire que toute carte concevable contienne au moins l'une de ces configurations) qui paraissent réductibles. Vérifier ensuite, par ordinateur, lesquelles le sont véritablement (c'est-à-dire coloriables avec quatre couleurs au plus). Puis remplacer celles qui ne le sont pas par d'autres, plus appropriées. Jusqu'à se retrouver avec un ensemble inévitable de configurations toutes réductibles.

Reste à trouver cet ensemble. Lors d'un séminaire organisé par un



△ Pour tester les 1 482 configurations réductibles nécessaires à la démonstration, l'ordinateur (un IBM 360) s'est révélé indispensable.

confrère, Kenneth Appel, Haken ne cache pas ses doutes: des experts lui ont assuré que les programmes informatiques dont il a besoin pour cela sont impossibles à écrire. "A ma grande surprise, Ken m'a immédiatement offert, après ma conférence, de réaliser lui-même ce travail sur ordinateur. Cela changeait tout...", se souvient-il.

Haken et Appel redoublent donc d'efforts. "Pour prouver qu'une configuration est réductible, on doit regarder l'ensemble des pays

voisins qui la ceinturent", explique Wolfgang Haken. Différents travaux ont démontré qu'il faut envisager un anneau de quatorze pays voisins. "Mais 14 voisins, cela représente 200 000 combinaisons différentes. Et pour certaines d'entre elles, il faut distinguer plus d'une centaine de cas. Or, nous avions besoin de prouver la réductibilité de plusieurs centaines de configurations à 14 voisins. Cela représentait au total des centaines de millions de cas différents à étudier", rappelle-t-il.

Coup de chance, "l'université avait installé, au printemps 1976, un nouvel ordinateur capable d'effectuer ce calcul en une heure seulement!", se réjouit Haken. Il faudra en tout 1 200 heures à ce calculateur pour tester 1 482 configurations réductibles... et démontrer, en juin 1976, le théorème.

Démontrer? Certains n'accepteront pas cette preuve par ordinateur interposée. Et si la machine avait fait une erreur? Alors que le travail de Haken et Appel fait débat, l'ordinateur trouve peu à peu sa place dans le monde mathématique.

En 2004, Georges Gonthier et Benjamin Werner ont formalisé cette démonstration en utilisant un logiciel de vérification qui certifie l'absence de toute erreur de programmation. L'ordinateur a donc, en somme, démontré... qu'il ne pouvait pas avoir fait d'erreur. Et que quatre couleurs, quoi qu'en pensent les puristes, suffisent bien. **E. Monnier** 


SCIENCE&VIE en parlait encore

2013 COQ ATTEINT LE NIVEAU DE LA MAÎTRISE

Nouveau succès pour l'équipe de Georges Gonthier: Coq permet de vérifier la résolution du "théorème de Feit-Thompson, dont la démonstration, longue et complexe, est l'un des résultats phares de l'algèbre du 20^{e} siècle [...]. Impossible, désormais, de la mettre en doute. L'exploit a été salué comme un jalon décisif dans les méthodes de vérification des preuves [et] présage une façon radicalement nouvelle de faire des mathématiques". **S&V n°1148** 



2013 LA THÉORIE DES TYPES REDÉFINIT LES MATHS

La théorie des types, "sur laquelle est fondé Coq", prend le relais de celle des ensembles. "Certains théorèmes ont pu être redémontrés de manière [...] purement logique, à partir de [cette] nouvelle expression de l'égalité". Elle permet "une formalisation logique directe de concepts importants qui peuvent être appliqués à de vastes champs des mathématiques". **S&V n°1153** 



à lire en intégralité dans **Les grandes archives** www.science-et-vie.com



Innovation
that excites

X-MEN APOCALYPSE

AU CINÉMA LE 18 MAI



X-MEN APOCALYPSE

**VIVEZ L'AVENTURE EN FAMILLE
AVEC LE NISSAN X-TRAIL.**

VENEZ L'ESSAYER EN CONCESSION
ET TENTEZ DE GAGNER DES PLACES POUR LE FILM⁽¹⁾.

nissan.fr/x-trail



© 2016 Twentieth Century Fox Film Corporation. All rights reserved. MARVEL © 2016



Innover autrement. ⁽¹⁾ Jeu organisé jusqu'au 10 juin 2016, chez les concessionnaires participants, modalités sur nissan.fr/xmen-jeu
Modèle présenté : Version spécifique. NISSAN WEST EUROPE : nissan.fr
Consommations gamme cycle mixte (l/100km) : 4,9 - 6,4. Émissions CO₂ (g/km) : 129 - 149.