SÉISME VIN OCÉAN CACHÉ ÉLECTRON LIDAR RECONNAISSANCE FACIALE
FORMULE 1 ÉLECTRIQUE LENTILLE INFRAROUGE CHAMPIGNON FUSÉE

SCIENCE & VIE

JUILLET 2014 N° 1162 MONDADORI FRANCE

NOUVELLE FORMULE

CAUCHEMARS ENFIN EXPLIQUÉS !

D'OÙ ILS VIENNENT
CE QU'ILS DISENT DE NOUS

+

ASPIRINE
ELLE SOIGNERAIT AUSSI LA DÉPRESSION

RISQUE SISMIQUE
SOUS-ÉVALUÉ EN FRANCE

PLANÈTE X
LE GRAND RETOUR DE L'ASTRE FANTÔME

RIZ DORÉ
UN OGM PAS COMME LES AUTRES

France métro : 4,20 € - D : 6,90 € - BEL : 4,70 € - ESP : 4,90 € - GR : 4,90 € - DOM surf : 4,90 € - DOM avion : 6,90 € - ITA : 4,90 € - LUX : 4,70 € - PORT CONT : 4,90 € - CAN : 6,50 $ CAN - MAR : 48 DH - TOM : S/ 750 CFP - TOM A : 1400 CFP - CH : 8,5 FS - TUN : 7,5 DTU

M 02578 - 1162 - F: 4,20 € - RD

VOITURE ÉLECTRIQUE FRANÇAISE

RENAULT ZOE

100 % ÉLECTRIQUE, 100 % CONNECTÉE

CHANGEONS DE VIE
CHANGEONS L'AUTOMOBILE

RENAULT

"Jusqu'où irais-tu pour mon goût unique ?"

SI BON QU'ON EN DEVIENDRAIT MECHANT.COM

Un cœur fondant aux noisettes,
une gaufrette croustillante, du bon chocolat.
Kinder Bueno: si bon qu'on en deviendrait méchant.

POUR VOTRE SANTÉ, MANGEZ AU MOINS CINQ FRUITS ET LÉGUMES PAR JOUR. WWW.MANGERBOUGER.FR

Avant-propos

SCIENCE & VIE

T. ROEPKE/CORBIS

Entre rêve et réalité

Cauchemars : mauvais rêves ?

Dans près d'un cas sur deux, c'est une agression physique. La plupart des dormeurs en réchappent en se réveillant, le souffle court, juste avant le moment crucial. Certains vont plus loin et se font poignarder pour de bon et meurent… dans leurs rêves. Les cauchemars sont des rêves qui tournent mal. Pourquoi ? Comment ? Longtemps muettes sur ces questions, les sciences expérimentales ont désormais identifié un certain nombre de zones cérébrales impliquées dans des mécanismes par lesquels nous tentons de digérer nos propres peurs. Sans toujours y parvenir… Notre dossier invite à un fascinant voyage sous nos crânes, là où sont tapies nos terreurs les plus profondes.

Riz doré : faux rêve ?

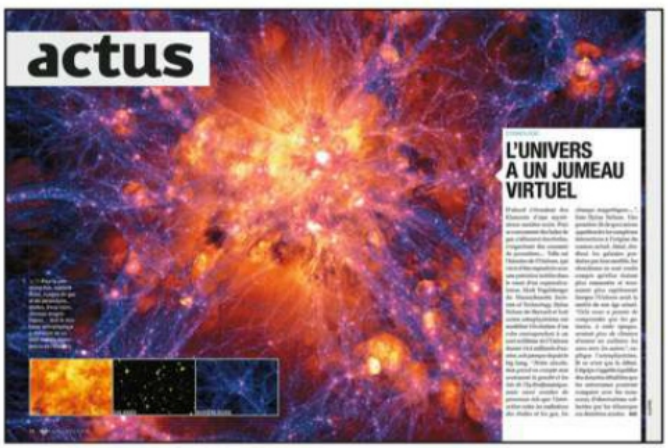
Qui de ceux qui veulent ou refusent de cultiver le riz doré mériteront à l'avenir d'être traités de criminels ? Cela fait des années que la polémique enfle. Peu relayée par les médias, la question devrait pourtant être mieux connue de tous. Le riz doré est un riz génétiquement modifié, un OGM, visant à apporter de la vitamine A aux populations qui en manquent. Est-il vraiment efficace pour combattre ces carences qui tuent, ou rendent aveugles, des centaines de milliers d'enfants chaque année ? Comporte-t-il des risques pour la santé humaine, ou pour l'environnement ? Notre ambition se borne à faire le point des connaissances sur ces questions, loin de tout esprit polémique. Compte tenu des très fortes tensions qui opposent partisans et détracteurs du riz doré, c'est une belle ambition…

Planète X : doux rêve ?

Alors elle existe ou elle n'existe pas cette planète cachée dans notre système solaire ? Cela fait bientôt deux siècles que l'on en parle, puis qu'on l'oublie, et que l'on en reparle… Sans jamais la voir. Voici qu'aujourd'hui de nouvelles observations viennent relancer l'hypothèse de son existence et précisent sa description : de deux à quinze fois plus massive que la Terre, elle graviterait au-delà de la ceinture de Kuiper, à l'extrême limite du système solaire. Peut-être…

Sommaire

Juillet 2014 **N° 1162**



SCIENCE VIE 8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : sumons@mondadori.fr Recevez Science & Vie chez vous. **Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 101.** Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur www.kiosquemag.com.
Un encart abonnement est joint sur les exemplaires de la vente au numéro : diffusion France métropolitaine. Un encart abonnement est joint sur les exemplaires de la vente au numéro : diffusion Suisse et Belgique.

Deux encarts, "Boutique S&V Astrolabe" et "EDF" sont joints en 4e de couverture sur la totalité des abonnements France. Deux encarts, "La Recherche" et "Valeurs Actuelles" sont joints en 4e de couverture sur une partie de la diffusion des abonnements France.

8 **Forum**

Actus

14 **Labos**
L'Univers a un jumeau virtuel ; Un cimetière de dinosaures géants a été exhumé ; L'hérédité ne passe pas que par les gènes…

24 **Environnement**
Les cyclones sont de moins en moins tropicaux…

30 **Médecine**
L'exposition aux nanoparticules se lit sur la peau ; Le sang jeune revigorerait le cerveau…

34 **Technos**
Du plastique se régénère comme les lézards ; Il y a une faille dans la carte à puce…

Science & société

38 **Polémique autour du riz doré**
Questions sur un OGM pas comme les autres

44 **Après les deux séismes qui ont secoué la France en avril**
Un séisme destructeur n'est pas à exclure sur notre territoire

46 **23 élèves intoxiqués aux pesticides en Gironde**
L'épandage dans les vignes n'est pas près de diminuer

48 **Après l'annonce des Russes d'abandonner l'ISS**
La difficile relève des vols spatiaux habités

A la Une

52 **LA SCIENCE DES CAUCHEMARS**
– Le nouveau modèle de référence

60 **Ce qu'ils disent de nous**
– De quoi cauchemarde-t-on ?
– Tout le monde en fait-il ?
– Qu'est-ce qui les déclenche ?
– Pourquoi certains sont récurrents ?

64 **Il est possible d'en guérir**

COUVERTURE: T. ROEPKE/CORBIS

Science & découvertes

70 Géochimie
Un océan sous la terre : voici la première preuve matérielle

73 Physique des particules
L'électron est hélas trop parfait

76 Archéologie
Alésia, Stonehenge, Angkor : la révolution lidar

84 Astronomie
Système solaire : le grand retour de la planète X

Science & techniques

90 Dépression, schizophrénie…
Et si la solution était l'aspirine ?

94 Reconnaissance faciale
Le triomphe de l'intelligence artificielle

102 Automobile
La formule 1 électrique est née

106 Lentilles infrarouges
Voir la nuit comme en plein jour

Science & futur

110 Le projet de centrale solaire spatiale prend forme ; Un premier avion électrique bientôt produit en série ; Abu Dhabi va faire naître une oasis sous terre ; Un nouveau procédé va révolutionner les éoliennes offshore ; Des amphores géantes vont piéger l'eau du Sahel…

Culture science

118 **Bon à savoir**
120 **Questions/Réponses**
126 **A lire / à voir**
129 **Le ciel du mois**
130 **Technofolies**
134 **Il y a…** 100 ans : Robert Goddard dépose le premier brevet de fusée

Forum

Croire en la pleine lune?

Vous détaillez une expérience qui montre que la pleine lune perturbe le sommeil (*S&V* n° 1153, p. 94). Sur ce coup, votre magazine encourage la croyance au mieux naïve, au pire obscurantiste en un pouvoir farfelu… Votre étude a-t-elle été publiée dans une revue à comité de lecture? Elle comporte des biais qui ôtent toute valeur au résultat. Il n'est pas impossible, en effet, qu'une croyance en l'influence de la Lune puisse agir sur les sujets au point d'en perturber le sommeil. Il aurait fallu que les sujets et les expérimentateurs ignorent si la Lune est pleine ou non… Et pour parler de découverte scientifique, il faudrait trouver une explication à cet effet. Comment donc la pleine lune pourrait-elle agir sur un organisme ?

G. Dussarrat, Castelnau-le-Lez (34)

S&V Nous avons eu la même réflexion! Comment la Lune, ce petit caillou qui gravite si loin, pourrait-elle troubler notre sommeil? Sauf que nous avons dû nous rendre à l'évidence. L'étude à laquelle nous faisons référence a été publiée dans une revue à comité de lecture (*Current Biology*, voir sur notre site). Et elle est prise au sérieux par les spécialistes parce qu'elle a été réalisée en double aveugle: ni les participants, ni les expérimentateurs ne savaient que les tests porteraient sur la Lune. Enfin, vous avez raison, aucune explication de cette corrélation n'a encore été validée. Une hypothèse est jugée crédible: la lumière de la Lune aurait influencé l'horloge biologique de nos ancêtres, et nous aurions hérité de ce cycle "circalunaire" ancestral. Mais cela reste encore à prouver.

> "Des propriétés diaboliques", "le diable du réchauffement"… Vos articles sont basés sur l'hypothèse de la non-existence de Dieu, et donc du diable. Pourquoi faire référence si fréquemment à ce qui n'existe pas ?
>
> **Théophile Hammann,** *Rixheim (68)*

Les moustiques vibrent à l'unisson, oui mais…

Lecteur de *Science & Vie* depuis plus de cinquante ans, je vous écris à propos de l'article "Pourquoi les moustiques font-ils autant de bruit?" (n° 1161, p. 123). Article au demeurant fort bien rédigé. A une broutille près. Vous expliquez que les ailes du mâle vibrent à 700 Hz, ce qui donne un son "assez sourd", quand la femelle, avec 480 Hz, donne "un son plus aigu". C'est le contraire. Si les moustiques réussissent à vibrer à l'unisson, je trouve cela piquant. Mais ce serait plus musical et peut être moins douloureux si vous accordiez vos violons. *Ronan Ferragu, Saint-Malo (35)*

"Pas de révolution verte avec du charbon !"

J'étais stupéfait de découvrir dans votre précédente édition que l'électricité était de plus en plus massivement produite par l'exploitation du charbon (voir *S&V* n° 1161, p. 22). En particulier dans de grands pays comme les Etats-Unis, la Chine et l'Inde. Moi qui pensais que la révolution électrique était une révolution "verte"… Comment peut-on soutenir que les voitures électriques pourront contribuer à enrayer les effets néfastes de l'effet de serre si, *in fine*, la grande majorité d'entre elles roulent grâce au charbon ?

Lionel Robert, Haute-Goulaine (44)

Le nucléaire, ça chauffe

Dans un article de votre numéro de juin ("Centrales nucléaires, Et si elles nous fournissaient l'eau chaude ?" *S&V*, n°1161, p. 92) vous décrivez longuement la ressource inexploitée que constitue selon vous la chaleur perdue par les centrales nucléaires. Mais vous oubliez de relever un détail important : le chauffage urbain est coupé en été ! La cogénération a ses limites…

Hugues Stoeckel, Internet

S&V Votre remarque est très juste. En effet, exploiter l'énergie thermique perdue par nos centrales nucléaires, au prix de délicates modifications, peut paraître un peu vain si cette chaleur n'est essentiellement consommée qu'en hiver. Cependant, les thermiciens avancent une réponse : il suffirait de stocker la chaleur produite en été, pour l'utiliser ensuite massivement aux premiers frimas. Comme l'explique Frédéric Kuznik, du Centre thermique de Lyon, *"il est possible de la stocker dans de grands réservoirs d'eau comme le font les Allemands, ou dans la roche, et même plus récemment par la voie de réactions chimiques réversibles."*

On en reparle

BICEP2 N'ÉTAIT PAS AUSSI COSTAUD QU'IL LE PRÉTENDAIT

En mai dernier (*S&V* n° 1060, p. 70), nous vous annoncions l'observation par la collaboration BICEP2 de la trace laissée par l'Univers sur le ciel au moment de sa naissance. Un résultat historique salué comme il se doit par les spécialistes du monde entier. Las, deux mois plus tard, la petite communauté des cosmologistes s'interroge : et si BICEP2 n'avait fait que révéler l'émission lumineuse de la poussière de notre galaxie ? Personne ne nie la prouesse instrumentale réalisée par l'équipe américaine qui a produit une carte très détaillée de la partie du ciel observée. C'est l'interprétation qui en a été donnée qui est désormais sujette à caution. En particulier, la conclusion de BICEP2 se fonde sur un nettoyage des données brutes, à partir d'une carte réalisée par le satellite *Planck* qui aurait été mal interprétée.

Mi-mai, la position officielle de BICEP2 était au mutisme. Mais plusieurs spécialistes extérieurs nous ont fait état de tensions au sein de la collaboration quant au message à porter. La communauté attend maintenant la publication des résultats de *Planck* et d'autres expériences au sol, probablement avant fin 2014, pour conclure. Si le signal cosmologique perdure, quoique d'intensité plus faible, il est probable que BICEP2 sera pardonnée de l'assurance dont elle a fait preuve lors de l'annonce de ses résultats. Dans le cas inverse, cette dernière restera comme un retentissant fiasco. **M.G.**

On en reparle

médecine

CLONAGE THÉRAPEUTIQUE

L'EXPLOIT QUE L'ON N'ATTENDAIT PLUS

REPÈRES

ET LE CLONAGE REPRODUCTIF ?

LE CLONAGE HUMAIN REVIENT POURTANT DANS LA COURSE

Science & Vie le prédisait il y a quinze ans (voir *S&V* n° 956), et l'exploit était réalisé l'année dernière (voir *S&V* n° 1150) : le clonage de cellules humaines est dorénavant possible. Mais jusqu'à présent, des doutes persistaient sur l'avenir de cette technique qui promet de fabriquer des cellules souches embryonnaires capables de réparer les organes. Car un tel transfert d'ADN d'une cellule adulte vers un ovocyte vidé de son génome présente deux problèmes. Premièrement, cette technique nécessite la création d'embryons uniquement dans le but d'en récupérer les cellules pour la médecine. Deuxièmement, elle peut théoriquement être détournée pour faire naître des êtres humains clonés. Le clonage est donc interdit dans de nombreux pays, dont la France. Et ce, alors que depuis 2007, une technique alternative de reprogrammation des cellules adultes en cellules souches, est autorisée partout. On pouvait donc penser que, malgré l'exploit de l'année dernière, les chercheurs abandonneraient la piste du clonage. Il n'en est rien. Deux laboratoires viennent à nouveau de cloner des cellules humaines, et des dizaines d'autres se sont lancés dans l'étude de cellules clonées. Une véritable course démarre donc entre cellules reprogrammées et clonées, pour déterminer celles qui seront les plus efficaces sur le plan thérapeutique. Réponse dans quelques années. **E.A.**

Un petit calcul mental avant de rouler moins vite...

Je ne comprends pas le raisonnement qui consiste à abaisser la vitesse en ville à 30 km/h, sous prétexte de réduire la pollution atmosphérique. Un petit calcul mental s'impose : si je passe par exemple de 60 km/h à 30 km/h, je vais donc logiquement parcourir en une heure une distance deux fois moindre. Pour atteindre la même distance, il nous faudra donc deux fois plus de temps ! Or, je doute que la consommation instantanée à cette vitesse soit réduite de plus de la moitié. La pollution augmentera. CQFD.

A. Durantin, Internet

S&V L'argument que vous proposez est souvent repris par les opposants à l'abaissement des limites de vitesse. Un argument que nous n'avions pas examiné dans notre article du numéro de janvier 2014 (“La science vote pour limiter la vitesse”, p. 88) qui traitait essentiellement de sécurité routière. Mais discutons-en ! Une première remarque, pour dissiper tout malentendu : la consommation affichée sur le tableau de bord des véhicules n'indique pas une valeur instantanée brute, mais une consommation estimée pour 100 km de parcours (4 litres/100 km par exemple). Le facteur distance est donc bien pris en compte. Et de fait, de nombreuses études concluent à une baisse significative de consommation de carburant – et donc d'émissions de CO_2, de particules et d'oxydes d'azote – lorsque la vitesse descend. Grosso modo, retenez que passer de 100 km/h à 80 km/h permet d'économiser environ 15 % de carburant. Encore faut-il préciser que ce gain s'effrite considérablement aux plus basses vitesses, comme le démontrait en 2011 une étude belge parue dans la revue *Transport Policy*… Ce que vous pressentiez. L'explication tient au régime moteur et à d'autres raisons mécaniques. Au vrai, le passage spécifique de 50 à 30 km/h présente surtout des effets bénéfiques pour la sécurité des piétons.

La boutique SCIENCE&VIE
Plus de 400
Livres
Objets scientifiques
Idées cadeaux
www.laboutiquescienceetvie.com

Réservez-vite un essai en appelant au 0 811 022 702
(Coût d'un appel local depuis un poste fixe, hors coût opérateur).

Ford
Go Further

*Selon téléphones compatibles, voir Ford.fr Consommations mixtes : 4,6/6,3 l/100 km. Rejets de CO_2 : 120/149 g/km.
Ford France, 34, rue de la Croix de Fer, 78122 St-Germain-en-Laye Cedex. SIREN 425 127 362 RCS Versailles.

Ford.fr

Retrouvez Ford France sur

Forum

Vous savez qu'il y a eu fraude ?

Dans votre numéro d'avril, vous abordez (avec prudence, certes) les travaux d'une biologiste japonaise sur un bain de solution acide censé générer un stress durant lequel les cellules adultes se transforment en cellules pluripotentes. Depuis, de grands spécialistes n'ont pas réussi à reproduire ses expériences. Une commission d'enquête parle de fraude. J'attendais un démenti de votre revue que je lis depuis trente ans.

Jean-Michel Prevet, La Réunion

S&V Lors de notre enquête, en février, les scientifiques interviewés étaient partagés entre l'enthousiasme pour une piste très prometteuse… et une bonne dose de prudence, tant que ces résultats n'avaient pu être reproduits dans un autre laboratoire indépendant. Depuis les révélations très sévères du rapport interne de l'Institut Riken en mai dernier, la chercheuse a accepté de se rétracter pour l'un des deux articles qu'elle a signé, celui concernant l'obtention de

AVANT-PREMIÈRE

CELLULES SOUCHES

Elle aurait trouvé le bain de jouvence universel

cellules du placenta. Mais, elle soutient que l'autre est valable. Evidemment, le scepticisme des chercheurs que nous avons de nouveau interrogés s'est très nettement renforcé. Mais il est encore tôt pour parler d'une totale supercherie. Il est possible que des équipes soient déjà parvenues à reproduire, au moins en partie, les résultats de la chercheuse japonaise – il faut beaucoup plus de temps pour analyser les cellules obtenues. Cependant, et même si une équipe réussit à reproduire l'expérience, la méthode japonaise pour obtenir des cellules pluripotentes n'aurait rien de la simplicité espérée.

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 Bouillier (édition),
François Lassagne

DIRECTRICE ARTISTIQUE
Yvonne Diraison

CHEF DE SERVICE
Valérie Greffoz (actualités),
Caroline Tourbe (médecine)

CHEF DE RUBRIQUE
Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS
Elsa Abdoun, Boris Bellanger,
Mathilde Fontez, Vincent Nouyrigat,
Emilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE RÉDACTION
Jean-Luc Glock

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION
Anne Riera, Clara Baudel

MAQUETTISTES
Valérie Samuel-Charrier (1re maquettiste),
Elisabeth de Garrigues

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE
Anne Levy (chef de service photo),
Isabelle Henneron ; Emmanuel Jullien
(chef de service infographie)

DOCUMENTATION
Marie-Anne Guffroy

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO
S. Aquindo, V. Barbier, K. Bettayeb,
L. Blancard, B. Bourgeois, L. Bouyssou,
S. Brunier, F. Canu, J. Cassagne, G. Cirade,
O. Capronnier, A. Dagan, A. Debroise,
S. Devos, O. Donnars, V. Etienne, S. Fay,
D. Florentz, C. Gérard, L. Gougis, F. Gracci,
M. Grousson, E. Haentjens, C. Hancok,
D. Humbert, R. Ikonicoff, J. Jongwane,
M. Kergoat, M. Kontente, E. Ledolley,
P. Lefevre, C. Lembezat, E. Leroy-Terquem,
M. Martin, E. Monnier, A. Rambaud,
B. Robert, M. Saemann, G. Siméon,
M. Spée, S. Tesson, E. Thierry-Aymé

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE
Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ
Vincent Cousin

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

MARKETING
Sandra Boixel (responsable marketing),
Michèle Guillet (chargée de promotion),
Nathalie Carrère (abonnements)

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 Benezech, Grégory Gounse, Anne-Sophie Chauvière (opérations spéciales)

Grande-Bretagne : Publieurope LTD
(infolondon@publieurope.com –
44 (0)20 7927 9800) ;
Allemagne : Publieurope Munich
(infomunich@publieurope.com
0049 89 2908150) ;
Suisse : Publieurope Lausanne
(infolausanne@publieurope.com
0041 21 323 3110) ;
Espagne : Publimedia Madrid
(infomadrid@publim-gestion.es
0034 91 212 83 00)

FABRICATION
Gérard-Laurent Greck, Marie-Hélène Michon

FINANCE MANAGER
Guillaume Zaneskis

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL
Mathilde Janier-Bonnichon,
Murielle Luche

EDITEUR 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

Nº DE COMMISSION PARITAIRE :
1015 K 79977. Tarif d'abonnement légal :
1 an, 12 numéros : 42,80 € ;
1 an, 12 numéros + 4 HS : 52,80 €.
Dépôt légal juillet 2014

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS
Par téléphone : 01 46 48 48 96
Par courrier :
SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE
CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9
Par Internet (taper directement dans votre navigateur) : abo.scienceetvie.fr
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 VPC
Tel : 01 46 48 48 83
Contact@laboutiquescienceetvie.com

OJD PRESSE PAYANTE Diffusion Certifiée 2012 www.ojd.com

volkswagen.fr

Nouvelle Golf Sportsvan.

Parents, mais pas seulement.

Vous êtes des parents, oui, mais vous êtes aussi bien plus. Cédez au plaisir de conduire une voiture au design sportif, équipée des dernières technologies comme le détecteur de fatigue, le régulateur de vitesse adaptatif ACC* ou le détecteur d'angle mort Blind Spot Detection*. La Nouvelle Golf Sportsvan réussit à allier des lignes fluides et dynamiques à une modularité et à un confort sans faille. Avec son coffre de 500 à 1 520 litres, sa banquette arrière coulissante et son grand toit ouvrant panoramique*, la Nouvelle Golf Sportsvan n'a que des bons côtés pour les parents… mais pas seulement.

Das Auto.

Volkswagen recommande **Castrol EDGE Professional**

Volkswagen Group France - s.a. - R.C.S. Soissons B 602 025 538

*En option selon modèle et finition. **Modèle présenté :** Nouvelle Golf Sportsvan Carat 2.0 TDI 150 BVM6 avec options Pack 'DriveAssist II', pack 'Techno', jantes 18" 'Marseille' et peinture métallisée. **Das Auto. : La Voiture.**

Cycle mixte (l/100 km) : 4,4. Rejets de CO_2 (g/km) : 115.

Professionnels, découvrez la version Business de ce véhicule sur www.volkswagen.fr/entreprises

actus

V> Pour la première fois, matière noire, nuages de gaz et de poussières, étoiles, trous noirs, champs magnétiques… tout le bestiaire astrophysique a été réuni en un seul modèle hyperprécis de l'Univers.

COSMOLOGIE

L'UNIVERS A UN JUMEAU VIRTUEL

D'abord s'étendent des filaments d'une mystérieuse matière noire. Puis se concentrent des halos de gaz, s'allument des étoiles, s'organisent des courants de poussières… Telle est l'histoire de l'Univers, qui vient d'être reproduite avec une précision inédite dans le cœur d'un supercalculateur. Mark Vogelsberger du Massachusetts Institute of Technology, Dylan Nelson de Harvard et huit autres astrophysiciens ont modélisé l'évolution d'un cube correspondant à un cent millième de l'Univers durant 13,5 milliards d'années, soit presque depuis le big bang. *"Notre simulation prend en compte non seulement la gravité et les lois de l'hydrodynamique, mais aussi nombre de processus tels que l'interaction entre les radiations des étoiles et les gaz, les champs magnétiques…"*, liste Dylan Nelson. Une première. Et de quoi mieux appréhender les complexes interactions à l'origine du cosmos actuel. Ainsi, étudiant les galaxies produites par leur modèle, les chercheurs se sont rendu compte qu'elles étaient plus ramassées et tournaient plus rapidement lorsque l'Univers avait la moitié de son âge actuel. *"Cela nous a permis de comprendre que les galaxies, à cette époque, avaient plus de chances d'entrer en collision les unes avec les autres"*, explique l'astrophysicien. Et ce n'est que le début. L'équipe s'apprête à publier des données détaillées que les astronomes pourront comparer avec les monceaux d'observations collectées par les télescopes ces dernières années. **M.F.**

ILLUSTRIS

PALÉONTOLOGIE

UN CIMETIÈRE DE DINOSAURES GÉANTS A ÉTÉ EXHUMÉ

Dans le sud de l'Argentine, à 260 kilomètres de la ville de Trelew, une équipe de paléontologues a mis au jour les fossiles des plus grands dinosaures jamais trouvés. *"Les os excavés – plus d'une centaine à ce jour – sont ceux de sept adultes appartenant tous à la même espèce de géants. Rien que leurs fémurs mesurent entre 2,20 et 2,40 mètres"*, raconte José Luis Carballido, l'un des paléontologues du musée Egidio Feruglio en charge des fouilles. De leur tête jusqu'au bout de leur queue, ces dinosaures devaient mesurer 40 mètres – 20 mètres au garrot – et peser 77 tonnes, soit le poids de 14 éléphants adultes. Herbivores, comme tous les dinosaures de la famille des sauropodes à laquelle ils appartiennent, ces géants vivaient dans les forêts de Patagonie il y a 95 à 100 millions d'années. *"Sur le site, nous avons également découvert de nombreux fossiles de plantes grâce auxquels nous espérons pouvoir reconstituer l'écosystème complet, et ainsi comprendre les spécificités de cet environnement qui a accueilli de si gigantesques animaux"*, explique José Luis Carballido. Le précédent détenteur du record de plus gros dinosaure, le sauropode *Argentinosaurus* (entre 30 et 35 mètres selon les estimations, pour 73 tonnes), avait lui aussi été découvert en Patagonie. **C.H.**

10^{12}

Mille milliards: c'est le nombre d'odeurs que le nez humain réussit à différencier. Une équipe de l'université Rockefeller, à New York, a fait renifler à des volontaires 260 mélanges composés de 10 à 30 senteurs différentes. En extrapolant, ils sont arrivés à ce chiffre phénoménal, bien plus grand que les 10 000 senteurs que l'on croyait, depuis 1927, être la limite de notre odorat. O.D.

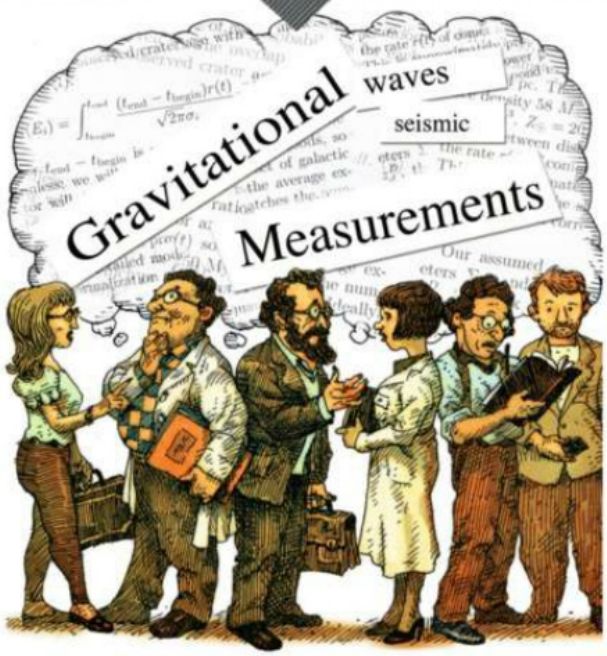
ENTOMOLOGIE

Chez ces insectes, c'est la femelle qui porte le pénis

Un cas inédit vient d'être rapporté par une équipe internationale: chez quatre espèces d'insectes cavernicoles du genre *Neotroglа* vivant au Brésil, les organes génitaux sont inversés. La femelle est dotée d'un organe pénétrant, le gynosome, qu'elle insère dans la chambre génitale du mâle. Là, l'organe gonfle et libère des épines qui attachent les deux partenaires pendant quarante à soixante-dix heures! Avec ce mode de copulation, la femelle reçoit non seulement les spermatozoïdes, mais aussi des capsules nutritives. **M.S.**

< Les os excavés en Argentine font entrevoir des sauropodes de 40 m et 77 tonnes.

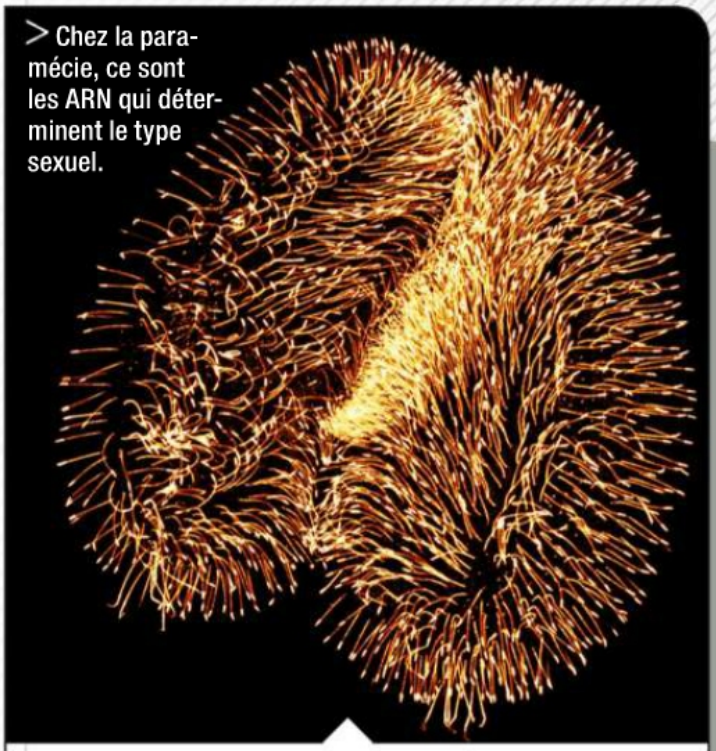
V La femelle *Neotrogla aurora* présente un gynosome qui s'ancre dans le corps du mâle.



Des déformations de l'espace-temps font-elles trembler la Terre ?

Les plus violents événements cosmiques seraient la cause de séismes ici-bas ? La théorie semble venir tout droit du Moyen Age ou de quelque site Internet ésotérique. Elle est pourtant au cœur des travaux de deux physiciens américains, Michael Coughlin et Jan Harms, lancés sur les traces des ondes gravitationnelles, ces imperceptibles déformations de l'espace-temps qui se propagent dans le cosmos à la suite d'accélérations fulgurantes de masses gigantesques (trous noirs, étoiles à neutrons…). L'effet de ces vaguelettes spatio-temporelles n'a jamais pu être directement ressenti. Mais un espoir demeure : en frappant la surface de la Terre, ces ondes pourraient faire vibrer notre planète ! L'hypothèse n'est pas totalement nouvelle puisqu'en 1968, le théoricien anglais Freeman Dyson proposait déjà de détecter les pulsars (des étoiles à neutrons) en suivant les séismes. Sans qu'aucun résultat probant n'ait été observé depuis. *"Ces vibrations terrestres d'origine cosmique seraient très faibles"*, reconnaît Jan Harms. Sauf que, poursuit le jeune chercheur, *"il existe désormais un très vaste réseau de sismomètres sur Terre, ce qui nous a permis d'affiner nos observations. Et nos derniers résultats nous rendent très optimistes"*. Un nouvel espoir de mettre enfin la main sur ces ondes gravitationnelles… qu'il restera à transformer en données tangibles. **V.N.**

DR - CURRENT BIOLOGY YOSHIZAWA ET AL. - S. AQUINDO



> Chez la paramécie, ce sont les ARN qui déterminent le type sexuel.

ANNE AUBUSSON-FLEURY/CENTRE GÉNÉTIQUE MOLÉCULAIRE - L.LAWRY/SPL/COSMOS

BIOLOGIE CELLULAIRE

L'HÉRÉDITÉ NE PASSE PAS QUE PAR LES GÈNES

Les paramécies, des organismes unicellulaires, réservent bien des surprises. Comment expliquer que deux d'entre elles, de type sexuel opposé – un caractère qui dépend de l'expression d'un gène – soient impossibles à distinguer par leur patrimoine génétique ? Simplement parce que le type sexuel n'est pas déterminé par le génome… mais par de petites séquences d'ARN, des molécules situées dans le cytoplasme (le contenu de la cellule). Une forme d'hérédité hors du commun révélée par l'équipe d'Eric Meyer (ENS Paris). La paramécie dispose en effet d'une copie fonctionnelle de son génome, dans laquelle les séquences parasites sont éliminées par les ARN. Et justement, certaines paramécies n'expriment pas leur gène du type sexuel car il est traité comme un élément parasite. Ce sont donc bien les ARN qui déterminent le type sexuel, en choisissant d'exprimer ou non ce gène. *"Ce mécanisme touche* a priori *n'importe quel gène*, précise Eric Meyer. *Ce qui permet à la paramécie de s'adapter vite à son environnement et de transmettre ces ajustements à ses descendants, sans toucher à son patrimoine génétique."* **E.H.**

en bref

UN OISEAU ESCROC CRIE AU LOUP…

Dans le désert du Kalahari (Afrique du Sud), le drongo sait imiter les cris poussés par une cinquantaine d'autres espèces à l'approche d'un prédateur. En lançant l'alerte, il les fait fuir et peut alors voler leur nourriture ! **L.Bo.**

… ET UN AUTRE UTILISE UN MOT DE PASSE

Le mérion superbe chante pendant la couvaison pour apprendre à sa progéniture un mot de passe vocal. Ainsi pourra-t-il distinguer, à la naissance, ses petits des oisillons parasites, déposés dans le nid pour profiter des repas. **G.S.**

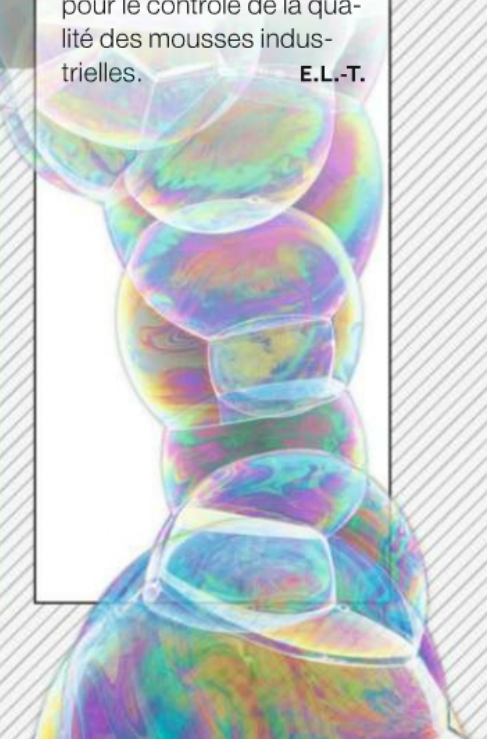
LA FIN DES MAMMOUTHS, UNE HISTOIRE DE CERVICALE ?

Des paléontologues ont trouvé une piste d'explication étonnante à l'extinction des mammouths : la consanguinité. Sur 16 animaux étudiés, un tiers avait une côte cervicale de trop, une anomalie congénitale connue. **O.D.**

PHYSIQUE DES MATÉRIAUX

Les bulles de savon arrêtent les ultrasons

De simples bulles de savon peuvent bloquer la propagation des ultrasons (plus de 20 kHz). D'après des chercheurs français, cette propriété est liée à la fréquence des ondes sonores : à basse fréquence (de 60 à 100 kHz), les ultrasons sont ralentis lorsqu'ils passent dans la mousse de savon ; à haute fréquence (entre 300 et 600 kHz), ils la traversent plus rapidement ; enfin, dans une gamme intermédiaire (de 100 à 300 kHz), ils restent piégés. L'explication ? Les bulles entrent alors en résonance, et leur surface se déplace dans le sens opposé à celui du son. Ces résultats ouvrent la voie à la conception de nouveaux matériaux d'isolation phonique et de sondes acoustiques pour le contrôle de la qualité des mousses industrielles. **E.L.-T.**



HONDA
The Power of Dreams*

CB650F
LE ROADSTER 4 CYLINDRES par HONDA

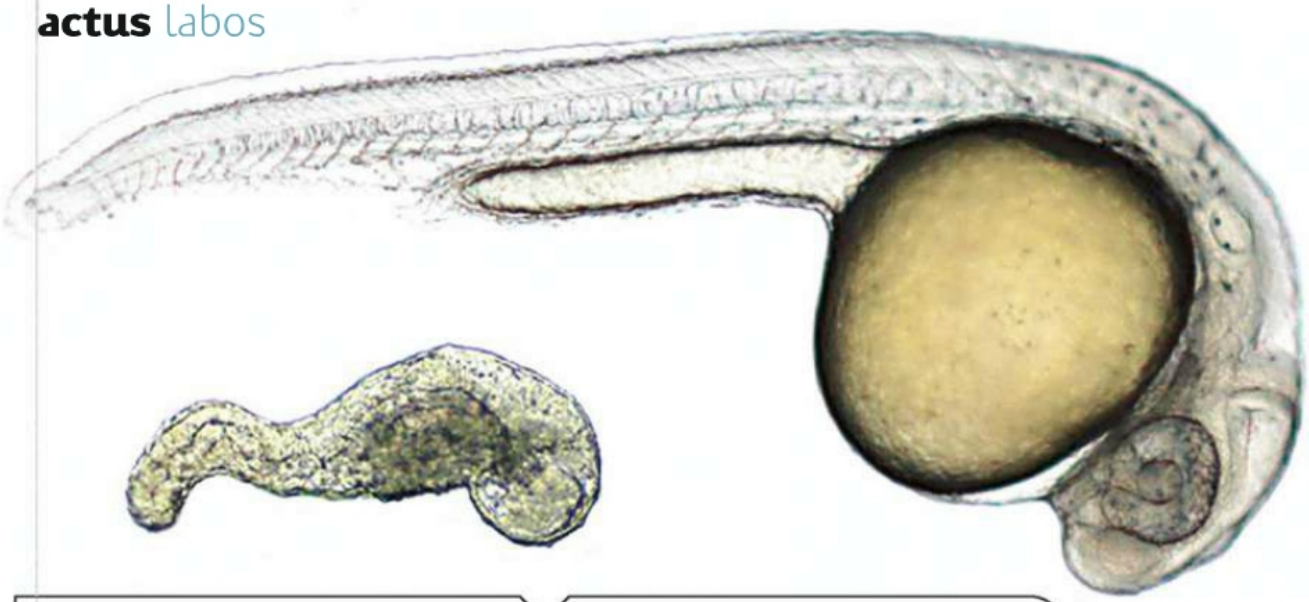
*Donnez vie à vos rêves.

HONDA

CB650F

Un moteur coupleux et dynamique, une prise en main précise et agile, une finition remarquablement soignée : tout le savoir-faire Honda se trouve dans le nouveau CB650F.

2 ANS HONDA ASSURANCE MOTUL moto.honda.fr



L'embryon de poisson créé (à g.) est plus petit qu'un embryon naturel (à dr.)… mais son cœur bat et ses muscles se contractent !

BIOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT

UN EMBRYON S'EST FORMÉ À PARTIR DE CELLULES SOUCHES

Quelques cellules embryonnaires totipotentes (capables de se transformer en tout type de cellule) et deux molécules : il n'en fallait pas plus pour fabriquer un embryon complet de poisson zèbre. Un résultat surprenant, même pour ces biologistes de l'université de Virginie (Etats-Unis), qui travaillent depuis des années sur le développement embryonnaire à partir de ce modèle animal. *"Dans la littérature scientifique, des centaines de facteurs chimiques sont décrites comme indispensables à la formation précoce de l'embryon*, analyse Christine Thisse, qui a dirigé l'étude. *Or, nous avons découvert que seuls deux suffisent !"* Les chercheurs ont prélevé, sur un très jeune embryon, une masse de 150 à 200 cellules souches, dans laquelle ils ont injecté deux sortes de molécules, responsables du développement des structures selon les axes dos-ventre et tête-queue. Après vingt-quatre heures dans un milieu de culture, la sphère de cellules était devenue un embryon avec des yeux, un cœur qui bat, des muscles qui se contractent… En utilisant une approche similaire, les biologistes espèrent maintenant diriger le devenir de ces mêmes cellules embryonnaires afin de former, par exemple, des cellules de cœur ou de foie et de pouvoir, un jour, régénérer ces organes. **V.E.**

GÉNÉTIQUE

Procrastiner, c'est inscrit en nous

La tendance à tout remettre au lendemain serait en partie génétique, d'après l'étude de Daniel Gustavson (université du Colorado), menée sur plus de 650 vrais et faux jumeaux. *"Plusieurs gènes sont liés à la fois à la procrastination et à l'impulsivité"*, atteste le chercheur. Ce dernier trait de caractère bénéficiait probablement à nos ancêtres, en les poussant à agir vite dans un monde incertain, et serait resté dans nos gènes. Sauf qu'il favorise les buts immédiats… aux dépens des objectifs à long terme, repoussés à plus tard. **B.Ro.**

PHYSIOLOGIE ANIMALE

La pieuvre ne peut pas s'emmêler les bras

Comment font les poulpes, dotés de huit longs tentacules, pour ne jamais finir en boule de nœuds ? Le secret réside dans la composition de leur peau, répondent des chercheurs israéliens. Elle empêcherait leurs ventouses de s'accrocher à leurs propres bras… ou à ceux de n'importe quelle autre pieuvre, probablement en libérant une substance chimique. B.Ro.

UNIVERSITY OF VIRGINIA - FOTOLIA

L'OR ESPRESSO

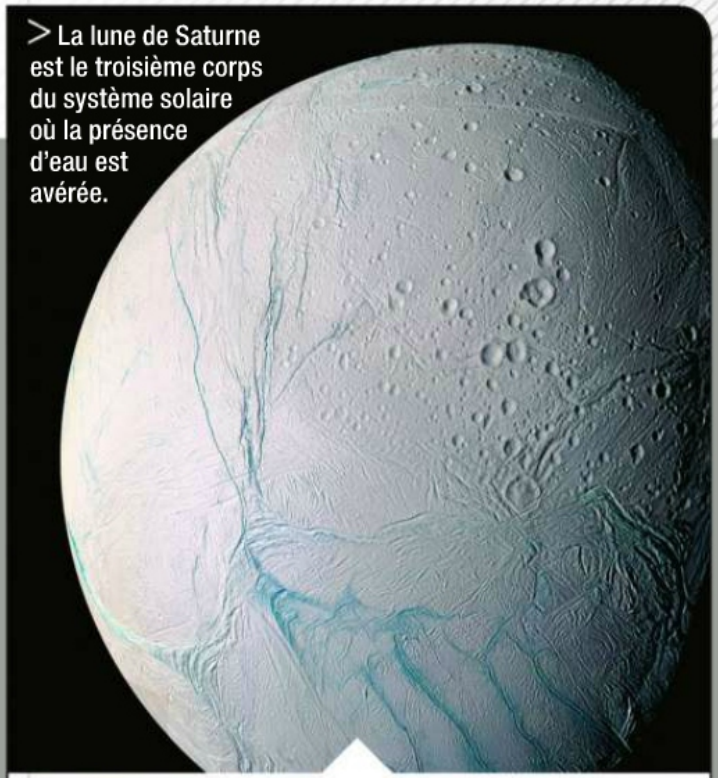
PURES ORIGINES
KENYA

EMMENEZ VOS SENS EN VOYAGE

Capsules compatibles avec les machines à café Nespresso®*.

*Marque appartenant à un tiers n'ayant aucun lien avec D.E MASTER BLENDERS 1753.

Maison du Café France SNC - RCS Paris 383 885 746



> La lune de Saturne est le troisième corps du système solaire où la présence d'eau est avérée.

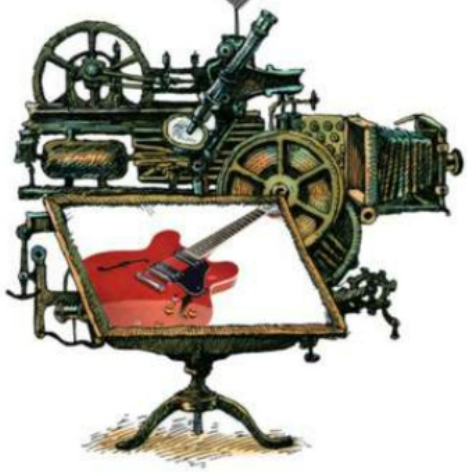
NASA/JPL-CALTECH - S.AQUINDO - FOTOLIA

PLANÉTOLOGIE

IL Y A BIEN UNE MER SUR ENCELADE

"Nous mesurons une anomalie du champ gravitationnel près du pôle Sud." Derrière cette phrase laconique se cache le fin mot de l'histoire de la petite lune de Saturne. En mesurant les infimes variations de la vitesse de leur sonde lors de trois survols d'Encelade, entre 2010 et 2012, les membres de la mission Cassini ont enfin pu détecter la présence d'une mer souterraine, dont l'existence n'était jusqu'ici que soupçonnée. Elle s'étendrait à une trentaine de kilomètres sous la croûte glacée. *"Dans cette région, nous avons repéré un surplus de masse*, explique David Stevenson, du California Institute of Technology (Etats-Unis). *Cela signifie qu'il y a en profondeur un matériau plus dense que la glace… ce qui ne peut être que de l'eau liquide!"* Trop peu étendu pour être qualifié d'océan, le réservoir aurait tout de même une profondeur de 10 km. Une mer, donc, qui pourrait s'infiltrer dans des fractures de la banquise enceladienne jusqu'à remonter à la surface : de quoi expliquer les gigantesques geysers observés depuis 2005. La Terre, Europe (l'une des lunes de Jupiter) et, enfin, Encelade : dans le système solaire, les corps abritant le solvant miracle, indispensable à l'apparition de la vie, sont désormais au nombre de trois. **M.F.**

Drôle de science



Le rythme qui groove a enfin livré son secret

Vous faites corps avec la musique ? Presque malgré vous, vous oscillez de la tête, des hanches, du corps tout entier ? Une équipe de psychiatres, de musicologues et de neuroscientifiques britanniques et danois s'est donné pour but de déterminer le rythme le plus à même de vous mettre dans cet état. Conclusion : il faut une musique syncopée… mais pas trop. La syncope ? C'est cette note posée sur un temps faible qui engloutit le temps fort suivant. Ce déplacement de l'accent rythmique constitue la marque de fabrique du groove, souvent associé au funk, à la soul, au hip-hop… Pour leur démonstration, les chercheurs ont recruté 66 volontaires du monde entier et leur ont fait écouter une cinquantaine de solos de batterie. A chaque écoute, ils devaient évaluer leur degré de plaisir et leur envie de bouger. Nul doute : cette dernière augmente avec le taux de syncopes. Mais attention ! A l'inverse, une trop grande fréquence de syncopes, comme dans le free jazz, vous clouerait irrémédiablement à votre siège. Et l'effet semble universel, puisqu'il fonctionne aussi bien sur un amateur de classique que sur un fan de soul. En revanche, si vous détestez danser, funk ou pas funk, rien ne vous poussera à vous déhancher. **A.D.**

L'OR | SECRET D'ORIGINE

BRESIL

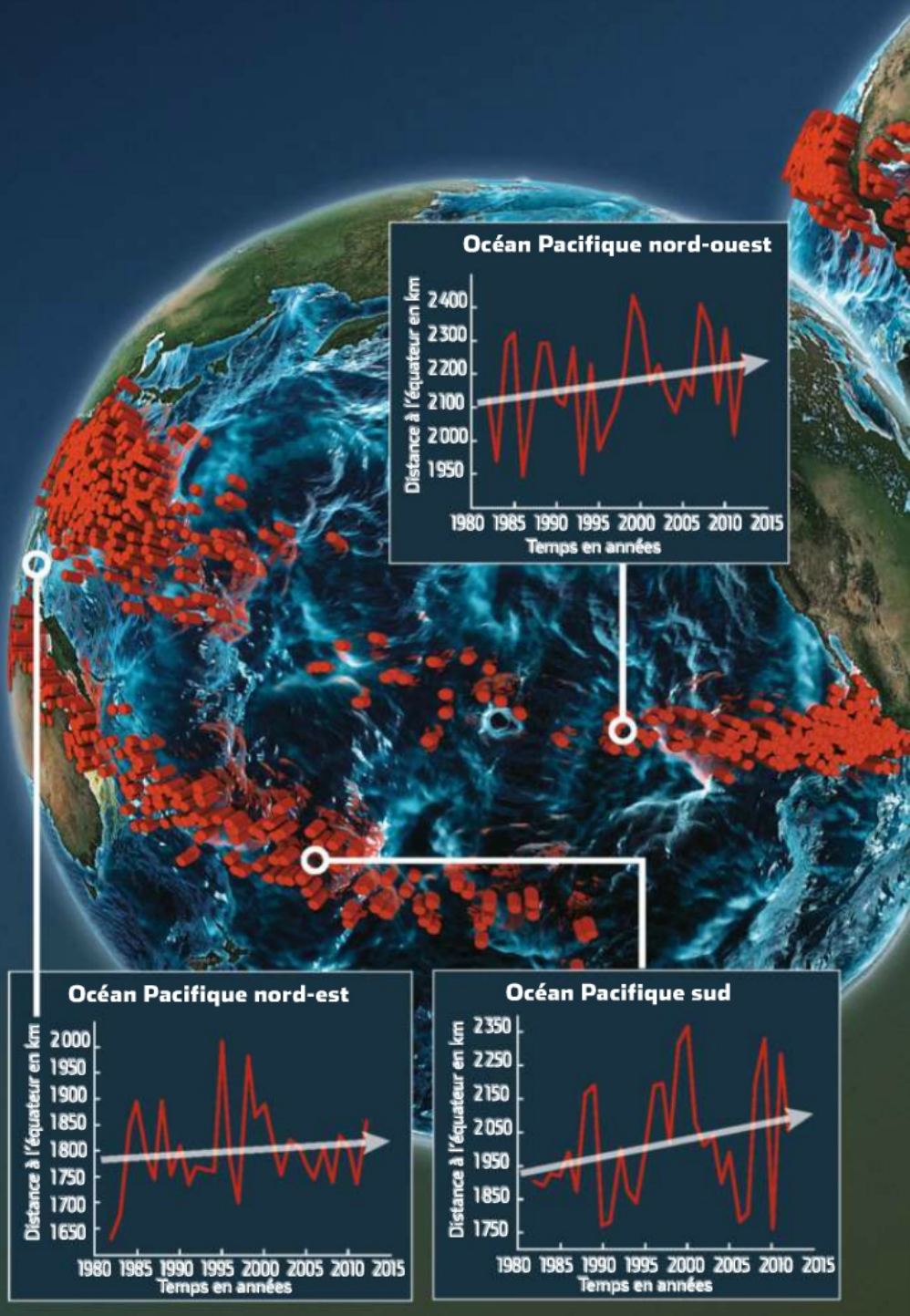
POUR CAFETIÈRE FILTRE • POUR CAFETIÈRE FILTRE •

CAFÉ MOULU D'EXCEPTION

Maison du Café France SNC - RCS Paris 383 885 746

LES CYCLONES SONT DE MOINS EN MOINS TROPICAUX

Non seulement le réchauffement climatique devrait rendre les cyclones plus intenses, mais il les pousse d'ores et déjà au-delà des tropiques, selon les climatologues américains du NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). En étudiant les données fournies par les satellites d'observation météorologique de 1982 à 2012, ils ont constaté une remontée de leur pic d'intensité maximale vers les pôles, de près d'un demi-degré de latitude (environ 55 km) par décennie, dans chaque hémisphère. La zone où ces violentes tempêtes se déchaînent s'est ainsi élargie de plus de 300 km, excepté dans l'océan Atlantique nord et l'océan Indien nord. Attribuée aux impacts des activités humaines sur l'atmosphère, l'expansion de la ceinture tropicale montre une évolution similaire: les cellules de Hadley, ces grands courants atmosphériques entre l'équateur et les tropiques, s'élargissent elles aussi. En influant sur les températures et les précipitations, elles pourraient aussi modifier la dynamique des cyclones. *"Pour la première fois, notre étude établit un lien direct entre ces deux phénomènes"*, avance James Kossin, de la NOAA. Si cette dérive se poursuit, de nouvelles populations côtières (en Californie, en Afrique du Sud ou au Japon) pourraient subir la fureur dévastatrice des typhons et des ouragans. A l'opposé, des régions tropicales arrosées se trouveront confrontées à des graves pénuries d'eau si ces pluies torrentielles choisissent une autre route. D.H.

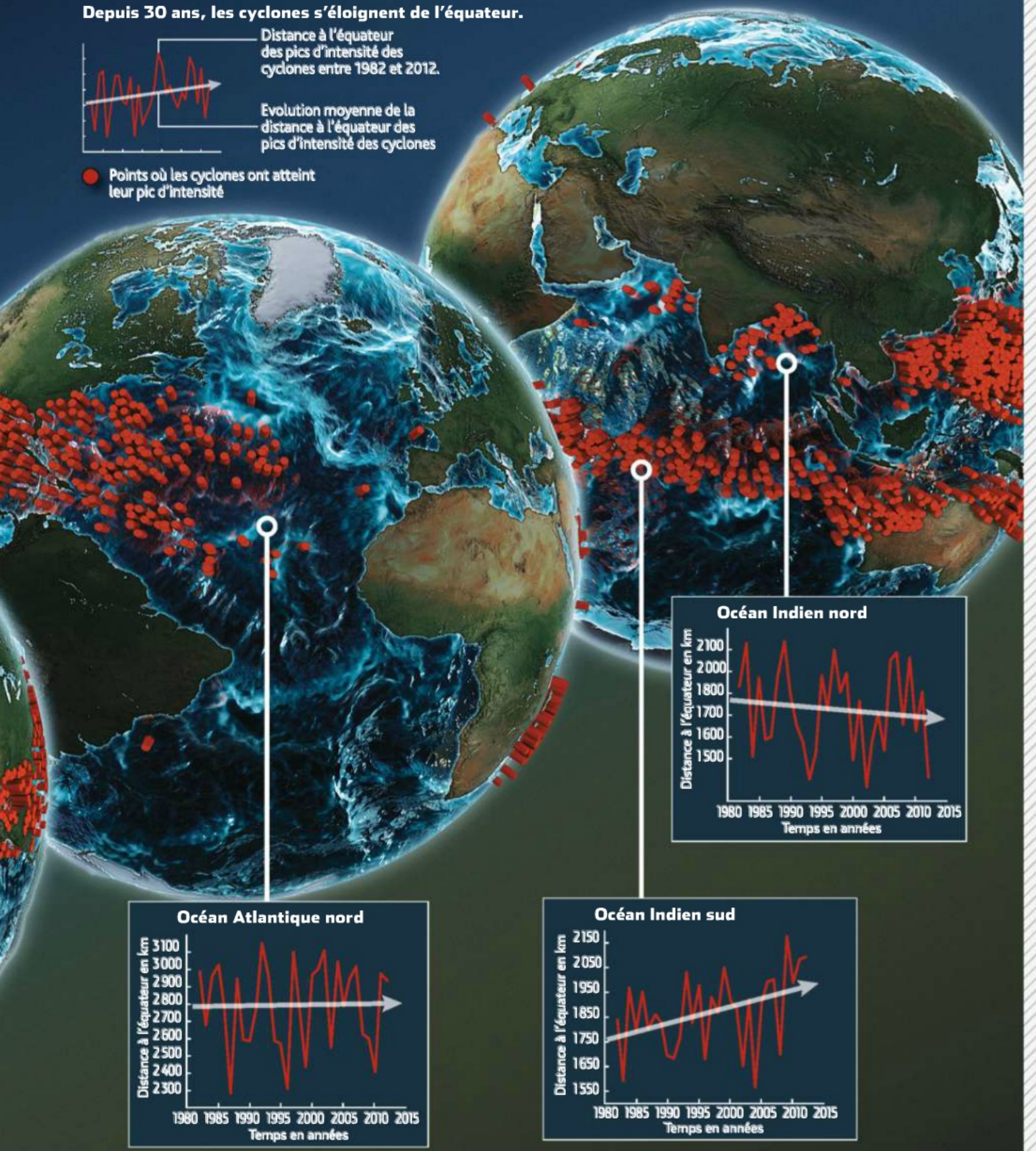


Depuis 30 ans, les cyclones s'éloignent de l'équateur.

Distance à l'équateur des pics d'intensité des cyclones entre 1982 et 2012.

Evolution moyenne de la distance à l'équateur des pics d'intensité des cyclones

Points où les cyclones ont atteint leur pic d'intensité



80 cyclones en moyenne ont lieu tous les ans sur la planète.

150 000 personnes ont été victimes de Katrina (2005), Nargis (2008), Sandy (2012) et Haiyan (2013).

14 % des cyclones seulement surviennent dans l'océan Atlantique.

G. CIRADE

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

À L'OUEST, LA FONTE DE L'ANTARCTIQUE EST IRRÉVERSIBLE

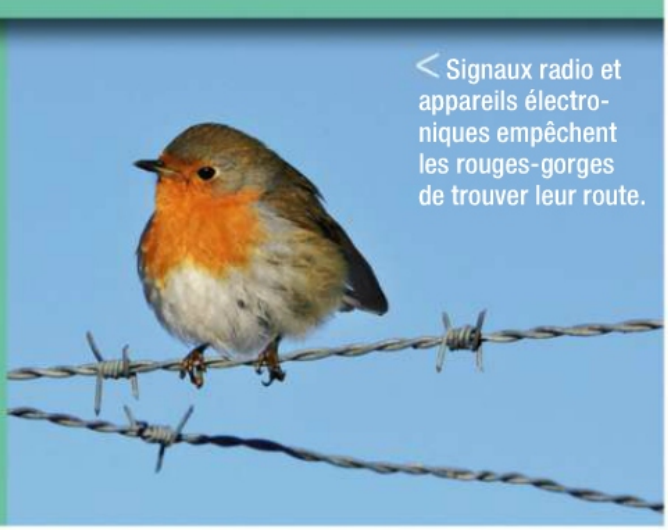
La fonte des glaciers qui s'accélère en Antarctique de l'Ouest a atteint un point de non-retour. Telle est la conclusion sans appel de l'étude dirigée par Eric Rignot, du Jet Propulsion Laboratory de la Nasa, qui a compilé les données de quarante années d'observations des six plus grands glaciers de la mer d'Amundsen. En cause : l'amincissement des plateformes de glace qui prolongent les glaciers dans l'océan. Attachées au socle rocheux situé bien en dessous du niveau de la mer, elles entrent en contact avec les eaux qui se réchauffent du fait du changement climatique, et fondent. Leur diminution limite dès lors leur capacité à freiner l'avancée des glaciers dans la mer, lesquels s'écoulent désormais plus vite, formant des plateformes de glace de plus en plus minces… ce qui accélère d'autant leur écoulement. Un cercle vicieux qui devrait conduire à la fonte totale de cette partie de l'Antarctique. Ces six grands glaciers contribueraient, à eux seuls, à une hausse du niveau des océans de 1,2 m ! Pour la fin du siècle, le chercheur estime que l'élévation devrait atteindre le haut de la fourchette des dernières prévisions du Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) : 98 cm. **P.L.**

> Rien ne peut plus arrêter la chute des grands glaciers qui s'écoulent et fondent dans la mer d'Amundsen.

POLLUTION URBAINE

Le bruit électromagnétique déboussole les migrateurs

Une étude menée à l'université d'Oldenburg, en Allemagne, a démontré que le bruit électromagnétique produit par nos dispositifs électroniques (signaux radio AM et appareils du quotidien) perturbe la boussole interne des oiseaux migrateurs. Placés dans de simples abris en bois, des rouges-gorges peinent en effet à trouver leur direction, alors que dans une cage en aluminium grillagée reliée au sol, qui bloque les ondes électromagnétiques, ils récupèrent leur capacité à se diriger et à suivre leur route. M.S.



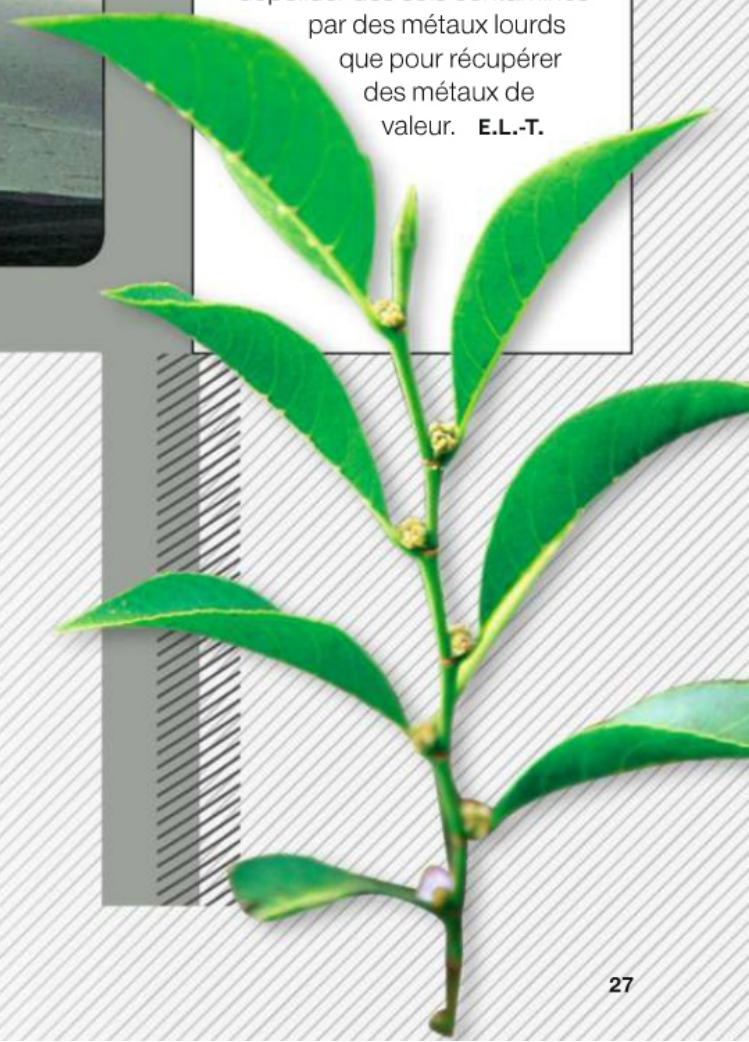
< Signaux radio et appareils électroniques empêchent les rouges-gorges de trouver leur route.

IMAGE BROKER/HEMIS.FR - JOSH LANDIS/AFP - DR. EDWINO S. FERNANDO

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

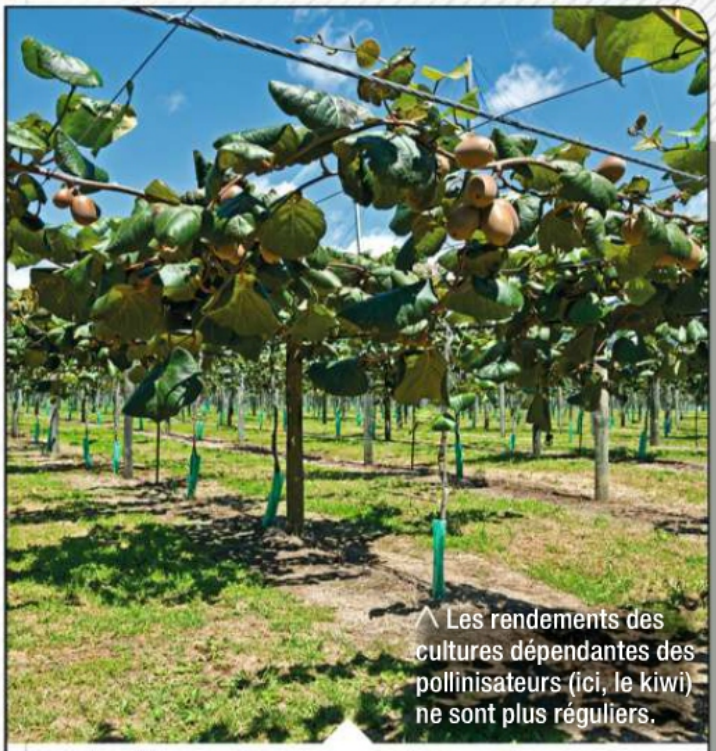
Une plante capable de piéger le nickel a été découverte

Elle est capable d'absorber et d'accumuler dans ses feuilles cent à mille fois plus de nickel que la plupart des végétaux : plus de 18 milligrammes par gramme. La bien nommée *Rinorea niccolifera*, une plante de la famille des violacées, a été découverte par des chercheurs de l'université de Los Baños sur l'île de Luçon, aux Philippines. Elle s'ajoute à la liste des quelque 450 espèces végétales connues capables d'accumuler des métaux lourds sans en subir les effets toxiques. Des plantes qui représentent un potentiel important pour le développement de la phytoextraction, aussi bien pour dépolluer des sols contaminés par des métaux lourds que pour récupérer des métaux de valeur. **E.L.-T.**



4500 milliards

C'est le nombre de mégots qui, au lieu d'être jetés dans un cendrier, finissent tous les ans dans la nature ! Rien que pour les Etats-Unis, cela représente près de 50 000 tonnes de filtres. Non biodégradables, ils libèrent toxines, pesticides, métaux lourds et autres substances cancérigènes pendant plus de dix ans, contaminant l'environnement et intoxiquant la faune et la flore. Des chercheurs de l'université de San Diego estiment que l'industrie du tabac, légalement responsable, devrait assumer les coûts de dépollution. D.H.



Les rendements des cultures dépendantes des pollinisateurs (ici, le kiwi) ne sont plus réguliers.

M.BRUNNER/GETTY IMAGES - MAREK DRHA

AGRONOMIE

L'AGRICULTURE INTENSIVE ATTEINT SES LIMITES

L'avenir de notre alimentation ne passera pas forcément par l'intensification de l'agriculture. C'est ce que révèle une étude française, la première à montrer à l'échelle d'un pays que les méthodes agricoles conventionnelles atteignent des limites contre-productives. Région par région, entre 1989 et 2010, l'évolution du rendement de 54 variétés a été analysée en tenant compte du caractère intensif des techniques agricoles. Pour les cultures qui n'ont pas besoin de pollinisateurs (céréales, haricots…), pas de surprise : les récoltes augmentent bien avec l'usage d'engrais, de pesticides et d'eau. Mais pour les cultures comme les courges, les kiwis ou les melons, très dépendantes des insectes, c'est le contraire ! Non seulement les rendements n'augmentent plus, mais ils sont de plus en plus irréguliers. *"Les pratiques intensives déstabilisent les pollinisateurs, ce qui les rend de moins en moins efficaces,* explique Nicolas Deguines, au Centre d'écologie et des sciences de la conservation, à Paris. *Il faudrait privilégier les services apportés par la biodiversité pour améliorer la production agricole."* **E.H.**

en bref

LE JAPON N'A PAS RENONCÉ À CHASSER LES BALEINES

Sous prétexte d'études scientifiques, la pêche continue dans le Pacifique Nord. La Cour internationale de justice a pourtant déjà réfuté cet argument dans le cas de l'océan Austral : en 10 ans, le Japon n'a publié que deux articles pour 3 600 rorquals pêchés. **C.L.**

LE *PRESTIGE* NUIT ENCORE AUX OISEAUX

Les colonies de cormorans huppés des côtes espagnoles touchées par le naufrage du pétrolier en 2002 ont toujours du mal à se reproduire : en moyenne, seul un petit naît par nid chaque année, contre 1,6 avant la catastrophe. **C.L.**

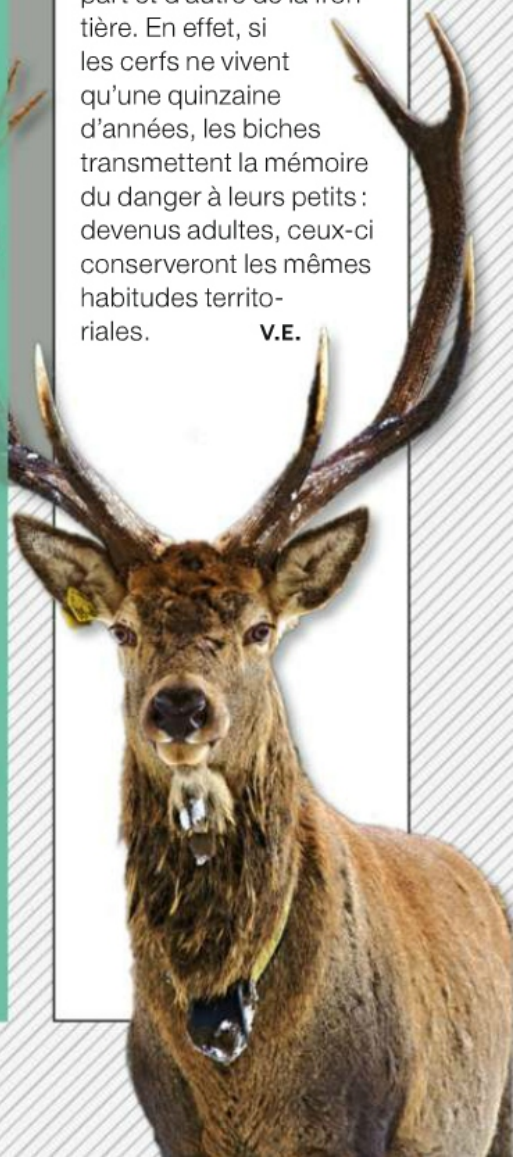
LES PHOTOS DU NET AIDENT LE BRACONNAGE

Publiée sur Internet, une photo d'éléphant prise en vacances peut le mettre en danger, car les braconniers se servent des données GPS du fichier pour le traquer. La solution : désactiver la géolocalisation. **V.E.**

ÉCO-ÉTHOLOGIE

Les cerfs n'ont pas oublié la guerre froide

Bien qu'aucun cerf vivant aujourd'hui n'ait connu la guerre froide, tous évitent encore la zone frontalière entre la République tchèque et l'Allemagne, où se trouvaient à l'époque des clôtures électrifiées… démantelées en 1989 ! C'est le résultat du suivi par GPS, entre 2005 et 2011, de 100 cerfs élaphes vivant dans les parcs nationaux situés de part et d'autre de la frontière. En effet, si les cerfs ne vivent qu'une quinzaine d'années, les biches transmettent la mémoire du danger à leurs petits : devenus adultes, ceux-ci conserveront les mêmes habitudes territoriales. **V.E.**



LES ANIMAUX SAUVAGES SONT À PARIS.

Venez les découvrir au Parc Zoologique de Paris.

© Photononstop/Bios - Agefotostock - photographe : Ronan Merot

PARC ZOOLOGIQUE DE PARIS

une nouvelle espèce de zoo

Plus de 1 000 animaux vous attendent au Parc Zoologique de Paris. Venez visiter en immersion totale les 5 biozones qui ont été reconstituées pour les accueillir.

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Accès : Porte Dorée Métro Ligne 8 / Tramway Ligne T3. Billetterie : parczoologiquedeparis.fr

2 5 RATP MAIRIE DE PARIS aufeminin.com TROIS PARIS REGION NRJ SCIENCE & VIE 7 Le Parisien RTL

îledeFrance Vétoquinol mappy Séché environnement

TOXICOLOGIE

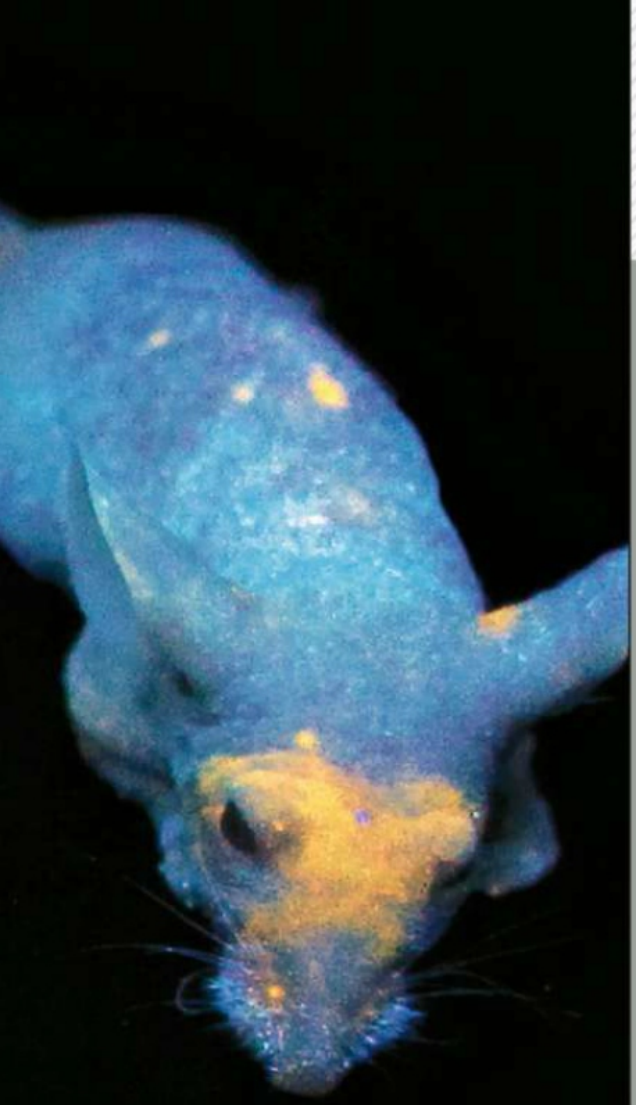
L'EXPOSITION AUX NANOPARTICULES SE LIT SUR LA PEAU

Dentifrice, pneus, cosmétiques… les nanoparticules sont partout. Or, ces particules ultrafines peuvent se révéler toxiques lorsqu'elles sont absorbées par l'organisme. Pourtant, à ce jour, aucune méthode ne permet de mesurer facilement les doses reçues par une personne : il faut en passer par des prélèvements directs sur les organes potentiellement contaminés. Les travaux de Warren Chan, à l'université de Toronto (Canada), pourraient changer la donne. Pour la première fois, *"le taux d'exposition aux nanoparticules peut être quantifié en observant simplement la peau changer de couleur"*, affirme le chercheur. Chez la souris, il a en effet montré qu'une partie des nanoparticules absorbées affleure à la surface de la peau… et, surtout, que leur concentration locale est un bon marqueur du niveau d'exposition des autres organes. Pour le prouver, il a injecté à des rongeurs des nanoparticules fluorescentes à différents dosages : sur leur peau, des taches sont apparues… plus ou moins intenses selon la dose reçue. En pratiquant des biopsies de la rate et du foie, le chercheur a confirmé que l'intensité des taches était bien corrélée à la concentration retrouvée dans ces organes. **C.H.**

NEUROBIOLOGIE

Le sang jeune revigorerait le cerveau

A-t-on trouvé un élixir de jouvence pour le cerveau ? Il semble que oui… chez la souris en tout cas. Une équipe de Harvard suggère en effet que le GDF11, un facteur de croissance très présent dans le sang des souris jeunes, rafraîchit les fonctions cognitives de leurs aînées : il entraîne un remodelage de la vascularisation cérébrale et dope la formation de neurones. Des résultats à rapprocher d'une étude publiée par l'université Stanford : transfuser du plasma sanguin prélevé sur des rongeurs de 3 mois à des souris de 18 mois redonne à ces dernières les capacités de mémorisation et d'apprentissage de leurs jeunes années. **O.C.**



Dans l'expérience, plus la dose de nanoparticules absorbée a été importante, plus les taches sont apparues lumineuses et étendues.

ON SAIT POURQUOI LES FIBRES RASSASIENT

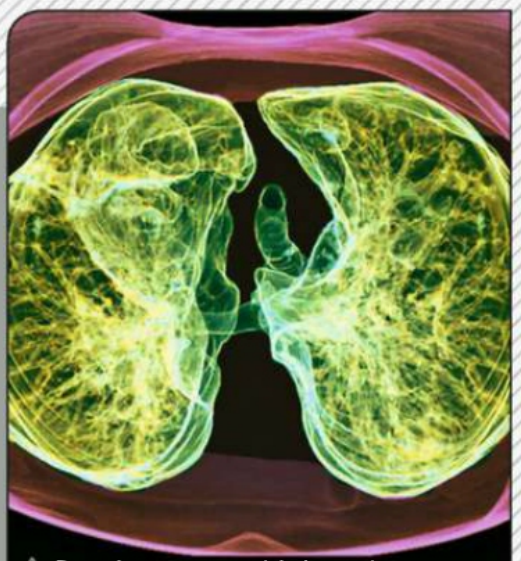
Si les fibres coupent la faim, ce n'est pas seulement parce qu'en se gorgeant d'eau, elles remplissent plus vite l'estomac. Dans le côlon, elles sont transformées en acétate, une molécule qui déclenche l'impression de satiété. **V.E.**

LE MOUSTIQUE TIGRE GAGNE DU TERRAIN

Rien ne semble pouvoir arrêter le moustique tigre. L'insecte, vecteur de la dengue et du chikungunya, est présent dans 34 départements français et représente une menace dans 18 d'entre eux, surtout dans le Sud-Est. **C.T.**

LES SOLVANTS, BOMBES À RETARDEMENT

Les ravages sur le cerveau de l'inhalation de solvants (peintures, colles industrielles…) se font ressentir sur le long terme. Un déficit cognitif global a ainsi été constaté plus de douze ans après une exposition importante. **A.R.**



Dans les poumons (ci-dessus), des bactéries peaufinent l'immunité dès le début de la vie.

PNEUMOLOGIE

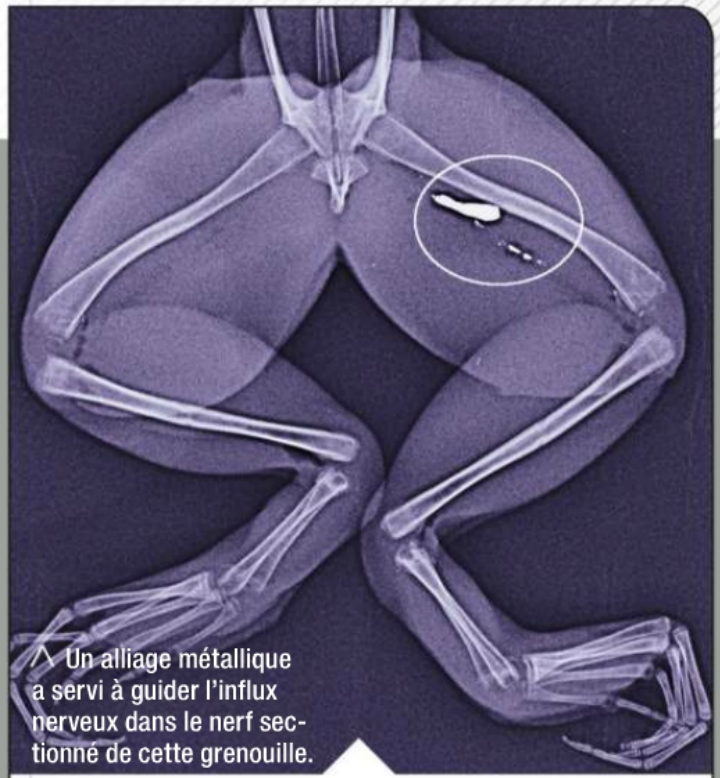
La protection contre l'asthme se met en place à la naissance

La présence de bactéries à l'intérieur des poumons au cours des premières semaines de vie serait déterminante pour éviter le développement ou l'aggravation de l'asthme. Benjamin Marsland et son équipe (CHU vaudois, Suisse) ont découvert, chez de jeunes souris, que la colonisation précoce des poumons par des bactéries inoffensives renforce l'action de certaines cellules immunitaires, qui protégeront contre l'asthme allergique à l'âge adulte. Ce qui n'est pas le cas si les souriceaux sont maintenus dans un environnement stérile (donc à l'écart des bactéries) lors des deux premières semaines de vie. Un mécanisme similaire semble être à l'œuvre chez les nourrissons, d'après des résultats préliminaires. *"L'exposition aux bactéries de l'environnement juste après la naissance pourrait jouer un rôle important"*, analyse le chercheur. **V.E.**

EDWARD A. SYKES & QIN DAI - FOTOLIA - ZEPHYR/SPL/PHANIE

32 m²

C'est la surface moyenne d'un tube digestif humain (de la bouche à l'anus), soit 10 fois moins que ce que prévoyaient de précédentes estimations. Ce chiffre, calculé par deux chercheurs suédois à partir d'une revue d'études publiées et de radios inédites, est primordial pour prédire la vitesse d'absorption des nutriments et des médicaments. E.A.



Un alliage métallique a servi à guider l'influx nerveux dans le nerf sectionné de cette grenouille.

COURTESY OF PROFESSOR JING LIU AT TSINGHUA UNIVERSITY - S. AQUINDO

NEUROCHIRURGIE

UN MÉTAL LIQUIDE POURRAIT PANSER LES NERFS COUPÉS

Envelopper un nerf sectionné de métal liquide améliorerait sa régénération, selon l'équipe chinoise de Jing Liu (université Tsinghua). Actuellement, lorsqu'un nerf est coupé, les chirurgiens reconnectent les deux morceaux. Au prix d'une longue remise en service : l'un des segments dégénère peu à peu et son remplacement se fait au rythme de 1 mm par jour. *"Un nerf sectionné au niveau du coude mettra six mois pour arriver au bout des doigts"*, illustre Emmanuel Masmejean, de l'hôpital européen Georges-Pompidou. Pendant ce temps, l'influx nerveux ne circule plus jusqu'aux muscles, qui s'atrophient. Jing Liu propose de panser le nerf avec un mélange liquide de gallium, d'indium et de sélénium, à la température du corps : un matériau qui conduit parfaitement l'influx nerveux dans un nerf sciatique de grenouille sectionné ! L'alliage métallique est bien visible sur une radiographie, ce qui permettrait de le retirer facilement. *"C'est une piste très intéressante*, estime Philippe Pelissier, du CHU de Bordeaux. *Reste à évaluer si le nerf repousse correctement."* **V.E.**

On tenait à vous dire !

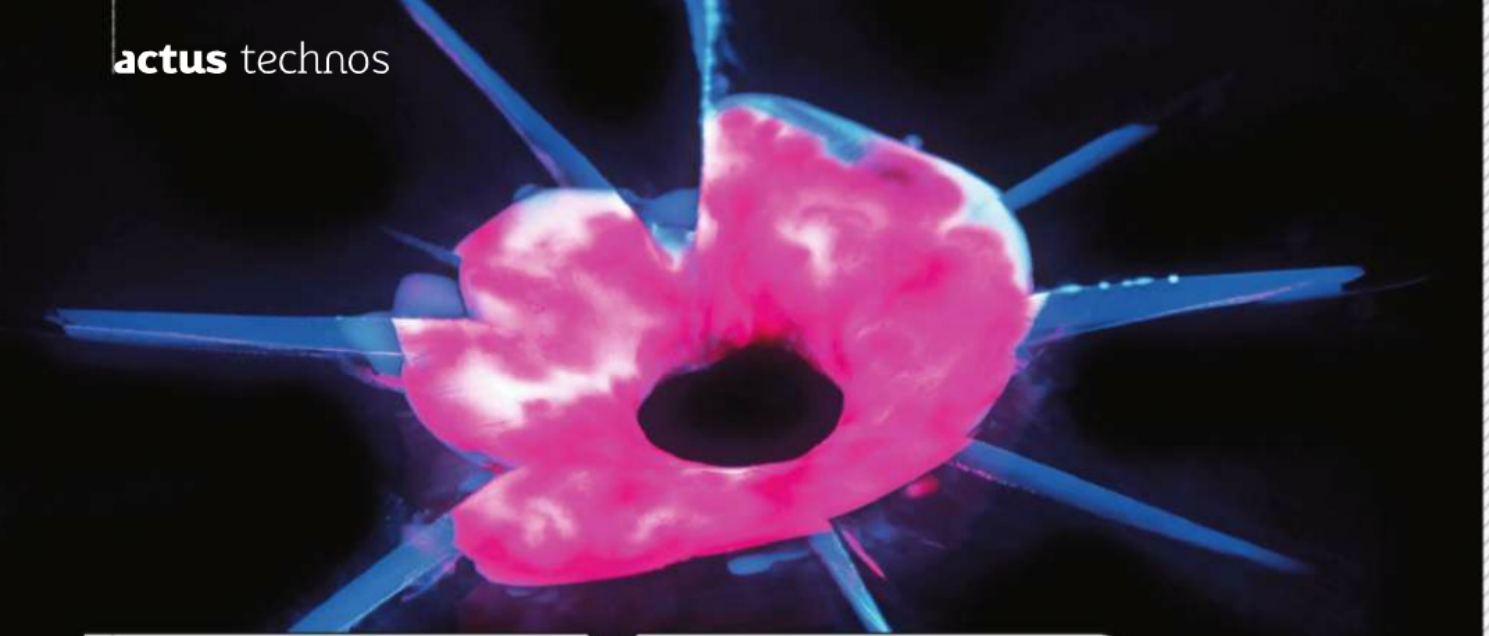
Portables et cancer : toujours aucune certitude, hélas

En mai dernier, une équipe de l'université de Bordeaux publiait ses conclusions : chez les adeptes de longue date du téléphone portable (30 minutes par jour en moyenne au cours des dix à quinze dernières années), le risque de tumeur au cerveau est multiplié par deux. Le débat pouvait sembler enfin tranché : les ondes émises par ces appareils doivent basculer de la catégorie "peut-être cancérogènes pour l'homme", à celle des "cancérogènes démontrés", selon le classement de l'OMS. Mais dans le détail, si l'étude montre bien que les gros utilisateurs sont plus souvent victimes de tumeurs, elle souligne aussi que ce sont des cadres supérieurs, des commerciaux ou des chefs d'entreprises, qui ont peut-être des comportements communs (alimentation, manque d'activité physique…), facteurs de risques potentiels. En clair : impossible de démontrer le lien de "cause à effet" entre téléphone et tumeur, sans prendre en compte ces autres facteurs… Or, les chercheurs bordelais n'ont pas de données sur ce point. Alors comment sortir du flou ? Peut-être grâce à de très grosses études à long terme. L'une d'elles, "Mobi-kids", menée sur les enfants, devrait livrer ses conclusions en 2016. Au mieux. **C.T.**

Personnalisez votre Nissan JUKE sur nissan.fr

Innover autrement. **Modèle présenté :** Nouveau Nissan JUKE Tekna DIG-T 115 ch avec options peinture métallisée et Pack Extérieur Creative Line. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 €, RCS Versailles B 699 809 174 - Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron CS 10213 - 78961 Voisins-Le-Bretonneux Cedex.

Consommations (l/100 km) : urbaine : 6,9 ; extra-urbaine : 4,9 ; mixte : 5,6. Émissions de CO_2 (g/km) : 129.



MATÉRIAU

DU PLASTIQUE SE RÉGÉNÈRE COMME LES LÉZARDS

Les objets en plastique endommagés ne seront bientôt plus destinés à la poubelle. Des chercheurs de l'université de l'Illinois (Etats-Unis) ont en effet inventé un polymère qui, lorsqu'il est troué, est capable de se régénérer tout seul ! Une avancée majeure dans l'univers des matériaux qui s'autoréparent puisqu'il ne s'agit plus simplement de combler de petites fissures (comme certains le font déjà), mais bien de reconstruire une partie manquante. Pour y parvenir, l'équipe s'est inspirée des facultés naturelles de certains animaux, comme les lézards, dont les membres "repoussent" après une amputation. A l'intérieur du morceau de plastique, ils ont inséré un réseau de petits capillaires contenant deux réactifs chimiques "cicatrisants". En cas de détérioration, ces deux liquides se déversent dans le matériau et forment instantanément un gel qui va reboucher le trou, puis durcir en moins de trois heures. La matière plastique d'origine n'est pas exactement restaurée, mais sa résistance l'est ! La technique a fait ses preuves sur la plupart des plastiques vendus dans le commerce et pourrait donner naissance, d'ici quelques années, à des pare-chocs qui se régénéreraient en quelques minutes après un accident. **L.B.**

⋀ S'il est troué, ce plastique s'autorépare grâce à ses réactifs "cicatrisants" (en rose).

CRYPTOGRAPHIE

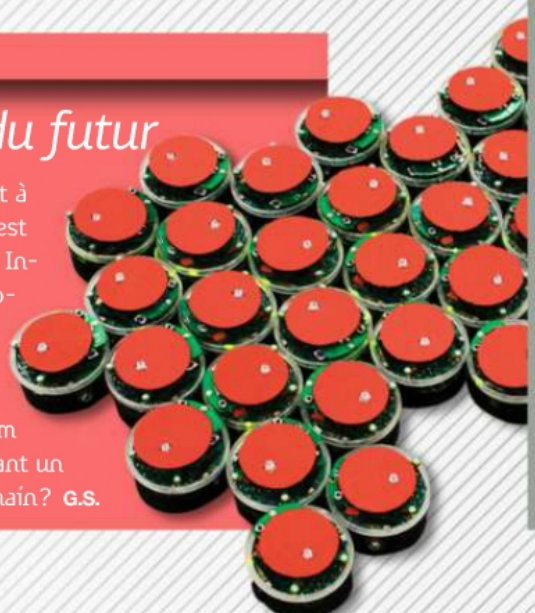
Il y a une faille dans les cartes à puce

Des chercheurs de Nancy et de Paris ont révélé une faille dans le cryptage de certaines cartes à puce et autres objets contenant des puces électroniques RFID, pourtant considéré comme infalsifiable. Ils ont créé un algorithme capable d'identifier rapidement la "clef" permettant de décoder le cryptage de ces objets (lequel est déterminé par une équation complexe, dont la clef est la solution). Pas de panique : nos cartes bancaires ne feraient pas partie de celles potentiellement concernées par cette faille. **S.F.**

ROBOTIQUE

Ce sont les ouvriers du futur

Imaginez 1000 microrobots qui se déplacent à 35 cm/s, selon une chorégraphie précise. C'est le spectacle proposé par une équipe du SRI International (Etats-Unis). Guidées par électromagnétisme, leurs créations slaloment entre des objets, à plat ou à la verticale, sans se heurter. Deux d'entre elles ont même assemblé un objet complexe de 30 cm avec des tiges de carbone et de la glu, suivant un parcours programmé. La micro-usine de demain ? **G.S.**

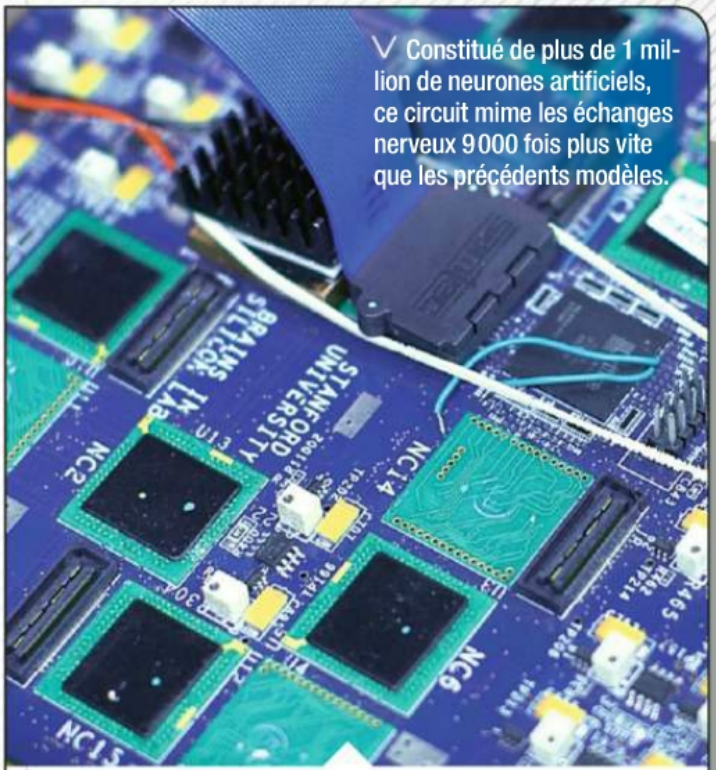


UNIV. OF ILLINOIS AT URBANA-CHAMPAIGN - NATURAL ROBOTICS LAB., THE UNIV. OF SHEFFIELD

Personnalisez votre Nissan JUKE sur nissan.fr

Innover autrement. **Modèle présenté :** Nouveau Nissan JUKE Tekna DIG-T 115 ch avec options peinture métallisée et Pack Extérieur Creative Line. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 €, RCS Versailles B 699 809 174 - Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron CS 10213 - 78961 Voisins-Le-Bretonneux Cedex.

Consommations (l/100 km) : urbaine : 6,9 ; extra-urbaine : 4,9 ; mixte : 5,6. Émissions de CO_2 (g/km) : 129.



K.HICKMAN, STANFORD SCHOOL OF ENGINEERING - Y.TSUNO/AFP

∨ Constitué de plus de 1 million de neurones artificiels, ce circuit mime les échanges nerveux 9000 fois plus vite que les précédents modèles.

INFORMATIQUE

LE CERVEAU ARTIFICIEL PASSE UN NOUVEAU CAP

Ce circuit imprimé, élaboré à l'université Stanford (Etats-Unis), marque une grande étape dans la mise au point d'un cerveau artificiel toujours plus proche du modèle humain. Alors que les précédents circuits (voir *S&V* n° 1145) étaient limités en nombre de neurones, en temps de calcul et en besoins énergétiques, ce nouveau projet réussit l'exploit de faire progresser ces trois paramètres simultanément. Constitué de 16 puces contenant chacune 65 536 neurones artificiels, interconnectés par plus d'un milliard de synapses, Neurogrid effectue ses calculs en parallèle à raison de 43 millions d'influx échangés entre neurones par seconde. Il est ainsi 9000 fois plus rapide que les précédents simulateurs cérébraux (à nombre de neurones et de synapses équivalent). Par ailleurs, il ne consomme que 3 watts – pas plus qu'une tablette tactile. A terme, il pourrait servir à mieux comprendre le cerveau et à doter les machines de nouvelles aptitudes "cognitives", voire à commander des prothèses bioniques. Reste à minimiser le coût de fabrication de ce circuit, qui vaut aujourd'hui 30 000 euros ! **R.I.**

en bref

LA VOITURE QUI VOIT LA NUIT

L'université de Madrid a présenté un prototype de véhicule capable de détecter les piétons dans le noir. Deux caméras thermiques captent la chaleur émise par le corps humain dans un rayon de 40 m, tandis qu'un algorithme traite les images infrarouges. **E.T.-A.**

LE RETOUR DE LA "K7" MAGNÉTIQUE

Sony et IBM ont dévoilé une cassette magnétique pouvant stocker 185 téraoctets de données – l'équivalent de 3 700 disques Blu-ray ! Une capacité obtenue en pulvérisant sur plusieurs couches des nanograins magnétiques de 7,7 nm. **E.T.-A.**

DU KÉROSÈNE SOLAIRE

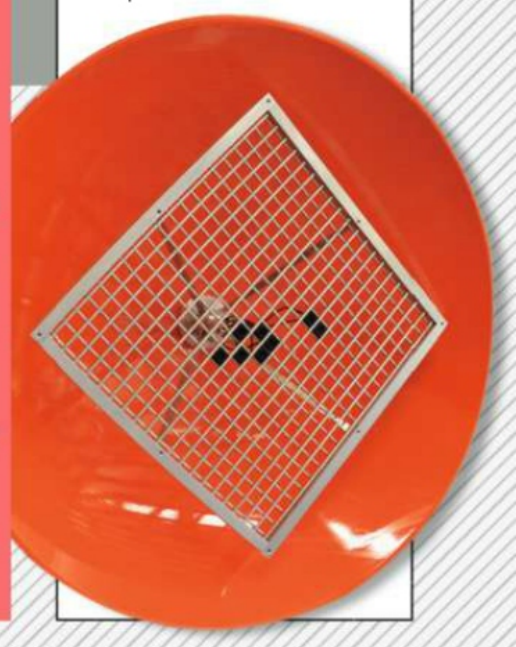
Les chercheurs du projet européen Solar-Jet ont imaginé un réacteur solaire pour fabriquer du kérosène renouvelable. Il fonctionne à partir de trois sources d'énergie quasi inépuisables : eau, CO_2 et soleil. **M.S.**

ACOUSTIQUE

Ils ont inventé le micro qui zoome sur les sons

Quiconque a déjà filmé un concert connaît la frustration d'obtenir une vidéo au son très mauvais, parasité par les bruits de la salle. Pour régler ce problème, l'entreprise japonaise NTT a conçu des micros-zooms sélectifs, capables d'isoler une voix parmi d'autres jusqu'à 20 m de distance. Le principe ? Une petite parabole est placée à l'arrière d'une grappe de 8 microphones et concentre sur eux les sons reçus. Ils sont ensuite traités par un dispositif informatique qui les synchronise avec l'image. Les chercheurs espèrent atteindre les 50 m de distance d'ici deux ans. **J.J.**

∨ La parabole placée derrière les micros permet de cibler très précisément les sons.



NISSAN

Innovation
that excites

NOUVEAU NISSAN JUKE

UN CARACTÈRE À TOUTE ÉPREUVE.

Gonflé à l'adrénaline, le design du nouveau Nissan JUKE affiche un caractère très affirmé, intégralement personnalisable. Choisissez vos couleurs intérieures et extérieures. Sortez de l'ombre et osez la différence.

Personnalisez votre Nissan JUKE sur nissan.fr

Innover autrement. **Modèle présenté :** Nouveau Nissan JUKE Tekna DIG-T 115 ch avec options peinture métallisée et Pack Extérieur Creative Line. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 €, RCS Versailles B 699 809 174 - Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron CS 10213 - 78961 Voisins-Le-Bretonneux Cedex.

Consommations (l/100 km) : urbaine : 6,9 ; extra-urbaine : 4,9 ; mixte : 5,6. Émissions de CO_2 (g/km) : 129.

Polémique autour du riz doré

Questions sur un OGM pas comme les autres

Le rappel des faits

En février 2014, le ministre de l'Agriculture, Stéphane Le Foll, reconnaît qu'un vrai débat sur l'intérêt de cultiver le riz doré *"mériterait d'être organisé"*. Quatorze ans plus tôt, cet OGM avait fait la une du magazine *Times*: *"Ce riz pourrait sauver un million d'enfants par an."* De violents réquisitoires avaient été rapidement publiés par les opposants aux OGM, Greenpeace en tête, pour dénoncer *"un échec technique"* et *"contre-productif"*. Depuis, la tension ne cesse de monter. Il y a un an, aux Philippines, des rizières d'essai ont été arrachées.

Des promesses en or transformées en polémiques de plomb. Quinze ans après l'invention du riz doré, génétiquement modifié pour fournir un précurseur de la vitamine A, l'aventure scientifico-humanitaire s'est muée en dialogue de sourds, opposant des concepteurs amers à des organisations hostiles à tout OGM.

Au départ, deux biologistes, le Suisse Ingo Potrykus et l'Allemand Peter Beyer, mettent au point un riz qui, artificiellement doté de trois gènes, produit du bêta-carotène (d'où sa couleur dorée), que le corps peut ensuite transformer en vitamine A. Objectif: lutter contre des carences qui tuent, ou rendent aveugles, des centaines de milliers d'enfants, surtout en Asie du Sud (voir p. 40).

Les critiques s'élèvent aussitôt: l'apport serait si ridicule qu'il faudrait en manger des kilos; ses effets sur la santé seraient inconnus; ce riz détournerait des fonds utiles pour développer des alternatives plus efficaces et livrerait les paysans d'Asie aux appétits du groupe AstraZeneca (aujourd'hui Syngenta), qui en détient la propriété commerciale. Les recours se multiplient alors pour bloquer sa culture.

En face, ses promoteurs déplorent un *"gâchis humain"*. Calculant les millions de vies qu'il aurait pu sauver depuis 2000, ils parlent de *"crime contre l'humanité"* et désespèrent de voir le riz doré, pour lequel Syngenta a renoncé à ses droits commerciaux en Asie, devenir l'otage d'une guerre de lobbies.

Qu'en est-il réellement des promesses et des dangers du riz doré? *Science & Vie* a rigoureusement analysé les études scientifiques indépendantes publiées ces dernières années (à retrouver sur science-et-vie.com), afin d'apporter des éléments objectifs de réponse.

Le statut d'OGM du riz doré divise le monde paysan: en août 2013, des militants anti-OGM ont saccagé des cultures expérimentales aux Philippines.

1. LE RIZ DORÉ APPORTE-T-IL SUFFISAMMENT DE VITAMINE A?

Rappelons d'abord que les besoins en vitamine A sont estimés par le corps médical à environ 800 µg par jour pour un adulte, et entre 500 et 600 µg pour un enfant. Les cas de carence se manifestent d'abord par des

RIZ CLASSIQUE
Base de l'alimentation de nombreux pays d'Asie, le riz ne contient pas de bêta-carotène. Il ne constitue donc pas un apport en vitamine A, alors que d'importantes carences sont constatées dans les populations.

RIZ OGM DIT "DORÉ"
Cette variété de riz OGM est dotée de 2 gènes supplémentaires (l'un de maïs, l'autre d'une bactérie), qui lui permettent de produire du bêta-carotène (d'où sa couleur jaune), et donc de fournir des apports en vitamine A.

MASIPAG - E. DE CASTRO/REUTERS

infections plus sévères et des anémies, et donc, indirectement, par une mortalité plus élevée.

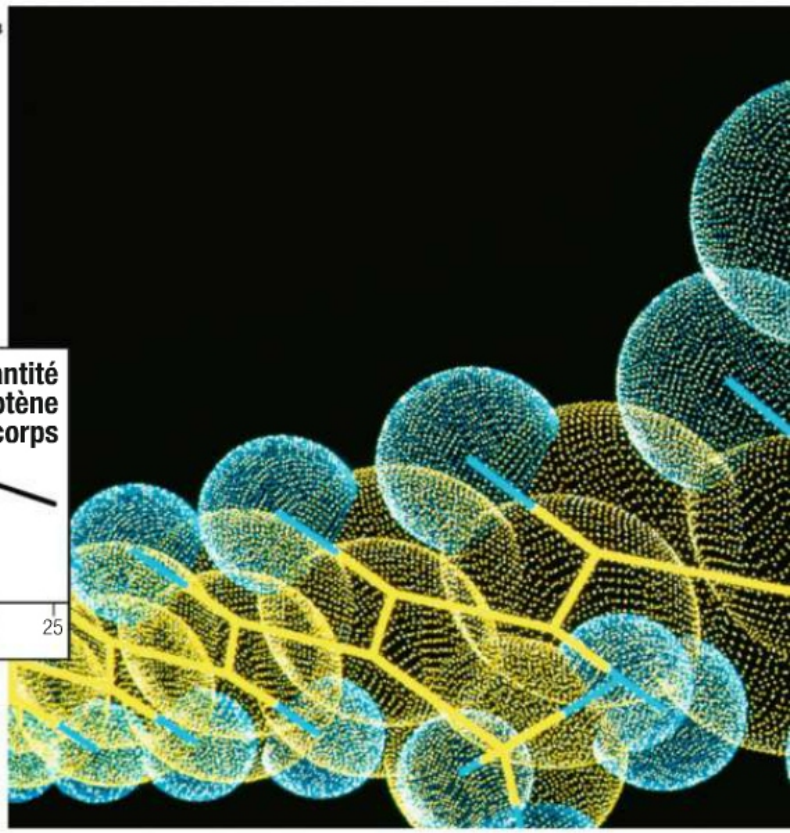
Quand le manque devient aigu, des problèmes de vision nocturne apparaissent, puis des ulcères de la cornée qui se transforment en cicatrices, rendant irréversiblement aveugle.

Contrairement à certains aliments comme le foie (de veau…), le lait ou les œufs, le riz doré n'apporte pas directement de la vitamine A, mais il fournit, comme certains végétaux (carottes, épinards…) un précurseur, le bêta-carotène, que l'organisme transforme ensuite en rétinol, qui est sa forme biologiquement active.

Face à ces carences, l'efficacité de l'OGM va donc dépendre de la quantité de bêta-carotène qu'il fournit et de la capacité de l'organisme à le transformer en rétinol.

La première génération de riz doré, en 1999, ne contenait que 1,6 µg de caroténoïdes (dont 0,8 µg de bêta-carotène) par gramme de riz cru (contre 100 µg environ par gramme de carotte crue). La seconde génération, mise au point en 2005, en contient jusqu'à 37 µg par gramme avant cuisson (dont 30 µg de bêta-carotène).

Les traitements après récolte, les conditions de stockage et de préparation peuvent modifier ces quantités, mais de façon limitée car le grain de riz a une structure compacte. Les pertes ne dépassent pas 25 %, selon les études effectuées aux Philippines (pour toutes



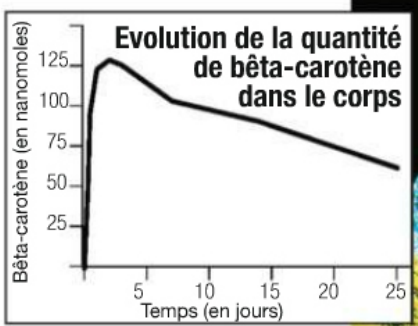
DES BÉNÉFICES DÉMONTRÉS, DES RISQUES SOUPÇONNÉS
Une séquence d'ADN (ci-dessus), contenant les gènes Psy et Crt1, a été insérée dans le génome du riz, activant la chaîne biochimique du bêta-carotène (photo). Les études ont confirmé que la consommation de riz doré apportait une dose suffisante de vitamine A… mais la présence de rétinoïdes (à dr.), toxiques en forte quantité, est à surveiller.

les références des publications, voir l'encadré "Aller plus loin", p. 43). Quant à la cuisson, elle devrait n'entraîner que des pertes faibles car elle se fait, chez les populations concernées, avec de l'eau non bouillante.

Reste à savoir si ce bêta-carotène est ensuite effectivement transformé en rétinol. Selon les études, le taux de conversion varie en effet beaucoup d'un aliment à l'autre. La présence de corps gras, en particulier, est importante car le bêta-carotène est liposoluble.

D'autre part, les enquêtes nationales allemandes de nutrition (NVS) évaluent en moyenne à six le nombre de molécules de bêta-carotène nécessaires pour obtenir une molécule de rétinol.

Le riz doré, composé d'une matrice simple totalement digestible, apparaît plus efficace: des nutritionnistes américains indépendants ont ainsi mesuré en 2009 un taux de conversion de 3,8 µg de bêta-carotène pour produire 1 µg de rétinol. En prenant une teneur moyenne de bêta-carotène de 20 à 30 µg par gramme de riz doré, une ration de 100 g avant cuisson fournit donc de 500 à 800 µg de rétinol, soit entre 80 et 100 % des besoins estimés.



Les analyses montrent que le bêta-carotène (marqué au deutérium) du riz doré reste dans l'organisme au moins 25 jours après en avoir consommé une ration.

Un résultat confirmé chez les enfants en 2012, en partie par les mêmes chercheurs. Ils ont montré que le riz doré était une source de vitamine A aussi efficace que des ampoules de bêta-carotène pur, et bien plus efficace que les épinards: selon cette étude, 50 g de riz cru (soit de 100 à 150 g de riz cuit), correspondant à la ration ordinaire d'un enfant, leur fournissent 90 % de leurs besoins moyens en rétinol et 60 % de la ration journalière recommandée.

Leur étude a cependant été très critiquée parce que les parents n'avaient pas été informés que le riz consommé par leur enfant était génétiquement modifié. Mais si les conditions de l'étude posent en effet question, les résultats scientifiques n'ont pas été contestés, y compris par les associations anti-OGM, dont les attaques se sont focalisées sur l'éthique.

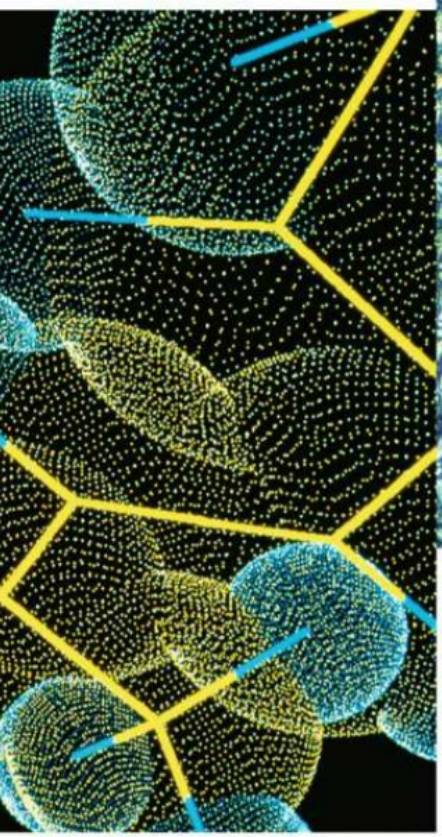
Il faut cependant noter que ces enfants ne présentaient pas de carence. Or, les nutritionnistes savent que le taux d'absorption des bêta-carotènes et de conversion en vitamine A varie d'un individu à l'autre en fonction de facteurs génétiques, de l'indice de masse corporelle, d'éventuelles pathologies et du taux de vitamine A déjà présent. Néanmoins, une étude sur des enfants philippins a montré que plus l'enfant était carencé, plus la conversion des bêta-carotènes avait tendance à être forte.

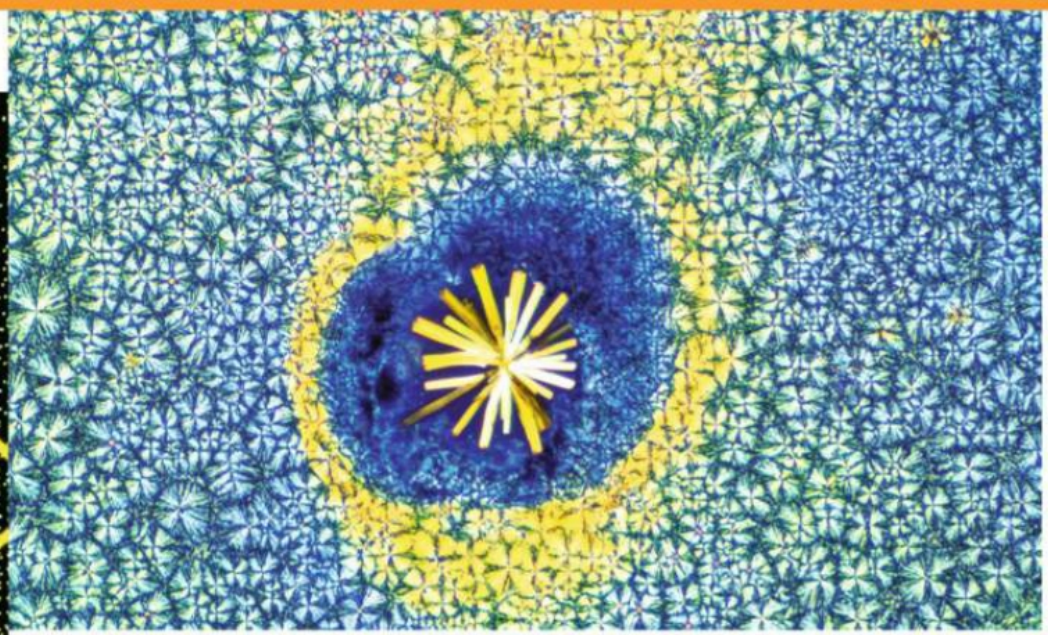
Toutes les données disponibles indiquent, au final, que le riz doré apporterait une quantité suffisante de vitamine A. Et qu'il n'aurait pas besoin de couvrir 100 % des besoins pour

Vitamine A: ses carences tuent 600 000 enfants par an

Les carences en vitamine A tuent chaque année plus de 600 000 jeunes enfants dans le monde et en rendent, selon l'OMS, près de 350 000 autres aveugles. Rien qu'en Asie du Sud, la région la plus touchée, le manque en vitamine A rendrait 90 millions d'enfants vulnérables aux diarrhées et infections. Et différentes études estiment qu'on pourrait réduire la mortalité infantile dans le monde de 20 à 30 %, et la mortalité maternelle de 40 %, en apportant des compléments suffisants en vitamine A.

M.KONTENTE - PASICKA/SPL/COSMOS - D.PARKER/SPL/COSMOS





avoir un intérêt nutritionnel. En effet, en ne fournissant que 25 % des apports journaliers recommandés, un programme de supplémentation en vitamine A prévient déjà les risques de cécité et de mort directe.

▶ 2. LE RIZ DORÉ EST-IL DANGEREUX POUR LA SANTÉ ?

Pour étudier l'effet sur la santé d'un OGM, les agences de sécurité alimentaire s'appuient sur le principe d'équivalence en substance : une plante génétiquement modifiée est considérée identique, en composition, à la plante non modifiée, à l'exception des protéines artificiellement introduites.

Il s'agit donc d'étudier les nouvelles protéines introduites dans le riz. Or, leurs séquences ont déjà été comparées par des laboratoires universitaires à tous les allergènes et toutes les toxines connus, sans qu'aucune similarité n'ait été détectée.

La protéine "phytoène synthase" du maïs, utilisée dans le riz doré de seconde génération, est déjà abondamment consommée par les hommes et les animaux. Le troisième gène, qui sert à détecter si le transfert des deux autres a réussi, transforme un sucre (le mannose, déjà présent dans notre flore intestinale) en fructose.

Seule la protéine de "carotène désaturase", qui provient d'un génome bactérien, est inhabituelle dans l'alimentation humaine. Son impact sur la santé doit donc être étudié, mais il faut aussi vérifier que cette protéine est bien celle qui est effectivement produite dans le riz. Des tests, censés être en cours, sont de toute façon exigés par la réglementation pour toute demande d'autorisation de mise en culture.

Reste à s'assurer que le principe d'équivalence en substance est respecté. Bien admis pour les OGM "simples", ce principe l'est moins lorsqu'on a, comme dans le cas du riz doré, modifié une voie biochimique complexe. La production de composés intermédiaires non détectés et aux effets inconnus est toujours possible – d'autant qu'on ne peut mesurer toutes les espèces chimiques, et encore moins celles que l'on ne connaît pas.

Autre question : les bêta-carotènes produits par ce riz ne pourraient-ils pas être toxiques à hautes doses ? On sait qu'un excès de vitamine A, sous sa forme de rétinoïdes, peut en effet être dangereux pour les enfants ou durant la grossesse.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) considère cependant que la consommation de bêta-carotènes est, elle, sans danger car leur métabolisme est de toute façon limité par la quantité d'enzymes dans l'estomac.

Elle recommande néanmoins de s'assurer que les modifications génétiques introduites ici ne conduisent pas à la formation de molécules similaires à des rétinoïdes, qui pourraient alors se révéler, absorbés en trop grandes quantités, toxiques pour l'embryon.

Au final, il n'existe donc pour l'heure pas de preuve irréfutable de l'innocuité du riz doré. Tout au plus peut-on affirmer que des humains en ont mangé, ponctuellement, sans effet indésirable.

Ce qui est aussi le cas de la quasi-totalité des nouveaux aliments que nous consommons (comme les préparations alimentaires industrielles), qu'ils contiennent, ou pas, des ingrédients génétiquement modifiés. Ainsi, graisses hydrogénées et sirops de glucose-fructose ont été massivement introduits dans notre alimentation ces dernières décennies sans que l'on se soit vraiment assuré de leur innocuité.

Reste que, quelle que soit l'ampleur des tests pratiqués, la preuve définitive que le riz doré est, oui ou non, sans danger ne pourra être apportée, comme pour tout autre aliment nouveau, que lorsqu'il sera consommé régulièrement par la population et que

des études épidémiologiques permettront d'obtenir des chiffres basés sur des consommations réelles de grande ampleur. Au risque qu'il soit alors trop tard.

3. LE RIZ DORÉ A-T-IL UN IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ?

Prévoir l'impact que peut avoir une plante OGM sur son environnement est très difficile, et le cas du riz doré est encore peu documenté.

Dans les rizières, on trouve des espèces sauvages qui, considérées comme des mauvaises herbes par les paysans, sont arrachées, et des variétés locales améliorées artisanalement. Dans quelle mesure les transgènes du riz doré peuvent-ils s'introduire dans le génome de ces espèces ?

Les transferts de gènes entre variétés de riz sont limités dans la nature car le riz est une espèce autoféconde : l'échange de pollen se fait, le plus souvent, au sein du même plant, très peu avec ceux alentour. La pollinisation croisée est inférieure à 1 %.

Différentes expériences, en Europe du Sud et en Chine, ont montré, au début des années 2000, que le transfert de gènes par pollen d'une variété de riz transgénique aux plants adjacents non transgéniques était compris entre 0,01 et 1 %. Et selon une étude chinoise, 95 % de ces hybridations ont lieu dans un rayon de 30 mètres : une distance très inférieure aux centaines de mètres que l'on trouve couramment pour d'autres céréales.

Cette faible pollinisation croisée explique que la distance recommandée pour préserver la pureté des riz cultivés par les producteurs de graines certifiées est faible : 6 m aux Etats-Unis. Et le taux de transfert de gènes d'une variété à l'autre est d'autant plus faible que leurs pollinisations ne coïncident pas et ne durent que quelques jours.

Les transferts de gènes peuvent néanmoins se faire sous une autre forme : par le commerce des grains d'un pays à l'autre. En général, les grains vendus pour être consommés ont été débarrassés de leur enveloppe externe, ce qui endommage l'embryon et le rend non viable. Mais certains échappent au processus.

Du riz doré pourrait donc pousser accidentellement dans des régions auxquelles il n'était pas destiné. Peu d'études se sont penchées sur ce phénomène, ainsi que sur celui de "dédomestication", par lequel certains plants retournent peu à peu à l'état sauvage, tout en conservant leurs transgènes.

Même si les taux restent très faibles, tous les experts admettent que des transferts de gènes auront donc inévitablement lieu. Est-ce grave ? Une fois transmis, ces gènes ne s'implantent durablement que s'ils apportent à la plante qui les reçoit un avantage pour sa

FOTOLIA - D.PARKER/SPL/COSMOS - J.BOETHLING/STILL PICTURES/ BIOS - C.QUINTINA/CPS/IRRI

La question du coût reste un enjeu

Trois stratégies existent déjà pour limiter les carences en vitamine A. D'abord, promouvoir une plus grande diversité alimentaire. Quand ce n'est pas possible, on peut fournir, tous les six mois, des capsules de vitamine A (100 000 à 200 000 UI), ce qui est difficile et coûteux dans les régions les plus isolées. Ou alors accroître la quantité de provitamine A présente dans les aliments de base, soit en créant par hybridation classique de nouvelles variétés de blé, maïs, millet, patate douce (c'est impossible avec le riz), soit en ajoutant la vitamine à un aliment (huile, margarine). Mais cela suppose des infrastructures pour produire lesdits aliments et les

La consommation quotidienne de riz doré peut venir en complément d'une alimentation diversifiée et de capsules de vitamine A.

UN IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DIFFICILE À ÉVALUER
L'Institut international de recherche sur le riz (Irri) mène actuellement des essais en plein champ aux Philippines pour tester les qualités agronomiques du riz doré et son impact, encore peu documenté, sur la flore et la faune. Les experts estiment en effet les transferts de gènes inévitables.

survie ou sa reproduction. Sinon, la sélection naturelle les élimine assez vite. Or, généticiens et agronomes voient mal quel avantage compétitif les transgènes du riz doré pourraient apporter à la plante. La présence de bêta-carotène n'améliore ni sa survie ni sa reproduction. Au contraire, des essais réalisés avec le riz sauvage *O. rufipogon* ont montré que les hybrides étaient moins fertiles que l'espèce initiale.

L'Institut international de recherche sur le riz (Irri) teste actuellement aux Philippines, sur des cultures en plein champ, l'impact du riz doré sur les espèces végétales qui l'entourent.

Les études déjà menées ont montré qu'il avait une croissance similaire à celle des autres variétés et n'était pas plus robuste, ce qui limite sa capacité à devenir une variété envahissante.

Peut-il avoir un impact sur la faune ? Aucune étude n'a sur ce point été publiée. Mais contrairement à la quasi-totalité des autres OGM, dans lesquelles on a introduit des gènes codant pour des molécules insecticides ou herbicides, le riz doré produit une protéine non toxique. Et il est difficile de déterminer en quoi une augmentation de la teneur en bêta-carotène (inférieure à celle d'une carotte) pourrait avoir un quelconque effet sur la faune. D'autant que les gènes ne sont actifs que dans le grain de riz, pas dans la plante entière.

L'exposition serait donc de courte durée, correspondant à la phase de maturation du grain, soit quinze à vingt jours par an, aussi bien pour les insectes que pour les oiseaux. Ces derniers peuvent néanmoins profiter, durant cette période, d'un complément bienvenu en vitamine A, des études ayant aussi révélé des carences chez les granivores, les graines ne contenant en effet pas de vitamine A.

Le riz doré ne possède pas non plus de gène de résistance à un antibiotique : le marqueur utilisé pour repérer les plants génétiquement modifiés est un simple sucre, le mannose. Rien n'indique donc aujourd'hui que ce riz pourrait représenter un risque potentiel pour l'environnement. **E.M.**

crucial pour les pays pauvres

distribuer, et un pouvoir d'achat suffisant des populations.

Ces trois approches complémentaires ont déjà permis des progrès : aux Philippines, la proportion d'enfants carencés est passée de 40 % en 2003 à 15 % en 2008. Mais il en reste encore plus de 1,7 million, auxquels s'ajoutent près de 500 000 femmes enceintes ou en couches, pour lesquels le riz doré serait un outil supplémentaire à faible coût : après des frais de développement estimés à 7 millions de dollars, le coût annuel du programme, aux Philippines, a été chiffré à 0,5 million (à comparer aux 21 millions dépensés pour les distributions de capsules, et aux 4 à 6 millions nécessaires aux programmes de fortifications industrielles d'aliments de base). Car une fois le programme lancé, son effet est reconduit presque sans coût lorsque le paysan replante sa récolte. Les calculs estiment ainsi à moins de 15 €, voire un peu plus de 2 €, le coût d'un an de vie en bonne santé qui pourrait être regagné grâce au riz doré.

Aller plus loin

- Le site de l'Institut international de recherche sur le riz (Irri) qui supervise le développement du riz doré
- Lire le rapport "Golden Illusion" (en anglais) de Greenpeace
- Retrouver sur science-et-vie.com les 19 études scientifiques indépendantes sur lesquelles s'appuie notre enquête

Après les deux séismes qui ont secoué la France au mois d'avril

Un séisme destructeur n'est pas à exclure sur notre territoire

Le rappel des faits

Lundi 7 avril 2014, à 21 h 27, un séisme de magnitude 5,3 se déclenche sous la commune de Saint-Paul-sur-Ubaye (Alpes-de-Haute-Provence). La secousse est ressentie dans tout le quart sud-est de la France, même si elle ne produit que des fissures dans quelques cheminées et toitures.
Mardi 29 avril 2014, à 9 h 03, la terre tremble à proximité de Lourdes (magnitude 4,7). Les lieux de pèlerinage sont évacués ; pas de dégât dans la région.

En France, personne n'imagine perdre sa maison ou un proche à la suite d'un tremblement de terre. Même lorsque des secousses se produisent, l'émotion cède vite le pas à l'indifférence et à l'oubli. Les deux séismes du mois d'avril sonnent ainsi comme un énième rappel. D'où la question : le risque sismique est-il évalué à sa juste valeur en France ?

"*La population française a l'impression de vivre sur un territoire stable, alors que l'activité sismique mesurée quotidiennement démontre le contraire*, témoigne Christophe Sira, ingénieur au Bureau central sismologique français. La France n'est certes pas le Japon. Pour autant, tout le flanc Est du pays ainsi que les Pyrénées sont régulièrement le siège de séismes perceptibles – à partir de la magnitude 3. Et la probabilité d'une forte secousse n'est pas si négligeable : un événement de magnitude 6 se produit statistiquement une fois par siècle sur notre territoire…

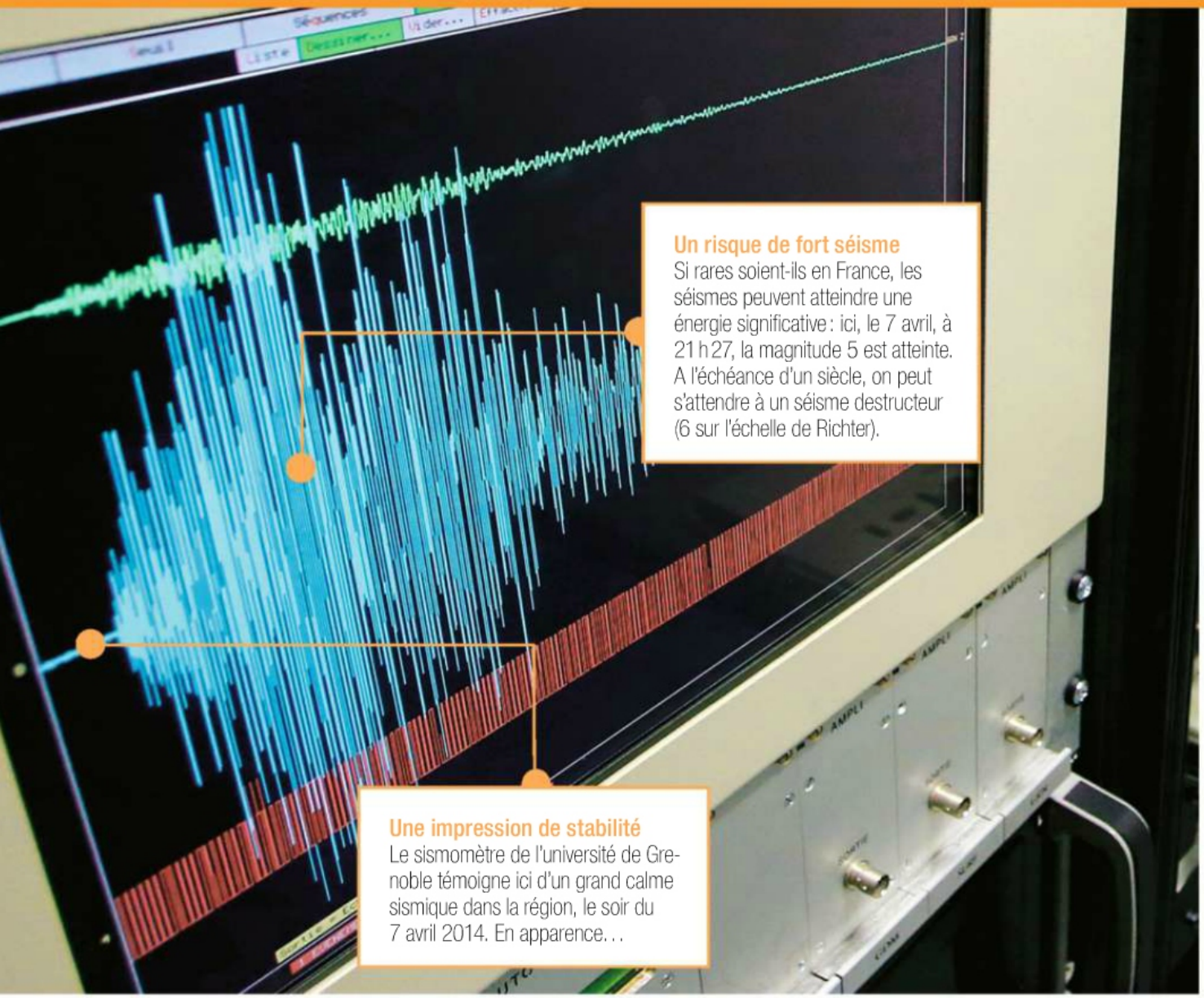
Le séisme du 7 avril, dans les Alpes-de-Hautes-Provence, n'a provoqué que des dégâts légers (ici, à Barcelonnette).

TF1 - LE DAUPHINÉ/PHOTOPQR/MAXPPP

Soit la puissance du séisme de l'Aquila (Italie) qui, en 2009, fit 309 morts et 1 600 blessés.

"*Au vu de nos failles géologiques, on devrait même envisager l'hypothèse d'un séisme de magnitude 7*", pense François Thouvenot, chercheur à l'Institut des sciences de la Terre (Grenoble). D'autant que les géologues ne connaissent pas toutes les failles actives en France. Et puis, l'énergie dégagée par le séisme – sa magnitude – ne fait pas tout : certaines configurations du terrain (nature du sol, relief) amplifient les ondes sismiques. Or, les vallées des Alpes et leurs terrains alluviaux sont propices à ces effets de résonance.

La situation de Grenoble est même particulièrement délicate, souligne François Thouvenot : "*Dans cette cuvette, les déplacements du sol sont amplifiés d'un facteur 10, ce qui fait qu'un séisme de magnitude 5 à proximité sera éprouvé ici comme un séisme de magnitude 6.*" Ce danger est bien identifié par les scientifiques, et pourtant la ville de Grenoble n'a pas jugé



Un risque de fort séisme
Si rares soient-ils en France, les séismes peuvent atteindre une énergie significative : ici, le 7 avril, à 21 h 27, la magnitude 5 est atteinte. A l'échéance d'un siècle, on peut s'attendre à un séisme destructeur (6 sur l'échelle de Richter).

Une impression de stabilité
Le sismomètre de l'université de Grenoble témoigne ici d'un grand calme sismique dans la région, le soir du 7 avril 2014. En apparence…

bon établir un plan de prévention du risque sismique ! "*On nous oppose que cela rajouterait encore des contraintes réglementaires à l'urbanisme*", précise Pierre-Yves Bard de l'université de Grenoble.

15 000 BÂTIMENTS MENACÉS

Inconscience des autorités ? Pas exactement, car la réglementation parasismique évolue sans cesse au fil des connaissances. De nouvelles méthodes d'évaluation ont ainsi conduit, depuis le 1er mai 2011, à appliquer des mesures plus ou moins sévères dans 21 000 communes, contre 5 000 auparavant.

Seulement, ces normes ne s'appliquent qu'aux nouvelles constructions. Et encore, "*faute de sensibilisation à ce risque, seules 20 % des maisons neuves les intègrent*", dénonce Christophe Sira. Sauf cas particulier, aucune exigence ne pèse sur le bâti existant. La raison ? Le prix exorbitant des opérations de renforcement…

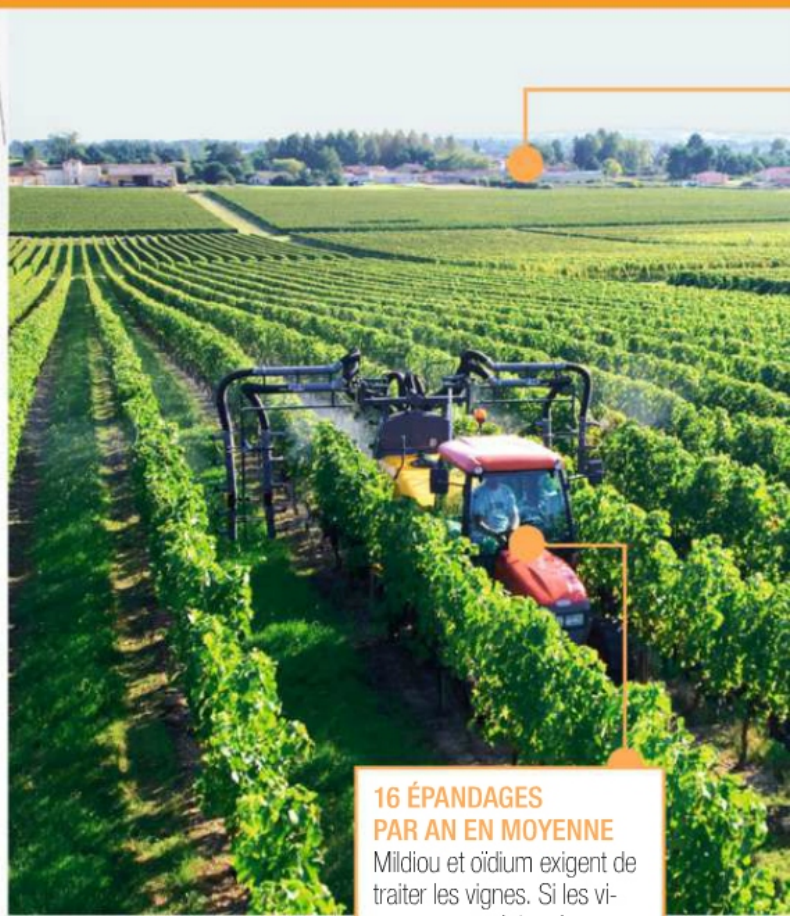
Problème : 85 % des bâtiments dans l'Hexagone ont été construits avant l'application des premières règles parasismiques, dans les années 1970. Selon des estimations publiées en mars dans la revue *Seismological Research Letters*, un séisme semblable à celui du 11 juin 1909 dans les Bouches-du-Rhône (magnitude de 6,2 et 46 victimes) ferait aujourd'hui des ravages : 15 000 bâtiments pourraient être endommagés, dont 370 sévèrement. Par ailleurs, les simulations d'un séisme de magnitude 6 au large de Nice laissent craindre un bilan de 600 morts, sans compter les 40 000 sans-abri.

Ces scénarios sont extrêmes, et la France reste un pays à sismicité modérée. Aucun sismologue n'imagine faire voter une loi demandant d'adapter tous les bâtiments. Mais, au minimum, insiste Christophe Sira, "*il faudrait renforcer certains bâtiments anciens de secours ou de gestion de crise !*" "*L'idéal serait de discuter d'un compromis entre le gain en résistance de chaque bâtiment et le coût de l'opération, à l'image de ce que pratiquent les Suisses*", conclut Pierre-Yves Bard. **V.N.**

Un épandage « inapproprié »
La préfecture va prendre des mesures
à l'école. La profession appuie
Les traitements de la vigne auraient
ME JAMET

23 élèves intoxiqués aux pesticides en Gironde

L'épandage dans les vignes n'est pas près de diminuer



16 ÉPANDAGES PAR AN EN MOYENNE
Mildiou et oïdium exigent de traiter les vignes. Si les vignerons procèdent à 11 épandages par an en Provence, cela peut aller jusqu'à 21 en Midi-Pyrénées.

On le sait, la population française est particulièrement exposée aux pesticides (*S&V* n°1150), et la viticulture y contribue pour beaucoup. Les vignes ne couvrent en effet que 3 % des surfaces agricoles de l'Hexagone (789000 ha en 2010), mais consomment 20 % des produits phytosanitaires appliqués aux cultures. Tous les ans, chaque hectare de vigne reçoit une moyenne de seize traitements, ce qui place cette culture parmi les plus consommatrices après les fruits, les pommes de terre et la betterave à sucre.

Pourquoi un tel recours aux pesticides ? C'est que le viticulteur a deux bêtes noires : le mildiou (*Plasmopara viticola*) et l'oïdium (*Erisyphe necator*).

Ces deux champignons, qui sans traitement sont capables de compromettre jusqu'à 100 % d'une récolte, sont apparus à l'occasion de la grande crise de la vigne européenne, en 1864. Le responsable était alors un insecte, le phylloxéra, qui mit la profession à genoux.

Des pieds de vigne furent donc importés d'Amérique pour être replantés comme porte-greffes… sauf qu'avec eux arrivèrent aussi les deux redoutables champignons. *"La vigne européenne, qui ne les connaissait pas et qui n'a pas co-évolué avec eux, n'a aucune défense naturelle à leur opposer"*, explique Anne-Françoise Adam-Blondon, directrice de recherche à l'Institut national de recherche agricole (Inra) et coordinatrice du projet européen Innovine.

PAS DE VRAIE ALTERNATIVE

Conséquence : à eux seuls, les fongicides contre le mildiou et l'oïdium concentrent 80 % des traitements, le reste se partageant équitablement entre herbicides et insecticides. Et tel est bien le problème, car si des alternatives concrètes sont envisageables pour remplacer ces derniers (maintien d'un tapis d'herbe au pied des plants, lutte biologique contre les insectes à l'aide de phéromones, préservation de la biodiversité des champs, recherche génétique de variétés résistantes…), remplacer les fongicides est une autre histoire.

Les mesures de prévention contre les champignons (aérer les feuilles après la pluie, ébourgeonner les plants, relever les tiges) n'ont qu'un effet mineur. Les fongicides sont donc incontournables. *"Et même ceux autorisés en agriculture biologique posent des problèmes, comme le cuivre et le soufre, très largement utilisés mélangés à des huiles et des sels"*, signale Anne Mérot, coordinatrice du projet Aidy à l'Inra, qui vise à accompagner les viticulteurs qui se convertissent à l'agricul-

Le rappel des faits

Le 5 mai 2014, la moitié des élèves d'une école primaire de Villeneuve, dans la région viticole du Blayais, en Gironde, sont pris de nausées, maux de têtes, irritations. Les symptômes persisteront trois jours. **Le 15 mai,** l'Agence régionale de santé en confirme la cause : l'épandage, toute la matinée, de fongicides sur la vigne avoisinant l'école, alors qu'un vent fort soufflait.

UNE LOI PROTÈGE LES ZONES HABITÉES

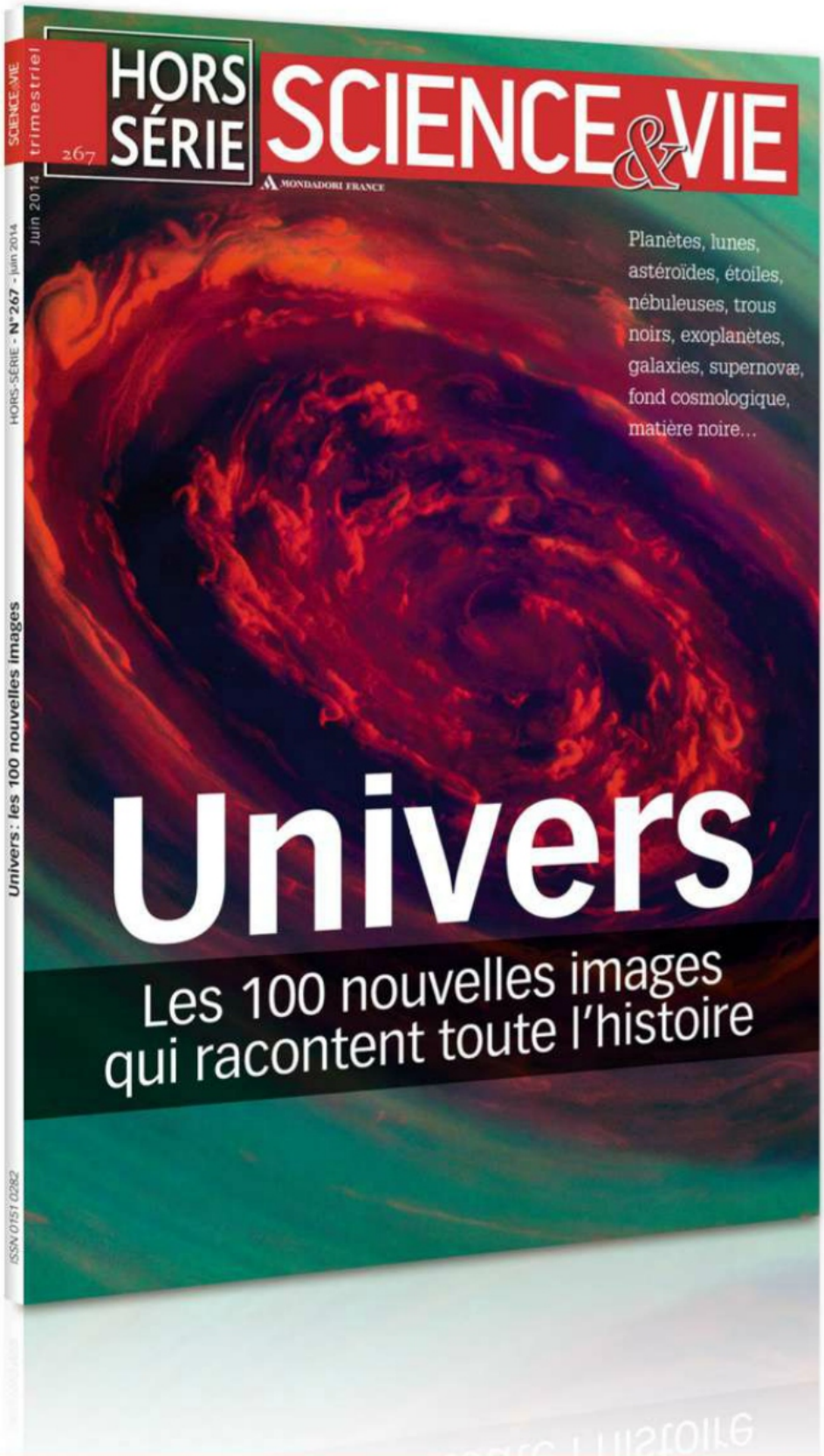
Pour épargner habitations et plans d'eau voisins, les épandages sont interdits en cas de vent supérieur à une force 3 (échelle de Beaufort).

J.-F. CHEREL/BIOSPHOTO

ture biologique. *Pour qu'ils soient efficaces, il faut les épandre souvent, mais, à la longue, ils appauvrissent les sols et sont toxiques pour les organismes de la terre".*

Seule piste de recherche alternative concrète: la stimulation des défenses naturelles de la vigne avec des substances d'origines naturelles, provenant d'algues par exemple. *"Elle donne de bons résultats en laboratoire, mais pas encore dans les champs"*, révèle Anne-Françoise Adam-Blondon.

Malgré les efforts du plan Ecophyto, lancé en 2007, la consommation de pesticides n'a toujours pas baissé, tout juste stagne-t-elle. Mais selon le ministère de l'Agriculture, les consignes sur l'épandage pourraient, elles, bientôt évoluer pour mieux protéger les riverains. **F.G.**



UN NOUVEAU REGARD

L'UNIVERS REDÉCOUVERT EN 100 IMAGES

En vente actuellement

Russie annonce
elle quittera l'ISS en 2020
représailles aux sanctions
éricaines liées au conflit
Ukraine, le vice-premier
inistre russe a annoncé
itterait la

020. « *Nous aimerions*
moyens financiers dans des
aux ayant plus d'avenir »,
officiellement le premier mi-
usse adjoint Dmitri Rogozine.
des menaces de sanctions améri-
nes liées à la crise en Ukraine, il avait
éjà suggéré en avril « *que les États-*
Unis utilisent un trampoline pour ache-

s'est félicité jeudi le patron de Space Exploration Technologies (SpaceX).

Dépendance « inacceptable »

Le Dragon V1 avait été en 2012 le premier vaisseau privé à s'amarrer à l'ISS pour y livrer du fret avant de revenir sur Terre. SpaceX a conclu un contrat de 1,6 milliard de dollars avec la Nasa

Sp
privé
Blue
met
tran
le c
teur
de l
les

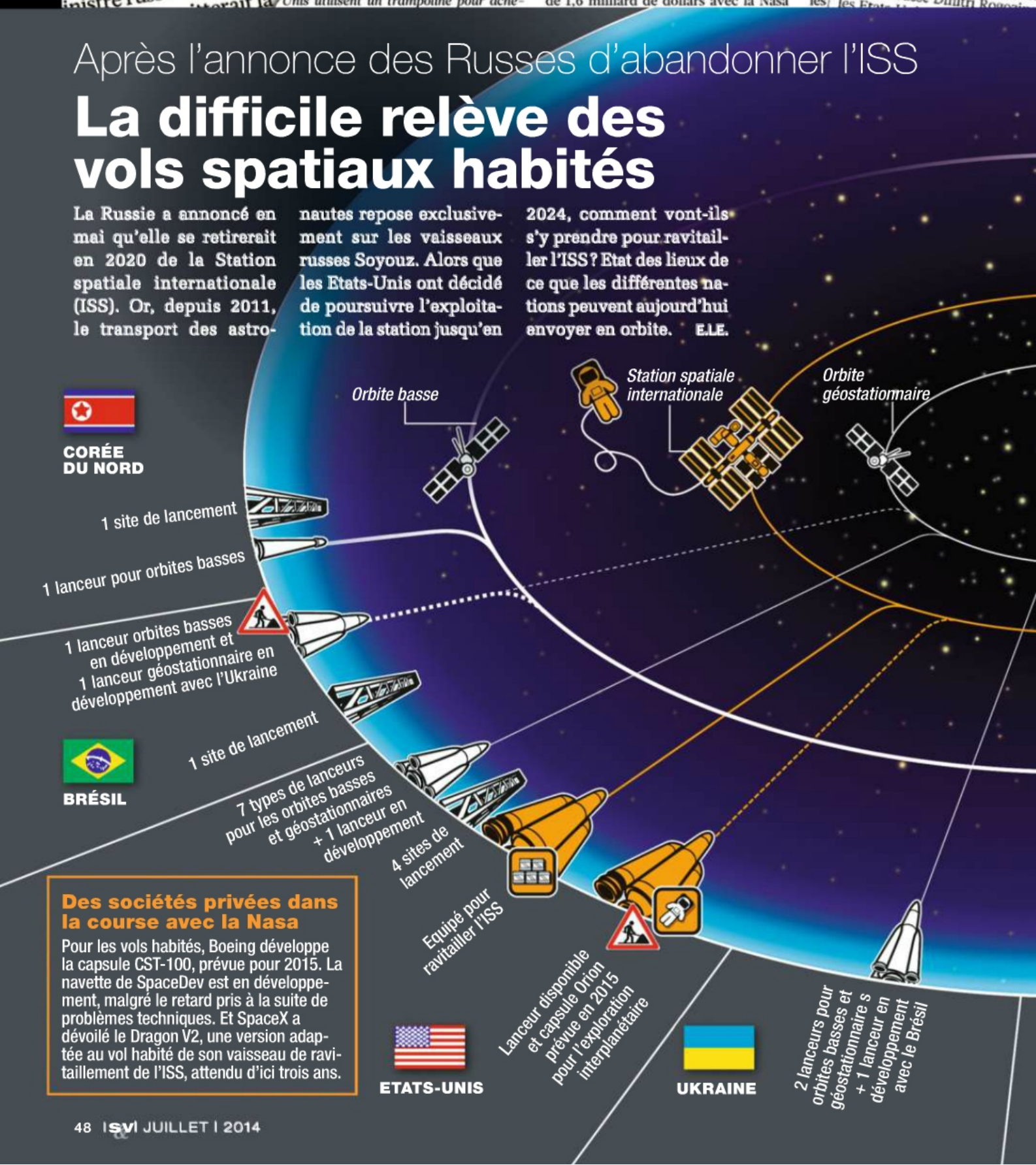
Ukraine : les Russes menacent l'ISS

LA TRÊVE des étoiles semble terminée. Selon le vice-Premier ministre russe Dmitri Rogozin

Après l'annonce des Russes d'abandonner l'ISS

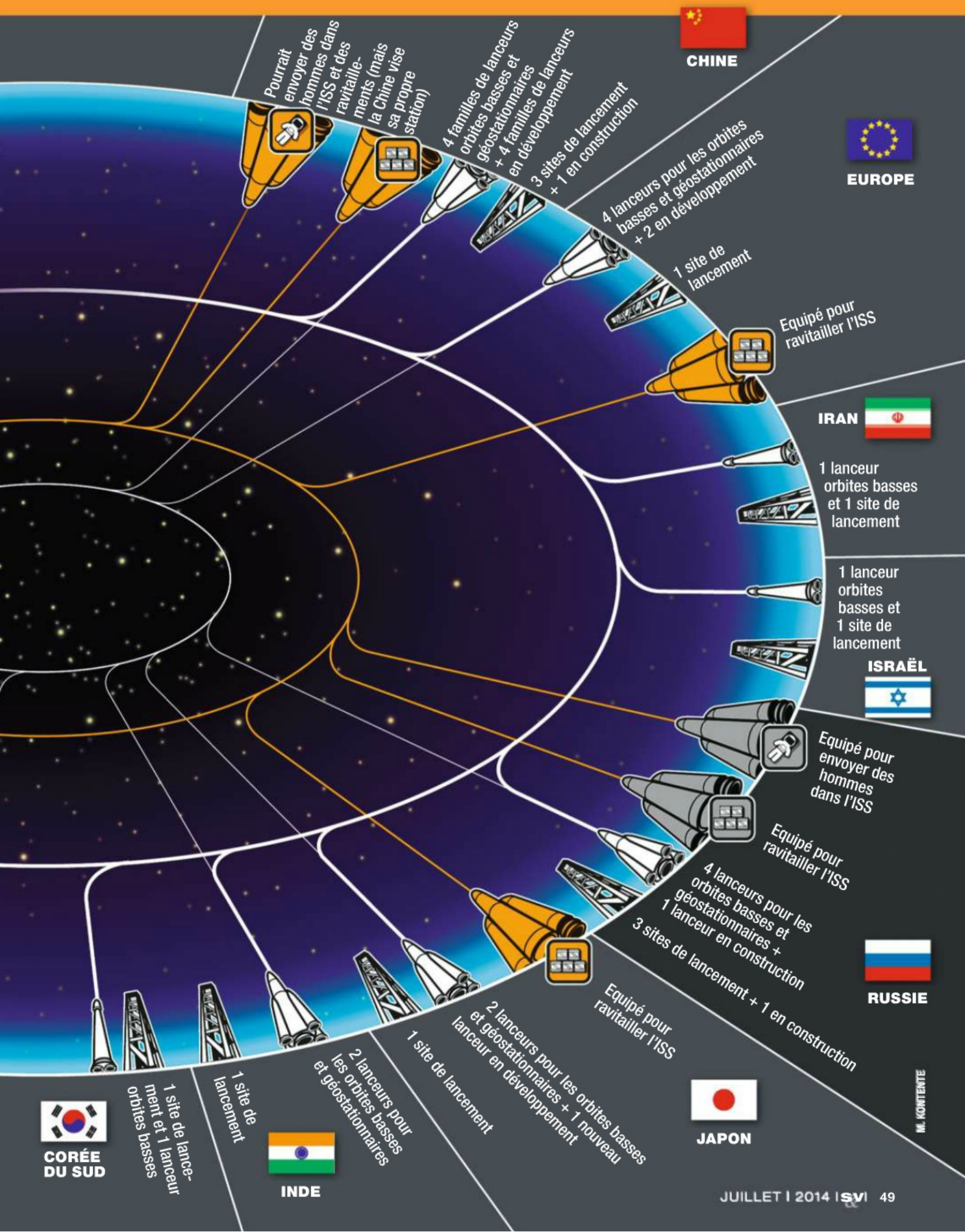
La difficile relève des vols spatiaux habités

La Russie a annoncé en mai qu'elle se retirerait en 2020 de la Station spatiale internationale (ISS). Or, depuis 2011, le transport des astronautes repose exclusivement sur les vaisseaux russes Soyouz. Alors que les Etats-Unis ont décidé de poursuivre l'exploitation de la station jusqu'en 2024, comment vont-ils s'y prendre pour ravitailler l'ISS ? Etat des lieux de ce que les différentes nations peuvent aujourd'hui envoyer en orbite. E.LE.



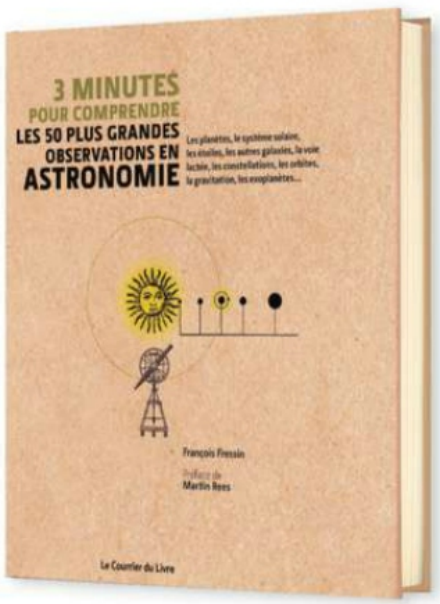
Des sociétés privées dans la course avec la Nasa

Pour les vols habités, Boeing développe la capsule CST-100, prévue pour 2015. La navette de SpaceDev est en développement, malgré le retard pris à la suite de problèmes techniques. Et SpaceX a dévoilé le Dragon V2, une version adaptée au vol habité de son vaisseau de ravitaillement de l'ISS, attendu d'ici trois ans.


CHINE
Pourrait envoyer des hommes dans l'ISS et des ravitaille-ments (mais la Chine vise sa propre station)
4 familles de lanceurs orbites basses et géostationnaires + 4 familles de lanceurs en développement
3 sites de lancement + 1 en construction
EUROPE
4 lanceurs pour les orbites basses et géostationnaires + 2 en développement
1 site de lancement
Equipé pour ravitailler l'ISS
IRAN
1 lanceur orbites basses et 1 site de lancement
ISRAËL
1 lanceur orbites basses et 1 site de lancement
Equipé pour envoyer des hommes dans l'ISS
Equipé pour ravitailler l'ISS
4 lanceurs pour les orbites basses et géostationnaires + 1 lanceur en construction
3 sites de lancement + 1 en construction
RUSSIE
Equipé pour ravitailler l'ISS
2 lanceurs pour les orbites basses et géostationnaires + 1 nouveau lanceur en développement
1 site de lancement
JAPON
2 lanceurs pour les orbites basses et géostationnaires
1 site de lancement
INDE
1 site de lance-ment et 1 lanceur orbites basses
CORÉE DU SUD
M. KONTENTE

www.laboutiquesscienceetvie.com

Visuels non contractuels



Une petite mise au point astronomique ?

Rien de tel que cet ouvrage de vulgarisation intelligente pour mettre à jour ses connaissances en astronomie. Retrouvez 50 grandes observations astronomiques clairement expliquées et les fiches profils des plus grands scientifiques en ce domaine.

3 minutes pour comprendre les 50 plus grandes observations en Astronomie - 18 €

DIM. 19 X 24 CM. 160 PAGES. COURRIER DU LIVRE.

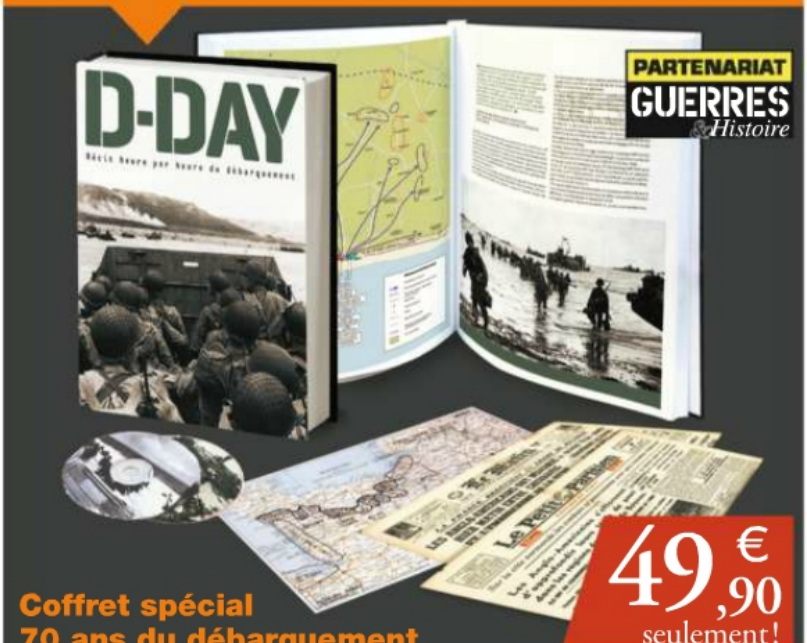
Convertissez vos chaînes hi-fi en haut-parleur sans fil Bluetooth® !

Branchez cet adaptateur Bluetooth® très simple d'utilisation sur la prise jack ou USB de votre chaîne hi-fi ou de votre autoradio pour écouter la musique stockée sur vos appareils mobiles équipés de la technologie Bluetooth® : téléphone, tablettes tactile, smartphone, iPhone, iPad, iPod…

Adaptateur Bluetooth®

INCLUS : CÂBLE DOUBLE JACK FEMELLE ET CÂBLE USB.

ÉVÉNEMENT D-DAY 1944-2014



49,90 € seulement !

FRAIS D'ENVOI OFFERTS

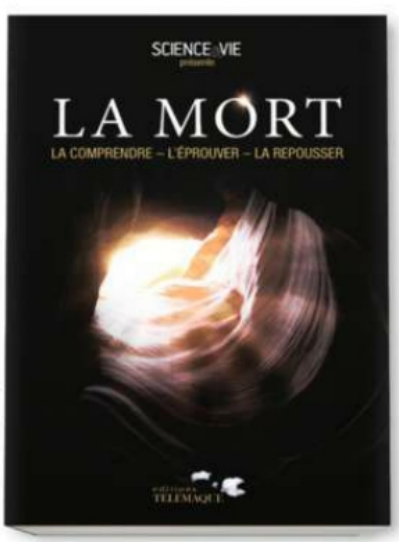
Coffret spécial 70 ans du débarquement

Ce superbe coffret comprend un livre exceptionnel réalisé en partenariat avec *Guerres & Histoire* avec plus d'une centaine d'images (dont des clichés mythiques de *Robert Capa*), 2 DVD : La Lumière de l'aube (2014) et Les Grandes Batailles – Normandie (1944), 2 fac-similés des unes de journaux d'époque et 1 reproduction d'une carte du débarquement sur les plages de Normandie.

Coffret D-Day

LIVRE : 144 PAGES, FORMAT 28 X 25,5 CM. 2 DVD : 2 X 90 MIN. 2 FAC-SIMILÉS. ÉDITION *GUERRES & HISTOIRE*.

LE MEILLEUR DE SCIENCE & VIE



La mort vue sous un éclairage scientifique

Raisons de notre vieillissement, phénomène des expériences de mort imminente, découvertes réalisées et à venir pour la repousser… Retrouvez tout l'éclairage de la rédaction *Science & Vie* sur ce sujet immortel !

La mort, la comprendre, l'éprouver, la repousser

DIM. 15 X 21,5 CM. 224 PAGES COULEURS.
COÉDITION *SCIENCE & VIE* ET TÉLÉMAQUE.

Prix public : ~~22 €~~
20,90 € seulement

RÉDUCTION SPÉCIALE -5%

La Boutique SCIENCE&VIE

www.laboutiquescienceetvie.com

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

Le télescope pour tout voir dans le ciel !

Idéal pour les astronomes amateurs, ce télescope permet de voir tous les objets : planètes, galaxies, nébuleuses. Avec un miroir primaire de 200 mm, il récolte en effet 78 % de lumière supplémentaire par rapport à un télescope de 150 mm.

Télescope Newton SkyWatcher Black Diamond 200 mm f/5

Longueur Focale : 1000 mm - Pouvoir de résolution : 0,6" - Magnitude limite : 14,2 - Tube en aluminium - Dim. : 24 (diam.) x 92 cm - Porte oculaire 50,8 mm - Monture motorisable en option - Trépied acier chromé réglable. 2 oculaires, 1 chercheur inclus !

Pour organiser la livraison, merci d'indiquer votre téléphone.

LE TÉLÉSCOPE NEWTON 539 € seulement

2 oculaires, 1 chercheur et 1 Barlow inclus !

FRAIS D'ENVOI TRANSPORTEUR OFFERTS

Un télescope spécial débutant d'excellente qualité !

Avec un miroir primaire de 130 mm, ce télescope permet de débuter sérieusement grâce à sa capacité à récolter 30 % de lumière en plus qu'un télescope de base (114 mm). Il permet de voir Jupiter, Saturne, la Lune et même des objets moins brillants (galaxies / nébuleuses) !

Télescope Newton SkyWatcher 130 mm f/6.9

Longueur Focale : 900 mm - Pouvoir de résolution : 0,9" - Magnitude limite : 13,3 - Tube en aluminium - Monture motorisable en option - Dim. : 17 (diam.) x 83 cm. Porte oculaire 31,75 mm - Trépied aluminium réglable.

PAIEMENT 3 x SANS FRAIS

LIVRAISON RAPIDE COLISSIMO OFFERTE

LE TÉLÉSCOPE NEWTON 199 € seulement

POUR COMMANDER ET S'INFORMER

www.laboutiquescienceetvie.com
Exclusivité Internet : Livraison en Points Relais®

Renvoyez le bon de commande avec votre règlement à
La Boutique SCIENCE & VIE - CS 30 271 - 27 092 ÉVREUX CEDEX 9

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

BON DE COMMANDE

À RENVOYER DANS UNE ENVELOPPE AFFRANCHIE AVEC VOTRE RÈGLEMENT À :
LA BOUTIQUE SCIENCE & VIE - CS 30 271 - 27 092 ÉVREUX CEDEX 9

Articles	Réf.	Quantité	Prix	Sous-total
Livre **3 minutes pour comprendre l'astronomie**	374.892	x	18 €	= €
Adaptateur **Bluetooth®**	380.881	x	29,90 €	= €
Livre **La Mort**	371.559	x	20,80 €	= €
Coffret Livre **D-Day le débarquement**	379.792	x	49,90 €	= €
Télescope **130 mm SkyWatcher**	360.149	x	199 €	= €
Télescope **200 mm SkyWatcher Black Diamond**	360.826	x	539 €	= €
			SOUS-TOTAL	€

FRAIS D'ENVOI (cocher la case de votre choix)

Frais d'envoi offerts dès 39 € de commande !

☐ Envoi normal	6,90 €
☐ Ma commande atteint 39 € Envoi Colléco	GRATUIT
☐ Livraison rapide Colissimo	7,80 €
☐ Ma commande atteint 75 € Livraison rapide Colissimo*	GRATUIT
TOTAL	€

Offres valables en France métropolitaine uniquement dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 30/09/2014. 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 L121-20 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 descellés. 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'accès 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 ☐.

> Mes coordonnées

CODE AVANTAGE : 308 221

☐ M. ☐ Mme ☐ Mlle

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Complément d'adresse (résidence, lieu-dit, bâtiment) _____

CP |_|_|_|_|_| Ville _____

Tél. _____

Grâce à votre N° de téléphone (portable) nous pourrons 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 joins mon chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE

Je règle par carte bancaire

PAIEMENT 3 x SANS FRAIS

☐ Je règle en 1 fois la totalité de ma commande

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

Carte bancaire N° |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_|

Expire fin : |_|_| / |_|_|

Cryptogramme |_|_|_|
Les 3 chiffres au dos de votre CB

Date et signature obligatoires

LA SCIENCE DES CAUCHEMARS

D'où ils viennent - Ce qu'ils disent de nous

Surprise : faire des cauchemars, c'est bien ! Mais qu'un cauchemar nous réveille, c'est qu'il a échoué dans sa tâche… Voici ce qu'ont découvert des neurobiologistes, dont les travaux révèlent enfin de quoi sont véritablement tissés nos "mauvais rêves". Et ce n'est pas tout ! Car quels sont nos pires cauchemars ? Que disent-ils de nous ? Et comment s'en débarrasser ? Réponses à suivre...

"La ruelle est sombre ; l'eau ruisselle des gouttières. Alors que j'accélère le pas, un homme en manteau noir accourt vers moi. Je veux m'enfuir, mais mes jambes se dérobent. L'eau colle sur mes semelles, tandis que l'intrus, au regard perçant la nuit, se rapproche en riant. Il a un couteau, j'en suis sûr. Il va frapper. Je veux crier ! Mais aucun son ne sort de ma bouche…"

Et pour cause : ce n'était qu'un cauchemar. Une expérience que tout le monde a vécue au moins une fois dans sa vie et qui vous réveille, en sueur, au milieu de la nuit.

Que sait la science du côté obscur de nos rêves ? Disons-le : longtemps, les cauchemars ont dérouté.

Le Moyen Age y voyait l'œuvre du diable. Puis les savants les ont d'abord considérés comme des épiphénomènes, des sous-produits de nos angoisses : traitons les causes de l'anxiété, et les cauchemars disparaîtront d'eux-mêmes, a dit la psychanalyse (lire la chronologie p. 58).

Au mieux, il s'agissait de les interpréter. Mais en aucun cas d'expliquer leurs mécanismes.

PAR EMMANUEL MONNIER

T.ROEPKE/CORBIS

Cette indifférence est terminée. Les lacunes sont en passe d'être comblées. *"Après une trentaine d'années où la recherche sur les rêves a stagné, tout a changé. A tel point qu'aujourd'hui, l'intérêt est plus fort que jamais"*, constate Tore Nielsen, qui dirige le Laboratoire des rêves et cauchemars de l'hôpital du Sacré-Cœur de Montréal (Canada), l'un de ceux – encore rares – à se consacrer exclusivement à l'étude scientifique de notre production onirique.

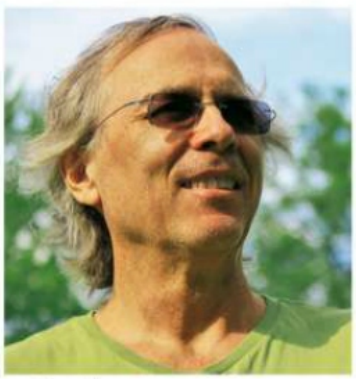
UNE VRAIE PATHOLOGIE

Un intérêt suscité d'abord par les preuves récentes, imagerie cérébrale à l'appui, que tous les rêves, agréables ou cauchemardesques, loin d'être inutiles, participent activement aux processus de mémoire et d'apprentissage.

Sachant que les cauchemars se doublent d'un autre enjeu : ils préoccupent vivement les psychiatres de l'armée américaine, qui ont vu revenir d'Irak et d'Afghanistan des cohortes de soldats traumatisés par ce qu'ils ont vécu et incapables, depuis, de retrouver un sommeil serein. Si bien que nos mauvais rêves sont, ces dernières années, devenus un sujet de recherche à part entière. *"Les cauchemars sont de plus en plus considérés par les cliniciens comme une vraie pathologie"*, observe Tore Nielsen. *"On les prend enfin au sérieux, comme un problème qui perturbe des personnes qui ont besoin d'aide"*, renchérit Antonio Zadra, du département de psychologie de l'université de Montréal.

Des travaux commencent à montrer qu'ils seraient liés à des troubles mentaux, comme la dépression ou la schizophrénie (voir la troisième partie de ce dossier). D'où l'intérêt, y compris en termes de santé publique, de les comprendre pour mieux les vaincre.

Deux questions, notamment, mobilisent les chercheurs. Quelle fonction

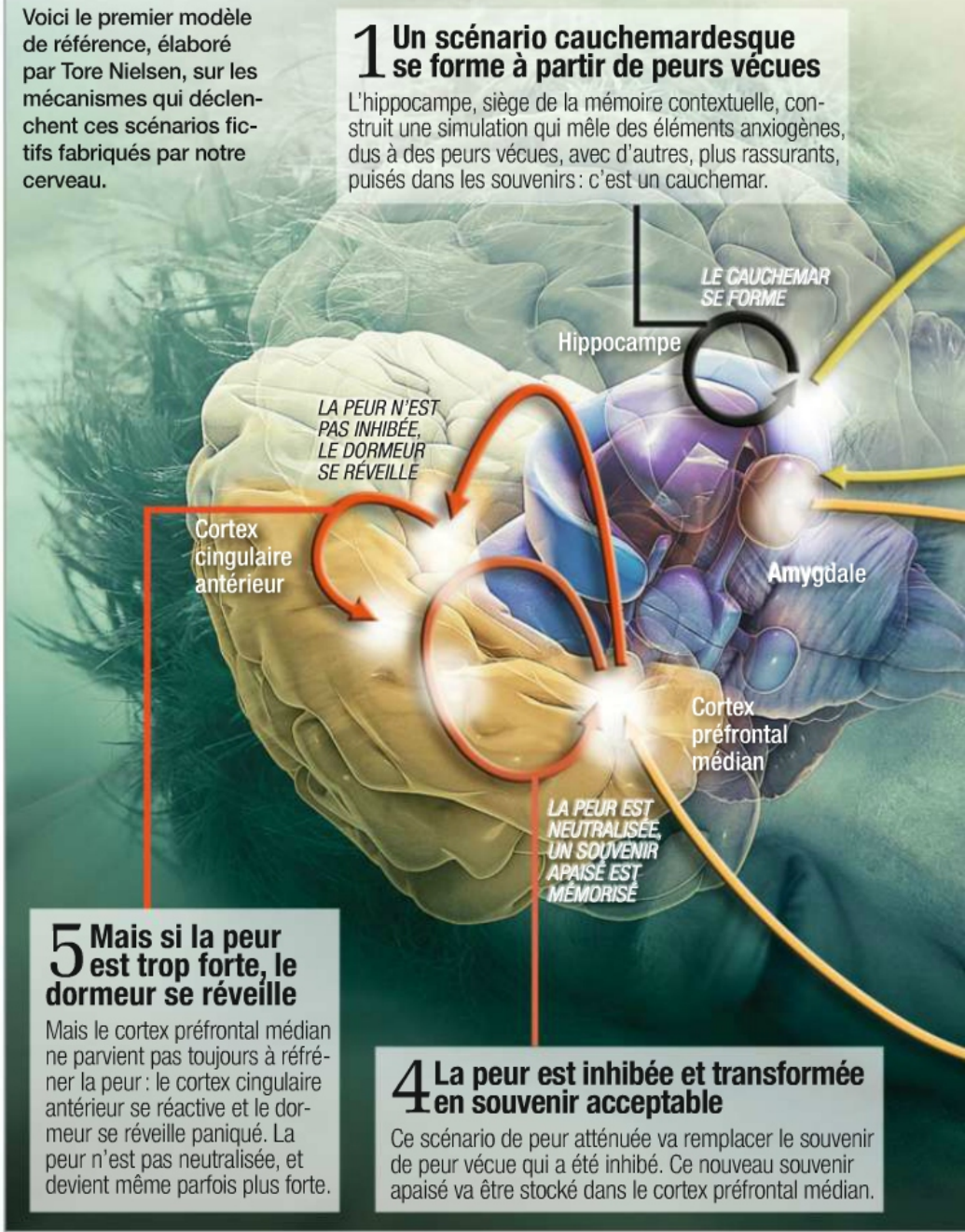


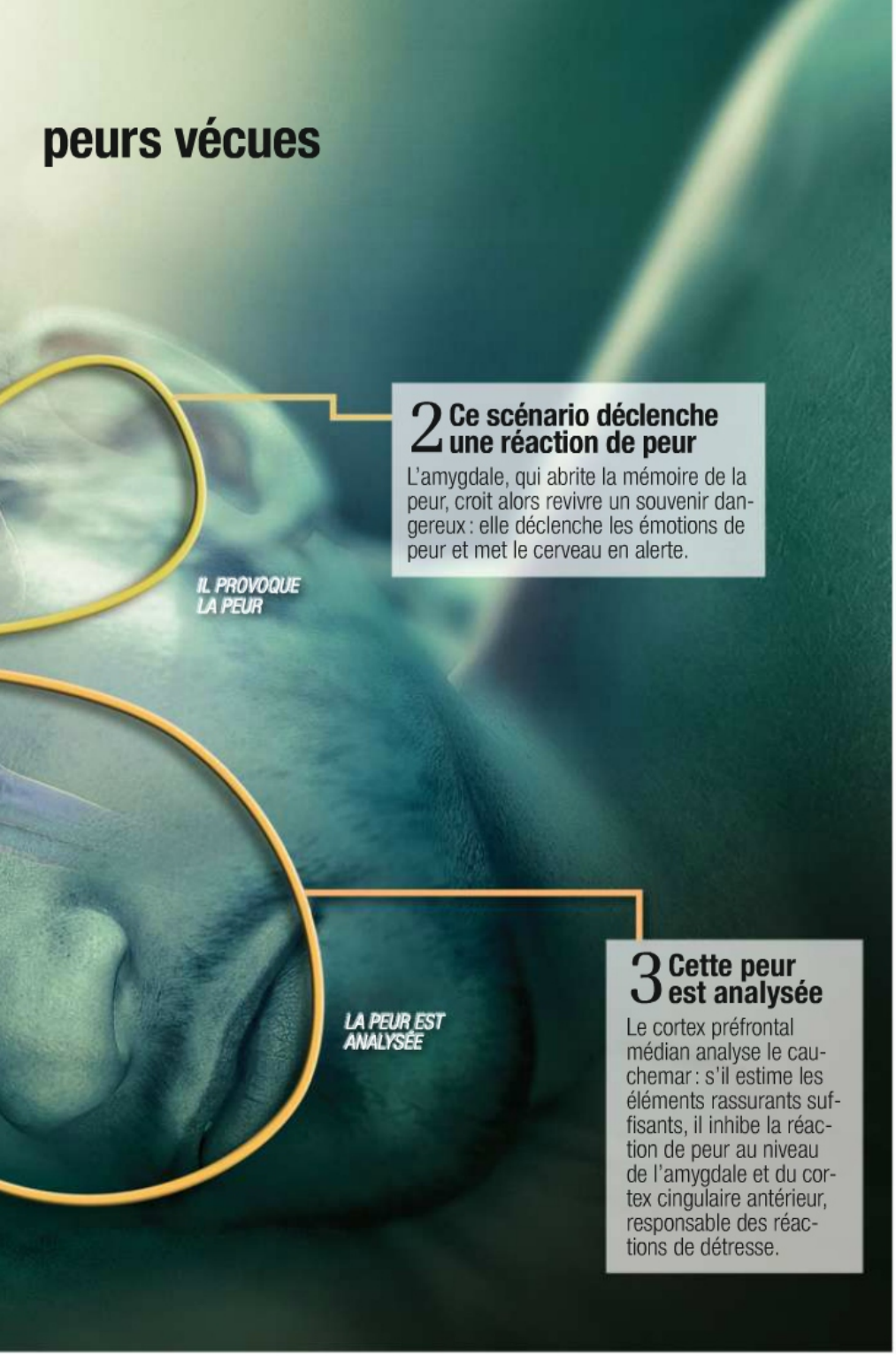
TORE **NIELSEN**
Psychologue, hôpital du Sacré-Cœur de Montréal (Canada)

Le cauchemar est un mécanisme primordial qui permet d'atténuer nos peurs et de les dominer

Le cauchemar, machine à apprivoiser nos

Voici le premier modèle de référence, élaboré par Tore Nielsen, sur les mécanismes qui déclenchent ces scénarios fictifs fabriqués par notre cerveau.





M.SAEMANN - DR

remplissent les cauchemars ? Comment sont-ils créés dans le cerveau ?

C'est pour y voir plus clair que Tore Nielsen a entrepris, au milieu des années 2000, de réunir l'ensemble des données disponibles, que ce soit en psychologie, en sciences cognitives et en neurobiologie. Connaissances fondamentales acquises sur les circuits cérébraux et récits de milliers de dormeurs sujets aux cauchemars ont été compilés, analysés, décortiqués.

A la clé ? Le premier modèle neuropsychologique du cauchemar, comme il existe un schéma général de la faim ou du plaisir. Pour la première fois, la science est en mesure de proposer une théorie qui, tout en rendant compte des observations de dormeurs sujets aux cauchemars, propose une mécanique cérébrale précise de nos mauvais rêves (voir l'infographie ci-dessus).

Convaincant, étayé, ce modèle s'impose d'ores et déjà au sein

DE NOMBREUSES TERREURS PERTURBENT NOS NUITS

Les mauvais rêves, porteurs d'émotions négatives, assimilés couramment aux cauchemars, sont qualifiés *stricto sensu* de cauchemars par les chercheurs quand le dormeur est si perturbé qu'il peut se réveille. Autre cas distinct : les "hallucinations hypnagogiques". Elles sont souvent plus angoissantes, car perçues comme plus réelles : le dormeur est plus proche du réveil (elles surviennent au tout début de l'endormissement). Elles peuvent s'accompagner d'une impression de paralysie : le dormeur ne peut ni bouger ni appeler à l'aide. Des sensations que l'on retrouve dans la paralysie du sommeil proprement dite, durant laquelle les muscles sont paralysés mais le sujet encore conscient. Des phénomènes plus fréquents après une période de privation de sommeil. Autre confusion fréquente : les "terreurs nocturnes", en début de nuit, durant les phases de sommeil profond. Fréquentes chez les jeunes enfants, elles se manifestent aussi par un réveil très brusque, souvent accompagné d'un cri, d'une peur intense, avec une respiration rapide, l'impression d'étouffer et un état de confusion extrême qui ne se dissipe qu'après plusieurs dizaines de secondes, mais sans un souvenir aussi structuré, que dans le cas d'un cauchemar. Leur fonction serait plus physiologique : elles viseraient à empêcher le dormeur de sombrer dans un sommeil trop profond.

de la communauté des chercheurs comme une référence, devant deux principales autres théories toujours en vogue, mais moins argumentées.

La première, celle d'Antti Revonsuo, au Centre des neurosciences cognitives de l'université de Turku, en Finlande, considère les cauchemars comme un processus favorisé par la sélection naturelle dans l'évolution des mammifères. Les nuits auraient été, pour les premiers hommes, un terrain d'entraînement virtuel où ils auraient appris de nouvelles façons de se défendre.

En écho à ce lointain passé, les cauchemars des dormeurs d'aujourd'hui permettraient de simuler durant la nuit différents dangers potentiels et de s'y préparer. D'où la récurrence des scènes de traques ou de catastrophes naturelles. *"Ce modèle n'est pas contradictoire avec le mien,* analyse Tore Nielsen. *Mais la proportion de cauchemars qui démontrent une vraie valeur adaptative est quand même très minime."*

UN MODÈLE THÉORIQUE GÉNÉRAL

L'autre théorie, en marge du modèle du chercheur, considère les cauchemars comme de simples artefacts sans signification, auxquels le cerveau essaierait ensuite, au réveil, de donner un sens. Cette explication permettrait de comprendre les cauchemars les plus bizarres, comme ceux qui accompagnent la sensation de ne pouvoir ni courir ni crier. Ceux-ci auraient alors une origine physiologique : la paralysie qui accompagne le corps durant les phases de sommeil paradoxal. Problème : elle n'explique pas la majorité des cauchemars "ordinaires".

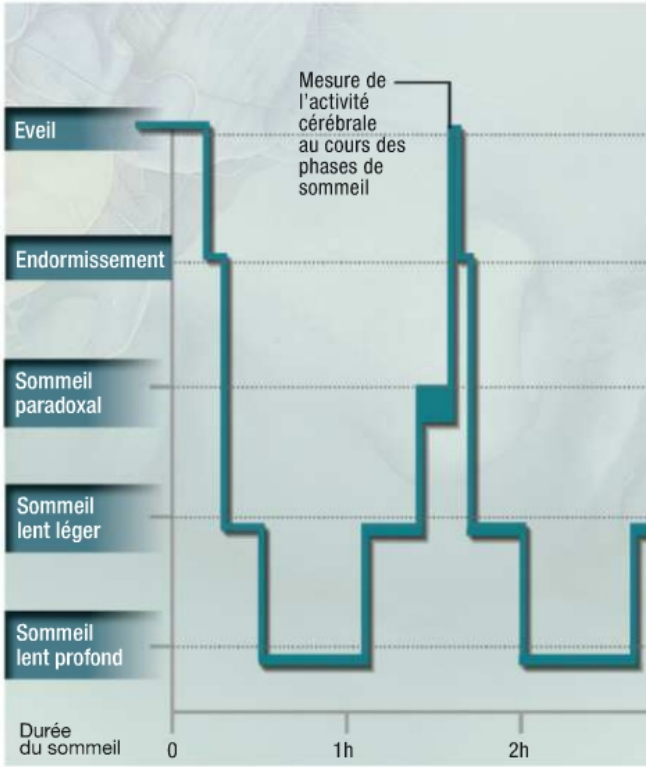
Or, et c'est le cœur du modèle de Tore Nielsen, si ceux-là sont si communs (voir "Tout le monde fait-il des cauchemars", p. 62), c'est, au contraire, parce qu'ils remplissent, selon lui, une fonction précise : celle de "duper" notre cerveau émotionnel, en réécrivant les souvenirs de nos peurs les plus perturbantes pour, *in fine,* les neutraliser.

Autrement dit, les cauchemars ne seraient pas l'expression affolée de nos peurs enfouies, mais le moyen qu'utilise le cerveau pour s'en débarrasser. Un mécanisme cérébral de défense, en quelque sorte. Et le modèle de Tore Nielsen décrit justement les rouages de ce mécanisme.

Marcher seul, la nuit, dans un parking souterrain, pédaler au milieu d'un boulevard encombré, se présenter à un examen sans avoir révisé, se disputer avec son conjoint ou contester un supérieur colérique : le cerveau perçoit que toutes ces situations sont dangereuses. Qu'elles se reproduisent et, peu à peu, il y réagira de façon quasi automatique par une sensation de peur : tel le chien de Pavlov qui salive lorsque la cloche annonce son repas, le corps se prépare immédiatement au combat ou à la fuite (accélération cardiaque, sudation…) dès qu'un

LES CAUCHEMARS SE FORMENT DURANT LE SOMMEIL PARADOXAL

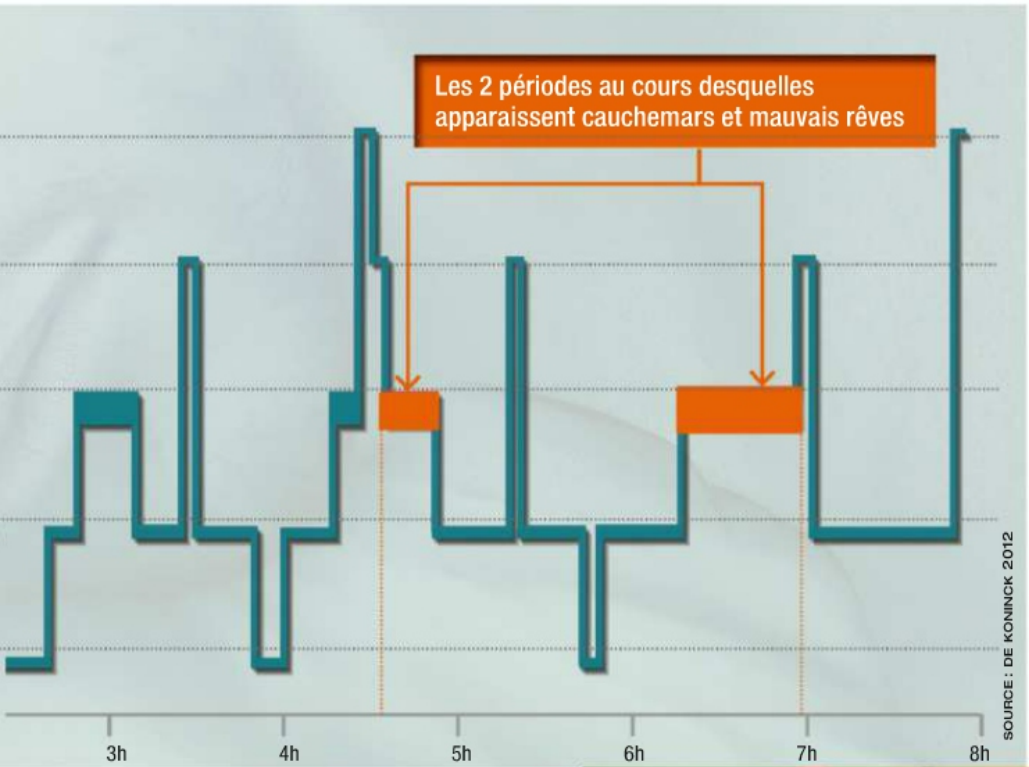
Lors d'une nuit typique, une personne bien portante (ici, la courbe d'activité d'un jeune adulte) connaît de grandes phases de sommeil : un sommeil lent, plus ou moins profond, et un sommeil paradoxal. Chaque stade est caractéristique d'une activité cérébrale facilement identifiable sur un encéphalogramme. Si cette activité diminue à mesure que le sommeil se fait plus profond, lors du sommeil paradoxal, en revanche, le cerveau est en pleine activité. C'est donc surtout à ce moment-là, et en deuxième partie de nuit, que surviennent les cauchemars.

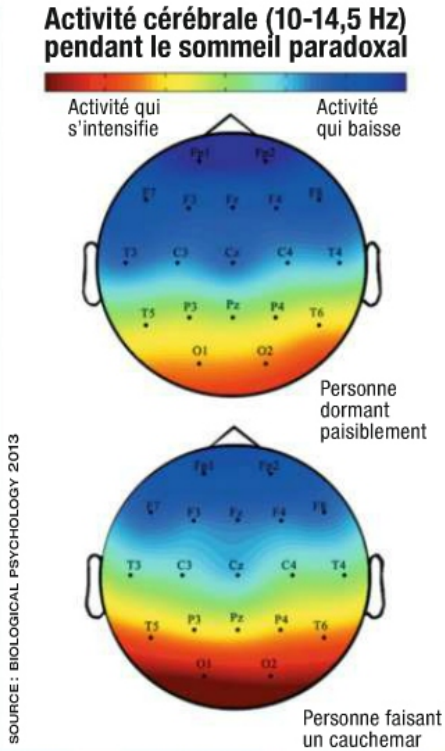


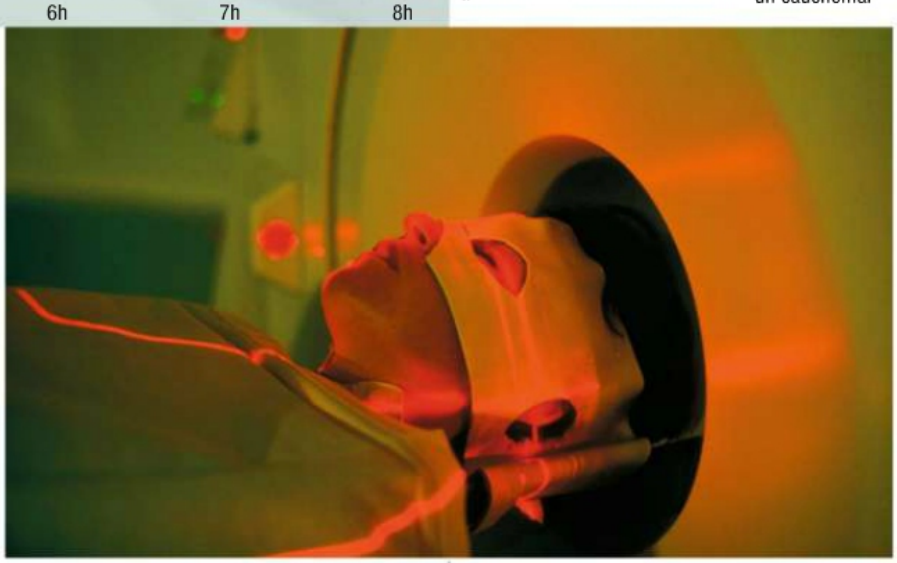
ANTONIO **ZADRA**

Département de psychologie de l'université de Montréal (Canada)

On prend enfin les cauchemars comme un problème sérieux dont des gens souffrent







M.KONTENTE - DR - H.MORGAN/MEDIA FOR MEDICAL - P.SIMOR ET AL

stimulus enregistré comme dangereux est repéré.

"C'est un mécanisme primordial chez tous les mammifères car il permet de survivre dans des milieux hostiles", explique Tore Nielsen. Stockées dans les circuits d'une petite région du cerveau appelée amygdale, ces "mémoires de peur" se créent très rapidement et de façon durable.

"Mais toutes ne sont pas à garder. Certaines se révèlent inadaptées, voire handicapantes sur le long terme, et il faut donc un mécanisme qui fasse le tri. Car pour survivre, il faut non seulement apprendre mais aussi désapprendre rapidement, poursuit le chercheur. *Et c'est là que les cauchemars interviennent. Ils créent un scénario fictif qui mélange les éléments anxiogènes stockés dans notre mémoire de peur à d'autres, plus rassurants, puisés dans nos autres souvenirs."* Un peu comme on met de l'eau dans son vin…

Dans le détail, ce travail de simulation serait initié par un organe dont le rôle central dans la mémoire est bien connu : l'hippocampe, une structure cérébrale nichée au cœur du cerveau. C'est en son sein que se créerait le scénario fictif, à la fois criant de réalisme et incohérent. Scénario effrayant, certes, mais échappant au radar de la logique. Car pendant le sommeil, le cortex frontal, la région de notre cerveau qui analyse et détecte les invraisemblances, est désactivé. Mais pas l'amygdale, où loge justement notre mémoire de peur. Du coup, celle-ci se trouve bernée : croyant revivre un souvenir dangereux, elle déclenche chez le dormeur les émotions de peur typiques des cauchemars.

Sauf que les éléments étrangers, voire totalement loufoques introduits dans le scénario par l'hippocampe, rendent l'expérience moins angoissante que le souvenir originel : les souvenirs de peur initialement stockés dans l'amygdale s'émoussent et se transforment en mémoires de peur atténuées, lesquelles siègent alors dans une autre zone : le cortex préfrontal médian.

En un mot : en cauchemardant, le cerveau transforme nos grandes terreurs diurnes en petites frayeurs

De nouveaux outils (ici, un PETscan) permettent de suivre l'activité du cerveau en fonction des différentes phases de sommeil.

nocturnes. Un jeu tout sauf anodin, car *"le réalisme de la simulation permet au cerveau de travailler comme s'il était réveillé, et d'effectuer des processus aussi efficaces qu'à l'éveil pour dominer sa peur"*, explique Tore Nielsen. Et ça marche ! Au fil des nuits, les véritables peurs de l'individu s'atténuent, celui-ci parvenant à les maîtriser pendant son sommeil.

UN MÉCANISME DE DÉFENSE

De ce mécanisme, le chercheur n'a pas de témoignage direct. Mais la connaissance aujourd'hui précise des circuits cérébraux impliqués – le rôle de l'hippocampe dans les remaniements de la mémoire, celui de l'amygdale dans les émotions – et, surtout, ce que révèlent les témoignages des volontaires livrant le récit de leur cauchemar, tout concorde.

Des patients souffrant de cauchemars se pressent dans son laboratoire : *"Ils nous racontent des cauchemars dans lesquels ils ont contourné les événements pour le mieux. Et on voit dans un seul de leurs rêves, dans le récit qu'ils en font, tout le processus d'activation des éléments de peur, la réaction, la récurrence d'un motif, puis un changement où le patient devient soudain capable de triompher du danger, de maîtriser enfin sa peur ; à terme, ils arrivent à une résolution acceptable."* Dans la plupart des cauchemars, l'agresseur est finalement neutralisé, l'incendie éteint par une pluie providentielle, la noyade évitée par une bouée inespérée…

Il est impossible d'observer un cauchemar en laboratoire : les patients s'y sentent trop rassurés

Parfois, pourtant, la machine s'emballe et le cauchemar échoue dans sa tentative d'apaiser les peurs de l'individu. Trop de stress emmagasiné ? Un dormeur particulièrement anxieux ? Des souvenirs trop intenses, traumatisants ? Le cortex préfrontal médian ne parvient plus à réfréner la peur qui devient hors de contrôle. Les éléments fantaisistes introduits n'ont pas suffi, la mémoire de peur continue, lancée sur ses rails. Et le dormeur se réveille dans un état de panique – au risque que tout le travail d'extinction des peurs mené durant la nuit s'anéantisse, voire, dans les cas traumatiques (lire p. 64), que la peur soit renforcée.

Voilà peut-être le plus surprenant dans ce circuit du cauchemar : quand il provoque le réveil, c'est qu'il vient d'échouer à neutraliser une mémoire de peur trop solidement ancrée. Et le retour à la réalité se fait avec la peur toujours chevillée à la mémoire.

Pourquoi la fonction d'apaisement des peurs a-t-elle échoué ? Quelles sont les régions cérébrales qui ont fait défaut ? Difficile de répondre. En effet, si les neurosciences disposent de moyens d'investigation inédits (scanner, IRM…) qui permettent de voir de plus en plus précisément quelles régions cérébrales s'activent durant les phases de sommeil paradoxal, où une intense activité cérébrale contraste avec un repos presque total du corps et au cours desquelles se produirait l'essentiel de nos rêves, *"dès qu'on fait dormir en laboratoire des personnes qui souffrent de cauchemars, elles n'en font presque plus"*, relèvent en chœur Tore Nielsen et Joseph De Koninck, professeur émérite de psychologie à l'université d'Ottawa, spécialiste du sommeil et des rêves. Et nul ne sait pourquoi…

A CHAQUE ÉPOQUE SON CAUCHEMAR…

Antiquité

Une affaire d'indigestion

Les médecins de l'Antiquité voyaient dans les mauvais rêves un symptôme pouvant annoncer une maladie grave, comme l'épilepsie. Plus rassurant, Hippocrate attribuait la sensation de malaise qui l'accompagne à une simple indigestion.

Moyen Age

L'œuvre du diable

La sensation d'étouffement souvent provoquée par le cauchemar était imputée à un être diabolique. La croyance populaire invoquait alors un cheval qui, revenant du monde des morts, profitait de la nuit pour écraser sa victime. D'où le terme "cauchemar" : de *cauche*, forme romane du latin *calcare*, "fouler", et *mahr*, "fantôme à cheval" en germain.

LEEMAGE - IMAGNO/ROGER-VIOLLET - C.T. NOWITZ/MEDIA FOR MEDICAL

1815

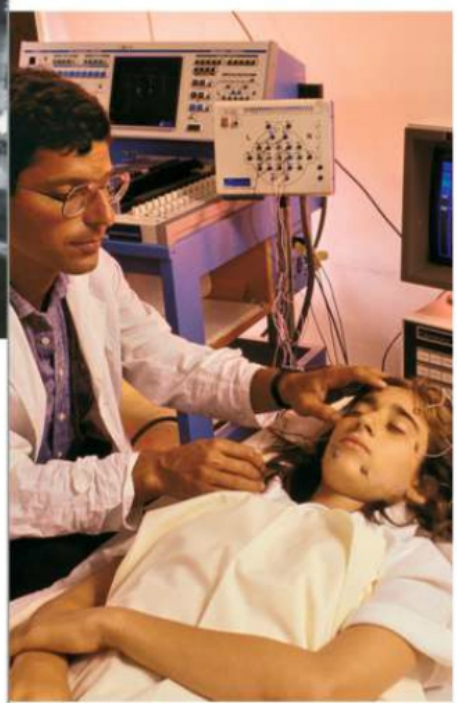
Le cauchemar devient un sujet d'étude

Le Français Louis Dubosquet publia cette année-là *Dissertation sur le cauchemar*, la première thèse de médecine consacrée à ce sujet.

1900

Un simple symptôme pour la psychanalyse

Dans *L'interprétation des rêves*, Freud inscrit le cauchemar dans le cadre général des rêves, dont la fonction serait d'accomplir les désirs inconscients du dormeur : l'anxiété créée par les pulsions libidinales serait traduite sous forme de métaphores pour empêcher qu'elle ne vienne réveiller le dormeur en accédant à sa conscience. Le cauchemar surviendrait quand ce rôle de protection échoue.



1990-2000

Un régulateur des émotions négatives

Pour le psychiatre américain Ernest Hartmann, les cauchemars créent de nouvelles associations afin de réguler les émotions négatives, d'atténuer un traumatisme en l'intégrant dans un nouveau réseau de connexions.

2014

Un sujet scientifique à part entière

Deux centres dans le monde se consacrent à l'étude expérimentale des cauchemars, au Canada et en Hongrie.

Voilà qui rend délicat l'amélioration du modèle des cauchemars. *"Les chances d'observer un cauchemar en laboratoire, avec toutes les mesures qu'il faut pour les comprendre, sont très minimes. On en est réduit à étudier le sommeil 'ordinaire' et, pour l'instant, on n'a pas trouvé de grande différence entre le sommeil typique d'un dormeur ordinaire* [qui fait environ un cauchemar par mois] *et celui d'une personne souffrant de cauchemars chroniques"*, se désespère Tore Nielsen.

UNE SCIENCE À SES DÉBUTS

Restent les ressources principales ayant nourri son modèle : ces récits que, chez lui, le dormeur consigne, à son réveil, dans un carnet. Pour comprendre, en particulier, comment un rêve anodin se transforme en cauchemar, les chercheurs analysent les éléments du récit, sa structure narrative, et comptent les mots pour déterminer à quel moment du rêve – premier tiers ? dernier quart ?… – celui-ci tourne subitement au vinaigre.

Ces souvenirs racontés présentent des limites : non seulement leur fiabilité ne peut être chiffrée, mais ils ne représentent que la partie émergée de l'iceberg. Car, comme un rêve ne peut être mémorisé consciemment que s'il survient lors d'une phase de réveil, la plupart des cauchemars qui ont rempli leur office – ils n'ont pas été assez perturbants pour réveiller, et se sont produits loin du réveil – échappent, de fait, à toute tentative de récit. Quant aux plus intenses, ceux qui activent des émotions assez fortes pour réveiller le dormeur, ils sont systématiquement recensés… Mais restent rares.

Pourquoi des personnes n'ayant apparemment vécu aucun traumatisme en font-elles beaucoup plus que d'autres ? Pourquoi le cauchemar échoue-t-il parfois à remplir son rôle d'atténuation de nos peurs ? *"Quelle en est la cause neurologique, quels circuits sont touchés par ce problème, voilà l'une des questions prioritaires aujourd'hui"*, souligne Tore Nielsen.

La science des cauchemars n'en est qu'à ses débuts. Mais des débuts déjà remarquables. D'autant qu'à côté de ce nouveau modèle de référence, des travaux, fondés cette fois sur des analyses statistiques et épidémiologiques (voir le deuxième article du dossier), entrouvrent encore un peu plus la porte derrière laquelle gémit ce qu'il y a d'apeuré en nous et qui ne trouve que la nuit pour tenter de se faire entendre.

CE QUE LES CAUCHEMARS DISENT DE NOUS

Quels cauchemars sont les plus fréquents ? Pourquoi ? A quel âge ?… Modèle théorique et bases statistiques apportent aujourd'hui des réponses. Avec des surprises à la clé.

Qui fait des cauchemars ? Quand ? Combien ? Qu'y a-t-il dedans ? Quelles émotions activent-ils ? Et comment la personnalité du rêveur intervient-elle ?

Pour mettre des chiffres précis sur nos angoisses, les chercheurs mobilisent des cohortes de dormeurs dont ils recueillent les rêves, avant de les analyser à l'aide des méthodes statistiques utilisées en épidémiologie.

Durant près de dix ans, Antonio Zadra, au Centre d'études avancées en médecine du sommeil de l'université de Montréal, a ainsi demandé à plus de 550 personnes de noter tous leurs rêves chaque jour au petit matin, pendant deux à cinq semaines.

Résultat : un corpus d'environ 10000 récits, dont 430 mauvais rêves et 250 cauchemars (définis par le chercheur comme des mauvais rêves si intenses qu'ils réveillent le dormeur).

Une manne onirique riche d'enseignements, qui a permis d'esquisser un premier panorama. Le cauchemar sort de la sphère individuelle pour entrer dans le monde de la science.

Et ce n'est qu'un début. Car les méthodes doivent encore être affinées. Il reste ainsi à distinguer, par exemple, les cauchemars idiopathiques (sans cause pathologique sous-jacente) de ceux post-traumatiques (directement reliés à un traumatisme vécu).

S'il reste beaucoup à faire, les bases statistiques et neurobiologiques (lire pages précédentes) d'une "science des cauchemars" sont aujourd'hui posées. Avec, à la clé, quelques révélations sur ce qui trouble autant nos nuits.

De quoi cauchemarde-t-on ?

"Le cauchemar de loin le plus commun est celui dans lequel on subit une agression physique", dévoile Antonio Zadra, au Centre d'études avancées en médecine du sommeil (Montréal). Souvent, cette agression est associée à une poursuite. Surtout chez les jeunes enfants, où l'on retrouve couramment la peur d'être mordu ou dévoré par un animal féroce. Des scénarios assez proches, finalement, de ceux qui structurent les films d'horreur.

Mais une analyse exhaustive révèle des résultats plus inattendus. Ainsi, la chute dans le vide, l'un des plus cités dans les questionnaires, n'est retrouvée que dans moins de 2 % des récits récoltés par le chercheur. L'évocation fréquente de ce thème serait donc surtout liée à sa capacité à marquer durablement les esprits.

Autre surprise : hommes et femmes ne rêvent pas des mêmes choses. Alors que monsieur se bat, souvent seul, contre des éléments déchaînés (séisme, inondation…) ou dans des scènes de guerre, madame se dispute avec sa famille ou ses collègues, se fait humilier ou tromper par son mari. Des trames narratives dans

PLAINPICTURE - CORBIS

LES 10 CAUCHEMARS QUI REVIENNENT LE PLUS
En demandant pendant dix ans à 550 personnes de noter chaque matin les rêves de la nuit écoulée, Antonio Zadra fournit enfin un panorama complet des thèmes qui hantent nos cauchemars.

lesquelles on retrouve les stéréotypes du cinéma, avec des films "masculins" centrés sur l'action et d'autres "féminins" où la dimension affective est plus saillante.

Plus surprenant, mais cohérent avec l'idée que les cauchemars servent à réguler nos peurs, environ un sur cinq se termine bien. *"A la fin, le rêveur est sauvé ou parvient à prendre le contrôle de la situation"*, constate Antonio Zadra, surpris par un taux aussi élevé puisque le cauchemar qui réveille le dormeur survient, en principe, quand la régulation de la peur a échoué (lire pages précédentes). Ce n'est donc pas seulement la peur qui réveillerait le dormeur, mais l'intensité émotionnelle.

L'éventail des émotions ressenties est d'ailleurs assez vaste : 55 % des mauvais rêves et 35 % des cauchemars sont dominés par une émotion principale autre que la peur : tristesse, colère, dégoût, frustration ou culpabilité.

Mais ces récits révèlent aussi que chacun possède son propre seuil de tolérance émotionnelle. *"La majorité des rêveurs se réveillent au moment crucial, lorsque l'ennemi va les tuer par exemple, parce que le seuil de tolérance qui les laisse endormis a été dépassé. Mais d'autres vont aller plus loin, se faire poignarder, vivre l'expérience de leur propre mort et voir leur corps tomber"*, constate le professeur québécois.

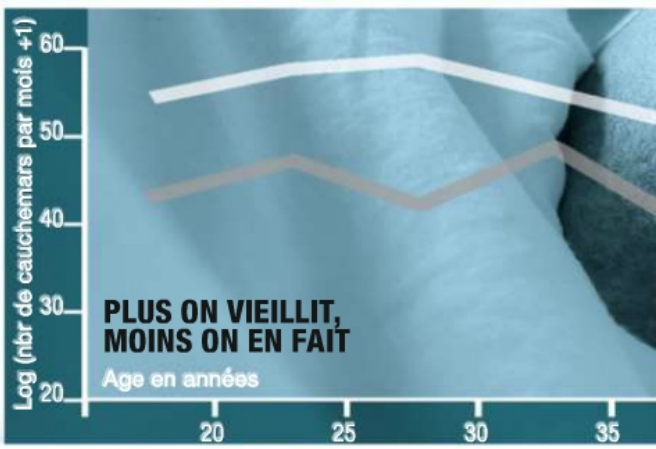
Qu'est-ce qui déclenche leur production ?

"La majorité des cauchemars débutent comme des rêves anodins", souligne Antonio Zadra, qui a fractionné les récits au prorata des mots utilisés par le rêveur pour les décrire afin d'identifier l'événement déclencheur. Lequel apparaît *"en général relativement clairement, car c'est de façon assez soudaine que le rêve vire au cauchemar"*.

Même si les chercheurs essaient d'établir un lien entre la vie onirique et la vie réelle vécue par le dormeur (déception amoureuse, échec professionnel...), difficile de savoir si le cauchemar résulte d'une accumulation de petits stress ou est déclenché par un événement majeur.

Sans surprise, les périodes de stress sont celles durant lesquelles on cauchemarde le plus. En particulier pour les enfants, chez qui le rituel du coucher a une influence. Une étude menée de 1998 à 2004 au Québec a montré qu'un enfant de 2-3 ans qui s'endort systématiquement avec un parent à ses côtés, ou en étant bercé, sera trois ans plus tard sujet à davantage de réveils nocturnes et de cauchemars que les enfants habitués à s'endormir seuls. En revanche, réconforter son enfant lorsqu'il se réveille la nuit, en le prenant avec soi dans le lit parental, diminuerait ensuite la fréquence des mauvais rêves.

Enfin, le manque de sommeil accentue lui aussi, lorsque l'organisme peut finalement récupérer, l'apparition de rêves désagréables.



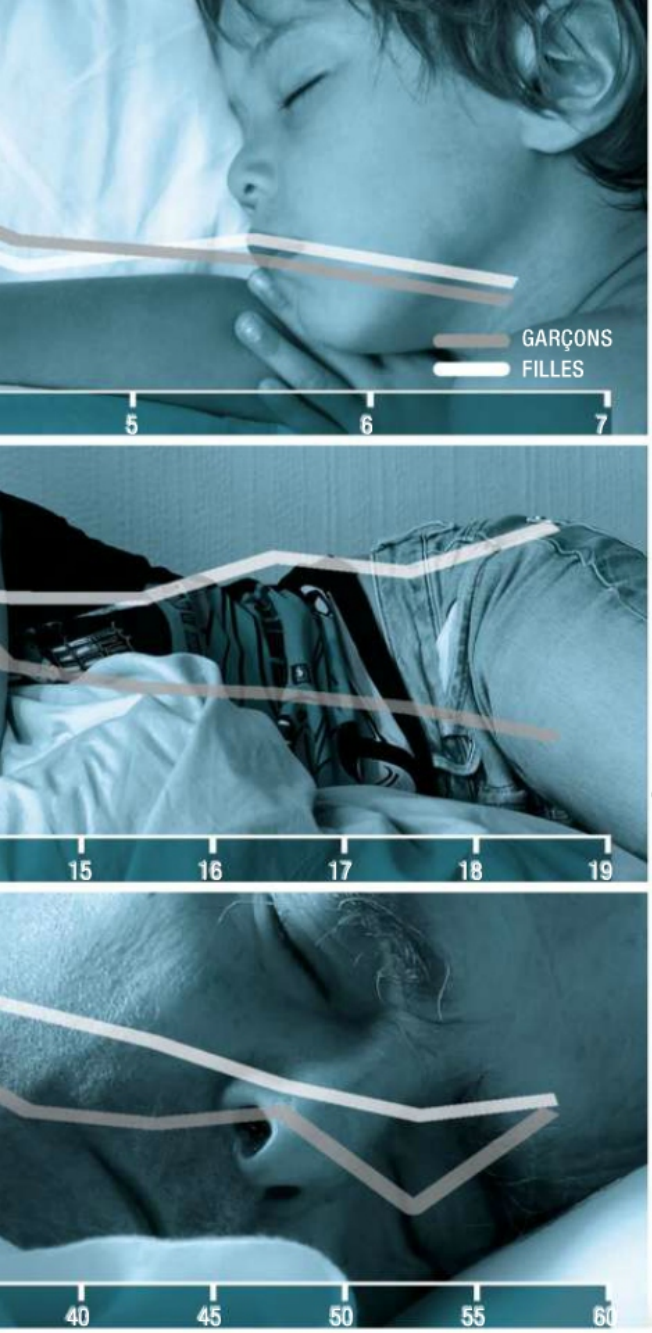
Tout le monde fait-il des cauchemars ?

Quasiment tout le monde, oui. Environ 98 % des adultes déclarent avoir déjà fait un cauchemar à une ou plusieurs occasions, et 85 % durant l'année écoulée. On peut donc considérer que le cauchemar est une expérience universelle, partagée par tous les êtres humains, quels que soient leur origine et leur milieu culturel.

C'est dès l'apparition du langage, peu après l'âge de 2 ans, que les premiers cauchemars sont rapportés, avec des chiffres qui diffèrent d'une étude à l'autre : le pourcentage d'élèves de maternelle faisant au moins un cauchemar par semaine varie ainsi de 2 à 13,5 %. Ils deviennent ensuite de plus en plus fréquents entre 5 et 10 ans, avec des cauchemars hebdomadaires pour 40 % des jeunes dormeurs. Un pic apparaît entre 7 et 9 ans : 90 % des enfants de cette tranche d'âge rapportent des cauchemars réguliers. Un phénomène qui se fait peu à peu plus rare à partir de 12-13 ans, principalement chez les garçons.

Ces chiffres de prévalence sont à prendre avec précaution, car il s'agit de cauchemars rapportés après le réveil. Or, les parents sont nombreux à confondre cauchemars et terreurs nocturnes, deux phénomènes très différents (voir p. 55), à ne pas toujours distinguer cauchemars et simples "mauvais rêves" qui, eux, ne provoquent pas le réveil, et surtout, ils ne mentionnent que les cauchemars que leurs enfants leur ont eux-mêmes rapportés.

Les enquêtes montrent néanmoins que les cauchemars sont beaucoup plus fréquents durant l'enfance et l'adolescence qu'à l'âge adulte, et qu'ils deviennent rares chez les personnes âgées.



SOURCE : "PRINCIPLES AND PRACTICE OF SLEEP MEDICINE" 5E ED., BY M.KRYGER, T.ROTH & W.DEMENT, 2011

Pourquoi certains scénarios sont-ils récurrents ?

Parce qu'ils échouent à remplir leur rôle d'extincteur d'une peur profondément ancrée, les cauchemars récurrents surviennent souvent – mais pas toujours – après un événement traumatisant. Et se renforcent d'autant plus que le rêveur s'évertue, au réveil, à les oublier : en perdant la possibilité de s'associer librement à d'autres souvenirs pour "se diluer", ces cauchemars incrustés finiraient par se mettre en quelque sorte "sur des rails".

Ils s'appuieraient sur ce que Victor Spoormaker, de l'Institut Max-Planck de psychiatrie allemand, appelle un "script", c'est-à-dire une séquence caractéristique d'événements, qui peuvent prendre des formes différentes mais reproduisent la même structure narrative, un élément entraînant automatiquement le suivant.

Dans un cauchemar de poursuite, par exemple, une première scène fait apparaître un personnage non familier, qui va, dans une deuxième scène, se rapprocher inéluctablement du dormeur. La scène suivante va alors créer une tension maximale, le dormeur se trouvant dans l'incapacité d'échapper à son agresseur – la raison variant d'une nuit à l'autre. Enfin, l'émotion provoquera le réveil. Une trame immuable mais modulée à l'infini, qui révèle l'immense créativité de notre cerveau lorsqu'il s'agit de jouer avec nos peurs.

Il est cependant important de noter que si tout le monde fait des cauchemars, la fréquence varie beaucoup d'une personne à l'autre : alors que 8 à 29 % des adultes rapportent faire au moins un cauchemar par mois, 2 à 6 % en font au moins un chaque semaine.

Pourquoi un tel écart ? Des prédispositions génétiques pourraient intervenir car on constate que les enfants qui font beaucoup de cauchemars ont souvent des parents qui, eux-mêmes, en font ou en faisaient beaucoup. Les études réalisées sur des jumeaux estiment entre 45 et 50 % la part imputable aux gènes chez les enfants, et de l'ordre de 37 % chez les adultes.

La personnalité, ensuite, compte beaucoup. *"Les personnes qui font beaucoup de cauchemars ont en général un tempérament plus anxieux, plus déprimé. Elles réagissent plus fortement aux stress quotidiens auxquels elles doivent faire face"*, observe Antonio Zadra. Pour le chercheur, le cauchemar est toujours à la conjonction de deux facteurs clés : un stress qui s'accumule d'un côté, et une tendance à l'anxiété de l'autre.

Les personnes présentant des troubles psychiatriques (psychoses, addictions, troubles névrotiques…) ont d'ailleurs une forte tendance à multiplier les cauchemars.

Les femmes, dès l'adolescence, en feraient également plus que les hommes. *"Peut-être parce qu'elles se souviennent simplement beaucoup mieux de leurs rêves*, avance prudemment Antonio Zadra. *Elles s'y intéressent en général plus que les hommes. A l'inverse, il est possible que ceux-ci ne veuillent pas admettre qu'ils font des cauchemars, de sorte qu'ils les minimisent. Enfin, l'anxiété et la dépression sont plus souvent diagnostiquées chez les femmes."* Selon le chercheur, les cauchemars pourraient donc être une manifestation clinique d'un trouble plus large rencontré plus fréquemment chez les femmes.

HARDY/ALTOPRESS/ANDIA - P.TERRAZ/SIGNATURES - B.TOPUZ/PLAINPICTURE

CAUCHEMARS : IL EST POSSIBLE D'EN GUÉRIR

Certains cauchemars sont aujourd'hui traités comme un dysfonctionnement à part entière. Contre les insomnies qu'ils provoquent, une thérapie existe, qui a déjà fait ses preuves.

Faire des cauchemars n'est plus une fatalité : il est possible de s'en débarrasser ! Et cela de façon relativement simple. Non qu'il ne faille plus cauchemarder : nos mauvais rêves peuvent avoir une fonction de régulation de nos peurs, qu'il s'agit de ne pas supprimer (voir la première partie du dossier). Mais, dans certains cas, les cauchemars prennent des proportions telles qu'un traitement s'impose. En réalité, ce ne sont pas tant les cauchemars en eux-mêmes ni leur fréquence qui posent problème, mais l'impact qu'ils ont sur le dormeur à son réveil.

Au département de psychologie de l'université de Montréal, Antonio Zadra reçoit des *"patients qui ne font qu'un cauchemar toutes les trois ou quatre semaines, mais qui en ressentent une immense détresse"*. A l'autre extrémité, d'autres personnes cauchemardent toutes les semaines, parfois même depuis qu'elles sont toutes jeunes, et n'y prêtent pas vraiment attention. Certaines disent même avoir l'impression que "cela leur fait du bien". Pour celles-là, le cauchemar remplit manifestement sa fonction d'apaiser les peurs enfouies en soi. Mais les autres ?

Le trouble principal associé au cauchemar est l'insomnie. Elle se met en place selon un cercle vicieux dont le point de départ est une série de cauchemars récurrents : effrayé, le mauvais rêveur n'ose plus se rendormir. Les heures passent, sans sommeil, qui augmentent au matin l'anxiété. Et avec elle, les risques de faire de nouveaux cauchemars la nuit suivante. Aller se coucher devient alors une épreuve redoutée.

JUSQU'À 80 % DE RÉUSSITE

L'insomnie chronique s'installe ainsi, entrecoupée de toujours plus de cauchemars. Environ 4 % des adultes souffriraient de ce trouble. Et davantage encore d'enfants et d'adolescents. *"Pour les cas pas trop sévères, on parvient aujourd'hui assez facilement à éliminer ces cauchemars. Il y a 30 ans, quand on n'avait que la psychanalyse, ça pouvait durer des années. Désormais, c'est une question de semaines"*, rassure Joseph De Koninck, spécialiste des rêves à l'université d'Ottawa (Canada).

Car depuis une dizaine d'années, une technique a pleinement prouvé son efficacité : l'IRT (Imagery Rehearsal Therapy, ou thérapie par répétition de l'imagerie mentale). Son principe rappelle le mécanisme de formation des mauvais rêves, celui-là même que le psychologue Tore Nielsen a modélisé à Montréal.

Dans les grandes lignes, l'IRT consiste en effet à faire accomplir au cerveau, pendant le jour, le travail que le cauchemar "utile", celui qui permet d'apprivoiser nos peurs, n'a pas réussi

Quand les cauchemars engendrent peur de s'endormir et insomnies, il faut les soigner

ANTONIO **ZADRA**
Département de psychologie de l'université de Montréal (Canada)

PATHOLOGIE DU SOMMEIL/HÔPITAL PITIÉ-SALPÊTRIÈRE/APHAP

Entre 10 et 30 % des personnes ayant subi un traumatisme (ici, un patient particulièrement agité filmé à la Pitié-Salpêtrière) souffrent de cauchemars s'accompagnant de réactions intenses.

à finaliser pendant la nuit. Ainsi, le patient, détendu, raconte son cauchemar au thérapeute, qui lui demande de changer un élément du récit pour le rendre moins angoissant ; puis d'en modifier un autre détail, et encore un autre, jusqu'à ce qu'à force de répétitions et de légères modifications, une "version altérée" du cauchemar s'imprime dans le cerveau.

"Certains changent simplement le début, d'autres la fin, ou un détail qui peut paraître insignifiant, comme la couleur d'un mur ; tandis que d'autres vont changer le scénario de A à Z", observe Antonio Zadra.

Résultat ? Jour après jour, de nouvelles versions du cauchemar sont sans cesse réécrites, et mémorisées.

CES PRODUITS QUI LES PROVOQUENT

S'il est parfaitement établi qu'un excès d'alcool favorise les cauchemars, c'est surtout son arrêt qui les provoque : de nombreux alcooliques replongent dans l'addiction à cause des cauchemars provoqués par l'abstinence. Idem pour le cannabis. Les barbituriques, les benzodiazépines (Valium) ou certains antidépresseurs, en particulier les tricycliques, les inhibiteurs MAO et la paroxétine (Deroxat), qui ont à leur tour tendance à supprimer les phases de sommeil paradoxal, font également davantage cauchemarder dès qu'on les arrête. Plus généralement, toutes les substances qui perturbent ou suppriment le sommeil paradoxal sont susceptibles de favoriser les cauchemars : certains médicaments contre l'hypertension ou les allergies. La nicotine est aussi connue pour perturber le sommeil et favoriser les mauvais rêves, ce qui provoque parfois l'abandon des patchs. Comme les anesthésiants utilisés en chirurgie, tels le thiopental (barbiturique), la kétamine ou l'antidouleur tramadol (un opiacé).

Et nuit après nuit, ces versions vont finir par prendre la place du cauchemar original. Jusqu'à faire disparaître celui-ci… Le patient est guéri.

Et ça marche. Les études, réalisées pour la plupart en Amérique du Nord, montrent que ce simple exercice diminue non seulement la fréquence des cauchemars, mais surtout la détresse qu'ils engendrent. Avec des taux de réussite qui frôlent les 80 % : les cauchemars s'estompent pendant au moins deux à trois ans, sans effet secondaire.

UNE PREMIÈRE ÉTUDE EN FRANCE

"On obtient de très bons résultats avec les enfants. On fait dessiner aux plus jeunes, entre 5 et 8 ans, leurs cauchemars, et ils modifient ensuite leurs dessins. En une ou deux sessions, les cauchemars disparaissent", constate Joseph De Koninck, qui a supervisé une thèse sur les cauchemars enfantins.

Car c'est aussi une leçon de toutes ces études : raconter son cauchemar, l'écrire ou le dessiner, est le premier pas pour s'en débarrasser. Et cela vaut pour les cauchemars pathologiques comme pour les plus "ordinaires"…

Forte de cette expérience, l'Association pour la promotion des connaissances sur le sommeil (Prosom) va, à son tour, évaluer l'impact de cette méthode de répétition de l'imagerie mentale sur des patients adultes français, faisant fréquemment de "mauvais rêves". Une première en France.

"Notre objectif est de comprendre pour quelle raison cette méthode est aussi efficace, explique Benjamin Putois, psychologue clinicien qui orchestre cette étude inédite. *Nous espérons découvrir si l'IRT est capable de modifier directement les souvenirs traumatisants ou si elle se contente de les enfouir plus profondément."* Pour l'instant, en effet, pour expliquer l'efficacité de cette thérapie, trois processus sont envisagés : soit elle améliore les capacités d'imageries mentales du patient, c'est-à-dire ses compétences à produire un "scénario visuel", soit elle arrive à créer de nouvelles associations au sein de la mémoire, ce qui aiderait le rêveur à créer de nouveaux scénarios moins pénibles. Enfin, dernière hypothèse, l'IRT exposerait régulièrement le dormeur à des souvenirs anxiogènes, ce qui finirait par éteindre la réponse émotionnelle associée.

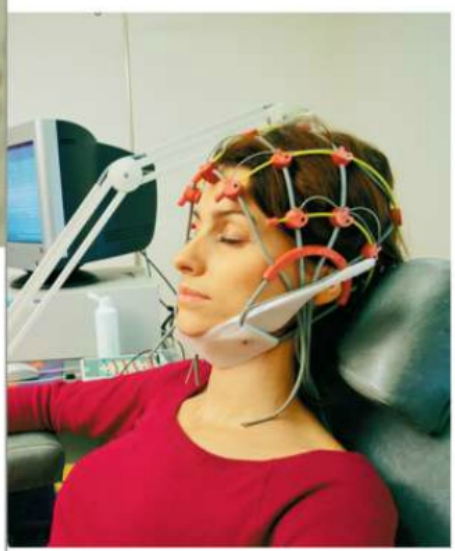
DR - LARIBOISIÈRE APHAP/GARO/PHANIE - STEPHANE REMAEL / MYOP POUR SVHS

Si les travaux de Benjamin Putois parviennent à confirmer cette dernière hypothèse, alors cela prouverait que les cauchemars ne sont pas de simples symptômes secondaires, mais qu'ils offrent au contraire un accès direct à la mémoire inconsciente du rêveur. Les indices d'une véritable réécriture de la mémoire, en effet, sont flagrants : chez les patients dont les cauchemars se rapportent à un choc traumatique (agression, accident…), l'IRT réduit non seulement les cauchemars, mais l'ensemble des autres symptômes liés à l'état de stress post-traumatique. *"En travaillant directement la matière du rêve, nous pourrions alors, grâce à l'IRT, remodeler directement la mémoire du traumatisme"*, précise Benjamin Putois.

D'autres techniques, plus anciennes, donnent aussi des résultats intéressants. *"On sait depuis longtemps qu'on peut apprendre à avoir des rêves plus agréables simplement par suggestion pré-hypnique : lorsqu'on se met au lit, on répète qu'on va rêver de telle ou telle chose, comme un cheval blanc. Et souvent on réussit à le faire"*, souligne par exemple Joseph De Koninck, qui avait supervisé une thèse

LES BIENFAITS DE L'INTERPRÉTATION

Votre cauchemar contient un serpent ? C'est le signe, assurément, d'une tentation sexuelle mal assumée. Vous y perdez une dent ? Voilà qui trahit l'angoisse de perdre votre énergie vitale ou votre virilité. Quant à la noyade, c'est le signe manifeste que vous ne contrôlez plus la situation. Les "experts" en interprétation des rêves sont nombreux. Faut-il leur accorder un quelconque crédit ? *"On est beaucoup dans le folklore"*, prévient d'emblée Benjamin Putois, psychologue clinicien. Car de même que l'astrologie ne s'appuie sur aucune donnée scientifique, aucune étude clinique rigoureuse n'a pu mettre en évidence un tel dictionnaire de correspondances. Seul un entretien intime avec le rêveur permettra de dénouer le jeu subtil des métaphores propres à chaque cerveau. Interpréter ses cauchemars reste malgré tout utile. *"Car lorsqu'un thérapeute demande à un patient d'interpréter son cauchemar, celui-ci va élaborer un scénario alternatif. Et donc, faire de la répétition d'imagerie mentale sans que ce soit mentionné comme tel"*, explique le psychologue, qui voit donc dans cette pratique l'occasion de faire un vrai travail cognitif, sans en avoir l'air.



^> Un traitement s'impose dès que le patient souffre d'insomnies : en haut, un agenda de vigilance permet de suivre l'évolution des temps de repos ; à dr., des électrodes favorisent le développement de rêves guidés.

sur cette méthode d'autosuggestion à la fin des années 1970. Pour mémoire, on se rappellera que dans les années 1920, les surréalistes orientaient déjà leurs rêves pour qu'ils deviennent les plus agréables possible grâce, par exemple, au flacon de parfum d'une femme placé à côté de leur lit…

Une autre technique également expérimentée depuis les années 1970 connaît un renouveau inattendu : celle du rêve lucide. Etre conscient que l'on rêve… en plein rêve ? La technique consiste à prendre le contrôle de son rêve au moment même où celui-ci a lieu. *"Entre 2 et 5 % de la population le font spontanément, mais on peut apprendre à le faire"*, explique Joseph De Koninck. Et une équipe de chercheurs allemands vient peut-être de mettre au point une méthode d'aide au rêve lucide. Cette technique consiste à placer des électrodes sur le crâne de dormeurs volontaires, près du front et des tempes, et à envoyer de petites décharges électriques de 40 Hz. L'idée étant d'activer, durant les phases de sommeil paradoxal, le cortex frontotemporal, qui est la zone du cerveau associée aux états de conscience mais qui, normalement, est en sommeil à ce moment-là de la nuit.

Résultat ? Au réveil, la capacité de comprendre son rêve et de s'en dissocier, deux caractéristiques d'un rêve lucide, était plus élevée dans 77 % des cas qu'en l'absence de stimulation. *"Quand on fait de l'imagerie cérébrale ou qu'on enregistre l'activité électrique du cerveau, on observe qu'au cours des rêves lucides, il y a en fait des microréveils. Et c'est lors de ces microréveils que le rêveur prend le contrôle de son rêve, qu'il en change le contenu ; puis il retourne dans le sommeil"*, explique Joseph De Koninck.

Reste que le rêve lucide ne fait pas l'unanimité des thérapeutes. Car le sommeil, en raison de ces multiples microréveils, n'aurait pas la même qualité et pourrait être moins réparateur. La recherche continue, malgré tout, d'explorer activement cette piste.

Et peut-être aidera-t-elle à venir à bout des cauchemars bien particuliers, qui, eux, résistent beaucoup plus que les autres aux traitements : ceux engendrés par un événement traumatique.

Une agression, un accident, une catastrophe, une scène de guerre… De 52 à 89 % des individus seraient exposés, au cours de leur vie, à au moins un tel événement extrême entraînant des blessures graves ou la peur de mourir.

Entre 10 et 30 % développeront, quelques mois après, un état de stress post-traumatique dont l'un des symptômes principaux est, pour 90 % d'entre eux, des cauchemars récurrents qui peuvent persister des années, voire des décennies après le traumatisme.

JOSEPH **DE KONINCK**

Spécialiste des rêves,
université d'Ottawa (Canada)

Il y a trente ans, quand on n'avait que la psychanalyse, les cauchemars pouvaient durer des années ; aujourd'hui, on les traite en quelques semaines

Or, ces cauchemars ont des caractéristiques très précises. Ils surviennent quasiment toutes les nuits, répétant sans le modifier l'événement traumatique, comme s'ils échouaient inlassablement à résoudre la peur qu'ils sont pourtant censés apaiser. Ils touchent tous les stades de sommeil, et pas seulement celui paradoxal. Ils s'accompagnent aussi de réactions physiologiques et psychologiques beaucoup plus intenses que les cauchemars usuels. On y observe des mouvements périodiques des jambes et des apnées (troubles de la respiration) fréquentes. Sans doute à cause d'un dérèglement de l'amygdale, que le moindre stimulus menaçant suractive. Tandis qu'à l'inverse, la zone normalement chargée d'inhiber nos peurs pendant la journée, et qui joue également ce rôle lors d'un cauchemar classique, le cortex préfrontal médian, resterait inopérant.

Ces dysfonctionnements cérébraux expliqueraient que les traitements, si efficaces contre les cauchemars "classiques", échouent partiellement, ou même parfois totalement, dans le cas des cauchemars post-traumatiques. Contre eux, les séances de répétition de l'imagerie mentale (IRT) sont souvent associées à la prescription de médicaments.

Face aux cauchemars post-traumatiques, les traitements restent encore balbutiants

Différents antidépresseurs ou benzodiazépines ont déjà été testés, mais leurs succès restent très inégaux d'une étude à l'autre. Une autre molécule apporte de bien meilleurs résultats : la prazosine.

Utilisée pour traiter l'hypertension, la prazosine agit aussi sur les récepteurs alpha-1 situés dans l'hippocampe, l'amygdale et le cortex préfrontal, les trois régions les plus impliquées dans le développement des cauchemars. Ce médicament a montré durant de récents essais cliniques qu'il prolongeait le sommeil et augmentait les périodes de sommeil paradoxal, et qu'il entraînait peu d'effets secondaires au long terme. Il est actuellement particulièrement prescrit aux militaires américains revenant des conflits d'Irak ou d'Afghanistan.

Que ce soit face à des cauchemars traumatiques ou plus ordinaires, les techniques utilisées ont toutes un point commun : briser les comportements d'évitement et convaincre le rêveur qu'il peut affronter ses cauchemars et en prendre le contrôle. Mais surtout, le cauchemar est pris comme un dysfonctionnement à part entière, comme le symptôme principal à neutraliser, quelle qu'en soit la cause.

Une rupture par rapport aux anciennes conceptions, qui ne considéraient le cauchemar que comme un simple effet secondaire d'un mal plus profond à extirper en priorité. *"Il fallait fouiller dans le passé de la personne pour voir ce qui s'était passé, et on pensait qu'en réglant ainsi le problème, les cauchemars disparaîtraient"*, se souvient Antonio Zadra. Soigner le mal-être pour faire disparaître les cauchemars, en somme. Une démarche longue et aléatoire. Or, dans les faits, c'est plutôt l'inverse que les psychologues constatent aujourd'hui : une fois qu'ils ont retrouvé un sommeil paisible, leurs patients ont meilleure mine et font preuve de plus d'énergie. Ils s'attaquent dès lors plus efficacement à leurs autres angoisses.

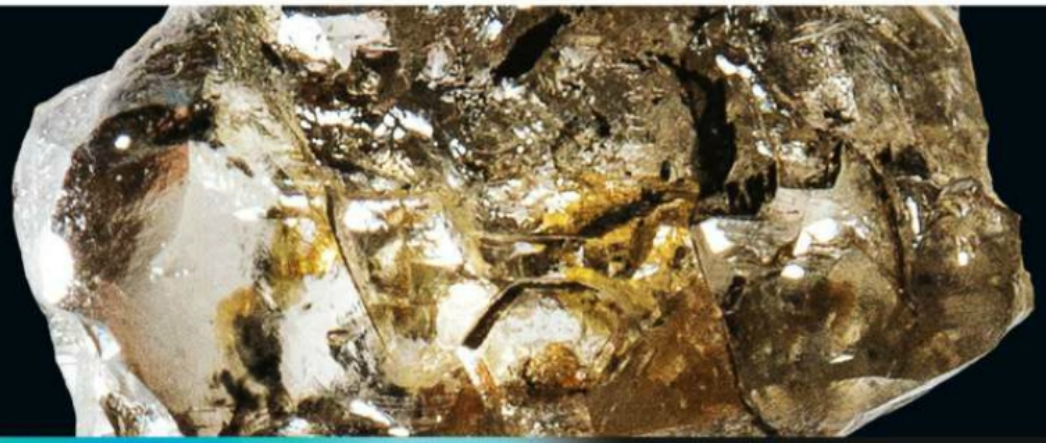
UN SIGNAL D'ALERTE CHEZ LES ENFANTS

Les cauchemars des enfants sont un motif de plus en plus fréquent de consultations pédiatriques. Les parents s'inquiètent-ils pour rien ? Pas toujours. Car s'il est normal, à partir de 4-5 ans, de faire quelques cauchemars, en faire très régulièrement jusqu'à l'âge de 12 ans peut être le signe d'une fragilité psychologique à surveiller. C'est du moins ce qu'indique le suivi, depuis 1992, de près de 15000 petits Anglais, dont environ 6800 ont fait l'objet d'une évaluation psychiatrique à l'âge de 12 ans. Ces évaluations ont révélé qu'un enfant souffrant de cauchemars fréquents entre 2 ans et demi et 9 ans présentait plus de risques de développer des troubles psychotiques (hallucinations, pensées intrusives…) à l'âge de 12 ans. Les psychologues qui ont analysé ces données estiment que 13 % des adolescents présentant des symptômes psychotiques auraient pu en être épargnés si leurs cauchemars avaient été soignés, même si la preuve n'a pas été formellement apportée que ce sont les cauchemars qui ont provoqué ces troubles (il est en effet possible que les cauchemars soient la conséquence d'un événement traumatisant qui ait également conduit à l'expérience psychotique). Ces cauchemars peuvent également être le signe de persécution scolaire, comme l'ont souligné deux de ces psychologues de l'université de Warwick qui, à partir des mêmes données, ont réussi à montrer qu'être persécuté à l'école élémentaire accroissait sensiblement le risque de faire des cauchemars récurrents quatre à cinq ans plus tard.

A lire : les principales publications scientifiques citées dans le dossier.
A consulter : le site du laboratoire des rêves et des cauchemars de Tore Nielsen, ainsi que les informations pour participer à l'essai mené aux Hospices civils de Lyon jusqu'à la mi-2015.

EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

& Science découvertes



OCÉAN SOUS LA TERRE 70

ELECTRON 73

LIDAR 76

PLANÈTE X 84

MISSION CENTENAIRE/ MINISTÈRE CULTURE & COMMUNICATION - D. FLORENTZ

P. SIEMENS/GETTY - UNIV. OF ALABAMA -

Coupe de la Terre
Manteau supérieur
Croûte
Zone de transition (d'où vient la ring-woodite)
Manteau inférieur
Noyau

> LA RINGWOODITE N'EST PLUS UN MYTHE
Découvert au Brésil, ce diamant de 90 mg contient une microscopique inclusion de ringwoodite (cercle) : un matériau mythique, dont il n'existait que des échantillons extraterrestres. Elle vient, selon Graham Pearson (à dr.), de la zone de transition, située entre 410 et 660 km de profondeur.

M.KONTENTE
R.SIEMENS, UNIV. OF ALBERTA

Un océan sous la terre ?

Voici la première preuve matérielle

Remonté des profondeurs, ce diamant vient de livrer la preuve qu'un océan existe à 600 km sous terre. Car il contient de la ringwoodite, véritable graal des géologues.

Par **Bérénice Robert**

Brune, minuscule, on dirait une pépite, sauf qu'elle n'a aucune valeur commerciale. Pourtant, il s'agit d'un diamant de 90 mg. Oui, mais c'est ce qu'il renferme qui le rend inestimable.

Car une équipe de chercheurs américains vient de l'annoncer : découverte par un chasseur de cristaux amateur en 2008 dans une rivière brésilienne, puis achetée par des géochimistes qui l'ont baptisée JUc29, cette pierre contient une microscopique inclusion d'un matériau mythique… la ringwoodite.

La ringwoodite ? Pour comprendre, il faut savoir qu'entre les manteaux supérieur et inférieur de la Terre, c'est-à-dire entre 410 et 660 km, se trouve une zone de transition peu connue, mais cruciale : *"On pense*, explique le géochimiste Graham Pearson, qui a mené les recherches à l'université de l'Alberta (Canada), *que c'est la principale zone de stockage de l'eau dans la Terre solide."* Une zone en partie responsable de la tectonique des plaques.

Ce qu'on sait d'elle ? Elle serait composée d'olivine, mais sous une forme ultra-compacte, pour résister aux pressions énormes des profondeurs (de 20 à 40 gigapascals, soit plusieurs centaines de milliers de fois la pression atmosphérique).

Son existence a été théorisée pour la première fois par Ted Ringwood, d'où son nom, donné par les chercheurs qui l'ont synthétisée en 1989.

Si, selon Graham Pearson, elle pourrait composer à 60 % la zone de transition, personne, jusqu'ici, n'avait réussi à mettre la main dessus. Les seuls échantillons connus sont d'origine extraterrestre, ou ont été synthétisés en laboratoire.

Enjeux

Pour mieux appréhender le volcanisme et les séismes qui secouent notre planète, il faut comprendre ce qui se passe à l'intérieur. Et savoir en particulier si on y trouve de l'eau. Cet élément est en effet indispensable à la tectonique des plaques dont elle facilite la déformation en les rendant plus élastiques. D'où l'importance des échantillons de matière venus des profondeurs.

En revanche, d'autres diamants remontés des profondeurs ont déjà été découverts, porteurs d'inclusions de pyroxène ou de grenat, certains même venant de plus loin, jusqu'à 800 km.

"Nous sommes tombés dessus par accident, raconte Graham Pearson, *alors que nous étions à la recherche d'un autre minéral."* Il a fallu ensuite presque six ans pour l'identifier formellement. *"C'est la première fois qu'on en trouve venant directement de la zone de transition"*, s'enthousiasme Pierre Cartigny, directeur de recherche à l'Institut de physique du globe, à Paris.

Cette trouvaille tient d'ailleurs du miracle. Pour arriver jusqu'à nous, cette pépite a parcouru près de 600 km à travers le manteau, et n'aurait, en théorie, jamais dû parvenir à la surface. Du moins, pas sous cette forme. *"Elle a sans doute été protégée par le diamant qui l'a capturée, l'empêchant de devenir de l'olivine"*, précise Fabrice Brunet, directeur de recherche et minéralogiste à l'Institut des sciences de la Terre, à Grenoble. De quoi confronter enfin les hypothèses théoriques sur le monde des grandes profondeurs à un premier témoin matériel.

UN GIGANTESQUE OCÉAN

Que raconte cette ringwoodite? D'abord, que la zone de transition est bien gorgée d'eau. La théorie suppose en effet que ce matériau doit se trouver, dans la zone de transition, sous une forme hydratée. *"La ringwoodite ne contient pas naturellement d'eau, comme le mica ou l'argile*, explique Fabrice Brunet. *Mais les expériences ont établi qu'il était possible d'en faire entrer jusqu'à 2,5 % sous forme de défaut."*

Résultat? Ce fragment contient 1,5 % d'eau, confirmant en partie la théorie. Et laissant présager que les 250 km de la zone de transition contiendraient jusqu'à l'équivalent d'un gigantesque océan – même sous forme non liquide.

Pour l'évaluer, encore faudrait-il savoir si la zone de transition est homogène. Ce dont doute Fabrice Brunet. Pour lui, le diamant est probablement remonté à la faveur d'une de ces éruptions ultraviolentes, dites "kimberlites", qui ont eu lieu il y a de 70 à 150 millions d'années: la vitesse du magma a alors pu atteindre 10 à 30 m/s! Or, ces zones volcaniques sont des zones spécifiques du manteau où l'eau abonde.

Cette découverte permet en tout cas de mieux comprendre le cycle de l'eau terrestre. *"Tous les milliards d'années, l'équivalent d'un océan complet est recyclé dans le manteau profond*, explique Graham Pearson. *Il est maintenant clair qu'une partie de cette eau réside un moment dans la zone de transition."*

Pour le géochimiste, la microinclusion dans JUc29 éclaire aussi l'origine des kimberlites: *"Notre découverte indique que ce type de roche magmatique doit provenir de beaucoup plus loin que les 200 km envisagés, jusqu'à 700 km sous terre."*

Pierre Cartigny se montre plus prudent sur ce point: *"Nous n'avons même pas la certitude que le diamant ait été éjecté par une éruption de ce type: il a été découvert dans les alluvions d'une rivière, et la kimberlite dont il proviendrait n'a toujours pas été trouvée."*

Après l'heure de la découverte s'ouvre donc celle des débats. Avec ces quelques microgrammes de matière protégés dans leur écrin de diamant, débute pour les géologues leur plus profond voyage vers le centre de la Terre.

Recréer les folles pressions du manteau en laboratoire

Pour savoir ce qui se passe à l'intérieur de la Terre, il faut reproduire en laboratoire les pressions et les températures énormes qui y ont cours. Aujourd'hui, Nathalie Bolfan-Casanova, à l'Observatoire de physique du globe de Clermont-Ferrand, a recours à une presse de 8 enclumes en carbure de tungstène: *"Nous reproduisons les conditions jusqu'au sommet du manteau inférieur, soit 25 gigapascals et 1600 °C."* Capables d'atteindre 300 GPa et plusieurs milliers de degrés, des cellules à enclumes de diamant permettent même de descendre presque jusqu'au noyau. *"Mais il n'y a que deux enclumes et nous ne pouvons utiliser que des échantillons microscopiques."* De quoi découvrir pourtant des minéraux inédits, comme un nouveau soufre.

EN SAVOIR PLUS

A lire : l'étude de Graham Pearson (université de l'Alberta).

science-et-vie.com

Les physiciens espéraient découvrir une légère asymétrie dans la forme de l'électron, ce qui aurait validé la théorie de la supersymétrie. Mais au terme d'une expérience qui a pris dix ans, le verdict est cruel : l'électron est désespérément rond.

L'électron est hélas trop parfait

Par **Mathieu Grousson**

John Doyle, à Harvard, n'y va pas par quatre chemins : *"Notre résultat est extrêmement surprenant."* Ce résultat, c'est celui obtenu récemment par la collaboration Acme, un petit groupe d'expérimentateurs essentiellement américains, et il tient en quelques mots : l'électron est rond. Il l'est même incroyablement !

Tellement rond que, si cette particule avait la taille du système solaire, sa silhouette définirait une sphère sans défaut jusqu'à l'échelle de l'épaisseur d'un cheveu. Comme si, à vingt-trois siècles de distance, des physiciens étaient enfin parvenus à trouver, au cœur de ce monde corruptible qu'est la matière, cette forme idéale qui, selon le savant grec Aristote, ne pouvait exister que dans les cieux.

Et c'est une vraie surprise, car les physiciens s'attendaient à trouver des défauts à l'électron. Ils l'espéraient, même.

D'après ce qu'ils savaient de cette particule élémentaire de charge négative qui, avec les neutrons et les protons, compose l'atome, ils l'imaginaient légèrement bosselée. Non parce qu'un principe hérité de la Grèce antique fait de la sphère un idéal hors de portée de la nature ; mais parce que les théories des physiciens le laissaient penser.

UN ENJEU THÉORIQUE MAJEUR

En particulier, la supersymétrie. Cette théorie, qui constitue depuis quarante ans le principal espoir de pouvoir enfin décrire entièrement le monde de l'infiniment petit, est en effet basée sur l'existence de particules supplémentaires qui seraient sensibles à la direction d'oscillation du champ magnétique des électrons. Soumises à son influence, ces particules, dont aucune n'a encore été observée, devraient donc se répartir de manière inhomogène autour de l'électron. Et donc déformer le halo

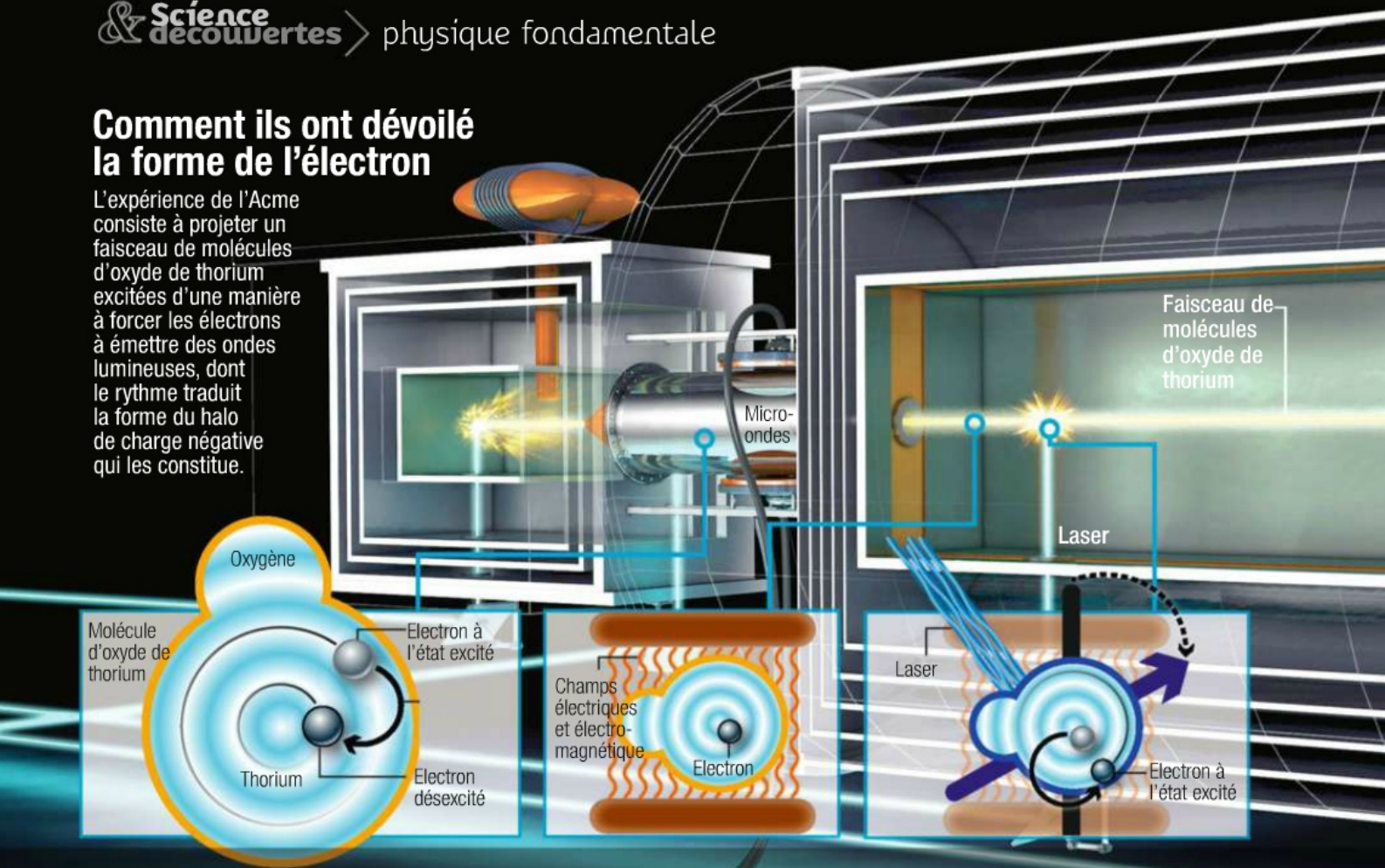
Contexte

Les différentes théories de la matière s'opposent sur la forme de l'électron. Le modèle standard, la théorie actuelle que les physiciens savent incomplète, prédit que son halo chargé négativement est sphérique. Tandis que la supersymétrie, principale postulante pour le compléter, inventée dans les années 1970, lui donne, elle, une forme légèrement irrégulière.

GETTY

Comment ils ont dévoilé la forme de l'électron

L'expérience de l'Acme consiste à projeter un faisceau de molécules d'oxyde de thorium excitées d'une manière à forcer les électrons à émettre des ondes lumineuses, dont le rythme traduit la forme du halo de charge négative qui les constitue.



1 L'électron de la molécule est désexcité par micro-ondes...

Une molécule d'oxyde de thorium est soumise à un champ de micro-ondes. Cela ramène son électron externe vers son orbite la plus basse.

2 ... puis soumis à des champs électriques...

En traversant une enceinte électromagnétique, les molécules s'orientent toutes à l'horizontale.

3 ... et excités par un laser...

Une fois réexcité, l'électron affiche un champ magnétique qui, telle une toupie qui tangue autour de la verticale, adopte un angle qui dépend de sa forme : plus il est rond, moins l'angle est grand.

chargé négativement qui le constitue, jusqu'à provoquer une légère asymétrie…

Les physiciens espéraient d'autant plus voir un électron bosselé que le modèle standard, l'actuelle théorie de la matière, assure qu'il est parfaitement rond : *"Nous savons que le modèle standard n'est pas une description complète,* résume Gerald Gabrielse, à Harvard, membre d'Acme. *Or, pour la première fois, la précision de notre dispositif expérimental était telle qu'il s'annonçait compatible avec les prédictions de théories permettant de dépasser ce modèle."*

Jargon

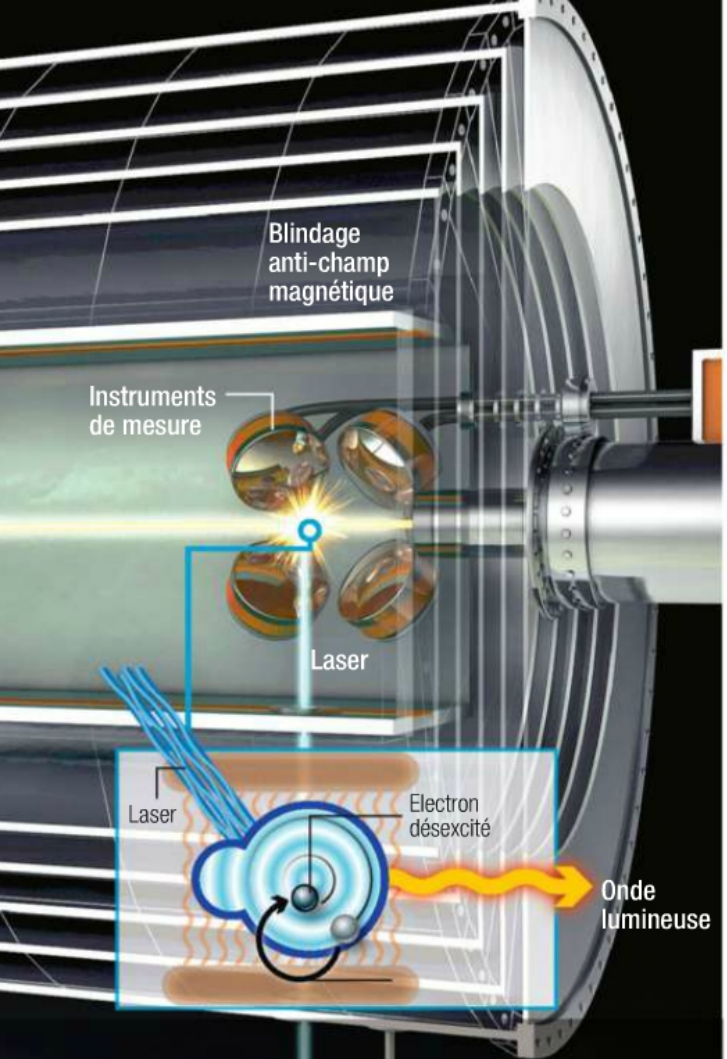
La **forme de l'électron** est due aux lois de la quantique : elles le décrivent comme un point sans épaisseur entouré d'une nuée de particules virtuelles qui jaillissent sans cesse, formant un halo qui s'étale dans l'espace.

La forme de l'électron devenait ainsi un enjeu théorique majeur. Grâce à elle, la théorie de la symétrie pouvait enfin être expérimentalement confirmée.

Et justement, au bout de dix ans, à force d'affiner le dispositif expérimental (voir infographie), les membres d'Acme étaient parvenus à atteindre le niveau de détail où les prédictions standard et supersymétriques divergent. *"C'est un exploit aux limites de ce que permettent aujourd'hui les techniques expérimentales, et il a été accompli par des gens très compétents et extrêmement déterminés"*, insiste Paul Indelicato, du Laboratoire Kastler Brossel, à Paris.

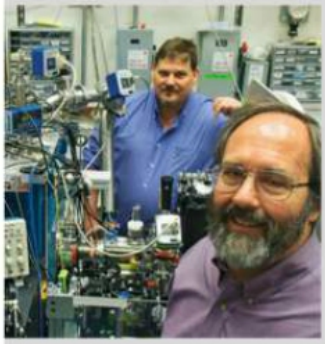
Un exploit qui, en janvier dernier, a produit ce résultat aussi décevant qu'ébouriffant : l'électron a une forme quasi parfaite. S'il présente la moindre asymétrie, ce ne peut être qu'en deçà de 1 pour un milliard de milliards de milliards près.

"Dieu décide et nous mesurons…", lâche, laconique, Gerald Gabrielse. Plus direct, Filippo Sala, à l'Institut de physique théorique, à Saclay, ajoute : *"Les conclusions d'Acme ne sont pas franchement une très bonne nouvelle…"*



4 ... avant d'être à nouveau désexcité et de révéler sa forme parfaite

Désexcité, l'électron émet un photon qui indique l'angle d'inclinaison de son champ magnétique... Ce qui montre que l'électron est parfaitement rond à 1 pour 10^{27} près.



DAVE **DEMILLE**
Physicien à l'université Yale et membre d'Acme (au centre)

Nous avons eu beaucoup de chance de tomber sur l'oxyde de thorium

Science & Vie : Quelle a été la principale difficulté que vous avez dû surmonter pour réussir cette mesure ?
David DeMille : En particulier, trouver la bonne molécule. Car pour percevoir une anomalie dans la forme de l'électron, il fallait étudier son comportement dans un champ électrique très intense... tel qu'il n'en existe qu'à l'intérieur de certaines molécules.

S&V : Avez-vous testé différentes molécules ?
D.D. : Nous avons passé au crible l'ensemble des molécules à deux atomes jusqu'à finir avec une liste de trois candidates. Puis nous avons confirmé expérimentalement que le monoxyde de thorium était le composé idéal. Nous avons eu beaucoup de chance que cette molécule existe !

S&V : Et à partir de là, votre expérience s'est-elle déroulée sans accroc ?
D.D. : Evidemment non... Par exemple, au début de notre prise de données, nous avons constaté une erreur systématique. Il nous a fallu des mois pour comprendre que certains éléments optiques avaient été déformés par la chaleur des lasers et que, par ricochet, ils en modifiaient la lumière.

Car ce résultat porte un coup sévère à la supersymétrie. *"Il est toujours possible d'imaginer des mécanismes pour accommoder les prédictions des théories supersymétriques avec le résultat d'Acme"*, explique Filippo Sala. *"Les aficionados de la supersymétrie peuvent continuer à dormir ou à rêver tranquilles !"*, ajoute Abdelhak Djouadi, au Laboratoire de physique théorique d'Orsay, soulignant que l'espoir de découvrir des particules supersymétriques dans l'accélérateur de particules du Cern (LHC) n'est pas vain.

Il n'empêche, *"ces ajustements ne seront pas forcément faciles à justifier"*, prédit Filippo Sala. En clair, l'électron risque de pousser les théoriciens dans leurs retranchements, au prix de contorsions plus ou moins convaincantes.

DES PHYSICIENS AU PIED DU MUR

En attendant, les membres d'Acme continuent à traquer la moindre petite imperfection de sa silhouette. *"D'ici cinq ans, nous devrions avoir multiplié par dix la précision de notre expérience"*, précise ainsi Dave DeMille, à Yale. Et rien ne s'oppose, à terme, à ce qu'un autre facteur dix soit même gagné.

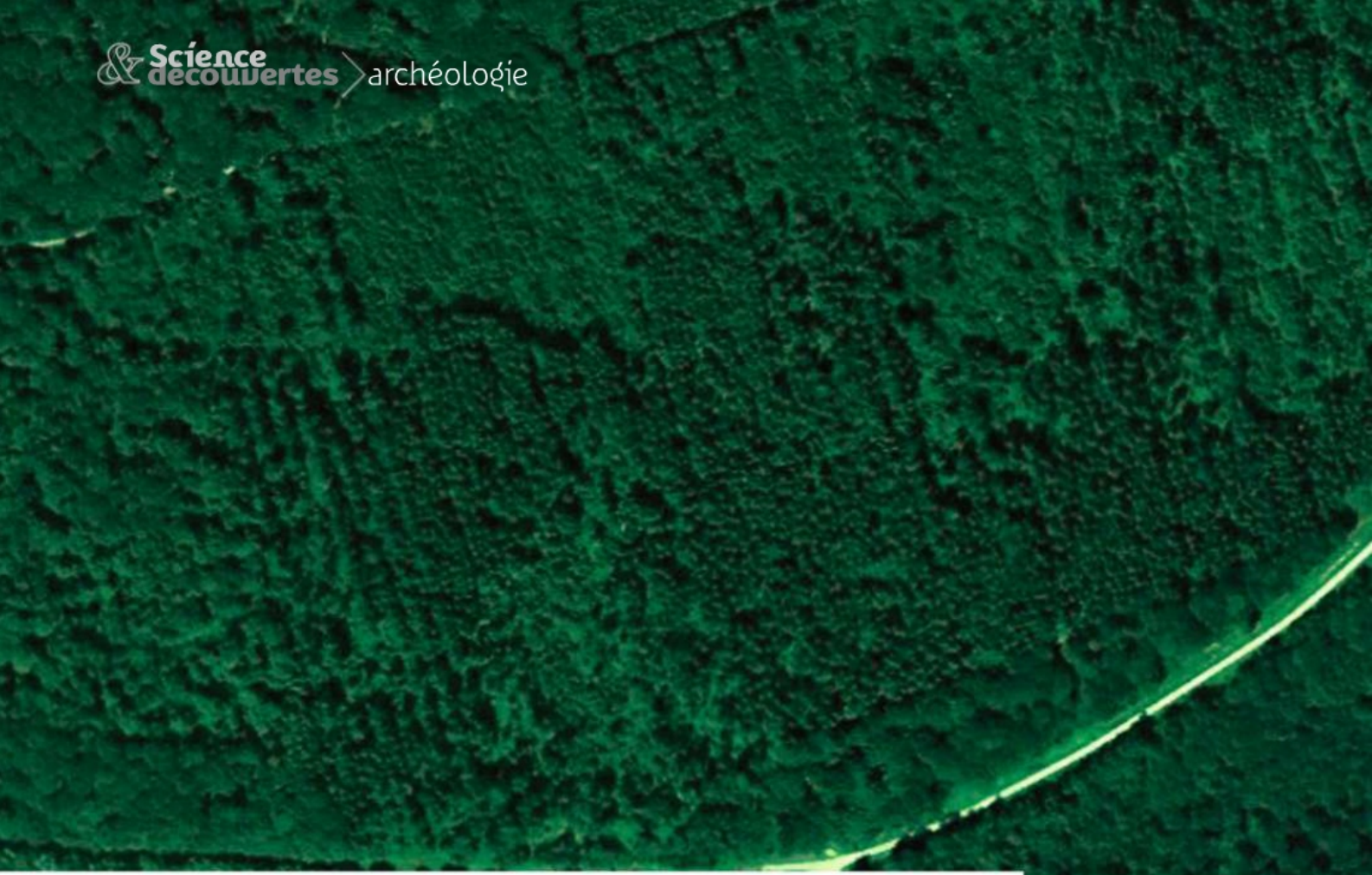
De quoi enfin mettre au pied du mur toutes les extensions du modèle standard envisagées. Y compris celles qui prédisent des particules si massives qu'il est d'ores et déjà exclu de les matérialiser dans le creuset du LHC.

Ce n'est qu'une question de temps. Soit on verra un petit accroc dans la silhouette de l'électron, qui ouvrira bientôt la voie vers les secrets les plus intimes du monde. Soit le nouveau constat d'une perfection absolue sonnera la fin de toutes les hypothèses et renverra les physiciens à l'insondable incomplétude de leur vision de la matière. En attendant, l'électron nous semble parfaitement rond. Hélas.

A voir : les photos et les vidéos de l'expérience sur le site de la collaboration Acme.

EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

G.CIRADE - HARVARD UNIV.



Alésia, Stonehenge, Angkor...

La révolut

Voir à travers la végétation pour y découvrir les traces du passé : ce rêve d'archéologue est devenu réalité grâce à un laser qui, déjà, oblige à réécrire l'histoire de sites prestigieux.

Par **Lise Gougis**

"*Pendant longtemps, on a avancé en aveugle dans la forêt. Le lidar a ouvert des horizons que l'on ne soupçonnait pas!*", s'exclame Yves Desfossés, conservateur régional de l'archéologie en Champagne-Ardenne. Le lidar ? L'acronyme de "Light detection and ranging" (détection et mesure à distance par la lumière) : une technologie qui "scanne" les terrains les plus inaccessibles, perçant les secrets des forêts les plus impénétrables. Le rêve de tout archéologue.

Car si la végétation a l'avantage de fossiliser les vestiges, elle les rend difficiles d'accès, voire invisibles. Il fallait donc une technologie capable de faire émerger les traces du passé enfouies sous le couvert

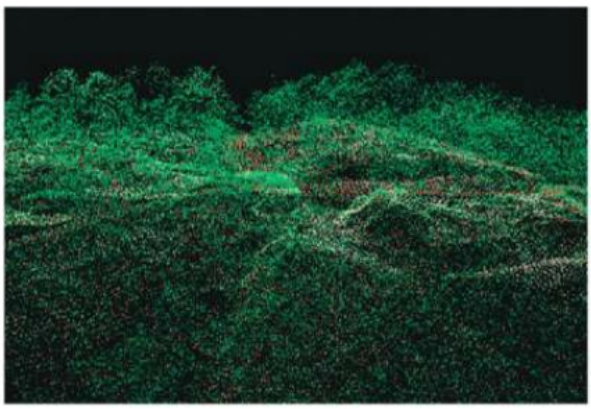
La technologie

Inventé dans les années 1960 pour étudier la composition de l'atmosphère, le lidar est un outil de détection et de mesure par laser. Dès les années 1970, il est utilisé en cartographie. L'archéologie n'y trouve son intérêt qu'en 2003, grâce à des algorithmes permettant de voir à travers la végétation.

SOUS LA FORÊT, LES CICATRICES DE 14-18
La technologie lidar a permis de reconstituer, sous la forêt d'Argonne (Nord-Est), le terrain malmené par la Première Guerre mondiale : sur ce modèle numérique (en bas), on distingue le quadrillage d'un réseau de tranchées et des impacts d'obus.

ion lidar

GOOGLE EARTH - MISSION CENTENAIRE/MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION



UNE PRÉCISION SANS ÉGALE
Les premières images rapportées par le lidar se présentent ainsi : des nuages de points figurant le sol et la végétation, qui permettent d'en estimer la densité, la hauteur… avec une précision de l'ordre du décimètre.

végétal. C'est chose faite avec le lidar. Utilisé sur les sites d'Angkor, d'Alésia ou de Stonehenge, il en a grandement amélioré la compréhension (voir pages suivantes).

Le principe est simple : c'est comme un radar, sauf qu'à la place d'ondes radio, on utilise de la lumière. Embarqué à bord d'un avion, un laser bombarde la surface à cartographier de rayons infrarouges. Ils sont réfléchis par des obstacles – végétation, sol – puis renvoyés vers l'avion. En calculant le temps que mettent les rayons à revenir vers l'émetteur, il devient possible d'établir une cartographie précise de la végétation et des reliefs qu'elle dissimule.

Au final, on obtient une image 3D du sol telle qu'elle apparaîtrait si l'on avait enlevé tous les arbres, avec une précision de l'ordre du décimètre !

"Contempler les résultats exceptionnels obtenus pour la cité maya de Caracol nous a donné envie de faire notre propre couverture lidar d'Angkor", raconte Christophe Pottier, archéologue au Cambodge.

Depuis, on ne compte plus les découvertes que ces cartographies ont permis de réaliser. *"Dans la forêt de Haye, nous avons augmenté de 50 % le nombre de vestiges connus"*, se réjouit Murielle Leroy, conservatrice régionale de l'archéologie en Lorraine. Dans sa région, le lidar a mis au jour les traces de champs cultivés datant de l'Antiquité.

"L'un des apports majeurs de cet outil, c'est qu'il bouleverse nos perspectives, pointe-t-elle. *En plus de travailler sur un site particulier, nous pouvons étudier les paysages alentour pour le placer dans un contexte."*

Autre atout : pouvoir évaluer l'état de conservation des vestiges pour mieux les protéger.

Les sites faiblement immergés, en particulier en Méditerranée, pourront eux aussi bénéficier de la technologie : adapté, le lidar est capable de voir à travers l'eau sur quelques mètres de profondeur. De bons résultats ont déjà été obtenus sur une villa romaine sur la côte croate.

BIENTÔT À BORD DE DRONES

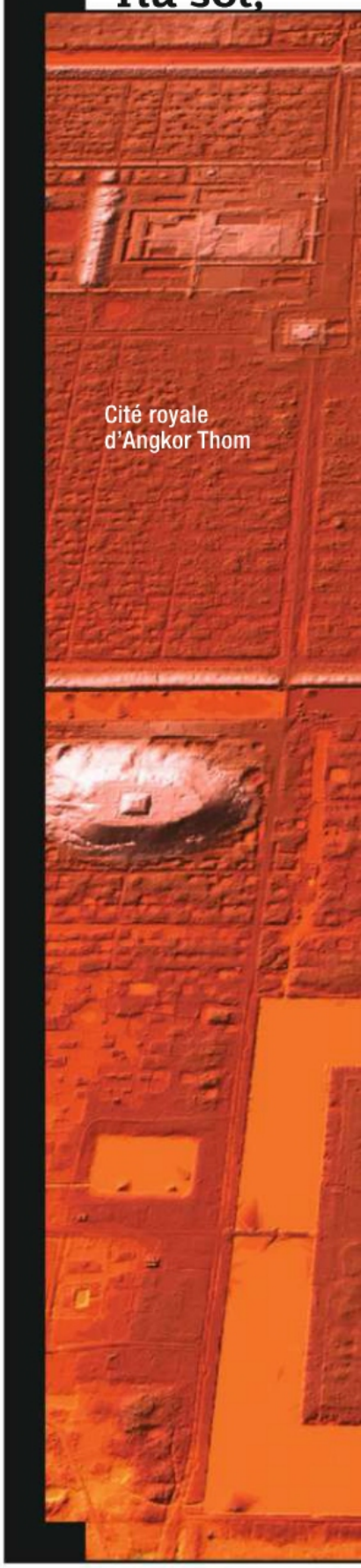
Pour autant, le lidar ne remplace pas le travail de terrain, comme le souligne Jonhattan Vidal, qui travaille sur le site d'Alésia : *"Le lidar est un très bon complément des fouilles."*

Reste que la technique est onéreuse, ce qui limite son utilisation. Mais Christophe Pottier se montre optimiste : *"Avec des systèmes aéroportés plus légers, comme les drones, le coût devrait baisser dans les prochaines années."*

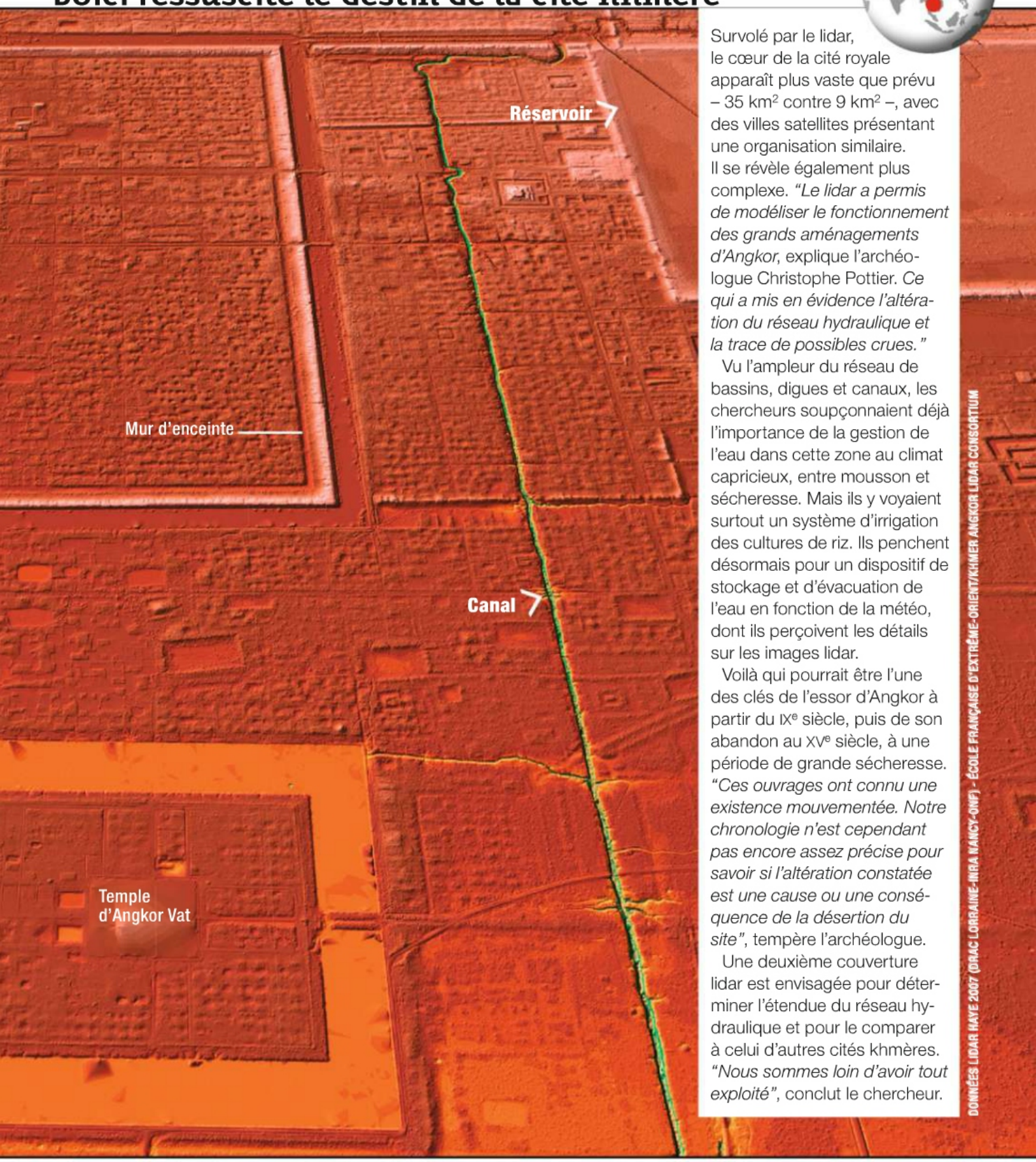
Pas de doute : la révolution lidar ne fait que commencer.

EN SAVOIR PLUS
A lire : une synthèse sur le fonctionnement du lidar.
A voir : les images lidar de la forêt d'Argonne commentées sur le site du centenaire 14-18 ; une conférence vidéo retraçant la couverture lidar de sites lorrains.
science-et-vie.com

ANGKOR Au sol,


Cité royale d'Angkor Thom

Voici ressuscité le destin de la cité khmère



Survolé par le lidar, le cœur de la cité royale apparaît plus vaste que prévu – 35 km² contre 9 km² –, avec des villes satellites présentant une organisation similaire. Il se révèle également plus complexe. *"Le lidar a permis de modéliser le fonctionnement des grands aménagements d'Angkor*, explique l'archéologue Christophe Pottier. *Ce qui a mis en évidence l'altération du réseau hydraulique et la trace de possibles crues."*

Vu l'ampleur du réseau de bassins, digues et canaux, les chercheurs soupçonnaient déjà l'importance de la gestion de l'eau dans cette zone au climat capricieux, entre mousson et sécheresse. Mais ils y voyaient surtout un système d'irrigation des cultures de riz. Ils penchent désormais pour un dispositif de stockage et d'évacuation de l'eau en fonction de la météo, dont ils perçoivent les détails sur les images lidar.

Voilà qui pourrait être l'une des clés de l'essor d'Angkor à partir du IXe siècle, puis de son abandon au XVe siècle, à une période de grande sécheresse. *"Ces ouvrages ont connu une existence mouvementée. Notre chronologie n'est cependant pas encore assez précise pour savoir si l'altération constatée est une cause ou une conséquence de la désertion du site"*, tempère l'archéologue.

Une deuxième couverture lidar est envisagée pour déterminer l'étendue du réseau hydraulique et pour le comparer à celui d'autres cités khmères. *"Nous sommes loin d'avoir tout exploité"*, conclut le chercheur.

DONNÉES LIDAR MAYE 2007 (DRAC LORRAINE-INRA NANCY-ONF) - ÉCOLE FRANÇAISE D'EXTRÊME-ORIENT/KHMER ANGKOR LIDAR CONSORTIUM

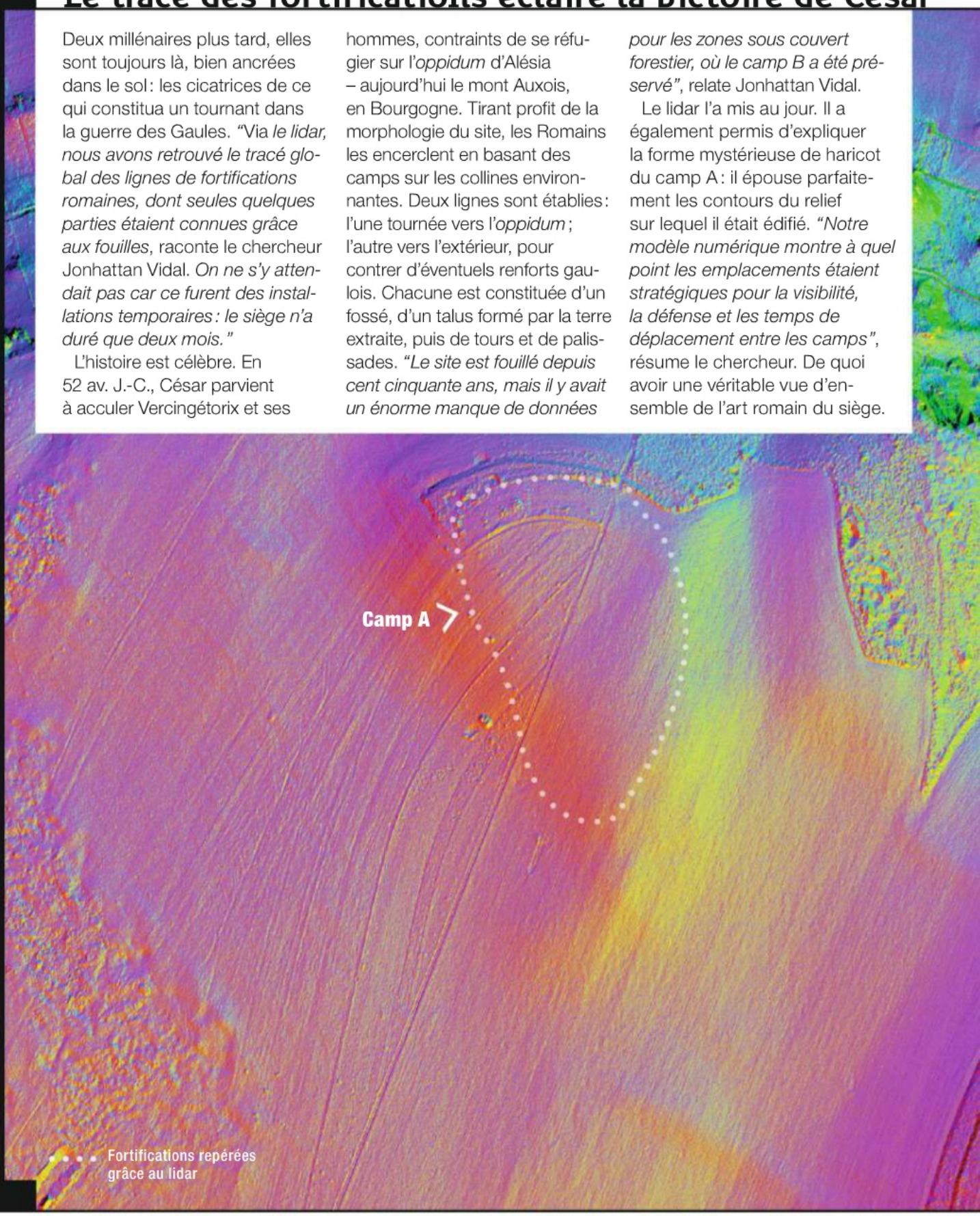
ALÉSIA

Le tracé des fortifications éclaire la victoire de César

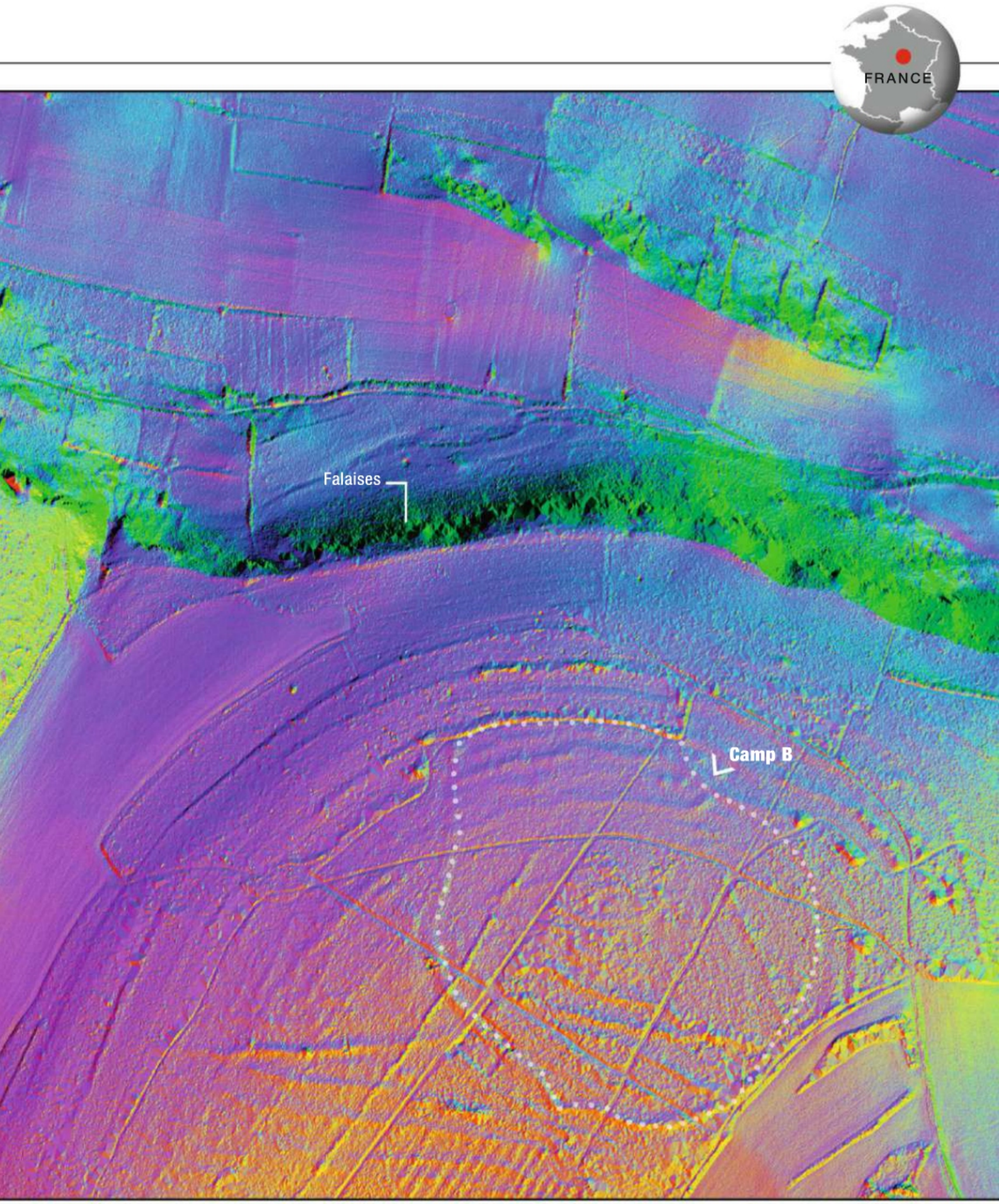
Deux millénaires plus tard, elles sont toujours là, bien ancrées dans le sol : les cicatrices de ce qui constitua un tournant dans la guerre des Gaules. *"Via le lidar, nous avons retrouvé le tracé global des lignes de fortifications romaines, dont seules quelques parties étaient connues grâce aux fouilles*, raconte le chercheur Jonhattan Vidal. *On ne s'y attendait pas car ce furent des installations temporaires : le siège n'a duré que deux mois."*

L'histoire est célèbre. En 52 av. J.-C., César parvient à acculer Vercingétorix et ses hommes, contraints de se réfugier sur l'*oppidum* d'Alésia – aujourd'hui le mont Auxois, en Bourgogne. Tirant profit de la morphologie du site, les Romains les encerclent en basant des camps sur les collines environnantes. Deux lignes sont établies : l'une tournée vers l'*oppidum* ; l'autre vers l'extérieur, pour contrer d'éventuels renforts gaulois. Chacune est constituée d'un fossé, d'un talus formé par la terre extraite, puis de tours et de palissades. *"Le site est fouillé depuis cent cinquante ans, mais il y avait un énorme manque de données pour les zones sous couvert forestier, où le camp B a été préservé"*, relate Jonhattan Vidal.

Le lidar l'a mis au jour. Il a également permis d'expliquer la forme mystérieuse de haricot du camp A : il épouse parfaitement les contours du relief sur lequel il était édifié. *"Notre modèle numérique montre à quel point les emplacements étaient stratégiques pour la visibilité, la défense et les temps de déplacement entre les camps"*, résume le chercheur. De quoi avoir une véritable vue d'ensemble de l'art romain du siège.



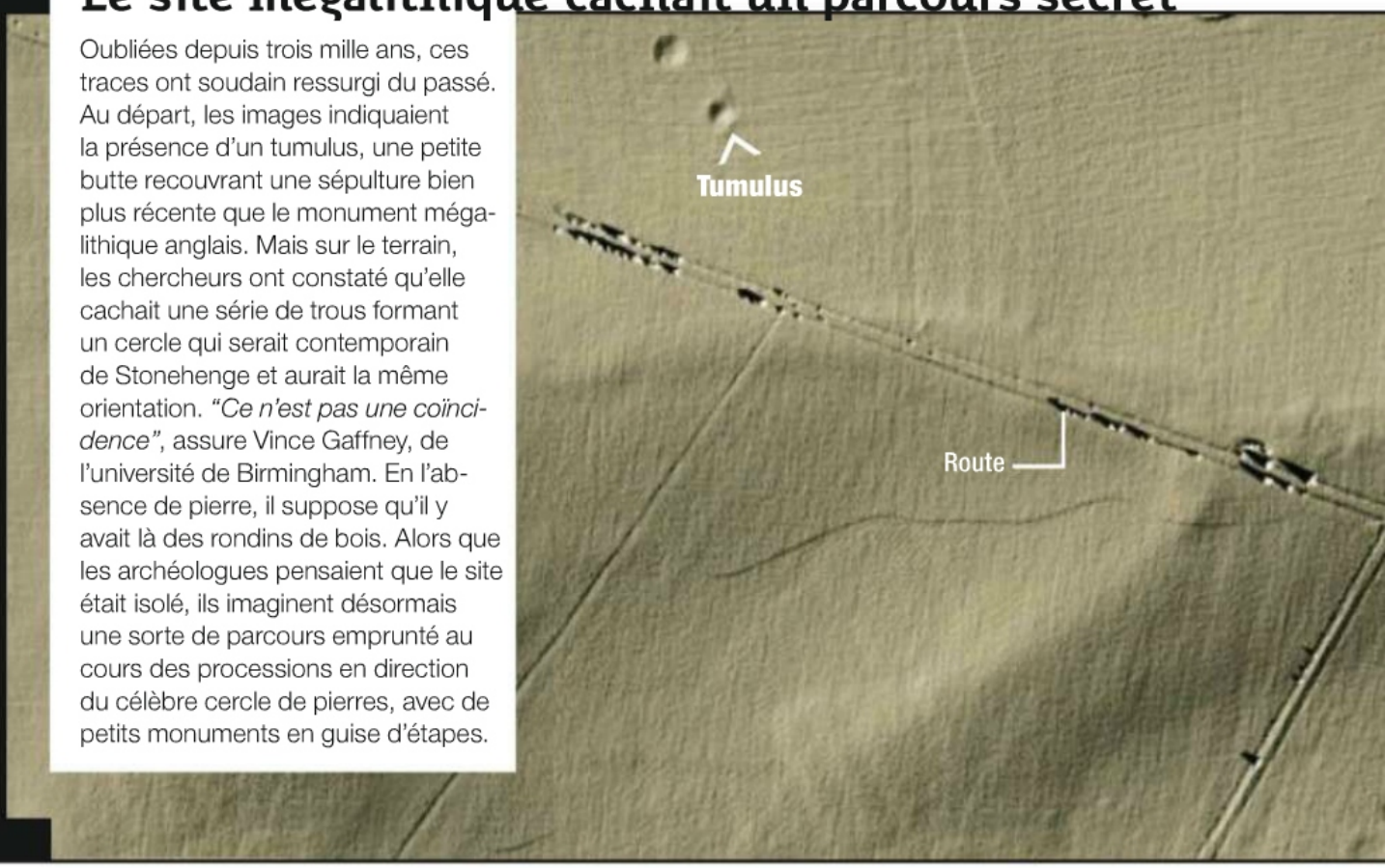
J.VIDAL, UNIV. DE BOURGOGNE, UMR ARTEMIS-CNRS, CONSEIL GÉNÉRAL CÔTE D'OR


FRANCE
Falaises
Camp B

STONEHENGE

Le site mégalithique cachait un parcours secret

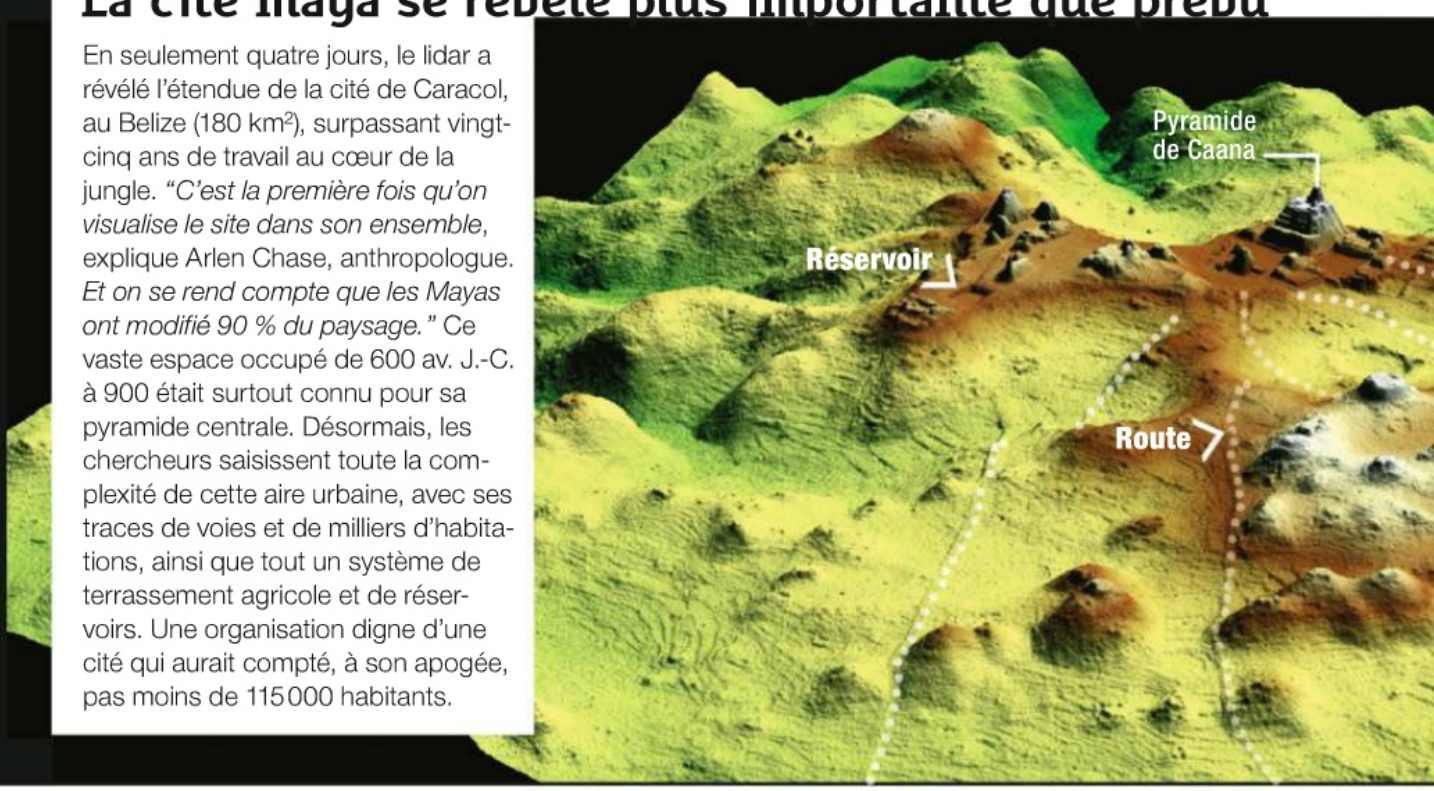
Oubliées depuis trois mille ans, ces traces ont soudain ressurgi du passé. Au départ, les images indiquaient la présence d'un tumulus, une petite butte recouvrant une sépulture bien plus récente que le monument mégalithique anglais. Mais sur le terrain, les chercheurs ont constaté qu'elle cachait une série de trous formant un cercle qui serait contemporain de Stonehenge et aurait la même orientation. *"Ce n'est pas une coïncidence"*, assure Vince Gaffney, de l'université de Birmingham. En l'absence de pierre, il suppose qu'il y avait là des rondins de bois. Alors que les archéologues pensaient que le site était isolé, ils imaginent désormais une sorte de parcours emprunté au cours des processions en direction du célèbre cercle de pierres, avec de petits monuments en guise d'étapes.

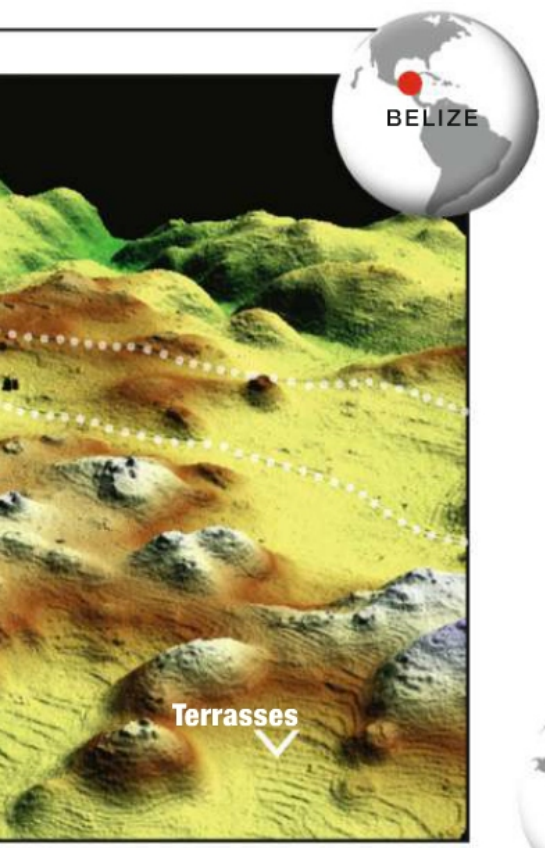


CARACOL

La cité maya se révèle plus importante que prévu

En seulement quatre jours, le lidar a révélé l'étendue de la cité de Caracol, au Belize (180 km^2), surpassant vingt-cinq ans de travail au cœur de la jungle. *"C'est la première fois qu'on visualise le site dans son ensemble*, explique Arlen Chase, anthropologue. *Et on se rend compte que les Mayas ont modifié 90 % du paysage."* Ce vaste espace occupé de 600 av. J.-C. à 900 était surtout connu pour sa pyramide centrale. Désormais, les chercheurs saisissent toute la complexité de cette aire urbaine, avec ses traces de voies et de milliers d'habitations, ainsi que tout un système de terrassement agricole et de réservoirs. Une organisation digne d'une cité qui aurait compté, à son apogée, pas moins de 115 000 habitants.





VERDUN

Des villages martyrs tirés de l'oubli

C'est une histoire méconnue de la Première Guerre mondiale. Celle des villages situés en première ligne des combats de Verdun, disparus sous les obus français et allemands. *"Si nous en connaissions déjà l'emplacement, c'est très émouvant d'en retrouver la trace maison par maison grâce au lidar"*, raconte Stéphanie Jacquemot, du service régional de l'archéologie de Lorraine. Sur ce relevé, on distingue le quadrillage des rues de Louvemont. Aujourd'hui recouverts par la forêt, ces villages martyrs n'ont jamais été reconstruits. Leur existence est pourtant toujours reconnue par l'Etat puisque des maires sont chargés de veiller sur les vestiges et les registres d'état civil. Un travail de mémoire renforcé par le lidar, qui fait revivre en images ces villages détruits.

T.GOSKAR/WESSEX ARCHEOLOGY - COURTESY OF THE CARACOL ARCHEOLOGICAL PROJECT - S.JACQUEMOT, SRA LORRAINE-MISSION LIDAR DRAC/ONF-2013

Système solaire

Le grand retour de la planète

Une mystérieuse planète se cache-t-elle dans notre système solaire ? Deux astéroïdes viennent de relancer l'hypothèse, à laquelle nul ne croyait plus vraiment. Et pourtant…

Par **Mathilde Fontez**

Planète X ? Voilà qui sent la science-fiction bon marché. Soit une planète inconnue qui se situerait quelque part dans notre système solaire, mais que nul n'aurait jamais vue, malgré les progrès accomplis dans l'observation du ciel. Un monde fantôme de la taille de la Terre, voire aussi énorme que la géante Neptune, qui graviterait à nos côtés, totalement dissimulé aux regards…

Peu crédible ? L'affaire est pourtant sérieuse : elle hante les astronomes depuis près de 200 ans. Depuis le XIXe siècle en effet, chaque fois qu'est repérée une anomalie dans la trajectoire des astres, l'hypothèse resurgit, comme une vieille lune astronomique (voir la chronologie).

X

Seulement, toutes ces irrégularités avaient fini par trouver une explication. Et, à la fin du XXe siècle, les astronomes s'étaient résolus à faire taire leurs fantasmes. Pas seulement parce que les plus récents télescopes n'ont rien décelé, mais parce que la théorie qui décrit l'évolution dynamique des planètes se passe très bien d'un →

Contexte

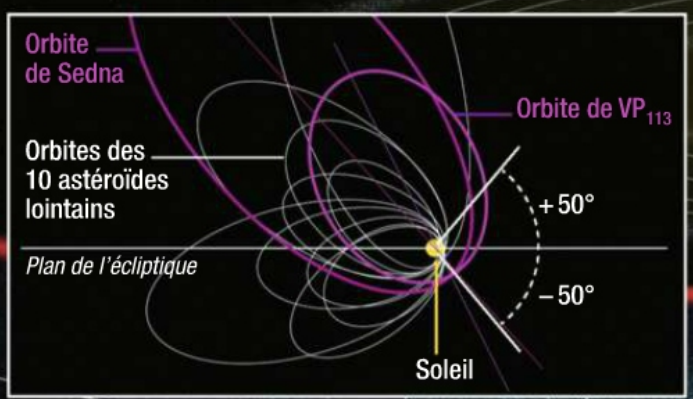
Notre système solaire compte 8 planètes : 4 telluriques (Mercure, Vénus, Mars et la Terre) et 4 gazeuses (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune). Toutes gravitent à moins de 5 milliards de kilomètres du Soleil. Mais beaucoup plus loin, à 200 ou 300 milliards de kilomètres, pourrait se cacher une neuvième planète…

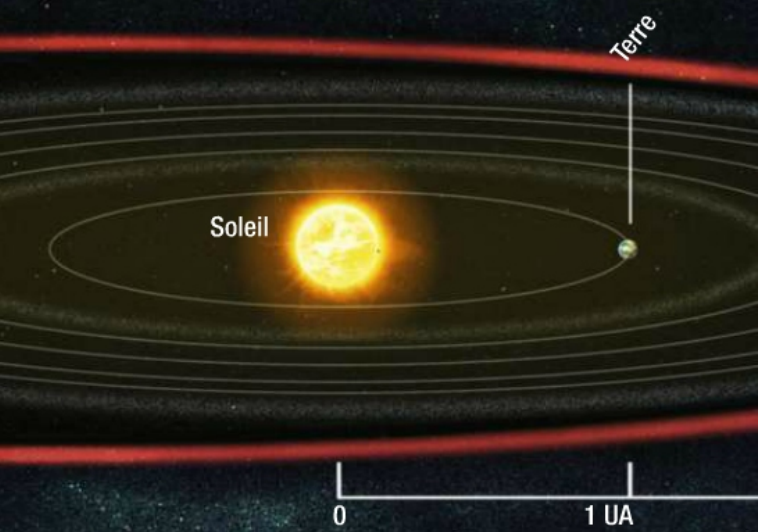
D.FLORENTZ

Planète X : les orbites de deux gros astéroïdes plaident pour son existence

1 Sedna et VP_{113} ont une trajectoire étrangement similaire…

Le point le plus près du Soleil (le périhélie) des orbites de Sedna et de VP_{113} est très proche du plan de l'écliptique. Dix autres lointains astéroïdes partagent cette particularité : l'angle dessiné par leur périhélie est compris entre – 50° et 50°, alors qu'il devrait être aléatoire.





neuvième astre : le système solaire est cohérent à huit.

"On n'en avait tout simplement pas besoin", résume Marc Fouchard, astronome à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

"Avait" ? C'est que les choses viennent de changer. Et de nouveau, c'est une drôle de coïncidence orbitale qui pousse les astronomes à ressusciter la vieille lune.

Les Américains Chad Trujillo, de l'observatoire Gemini à Hawaï, et Scott Sheppard, de la Carnegie Institution à Washington, ont en effet annoncé la découverte d'un astre à la trajectoire étonnante. Son nom ? 2012 VP_{113}.

Ce n'est pas la planète X. Selon les deux chercheurs, cet astre présenterait un diamètre de 450 km, ce qui est trop peu pour une planète – Vénus, la plus petite du système solaire, a un diamètre de 5 000 km – et ferait plutôt penser à un gros astéroïde.

Gravitant au fin fond du système solaire, il a été détecté à 80 unités astronomiques (UA) du Soleil – 80 fois la distance entre notre étoile et la Terre –, à l'extérieur de la ceinture de Kuiper, cet anneau d'astéroïdes qui s'étend au-delà de Neptune (voir l'infographie ci-dessus).

UN CURIEUX ALIGNEMENT

C'est en fait l'orientation de VP_{113} qui est singulière : le point de son orbite le plus proche du Soleil, son périhélie, est pratiquement aligné sur le plan de l'écliptique, dans lequel tournent la majorité des corps du système solaire, parmi lesquels Jupiter, Saturne, les astéroïdes et la Terre. Comme si quelque chose l'avait attiré dans ce plan, alors même que ce gros caillou se trouve à des milliards de kilomètres de la planète connue la plus proche, Neptune.

Or, dans cette zone, les astronomes avaient déjà détecté un objet en 2004 : un corps d'un millier de kilomètres de diamètre, nommé Sedna (voir *S&V* n° 1053, p. 58)… Et l'orientation de son orbite présentait le même alignement.

"Déjà à l'époque, il y a eu des travaux pour expliquer cet alignement, que certains imputaient à la présence d'une planète cachée qui exercerait

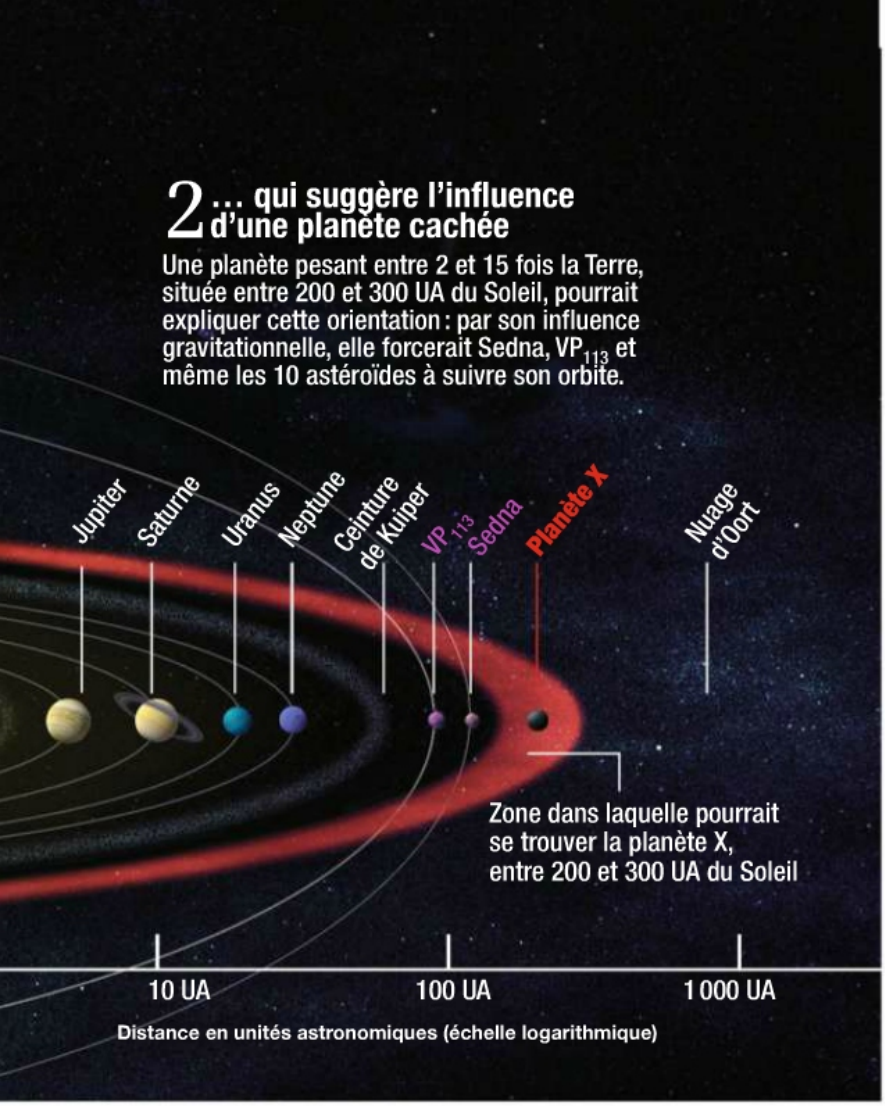
Jargon

Une **planète** est un objet céleste présentant une masse assez petite pour que ne se déclenche pas en son cœur une réaction de fusion, et assez grande pour être maintenue sous une forme sphérique par sa gravité ; elle doit aussi avoir éliminé tout corps rival sur son orbite.

D.FLORENTZ - RUE DES ARCHIVES/RDA - NASA/JPL-CALTECH - NASA

2 … qui suggère l'influence d'une planète cachée

Une planète pesant entre 2 et 15 fois la Terre, située entre 200 et 300 UA du Soleil, pourrait expliquer cette orientation : par son influence gravitationnelle, elle forcerait Sedna, VP_{113} et même les 10 astéroïdes à suivre son orbite.



une influence sur les petits astéroïdes, se rappelle Marc Fouchard. *Mais avec un seul objet, que voulez-vous conclure ?"*

Avec la découverte de VP_{113}, Sedna n'est plus seul. Et Scott Sheppard et Chad Trujillo ne croient pas à la coïncidence. *"D'autant plus qu'en observant l'orbite des objets dans la ceinture de Kuiper, nous avons trouvé dix astéroïdes, parmi les plus externes, qui ont eux aussi cette orientation*, précise le premier. *Nous n'avons donc pas seulement deux exemples, mais douze !"*

En soi, il n'est pas étonnant que les orbites de ces astéroïdes de la ceinture de Kuiper soient calées sur le plan de l'écliptique. Car, ainsi que le résume Scott Sheppard, *"les planètes gardent les astéroïdes en ordre comme un berger avec ses moutons"*.

Lorsque le disque de poussières qui entourait le Soleil juste après sa naissance a commencé à s'agglomérer en planètes, des milliards de débris ont été dispersés, la plupart étant éjectés et formant le très lointain nuage d'Oort. Mais ceux qui ont trouvé une place dans le giron de Neptune et Uranus se sont fatalement retrouvés sous leur influence gravitationnelle : ce troupeau de cailloux a vocation à rentrer dans le rang.

Sauf que Sedna et VP_{113} sont à 50 UA des géantes gazeuses, soit beaucoup trop loin pour subir leur influence. Ils devraient donc être orientés de manière aléatoire…

UN JEU DE CACHE-CACHE QUI DURE DEPUIS 200 ANS

1841

La quête commence

Etudiant l'étrange trajectoire de la géante Uranus, découverte 60 ans plus tôt, Urbain Le Verrier et John Adams prédisent qu'une huitième planète se cache dans le système solaire.

1846

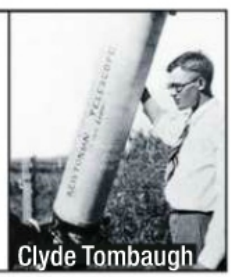
La planète X n'est pas Neptune…

Une planète est bel et bien décelée à l'endroit prévu. Elle est nommée Neptune. Mais des perturbations résiduelles laissent entrevoir une autre planète, plus loin dans le système solaire.

1930

… ni Pluton

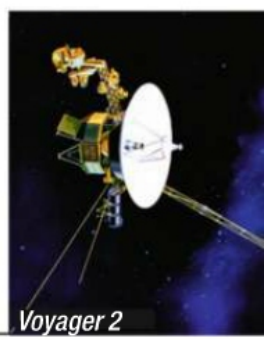
Clyde Tombaugh démasque Pluton. Mais l'astre est trop petit pour être la huitième planète prédite près d'un siècle plus tôt.


Clyde Tombaugh

1993

Voyager 2 met son existence en doute

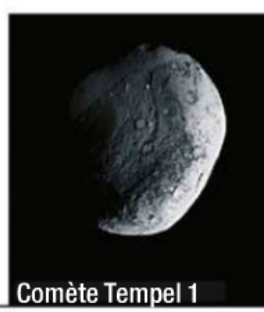
Après le survol de Neptune en 1989, Myles Standish révise la masse de cette dernière à la baisse de 0,5 %, ce qui fait disparaître les anomalies orbitales, et avec elles la nécessité d'une planète X.


Voyager 2

1999

La recherche est brièvement relancée

Des mesures des trajectoires des comètes venues du nuage d'Oort laissent de nouveau envisager l'existence d'une planète X… avant que d'autres chiffres ne rendent l'hypothèse obsolète.


Comète Tempel 1

2014

La planète X est de retour

Après Sedna en 2004, Chad Trujillo et Scott Sheppard dénichent un deuxième objet à l'orbite similaire : VP_{113}. L'hypothèse est relancée.

"Il doit exister un corps massif qui perturbe l'orbite de Sedna et de VP_{113}, analyse Scott Sheppard. *Et nous pensons que cet objet exerce aussi une influence sur les dix astéroïdes les plus proches."*

Partant de ce constat, les deux astronomes ont lancé des simulations… et trouvé qu'une planète de 2 à 15 fois la masse de la Terre, gravitant entre 200 et 300 UA et à l'orbite similaire à celle de Sedna et de VP_{113}, pourrait expliquer l'anomalie. Leur modèle montre même qu'une planète de la masse de Neptune pourrait orbiter à 1500 UA. *"La planète X revient au goût du jour!"*, conclut avec enthousiasme Marc Fouchard.

"Troublant", "intrigant", "excitant"! Les spécialistes de la dynamique des systèmes planétaires sont unanimes: deux ou même douze objets, c'est trop peu pour avoir la moindre certitude, mais largement suffisant pour relancer l'hypothèse de la planète X.

"On ne peut pas encore être sûr qu'il ne s'agisse pas d'une fluctuation statistique, c'est-à-dire d'un coup de malchance ou d'un biais instrumental, réagit Alessandro Morbidelli, spécialiste du système solaire à l'observatoire de la Côte d'Azur. *Mais si c'est vérifié, alors cela indique qu'il existe bien un corps massif un peu plus loin qui dirige ces deux objets."*

Il est très peu probable que ce corps soit une géante comme Jupiter ou Saturne: un télescope vient justement de traquer de telles géantes en périphérie du système solaire… et n'a rien trouvé. D'après Kevin Luhman, de l'université de Pennsylvanie (Etats-Unis), qui a mené l'étude, il ne peut exister de planète de la masse de Saturne plus près qu'à 28000 UA, ni de celle de Jupiter jusqu'à 82000 UA.

Mais une planète de la taille de Mars ou de la Terre… voire une super-Terre, comme les télescopes en détectent dans les exosystèmes, est tout à fait crédible. D'ailleurs, une telle présence s'accorde plutôt bien avec les modèles décrivant l'évolution du système solaire.

10, 11, VOIRE 12 PLANÈTES?

"En l'absence de besoin, on favorise le modèle le plus simple: avec huit planètes. Mais les simulations montrent qu'il peut très bien s'en former neuf, dont l'une serait éjectée vers l'extérieur à cause de la migration d'une géante ou d'une collision", explique Alessandro Morbidelli. Qui ajoute: *"Cela fonctionne aussi avec deux, trois, quatre planètes supplémentaires! On n'a pas essayé avec davantage…"*

Et il serait normal qu'aucun télescope n'ait capté la planète X: un corps deux fois plus éloigné du Soleil est déjà seize fois moins brillant. Même avec une taille respectable, les objets du nuage d'Oort sont donc pratiquement invisibles.

"Pour capter la lumière de corps aussi lointains, on a besoin d'un puissant télescope et d'un large champ de vue, soit des conditions d'observation très exigeantes, précise Scott Sheppard. *Et en prime, il faut avoir de la chance!"*

Reste que la découverte a stimulé la communauté. Les observateurs sont déjà en train de demander du temps d'observation sur les télescopes pour partir à la chasse d'autres astéroïdes comme Sedna ou VP_{113}, confirmer les anomalies d'orbite… et donc l'existence d'une planète X. La vieille lune n'a pas fini d'occuper l'esprit des astronomes.

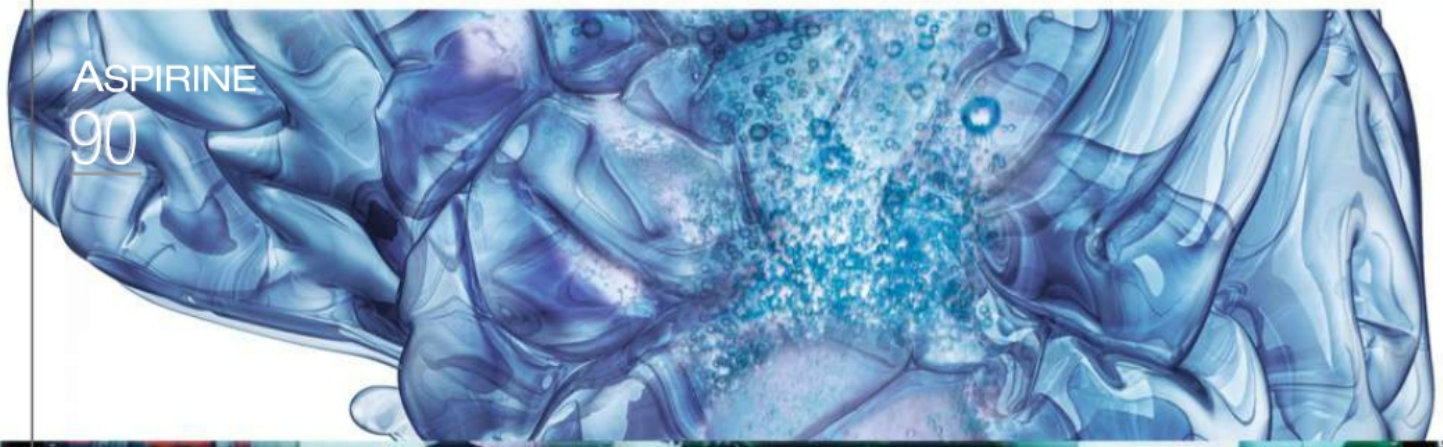
On a vu une planète X… autour d'une autre étoile

Elle s'appelle Fomalhaut b, elle est grosse comme Jupiter et gravite à 140 unités astronomiques de son étoile, la plus brillante de la constellation du Poisson austral. Il s'agit donc d'un astre glacé évoluant en périphérie d'un système… une planète X? *"Cette exoplanète est un excellent exemple pour montrer qu'il est possible qu'une planète se place aux confins de son système*, répond Alessandro Morbidelli, de l'observatoire de la Côte d'Azur. *Elle valide le concept."* Et le parallèle se poursuit encore: tout comme notre planète X, son existence a été postulée à partir de l'étude d'un disque de débris. Seule différence, Fomalhaut b, elle, a été vue. C'est même la toute première exoplanète à avoir été photographiée!

* A lire : la publication scientifique.
A voir : les photos de VP_{113} sur le site des chercheurs.

EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

& Science techniques



ASPIRINE
90

RECONNAISSANCE DES VISAGES
94

POLLINISATEURS

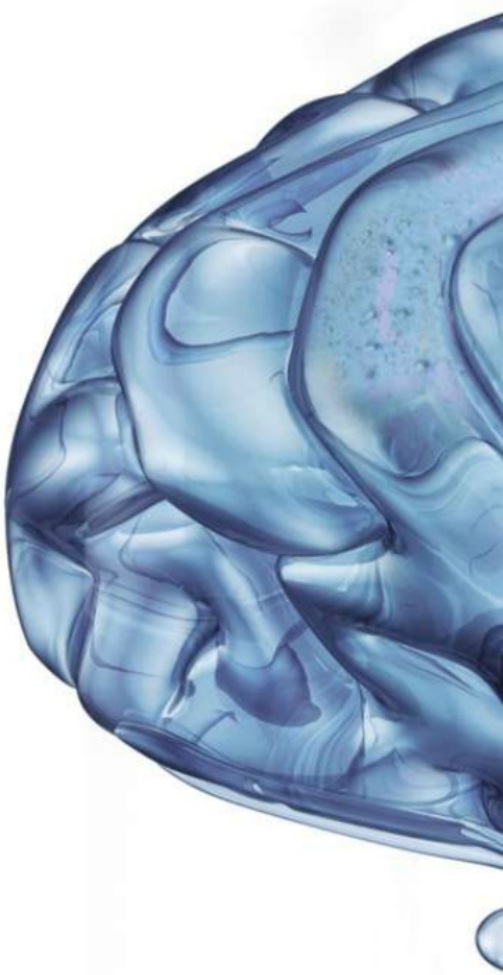
FORMULE 1 ÉLECTRIQUE
102

LENTILLES INFRAROUGES
106

GETTY - MMDI.CO.UK - HEC - B.BOURGEOIS

Dépression, schizophrénie…

Et si la solution était l'aspirine ?



Dans 40 % des cas, les troubles mentaux riment avec réactions inflammatoires. D'où l'idée que de simples anti-inflammatoires sauraient les traiter. Et ça marche !

Par **Coralie Hancok**

De l'aspirine pour combattre la dépression chronique ? Voilà qui paraît inespéré – et pourtant ! De tout récents travaux allant dans ce sens le laissent de plus en plus à penser.

Sachant que quelques essais aux résultats étonnants avaient déjà ouvert la voie. En particulier, une étude pionnière, réalisée en 2006 par l'équipe italo-belge de Julien Mendlewicz et Nicoletta Brunello, avait montré que des personnes sur lesquelles les antidépresseurs étaient sans effet pouvaient voir leur état s'améliorer enfin grâce à la prise quotidienne de faibles doses d'aspirine.

Si l'étude était trop modeste pour être réellement convaincante, ses données n'en étaient pas moins intrigantes. Soit un groupe de 21 patients, 8 hommes et 13 femmes, tous dépressifs, et tous ayant déjà reçu un traitement antidépresseur qui s'était révélé inefficace.

Les médecins avaient alors ajouté à leur traitement habituel 160 mg d'aspirine par jour ; or, au bout de quatre semaines, 50 % d'entre eux virent leurs symptômes dépressifs divisés de moitié, 43 % d'entre eux entrant même en rémission.

Quatre ans plus tard, l'aspirine poussait de nouveau la porte du milieu psychiatrique. En additionnant 1 g d'aspirine par jour au traitement antipsychotique classique de la schizophrénie, l'équipe de Wijnand Laan (université d'Utrecht, Pays-Bas) obtint une amélioration des symptômes supérieure à celle des patients ayant reçu le traitement de base.

TAUX DE CYTOKINES ÉLEVÉ

La même année, une étude épidémiologique sur des patients bipolaires sous lithium – le traitement de référence – montrait que les personnes ayant reçu de faibles doses journalières d'aspirine avaient moins souvent besoin d'une augmentation de leur dose de lithium.

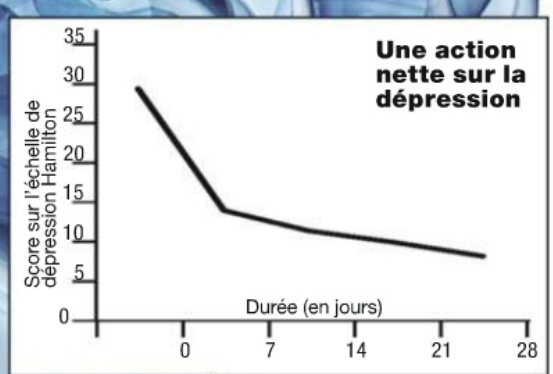
Pas de doute, l'aspirine semblait avoir un effet thérapeutique pour certains troubles mentaux.

Mais comment des médecins vinrent-ils à ressortir de leur

Enjeux

En France, 18 % de la population aurait déjà traversé un épisode dépressif majeur. Environ 30 % des dépressions résistent aux antidépresseurs. Une personne sur 100 déclarerait une schizophrénie. Les médicaments atténuent certains symptômes mais au prix d'effets secondaires importants. Les essais menés avec l'aspirine et d'autres anti-inflammatoires pourraient ouvrir une nouvelle voie.

< ASPIRINE ASSOCIÉE À UN ANTIDÉPRESSEUR
Un effet bénéfique a été observé chez 52,4 % des patients (la courbe ci-dessous montre une diminution des symptômes dépressifs).



SOURCE : LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS

armoire un médicament centenaire, utilisés depuis toujours pour lutter contre la douleur, pour traiter des maladies psychiatriques au XXIe siècle ?

Cela a commencé par une observation fortuite à la fin des années 1990 : chez certains malades dépressifs, des chercheurs américains repèrent un taux anormalement élevé de cytokines, des molécules fabriquées par le système immunitaire en réponse à une agression.

Ce sont ces cytokines qui sont à l'origine de sensations douloureuses en cas de blessure ou de piqûres, des molécules contre lesquelles l'aspirine agit précisément. Plus largement, les cytokines sont à la base de la réponse inflammatoire !

Or, ces premières analyses ont été confirmées des centaines de fois et pas seulement dans le cas de la dépression, mais aussi dans d'autres maladies psychiatriques. *" Chez environ 40 % des malades psychiatriques, on observe des taux anormalement élevés de cytokines, en particulier d'interleukines IL-1 et IL-6 et de TNFα, et de protéine C réactive, une molécule produite par le foie en réponse à l'inflammation et utilisée comme marqueur de celle-ci "*, précise Guillaume Fond, psychiatre au CHU Henri-Mondor de Créteil.

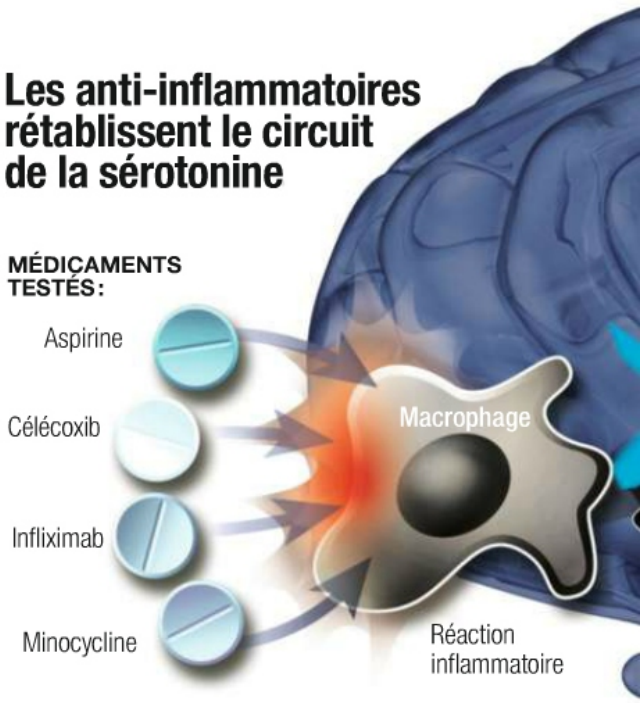
Et inversement, 20 à 30 % des personnes souffrant de maladies inflammatoires (psoriasis, certains rhumatismes…)

GETTY

Sur la piste de l'infection à l'origine de l'inflammation

Si les maladies psychiatriques sont inflammatoires, d'où vient l'inflammation ? Stress, traumatismes d'enfance, obésité, cigarette sont connus pour augmenter la réponse inflammatoire. Sans renier ces facteurs, un nombre croissant de chercheurs s'intéressent à la piste de l'infection (voir *S&V* n° 1133, p. 46). Des pathogènes contractés pendant la grossesse ou plus tard provoqueraient des réactions immunitaires, dont l'inflammation. Au CHU Henri-Mondor, Marion Leboyer pointe une hypothèse plus précise encore. "*Chez plus de 50 % des patients schizophrènes et bipolaires, il existe des traces de la réactivation d'un rétrovirus endogène* [un virus dont le génome a été intégré à notre propre génome et que l'on pensait jusqu'alors inactif]. *Or, l'enveloppe de ce virus est particulièrement neurotoxique et pro-inflammatoire.*" A suivre.

Les anti-inflammatoires rétablissent le circuit de la sérotonine



1 Les anti-inflammatoires inhibent les cytokines...

L'anti-inflammatoire bloque la production par les macrophages de cytokines, fabriquées par le système immunitaire en réponse à une agression. Cette réaction inflammatoire active l'enzyme IDO.

sont déprimées. "*Longtemps nous avons pensé que leur état dépressif s'expliquait par la douleur et le poids de leur maladie… Aujourd'hui, nous avons modifié notre façon de penser*", raconte Robert Dantzer, spécialiste de la neuro-immunologie à l'université du Texas. D'ailleurs, ajoute-t-il, en citant l'exemple du psoriasis "*lorsqu'on traite les patients avec un médicament qui limite l'action des cytokines, l'état dépressif s'améliore avant même une action sur le psoriasis*".

PAS SEULEMENT L'ASPIRINE !

La réciproque étant également vraie : les traitements qui augmentent la réponse inflammatoire – comme celui à base d'interféron INFα utilisé contre l'hépatite C ou chez certains patients cancéreux résistants aux chimiothérapies classiques – provoquent chez un tiers, et jusqu'à la moitié d'entre eux, des épisodes dépressifs.

Alors ? Les maladies psychiatriques sont-elles, à l'instar de la polyarthrite rhumatoïde, des maladies purement inflammatoires ? "*J'en suis intimement convaincue*", répond sans hésitation Marion Leboyer, responsable du pôle de psychiatrie au CHU Henri-Mondor.

D'autres se montrent toutefois plus prudents. "*Les cytokines ne sont pas la cause des maladies mentales mais il apparaît de plus en plus évident que, chez certains patients, elles contribuent à l'apparition de certains symptômes*", indique Andrew Miller, psychiatre à l'université Emory (Etats-Unis).

Une autre question reste en suspens : comment l'inflammation pourrait-elle créer de tels désordres dans le cerveau ? Pour Andrew Miller, "*les cytokines agissent dans le cerveau en modifiant l'absorption et la libération de neurotransmetteurs et en influant sur la naissance et la mort des neurones et des cellules gliales*". Mais il faut reconnaître que les mécanismes fins échappent encore aux chercheurs.

Quoi qu'il en soit, la conséquence logique d'une implication – même partielle – de l'inflammation dans les maladies mentales, c'est de tenter de la contrer. Or, le plus ancien et le mieux connu de tous les anti-inflammatoires est évidemment l'aspirine ! De là les premières études menées en 2006 et 2010.

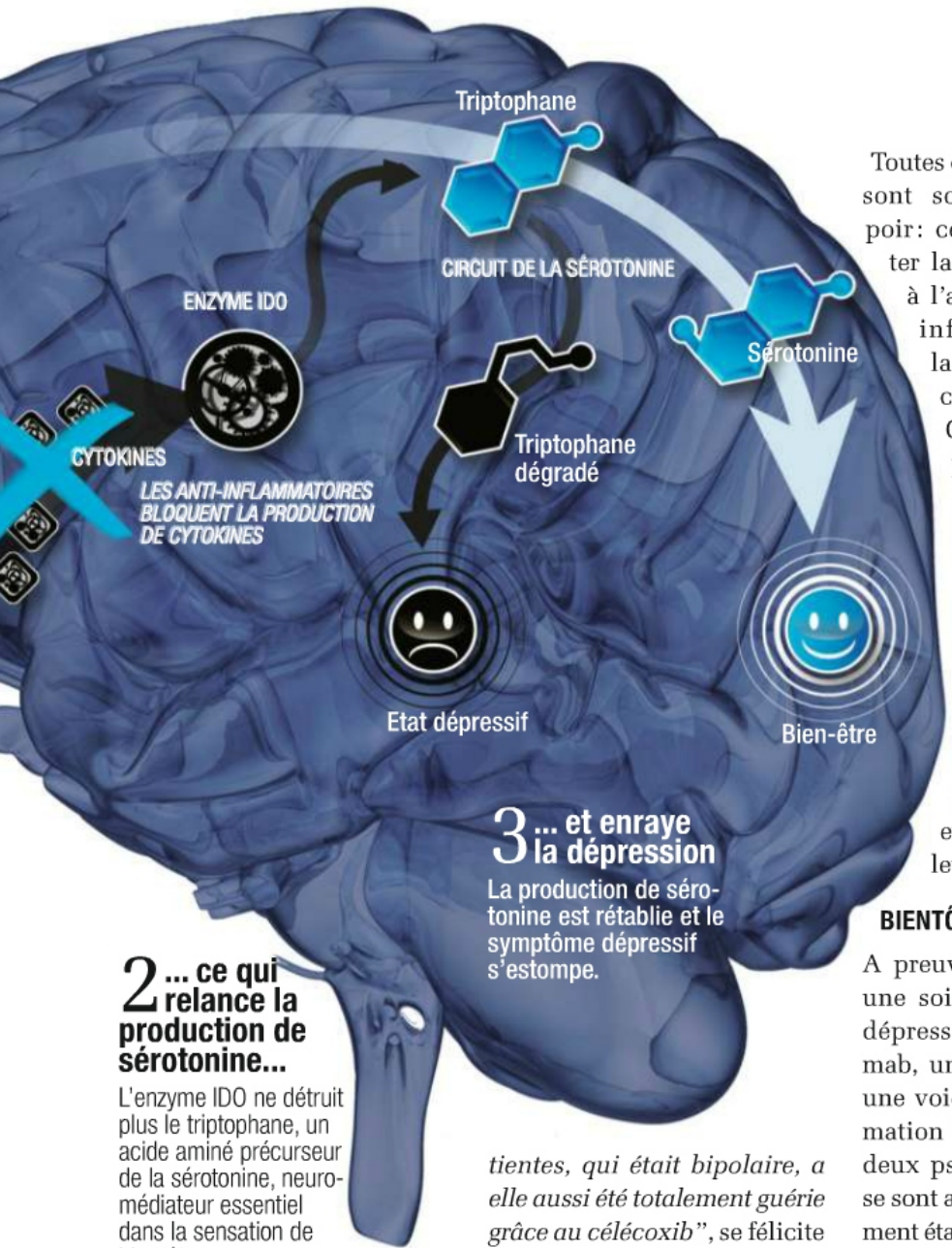
De quoi, surtout, donner aux médecins l'idée d'aller plus loin. Car l'aspirine n'est pas le seul anti-inflammatoire à susciter l'intérêt des psychiatres. "*L'un des plus prometteurs, ou du moins celui pour lequel on dispose désormais du plus grand nombre d'études concluantes, est le célécoxib, une molécule habituellement utilisée pour le traitement de la polyarthrite rhumatoïde*", indique Guillaume Fond.

Quatre études indépendantes totalisant 150 patients et utilisant toutes le célécoxib en plus

Jargon

Anti-inflammatoire : classe de médicaments regroupant de nombreuses molécules. Toutes s'attaquent à l'inflammation, face à une agression (infections, blessures…). L'aspirine et le célécoxib font parties du sous-groupe des anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS).

M.KONTENTE



des traitements antidépresseurs classiques, viennent en effet de montrer la supériorité de cette combinaison sur les antidépresseurs utilisés seuls.

Mieux, chez une patiente taiwanaise traitée en 2010 par l'équipe de Chun-Yen Chen, de l'hôpital militaire de Taipei, le célécoxib s'est révélé être le seul et unique traitement efficace. La patiente est sortie de son état dépressif après des années d'errance thérapeutiques. L'espoir suscité par ces études est d'autant plus grand qu'elles ne se limitent pas à la dépression. "*L'une de nos patientes, qui était bipolaire, a elle aussi été totalement guérie grâce au célécoxib*", se félicite Guillaume Fond.

Et ce n'est pas tout. La recherche de l'action anti-inflammatoire la plus efficace sur le cerveau pousse désormais les chercheurs à ouvrir leur placard pour tester des médicaments encore plus surprenants. En effet, certaines classes de médicaments ont, en plus de l'action pour laquelle ils sont habituellement utilisés, des propriétés anti-inflammatoires. "*De récents travaux montrent une amélioration des symptômes schizophréniques grâce aux propriétés anti-inflammatoires d'un antibiotique, la minocycline*", détaille Guillaume Fond.

Toutes ces annonces, étayées, sont sources d'un fol espoir: celui de pouvoir traiter la totalité des patients à l'aide de simples anti-inflammatoires. Hélas, non, répondent de concert les chercheurs. Car, comme le rappelle Guillaume Fond, "*seule une partie des patients présente des taux élevés de marqueurs de l'inflammation*". Et, comme l'ont démontré l'année dernière Andrew Miller et Charles Raison, ce sont ces patients, et uniquement eux, qui pourraient voir leur état s'améliorer.

BIENTÔT DES TRAITEMENTS

A preuve: après avoir traité une soixantaine de patients dépressifs avec de l'infliximab, une molécule inhibant une voie précise de l'inflammation (celle du TNFα), les deux psychiatres américains se sont aperçus que le médicament était efficace uniquement chez les patients qui présentaient dans leur sang un taux élevé d'une protéine de l'inflammation (la protéine C).

"*Cela signifie qu'il existe des groupes de malades pour lesquelles, sur la base d'un dosage sanguin, nous pourrions démarrer très vite un traitement à base d'anti-inflammatoires*", précise Andrew Miller.

Alors, même si la science fondamentale travaille encore sur l'impact réel et l'origine de cette inflammation (voir encadré), les patients, eux, ne devraient plus attendre très longtemps avant de bénéficier d'un nouveau mode de traitement ciblé, et pourtant très simple.

A lire : une étude (en anglais) sur la totalité des essais réalisés avec des anti-inflammatoires.

EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

Comme dans les films, des logiciels (ici, NeoFace) parviennent à capturer et à identifier des visages à la volée.

Reconnaissance faciale

Le triomphe

L'homme n'a plus l'apanage de reconnaître les visages : de tout récents algorithmes lui contestent aujourd'hui cette faculté, tests à l'appui ! Décryptage d'un nouvel exploit de l'intelligence artificielle.

Par **Román Ikonicoff**

de l'IA

Repères

L'une des premières tentatives de reconnaissance automatique de visage a été faite par Takeo Kanade en 1973. Mais il faut attendre les années 1990 pour que l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs permette l'utilisation de méthodes statistiques et d'apprentissage plus complexes et sur de plus gros volumes de données.

La preuve en images du pouvoir des logiciels

Regardez les trois séries de portraits en couleurs. Chaque série représente la même personne photographiée, avec une expression, un éclairage et un angle différent. Les logiciels de reconnaissance faciale (ici, un logiciel développé par l'université de Hong Kong) sont capables de normaliser l'expression et la position de chacun de ces visages (images en noir et blanc). Et de montrer que c'est bien la même personne derrière ces trois portraits.

THE CHINESE UNIVERSITY OF HONG KONG

La photo est mauvaise, vous êtes de profil, il faisait sombre et c'est à peine si vous vous reconnaissez ? Qu'importe.

Sur la foi de ce seul cliché stocké dans sa mémoire, la machine vous reconnaît, là, marchant dans la rue, filmé à la volée par une caméra de vidéosurveillance – ou bien là, sur cette photo publiée sur un réseau social, où l'on vous voit, à l'arrière-plan, le visage tourné de trois quarts.

Ni l'angle de prise de vue ni la lumière ou aucune autre différence n'a trompé la machine.

Son secret ? Le top des algorithmes de reconnaissance automatique des visages. Baptisé "DeepFace" ("visage profond"), il est le résultat des travaux menés par les chercheurs de… Facebook.

Car c'est bien le réseau social à 1,23 milliard d'amis qui, en mars dernier, a annoncé avoir mis au point un algorithme de reconnaissance faciale battant tous les records pour déterminer si deux visages, sous des apparences pourtant différentes, appartiennent à la même personne. Une nouvelle qui, présentée le 25 juin à la *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (Conférence sur la vision numérique et la reconnaissance de forme), l'une des deux plus importantes au monde sur le sujet, et déjà publié dans le compte-rendu, a fait sensation dans les laboratoires de recherche en intelligence artificielle…

Mais les chiffres sont là : DeepFace réussit à 97,25 % le test de comparaison consistant à dire si deux photos différentes présentent ou non le visage du même individu. A ce test, l'homme obtient 97,53 % de bonnes réponses, soit à peine 0,28 petits points de mieux ! Et nul besoin pour cela de laisser calculer la machine pendant des heures : un tiers de seconde lui suffit !

Le plus grand trombinoscope (*facebook* en anglais) de la planète a fait savoir que DeepFace resterait cloîtré dans son laboratoire. On voit mal cependant un tel bijou rester sans usage… En tout cas, il ne sera pas mis en ligne, comme le fut sa précédente (et bien moins performante) mouture : lancé en 2011, "Tag Suggest" avait été interdit par l'Union européenne dès octobre 2012, au motif de la protection de la vie privée ; le service fut alors désactivé. Ce qui n'a pas empêché Facebook de l'améliorer…

Mais ce n'est pas tout. Car pour impressionnant qu'il soit, DeepFace pourrait déjà être détrôné : en avril dernier, deux chercheurs du Département d'ingénierie de l'information de l'université de Hong Kong (Chine) ont annoncé que leur algorithme, "GaussianFace", avait atteint cette fois le score de 98,52 % : 0,99 point de mieux que l'homme !

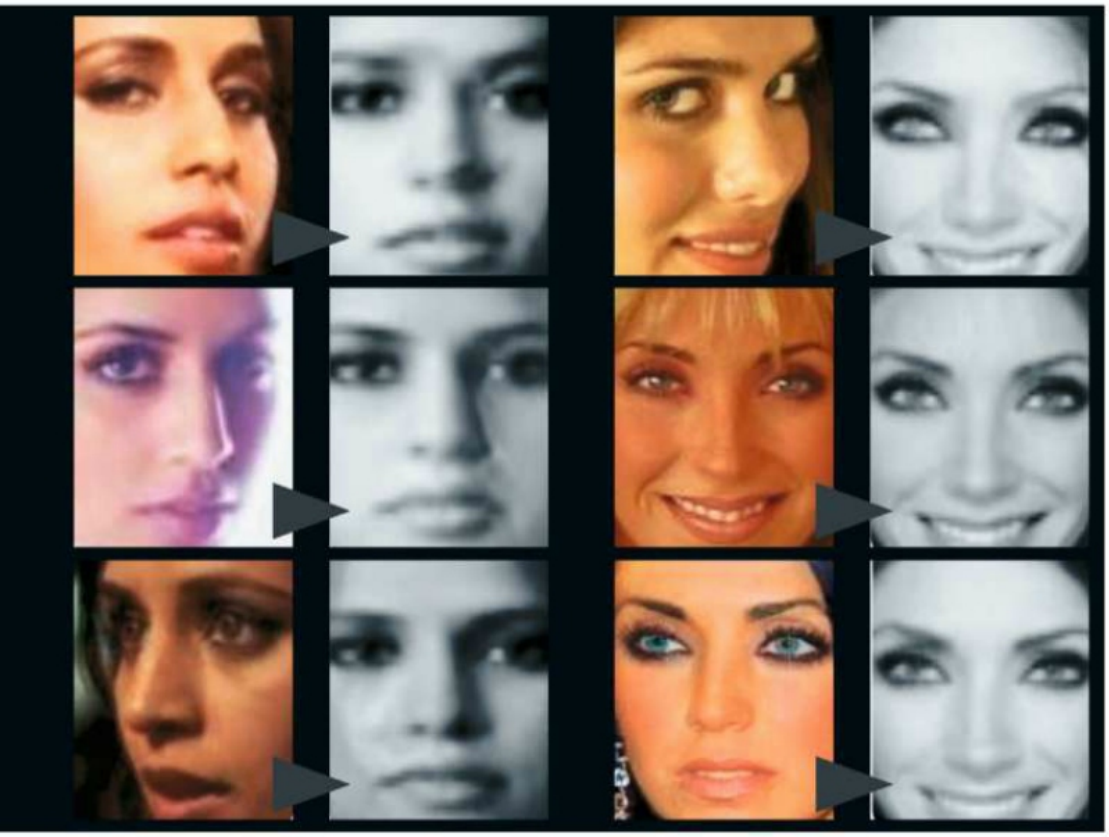
L'article présentant ce résultat n'a pas été publié dans une revue scientifique, contrairement à celui sur DeepFace, mais sur un site de "pré-publication" : il n'a, en pratique, pas été vérifié en détail par les experts du secteur.

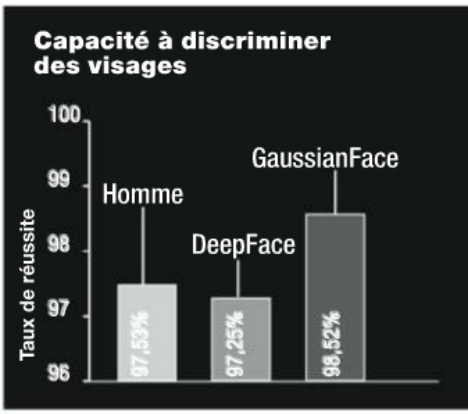
DES PROGRÈS FULGURANTS

Et de l'avis des spécialistes, comme Frédéric Jurie, professeur à l'université de Caen et membre du groupe *Learning and Recognition in Vision* (Apprentissage et reconnaissance de la vision) de l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria), *"la description donnée est trop incomplète pour pouvoir être*

Que dit la loi ?

Il n'y a pas de loi générale. Mais le 22 mars 2012, l'organe européen chargé de la protection des données, le G29, a énoncé neuf recommandations qui portent sur le besoin d'informer, et de sécuriser les données en les rendant le plus anonymes possibles. Elles affirment surtout la nécessité du consentement explicite des individus avant l'acquisition et l'utilisation de leurs images.





L'homme dépassé

Les tests de comparaison le prouvent : face à la question de savoir si deux photos représentent le même visage, DeepFace obtient aujourd'hui des scores quasiment identiques à celui d'un être humain. Et le logiciel GaussianFace les aurait dépassés, même si ses résultats ne sont pas encore confirmés.

reproduite par d'autres chercheurs." En l'état, elle n'est donc pas valide… Mais nul ne doute que ce type de résultat est tout à fait imminent.

Il faut dire qu'une nouvelle génération de systèmes de reconnaissance faciale est en train de surgir, avec des résultats si probants que financeurs et développeurs se les disputent. *"Au-delà des effets d'annonce, il y a bien une montée en puissance de ces technologies"*, confirme Frédéric Jurie.

La police de Chicago, par exemple, s'est adjoint "NeoFace", l'algorithme de la société japonaise NEC, géant de l'informatique et des télécommunications, lui aussi classé parmi les meilleurs du moment.

Pour preuve : NeoFace a confondu l'auteur d'un vol commis quelques mois plus tôt, en identifiant son visage capté par les caméras de surveillance, parmi les 4,5 millions de visages de la base de données des criminels connus.

Il vient aussi d'être catapulté dans les smartphones en tant qu'application à destination des magasins, des banques et des hôtels pour faire de l'identification instantanée de clientèle.

Google n'est pas en reste avec une application développée ces derniers mois pour ses fameuses lunettes à réalité augmentée : baptisée "NameTag", elle peut répertorier déjà deux millions de visages…

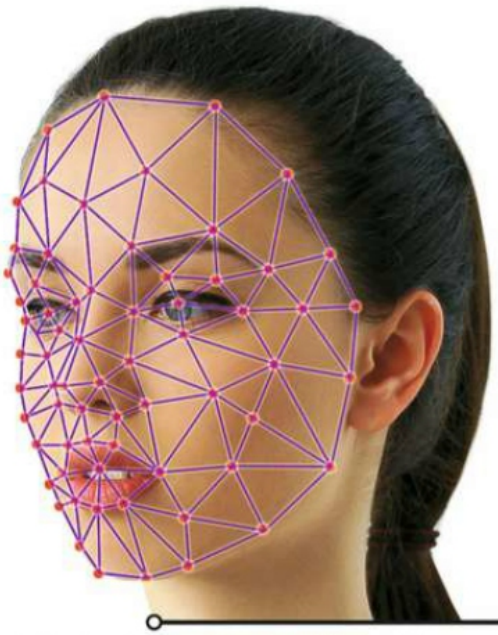
Quant à la NSA ("National security Agency"), le journal *New York Times* vient de

Des mathématiques hautement sophistiquées

DeepFace s'entraîne sur 4,4 millions de photos, présentées par paires. A chaque réponse, le logiciel modifie légèrement les paramètres des 120 millions de synapses de son réseau de neurones virtuels, afin d'intégrer la nouvelle expérience aux connaissances déjà acquises. Cette modification suit une équation de la physique, dite de l'énergie libre. Celle-ci régit des phénomènes comme la formation de dunes : sous le vent, les grains de sable se disposent de manière à ce que la forme globale de la dune reste dans son état le plus stable, celui de plus basse énergie. DeepFace applique cette équation à ses 120 millions de paramètres – les "grains de sable" – en faisant en sorte de minimiser l'"énergie" globale de la structure du réseau.

Le secret de la reconnaissance faciale en 5 étapes clés

La technologie la plus en vogue est celle des réseaux de neurones dits "convolutionnels", dont DeepFace est un spécimen à neuf couches. Voici, schématiquement, comment la machine repère les points clés du visage, fait pivoter virtuellement celui-ci pour l'orienter de face, et finalement réduit la quantité d'informations récoltées pour n'en conserver qu'une "signature", qu'il utilisera pour la comparer à d'autres signatures de visage.



1. Le logiciel cartographie le visage...
A partir d'une photo de 3/4 d'une personne, DeepFace cartographie 73 points clés du visage.

2. ... le reconstitue de face...
Puis il reconstitue le visage de la personne tel qu'il apparaîtrait de face.

révéler qu'elle intercepte des millions de photographies chaque jour dont plus de 50000 sont soumises à la reconnaissance faciale. Tandis que le FBI déploie son système pour un budget de 1 milliard de dollars ! Avec d'épineux et houleux débats sur le droit à la vie privée et à l'image en perspective (lire l'encadré p. 96)...

Ces progrès de l'intelligence artificielle sont fulgurants – les meilleurs programmes affichaient un taux de réussite de 78 % en 2008, et n'atteignaient que 88 % en 2012. Comment l'intelligence artificielle s'y est-elle prise pour doter les machines d'une compétence qui promet de battre l'homme à son propre jeu, si ce n'est pas déjà fait ? Car ce n'est pas rien de reconnaître un visage…

Il s'agit pourtant d'une faculté héritée de millions d'années d'évolution

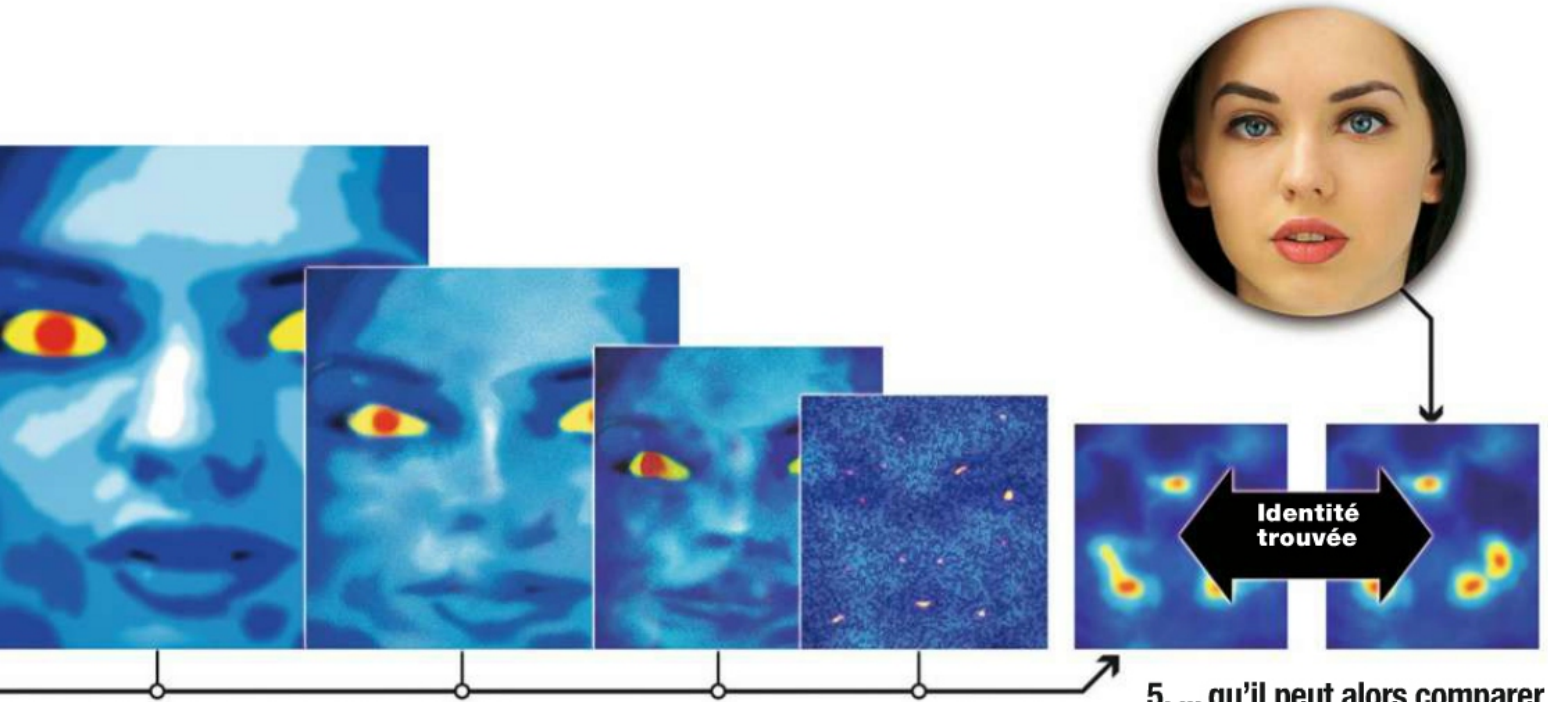
"Chez l'homme, cette faculté découle de millions d'années d'évolution, rappelle Nathalie George, directrice de recherche au CNRS, spécialiste de la perception visuelle à l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (Paris). *Le cerveau accomplit cette tâche en 200 à 400 millisecondes."*

Il mobilise pour cela trois régions essentielles, le gyrus fusiforme à la base du cerveau, l'aire occipitale et le sillon temporal supérieur.

"Ces trois systèmes assurent la reconnaissance formelle du visage, poursuit la chercheure, *et d'autres viennent les renforcer, comme l'amygdale, siège du cerveau émotionnel, l'hippocampe, siège de la mémoire, le cortex orbitofrontal… C'est tout le cerveau qui s'enflamme !"*

Chaque visage connu est ainsi mémorisé non par un neurone individuel, mais par tout un réseau, dans lequel *"existent des sous-populations de neurones qui codent les visages selon l'angle de vue (face, profil, etc.). Si bien qu'avec deux ou trois angles de vue mémorisés, le cerveau se débrouille très bien pour calculer toutes les autres vues possibles".*

Le 2 mai 2013, l'algorithme de la police de Chicago a reconnu l'auteur d'un vol filmé par vidéosurveillance (image de gauche), fiché dans leur base de données (image de droite).



3. ... dégrade petit à petit l'image...
Des réseaux de neurones extraient par étapes successives les informations invariantes du visage.

4. ... en un nuage de points...
Au final, il réduit l'image à un nuage de points, sorte d'empreinte numérique.

5. ... qu'il peut alors comparer
DeepFace compare cette empreinte à des millions d'autres pour retrouver par proximité statistique son identité.

Plutôt que tenter de reproduire cette complexité, comme le proposait l'intelligence artificielle jusque dans les années 1990, DeepFace l'a court-circuitée. *"La reconnaissance faciale automatique est avant tout le résultat de l'ingénierie informatique,* résume Frédéric Jurie. *Même si DeepFace utilise des 'réseaux de neurones', ceux-ci sont des programmes effectuant des calculs mathématiques, ce qui est très éloigné du modèle biologique."*

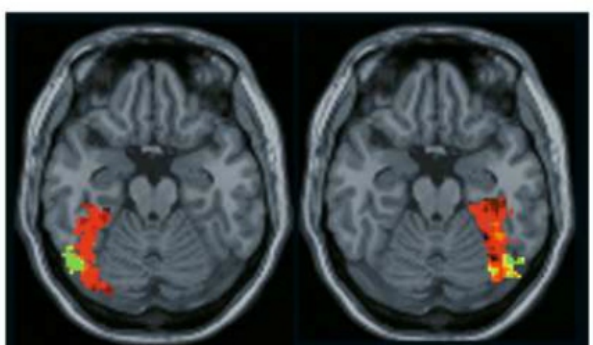
FILTRER LES INFORMATIONS

La technologie la plus en vogue aujourd'hui est celle des réseaux de neurones dits "convolutionnels", dont DeepFace est un spécimen à neuf couches. Les informations de position, de couleur et d'intensité des pixels d'une photo de visage (quelques kilo-octets) sont injectées dans la première couche du système – un ensemble de programmes recevant chacun les informations d'une petite zone de l'image –, qui filtre et réduit la quantité d'informations récoltées, avant de la passer à la suivante, et ainsi de suite pour toutes les couches.

A la dernière couche, il ne reste du visage initial qu'une "signature" très réduite de l'image d'origine, ne permettant pas en principe de la reconstruire, mais suffisante pour être comparée à la signature d'une autre image.

Si les deux coïncident convenablement, le système considère que les deux visages appartiennent bien à la même personne. Et, dès lors qu'une des deux photos est associée à un nom, l'autre peut l'être également.

Toute la puissance de ces réseaux de neurones tient à deux talents essentiels. Celui, d'abord, de savoir filtrer uniquement les informations pertinentes (la présence d'un grain de beauté, un écart entre les yeux particulier, etc.) selon quelques directives générales intégrées dans le programme.



Activation des zones de reconnaissance faciale dans le gyrus fusiforme gauche et droit à la base du cerveau, 130 millisecondes après la vue d'un visage.

Les limites du système de reconnaissance humain

L'humain reste très supérieur aux machines. Cependant, alors que le cerveau ne mémorise pas l'identité de plus de 100 à 200 personnes (visage, nom, personnalité, etc.) et qu'il ne peut identifier que deux visages à la fois dans la foule, la machine n'a de limites que l'étendue de sa base de données et ses capacités de calcul. Mais elle échoue face à nous pour les visages partiellement occultés ou ceux que l'âge ou la maladie ont modifiés. Toutefois, humain et machines éprouvent la même difficulté de reconnaissance avec les visages appartenant à une ethnie non fréquentée, ou qui n'était pas représentée dans l'entraînement.

D.R. - MING MENG / DARTMOUTH COLLEGE - CLICHÉ IRMF

Celui ensuite, d'améliorer peu à peu son talent, apprenant à repérer plus finement les informations qui se répètent, les invariants, à partir du flux de pixels reçu, avec ce petit coup de pouce au départ du programmeur, indiquant le type d'information sur lequel se concentrer.

Et, derrière ces deux talents, *"ce sont les capacités de calcul des processeurs – l'architecture des réseaux – et avant tout les gigantesques bases de données d'images et de vidéos qui ont permis ce saut qualitatif"*, confie Rudy Guyonneau, ancien chercheur au laboratoire CNRS Cerveau & Cognition de Toulouse (CerCo) aujourd'hui responsable recherche & développement de la start-up Spikenet Technology.

En pratique, l'entraînement de DeepFace a pris trois jours. 4,4 millions de photos provenant de la base de données "Social Face Classification" lui ont été injectées.

C'est autant de fois que le système a appris d'abord à repérer 73 points clés d'un visage, à partir desquels il peut alors le faire pivoter (en recourant à un calcul 3D) pour l'aligner de face. En modifiant les 120 millions de paramètres de son réseau de neurones après chaque paire de photos, il a appris à comparer deux visages ainsi redressés, talent qu'il a ensuite exercé sur une base de donnée différente, nommée "Labelled Faces in the Wild" (qui signifie "Visages étiquetés dans la nature").

"Les performances de DeepFace telles qu'elles ont été mesurées, et qui se rapprochent de très près de celles des humains, ne sont valables que pour des photos qui ne contiennent pas d'occultation (comme une main devant la bouche), sont toutes approximativement de la même taille, de la même résolution, etc.", prévient Frédéric Jurie. Les mesures du talent de physionomiste de DeepFace sur des visages extraits de vidéos YouTube ne l'ont ainsi crédité "que" de 92,5 % de réussite – un record toutefois plus qu'honorable.

Internet en première ligne

Une enquête menée par la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) en 2012 montre que parmi les 58 % d'internautes qui publient des photos en ligne (86 % des 18-24 ans), seuls 34 % demandent l'autorisation d'identifier les personnes photographiées par un "tag". Si 12 % utilisent les logiciels de reconnaissance faciale (27 % des 18-24 ans), 41 % se disent inquiets par la technologie et 66 % pensent supprimer leurs photos, mais 73 % estiment que cela sera difficile. Selon le sociologue Dominique Cardon, "*les photos non taguées garantissaient jusqu'ici un certain degré de 'privacité' car les moteurs de recherche ne pouvaient les identifier. Avec la reconnaissance faciale, cet espace d'anonymat pourrait disparaître.*"

Avec les big data, l'intelligence artificielle a changé de stratégie. *"La massivité du calcul et des sources d'informations rend moins nécessaire la recherche d'une véritable intelligence de la machine,* explique Frédéric Jurie. *Dans les années 1970 et 1980, on tentait de fournir aux algorithmes un modèle tridimensionnel abstrait de l'objet à reconnaître, par exemple une chaise, pour qu'ils puissent l'appréhender globalement. Mais aujourd'hui, le modèle d'une chaise est une collection de millions de photos 2D de chaises prises sous plusieurs angles. Ces algorithmes fonctionnent de manière statistique sur une représentation exhaustive de l'information sans qu'il y ait véritablement de raisonnement."*

INDUSTRIE ET GRANDES FIRMES

Et cette évolution provoque un changement dans l'écosystème de la recherche. *"Dans les derniers classements internationaux, les meilleurs systèmes de reconnaissance faciale proviennent de l'industrie et des grandes firmes"*, affirme Vincent Bouatou, responsable Business développement technologique de l'entreprise Morpho (Safran), qui vend des systèmes aux douanes australienne et néo-zélandaise.

Aujourd'hui, ce n'est plus du bluff: on confère aux machines le don, 100 % humain, de reconnaître un visage entre mille. Quant à savoir ce que les promoteurs de ce talent proprement inhumain en feront…

* A lire : les performances de DeepFace et GaussianFace, des documents institutionnels et des conseils pratiques.

EN SAVOIR PLUS
science-et-vie.com

Offre spéciale *Nouvelle formule*

Abonnez-vous à Science & Vie

55 € seulement au lieu de 90,20 €*

1 an d'abonnement
+ 4 hors-séries
+ la batterie de secours

RECEVEZ CETTE BATTERIE DE SECOURS

Cette batterie portable externe recharge n'importe quel téléphone portable ou tablette. Facile à transporter, elle est idéale pour les longues journées !

Poids : 78g. Taille : 95 X 21 X 21 mm.
Livrée avec un câble USB
(chargeur universel)

-39% DE RÉDUCTION

BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à:
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS – CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

C1162

☐ **Oui, je m'abonne à Science & Vie pour 1 an**
(12 numéros + 4 hors-séries)
+ **la batterie de secours** pour seulement 55 €
au lieu de ~~90,20~~ € soit plus de 39 % **de réduction**
787 788

☐ **Je préfère seulement m'abonner à Science & Vie**
pour 1 an (12 n° + 4 HS) pour 49 € au lieu de ~~70,20~~ €*
(prix kiosque) soit 30 % **de réduction**
787 796

☐ **Je commande uniquement la batterie de secours**
au prix de 20 € et je joins à mon courrier le règlement total de ma commande
787 804

Voici mes coordonnées :

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Complément d'adresse (résidence, lieu dit, bâtiment...) : _____

Code Postal : _____ Ville : _____

Tél : _____ Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrons 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) ☐

Mode de paiement : ☐ Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie

☐ CB _____

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 31/07/2014 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquérir chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,20 €, chacun des hors-séries au prix de 4,95 €. La batterie de secours vous sera adressée dans un délai de 4 à 6 semaines après réception de votre commande. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Vous disposez du droit de rétractation pour la batterie de secours. Conformément à la loi «informatique et libertés» du 6 janvier 1978, cette opération donne lieu à la collecte de données personnelles pour les besoins de l'opération ainsi qu'à des fins de marketing direct. Ces informations sont nécessaires pour le traitement de votre commande. Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification des informations vous concernant ainsi que votre droit d'opposition, en écrivant à l'adresse ci-après. Vous êtes susceptible de recevoir des propositions commerciales de notre société pour des produits et services analogues à ceux objet de l'opération. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher la case ci-contre ☐. Science & Vie – Service Abonnements - 8 rue François Ory 92543 MONTROUGE CEDEX - Mondadori Magazines France SAS RCS 422 791 262 NANTERRE.

SCIENCE & VIE

KIOSQUE mag Disponible sur KiosqueMag.com

SPARK-RENAULT SRT_01

POIDS TOTAL : 800 kg
ENERGIE DES BATTERIES : 28 kWh
PUISSANCE MAX : 200 kW (270 ch)
VITESSE MAX : 225 km/h
ACCÉLÉRATION : 0 à 100 km/h en 3 s

La Formule 1 **électrique** est née

Elle s'alignera en Grand Prix dès la rentrée ! Surtout, cette première monoplace électrique, dite FE, cumule des innovations qui vont profiter aux voitures de tourisme. Décryptage.

Par **Jean Cassagne**

Qui l'aurait cru ? Alors que les véhicules de compétition semblent traditionnellement fort peu concernés par des préoccupations écologiques, la Fédération internationale de l'automobile (FIA) vient de décider la création d'un nouveau championnat du monde de monoplaces… électriques ! Un véritable défi : comment assurer une autonomie raisonnable à ces nouvelles "Formule E", propulsées uniquement par des batteries, sans en sacrifier les performances sportives ?

Après deux ans de développement, un consortium de constructeurs, sous l'égide de la FIA, l'a relevé. Et c'est toute la filière électrique qui pourrait en bénéficier, la compétition étant le laboratoire où s'élaborent les améliorations dont profitent ensuite les voitures de tourisme.

Les atouts de la propulsion électrique quant à la réduction de la pollution atmosphérique et sonore sont aujourd'hui bien connus. On restait plus sceptique sur ses capacités sportives : mais aussi opposés soient-ils, le monde de la compétition et celui de l'automobile électrique se rencontrent enfin. Et il ne s'agit pas d'une simple vitrine : un championnat international a été mis en place qui débutera à Pékin dès l'automne, avant de se poursuivre sur dix épreuves et trois continents !

COMPÉTITION ADAPTÉE

En pratique, pour la première année de compétition, les 20 pilotes concourront tous sur le même engin, conçu et assemblé par un nouveau constructeur français, spécialiste des châssis monocoques, Spark Racing Technology, auquel s'est joint Renault Sport pour la mise au point de l'ensemble du système de propulsion.

Pour réglementer efficacement la compétition, et faute de pouvoir définir une cylindrée maximale, la FIA a imposé divers maxima tenant compte des capacités et des limites propres à la motorisation électrique. C'est ainsi que les Formule E

Contexte

Alors que la diffusion à grande échelle des voitures électriques de série se fait attendre, la FIA lance un championnat mondial de monoplaces électriques (10 équipes, 20 pilotes, dans 10 mégapoles : il débute à Pékin le 13 septembre). Les constructeurs en lice espèrent ainsi dynamiser à la fois la technologie et l'image de ce secteur en développement.

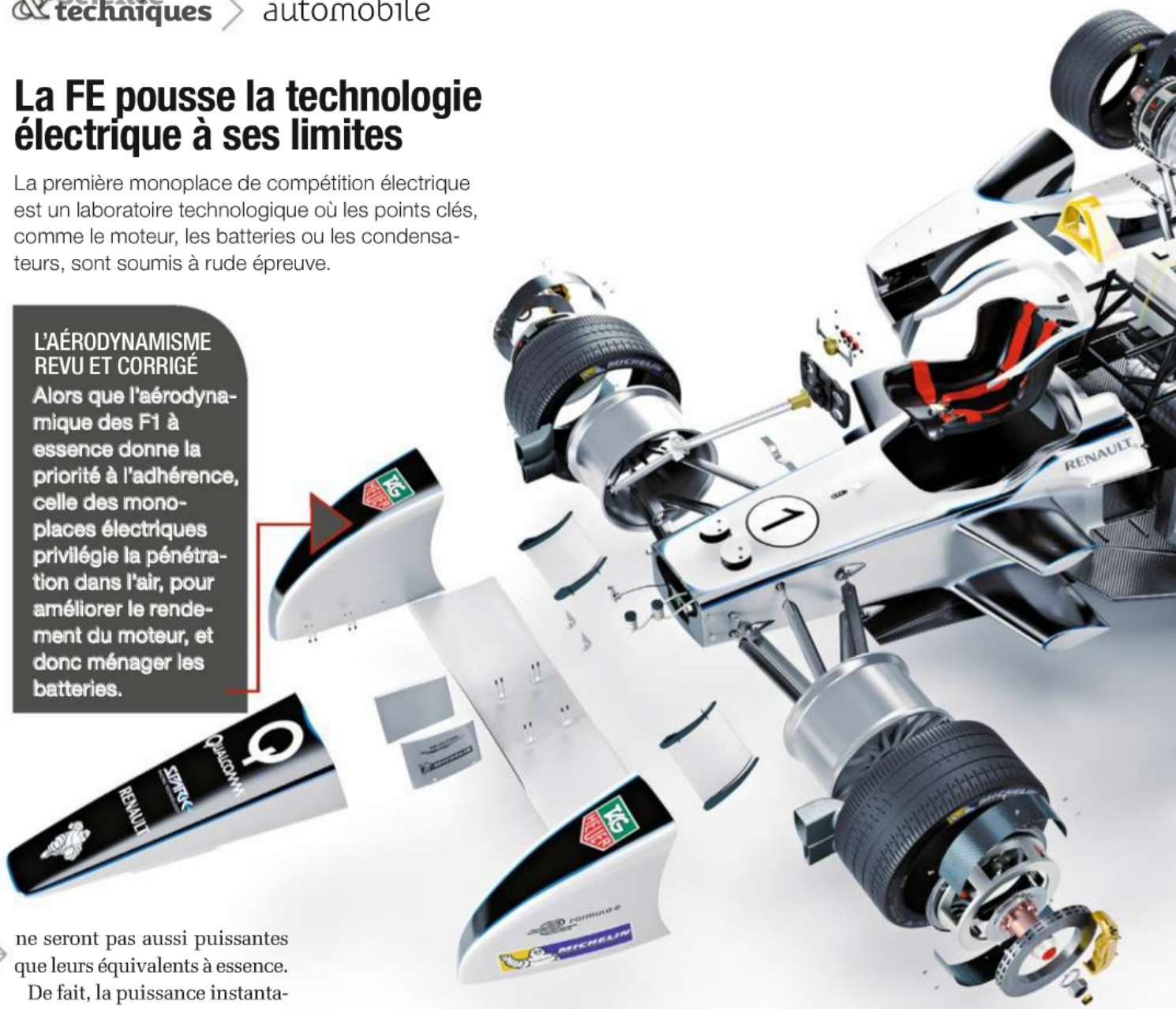
MMDI.CO.UK

La FE pousse la technologie électrique à ses limites

La première monoplace de compétition électrique est un laboratoire technologique où les points clés, comme le moteur, les batteries ou les condensateurs, sont soumis à rude épreuve.

L'AÉRODYNAMISME REVU ET CORRIGÉ

Alors que l'aérodynamique des F1 à essence donne la priorité à l'adhérence, celle des monoplaces électriques privilégie la pénétration dans l'air, pour améliorer le rendement du moteur, et donc ménager les batteries.



ne seront pas aussi puissantes que leurs équivalents à essence.

De fait, la puissance instantanée fournie par le moteur est limitée à 200 kW durant les essais, soit 270 ch (environ 3 fois moindre qu'une F1). En course, 133 kW (200 ch) seront permis, avec 67 kW supplémentaires lors des dépassements.

En outre, la quantité d'énergie disponible dans la batterie ne doit pas dépasser 28 kWh (une berline électrique de série comme la Zoé embarque 22 kWh) afin de limiter le poids. Un choix drastique, mais compatible avec les 50 km à parcourir sur le circuit. Et qui a obligé les ingénieurs à innover.

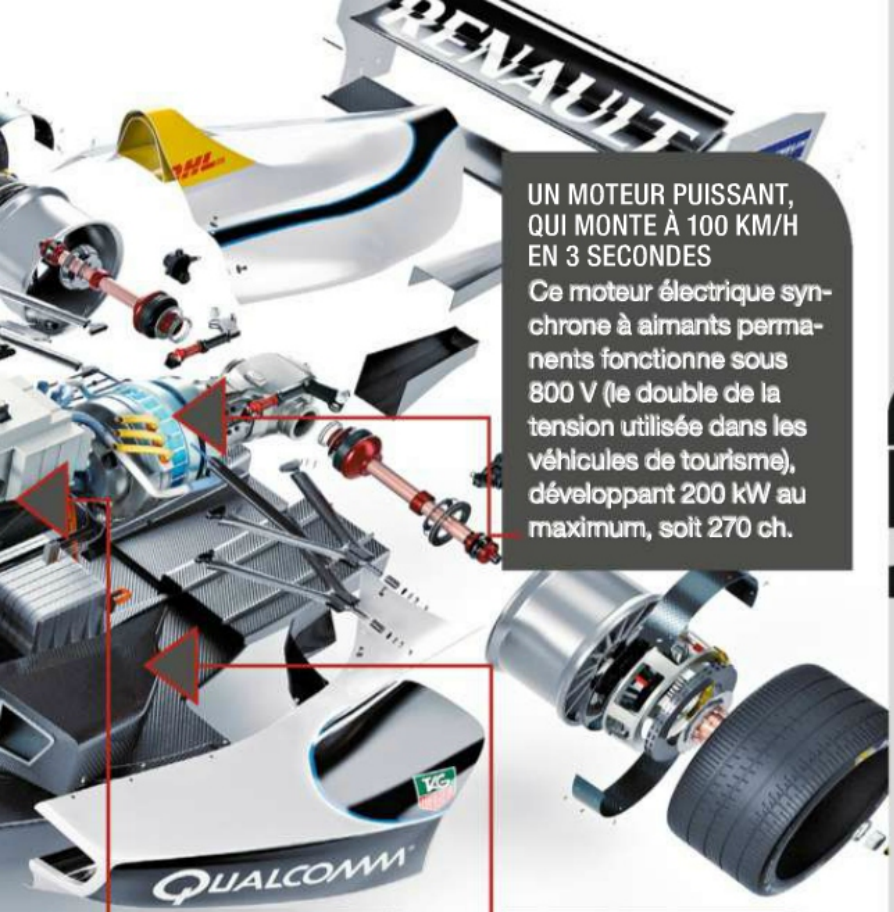
"*Comme sur les modules hybrides des F1, les batteries des Formules E doivent fournir une forte puissance instantanée à la fois lors de la décharge (une accélération brutale) et de la recharge (au freinage)*, souligne Christophe Chapelain, de Renault Sport Technologies. *Mais en plus, comme sur un véhicule de tourisme, elles requièrent une grande capacité indispensable à l'autonomie. Il a donc fallu définir une composition spécifique qui trouvera peut-être un jour sa place dans les voitures de série.*"

Les exigences propres au moteur électrique ont forcé les ingénieurs à innover

Une autre difficulté concerne le refroidissement de la chaîne de traction. "*Il faut maintenir la température des batteries entre 50 et 65 °C. De même, le moteur perd rapidement son efficacité en cas de surchauffe.*" Un double circuit hydraulique (les voitures de série sont refroidies par air), dont les liquides de refroidissement sont des diélectriques issus de l'industrie spatiale, a ainsi été conçu.

Toujours pour favoriser l'autonomie, les pneus – dont la FIA impose un jeu unique pour les essais, les qualifications et la

MMDI.CO.UK - DPA/CORBIS



UN MOTEUR PUISSANT, QUI MONTE À 100 KM/H EN 3 SECONDES

Ce moteur électrique synchrone à aimants permanents fonctionne sous 800 V (le double de la tension utilisée dans les véhicules de tourisme), développant 200 kW au maximum, soit 270 ch.

UN "BOOSTER" POUR ACCÉLÉRER À FOND

Le moteur fonctionne comme générateur lors des freinages, alimentant des condensateurs. Sa puissance nominale peut passer de 133 kW, à 200 km/h, à 200 kW lors des dépassements.

DES BATTERIES HAUTE DENSITÉ SURPROTÉGÉES

Ces batteries lithium-ion/polymère (28 kWh), composées de cellules haute densité inédites, bénéficient d'une triple protection: isolation électrique et thermique, ainsi qu'une coque antichocs autoportante.

course – ont dû être entièrement redessinés. "*Nos ingénieurs ont inventé un composé chimique inédit, qui, associé à une structure innovante, réduite de près de 30 % la résistance au roulement du pneu*", explique Serge Grisin, directeur de la compétition de Michelin.

D'AUTRES CONSTRUCTEURS

Si les organisateurs ont décidé de recourir à un modèle unique pour lancer la première saison du Championnat du monde de Formule E, dès la saison suivante, d'autres constructeurs vont développer leurs propres solutions, en particulier pour les groupes propulseurs. Audi et Honda seraient déjà au travail. Batteries, moteurs, systèmes électroniques de puissance… C'est sûr, la Formule E est lancée. Mais quant à les voir s'aligner contre des F1, c'est sans espoir: conçue pour des circuits courts et sinueux, la FE ne pourrait pas s'adapter aux "temples de la vitesse" traditionnels comme Monza ou Spa.

A voir : sur le site officiel de la Formule E, des vidéos, des interviews des pilotes, le calendrier du championnat…

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

LUCAS
DI GRASSI
Pilote d'essai de la Spark-Renault SRT_01E

La voiture se révèle bien plus réactive qu'une F1, ce qui oblige à un pilotage extrêmement précis

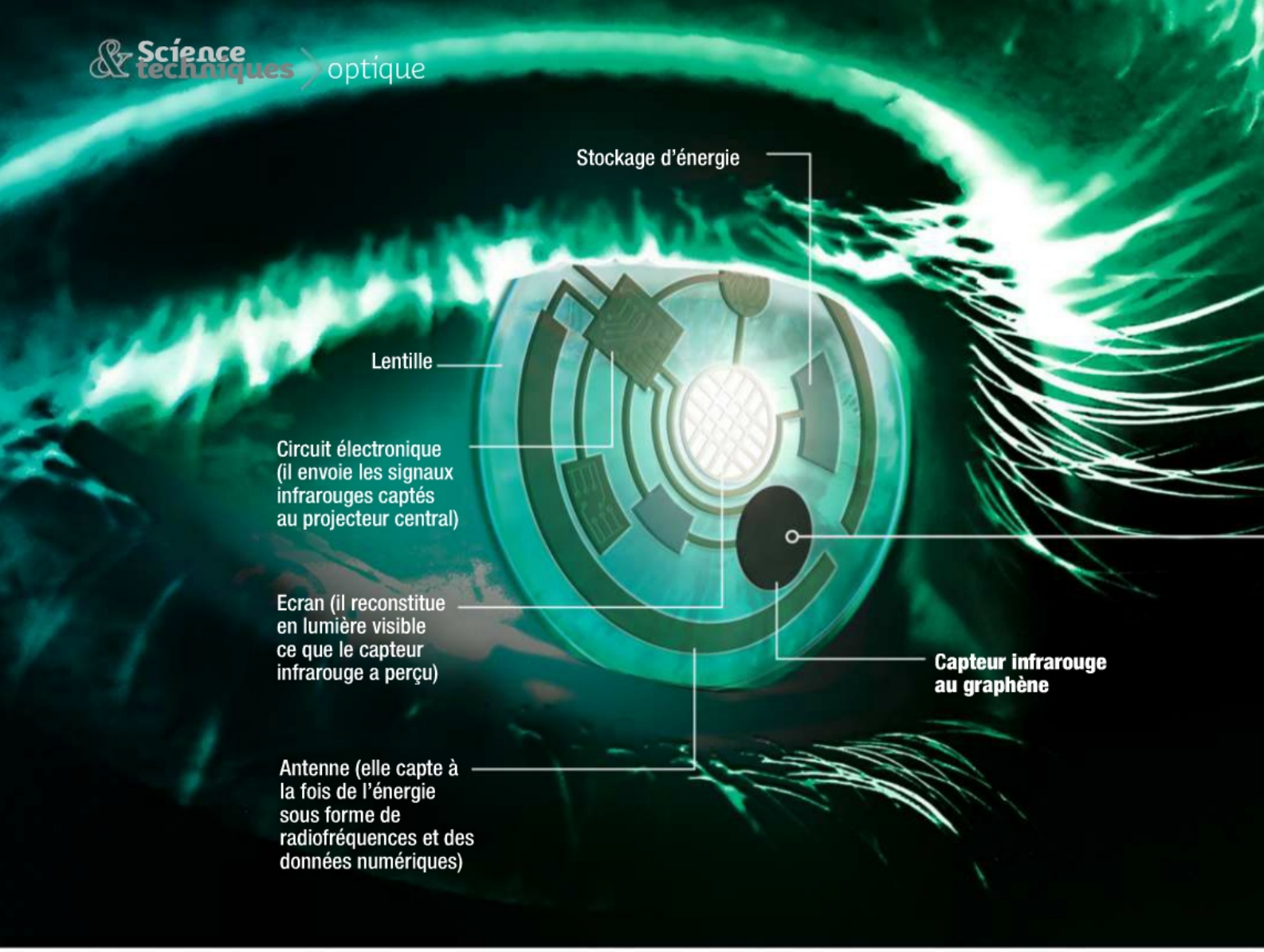
S&V : Quel a été votre première impression au volant?

L.D.G. : Cette voiture, équipée de grandes jantes de 18 pouces *[celles qu'on trouve non pas sur les Formule 1 mais sur les voitures de sport]* présente un comportement très direct, très réactif. A l'inverse, les roues utilisées en F1, avec leurs petites jantes de 13 pouces garnies de pneus en forme de gros boudins, jouent le rôle de suspension – une suspension sans amortisseur. Le profil du pneu de Formule E placé sur une grande jante présente une hauteur réduite: en évitant les effets de rebond, il permet un pilotage plus précis.

S&V : Que change la motorisation électrique sur le circuit?

L.D.G.: Les moteurs électriques offrent un couple très élevé disponible immédiatement, dès les bas régimes. Sur des circuits urbains, aux revêtements médiocres, il ne sera pas facile de doser l'accélération… Avec en plus la gestion sur le volant du couple du moteur en fonction des circonstances de course, ainsi que du niveau de récupération d'énergie au freinage (afin de grappiller quelques watts en fin de course), les pilotes devront faire preuve à la fois d'une grande sensibilité dans leur conduite et d'un excellent sens tactique!

Propos **recueillis par J.C.**



Lentilles infrarouges

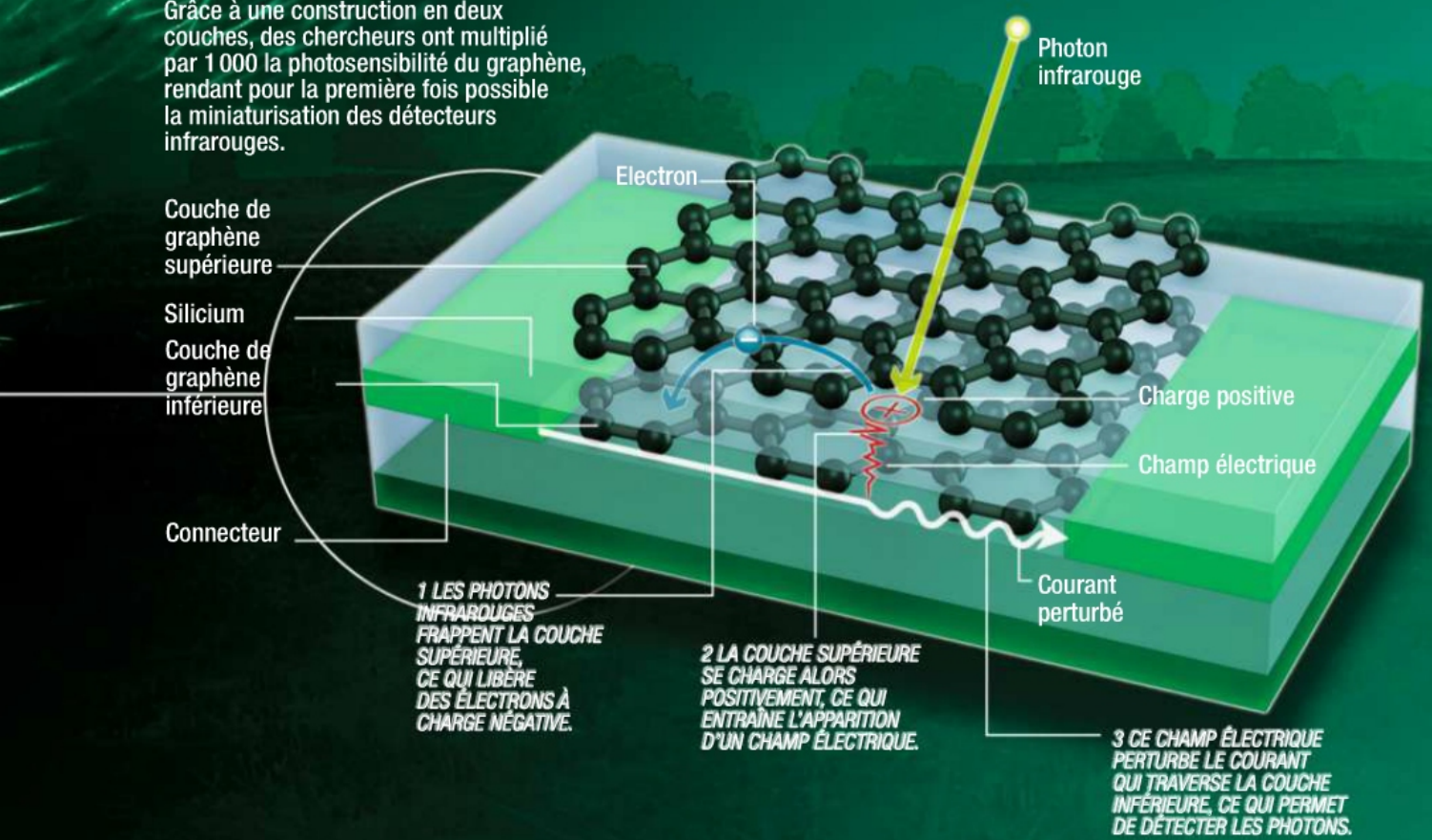
Voir la nuit comme en plein jour

Exit les grosses jumelles des militaires ! La mise au point d'un minuscule détecteur d'infrarouges promet la vision nocturne *via* de simples lentilles de contact. Du jamais vu.

Par **Elsa Abdoun**

Un capteur en graphène, clé de la vision nocturne

Grâce à une construction en deux couches, des chercheurs ont multiplié par 1 000 la photosensibilité du graphène, rendant pour la première fois possible la miniaturisation des détecteurs infrarouges.



BRUNO BOURGEOIS

Voir dans la nuit et à travers le brouillard, sans lunettes ni dispositif, mais d'un simple battement de cils : voici ce dont tout le monde devrait bientôt être capable grâce à des lentilles infrarouges révolutionnaires.

Les militaires, pompiers et autres secouristes seront probablement les premiers à pouvoir bénéficier de cette technologie.

Mais viendra ensuite le tour de tout un chacun. Qui pourra, à l'instar des animaux nyctalopes, voir sans problème dans l'obscurité – que ce soit celle de la nuit, d'une cave, d'une forêt…

Ce qui semblait jusqu'il y a peu de la science-fiction devient aujourd'hui réalisable. Des chercheurs de l'université du Michigan (Etats-Unis) sont parvenus à mettre au point un détecteur d'infrarouges – une lumière émise par tous les corps chauds mais que nos yeux sont incapables de capter – infiniment plus petit que tous ceux utilisés aujourd'hui. Si petit qu'il pourrait s'insérer… dans une lentille de contact.

A l'origine de cet exploit, le nouveau matériau que →

Contexte

Découvert en 2004, le graphène a le vent en poupe. La liste des exceptionnelles propriétés de ce nanomatériau s'allonge chaque année : extrêmement fin, solide, conducteur d'électricité et de chaleur, auto-refroidissant, souple, transparent, photosensible des ultraviolets aux infrarouges… Il promet en particulier de révolutionner six secteurs clés de la recherche : l'électronique, l'informatique, l'énergie, la mécanique, les biotechnologies et l'imagerie.

s'arrachent depuis dix ans : le graphène. Soit une feuille de carbone pur, d'un seul atome d'épaisseur, et doté d'extraordinaires qualités : extrêmement solide tout en restant flexible, transparent, léger et capable de transformer tout type de lumière, des ultraviolets aux infrarouges lointains, en courants électriques qu'il conduit très rapidement.

Les applications potentielles sont nombreuses, notamment en optique : panneaux solaires, télécommunications, imagerie…

Jusqu'à présent, cependant, subsistait un obstacle de taille : l'excitation lumineuse du graphène produit très peu d'électricité. Notamment parce que les mouvements d'électrons provoqués par la lumière disparaissent pour la plupart aussi vite qu'ils sont apparus, en moins d'un milliardième de seconde. C'est-à-dire bien avant que les chercheurs aient le temps de les canaliser pour produire du courant électrique.

Boîtes quantiques, modification des structures de bandes, plasmons de surface… les solutions testées jusqu'à présent pour retenir les électrons avaient beau être, comme leur nom le laisse supposer, habiles et imaginatives, elles restaient malheureusement insuffisantes.

Certaines ont permis d'obtenir une sensibilité (c'est-à-dire une production de courant par quantité de lumière reçue) de seulement quelques milliampères par watt, alors qu'une application industrielle nécessite une sensibilité 1 000 fois plus importante. D'autres impliquaient de réduire le spectre de lumière absorbé par le graphène, et donc l'efficacité même de ce photodétecteur. Une autre, enfin, nécessitait de le maintenir à −120 °C, ce qui limite très fortement ses applications.

C'était avant que les équipes des professeurs Theodore Norris et Zhaohui Zhong ne trouvent la solution.

DU SILICIUM ENTRE DEUX COUCHES DE GRAPHÈNE

La clé de leur succès ? Avoir pris le problème à l'envers. En clair : au lieu de chercher à capter les électrons pour créer du courant électrique, ils se servent de ceux-ci uniquement pour modifier un courant préexistant.

Pour y arriver, ils ont déposé une couche de silicium, dont les vertus de semi-conducteur sont bien connues, entre deux couches de graphène (voir infographie pp. 106-107). Une disposition qui favorise le transfert des électrons libérés par la lumière frappant la couche du dessus. Ce qui créé un champ électrique qui va perturber le courant passant dans la couche de graphène du dessous. C'est cette perturbation qui peut ensuite être mesurée, pour en déduire la quantité de lumière qui a frappé le détecteur.

"*Avec cette construction, on peut enfin envisager des applications concrètes du graphène en optoélectronique, sans en perdre les propriétés si avantageuses*", confirme SungWoo Nam, spécialiste de nanomécanique à l'université de l'Illinois (Etats-Unis).

Une application, en particulier, a immédiatement intéressé les chercheurs : la détection des ondes infrarouges, pour lesquelles "*il existe aujourd'hui peu de technologies disponibles*", explique le professeur.

Les dispositifs actuels ne fonctionnent qu'à très basse température, ce qui implique des systèmes de refroidissement encombrants et chers, et limite leur application à de lourdes jumelles pour les militaires, ou à des appareillages scientifiques de pointe.

UNE VISION THERMIQUE
Les infrarouges sont des rayonnements émis par les corps dont la température est supérieure au 0 absolu. Ils permettent une vision thermique, en l'absence de lumière visible.

B.WILLIAMS /US ARMY

De plus, ces détecteurs ne sont sensibles qu'à certains types d'infrarouges, ce qui réduit la quantité d'information qu'ils peuvent fournir.

Or, le détecteur au graphène remédie à tous ces problèmes. Il mesure seulement quelques millimètres de longueur pour quelques micromètres d'épaisseur et ne nécessite aucun système de refroidissement, absorbe tout le spectre des infrarouges, est transparent, flexible…

De quoi rendre possible un rêve qui semblait hors de portée depuis longtemps : voir la nuit grâce à des lentilles à vision infrarouge.

Vers des lentilles intelligentes ?

Avant même leur commercialisation, les "Google Glass" sont déjà dépassées. Car Google vient de déposer un brevet pour des "lentilles intelligentes", promettant les mêmes services que les lunettes connectées (reconnaître un visage, s'orienter, prendre une photo…) mais sans supporter l'encombrement des lunettes. Avec, en plus, d'autres fonctions, comme la mesure de marqueurs biologiques dans les larmes, par exemple, le taux de glucose pour les diabétiques. Reste toutefois à régler la miniaturisation des circuits, écrans, caméras, etc. D'après Ramin Mirjalili, qui a travaillé dessus, "*les premières, capables de mesurer des biomarqueurs, devraient être prêtes dans dix ans. Celles dotées d'une caméra et d'un écran, plutôt dans vingt ans*".

En pratique, le détecteur serait intégré dans une lentille au bord de la pupille, l'information visuelle étant ensuite transmise à un petit écran disposé, lui, devant la pupille. Une perspective d'autant plus crédible que Google a déposé un brevet, en mars dernier, pour un concept de "lentilles intelligentes" équipées d'une caméra et d'un écran (lire encadré ci-dessous).

Dans ce contexte, "*les infrarouges pourraient être une option très intéressante*" confirme Ramin Mirjalili, qui a travaillé sur ce projet de lentilles Google.

D'ici là, cependant, beaucoup reste à faire. Au niveau du photodétecteur, tout d'abord : "*Nous n'avons pour l'instant fabriqué qu'un seul pixel, alors qu'il va en falloir 10 ou 20 millions*", explique Theodore Norris.

TROUVER UN MOYEN DE FORMER DES IMAGES EN HR

La sensibilité pourrait être améliorée en trouvant éventuellement un matériau plus efficace que le silicium pour conduire les électrons entre les deux couches de graphène.

Enfin, "*il va falloir trouver un moyen de former des images en haute résolution*", prévient Ramin Mirjalili, qui a déjà développé un écran flexible et semi-transparent, mais de seulement quelques pixels. "*Le principal obstacle reste d'alimenter un tel écran, qui consommerait beaucoup d'énergie*", poursuit-il.

Le chemin sera donc encore un peu long, avant que chacun puisse y voir la nuit comme en plein jour. Mais on sait aujourd'hui que c'est possible, et cela change tout.

A lire : les principales publications scientifiques sur l'utilisation du graphène en optoélectronique* et sur la fabrication des lentilles intelligentes.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Le Japon va procéder à un premier test de panneaux photovoltaïques qui, à terme, seront placés en orbite. Objectif : alimenter par laser une centrale située au sol.

ÉNERGIE

Le projet de **centrale** solaire **spatiale** prend forme

Aller capter la lumière du soleil directement dans l'espace, là où elle est 7 fois plus intense que sur terre, et la renvoyer vers notre planète afin de couvrir une partie de nos besoins énergétiques. Ce projet fou est à l'étude depuis les années 1970 aux Etats-Unis, au Japon et en Europe. Mais alors que, jusqu'ici, il ne s'agissait que de travaux théoriques ou de simulations, le Japon vient de prendre une longueur d'avance: la Jaxa et le Japan Space Systems (deux agences spatiales japonaises) ont annoncé tester leur procédé dès cette année. *"Nous effectuerons ce test à 50 m au-dessus du sol pour produire quelques centaines de watts. Mais d'ici à 2030, nous espérons récupérer 1 GW avec une seule centrale solaire spatiale"*, annonce Tatsuhito Fujita de la Jaxa. Le principe? Des panneaux photovoltaïques de plus d'un kilomètre de côté placés en orbite géostationnaire, à 36000 km d'altitude, qui fonctionneront presque 24 h sur 24. Ils convertiront l'énergie en courant puis expédieront l'électricité produite sur Terre par micro-ondes ou laser. La réception sera assurée par un champ d'antennes ou de panneaux photovoltaïques. Reste à valider et améliorer tout le dispositif. Un défi, car outre les difficultés d'assemblage, les simulations montrent que l'essentiel de l'énergie captée est perdu lors du transfert. **M.V.**

AVIATION

Un premier **avion électrique** bientôt **produit en série**

Le biplace E-Fan, conçu par Airbus Group, a démontré en avril 2014 qu'un avion tout électrique pouvait voler ! Ses deux moteurs d'une puissance totale de 60 kW, alimentés par des batteries lithium-ion polymère, n'émettent aucun CO_2. Son endurance, de trois quarts d'heure à une heure, est suffisante pour sa fonction d'avion-école. L'E-Fan sera produit en série dès 2017. Les long-courriers, eux, devront attendre que les batteries s'allègent pour pouvoir décoller. **L.B.**

AGRICULTURE

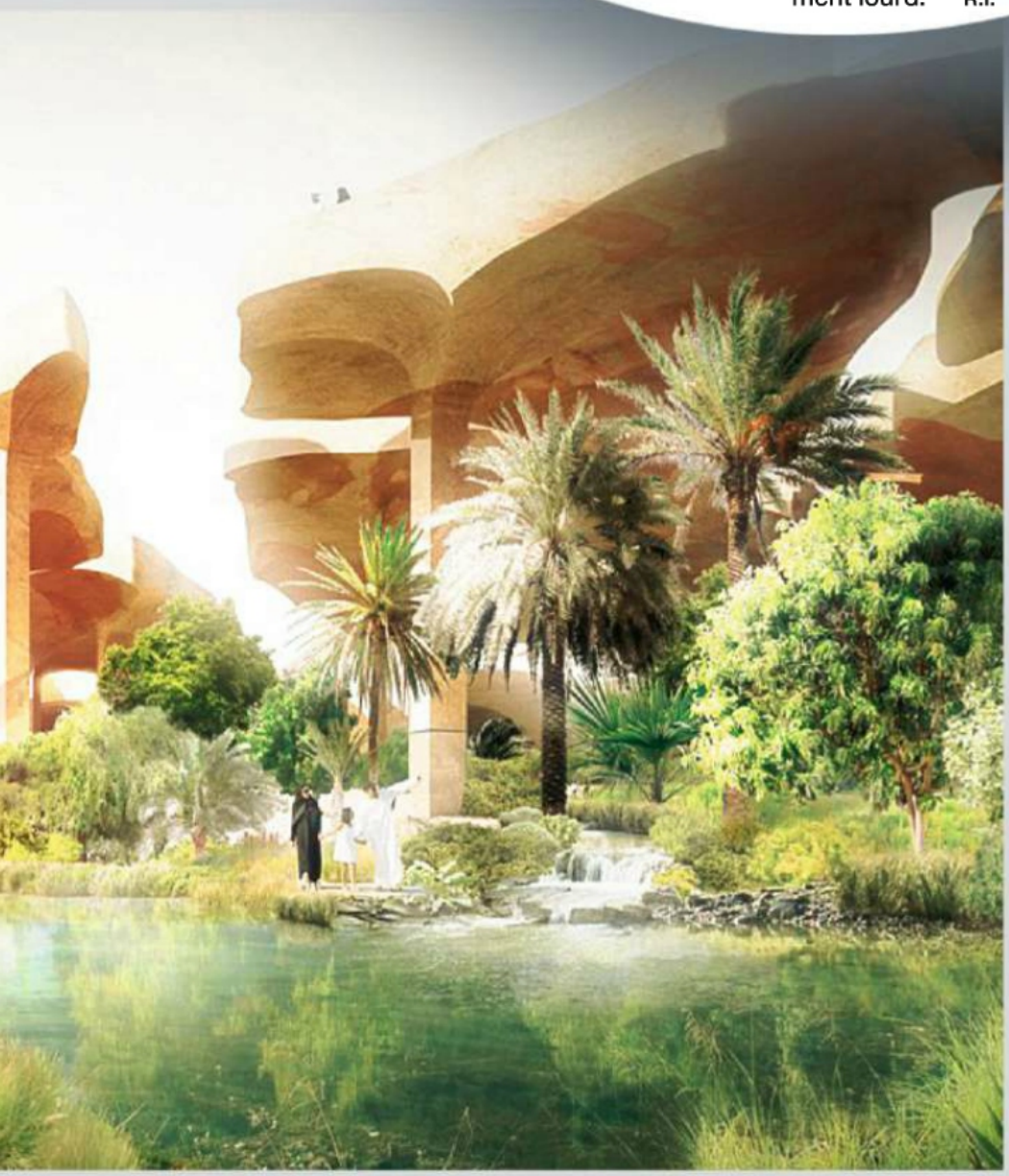
Abu Dhabi va faire naître une **oasis sous terre**

La ville d'Abu Dhabi accueillera en 2017 une oasis artificielle de 12,5 ha. Le site, qui se trouvera à 20 m de profondeur, sera recouvert d'une canopée posée sur des piliers, dont le dessin reproduira les craquelures d'un sol désertique. De quoi donner ombre et fraîcheur, et limiter l'évaporation de l'eau – produite par dessalinisation. Ce parc offrira, selon l'architecte londonien Thomas Heatherwick à l'origine du projet, un espace dédié aux rencontres, aux arts, à la culture et au repos, au milieu d'une végétation luxuriante. Il comportera des aires de jeux et d'exercices, une bibliothèque, une mosquée, un cinéma en plein air, un potager, des cafés et des restaurants. **E.L.**

TÉLÉPHONIE

Le débit des **smartphones** pourrait être **multiplié par mille**

Steve Perlman, ancien d'Apple et de Microsoft, développe depuis dix ans une technologie dite "pCell", susceptible de multiplier par mille la vitesse de communication des téléphones portables. Elle est aujourd'hui prête à être déployée et le chercheur en fait la démonstration aux entreprises du secteur des télécoms. Le principe ? Optimiser l'utilisation des ondes entre les antennes relais et le portable. Si le système classique lie une antenne à tous les portables alentour, celui de Perlman fait l'inverse : chaque portable communique sur son propre canal hertzien avec toutes les antennes proches. Problème : en faire bénéficier le plus grand nombre implique de remplacer antennes et logique interne des puces PIN. Un investissement lourd. R.I.



ARTEM TCHAIKOVSKI/AIRBUS - T.HEATHERWICK

Idée neuve

"EN FABRIQUANT UN MATÉRIAU AVEC DES MÉDUSES, JE PROTÉGERAIS DEUX FOIS LES OCÉANS"

Ofer Du-nour
Société Cine'al Ltd

Les cnidaires pourraient être utilisés pour produire des couches-culottes, des éponges, des serviettes hygiéniques et du papier toilette biodégradables. La *start-up* israélienne Cine'al a en effet associé de la chair de méduse et des nanoparticules antibactériennes pour former l'Hydromash, un matériau capable d'absorber toutes sortes de liquides et de se biodégrader en moins d'un mois. Selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), plus de 3 milliards de couches et 15 000 tampons ou serviettes hygiéniques sont jetés chaque année alors qu'ils sont majoritairement composés de plastique. L'Hydromash permettrait donc de réduire drastiquement la quantité de substances synthétiques et polluantes errant dans la nature. Et de résoudre la question des invasions de méduses ! *"Il y a trop de méduses dans l'océan et trop de Pampers dans la nature. Nous avons peut-être la réponse à ces deux problèmes"*, se réjouit Ofer Du-nour dans le *Times of Israel*. Certaines entreprises sont d'ores et déjà intéressées par le projet. Et des usines de fabrication pourraient voir le jour en Corée et en Caroline du Sud. F.C.

ROBOTIQUE

Un pompier humanoïde au secours de la Navy

Au mois d'octobre, la marine américaine testera deux prototypes de robot humanoïde pompier. SAFFiR (en français : Robot pompier autonome pour bateaux) résiste à 500 °C, reste debout quelle que soit l'inclinaison du bateau, sait ouvrir des vannes, diriger une lance à eau, identifier les marins en danger à travers la fumée, repérer les sources de chaleur et répondre aux ordres vocaux. Une aide précieuse (plus de 700 000 € l'unité) pour combattre les feux en milieu confiné et sur des vaisseaux concentrant carburant, gaz, explosifs… F.L.

TRANSPORTS

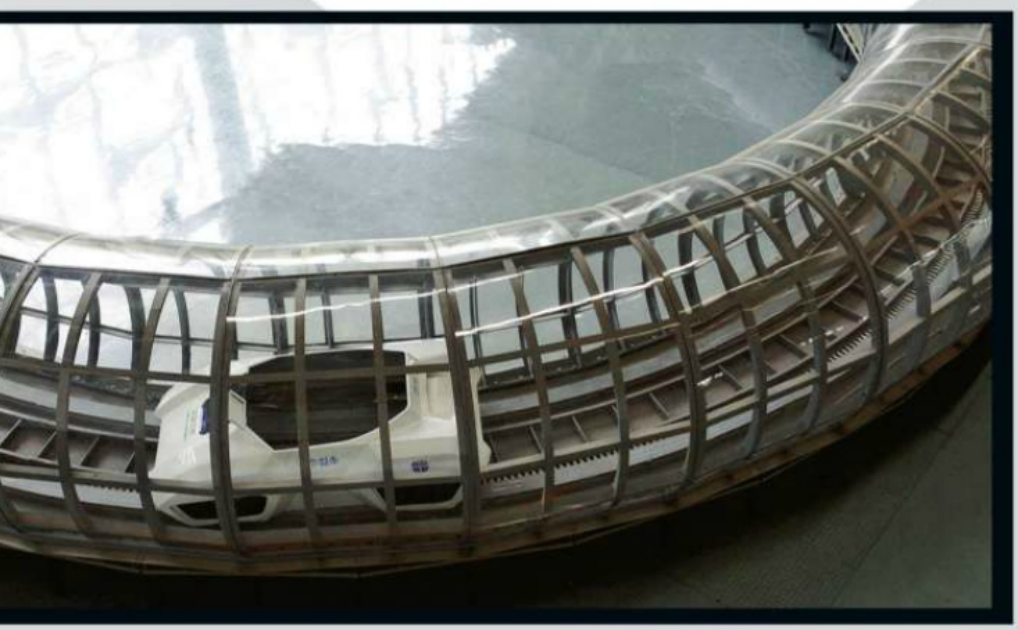
Le train magnétique fait un bond en Chine

Voyager en train à la vitesse d'un supersonique… C'est ce que nous ont promis plusieurs générations d'ingénieurs avec le train à sustentation magnétique (Maglev) fusant à l'intérieur d'un gros tube à vide qui abolit tout frottement. Or, une étape historique a été franchie en mars : *"Nous sommes les premiers à concevoir une boucle d'essai de 6 m de diamètre, à 50 km/h pour commencer,* indique Zigang Deng (université de Jiaotong, Chine). *Mais l'association de la technologie Maglev avec celle du vide pose des problèmes : leurs propriétés de lévitation ne sont pas les mêmes."* A terme, les 3 000 km/h sont visés. V.N.

CONSTRUCTION

Une **nouveau procédé** va révolutionner les **éoliennes offshore**

En France, au large de Fécamp, devraient être installées, fin 2014, des éoliennes offshore grâce à un procédé révolutionnaire, qui pourrait largement accélérer la diffusion de cette énergie renouvelable : les techniciens norvégiens de Seatower ont en effet trouvé un moyen rapide d'implanter en pleine mer ces monumentales éoliennes – il faut compter 150 m de diamètre pour le rotor. Le secret se loge dans l'architecture de leurs fondations, soit quelque 2 000 tonnes de béton conçues cette fois pour être tractées par n'importe quel remorqueur, avant d'être coulées sur place à l'intérieur de ballasts. *"D'habitude, nous devons faire appel à de grandes grues montées sur des plateformes spéciales, très rares, très chères* [300 000 € la journée de location]*, et très sensibles aux conditions météo"*, argumente Niels Brix, de Seatower. Plus efficace, moins coûteux, ce dispositif tractable permettrait d'équiper également des zones difficiles d'accès… mais très bien desservies par les vents. **V.N.**



SEATOWER - DR

Rendez-vous en… **2025**

MÉDECINE

DES "PATIENTS NUMÉRIQUES" PERSONNALISÉS

L'équipe de Nicolas Ayache, à l'Institut national de la recherche en informatique (Inria), l'annonce : à l'horizon 2025, l'imagerie médicale computationnelle permettra à chaque patient hospitalisé de se voir doter d'un double virtuel, soit une reconstitution en 3D de son propre corps. Ce malade numérisé permettra aux chirurgiens de préparer leurs interventions et aux médecins de décider du meilleur traitement à lui apporter. Informaticiens et médecins planchent déjà sur le sujet grâce à l'analyse automatisée par informatique de millions d'images produites lors d'un IRM ou d'un scanner. Ils sont en train de mettre au point les algorithmes qui permettront de reconstituer, non seulement la morphologie détaillée du corps, mais également de simuler toute sa physiologie et les mécanismes qui relient les organes. A terme, il sera par exemple possible de quantifier le volume d'une tumeur cancéreuse et de prédire l'effet de la radiothérapie sur celle-ci avant même d'avoir commencé le traitement. Ou encore, des cardiologues pourraient simuler l'activité cardiaque, prédire les arythmies et l'impact d'un pacemaker sur ces anomalies du rythme cardiaque. **C.H.**

HUMANITAIRE

Des **amphores géantes** vont **piéger l'eau** du **Sahel**

Comment approvisionner en eau potable les régions montagneuses et désertiques du Sahel éthiopien ? Selon le designer italien Arturo Vittori, qui achève le développement du projet WarkaWater, la solution ne passe pas par des technologies coûteuses (puits, pompes, panneaux solaires…), mais par ces drôles de sculptures de 9 m de hauteur. A l'intérieur d'un maillage en tiges de bambou tressées, un filet de Nylon (orange) est tendu pour condenser la vapeur d'eau présente dans l'air la nuit… et recueillir quotidiennement jusqu'à 100 litres dans une bassine posée dessous ! Chaque "amphore" coûte environ 400 € et se construit en seulement quelques jours. Encore à la recherche de financements, Arturo Vittori espère que les premiers prototypes seront érigés dans un village du nord de l'Ethiopie d'ici à fin 2015. **L.B.**

A.VITTORI/A.VOGLER/ARCHITECTURE & VISION

Culture Science

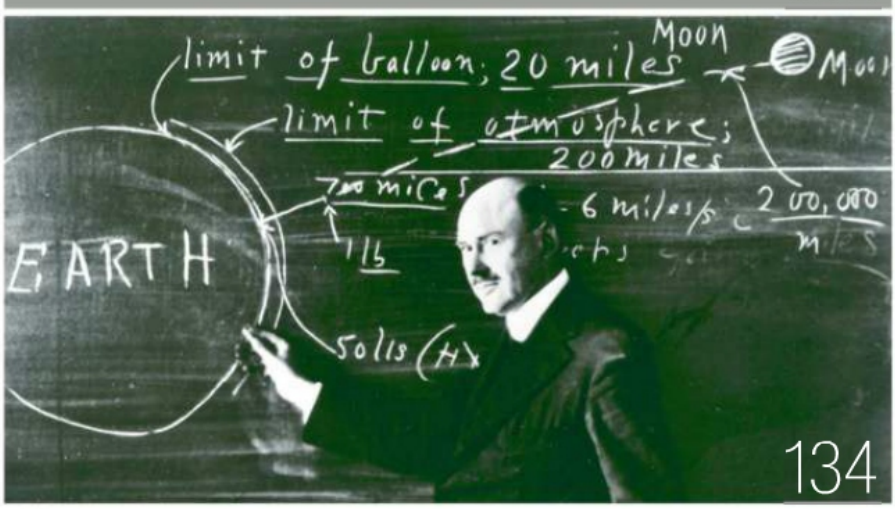
118 Bon à savoir
Santé, vie quotidienne, environnement... Dix brèves de science en direct des publications scientifiques et autres rapports et études.

120 Questions / Réponses
Le zèbre est-il blanc avec des rayures noires, ou l'inverse ? Est-il sain de manger un yaourt périmé ?…

126 A lire / à voir
Moonwalk One : un documentaire inédit ressuscite les pas de l'homme sur la Lune ; Un beau site de science participatif ; Dans le ciel ce mois-ci : Hercule.

130 Technofolies
Le premier téléphone 100 % solaire ; Le clavier dont les touches s'éclairent pour travailler la nuit ; La chemise qui fait fuir les moustiques…

134 Il y a... 100 ans
En juillet 1914, Robert Goddard imaginait une fusée à étages capable d'aller dans l'espace : la première fusée moderne.



FOTOLIA - DR - NASA

MÊME NETTOYÉ, UN AVION RESTE SALE

Des chercheurs américains ont montré que deux bactéries virulentes, le staphylocoque doré résistant à la méticilline et l'*Escherichia coli*, pouvaient survivre plusieurs jours dans l'habitacle d'un avion, et ce, malgré son nettoyage régulier. D'où l'importance de se laver régulièrement et soigneusement les mains. "ASM", mai 2014

LA TOMATE CUITE BOOSTE LES SPERMATOZOÏDES

Le lycopène, un antioxydant contenu dans la tomate, consommé à raison de 8 mg par jour durant 3 à 12 mois, augmenterait de 70 % le nombre de spermatozoïdes. Ce dosage équivaut à 2 à 3 tomates crues, l'effet étant accentué si elles sont cuites. "AJA", mars 2014

VIVRE EN ALTITUDE DIMINUE LE RISQUE D'OBÉSITÉ

Parmi 98 000 militaires américains en surpoids, ceux postés à moins de 980 m d'altitude révèlent avoir 41 % de risques en plus de devenir obèses qu'à 1 960 m. Le manque d'oxygène en altitude calmerait l'appétit. "PlosOne", avr. 2014

LA SELLE DES VÉLOS NUIT AU PLAISIR SEXUEL

Une pratique intensive du vélo entraînerait des troubles de la sexualité, d'après des chercheurs américains, en particulier chez les femmes. Le problème viendrait de la forme de la selle et de son positionnement par rapport au guidon. Le fait de pédaler sur une selle étroite au nez allongé en se penchant trop en avant sur le guidon compresserait le périnée. Une pression susceptible d'altérer le plaisir sexuel puisqu'elle touche directement les nerfs du périnée et provoque une perte de sensations. Les chercheurs conseillent de privilégier le vélo elliptique, dénué de selle et qui permet en outre de brûler 30 % de calories supplémentaires. "J. Sex. Med", avril 2014

POUR MÉMORISER, MIEUX VAUT PRENDRE DES NOTES À LA MAIN

Même si vous écrivez plus vite à l'ordinateur, votre main reste le meilleur outil de prise de notes. Des chercheurs américains ont testé des étudiants sur une courte conférence suivie d'un examen. Les notes prises à la main étaient certes 30 % plus courtes. Mais les étudiants qui avaient utilisé l'ordinateur ne savaient pas mieux répondre aux questions purement factuelles. Et sur les plus conceptuelles, ils étaient même moins performants ! D'après les chercheurs, prendre des notes à la main encourage à s'approprier et à reformuler, ce qui améliore compréhension et mémorisation. Le clavier, lui, encouragerait une retranscription textuelle, moins réfléchie. "Psychol. Sci.", avril 2014

FOTOLIA - ZIR/SIGNATURES - F.CIROU/AGE FOTOSTOCK - FOTOLIA

LES FEMMES ENCEINTES RISQUENT DAVANTAGE L'ACCIDENT DE VOITURE

Le risque d'accident de la route augmente de 42 % en milieu de grossesse, révèle une étude canadienne. Les femmes enceintes encourant ainsi le même risque que les conducteurs atteints d'apnée du sommeil. Les chercheurs ont suivi plus de 500 000 femmes pendant cinq ans, avant et pendant leur grossesse. En se basant sur le contenu des dossiers médicaux, ils ont comparé le nombre d'accidents de voiture ayant entraîné une admission aux urgences. Résultat : 252 accidents sont survenus en moyenne par mois pendant le deuxième semestre de grossesse, contre 177 durant les 3 ans qui précèdent. En cause, les nausées, la fatigue et l'anxiété qui seraient liées à l'événement à venir, selon les chercheurs. S'il n'est pas déconseillé de conduire lorsqu'on est enceinte, une vigilance particulière reste de mise. "CMAJ", mai 2014

BIEN DÎNER N'EMPÊCHE PAS LA FRINGALE NOCTURNE

Chez la souris, la mutation d'un gène (PER1) impliqué dans l'horloge interne humaine provoque un "syndrome de fringale nocturne". L'envie de grignotage en pleine nuit serait donc sans lien avec la quantité de nourriture ingérée au dîner. "Cell reports", mai 2014

DÈS QU'ON MARCHE, ON STIMULE SA CRÉATIVITÉ

On est plus créatif en marchant qu'en restant assis, d'après une étude sur 176 étudiants américains. Plus qu'un simple mouvement, c'est l'action de mettre un pied devant l'autre qui fait venir les idées. "J. Exp. Psychol.-Learn. Mem. Cogn.", avr. 2014

MANGER AVEC LES MAINS INCITE L'ENFANT À DÉSOBÉIR

Après avoir servi des cuisses de poulet entières ou prédécoupées à des enfants de 6 à 10 ans, l'Américain Brian Wansink a constaté que ceux qui ont dû manger avec leurs doigts sont deux fois plus sortis de la zone du pique-nique. "Eating behaviors", avril 2014

LA CHANCE AU JEU, ÇA SE PROVOQUE

Dans une étude réalisée sur plus de 500 000 paris sportifs en ligne (football et courses), des chercheurs britanniques ont observé l'effet bénéfique d'un coup de chance lors des premières mises. Après deux victoires d'affilée, un joueur voit ses chances de continuer de gagner augmenter : elles passent à 57 % au 3e pari, puis 67 % au 4e et jusqu'à 75 % au 6e essai. L'inverse s'étant produit pour les séries de défaites. L'explication viendrait de notre comportement. Les gagnants ont conscience que la chance peut tourner, et se mettent à jouer plus prudemment. A l'inverse, les perdants font des paris plus risqués pour rattraper leur mauvais départ. "Cognition", mai 2014

Quel effet sur Terre aurait un astéroïde frappant la Lune ?

Question de A. Munsch, Reims (51)

Eh bien… quasiment aucun. En fait, des astéroïdes frappent la Lune tous les jours. "*Jusqu'à 20 impacts par heure*", précise Patrick Michel, astrophysicien à l'Observatoire de la Côte d'Azur. Mais l'immense majorité ne pèse que quelques grammes, et seuls les plus gros peuvent ricocher sur la Terre. Car la taille des astéroïdes détermine l'énergie dégagée lors du choc. Or, pour qu'un débris sorte de l'attraction lunaire, il faut que sa vitesse soit supérieure à la vitesse d'échappement de la Lune… Ce qui ne se produit que lors de la chute d'astéroïdes de plusieurs centaines de mètres au moins, soit, statistiquement, tous les milliers d'années, au plus. Et la taille de ces éjectas restant limitée, leur chute passerait inaperçue. **B.R.**

< La biologie apporte une réponse : au stade embryonnaire, la peau du zèbre est sombre, les stries blanches n'apparaissant qu'ensuite.

Le zèbre est-il blanc avec des rayures noires, ou l'inverse ?

Question de Paul Pavageau, Saint-Herblain (44)

Les biologistes spécialistes de la question sont catégoriques : cet herbivore d'Afrique centrale et australe est noir, rayé de blanc !

L'observation de certains spécimens adultes pouvait pourtant laisser penser le contraire : l'une des trois espèces encore existantes, le "zèbre des montagnes" (*Equus zebra*, présent en Afrique du Sud-Ouest), tend à avoir le ventre tout blanc ; ce qui suggère que sa robe est blanche et que les stries noires sont des motifs ajoutés.

Mais l'étude de l'embryon du zèbre a montré qu'au tout début de son développement, sa peau est uniformément sombre ; les stries blanches n'apparaissent que par la suite, entre la troisième et la cinquième semaine de gestation.

ZONES NON PIGMENTÉES

Ces raies claires découlent d'une inhibition du gène nécessaire à la production de mélanine, le pigment colorant le pelage en couleur sombre. Il s'agit donc bien de zones non pigmentées, qui "normalement", auraient dû être noires.

Le zèbre ne déroge donc pas à la tendance générale qui veut que la plupart des mammifères aient une couleur dominante brune.

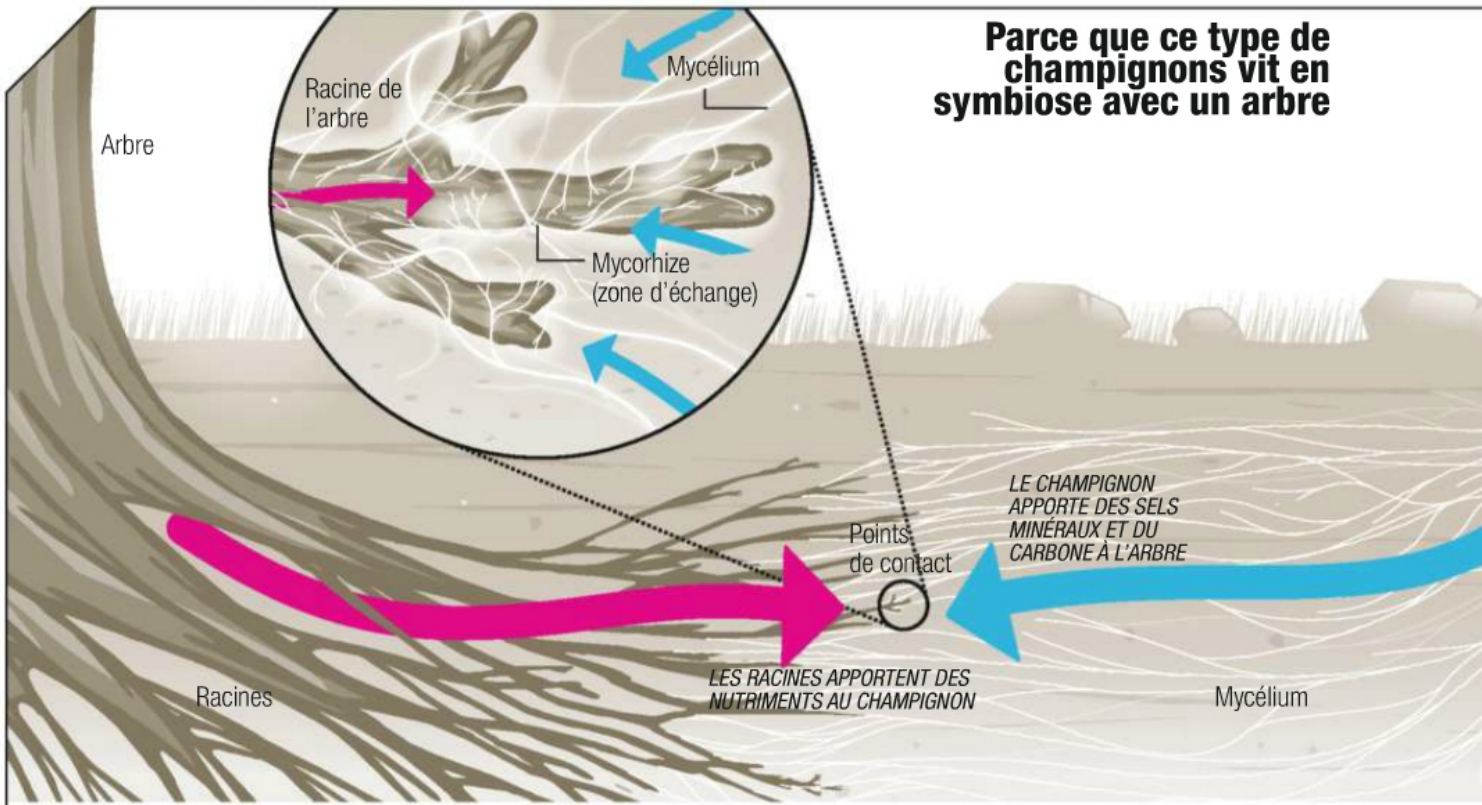
Une sous-espèce de zèbre éteinte depuis le XIXe siècle, le quagga ou couagga (*Equus quagga quagga*), avait d'ailleurs une croupe complètement sombre, les rayures n'étant présentes qu'à l'avant de son corps. Ce qui suggère qu'à l'origine cet équidé était complètement noir. Les rayures blanches seraient apparues lors de l'évolution pour se protéger des moustiques, se camoufler, ou se reconnaître entre individus. **K.B.**

Combien de chances a-t-on de trouver un trèfle à quatre feuilles ?

Question de A. Joly, Saint-Georges-d'Orques (34)

Chez le trèfle blanc ou *Trifolium repens*, on compte un trèfle à quatre feuilles pour 10 000 trèfles à trois feuilles, soit 0,01 %. En 2009, l'équipe sud-coréenne de In-Ja Song et Hong-Gyu Kang a irradié des fleurs de trèfles au moment de la pollinisation avec des rayons gamma, de puissants mutagènes. Ils ont obtenu 60 % de trèfles à quatre feuilles.
Une étude américaine de Rebecca Tashiro publiée en 2010 a pu déterminer que l'origine est à la fois environnementale et génétique. Le phénotype "trois feuilles" est déterminé par un gène dominant : s'il mute, il est inactivé et permet l'expression d'un ou plusieurs gènes récessifs au profit de trèfles avec un nombre de folioles plus variable. Le record est détenu par un trèfle à 56 feuilles, découvert le 10 mai 2009 par le Japonais Shigeo Obara et officialisé par le Livre Guiness des records. **E.L.**

ARIZONA STATE UNIV./GSFC/NASA - FOTOLIA - A. DAGAN



Pourquoi ne réussit-on pas à cultiver des cèpes ou des girolles ?

Question de H. Bachelot, Saint-Jean (Saint-Barthélemy – 97)

"*Le problème*, explique Yves-François Pouchus, de l'université de Nantes, *c'est que ce ne sont pas des champignons qui poussent tout seuls.*"

Les cèpes, comme les girolles ou encore les truffes, sont en effet des champignons mycorhiziques, c'est-à-dire qu'ils doivent être associés à certains arbres pour vivre. Au contraire, par exemple, du fameux champignon de Paris ou de la trentaine d'espèces comestibles effectivement cultivées aujourd'hui.

"*Le mycélium, la partie non reproductrice du champignon, se combine aux racines de l'arbre pour vivre. Le champignon profite de la matière organique synthétisée par l'arbre qui, lui, y gagne de nouvelles racines lui permettant de puiser plus d'eau et de sels minéraux. C'est un échange gagnant-gagnant*", précise le professeur Pouchus.

LE CAS DE LA TRUFFE

Mais pour qu'ils puissent produire des sporophores – la partie du champignon que l'on récolte – certaines conditions environnementales doivent être remplies.

Dans le cas du cèpe, si certains facteurs microclimatiques déclenchants – comme la chute brutale de la température du sol et la pluie – ont été identifiés, d'autres paramètres restent difficiles à contrôler. Les facteurs en jeu étant fort nombreux : exposition au soleil, pH du sol, présence ou non de champignons compétiteurs agressifs, lieu de pousse aéré, âge de l'arbre mycorhizé, etc.

Il faut en outre attendre plusieurs années entre l'inoculation du mycélium et l'apparition des cèpes, durant lesquelles les conditions climatiques sont déterminantes pour la pousse future des champignons.

Il existe cependant d'autres champignons mycorhiziques dont la culture est contrôlée, comme la truffe du Périgord. Son prix (jusqu'à 900 € le kilogramme) ayant encouragé à mener des recherches.

D'abord en Italie, où la synthèse mycorhizienne d'une truffe avec un arbre a été réalisée en 1967. Puis en 1970, en France, à l'Inra

A. DAGAN - FOTOLIA

de Clermont-Ferrand, où a été mis au point le procédé aujourd'hui utilisé pour sa culture.

Le principe ? Une préparation à base de spores de truffes est inoculée dans les graines ou les jeunes plants (le chêne pour la truffe du Périgord), qui poussent ensuite sur un substrat, dans une serre, pendant six à huit mois pour la truffe, plus longtemps pour d'autres espèces.

A la différence du cèpe ou de la girolle, la morille ne semble pas avoir besoin d'une association avec un arbre pour vivre. Ce qui ne facilite pas pour autant sa culture, puisqu'elle est extrêmement influencée par son environnement pour produire des sporophores. En France, 170 morilles cultivées de manière industrielles ont été récoltées pour la première fois en 2013. **B.R.**

Le réchauffement retarde-t-il la prochaine glaciation ?

Question de L. Loubaton, Mérignac (33)

C'est effectivement le cas. Selon la paléoclimatologue Valérie Masson-Delmotte, "*le réchauffement climatique actuel interrompt déjà un processus de refroidissement naturel en cours*". Nous sommes dans une période interglaciaire, c'est-à-dire une période séparant deux épisodes de glaciation pendant laquelle les températures sont relativement douces, et le climat est censé se refroidir de plus en plus. De fait, l'alternance des cycles glaciaire/interglaciaire tient aux variations régulières de l'orbite terrestre : son excentricité (forme de son tracé), son axe d'inclinaison et le mouvement de précession des équinoxes (lent changement de la direction de l'axe de rotation de la Terre) qui modulent la position des saisons sur cette orbite. Or, la Terre est actuellement dans une configuration qui entraîne plutôt une diminution de l'ensoleillement en été, ce qui devrait se traduire par une tendance globale au refroidissement… et ce jusqu'à la prochaine glaciation prévue d'ici environ 30 000 ans. Mais ce scénario ne tient plus puisqu'il faut désormais composer avec les émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, au lieu de se refroidir, le climat se réchauffe. Au final, le Giec prévoit une hausse des températures globales d'au moins 2 °C d'ici à 2100. "*Et plus on émettra de CO_2, moins il y aura de glaciation en vue*", résume Valérie Masson-Delmotte. **M.K.**

Est-il sain de manger un yaourt périmé ?

Question de N. Ravier, Charenton (94)

En pratique, il n'y a pas de risque majeur d'empoisonnement à consommer un yaourt industriel quelques jours après sa date limite de péremption (DLC). Selon Michèle Guillaume, épidémiologiste nutritionniste à l'université de Liège, "*un yaourt conservé en respectant la chaîne du froid peut raisonnablement être consommé une à deux semaines après la date indiquée sur le pot. Il contient une microbiologie très active (ferment lactique) qui permet d'éviter le développement de germes pathogènes*". Mais cela peut tout de même présenter un risque pour les personnes très fragiles, très jeunes ou très âgées. "*Les yaourts ne sont pas fabriqués dans un atelier totalement stérile, certains peuvent être contaminés par des moisissures. En cas de consommation après DLC, elles peuvent alors induire des troubles gastro-intestinaux*", précise Anne Chauvet, ingénieure agroalimentaire chez Syndifrais. En réalité, la DLC garantit surtout une qualité optimale du yaourt. Un pot consommé après la date peut donc paraître moins bon, sans pour autant être dangereux pour la santé. K.B.

Comment s'y prennent les fourmis pour combattre ?

Question de B. Demontreuille, Paris (13e)

C'est simple : les fourmis disposent de tout un arsenal. D'abord, elles ont des mandibules capables d'entailler le corps de leur ennemi, ou de lui trancher la tête. Certaines sont pourvues d'un aiguillon et d'un sac à venin. Le venin de la fourmi américaine *P. maricopa* est plus puissant que celui de la redoutable araignée veuve noire. Les familles *Dolichoderinae* et *Formicinae* (dont la fourmi rousse de nos forêts) ont une glande anale qui projette à plus d'un mètre des gouttelettes pouvant tuer ou paralyser l'ennemi.

Mais le plus impressionnant reste les techniques de combat collectif. L'équipe d'Alain Dejean, du laboratoire Ecologie des forêts de Guyane, a observé des ouvrières de l'espèce *A. andreae*, s'agrippant côte à côte, à l'affût, sous la bordure de feuilles. Un tel groupe peut ainsi capturer de très grandes proies, 10000 fois plus lourdes que lui.

Une autre fourmi amazonienne (*A. decemarticulatus*) est experte en embuscade : "*Cachées sous des galeries spongieuses qu'elles créent, elles peuvent atteindre leur proie à travers les trous et l'immobiliser*", détaille le chercheur. Certaines (sanguines d'Europe, fourmi amazone…) enlèvent la progéniture d'une autre espèce pour l'élever comme esclave, chargée de trouver la nourriture. **M.K.**

La force des fourmis est à la fois individuelle et collective.

Chez les humains, la longueur des poils est-elle définie ?

Question de L. Prunier, Montreuil-Juigné (49)

Plutôt qu'une longueur, les poils, tout comme les cheveux, ont une durée de pousse définie, différente selon leur zone d'implantation. Or, à l'instar de celle d'une plante, la croissance du poil induit sa longueur et son épaisseur. Cette croissance dure ainsi près de 4 mois pour le duvet, 12 pour le pubis (et jusqu'à 7 ans pour les cheveux). Il s'agit de la première phase du cycle du poil, l'anagène.

Viennent ensuite deux phases plus courtes : la catagène, pendant laquelle le poil est au repos, puis la télogène, qui correspond à sa mort. Du reste, il existe des variabilités entre les individus, selon leur sexe, leur taux d'hormones, leur ethnie… Par exemple c'est le cheveu asiatique qui connaît la croissance la plus importante (1,3 cm par mois contre 0,9 pour le cheveu crépu). Le record de longueur de cheveux est d'ailleurs détenu par une Chinoise (5,5 m). **M.K.**

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

Nous ne pourrons répondre à toutes et à tous, mais les auteurs des questions que la rédaction sélectionnera se verront offrir un abonnement d'un an à Science & Vie (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

Vous pouvez nous envoyer vos questions à :
sev.qr@mondadori.fr
ou bien par courrier à :

SCIENCE & VIE
QUESTIONS/RÉPONSES
8, rue François-Ory
92543 MONTROUGE CEDEX

A. WILD/VISUALS UNLIMITED/CORBIS

CHOISIR ET CONSTRUIRE SON HABITAT

ÉDITION SPÉCIALE

© Résidence Wilkinson, Robert Harvey Oshatz architecte

SCIENCE&VIE

AVEC LE MAGAZINE Àvivre

En vente actuellement

Documentaire "Moonwalk One"

Le grand pas de l'humanité comme si vous y étiez

"Je me suis rendu compte qu'il y avait une odeur… Une odeur étrange. C'était une odeur que je n'avais jamais sentie auparavant. Et puis j'ai compris : ce que je sentais, c'était la peur. Tous ces gens, tous sans exception, avaient peur qu'il y ait un problème et que ce problème puisse venir d'un piston ou d'une valve dont ils avaient eu la charge. Je n'avais jamais senti cette odeur, je ne l'ai plus jamais sentie depuis", raconte Theo Kamecke, réalisateur de *Moonwalk One*.

L'histoire est ultra-connue. Les images ont tellement été reproduites qu'elles sont devenues iconiques : en 1969, au terme d'une course à la technologie qui a opposé les Etats-Unis à l'Union soviétique, les trois astronautes américains Michael Collins, Buzz Aldrin et Neil Armstrong se sont envolés à bord de la fusée *Saturn V* pour la mission Apollo 11. Quatre jours plus tard, ils plantaient la bannière étoilée dans le sol poussiéreux de la Lune. Que peut-on dire ou montrer de plus ?

Simplement revivre l'épopée lunaire comme si vous y étiez. C'est tout l'intérêt de ce documentaire tourné en 1969, mais non diffusé alors, que la Nasa a finalement décidé de sortir sur les écrans américains en 2009 pour célébrer les quarante ans de la mission, et qui est distribué aujourd'hui en France, comme un ovni au milieu des *blockbusters* estivaux.

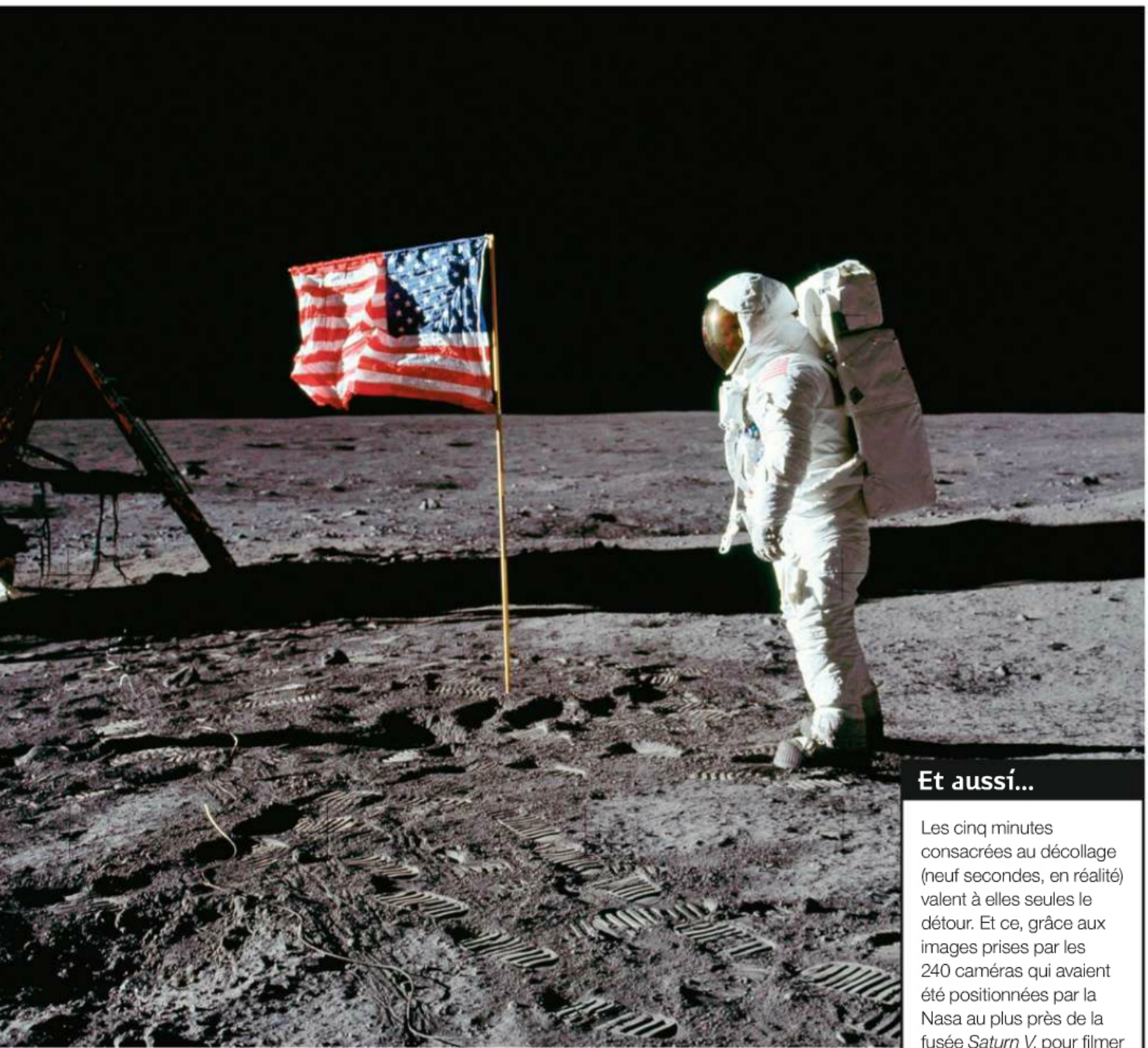
Theo Kamecke a tout suivi. Il a eu à sa disposition toutes les images prises sur la Lune. Il s'est promené dans la forêt de camping-cars qui a poussé juste avant le décollage. Il a assisté aux essais en piscine, aux tests des machines… Il a suivi la fanfare et les majorettes qui scellèrent le succès de la mission. Il est allé chez les téléspectateurs pour la retransmission des premiers pas, en Mondovision. Il a interviewé tout le monde, depuis les trois héros jusqu'aux couturières qui ont façonné les combinaisons spatiales. Il a gardé les images, les bruits… et il a supprimé la grande majorité des paroles.

C'est la grande trouvaille de ce documentaire. Les images se succèdent chronologiquement et sont simplement habillées des communications radio entre Houston et l'équipage d'Apollo 11. Ce qui donne l'impression de vivre l'aventure en direct. On sait comment cela se termine… Et pourtant, il suffit de quelques secondes sans réponse d'Apollo 11 à Houston pour qu'on envisage le pire. Quel soulagement, lorsque, enfin, vient la réponse : *"Houston. Ici base tranquillité. Eagle s'est posé."*

16 juillet 1969. Décollage d'Apollo 11 suivi depuis Cap Kennedy.

13 août 1969. La "parade des héros" dans les rues de Chicago.

D.R. - NASA



20 juillet 1969. Neil Amstrong plante le drapeau américain sur la Lune.

Anxiété, émotion, fatigue… Les émotions de ces moments cruciaux vivent, intacts, dans ces enregistrements étouffés des voix des techniciens et des astronomes. Et l'on s'étonne d'ailleurs que la fameuse phrase *"Un petit pas pour l'homme…"* soit prononcée d'une manière mécanique par Neil Armstrong.

Et puis, dans le silence, avec les sifflements aigus des ordinateurs de bord, les soufflements de l'habitacle et le grain des enregistrements, ces images spectaculaires prennent toute la place qui leur est due.

Quelques formules pompeuses rappellent qu'il s'agit bien d'un film publicitaire produit par la Nasa pour célébrer la technologique américaine. La voix *off* est parfois surjouée. Au début du documentaire, Theo Kamecke montre le lever du Soleil dans tous les pays du monde… Oui, comme dans le film *Armageddon* de Mickael Bay (1998)! Signe que la Nasa elle-même pourrait bien avoir inventé les codes des blockbusters… **M.F.**

Et aussi…

Les cinq minutes consacrées au décollage (neuf secondes, en réalité) valent à elles seules le détour. Et ce, grâce aux images prises par les 240 caméras qui avaient été positionnées par la Nasa au plus près de la fusée *Saturn V*, pour filmer les avaries éventuelles. Elles avaient été stockées dans un entrepôt du centre de recherche de Huntsville, en Alabama. Aucun tirage n'avait été effectué. Personne ne les avait regardées… avant Theo Kamecke.

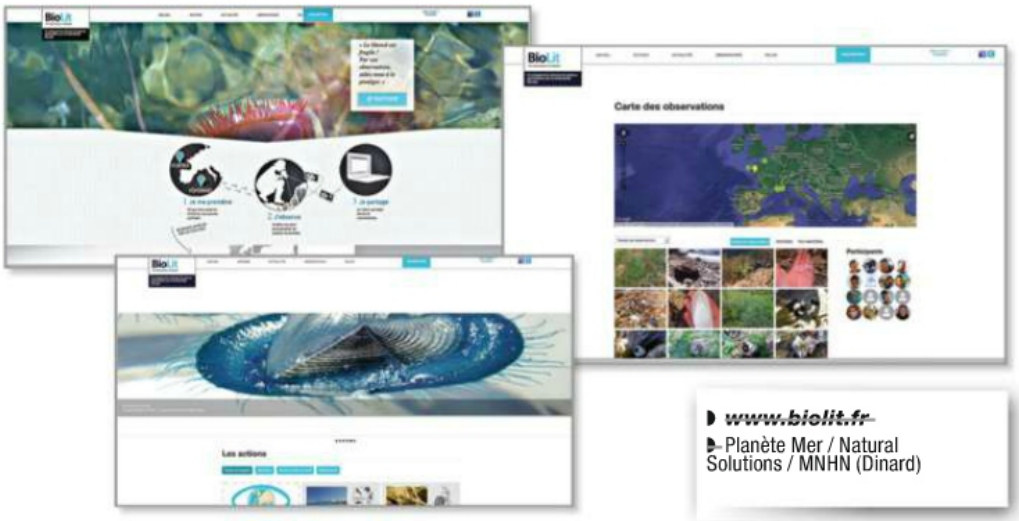
- Le 30 juillet : sortie en salle.
- D'ici fin 2014 : sortie du DVD qui devrait être assorti des commentaires du réalisateur.

L'âge des low tech
Philippe Bihouix
Editions du Seuil, 2014
19,50 €

A priori, le couplet est archiconnu : au lieu d'épuiser les ressources planétaires à coups d'innovations "high-tech", tournons-nous vers des technos plus sobres et simples, des "low-tech". Sauf que cet ouvrage va au-delà, en offrant une vision physico-chimique des enjeux. Dans un style léger, quoique parfois agaçant, l'auteur y démontre les limites fondamentales du recyclage ou des énergies vertes. Et avance quelques solutions alternatives. La lecture vaut aussi pour l'histoire de notre consommation boulimique de bois, de minerais, d'acides, de colorants naturels… Nourrissant. **V.N.**

La renaissance du temps
Lee Smolin
Editions Dunod, 2014
24 €

"*Pour en finir avec la crise de la physique*" : le sous-titre choisi par Lee Smolin sonne comme un livre militant. Le célèbre physicien (voir *S&V* n° 1152, p. 60) propose un argumentaire sur sa position révolutionnaire. Selon lui, pour trouver une solution aux problèmes de la physique contemporaine, il faut admettre que les physiciens se sont égarés. Il détaille comment, depuis Galilée, les physiciens ont été envoûtés par leurs modèles mathématiques jusqu'à les prendre pour la réalité. Il démonte ainsi chacun de leurs arguments pour imposer l'idée que la physique doit faire du temps une entité physique à part entière si elle veut percer les mystères du cosmos. **M.F.**



www.biolit.fr
Planète Mer / Natural Solutions / MNHN (Dinard)

Un site participatif sur la biodiversité du littoral français

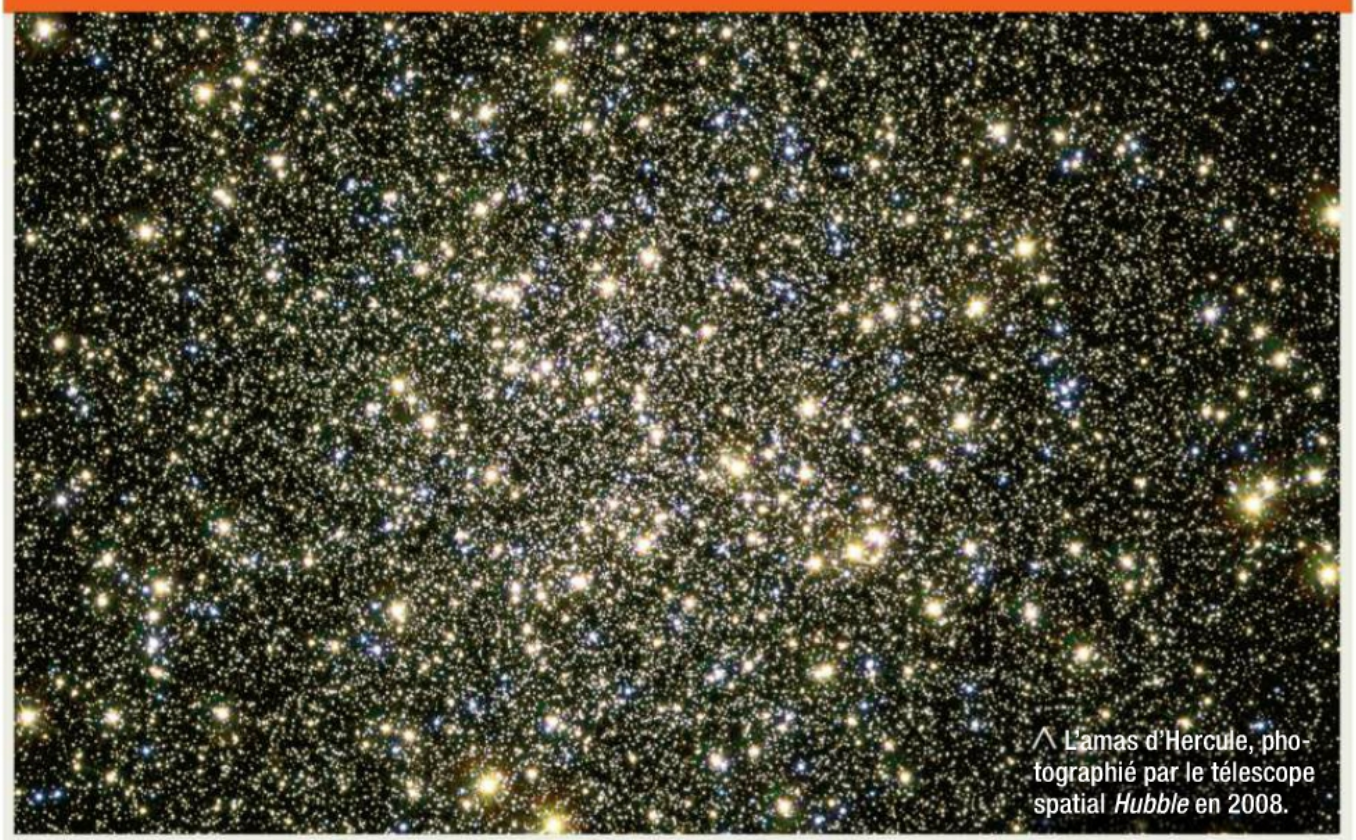
Cet été, les plages et les falaises des côtes françaises se dévoilent aux vacanciers sous un jour nouveau. Le littoral, sa faune et sa flore, qui forment d'habitude le fond flou des photos de vacances, réclameront cette fois une attention particulière. Les promeneurs curieux qui sauront la leur accorder, adoptant un instant le regard d'un naturaliste en herbe, découvriront sous leurs pieds une variété de formes de vie sans doute inaperçues jusque-là : olive de mer, sabot-de-vénus, astéroïde maritime… Autant d'espèces répertoriées par le site BioLit, que tout un chacun peut enrichir de ses observations, en y téléchargeant ses photos, assorties des références de date, lieu et heure. Elles formeront une base de données utile aux scientifiques et aux gestionnaires du littoral pour comprendre les mutations qui le traversent, qu'elles soient dues aux changements climatiques, à l'arrivée d'espèces venues d'ailleurs, aux activités humaines, ou au simple passage des saisons. En pratique, les participants proposent une identification pour chaque cliché téléchargé, qui sera validée par les coordinateurs de BioLit.

LE NORD-OUEST PUIS LE SUD

Né de l'initiative de l'association Planète Mer avec l'antenne du Muséum national d'histoire naturelle basée à Dinard (Ille-et-Vilaine), ce projet de science participative avait été mis en place sur les côtes de l'Atlantique, de la Manche et de la mer du Nord en 2010, avec le projet "Algues brunes et bigorneaux", visant à comprendre les raisons de leur régression très irrégulière le long de la côte. Il complète le pourtour marin français cette année en s'étendant à la Méditerranée et en déployant quatre nouveaux volets : "Les saisons de la mer", destiné à suivre la ponte des mollusques et la floraison des plantes marines ; "Les nouveaux arrivants", pour traquer les espèces allochtones qui risquent de devenir invasives ; "Chlorophylle mania", pour répertorier la flore du littoral et "Attention, menaces ?", pour cartographier la pollution des côtes provoquée par les hommes. Plus généraliste, le projet "A vos observations" recueillera les images les plus diverses, pêchées par le promeneur au gré de ses excursions en bord de mer. Et pour soutenir et encadrer les observateurs participants, une cinquantaine de points relais (où rencontrer médiateurs scientifiques, membres d'associations naturalistes…) sont présents le long des côtes. **F.G.**

D.R.

Dans le ciel ce mois-ci



^ L'amas d'Hercule, photographié par le télescope spatial *Hubble* en 2008.

Hercule en majesté

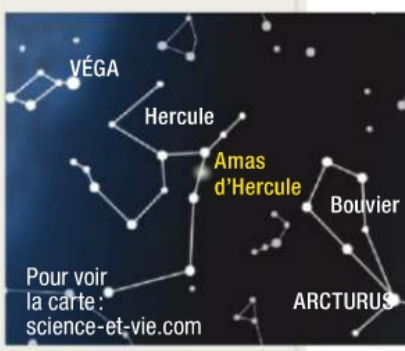
Ce mois de juillet est le meilleur moment pour observer l'amas d'Hercule. Et la meilleure façon de célébrer le double anniversaire d'une longue union entre les hommes et cette myriade d'étoiles. L'été 1714, d'abord : le célèbre astronome anglais Edmond Halley apercevait à l'œil nu, dans la constellation d'Hercule, une pâle tache floue, que l'on connaît aujourd'hui sous le nom de Grand amas d'Hercule. L'année 1974, ensuite : le radiotélescope géant d'Arecibo émettait vers l'amas une puissante émission radio codée portant un message à l'intention de ses éventuels habitants. Car l'amas d'Hercule, né voici une douzaine de milliards d'années, compte plus de 300 000 étoiles, serrées dans une sphère de moins de 150 années-lumière de diamètre. Le message d'Arecibo parviendra là-bas dans environ 25 000 ans, puisque la distance de ces myriades d'étoiles est d'environ 25 000 années-lumière.

Au cœur de l'amas d'Hercule, les étoiles sont distantes les unes des autres de quelques centaines de milliards de kilomètres "seulement" : le ciel de ses probables centaines de milliers d'exoplanètes doit être extraordinairement brillant... Mais depuis la Terre, l'amas d'Hercule est difficilement visible à l'œil nu. Très facile à voir dans une paire de jumelles ou un petit instrument d'astronomie, grossissant de 20 à 50 fois, qui le montrent comme une nuée lumineuse circulaire, il ne révèle ses plus belles étoiles – des géantes rouges mille fois plus brillantes que notre Soleil – qu'aux télescopes de 100 à 200 mm de diamètre. Dans un télescope de 300 à 600 mm, l'amas d'Hercule apparaît comme un étourdissant, vertigineux poudroiement d'étoiles…

Quand ?
Du 20 au 30 juillet, vers minuit.

Comment ?
Un télescope de 100 mm, grossissant 100 fois.

Où ? Dans la constellation d'Hercule.



Retrouvez la chronique "Du côté des étoiles" sur France Info
tous les samedis et sur www.france-info.com

Le premier téléphone 100 % solaire

Avec le Meridiist Infinite, commercialisé par le suisse TagHeuer, plus de risque de panne de batterie. Il suffit de laisser son téléphone quelques minutes au soleil, ou sous un éclairage artificiel, pour qu'il se recharge directement… à l'aide d'un simple film solaire invisible !

Il aura fallu quatre ans de recherche et développement à l'entreprise française SunPartner Technologies pour arriver à développer ce film inédit qui se loge à l'intérieur du téléphone, derrière l'écran LCD. D'une épaisseur de 500 micromètres (soit 0,5 millimètre), il est composé de microbandes photovoltaïques assemblées à des lentilles qui dirigent les rayons entre les bandes, *"ce qui dévie les rayons et rend quasiment invisible le composant à l'œil nu"*, explique Ludovic Delbois, président et cofondateur de SunPartner Technologie. L'énergie ainsi récoltée est ensuite dirigée vers une puce qui recharge la batterie. Grâce à ce système, le téléphone est capable d'emmagasiner 2,5 mV à 5 mV par cm^2, selon les modèles.

Concrètement, dans le cas du TagHeuer Meridiist, quinze minutes d'exposition à la lumière permettent de passer un appel d'une minute trente.

Outre cette technologie solaire, le Meridiist est doté d'un écran en cristal de saphir et d'une coque en titane, carbone et caoutchouc.

Ce bijou a évidemment un prix : il est commercialisé à seulement 1911 exemplaires et à un tarif extrêmement élevé. Mais SunPartner Technologies travaille déjà avec d'autres fabricants afin de mettre au point de nouveaux portables plus abordables à l'horizon 2015. **B.R.**

Prix : env. 9 800 €. Rens. : http://meridiistinfinite.tagheuer.com/

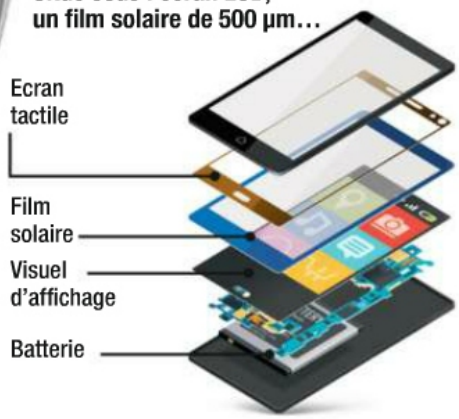
Un réveil qui tient compte de vos cycles de sommeil

L'entreprise française Withings, spécialisée dans les objets connectés, lance Aura, un réveil intelligent. Non seulement celui-ci permet de mieux comprendre son sommeil, mais aussi d'en améliorer la qualité. Aura se compose d'un capteur à glisser sous le matelas, synchronisé avec un boîtier de chevet. Le premier enregistre les données personnelles (mouvements, respiration…) pendant que le second analyse l'environnement (température, niveau de bruit…). Grâce à ces données (qui peuvent ensuite être consultées sur smartphone), le réveil agit directement sur les phases d'endormissement et de réveil, en fonction des horaires choisis par l'usager. Le soir, il émet des sons relaxants et une lumière ocre, semblable à celle du crépuscule, afin de favoriser la sécrétion de mélatonine (l'hormone du sommeil). Et le matin, il diffuse une lumière bleue et des sons stimulants, en fonction du cycle du sommeil, pour un réveil en douceur. **L.G.**

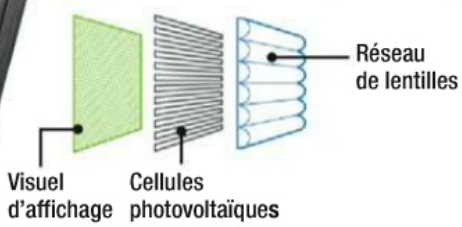
Prix : env. 300 €. Rens. : www.withings.com/fr/aura

< Grâce à son film solaire, il suffit d'exposer le Meridiist 15 min au soleil pour passer un appel de 1 min 30.

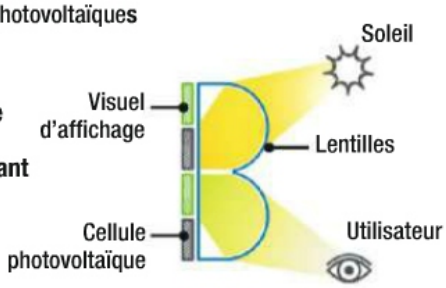
Situé sous l'écran LCD, un film solaire de 500 µm…



…constitué de lentilles qui dévient les rayons vers des bandes photovoltaïques…



…alimente le téléphone en énergie tout en restant invisible



LE COIN DES PROTOTYPES

Une tondeuse qui bio-carbure à l'herbe qu'elle coupe

Vous connaissez peut-être déjà les robots-tondeuses qui parcourent votre jardin tout seuls ? La start-up américaine EcoMow Technologies veut aller plus loin. Son concept de tondeuse ne sera pas électrique : il transformera l'herbe coupée en biocarburant qu'il utilisera pour se déplacer. La machine tondra l'herbe à l'avant et la récupérera à l'arrière, où une série de processus permettra de déshumidifier les résidus de tonte afin de les transformer en biocarburant. Le tout devrait prendre à peine plus d'une heure. *"Nous travaillons en ce moment sur l'assemblage du prototype et nous imaginons dans un premier temps un produit destiné aux professionnels"*, précise Jason Force, l'ingénieur à l'origine du projet. **S.D.**

Rens. : www.ecomowtech.com

> En un peu plus d'une heure, ce robot transformera l'herbe coupée en biocarburant.

La montre à LED qui se porte au doigt

Cette bague de la société anglaise Ring Clock se compose d'un premier anneau, qui entoure le doigt, autour duquel pivote un second anneau. Lorsqu'on tourne celui-ci, ses graduations s'illuminent pendant une minute, donnant l'heure jusqu'à la seconde grâce à des LED. La batterie de Ring Clock a une autonomie d'une semaine. Il peut être mis à l'heure et rechargé en deux heures grâce à un support spécifique, développé par Wireless Power Consortium. Ce dernier génère un champ magnétique qui induit un courant dans la batterie pour une recharge sans fil. Ring Clock est fabriqué en acier chirurgical afin d'éviter les allergies. Il résiste à la pluie mais il n'est tout de même pas conseillé de se baigner avec. **S.F.**

Prix : env. 170 €.
Rens : www.ringclock.net

Le clavier dont les touches s'éclairent pour travailler la nuit

S'il existe déjà des claviers sans fil aux touches rétroéclairées, celui-ci est capable de s'allumer en fonction de la luminosité ambiante : un capteur placé sur sa face avant ajuste en permanence son niveau d'éclairage. Des LED blanches éclairent les caractères transparents de ses touches. Conçu par le spécialiste suisse Logitech, ce modèle Illuminated Keyboard Living-Room K830 peut ainsi être utilisé dans le noir le plus complet. Posé sur vos genoux, ce clavier d'à peine 500 g doté d'un pavé tactile, compatible PC, Mac et Smart TV, permet de piloter l'ordinateur relié au téléviseur. Son autonomie annoncée est d'une dizaine de jours pour deux heures d'utilisation intensive et quotidienne. Il s'éteint automatiquement après cinq secondes d'inactivité. **E.T-A.**

Prix : env. 100 €.
Rens. : www.logitech.fr

Ce compresseur tient dans la main

Ce compresseur a été baptisé Airgun (pistolet à air) par l'entreprise hongkongaise Active Tools. Et pour cause : il tient dans la main tout en étant aussi puissant qu'un compresseur classique. Il pèse 2 kg, mesure 27 cm, et permet de gonfler un matelas, une roue de bicyclette (à 4 bars en une minute !), un pneu de moto ou même de voiture. Pour ce faire, il possède un embout flexible de 12,7 cm et divers adaptateurs pour se raccorder à toute sorte de valve. Il suffit de présélectionner la pression désirée et d'appuyer sur un bouton pour enclencher le gonflement. Airgun s'arrêtera ensuite automatiquement lorsqu'elle est atteinte. Il fonctionne avec des piles lithium-ion, mais se branche aussi sur un allume-cigare. **S.F.**

Prix : env. 70 €.
Rens. : http://my-airman.com/product/inflators/airgun

Une veilleuse bioluminescente

Créé par la société américaine Yonder Biology, Dino Pet est un dinosaure translucide rempli de micro-organismes aquatiques bioluminescents. Ces "dino-flagellés", s'illuminent en réponse à une agitation mécanique. Il suffit donc de les laisser à la lumière et, le soir, de les secouer pour que la magie opère. Les micro-organismes s'allument, transformant le dinosaure en une veilleuse vivante ! Ces dinoflagellés vivent de un à trois mois, mais si on les nourrit (des nutriments sont vendus à part), ils peuvent se reproduire à l'infini, permettant à la veilleuse de fonctionner sans autre alimentation ! M.S.

> Secoués, ses micro-organismes (en bleu) s'illuminent.

Prix : env. 36 €.
Rens : www.biopop.com

Les caractères transparents sont équipés de LED qui s'allument s'il commence à faire sombre.

La chemise qui fait fuir les moustiques

Pour se protéger des insectes, on peut se badigeonner d'un répulsif – dont l'action est souvent limitée à quelques heures – ou porter des vêtements imprégnés d'un produit de ce type. Comme la chemise Insect Blocker (à manches longues retroussables) de l'américain Columbia. Ici, ce sont les fibres textiles qui intègrent la perméthrine, un composé chimique insectifuge, proche de celui présent dans certaines fleurs. Incolore et inodore, cette protection repousse les moustiques, les tiques et même les fourmis. Fabriquée grâce à un procédé durable, elle reste efficace même après 70 lavages. L.B.

Prix : à partir de 70 €. Rens. : www.columbiasportswear.fr

Une lunette connectée directement au ciel

A la nuit tombée, nombreux sont les amateurs d'astronomie qui sortent leur lunette pour observer les merveilles de l'Univers. Mais même avec une carte du ciel, il est souvent difficile de distinguer à l'œil nu les planètes des étoiles ou les nébuleuses des galaxies. Pour s'y retrouver, la société américaine Celestron propose la Cosmos 90GT. Une lunette qui se positionne toute seule sur les astres choisis par l'utilisateur. Vendue avec une application pour smartphone et tablette, elle communique avec l'appareil par wi-fi. Il suffit de balayer le ciel avec un téléphone pour voir les étoiles apparaître sur l'application, et cliquer sur celle que l'on souhaite voir. La lunette, munie d'un réfracteur 90 mm et équipée de petits moteurs, va automatiquement trouver et suivre l'astre choisi. *"Nous voulions offrir aux amateurs une expérience interactive du ciel nocturne"*, explique Bryan Cogdell, chez Celestron. L'application donne aussi la distance de l'astre, sa magnitude, son nom, et parfois une description audio. **S.D.**

Il suffit d'indiquer sur l'application dédiée de son smartphone la planète que l'on cherche, pour que cette lunette se positionne toute seule dessus.

Prix : env. 500 €.
Rens. : www.celestron.com

Juillet 1914

Robert Goddard invente la fusée moderne

Juillet 1914. Alors que l'Europe a les yeux rivés sur la guerre qui se profile, Robert Goddard, jeune physicien de Princeton (Etats-Unis), braque les siens sur les étoiles. L'espace est sa passion, nourrie par le célèbre roman d'anticipation de H.G. Wells paru en 1898: *La guerre des mondes*. Et la conception d'un transporteur spatial sa lancinante obsession. Car si les astres peuplent depuis des siècles la littérature, avec leur cortège de Martiens et de Sélénites, la science, elle, n'envisage même pas la possibilité d'y aller tant l'entreprise paraît vouée à l'échec.

Mais Goddard est têtu. Les calculs qu'il vérifie depuis deux ans, malgré cette tuberculose qui le détruit à petit feu, sont formels: en utilisant une fusée identique à celles qui pétaradent dans les feux d'artifices et se propulsent en éjectant des gaz échauffés par la combustion d'une poudre, il est possible, en théorie, d'atteindre les hautes couches de l'atmosphère, voire de se libérer de la gravité terrestre et de partir dans l'espace.

"Chimère!", rétorquent les physiciens empêtrés dans un redoutable cercle vicieux: pour emporter assez de carburant, la fusée s'alourdit en effet au point de ne plus pouvoir s'élever.

Mais Goddard ne manque pas d'astuce. Et pour être sûr que personne ne lui volera la paternité de son idée, il dépose un brevet. Il suffit, explique-t-il dans le texte que publie le 7 juillet l'Office américain des brevets, de dissocier d'abord le réservoir à carburant de la chambre à combustion. Le réservoir n'ayant plus à supporter de hautes pressions, il peut ainsi être allégé. D'inclure ensuite dans la fusée principale, une fusée secondaire disposant de son propre réservoir et de sa chambre de combustion.

Quand le réservoir principal est vide, il est éjecté, et la seconde fusée, allégée de ce poids inutile, continue plus rapidement sa course.

Et rien n'empêche d'inclure une 3e, une 4e fusée, comme des poupées russes.

SCIENCE & VIE en parlait déjà...

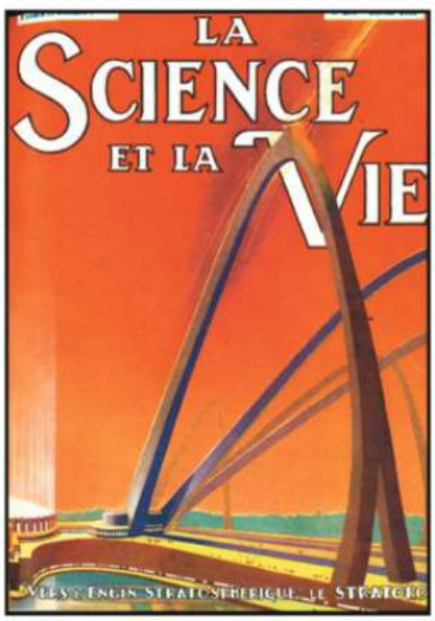
1929 LA LUNE À PORTÉE DE FUSÉE

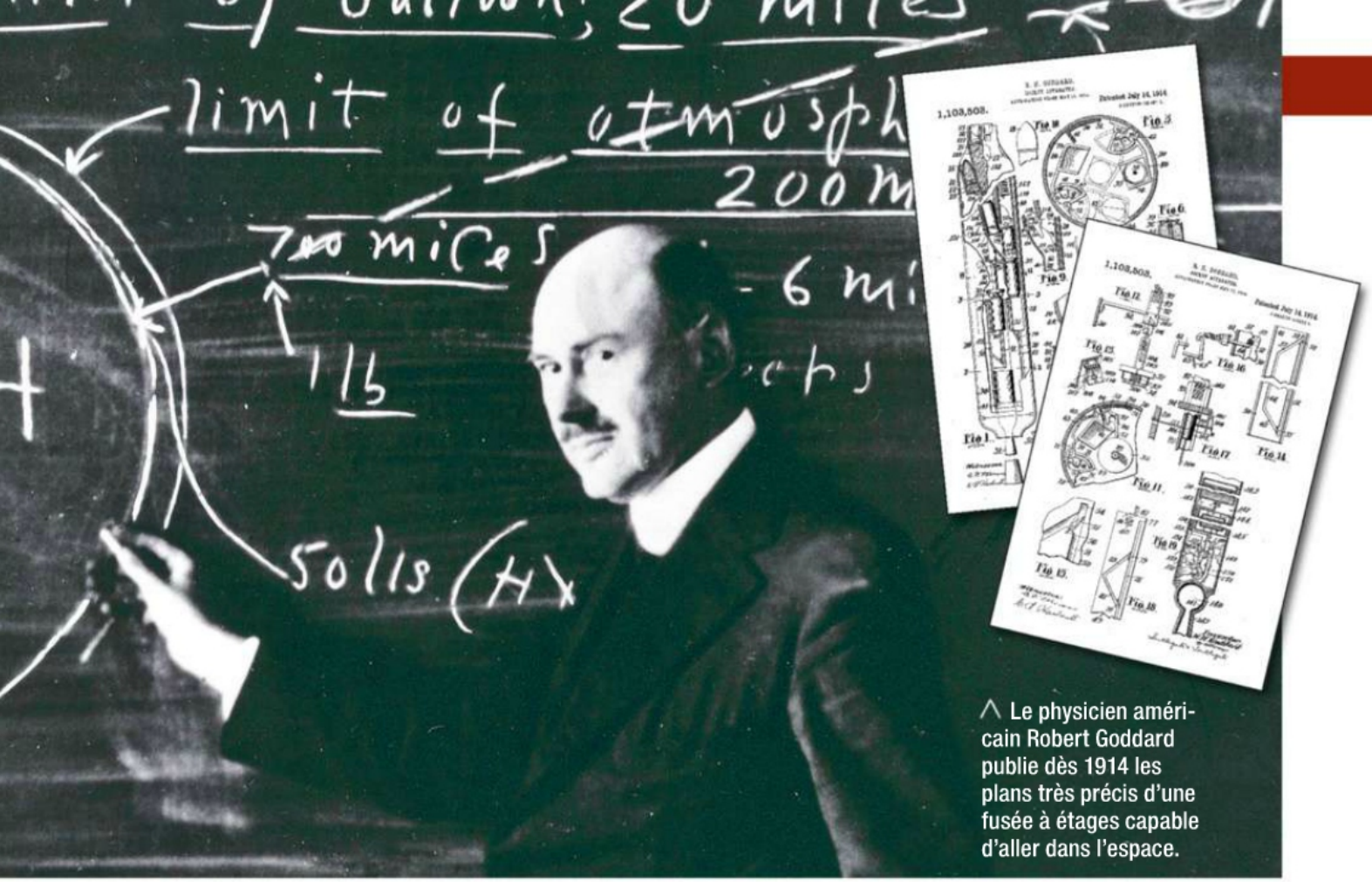
La fièvre de la Lune gagne *S&V*: *"Franchir les 384 000 km qui séparent la Terre de la Lune* [...] *constitue un projet audacieux* [...] *qui théoriquement n'est pas en contradiction avec les données de la science."* Et en pratique? Loin de l'obus-wagon tiré par un canon de Jules Verne, c'est la fusée que les ingénieurs ont élue pour vaisseau idéal: cylindrique, à réaction et pourvue d'un parachute, elle promet de réaliser ce rêve. ***S&V***

DE LA TERRE A LA LUNE
Le problème de la navigation interplanétaire est d'un réel intérêt scientifique

1937 ET SI ON CATAPULTAIT DES ENGINS...

En plus des voyages cosmiques, on imagine exploiter la fusée *"pour les vols à grande vitesse et à grande distance"* d'un point à l'autre de la Terre: les vols stratosphériques. Son rendement *"devient en effet supérieur à celui du groupe moteur-hélice des avions actuels à partir de 1 000 km/h"*, que l'on pourrait atteindre grâce au "stratoport", un arc qui la catapulterait en l'air! ***S&V n° 235***





NASA - DR

∧ Le physicien américain Robert Goddard publie dès 1914 les plans très précis d'une fusée à étages capable d'aller dans l'espace.

Quant à la trajectoire, on peut la stabiliser *via* un gyroscope, comme Goddard en a déjà eu l'idée, quelques années plus tôt, pour contrôler le vol des avions.

Une semaine plus tard, un second brevet affine le concept et propose une dernière innovation, envisagée dès 1909 : remplacer les poudres explosives par des carburants liquides, qui permettent une poussée continue. L'idéal ? Faire réagir de l'oxygène et de l'hydrogène liquéfiés : leur réaction offre, s'ils sont bien combinés, la plus forte chaleur par unité de masse de toutes les transformations chimiques connues. A défaut d'hydrogène, encore trop complexe à liquéfier, Goddard suggère l'essence. Dotée d'instruments de mesure, une telle fusée permettrait d'étudier la haute atmosphère. Et, pourquoi pas, la Lune !

Goddard ignore qu'un Russe, Constantin Tsiolkovsky, a déjà détaillé tout cela :

1959 **AVEC "LUNIK", L'URSS FRÔLE LA LUNE**

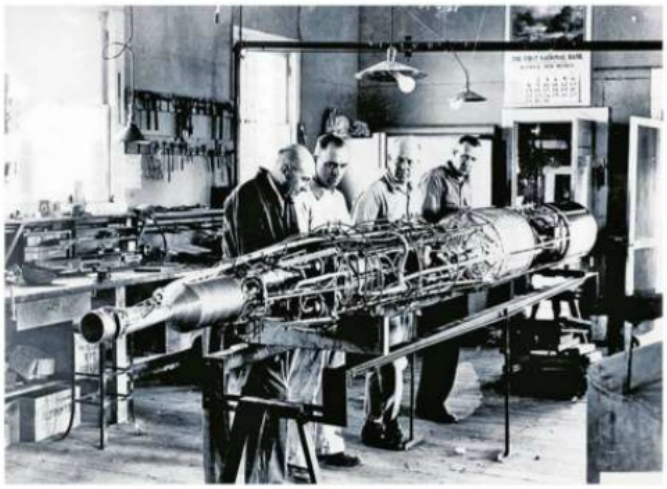
Fini le temps des rêves ! Des fusées percent déjà l'atmosphère terrestre : *"Le 4 janvier 1959, à 3 h 59 du matin, un cône de fusée passait à 7 500 km de la Lune* [...] *et poursuivait sa course à 2 500 m/s vers un au-delà vide"* : c'est la fusée russe *Lunik*, le premier engin à s'affranchir de l'attraction terrestre. *"Après* Spoutnik I, *le palmarès soviétique s'enrichit d'une deuxième date fondamentale dans l'histoire de l'humanité."* Mais les Américains, bien que bluffés, *"disposent aujourd'hui d'engins comparables"* : *Science & Vie* passe en revue les différentes *Redstone, Jupiter, Thor, Vanguard, Atlas, Polaris, Junon... "conçues presque toutes pour la riposte militaire". S&V n° 497*

publiés en russe, ses textes ne sont connus que d'une poignée de physiciens du tsar. Pas plus qu'il n'admettra que l'idée d'une fusée à étages était déjà connue des artificiers, comme l'atteste un brevet belge.

Peu importe, car Goddard fait plus qu'évoquer une idée : croquis à l'appui, il montre comment réaliser techniquement l'appareil. Et en accroît spectaculairement l'efficacité en y ajoutant la tuyère conçue par le Suédois Gustaf de Laval pour les turbines à vapeur, qui multiplie par dix la quantité d'énergie convertie en poussée par les gaz d'échappement.

ROCKET MAN EST SÛR DE LUI

Faire d'une vague idée une machine capable de gagner l'espace sera dès lors son combat. Même s'il faut pour cela affronter l'indifférence de ses confrères et les caricatures de la presse, qui s'enflamme pour son projet d'allumer sur la Lune une charge de poudre visible depuis la Terre.



US AIR FORCE

Mise au point dans les ateliers de Roswell, au Nouveau-Mexique, la fusée de Goddard (ici, à g.) s'élèvera de 2,7 km le 26 mars 1937.

Narquois, un éditorial du *New York Times* rappelle, à tort, que la 3e loi de Newton de l'action et de la réaction, sur laquelle repose le principe de la fusée, ne s'applique pas dans le vide, et s'afflige de voir Goddard *"manquer du savoir enseigné chaque jour en lycée"*.

Mais "Rocket Man" est sûr de lui : les expériences, qu'il réalise depuis 1915 à l'université Clark, montrent que non seulement la poussée est possible dans le vide, mais qu'elle y est plus efficace que dans l'air...

Les essais s'enchaînent grâce aux financements de la Smithsonian Institution. Et le 16 mars 1926, la première fusée à essence et oxygène liquide s'élève de quelques mètres dans un rugissement continu, avant de finir sa course dans un champ de choux.

En juillet 1929, elle s'élève cette fois d'une trentaine de mètres. Le bruit est tel que des voisins appellent les secours, croyant qu'un avion s'est écrasé. Les essais se poursuivront dans un lieu plus discret, à Roswell, au Nouveau-Mexique, pour atteindre le 26 mars 1937 l'altitude ultime de 2,7 km.

Mais le gouvernement manifeste peu d'intérêt pour ses travaux. Sans doute le caractère très secret de Goddard y est-il pour beaucoup. C'est l'Allemagne nazie qui, à partir des travaux de Hermann Oberth, donnera à la fusée le soutien industriel qui lui manquait en Amérique, et développera, sous la supervision de Wernher von Braun, les dévastateurs missiles balistiques V2. Jusqu'à ce que les Etats-Unis associent l'impulsion de Goddard au savoir technique allemand pour se lancer résolument dans la conquête de l'espace et de la Lune. Mort en 1945 d'un cancer de la gorge, Goddard ne verra pas se réaliser le rêve auquel il aura tant contribué.

SCIENCE & VIE en parlait déjà...

1991 L'EUROPE A SON CAP CANAVERAL

L'Europe aussi a ses visées célestes : en Guyane, l'Agence spatiale européenne construit *"une base de lancement qui sera l'égale de cap Canaveral et du cosmodrome de Baïkonour, et qui permettra dans cinq ans de placer la nouvelle* Ariane 5 *en orbite"*. L'enjeu est de taille : *"Depuis l'inauguration des vols Ariane* [en] *1979* [...] *une concurrence commerciale acharnée"* entoure les lancements de satellites. Tout repose sur la réussite d'*Ariane 5*... *S&V n° 881* @

2003 ARIANE REVIENT DANS LA COURSE

"Dans un flamboyant halo orangé, le lanceur commercial Ariane 5, *le douzième de la série, s'élève vers l'espace. Trente-huit longues minutes plus tard, il place sur orbite géostationnaire deux satellites de télécommunication* [...] *: Mission réussie"* ! De quoi faire oublier l'accident de décembre 2002 (quand, à la suite d'un incident technique, le lanceur est retombé au bout de 3 minutes), qui avait *"tout remis en question"*. Reste un défi à relever : *"La première société commerciale privée de transport spatial dans le monde doit* [...] *apprendre à maîtriser ses coûts."* *S&V n° 1030* @

@ *à lire en intégralité dans* **Les grandes archives** www.science-et-vie.com

Enquête

Vous faites partie de nos lecteurs et nous vous remercions de votre fidélité. Nous travaillons dans un souci permanent d'amélioration de *Science & Vie*. Depuis quelques mois, nous avons modifié la formule de votre magazine et nous souhaitons connaître votre avis. C'est pourquoi nous vous remercions de consacrer quelques minutes, après la lecture de ce numéro, pour remplir le questionnaire ci-dessous. Votre aide nous est précieuse, elle nous permettra de répondre encore mieux à vos attentes.

Pour vous remercier un tirage au sort sera organisé, vous aurez ainsi la possibilité de recevoir :

• 1 exemplaire de Science & Vie "Spécial Terre"

Une fois rempli et complété, ce questionnaire est à nous retourner au plus vite, sans l'affranchir, à l'adresse suivante : **Science & Vie - Libre réponse 23016 - 92125 MONTROUGE CEDEX**

Q1. Vous lisez Science & Vie…

- *Tous les mois* 1
- *De 6 à 10 numéros par an* 2
- *De 3 à 5 numéros par an* 3
- *Moins de 3 numéros par an* 4
- *C'est la première fois* 5

Q2. Comment vous procurez-vous Science & Vie, en général ?

- *Vous êtes abonné (vous ou une autre personne de votre foyer)* 1
- *Vous l'achetez chez votre marchand de journaux (vous ou une autre personne de votre foyer)* 2
- *Autres (on vous le prête, donne…)* 3

Q3. Avez-vous le sentiment, ces derniers mois, de lire Science & Vie, avec

- *Plus d'intérêt* 1
- *Moins d'intérêt* 2
- *Sans changement* 3
- *C'est la première fois que je le lis* 4

Q4. Notez de 0 à 10 la couverture du numéro de Science & Vie que vous tenez entre vos mains, 10 signifiant que vous l'appréciez beaucoup, 0 signifiant que vous ne l'appréciez pas du tout. Les notes intermédiaires vous permettant de nuancer votre jugement.

|__|__| *sur 10*

Q5. Pour chacun des articles de ce numéro, indiquez dans le tableau ci-dessous :
a- Si vous l'avez lu, en entier, en partie, parcouru sans vraiment le lire ou pas lu du tout.
b- Si vous l'avez au moins parcouru, s'il vous a intéressé, assez, peu ou pas du tout.

	a- Lecture				b- Intérêt			
	En entier	*En partie*	*Parcouru sans vraiment le lire*	*Pas lu*	*Beaucoup*	*Assez*	*Peu*	*Pas du tout*
Avant-propos (p. 5)	1	2	3	4	1	2	3	4
Sommaire (p. 6 et 7)	1	2	3	4	1	2	3	4
Forum (p. 8 à 12)	1	2	3	4	1	2	3	4
Actualités								
Ensemble de la partie "Actus" (p. 14 à 36)	1	2	3	4	1	2	3	4
Actus Labos (p. 14 à 22)	1	2	3	4	1	2	3	4
Actus Environnement (p. 24 à 28)	1	2	3	4	1	2	3	4
Actus Médecine (p. 30 à 32)	1	2	3	4	1	2	3	4
Actus Technos (p. 34 à 36)	1	2	3	4	1	2	3	4
Science & Société								
Ensemble de la partie "Science & Société" (p. 38 à 49)	1	2	3	4	1	2	3	4
Polémique autour du riz doré : questions sur un OGM pas comme les autres (p. 38 à 43)	1	2	3	4	1	2	3	4
Un séisme destructeur n'est pas à exclure sur notre territoire (p. 44-45)	1	2	3	4	1	2	3	4
Elèves intoxiqués aux pesticides : l'épandage dans les vignes n'est pas près de diminuer (p. 46-47)	1	2	3	4	1	2	3	4
Les Russes abandonnent l'ISS : la difficile relève des vols spatiaux habités (p. 48-49)	1	2	3	4	1	2	3	4
À la une								
La science des cauchemars (p. 52 à 68)	1	2	3	4	1	2	3	4
Science & Découvertes								
Ensemble de la partie Science & Découvertes (p. 69 à 88)	1	2	3	4	1	2	3	4
Un océan sous la terre ? Voici la première preuve matérielle (p. 70 à 72)	1	2	3	4	1	2	3	4
L'électron est hélas trop parfait (p. 73 à 75)	1	2	3	4	1	2	3	4
Alésia, Stonehenge, Angkor… La révolution lidar (p. 76 à 83)	1	2	3	4	1	2	3	4
Système solaire : le grand retour de la planète X (p. 84 à 88)	1	2	3	4	1	2	3	4
Science & Techniques								
Ensemble de la partie "Science & Technique" (p. 89 à 109)	1	2	3	4	1	2	3	4
Dépression, schizophrénie… Et si la solution était l'aspirine ? (p. 90 à 93)	1	2	3	4	1	2	3	4
Reconnaissance faciale : le triomphe de l'IR (p. 94 à 100)	1	2	3	4	1	2	3	4
Automobile : la "Formule 1" électrique est née (p. 102 à 105)	1	2	3	4	1	2	3	4
Lentilles infrarouges : voir la nuit comme en plein jour (p. 106 à 109)	1	2	3	4	1	2	3	4
Science & Futur								
Ensemble de la partie "Science & Futur" (p. 110 à 116)	1	2	3	4	1	2	3	4
Culture Science								
Sommaire (p. 117)	1	2	3	4	1	2	3	4
Bon à savoir (p. 118 -119)	1	2	3	4	1	2	3	4
Questions & Réponses (p. 120 à 124)	1	2	3	4	1	2	3	4
À lire, à voir, Ciel du mois (p. 126 à 129)	1	2	3	4	1	2	3	4
Technofolies (p. 130 à 133)	1	2	3	4	1	2	3	4
Il y a… 100 ans : Robert Goddard invente la fusée moderne (p. 134 à 136)	1	2	3	4	1	2	3	4

Q6. Notez de 0 à 10 ce numéro de Science & Vie, que vous tenez entre vos mains, 10 signifiant que vous l'appréciez beaucoup, 0 signifiant que vous ne l'appréciez pas du tout, les notes intermédiaires vous permettant de nuancer votre jugement.

|__|__| *sur 10*

Répondez à cette enquête et participez à l'amélioration de Science & Vie !

Q7. Pour chacune des phrases ci-dessous que l'on peut entendre à propos de Science & Vie, indiquez si, vous personnellement, vous êtes :

Les numéros de Science & Vie sont…	Tout à fait d'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas du tout d'accord
Clairs, bien organisés	1	2	3	4
Agréables à lire	1	2	3	4
Complets	1	2	3	4
Distrayants	1	2	3	4
Faciles à comprendre	1	2	3	4
Riches en informations que vous ne trouvez pas ailleurs	1	2	3	4
Très intéressants	1	2	3	4

Q8. Vous est-il déjà arrivé de recommander à quelqu'un…

	Oui souvent	Oui rarement	Non jamais
La lecture de numéros de Science & Vie	1	2	3
Un article précis paru dans Science & Vie	1	2	3

Q9. Si Science & Vie disparaissait, diriez-vous qu'il vous manquerait beaucoup, assez, peu ou pas du tout ?

- Manquerait beaucoup 1
- Manquerait assez 2
- Manquerait peu 3
- Ne manquerait pas du tout 4

Q10. Vous-même, depuis combien de temps lisez-vous le magazine Science & Vie ?

- Moins d'un an 1
- 1 à 2 ans 2
- 3 à 5 ans 3
- 6 à 10 ans 4
- 11 ans et plus 5

Q11. Quels magazines achetez-vous/lisez-vous régulièrement ?

.....

Q12. Depuis son n°1160 du 24 avril 2014, Science & Vie a effectué des modifications dans son contenu et dans sa forme. Vous diriez que ces modifications sont :

- Très importantes 1
- Assez importantes 2
- Peu importantes 3
- Pas du tout importantes 4
- Vous ne savez pas / Vous n'avez rien remarqué 5

Si vous n'avez rien remarqué allez directement à la Q16

Q13. Et suite à ces modifications, vous diriez que Science & Vie est aujourd'hui…

- Beaucoup mieux qu'avant 1
- Plutôt mieux qu'avant 2
- Plutôt moins bien qu'avant 3
- Beaucoup moins bien qu'avant 4
- Vous ne savez pas 5

Q14. Cette nouvelle formule vous donne-t-elle envie de lire Science & Vie :

- Plus souvent qu'avant 1
- Aussi souvent qu'avant 2
- Moins souvent qu'avant 3

Q15. Plus précisément, Science & Vie a créé ou revu certaines rubriques listées ci-dessous. Ces rubriques vous donnent-elles envie d'acheter/de lire le magazine :

	Plus souvent qu'avant	Aussi souvent qu'avant	Moins souvent qu'avant
Science & Société	1	2	3
Science & Découvertes	1	2	3
Science & Techniques	1	2	3
Science & Futur	1	2	3
Culture Science	1	2	3

Q16. Afin de vous permettre d'en savoir plus sur certains sujets traités, une mention "en savoir plus" apparaît à la fin des articles concernés, renvoyant vers des articles disponibles sur le site science-et-vie.com. Vous diriez que c'est ce que vous attendez d'un magazine scientifique… :

- Tout à fait d'accord 1
- Plutôt d'accord 2
- Plutôt pas d'accord 3
- Pas d'accord du tout 4
- Vous ne savez pas 5

Q17. Avez-vous déjà consulté sur le site des articles mentionnés dans "en savoir plus" ? Oui 1 Non 2

Q18. Consultez-vous les sites Internet suivants ?

	2 à 3 fois par mois ou plus	1 fois par mois	1 fois tous les 2 ou 3 mois	Visité 1 seule fois	Jamais
science-et-vie.com	1	2	3	4	5
archives.science-et-vie.com	1	2	3	4	5
sciencesetavenir.fr	1	2	3	4	5
futura-sciences.com	1	2	3	4	5
lemonde.fr/sciences	1	2	3	4	5
pourlascience.fr	1	2	3	4	5
science.gouv.fr	1	2	3	4	5
franceculture.fr/rubrique/sciences	1	2	3	4	5
cnrs.fr	1	2	3	4	5
universcience.fr	1	2	3	4	5

Q19. Quels sites internet consultez-vous pour trouver des informations scientifiques ?

.....

.....

Pour finir, voici quelques dernières questions destinées à mieux vous connaître.

RS1. Vous êtes…

- Un homme 1
- Une femme 2

RS2. Votre âge…

- moins de 18 ans 1
- de 18 à 24 ans 2
- de 25 à 34 ans 3
- de 35 à 49 ans 4
- de 50 à 64 ans 5
- 65 ans et plus 6

RS3. Dans quelle catégorie, parmi les suivantes, pouvez-vous vous ranger personnellement et/ou le chef de famille ?

	Vous-même	Le chef de famille
Agriculteur	1	1
Profession libérale	2	2
Artisan, petit commerçant	3	3
Chef d'une entreprise de plus de 10 salariés	4	4
Cadre supérieur	5	5
Cadre moyen	6	6
Employé	7	7
Ouvrier	8	8
Élève, étudiant	9	9
Retraité	10	10
Autre inactif	11	11
Chômeur	12	12

RS4. Quel est votre département de résidence ? ☐☐

Vos coordonnées

Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

.....

.....

CP : .....

Ville : .....

Email : .....

.....

Vous êtes susceptible de recevoir des informations commerciales sur nos produits par voie postale et voie électronique, veuillez cocher l'une des cases suivantes :

☐ *Non, je ne le souhaite pas* ☐ *Oui, je le souhaite*

Les informations personnelles qui vous sont demandées sont nécessaires au traitement de votre questionnaire. Conformément à la Loi Informatique et Libertés du 06/01/1978 modifiée, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification, de suppression et d'opposition sur vos données nominatives. Pour exercer vos droits, il suffit de nous écrire en nous indiquant vos noms, prénom, adresse et numéro de client à l'adresse suivante : Mondadori Magazines – Marketing Science – 8, rue François ORY - 92543 MONTROUGE CEDEX.

En week-end, n'emportez que le nécessaire.

LES FIGARO week-end

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