

SCIENCE&VIE

MAI 2016 N° 1184 MONDADORI FRANCE

**DOSSIER
EXCEPTIONNEL****UNE MYSTÉRIEUSE
PARTICULE
DÉCOUVERTE
AU CŒUR
DE LA MATIÈRE***5^e force ?**4^e dimension ?**Supersymétrie ?**Ce signal va tout changer !*

L'UNIVERS N'EST PAS CE QU'ON CROIT !

M 02578 - 1184 - F: 4,50 € - RD



D: 6,90 € - BEL.: 4,80 € - ESP.: 4,90 € - GR.: 4,80 € - DOM S.: 4,90 € - DOM A.: 6,90 € - ITA.: 4,90 € - LUX.: 4,80 €
PORT CONT.: 4,90 € - CAN.: 6,75 \$CAN. - MARI.: 50 DH - TOM S.: 750 CFP - TOM A.: 1 400 CFP - CH.: 8,5 FS - TUN.: 9 DTU

Avant-propos

SCIENCE & VIE



Hervé Poirier
RÉDACTEUR EN CHEF
h.poirier@mondadori.fr

En parler... ou pas ?

Faut-il en parler maintenant ? Ou attendre l'annonce définitive ? A la rédaction, il y a eu débat – les physiciens doivent prolonger leur expérience encore quelques mois avant de pouvoir trancher officiellement. Mais, au vu des arguments, nous avons été rapidement convaincus – comme la plupart des spécialistes – que la découverte est là. Une découverte autrement plus bouleversante que celle du boson de Higgs il y a quelques années, ou celle des ondes gravitationnelles il y a quelques mois. Et nous n'avons pas voulu résister à l'excitation de partager avec vous ce moment de science exceptionnel. Vous allez voir : c'est renversant !



Mathieu Grousson
RÉDACTEUR
m.grousson@mondadori.fr

Du jamais vu !

Depuis plus de dix ans que je suis l'actualité de la petite communauté des spécialistes de la physique des particules, jamais je n'avais perçu une telle excitation. Alors que les expérimentateurs sont manifestement à deux doigts d'une découverte fracassante, les théoriciens se perdent en conjectures face à l'étrange signal révélé mi-décembre au LHC, l'accélérateur géant de particules du Cern. Tous semblent persuadés que notre compréhension de l'infiniment petit est sur le point de basculer. L'assurance de vivre d'ici à la fin de l'année un événement historique !



Boris Bellanger
RESPONSABLE
DES INFOGRAPHIES
b.bellanger@mondadori.fr

Le défi de la représentation

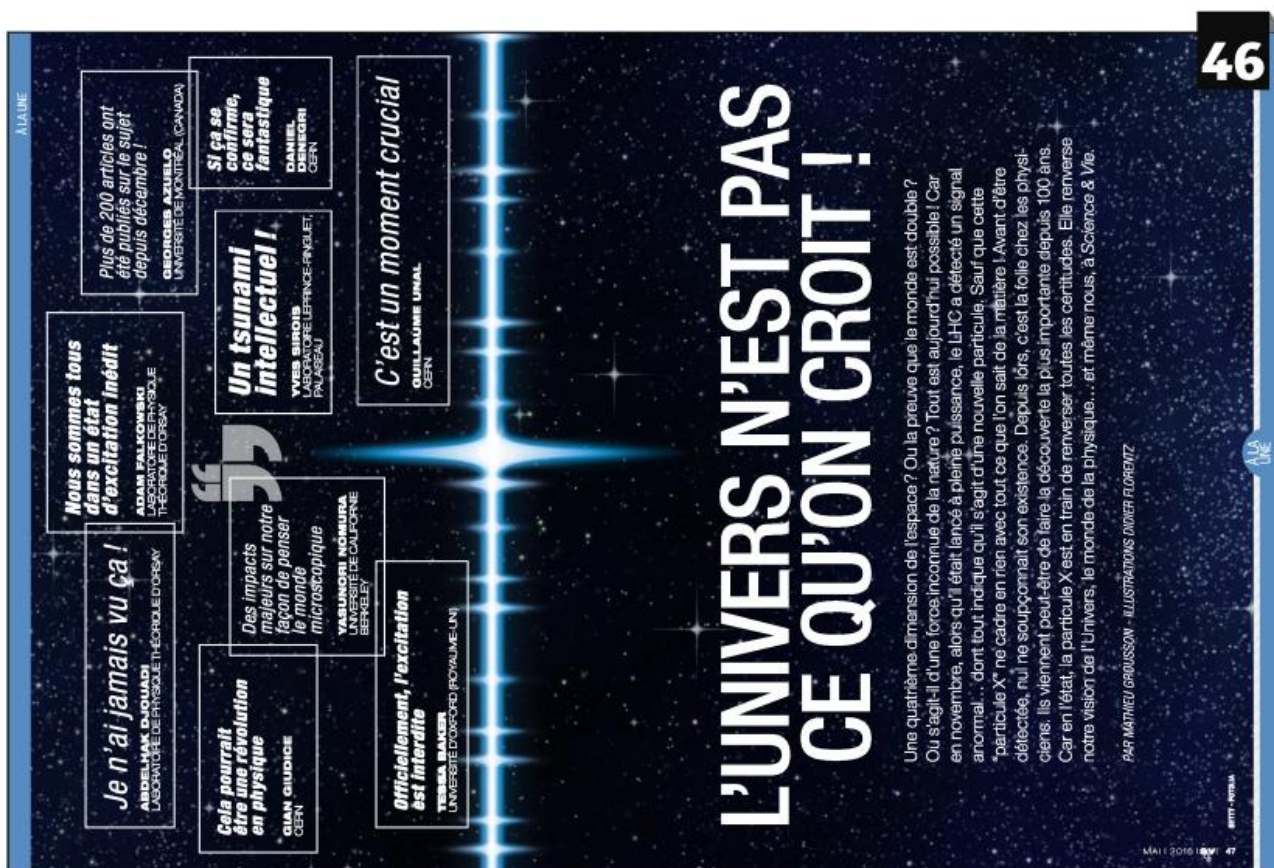
Dessiner une force dont on ignore l'action, une quatrième dimension de l'espace échappant à notre perception, ou un miroir qui inverse le caractère des particules élémentaires... Tel a été le défi posé par l'irruption de la particule X. Si le monde nous paraît inchangé, la représentation qu'en ont les physiciens est ébranlée, en particulier leur bestiaire des particules. Piste que nous avons suivie avec Didier Florentz, l'illustrateur de ce dossier, pour donner à voir l'ampleur du bouleversement.

Une découverte... à suivre sur notre site internet

Alors que nous bouclons ce numéro exceptionnel, les physiciens continuent leurs travaux. Nouveaux résultats expérimentaux, nouvelles pistes théoriques... Les semaines à venir seront passionnantes ! Mathieu Grousson les partagera avec vous sur notre site science-et-vie.com, pour ne rien rater de la découverte de la mystérieuse particule X.

Sommaire

mai 2016 n° 1184



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

Recevez Science & Vie chez vous. Vos bulletins d'abonnement se trouvent p. 104 et 133. Pour commander d'anciens numéros, rendez-vous sur www.kiosquemag.com. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur www.kiosquemag.com.

Un encart Science & Vie Voyages Croisière Toussaint est joint à tous les exemplaires de la diffusion abonnés France Métropolitaine. Un catalogue Boutique Science & Vie est joint à tous les exemplaires de la diffusion abonnés France Métropolitaine.

10 **Forum**

Actus

16 **Labos**

Un volcan géant a fait basculer Mars; les fourmis marquent la terre pour coordonner leur chantier; des cellules aussi peuvent se sacrifier...

24 **Environnement**

Les écosystèmes les plus vulnérables ont été répertoriés; le blanchissement des coraux devient planétaire...

30 **Médecine**

Les cheveux blancs ont une racine génétique; les antibiotiques endorment les bactéries...

32 **Technos**

Le premier index bionique qui ressent les textures; une cellule solaire hyperminiaturisée a été mise au point...

Événement

36 **Amiante: le problème ne fait que commencer**

A la Une

46 **L'UNIVERS N'EST PAS CE QU'ON CROIT!**

52 Particule X: le signe d'une 5^e force? D'une 4^e dimension? D'une nouvelle symétrie?

60 Mais dans quel monde vivons-nous?

Science & découvertes

66 **Géophysique**

Satellites: gare au triangle des Bermudes!

70 **Microbiologie**

Toxoplasma gondii: le parasite qui pousse à faire des trucs de dingue

76 **Ethnologie**

C'est le véritable propre de l'homme: le mystère du menton

Science & techniques

82 **Nanoscopie**

Au-delà de la limite de diffraction: la vie comme on ne l'avait jamais vue

90 **Réseau routier**

Dalle photovoltaïque: les routes vont produire de l'électricité!

96 **Intelligence artificielle**

Jeu de go: ce que cache la victoire d'AlphaGo

100 **Hygiène bucco-dentaire**

Caries: elles peuvent guérir toutes seules!

Science & futur

106 Un projet veut ressusciter les vols supersoniques; une pédale d'accélération vise la limitation d'essence; les premiers drones à pouvoir se repérer tout seuls en forêt; des vautours géolocalisent les décharges sauvages; des casques de réalité virtuelle assistent les neurochirurgiens; le robot qui joue les sauveteurs en mer est au point...

La science & la vie

Science & société

114 Cryothérapie: le froid ne soigne pas tout

118 Paquebots géants: leur sécurité est un casse-tête

120 Alimentation: ce que nous mangeons a un impact sur l'effet de serre

Science & vie pratique

122 Bon à savoir

124 Technofolies

Science & culture

128 Questions / Réponses

134 A voir / à lire

136 Il y a... 20 ans: l'affaire Sokal enflamme les sciences

Forum

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

L'espace-temps n'est pas un lac

Vous comparez les ondes gravitationnelles produites par la collision de deux trous noirs aux ondes créées sur un lac par le jet d'une pierre. Cela ne me semble pas adapté. Alors que la fréquence des ondes sur un lac est constante et que l'amplitude diminue avec le temps, la fréquence et l'amplitude des ondes gravitationnelles augmentent avec la collision des

trous noirs. Quand deux trous noirs sont en orbite l'un autour de l'autre, l'orbite se réduit et s'accélère. La gravité varie en fonction de la position des trous noirs, et c'est cette variation qui produit les ondes gravitationnelles mesurées, leur fréquence correspondant à la vitesse de rotation des trous noirs l'un autour de l'autre.

J.-Y. Colle, Karlsruhe (Allemagne)



Ondes gravitationnelles Un exploit historique

Enfin ! C'est une suite à nos précédents articles sur les ondes gravitationnelles, qui ont été découvertes par les scientifiques de l'Observatoire de physique de la Terre de l'Université de Washington. Les ondes gravitationnelles sont des perturbations de l'espace-temps qui se propagent à la vitesse de la lumière. Elles sont produites par des événements cosmiques violents, comme la collision de deux trous noirs.

SV Votre description est très juste. Néanmoins, notre comparaison visait moins à expliciter le détail du signal enregistré que ce qu'il signi-

fie sur la nature de la réalité matérielle. En effet, la métaphore du lac traduit le fait que, selon la relativité générale, l'espace lui-même est capable de se déformer, se contracter, vibrer... comme un objet matériel. C'est, par rapport à la physique newtonienne – qui décrivait l'espace comme un cadre immatériel où se déroulent les phénomènes matériels –, de même que par rapport à une intuition naïve de l'espace, un renversement sans égal dans l'histoire des sciences. Or, c'est selon nous ce renversement que la détection des ondes gravitationnelles rend pour la première fois aussi palpable.

Les photos des planètes sont de plus en plus précises, notamment Mars et Pluton. Et la Lune? Pourquoi ne publie-t-on pas davantage de superbes photos en haute résolution de notre proche banlieue?

Bernard Reynaud, internet

La TNT passe à la HD
La haute définition atteint ses limites

Alors que la télévision haute définition (HD) s'est imposée comme la norme, elle atteint ses limites. Les images sont de plus en plus précises, mais elles commencent à paraître floues. C'est pourquoi les ingénieurs travaillent sur la 4K, qui offre une résolution quatre fois supérieure à la HD.

La vérification a permis de repérer les faiblesses

Les ingénieurs ont vérifié la qualité des images HD en utilisant des outils de mesure. Ils ont constaté que certaines zones de l'image étaient plus floues que d'autres. Cela a permis d'identifier les faiblesses de la technologie actuelle.

1/3

Les images HD sont de plus en plus précises, mais elles commencent à paraître floues. C'est pourquoi les ingénieurs travaillent sur la 4K, qui offre une résolution quatre fois supérieure à la HD.

2 millions

Les images HD sont de plus en plus précises, mais elles commencent à paraître floues. C'est pourquoi les ingénieurs travaillent sur la 4K, qui offre une résolution quatre fois supérieure à la HD.

40%

Les images HD sont de plus en plus précises, mais elles commencent à paraître floues. C'est pourquoi les ingénieurs travaillent sur la 4K, qui offre une résolution quatre fois supérieure à la HD.

Définitions en haute définition

Dans votre article sur la HD (S&V n°1183), vous parlez de la norme UHD ou 4K avec une définition doublée en lignes et pixels par ligne. La 8K devrait donc s'appeler 16K puisque l'on multiplie par 4 lignes et pixels par ligne.

Noël Leprevost, internet

SV La norme 4K est à l'origine un format de cinéma, avec une résolution de 4096x2160 et non 3840x2160 (4K "commerciale"), dont le nom officiel est UHD (Ultra haute définition). Seul compte en fait le nombre de lignes horizontales : 1 080 pour le full-HD ou 2K (cinéma), 2 160 pour l'UHD ou 4K, et 4 320 pour le 8K.

Science & Vie, futur prix Nobel de physique ?

Mon fils, dès son plus jeune âge, a été un lecteur assidu de votre revue. Il m'a toujours dit que sa vocation de chercheur venait de là. Il a rejoint le laboratoire codécouvreur des ondes gravitationnelles. Si le prix Nobel est un jour attribué au directeur du labo, une part de ce prix revient donc incontestablement à *Science & Vie*. Félicitations !

Philippe Huet, internet

De l'ammoniac aux pluies acides, le doute subsiste

Dans les "Questions Réponses" du n°1180, vous avez incriminé l'ammoniac comme source d'acidification des pluies. Je m'en suis étonné dans un courrier (n°1182), mais votre réponse ne me convainc toujours pas. L'ammoniac dans l'air peut en effet s'oxyder, brûler voire exploser, dans certaines circonstances. Or, à ma connaissance, les conditions atmosphériques normales ne sont guère favorables aux réactions pouvant produire de l'acide nitrique, que vous présentez comme responsable des pluies acides.

François Samec, internet

SV La transformation de l'ammoniac (NH_3) en acide nitrique (HNO_3) n'est en effet pas directe. Comme l'explique David Gray (National Atmospheric Deposition Program), "l'ammoniac réagit avec l'acide nitrique présent dans l'atmosphère pour former du nitrate d'ammonium (NH_4NO_3). Puis, si l'atmosphère est assez chaude, ce dernier peut se décomposer et former à nouveau de l'ammoniac et de l'acide nitrique". Cependant, comme le souligne la physicienne Cathy Clerbaux (Latmos/CNRS), "on est sûr que l'ammoniac est bien impliqué dans les pluies acides".

On en reparle



DINOSAURES : ILS REVIENNENT PAR PETITS BOUTS !

Régulièrement ressuscités au cinéma, les dinosaures font aussi l'actualité dans les laboratoires... Notre n°1131 (déc. 2011) révélait des travaux sur un possible "retour" des grands sauriens : nous décrivions comment des biologistes profitaient du lien de filiation entre dinosaures et oiseaux pour réveiller chez ces derniers des traits ayant appartenu, par exemple, aux célèbres tyrannosaures, en modifiant dans l'œuf leur développement au niveau du croupion et du bec – pour y faire réapparaître queue et gueule.

En mars dernier, c'est l'équipe de João Botelho (université du Chili) qui a doté un embryon de poulet d'une patte à l'ossature "ancestrale" en y éteignant un seul gène (IHH, qui agit sur la différenciation des cellules osseuses). En effet, si chez les dinosaures la partie inférieure de la patte compte deux os, tibia et fibula (ou péroné), seul le tibia persiste chez le gallinacé : de la fibula ne reste que la petite épée cartilagineuse bien connue des amateurs de pilon. En inhibant le gène IHH, le biologiste a noté que le tibia (raccourci) et la fibula (plus longue) se retrouvaient à nouveau au contact de la cheville – comme chez leurs ancêtres. Cette double variation correspond à ce qui s'observe chez les fossiles des oiseaux primitifs, et permet de mieux comprendre la transition dinosaure-oiseau... tout en prolongeant le fantasme.

E.R.

VICHY
LABORATOIRES



Cuir chevelu visible? Découvrez Neogenic,
le 1^{er} traitement de renaissance capillaire à la Stemoxodyne de Vichy.

DERCOS
TECHNIQUE

NEOGENIC LOTION

Jusqu'à + 3300 cheveux*

Votre cuir chevelu devient trop visible? Les Laboratoires Vichy Dercos créent Neogenic, leur 1^{er} traitement de renaissance capillaire **dosé à 5% en Stemoxodyne**. Efficacité testée cliniquement contre placebo : jusqu'à **+ 3300 cheveux** dès 3 mois pour une chevelure redensifiée. Sa formule fluide avec embout massant permet une application sur l'ensemble du cuir chevelu. Retrouvez tous nos témoignages et preuves d'efficacité sur www.vichy.fr/Dercos

*Étude clinique contre placebo - Valeur obtenue sur 33 sujets - Résultat moyen : + 1700 cheveux sur 100 sujets - 1 application quotidienne pendant 90 jours. **35 sujets - cas moyen au niveau des golfes.

ÉTUDE ILLUSTRATIVE - PHOTOS SUR SUJETS RÉELS**



AVANT

APRÈS 90 JOURS

On en reparle



LA CHECK-LIST PEINE À S'IMPOSER AU BLOC OPÉRATOIRE

L'idée avait l'avantage d'être simple et efficace... En décembre 2009, S&V saluait l'intérêt d'imposer une "check-list" dans les blocs opératoires. Inspirée des procédures rigoureuses de l'aéronautique, cette fiche permet d'améliorer la sécurité des patients en vérifiant collectivement quelques points essentiels : risques allergiques du malade, partie du corps à opérer, décompte des compresses après l'opération, etc. Année après année, les études confirment que cette démarche réduit d'environ un tiers le nombre de complications post-opératoires ainsi que la mortalité dans les 90 jours après l'intervention.

Mais voilà : six ans après que la Haute Autorité de santé (HAS) a décidé de faire de cette méthode une "pratique exigible prioritaire" (indispensable pour la certification des établissements), la HAS constate qu'elle est trop souvent mal utilisée, voire pas appliquée.

"Personne n'en conteste l'efficacité, pourtant des médecins continuent de s'y opposer, analyse Philippe Cabarrot, conseiller technique à la HAS. Ces chefs de bloc ont pu avoir le sentiment de perdre leur liberté de décision ; ils vivent la médecine comme un art de l'adaptation permanente. D'autres l'ont perçue comme une démarche administrative à expédier au plus vite..." Des résistances prévisibles, qui demanderont encore du temps et des adaptations – en cours – pour être surmontées. V.N.

Simulation quantique: la photo... et les chercheurs?



Dans votre dossier sur l'ordinateur quantique (S&V n°1182), le titre de la p. 58 est "Projet ENS : simuler le monde plutôt que le calculer". Le texte parle effectivement du projet de l'ENS... mais l'illustration est celle de notre "manip" à l'Institut d'optique, dont vous ne parlez pas du tout. Il y a bien la mention "Institut d'Optique Graduate School" avec la photo, mais on se demande du coup ce qu'elle fait là...

Philippe Grangier, responsable du Groupe optique quantique du Laboratoire Charles-Fabry, Institut d'optique (Palaiseau)

SV Pour présenter les diverses machines quantiques en développement, nous n'avions

choisi, par souci de simplification, qu'un seul projet par type de machine. Là, c'est celui de l'Ecole normale supérieure que nous avons retenu au chapitre de la "simulation quantique". Mais la photo l'illustrant est effectivement celle du dispositif utilisé par votre équipe du Groupe optique quantique, et non de celui de l'équipe Condensats de Bose-Einstein, à l'ENS.

Nous regrettons de ne pas avoir fait mention, dans le texte sur ces simulations quantiques, des travaux de votre équipe. D'autant qu'ils contribuent de manière significative aux progrès de cette voie de recherche – ce pourquoi nous avons choisi une photo émanant de votre laboratoire.

Comme d'autres, je suis incommodée par les gros plans d'araignées. Mais n'allez pas vous censurer!

Emily Peterson, La Rochelle

La boutique SCIENCE & VIE

Plus de

400

► Livres

► Objets scientifiques

► Idées cadeaux

www.laboutiquescienceetvie.com



LAISSEZ L'INSPIRATION
VOUS CONDUIRE

Nouvelle **DS 4 OPÉRA BLUE**
Édition Limitée



DS AUTOMOBILES

SPIRIT OF
AVANT-GARDE



440 €/MOIS*

SANS APPORT - SANS CONDITION
GARANTIE ET ENTRETIEN 3 ANS INCLUS

Peinture nacrée Bleu Encre - Pavillon bi-ton Blanc Opale
Projecteurs DS LED Vision - Jantes alliage
Pack navigation tactile avec DS Connect Box - Caméra de recul

DS préfère TOTAL

DSautomobiles.fr

Spirit of avant-garde = L'esprit d'avant-garde.

* Exemple pour la LLD sur 37 mois et 30 000 km d'une Nouvelle DS 4 PureTech 130 S&S BVM6 Opéra Blue neuve avec options jantes alliage 18" BRISBANE diamantées Noir + roue de secours galeite; soit 37 loyers de 440 €. Contrat de garantie et entretien 36 mois et 30 000 km (au 1^{er} des deux termes échu) inclus (valeur : 828 € TTC), conditions générales du contrat disponibles en point de vente. Montants TTC et hors prestations facultatives. Offre non cumulable, valable jusqu'au 30/06/16 réservée aux particuliers, dans la limite des stocks disponibles, dans le réseau Citroën/DS participant, et sous réserve d'acceptation du dossier par CREDIPAR/Citroën Financement, locataire gérant de CLV, SA au capital de 138 517 008 €, n° 317 425 981 RCS Nanterre, 12 avenue André Malraux 92300 Levallois-Perret. CONSOMMATIONS MIXTES ET ÉMISSIONS DE CO₂ DE NOUVELLE DS 4 : DE 3,7 À 5,9 L/100 KM ET DE 97 À 138 G/KM. Automobiles Citroën RCS Paris 642 050 199

FABRIQUÉE EN FRANCE

Aux sources du clavier QWERTY, le morse?



Dans votre article sur le clavier AZERTY (n°1183), vous mentionnez le fait que la disposition QWERTY aurait été choisie afin d'éviter, pour les paires de lettres fréquentes, que se heurtent les marteaux des premières machines à écrire. Cependant, un article de 2011 publié par des chercheurs de l'université de Kyoto souligne que la paire "ER", très courante en anglais, suggère une autre explication: le QWERTY serait la traduction des habitudes

des premiers usagers, les opérateurs de télégraphe, traduisant le code Morse.

R. Radet, Vulaines-sur-Seine (77)

S&V En effet! Pourquoi "E" et "R" seraient situées à côté si le but du QWERTY était d'éviter les problèmes mécaniques? La réponse est tout simplement que les tiges de deux touches voisines ne sont pas voisines: elles sont rangées suivant les lignes diagonales du clavier. Les lettres "E" et



"R" sont donc séparées par plusieurs tiges. Une autre explication a aussi été avancée: QWERTY aurait permis aux premiers démonstrateurs d'impressionner leur clientèle en tapant "TYPEWRITER" avec une seule rangée – la probabi-

lité que ces lettres se soient retrouvées sur la même rangée par hasard n'est que de 1 sur 5000! Il sera cependant difficile de trancher, puisque le principal inventeur du QWERTY, Christopher Latham Sholes, n'a laissé aucun témoignage.

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 (chef d'édition),
François Lassagne

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diraison

CHEFS DE SERVICE

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

CHEF DE RUBRIQUE

Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS

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

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucolle

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION

Anne Riera, Clara Baudel

MAQUETTISTES

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

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

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

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy, Frédéric Vladyslav

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquino, L. Barnéoud, K. Bettayeb,
L. Blancard, P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois,
F. Cadu, O. Capronnier, B. Cessieux,
G. Cirade, A. Dagan, A. Debroise,
O. Donnars, S. Fay, D. Florentz, F. Gracci,
M. Grousson, C. Hancock, R. Ikonickoff,
M. Kontente, M. Mayo, E. Monnier,
N. Picard, E. Picard, A. Pihen, A. Rambaud,
A. Rebmann, B. Rey, Y. Sciamia, G. Siméon,
M. Spée, E. Thierry-Aymé, M. Ydr

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE

Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

DIFFUSION

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

MARKETING/INTERNATIONAL

Gilliane Douls, Mathilde Janier-Bonnichon,
Michèle Guillot

PUBLICITÉ

Valérie Camy (directrice exécutive),
Caroline Sorret (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), Stéphanie
Durand (trafic), Jean-Jacques Benezzech,
Grégory Gounse, Anne-Sophie Chauvière
(opérations spéciales)

Grande-Bretagne: Publieurope LTD

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

Allemagne: Publieurope Munich

(info@publieurope.com
0049 89 2908150);

Suisse: Publieurope Lausanne

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

Espagne: Publimedia Madrid

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

FABRICATION

Gérard-Laurent Greck,
Marie-Hélène Michon

FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneskis

ÉDITEUR

MONDADORI MAGAZINES FRANCE

Siège social: 8, rue François-Ory
92543 Montrouge Cedex

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Carmine Perna

ACTIONNAIRE PRINCIPAL

Mondadori France SAS

IMPRIMEUR: ELCOGRAF – ITALIE

N° ISSN: 0036-8 369

N° DE COMMISSION PARITAIRE:

1020 K 79977. Tarif d'abonnement légal:

1 an, 12 numéros: 44,80 €

1 an, 12 numéros + 6 HS: 64,80 €

Dépôt légal: mai 2016

ABONNEMENTS

Christophe Ruet (directeur),

Catherine Grimaud (directrice marketing direct)

Johanne Gavarini (responsable marketing direct)

Clara Billand (chef de produit marketing direct)

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par téléphone: 01 46 48 48 96

Par courrier:

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE,
CS 90125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

Pour vous abonner par internet:

www.kiosquemag.com

Etats-Unis et Canada: Express Mag,

Tél.: 1 800 363-1310 (français)

et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse: Edigroup, 022 860 84 50

mondadori-suisse@edigroup.ch.

Belgique: Edigroup Belgique, 070 233 304

mondadori-belgique@edigroup.be

Autres pays: nous consulter.

À NOS ABONNÉS

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

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS

Par courrier:

8, rue François-Ory,

92543 Montrouge Cedex

Par mail: sev.lecteurs@

mondadori.fr

COMMANDE D'ANCIENS

NUMÉROS, RELIURES

ET VPC

Tel: 01 46 48 48 83

Contact@laboutiquesciencesetvie.com



actus



PLANÉTOLOGIE

UN VOLCAN GÉANT A FAIT BASCULER MARS

Imaginez la Terre qui bascule, le pôle Nord qui se retrouve en Alaska et Paris sous le tropique du Cancer... C'est ce qui est arrivé à Mars il y a entre 3,5 milliards et 3 milliards d'années! La planète entière a pivoté de 20 à 25° autour de son noyau liquide, jusqu'à ce que le dôme de Tharsis se positionne à l'équateur. Voilà ce que vient de confirmer l'équipe de Sylvain Bouley, géomorphologue à l'université Paris-Sud. Situé à l'origine dans l'hémisphère Nord, Tharsis est le plus grand ensemble de

volcans du système solaire: un plateau de 5000 km de diamètre, de 12 km d'épaisseur, et de 1 milliard de milliards de tonnes. *"Lorsqu'il a atteint cette taille, la planète était tellement déséquilibrée qu'elle a basculé pour réajuster ses masses"*, explique Sylvain Bouley. Les indices qui ont mis les planétologues sur la piste? D'abord, le réseau d'anciennes rivières aujourd'hui desséchées, qui forme une ceinture autour de la planète: elles ne sont pas parallèles à l'équateur, mais inclinées de 20°. Ensuite,

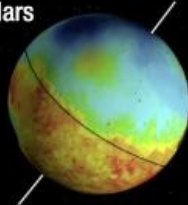
20° au sud du pôle Nord, on distingue les traces de glaciers disparus et, à 20 m de profondeur, repérés par la sonde *Mars Reconnaissance Orbiter*, des réservoirs de glace. Réservoirs qui se seraient formés à l'époque où la région était le pôle de la planète, et qui n'auraient pas eu le temps de fondre depuis. Toutes les bizarreries qui déroutaient les astronomes seraient aujourd'hui naturellement expliquées par cette thèse du grand basculement. **BR**

AVANT -4 MILLIARDS D'ANNÉES

DE -4 À -3,5 MILLIARDS D'ANNÉES

ENTRE -3,5 ET -3 MILLIARDS D'ANNÉES

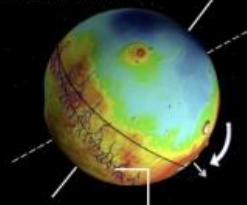
Mars



Réseau de rivières

Tharsis

Mars bascule de 20 à 25°...



... le réseau de rivières n'est plus parallèle à l'équateur.

^ Voici à quoi devait ressembler la planète Mars il y a 4 milliards d'années.

^ Sous le poids de Tharsis, un énorme ensemble volcanique, Mars a pivoté de 20 à 25°. En témoigne sa ceinture de rivières desséchées qui n'est plus parallèle à l'équateur.

PALÉONTOLOGIE

LES YEUX ÉNORMES DE CE FOSSILE AVAIENT 18000 FACETTES

On le croirait tout droit sorti de l'imaginaire d'un auteur de science-fiction: *Dollocaris*, un petit crustacé primitif qui vivait voilà près de 160 millions d'années, avait des yeux qui couvraient près du quart de son corps (flèche blanche)! Il était connu des scientifiques depuis les années 1930, mais c'est la première fois que des chercheurs français, anglais et allemands réussissent à reconstituer en 3D, grâce à la microtomographie, une radiographie aux rayons X, les yeux fossilisés d'un spécimen bien conservé. Chaque œil comptait environ 18 000 facettes, un record si l'on excepte les libellules actuelles (30 000).

Et chaque facette était prolongée en profondeur par une lentille, un cône cristallin et des cellules sensorielles regroupées en rosette et connectées au réseau nerveux. "*Dollocaris devait avoir une vision panoramique suffisamment sophistiquée pour détecter et suivre les mouvements des proies qu'il capturait grâce à ses trois paires d'appendices préhensiles*, estime Jean Vannier, directeur de recherche CNRS au laboratoire de géologie de Lyon, un des auteurs de cette découverte. *Mais il avait tout de même besoin d'un minimum de lumière, et il était incapable d'évoluer dans les grands fonds.*" O.D.



> Une modélisation 3D a montré que les yeux (flèche) de ce crustacé couvraient près du quart de son corps.

ENTOMOLOGIE

Une libellule effectue une migration record de 6 000 km

Pantala flavescens détient le record de la plus longue migration chez les insectes. Cette libellule est capable de voler 6 000 km et de traverser les océans pour se reproduire – le précédent record était détenu par le papillon monarque, avec 4 000 km. Pour réaliser cette prouesse, elle profiterait des vents et des pluies. Mais c'est un voyage sans retour, car *Pantala* ne vit pas assez longtemps pour revenir. C'est en comparant des populations de libellules d'Amérique du Nord, du Sud et d'Asie, que des chercheurs se sont rendu compte qu'elles avaient les mêmes profils génétiques. M.S.



△ Cette libellule présente en Amérique et en Asie traverse les océans pour se reproduire.

B. SCHOENEMANN/UNIVERSITÉ DE COLOGNE & J. VANNIER/UNIVERSITÉ DE LYON - RABATTI-DOMINGIE/AGF-IMAGES



PHYSIQUE

Le vernis réchauffe le son du violon en amortissant ses vibrations

La réputation des vernis utilisés en lutherie n'est pas usurpée : ils jouent effectivement un grand rôle dans les qualités vibro-acoustiques des instruments à cordes. C'est ce qu'a confirmé une équipe germano-suisse en observant, par tomographie à rayons X, des coupes de plaques de pin de Norvège. Certaines avaient été vernies en laboratoire, d'autres par des luthiers utilisant leur recette personnelle. Résultat : la composition du vernis et son mode d'application influencent sa pénétration dans les cellules du bois. Et cette imprégnation détermine la manière dont les vibrations sont amorties lorsqu'elles se propagent dans le bois. Or, c'est cet amortissement qui donne au son tout son "velouté". **A.D.**

> Le son diffère selon la composition du vernis de chaque luthier.



50 milliards

C'est, exprimé en masses solaires, la masse maximale d'un trou noir qu'on est capable de détecter grâce aux télescopes actuels. Les trous noirs sont définis par leur "horizon", le rayon au-delà duquel même la lumière ne peut s'échapper. Si on peut les observer, c'est grâce au disque de gaz qui tourne à l'extérieur, tellement comprimé par la gravité qu'il chauffe et brille. Or, le Britannique Andrew King a calculé que lorsque les trous noirs atteignent cette limite, leur horizon englobe leur disque d'accrétion ! Ils peuvent continuer à croître, mais ne sont plus que des taches noires sur le fond noir de l'espace...

B.R.



ASTROPHYSIQUE

ON SAIT COMMENT LES GALAXIES SE FONT VOLER LEUR GAZ

Ce sublime cliché réalisé par le télescope CFHT de Hawaï est... une scène de crime. La galaxie NGC4569, qui laisse s'échapper 95 % de son gaz interstellaire dans une longue traînée rouge équivalente à 5 fois sa taille, est devenue stérile. En effet, le gaz est la matière première qui sert à fabriquer de nouvelles étoiles, et une galaxie sans gaz est une galaxie condamnée. Le responsable de cette saignée? Alessandro Boselli, du laboratoire d'astrophysique de Marseille, l'a trouvé: il s'agit de l'amas de la Vierge, dans lequel NGC4569 se déplace. Cet amas formé de 2 000 galaxies est rempli d'un gaz "intergalactique" de densité certes très faible,

mais suffisante pour "souffler" le gaz d'une galaxie sans pour autant déplacer ses étoiles. En effet, ici, la queue de gaz de NGC4569 ne contient pas d'étoiles. *"Pour valider ce scénario, il faudra encore montrer que les autres galaxies de l'amas ainsi que celles d'autres amas subissent le même effet, admet le chercheur. Mais NGC4569 est très massive: si elle n'arrive pas à retenir son gaz interne, les autres n'ont aucune chance d'y parvenir."* Ainsi, toutes les galaxies de l'amas de la Vierge seraient a priori condamnées. Pour une galaxie, le secret de la longévité consisterait donc à garder ses distances avec le reste du troupeau. **B.R.**



> Une phéromone laissée dans la terre signale aux fourmis où déposer leurs boulettes (ici une expérience de laboratoire).

ENTOMOLOGIE

Les fourmis marquent la terre pour co

Comment les fourmis noires des jardins se coordonnent-elles pour construire leurs nids, ces dômes de terre composés de chambres en forme de bulles? Des chercheurs français ont trouvé la réponse, analyses comportementales, imagerie 3D et modélisations à

l'appui: les fourmis intègrent une phéromone dans leurs matériaux de construction, en l'occurrence des boulettes de terre, pour que leurs congénères viennent amasser les leurs au même endroit. Les piliers ainsi construits permettent ensuite de délimiter les



▲ NGC4569 (flèche) est devenue stérile : l'amas de la Vierge l'a vidée de 95 % de son gaz (traînée rouge).

ordonner leur chantier

fameuses chambres. Les fourmis se servent de leur taille comme gabarit afin de déterminer la hauteur des piliers. Mieux encore, la construction s'adapte à l'environnement puisque la phéromone se dégrade plus ou moins rapidement en fonction des conditions climatiques.

M.S.

LES BONOBO N'OUBLIENT PAS LEURS AMIS

Les bonobos réagissent au son de la voix d'un compagnon perdu de vue depuis cinq ans... Ils le reconnaissent ! Du jamais vu chez les grands singes. Mais passé huit ans, plus rien. Ne peuvent-ils pas retenir l'information plus longtemps ? Ou leur voix change-t-elle ?

M.S.

L'ADAM DES CHIMPANZES EST PLUS ÂGÉ QUE LE NÔTRE

Le plus récent ancêtre mâle commun des chimpanzés, leur "Adam", vivait il y a 1 million d'années. Il est 5 fois plus ancien que celui des humains, ont révélé des chercheurs européens en étudiant l'ADN du chromosome Y des singes.

M.S.

DE L'ENCRE POUR LEURRE

Des chercheurs japonais ont découvert qu'au lieu de libérer, comme les autres calmars, des nuages d'encre pour dissimuler sa fuite, le calmar pygmée s'en sert pour distraire sa proie avant de l'attaquer...

M.S.



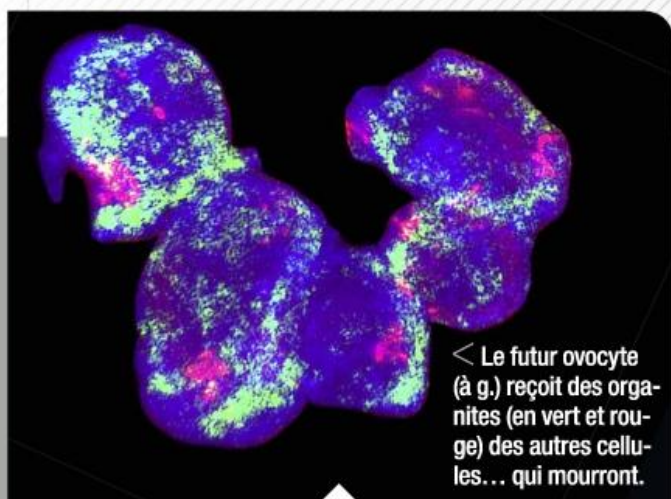
▲ Cet "organisme" est composé de milliers d'amibes dont certaines agissent comme nos cellules immunitaires (en violet).

MICROBIOLOGIE

En se regroupant, les amibes développent un système immunitaire

Dictyostelium discoideum est une amibe sociale : elle vit seule quand tout va bien, mais dès que les conditions se durcissent, elle forme, avec des dizaines de milliers de congénères, un "limaçon" permettant à 80 % d'entre elles d'éjecter des spores vers une zone plus hospitalière. Et pour protéger ce simili-animal temporaire, certaines amibes se font même "sentinelles"... Si on les savait déjà capables de phagocyter (digérer) les intrus, l'équipe du biochimiste Thierry Soldati (université de Genève) prouve aujourd'hui qu'elles jettent aussi sur leurs proies des filets d'ADN pour les détruire : deux techniques que déploient aussi les cellules neutrophiles de notre système immunitaire, et qu'on pensait l'apanage des animaux dits supérieurs ! De quoi bouleverser la compréhension de notre immunité, dont les origines remonteraient, du coup, à bien avant nous – soit près d'un milliard d'années...

E.R.



< Le futur ovocyte (à g.) reçoit des organelles (en vert et rouge) des autres cellules... qui mourront.

EMBRYOLOGIE

LES OVULES NAISSENT AUSSI D'UN SACRIFICE

Dans les ovaires d'un embryon femelle se produit un étrange ballet sacrificiel. Des cellules germinales cèdent une part de leur matériel vital à une poignée d'autres... et meurent. Seules les élues, qui en tireraient ainsi une exceptionnelle longévité, formeront ensuite des ovules à la puberté. Si ce mécanisme était connu chez l'insecte, on sait désormais qu'il existe aussi chez les mammifères. La microscopie focale

utilisée par des chercheurs du Carnegie Institution for Science (Etats-Unis) l'atteste pour la première fois chez des embryons de souris femelles. Les cellules germinales ont formé des amas (cystes) avant de fusionner leurs membranes par endroits et de transférer cytoplasme, protéines, organelles et ARN aux futurs ovocytes. L'élue grossira jusqu'à former une des plus grosses cellules de l'organisme. **A.D.**

GÉNÉTIQUE

Etre lève-tôt ou couche-tard est inscrit dans notre ADN

Etre "du matin" ou "du soir" serait une question de gènes. C'est ce qu'ont découvert des chercheurs américains en suivant les habitudes et en explorant le génome de près de 90 000 personnes. Chez les lève-tôt, ils ont trouvé 15 sites particuliers (ou loci), dont 7 se trouvent près de gènes impliqués dans la régulation du rythme circadien. Leur indice de masse corporelle est aussi plus faible que celui des couche-tard, et ils souffrent moins de dépression et d'insomnies. **M.S.**

Drôle de science



Les souris préfèrent les films d'action aux films érotiques

Installez une poignée d'adolescents mâles pubères n'ayant encore jamais eu de relations sexuelles devant un écran vidéo, et proposez-leur des scènes d'action ou de sexe... Que vont-ils préférer ? L'équipe de Shigeru Watanabe, de l'université Keio, au Japon, a osé cette expérience avec des... souris ! Il leur a passé, en boucle et sans le son, des vidéos montrant des congénères impliqués dans divers comportements : se reniflant, copulant ou se battant. Eh bien, ce sont les scènes d'action qui ont retenu leur attention le plus longtemps, juste devant les scènes de sexe. Première conclusion : les rongeurs font la distinction entre les différentes scènes. Ils sont donc capables de suivre ce qui se passe sur un écran, capacité qui, de la part d'animaux qui décodent préférentiellement le monde avec l'odorat, l'ouïe et le toucher, constitue une surprise. Quant à leurs préférences affichées, elles pourraient s'expliquer ainsi : les souris préfèrent les scènes qui bougent. Et parmi elles, les combats, car ils leur fournissent davantage d'informations sur les relations de dominance dans le groupe. Peut-être... A moins qu'elles aient juste trouvé les scènes de sexe un poil répétitives ! **A.D.**

ALLAN SPRADLING/CARNEGIE INSTITUTION FOR SCIENCE - SHUTTERSTOCK - S.AQUINO

Leffe

RÉVÈLE SON NOUVEAU VERRE

Redécouvrez ses saveurs

BOUQUET PLUS CONCENTRÉ

Une forme plus arrondie
et un col plus resserré pour mieux
concentrer son bouquet unique.



TENUE DE MOUSSE

Un L gravé au fond
du verre qui favorise
la libération des bulles
et la tenue de la mousse.



TEMPÉRATURE IDÉALE

Afin de maintenir votre bière
à température idéale,
tenez le nouveau verre
sur son relief.



* Leffe, 7 siècles de savoir-faire

Leffe. Redécouvrez le temps.*

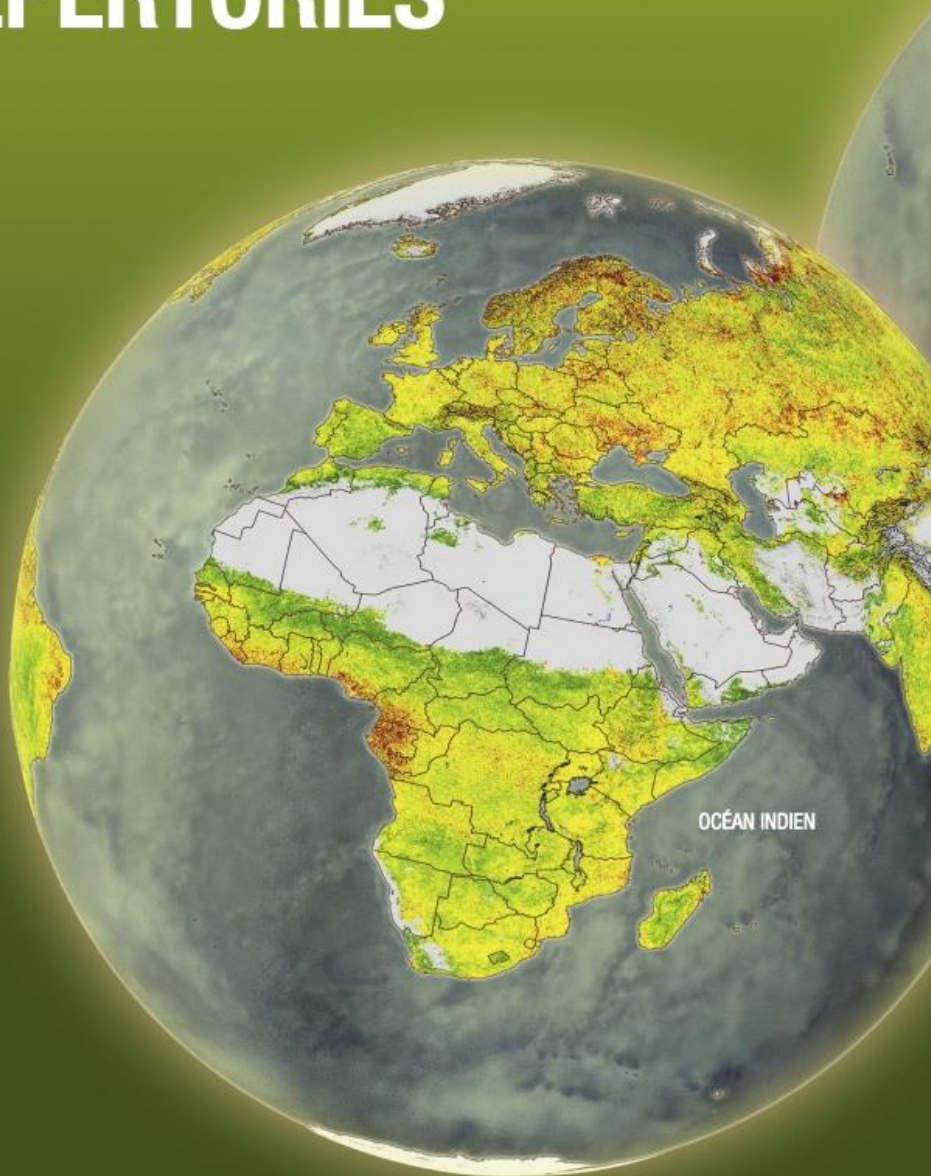
L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

LES ÉCOSYSTÈMES LES PLUS VULNÉRABLES ONT ÉTÉ RÉPERTORIÉS

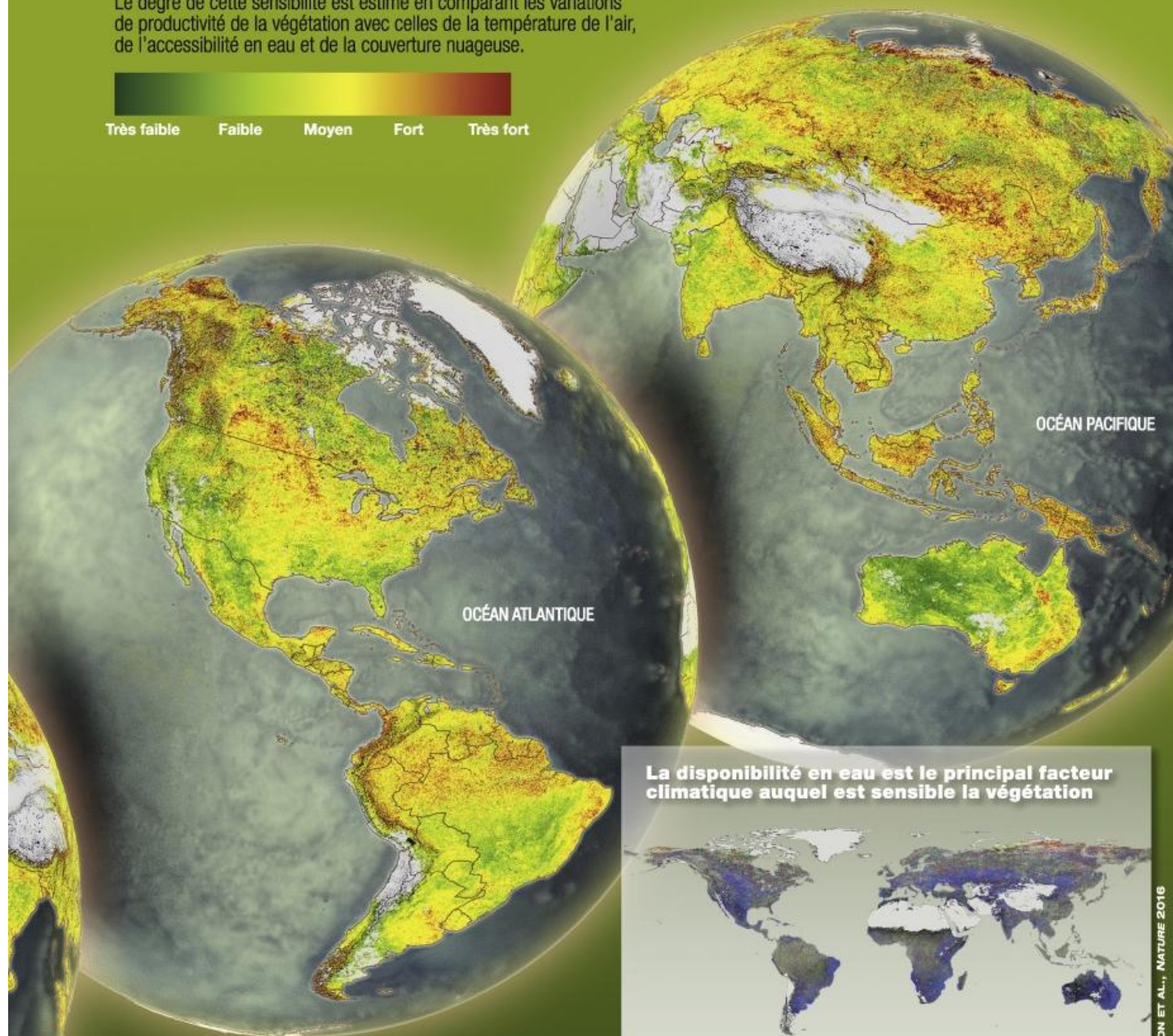
Face au changement climatique, quels écosystèmes (autrement dit, quels réseaux d'espèces animales et végétales) vont s'adapter, dépérir ou s'effondrer ? L'écologie scientifique peine toujours à répondre à cette question. Une étude dirigée par Alistair Seddon, de l'université de Bergen (Norvège), innove par son approche. Plutôt que de modéliser l'avenir, les chercheurs ont observé comment les écosystèmes terrestres ont réagi aux à-coups de la météo sur les treize dernières années. *"Nous avons mesuré par satellite, dans les longueurs d'ondes vertes (celles de la chlorophylle), les fluctuations de productivité végétale des écosystèmes dans des carrés de 5x5 km, explique Alistair Seddon. Et nous avons regardé si cette production était sensible aux fluctuations de la température, de la pluviométrie, ou de la nébulosité."* L'idée étant que les zones sensibles sont potentiellement vulnérables aux grands changements à venir. La carte qui résulte de ce travail montre que les écosystèmes les plus sensibles ont été les zones arctiques et montagneuses, ainsi que les forêts amazoniennes et asiatiques. Les chercheurs vont maintenant s'efforcer de déterminer si les archives sédimentaires confirment cette première cartographie.

Y.S.

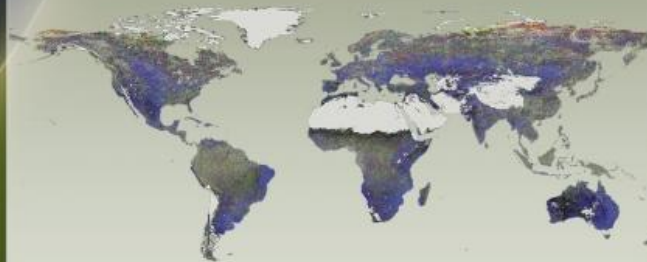


Toundras, steppes et forêts tropicales sont les plus sensibles au réchauffement climatique

Le degré de cette sensibilité est estimé en comparant les variations de productivité de la végétation avec celles de la température de l'air, de l'accessibilité en eau et de la couverture nuageuse.



La disponibilité en eau est le principal facteur climatique auquel est sensible la végétation



De tous les effets du réchauffement, ce n'est pas la hausse des températures qui nuit le plus à la végétation, mais la baisse de la disponibilité en eau (en bleu-ci-dessus).

SOURCES : SEDDON ET AL., NATURE 2016

25%

des forêts boréales américaines ont décliné en productivité depuis 2000.

17

C'est, en km par décennie, la vitesse moyenne de déplacement des espèces vivantes vers les pôles due au réchauffement.

2,5%

des extinctions constatées jusqu'à présent ont été liées au réchauffement climatique.



Océanographie

LE BLANCHISSEMENT DES CORAUX DEVIENT PLANÉTAIRE

Victimes d'une chaleur excessive, les coraux "blanchissent": ils expulsent les petites algues hébergées dans leurs tissus, ce qui leur fait perdre leur couleur, révélant la blancheur de leur squelette calcaire. Si, depuis les années 1980, ces épisodes se sont multipliés, souvent corrélés au phénomène El Niño, ils n'ont jamais atteint l'ampleur du blanchissement qui a débuté en 2014. Un phénomène "sans pré-

cédent à l'échelle de la planète, indique Mike Eakin, de l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA). Le phénomène a démarré dans le Pacifique, s'y est développé en même temps que le très puissant El Niño actuel, puis s'est étendu au point de toucher aujourd'hui les trois océans qui abritent des coraux. Bien qu'El Niño ait commencé à décroître, nous nous attendons à ce

que cela continue quelques mois encore". Même la Nouvelle-Calédonie, jusqu'ici épargnée, est touchée. La question qui se pose à présent est de savoir quelles sont les capacités de récupération des récifs. Car si le blanchissement est réversible, il est tout de même traumatisant pour le corail, "blessé et affamé", selon Mike Eakin. Des épisodes sévères et répétés lui sont généralement fatals. **Y.S.**

△ Lié au réchauffement provoqué par El Niño, le blanchissement des coraux s'est étendu depuis 2014 à tous les océans.

Géographie

Le niveau zéro des côtes françaises va être établi

Le 7 mai, une vaste campagne de mesures va être lancée afin de déterminer pour la première fois le niveau réel des mers sur les côtes françaises. Celui-ci est calculé relativement à la position des marégraphes de notre littoral, qui enregistrent les variations du niveau de l'eau. Le système de positionnement par satellite Teria va permettre de générer des mesures plus précises de leur altitude, aujourd'hui mal connue, pour alimenter les modèles de prédiction des risques de submersion ou étudier l'impact du changement climatique. **M.M.**

Zoologie

À Sumatra, les orangs-outans sont deux fois plus nombreux que prévu!

Ne boudons pas les bonnes nouvelles, elles sont rares en écologie: l'effectif des orangs-outans de Sumatra vient d'être réévalué à la hausse... Et pas qu'un peu: estimés à 6500, ces singes anthropoïdes seraient en fait 14500! Ce chiffre résulte de la prise en compte des zones d'altitude, de forêts exploitées et du nord de l'île, dont on les pensait absents. Mais, selon les chercheurs, 4500 auront disparu d'ici à 2030 à cause de la déforestation.

▽ Une zone de recensement plus étendue a permis de réévaluer la population de ces grands singes.



Radicalement ouverte.



smart



» Nouvelle smart fortwo cabrio.

Avec sa capote en tissu tritop entièrement automatisée, il n'y a pas plus ouverte d'esprit ! En un geste, soyez libre de montrer qui vous êtes vraiment. Libre de votre conduite et de changer d'avis à tout moment, grâce à son agilité et son diamètre de braquage record. Mais surtout, soyez libre de vous en faire votre propre avis en venant l'essayer chez votre Distributeur smart. www.smart.com

A partir de
239 € ^{TTC/mois⁽¹⁾} sans apport

smart — une marque de Daimler

(1) En Location Longue Durée. Exemple pour une nouvelle smart fortwo cabrio 52 kW BM5 pure, avec 48 loyers mensuels de 239 €^{TTC}. Frais de dossier 212 €^{TTC} inclus dans le 1^{er} loyer. **Modèle présenté** : nouvelle smart fortwo cabrio 52 kW BA6 passion, équipée des panneaux de carrosserie black to yellow, de la cellule de sécurité tridion gris graphite grey mat, de la calandre black to yellow, du pack vision et du pack sport, avec 48 loyers mensuels de 325 €^{TTC}. Frais de dossier 291 €^{TTC} inclus dans le 1^{er} loyer. *Au prix tarif conseillé du 01/03/2016, en LLD 48 mois, hors assurances facultatives et pour 40 000 km maximum. Offre valable pour toute commande du 01/04/2016 au 30/06/2016 et livraison jusqu'au 30/09/2016 sous réserve d'acceptation du dossier par Mercedes-Benz Financial Services France S.A. - 7, avenue Niépce - 78180 Montigny-le-Bretonneux. RCS Versailles 304 974 249, N° ORIAS 07009177, N° ICS FR77ZZZ149071. **Consommations mixtes de la nouvelle smart fortwo cabrio : de 4,2 à 4,3 l/100 km. Emissions de CO₂ : de 97 à 99 g/km.**



Les milieux aquatiques concentrent les espèces porteuses de bactéries qui résistent aux antibiotiques.

ÉCOLOGIE

LES BÊTES SAUVAGES AUSSI PROPAGENT L'ANTIBIORÉSISTANCE

La résistance des bactéries à un nombre croissant d'antibiotiques devient une préoccupation majeure pour les professionnels de santé. On sait qu'elle a deux causes principales : la surprescription d'antibiotiques par les médecins et leur utilisation excessive par l'agriculture et l'aquaculture. Mais ce qu'on ne sait pas, c'est comment les gènes d'antibiorésistance circulent. Pour les biologistes de la Tour du Valat, en Camargue, la faune sauvage serait un acteur important, méconnu et insuffisamment étudié de cette circulation. "Nos prélèvements ont confirmé d'autres études

montrant qu'un grand nombre d'animaux sauvages sont porteurs de bactéries antibiorésistantes, indique Marion Vittecoq. Les milieux aquatiques, surtout à l'aval immédiat des stations d'épuration, sont particulièrement concernés, et davantage les espèces carnivores ou omnivores que les herbivores." Reste à comprendre leur rôle exact dans la circulation des antibiorésistances. Une chose est sûre : nombreux sont ceux qui ont des contacts avec les communautés humaines, comme les goélands leucophées et, dans une moindre mesure, les sangliers.

Y.S.

LA PIRE SÉCHERESSE EN 900 ANS

Les simulations climatiques effectuées à partir des cernes des arbres ont établi que la sécheresse actuelle qui sévit sur la zone incluant la Syrie, la Turquie, Chypre, la Palestine et Israël, est la plus sévère depuis 9 siècles.

LES TRUFFES NE PORTENT PLUS DE TRACES DE TCHERNOBYL

Contrairement à celle d'autres champignons, la radioactivité des truffes européennes est négligeable. C'est ce que révèle une équipe germano-suisse, alors même que certains sols d'Europe centrale sont encore contaminés par Tchernobyl.

LES HÛÎTRES ET LES MOULES DU LANGUEDOC MENACÉES

Les producteurs de coquillages languedociens redoutent les bactéries du genre *Vibrio*, auquel appartient le choléra. Or, le CNRS annonce que le réchauffement multipliera dans la région les pluies automnales intenses, qui les favorisent !

GÉOCHIMIE

La traçabilité de l'or favorisera les mines propres

Il sera bientôt possible, en achetant de l'or, de connaître le pays, ou même le gisement dont il provient. C'est la promesse du projet TAO (Traçabilité analytique de l'or), piloté en Guyane par l'ONG écologiste WWF et le Bureau des recherches géologiques et minières, qui, en combinant les méthodes d'analyse (dont des mesures isotopiques), permettra de localiser précisément l'origine d'une pépite. L'intérêt environnemental est énorme : les mines légales, qui respectent la réglementation sur la pollution émise et la réhabilitation des sites, seront avantagées par rapport à l'orpaillage illégal, qui, lui, ravage l'environnement. A terme, des AOC pour l'or permettraient même d'acheter du métal "propre" !

Y.S.

✓ On sera bientôt capable d'identifier le gisement d'origine des pépites.



Pour qu'elle puisse
continuer à faire de beaux rêves,
même en cas de crevaison...



Une crevaison peut très vite gâcher votre voyage. C'est pourquoi nous avons conçu les nouveaux pneus DriveGuard de Bridgestone, pour que vous puissiez rouler en toute sécurité pendant 80 km à 80 km/h, quel que soit le type de crevaison. Protégez votre famille avec les pneus les plus performants de leur catégorie*. Rendez-vous sur www.bridgestone.fr/driveguard*

DRIVEGUARD



BRIDGESTONE
Votre Route, Notre Passion

*L'autonomie de roulage après une crevaison dépend de la charge du véhicule, de la température extérieure et de l'activation ou non du système d'alerte de perte de pression des pneus. Les pneus Bridgestone DriveGuard obtiennent la note A au critère "Adhérence sur chaussée humide" du règlement européen sur les pneumatiques. Les pneus DriveGuard ne sont pas encore disponibles pour les utilitaires, et sont réservés aux véhicules équipés du système d'alerte de perte de pression des pneus. Pour plus de renseignements, rendez-vous sur www.bridgestone.fr/driveguard.

DERMATOLOGIE

LES CHEVEUX BLANCS ONT UNE RACINE GÉNÉTIQUE

Vous rêvez de tempes grisonnantes ? Ou bien vos mèches blanches vous désolent ? Une équipe de l'University College de Londres, des universités d'Oviedo (Espagne) et de Lima (Pérou) vient pour la première fois de localiser des parties de notre génome très impliquées dans certaines inégalités pileuses. Leur étude, portant sur l'ADN de plus de 6 000 personnes d'origines diverses (américaine autochtone, européenne, africaine), a permis d'identifier la variante d'un gène (IRF4) qui prédispose nettement aux cheveux blancs. La couleur des cheveux dépend des mélanocytes, des cellules qui produisent un pigment (la mélanine) et

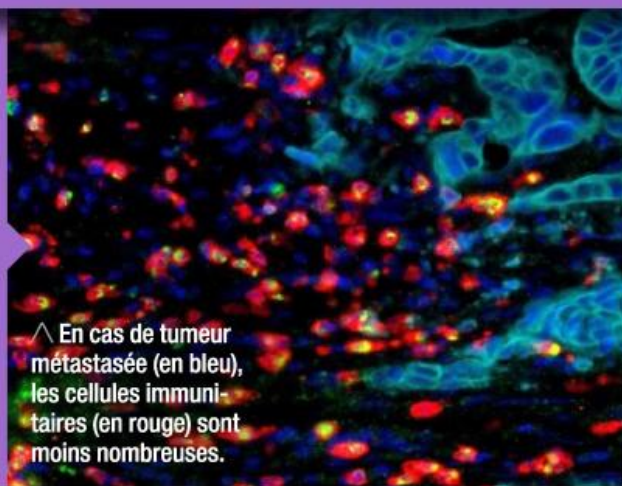
le transfèrent aux kératinocytes, qui constituent le cheveu. Or, la mutation génétique identifiée joue sur la régénération et la survie des mélanocytes présents dans le follicule pileux. Un autre gène (PRSS53) associé, lui, à la perte localisée de cheveux, a également été identifié. Forte de ses découvertes, l'équipe évoque déjà des thérapies géniques cosmétiques. Au lieu de teindre régulièrement les cheveux, il suffirait de reprogrammer leur ADN avant même leur sortie du follicule. Nul doute qu'il se passera encore de longues années avant que le rendez-vous chez son généticien remplace le passage chez le coiffeur ! **O.C.**



CANCÉROLOGIE

Le risque de métastases pourrait être prévisible

Plus que l'analyse du génome de la tumeur, la mesure de la densité des cellules immunitaires et des vaisseaux lymphatiques qui l'entourent permettrait de prédire le risque de propagation du cancer. "Nous n'avons observé aucune relation significative entre la présence d'une mutation génétique et le développement d'une métastase. Par contre, les patients avec métastases avaient moins de vaisseaux lymphatiques et moins de cellules immunitaires", résume Jérôme Galon (Inserm), qui a piloté l'étude. Les métastases tuent plus de 90 % des patients quand elles sont découvertes tardivement... **K.B.**



^ En cas de tumeur métastasée (en bleu), les cellules immunitaires (en rouge) sont moins nombreuses.

S. GSCHMEISSNER/SPL/COSMOS - J. GALON/INSERM - J. SALVAREDDY/CORBIS



< La tendance d'un cheveu à blanchir dépend d'un gène agissant sur les cellules du follicule pileux, sous la peau (en gris).

BACTÉRIOLOGIE

Les antibiotiques endorment les bactéries

Lorsqu'elles deviennent résistantes aux antibiotiques, les bactéries continuent à proliférer sans contrôle. Mais elles sont susceptibles de recourir à une autre stratégie pour éviter l'action du médicament censé les combattre : la tolérance, qui équivaut à leur mise en sommeil. Plus insidieuse, cette dormance rend les bactéries incapables de proliférer, mais leur permet de survivre durant de longues périodes. Ces bactéries tolérantes constituent une menace, car elles risquent d'évoluer vers la résistance à la faveur de mutations génétiques. Or, des chercheurs de l'université de Louvain (Belgique) ont montré que la tolérance était très fréquente : de 20 à 100 % des bactéries exposées pendant quelques jours à des antibiotiques courants acquièrent cette capacité. Il semble donc urgent de prendre en compte ce phénomène.

O.C.



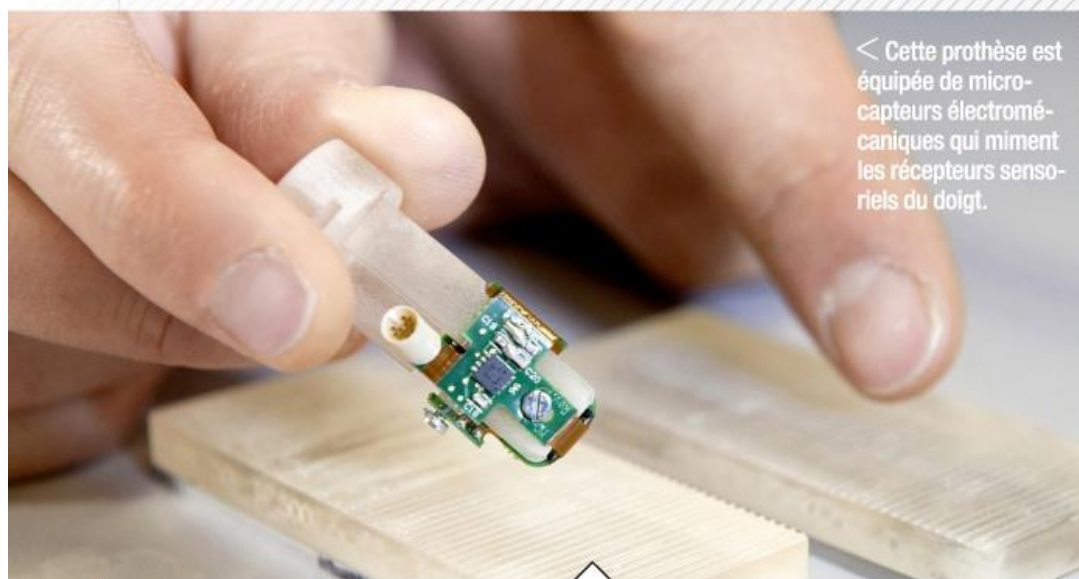
△ Au contact des antibiotiques, les bactéries s'endorment... avant de devenir plus résistantes.

+4,8%

C'est l'augmentation du nombre d'hospitalisations pour infarctus du myocarde des femmes de 45 à 54 ans entre 2009 et 2013, selon l'Institut de veille sanitaire (INVS). Chez ces femmes, ces cas, encore rares, sont en augmentation toujours plus forte que les années précédentes (+3 % entre 2002 et 2009). Ce phénomène s'explique notamment par la progression de la consommation de tabac dans ces générations.

C.T.





< Cette prothèse est équipée de microcapteurs électromécaniques qui miment les récepteurs sensoriels du doigt.

PROTHÉSIE

LE PREMIER INDEX BIONIQUE QUI RESSENT LES TEXTURES

Après avoir conçu en 2014 la première main artificielle dotée du sens du toucher, l'équipe de Silvestro Micera à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse) et l'Ecole supérieure de Sant'Anna de Pise (Italie) vient de franchir un nouveau pas : ils ont créé un doigt artificiel capable de percevoir des sensations tactiles beaucoup plus précises.

Grâce à des microcapteurs électromécaniques qui miment les récepteurs sensoriels du bout des doigts, cet index bionique, relié chirurgicalement aux nerfs du bras, a permis au patient amputé, lors de tests les yeux bandés, de distinguer des surfaces lisses ou rugueuses dans 96 % des cas. Equipée de tels doigts, la prothèse de main déjà développée

— capable jusque-là d'identifier la forme et la consistance d'un objet — pourrait donc potentiellement ressentir les textures, comme une "vraie" main. Elle devrait être testée dans les tout prochains mois, avant, *"d'ici 2 ou 3 ans, d'être implantée à long terme, puis de passer, d'ici 5 ans, aux premiers essais cliniques"*, espère Silvestro Micera. **L.B.**

ÉNERGIE

Des éoliennes se plient pour résister aux tempêtes

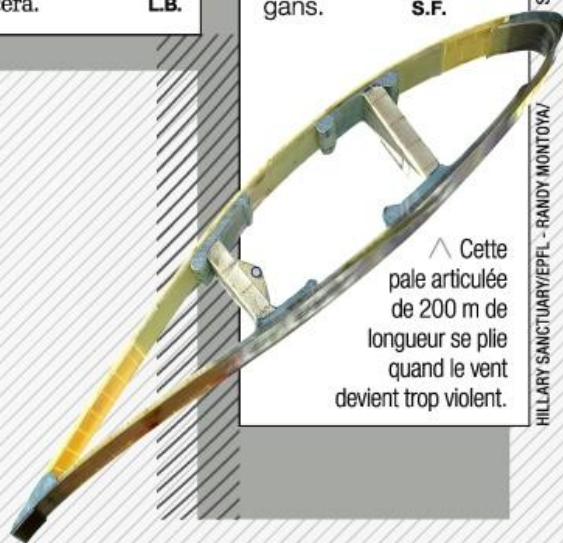
Une équipe de chercheurs de l'université de Virginie travaille sur des éoliennes offshore d'une puissance de 50 mégawatts, munies de pales de 200 m de longueur. C'est deux fois et demie plus grand que les modèles construits jusqu'à présent ! Ces pales seront fabriquées en plusieurs segments afin de faciliter leur transport. Surtout, lorsqu'elles seront orientées dos au vent, une articulation située à leur base les fera se plier, telles les feuilles d'un palmier, afin de réduire leur prise au vent et leur permettre d'affronter, sans subir de dégâts, les ouragans. **S.F.**

SANDIA NATIONAL LABORATORIES

HILLARY SANCTUARY/EPFL - RANDY MONTVOY

13,8 milliards

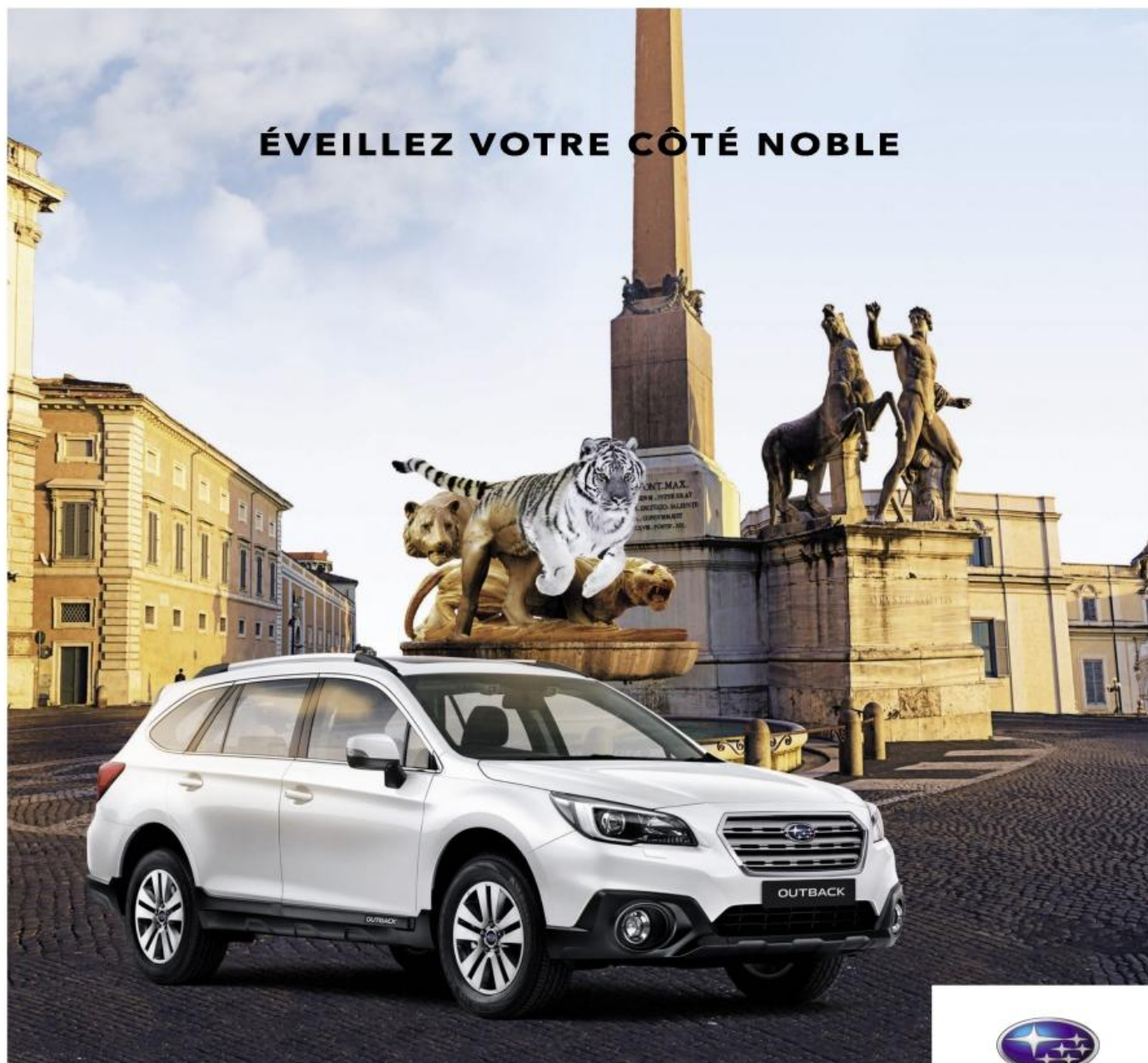
C'est, en années, la durée record pendant laquelle 360 téraoctets de données pourraient être conservées à température ambiante dans un disque de verre de la taille d'une pièce de monnaie. Pour utiliser ce nouveau support de stockage impérissable, les chercheurs de l'université de Southampton (Grande-Bretagne) ont eu recours à un laser qui grave les données sous forme de nanostructures quasi inaltérables dans la matière. **S.F.**



△ Cette pale articulée de 200 m de longueur se plie quand le vent devient trop violent.



ÉVEILLEZ VOTRE CÔTÉ NOBLE



SUBARU

Confidence in Motion

NOUVEAU SUBARU OUTBACK



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



REJOIGNEZ-NOUS SUR FACEBOOK

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



RETROUVEZ LA GAMME SUR SUBARU.FR

NOUVEAUTÉ 2016



SUBARU XV



FORESTER SPORT



OUTBACK



LEVORG



WRX STI



SUBARU BRZ



Cette cellule photovoltaïque de 2 µm d'épaisseur tient ici sur une bulle de savon.

MATÉRIAU

UNE CELLULE SOLAIRE HYPERMINIATURISÉE A ÉTÉ MISE AU POINT

Voici la cellule solaire la plus fine jamais fabriquée à ce jour. Mille fois moins épaisse que les cellules actuelles à base de silicium, elle trouve sa place sur n'importe quelle surface, même une bulle de savon, comme le montre cette démonstration menée par une équipe du MIT (Etats-Unis). Cette finesse ne l'empêche pas pour autant d'afficher un ratio puissance-masse parmi les plus élevés : 6 watts par gramme. Pour parvenir à une telle prouesse, l'équipe menée par Vladimir Bulović a réalisé la cellule en même temps que le substrat et le

revêtement protecteur (tous deux en parylène, un polymère souple). *"Notre dispositif est si léger que vous ne saurez même pas s'il est intégré à votre chemise ou à votre ordinateur portable"*, s'extasie Vladimir Bulović.

A l'avenir, ces cellules pourraient être déployées sur des structures pour lesquelles la question du poids est cruciale, comme en aéronautique ou sur les engins spatiaux, les ballons d'hélium à haute altitude... Mais de nombreuses années de développement seront encore nécessaires pour y parvenir, reconnaît le chercheur.

E.T.-A.

LA PILE QUI SE DISSOUT DANS LE CORPS

Une équipe chinoise a inventé une pile biodégradable capable d'alimenter des dispositifs biomédicaux. Constituée de polymères dont la friction génère de l'électricité, elle se dégrade et peut être absorbée par le corps... sans effet secondaire!

S.F.

UN WI-FI ULTRA-ÉCONOME

10000 fois plus économe en énergie, ce réseau sans-fil confie la transmission analogique à un module branché sur secteur qui envoie les ondes à des capteurs "wi-fi passifs". Son débit de 11 Mbit/s sur une trentaine de mètres suffit pour les objets connectés.

E.T.-A.

UN ORDINATEUR IMBATTABLE EN GÉOGRAPHIE

Des chercheurs de Google ont conçu une intelligence artificielle qui reconnaît sur des photos du monde entier le lieu où elles ont été prises! A ce jeu, elle bat des "globe-trotters" humains sur 56 % des tests en moyenne.

R.I.

ROBOTIQUE

Le robot soldat qui s'adapte à tous les terrains

Projeté au sol, il se relève tout seul. Dehors, il évite les obstacles, marche sur tous les terrains. Il ouvre même des portes et soulève des charges. Conçue par Boston Dynamics avec l'agence américaine Darpa, la nouvelle version du robot Atlas, bardée de capteurs et équipée d'une vision laser (Lidar), atteint un niveau d'agilité inégalé, proche de celle d'un homme. Surtout, sa taille et son poids ont été considérablement réduits : 1,75 m pour 80 kg (contre 1,90 m et 150 kg auparavant). Fonctionnant sur batterie, ce robot pourrait remplacer les soldats dans les zones de guerre.

L.B.



^ Cet humanoïde tout-terrain mesure 1,75 m et pèse 80 kg.

Futur leader ou **leader du futur ?**



*Bousculez
les évidences*



*Écoutez
vos émotions*



*Restez
connecté*

Leadership ? #Humanship !

Le leadership est en chacun de nous. C'est un potentiel qui ne demande qu'à être développé. NEOMA Business School vous apprend à révéler vos propres compétences en matière de leadership. Osez les points de vue différents et réinventez les modèles établis. Prenez en compte vos émotions et cultivez l'empathie. Restez connecté et mobilisez les talents, avec la performance collective en ligne de mire. **Head. Heart. Hands. Stay human, become a great leader, boost your humanship !**



Rejoignez-nous sur **neoma-bs.fr**

NEOMA

BUSINESS SCHOOL

REIMS • ROUEN • PARIS



L'événement

AMIANTE

LE PROBLÈME NE FAIT QUE COMMENCER

Vingt ans après son interdiction, la France n'en a pas fini avec l'amiante. Au contraire ! Car partout, des chantiers sont stoppés après la découverte (fortuite !) de matériaux contaminés. Or, désamianter est si ardu que la paralysie menace, alerte **Vincent Nouyrigat**.

C'est un problème que l'on croyait réglé. Un scandale qui semblait appartenir au passé et dont il ne resterait plus aujourd'hui qu'à pleurer les nombreuses victimes et à condamner les coupables au terme de procès-fleuves.

Vingt ans après son interdiction en France, le cas de l'amiante aurait dû logiquement être relégué aux archives, aux côtés d'autres désastres sanitaires comme l'affaire du sang contaminé. Charge

aux historiens d'étudier le rôle des lobbies industriels dans la mise en place tardive des bonnes règles de prévention face à ce matériau si particulier ; un matériau considéré comme essentiel à la protection des bâtiments contre les incendies... tout en étant notoirement toxique – le danger était connu depuis le début du XX^e siècle !

Le terme générique "amiante" regroupe en effet plusieurs variétés naturelles de minéraux

silicatés, dont les fibres micrométriques peuvent se déposer au fond des poumons. Vingt, trente ou quarante ans après l'exposition, cette intrusion entraîne de redoutables cancers du poumon et de la plèvre. D'où l'hécatombe toujours en cours (lire l'encadré p. 39).

Depuis le décret d'interdiction du 24 décembre 1996, l'amiante friable a été massivement retiré des espaces publics. A Paris, les considérables →



CHU DE CAEN

Commencé en 2007, ce désamiantage s'éternise.

GARE DE CERGY

Août 2015 : interruption du RER A en raison de taux anormaux de fibres d'amiante.

PROJET DE STOCKAGE À NIEDERBRONN

Avril 2016 : manifestation contre un projet d'enfouissement de déchets amiantés.

ZAC DE CARRIÈRES-SUR-SEINE

Le projet se heurte à la présence de déchets amiantés.

HLM DE SAINT-PRIX

Début 2013 : report *sine die* de la réhabilitation de 200 logements amiantés.

ÉCOLE D'HAYANGE

Fermée en novembre 2015 après des suspicions d'amiante.



ROUTE DE SAINT-BRIEUC

Janvier 2014 : un nouveau type d'amiante est découvert.



PARLEMENT EUROPÉEN

Début 2013 : des nuages toxiques sont libérés sur un chantier non protégé.



DANGER AMIANTE

Partout, des chantiers à l'arrêt

L'amiante n'a pas disparu de notre paysage, loin s'en faut. Omniprésent dans les matériaux de construction, ce minéral toxique retarde ou bloque d'importants chantiers, quand il ne menace pas directement la santé des particuliers. Les exemples que nous avons sélectionnés ici donnent un aperçu des problèmes à venir...

COLLÈGE DE PAU

Mars 2016 : travaux de rénovation interrompus suite à un mauvais désamiantage.



LIGNE LYON-TURIN

Juin 2013 : l'alerte est lancée sur la présence d'amiante dans le tunnel.

MINE DE SALAU

Juillet 2015 : une expertise amiante est demandée pour ce gisement de tungstène.

→ travaux de désamiantage du campus de Jussieu et de la tour Montparnasse sont achevés, ou en passe de l'être. Pour le grand public, l'affaire paraît donc soldée.

Or, cet héritage empoisonné sévit toujours ! Sournoisement, l'amiante est en train de paralyser la France. Un peu partout, des chantiers sont bloqués, retardés ou annulés en raison de la découverte du funeste matériau (voir la carte p. 37). Ce sont des écoles, des HLM, des tours de bureaux, des hôpitaux que l'on ne parvient plus à entretenir ni à rénover. Ce sont des appartements dont le moindre réaménagement est devenu impossible. Ce sont des routes dont la maintenance n'est plus assurée. Ce sont des immeubles vétustes que l'on ne parvient même plus à démolir, et qui finissent à l'abandon... En 2016, l'Hexagone est toujours envahi d'amiante.

DES EXPERTS DÉPASSÉS

C'est qu'à l'époque, les ingénieurs ne s'étaient pas contentés d'en faire des flocages destinés à la lutte anti-incendie. Il ne leur avait pas échappé que cette structure fibreuse si singulière possédait aussi de remarquables propriétés de résistance et d'élasticité. Qualifié de *magic mineral*, l'amiante fut, des années 1960 aux années 1990, incorporé dans des ciments, plâtres, mortiers, colles, peintures, enduits de finition, vernis, mastics,

L'amiante se cache partout

Utilisé à l'origine pour protéger les bâtiments des incendies, ce minéral fibreux bon marché présente aussi de remarquables propriétés chimiques et mécaniques. Résultat, des années 1960 aux années 1990, les industriels en ont incorporé dans de nombreux matériaux... Un amiante caché qui s'avère tout aussi nocif que celui des revêtements ignifuges.



Dans les canalisations

L'amiante-ciment a également été utilisé dans la fabrication de canalisations d'eau pluviale et de conduits de vide-ordures, pour des raisons de tenue mécanique et de résistance à la corrosion.



Dans les chaussées

Entre 1975 et 1995, de l'amiante a été incorporé au bitume pour augmenter la résistance des voies. Paris compte ainsi 836 000 m² de voiries amiantées.

plastiques à joints, enrobés routiers (voir ci-dessus)...

Autant de matériaux sur lesquels la moindre intervention risque aujourd'hui de libérer un nuage de fibres délétères ; qu'il s'agisse de brosser, poncer, raboter, percer, visser, scier, démonter ou démolir... A moins que ce minéral mortel ne se délite, par vieillissement naturel, sous le nez des particuliers. *"C'est un puissant cancérigène sans seuil, c'est-à-dire que l'on ne peut pas définir une limite de concentration au-dessous de laquelle il n'y a pas de risque"*, précise Gérard Lasfargues, directeur adjoint scientifique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses).

L'ampleur du phénomène est considérable. Toutes

les constructions érigées avant 1997 sont susceptibles d'être concernées. Selon certaines estimations, plus de 40 % des bâtiments non résidentiels (dont les écoles, collèges et lycées) et 35 % des maisons individuelles recèleraient de l'amiante. Et la liste n'est sans doute pas exhaustive : fin 2012, une nouvelle forme de fibres nocives a été détectée dans certains granulats utilisés dans les travaux publics (lire l'encadré p. 43).

Les professionnels du bâtiment avouent être dépassés. *"L'amiante est présent dans de nombreux matériaux de construction*

sans que cela ait été forcément porté à notre connaissance", soupire Christophe Boucaux, responsable de la maîtrise d'ouvrage à l'Union sociale pour l'habitat, qui regroupe 760 organismes HLM. *"Nous en découvrons régulièrement dans des endroits insoupçonnables, jusqu'au sein de pièces de menuiserie"*, témoigne Thomas Lesser, du bureau d'études BET 2C. *Sa probabilité de présence n'obéit à aucune règle !"*

COMPLIQUÉ ET TROP CHER

Planqué sous de récentes couches de peinture, enterré sous le lino, employé ici mais pas là sans raison particulière... *"Au début des années 2000, on pensait régler le problème de l'amiante en dix ans, confie Nathanaël Cornet-Philippe,*



Dans les toitures

Ces tuiles sont fabriquées en amiante-ciment, un matériau qui supporte mieux les intempéries ; elles sont de forme plus régulière que les ardoises naturelles.



Dans les peintures

L'amiante a permis de maintenir la consistance des peintures lors de leur application, évitant ainsi les coulures. Enduits, mastics et colles ont également été contaminés.

Dans les tôles

Plaquées au-dessus d'un abri de jardin ou d'un entrepôt, elles font partie du paysage : la France compterait 13 millions de tonnes de tôles en amiante-ciment, souvent en voie de délitement.

Dans les sols

Ces dalles vinyle ont été amiantées pour durer plus longtemps. On retrouve leur damier infernal dans les maisons (cuisine, salle de bains) ou les grands établissements publics (les hôpitaux par exemple).

du Syndicat national des entreprises de démolition. Or, plus on en cherche, plus on en trouve."

Le repérage de l'amiante avant travaux devient tout un art, que les diagnostiqueurs immobiliers diligents par l'Etat maîtrisent encore très mal. "Leurs analyses ne valent rien!", ose Luc Baillet, architecte pathologiste de l'immeuble bâti. Conséquence: les rencontres fortuites avec le toxique se multiplient en cours de travaux, occasionnant arrêts de chantiers, enquêtes, contentieux. "Les responsables de chantiers sont tétanisés", observe Aline Archimbaud, sénatrice de Seine-Saint-Denis qui a présidé le comité de suivi sur l'amiante.

Et pour cause: quand l'amiante est découvert, les

travaux prennent une toute autre dimension. Les mesures à prendre pour protéger les ouvriers sont lourdes et coûteuses. Les abords du chantier deviennent zone interdite: "En HLM, l'intervention sur un appartement oblige à évacuer et reloger toutes les personnes vivant sur le même palier... ce qui est difficilement envisageable à Paris", explique Christophe Boucaux.

Un chiffre: le retrait et le traitement de l'amiante pèsent, pour le seul parc HLM, 2,4 milliards d'euros par an, soit l'équivalent de la construction de 120 000 logements. "Certaines tours amiantées sont même trop chères à déconstruire: 60 000 euros par logement, poursuit le spécialiste. Le risque est de voir apparaître des immeubles épaves, des friches HLM."

Si le désamiantage est un tel enfer, c'est que ces fibres minérales peuvent s'insinuer dans le moindre interstice. L'enjeu consiste à réduire autant que possible l'émission de poussières dans l'air (en humidifiant le matériau ou en aspirant les particules à la source), tout en protégeant les voies respiratoires des travailleurs à l'aide de masques plus ou moins sophistiqués →

Une crise sanitaire toujours en cours

Chaque jour, environ sept Français meurent de l'amiante... et dix autres déclarent un cancer du à l'inhalation de ces fibres. "Le pic de mortalité lié à l'amiante n'a toujours pas été franchi, prévient Anabelle Gilg Soit Ilg, de l'Institut de veille sanitaire. Le temps de latence de ces maladies étant très élevé, de trente à cinquante ans, nous enregistrons actuellement les personnes exposées dans les années 1970-1980." Le Haut Conseil de la santé publique estime que d'ici à 2050, 50 000 à 75 000 personnes mourront d'un cancer du poumon lié à l'amiante, et 18 000 à 25 000 d'un cancer de la plèvre. Outre ces pathologies, "il est établi que l'amiante peut déclencher des cancers de l'ovaire et du larynx, informe l'épidémiologiste, et la question commence à se poser pour le cancer colorectal".

Les 4 défis du désamiantage

Le retrait et le traitement de l'amiante impliquent des travaux lourds, coûteux et pénibles. Et les techniques existantes ne sont toujours pas assez efficaces...



1. Réussir à détecter les fibres

Repérer l'amiante dans un bâtiment reste un casse-tête : les détecteurs comme le Phazir (photo) peinent à convaincre, et il faut encore s'appuyer sur l'expérience de quelques experts. Il n'existe pas non plus de moyen de mesure suffisamment sensible en temps réel des fibres dans l'air.



2. Protéger les travailleurs

Les possibilités de fuites sont encore trop nombreuses. Ainsi, ces masques (photo) ne sont pas toujours adaptés à la morphologie des visages, tandis que des gestes ou chocs liés à certaines opérations peuvent générer des défauts d'étanchéité. Sans compter que dans ces tenues pénibles à porter, les petits relâchements ne sont pas rares.

→ selon les cas (voir ci-dessus). Les précautions sont multiples : zone d'intervention confinée, atmosphère dépressurisée, douches de décontamination... L'atmosphère des chantiers est aussi régulièrement analysée, au microscope électronique, par des laboratoires accrédités.

Tandis que la réglementation se durcit : depuis le 2 juillet 2015, la limite d'exposition professionnelle à l'intérieur des masques est passée de 100 fibres par litre d'air inspiré à 10 fibres par litre sur huit heures de travail quotidien. *"La France est l'un des pays qui assurent le plus haut niveau de protection des travailleurs contre le risque*

d'exposition à l'amiante", renchérit Yves Struillou, à la tête de la Direction générale du travail (DGT).

DES CONDITIONS PÉNIBLES

Dans la pratique, ce matériau cauchemar pose d'immenses difficultés techniques et organisationnelles. L'élite de 35 000 ouvriers et ingénieurs spécialement formés semble pour le moment incapable de traiter le problème correctement. *"Nous sommes constamment alertés sur des chantiers qui se déroulent dans des conditions inadmissibles"*, souffle Annie Thébaud-Mony, porte-parole de l'association de lutte contre l'amiante Ban Asbestos.

Dans un rapport paru mi-janvier, l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des maladies professionnelles (INRS) révélait que 23 % des chantiers analysés excédaient la limite réglementaire des 25 000 fibres en suspension par litre d'air.

Sur les chantiers, les niveaux d'amiante sont sous-estimés, et la limite légale souvent excédée

Plus frappant encore : une évaluation de l'INRS parue à l'automne dernier montrait que seules 7,5 % des analyses des laboratoires étaient correctes, la grande majorité étant sous-estimée !

Les autorités évoquent des défauts de formation et le manque de laborantins sur le terrain. *"Dans notre institut, on peut passer quatre heures sur un échantillon, quand les laboratoires n'ont sans doute que dix minutes pour statuer"*, observe Anita Romero-Hariot,

de l'INRS. Avant de pointer *"le lien commercial entre les entreprises du BTP et ces laboratoires, l'Etat s'étant désengagé du contrôle"*. *"Dans les conditions actuelles, poursuit-elle, nous*



3. Limiter l'émission de poussières

Pour réduire l'émission de fibres nocives, il faut humidifier les matériaux ou fixer les poussières à la source. Les ouvriers emploient aujourd'hui de l'eau savonneuse, de la laque pour cheveux ou des résines... Rustique, et pas toujours efficace.



4. Stocker les déchets toxiques

Les matériaux amiantés ont un statut officiel de déchets dangereux, mais sont rarement traités comme tels. Ces déblais exigeraient d'être humidifiés, enfermés dans un double sac étanche, transportés sous bâche puis déposés délicatement – et non balancés à la va-vite ! – dans l'un des (rares) centres de stockage agréés.

ne pouvons plus garantir le respect de la valeur limite d'exposition des ouvriers."

Les seuils d'empoussièrément (le nombre de fibres autorisées par litre d'air) ont vocation à être encore considérablement réduits... Au risque de bloquer tout le pays ? "Personne n'a les moyens d'assurer aujourd'hui une division par dix de l'empoussièrément des chantiers, argumente Juliette Hugues, du Centre scientifique et technique du bâtiment. Tous les travaux devraient alors cesser, et ceux qui oseraient continuer risqueraient la prison."

Ce luxe de précautions peut paraître exagéré pour des agents équipés de pied

en cap et entourés de ruban adhésif. "Les tests menés en laboratoire sur les masques montrent qu'ils offrent d'importantes marges de sécurité", affirme Wahib Ouazzani, responsable de la protection individuelle chez le fabricant 3M France. Seulement, reconnaît l'ingénieur, "sur le terrain, il y a des mauvaises pratiques; le masque est parfois desserré alors que son ajustement doit être très précis pour prévenir les fuites au niveau du visage".

Autre source d'exposition : "Les vibrations et chocs liés à certaines opérations peuvent générer des défauts d'étanchéité", complète Anita Romero-Hariot. Dans →

La menace d'un "nouvel amiante"

"Personne ne s'y attendait", souffle Georges Tempez, au Centre d'études et d'expertise sur les risques (Cerema). Tout commence en 2012, lorsqu'un laboratoire parisien détecte dans un échantillon de chaussée routière la présence de fibres ressemblant étrangement à de l'amiante. Pourtant, cette route était considérée comme saine. Dans les mois qui suivent, de nouveaux enrobés suspects sont signalés en région parisienne, dans les Deux-Sèvres, autour de Bordeaux, Saint-Brieuc, Nantes et Nancy... La moindre réparation de nid-de-poule devient risquée ! "Une centaine de chantiers routiers ont dû être bloqués ou annulés en France", indique Georges Tempez. Mais que se passe-t-il ? "Ces enrobés contiennent de l'actinolite, un minéral qui, une fois fracturé, forme des fragments dont les dimensions approchent celles des fibres d'amiante", explique le géologue Didier Lahondère, du BRGM.

En décembre dernier, l'Agence de sécurité sanitaire (Anses) indiquait que ces fragments non réglementés ne devaient pas être distingués des fibres d'amiante. "Les quelques études épidémiologiques menées dans des mines américaines ne permettent pas d'exclure un risque sanitaire comparable à celui de l'amiante, justifie Guillaume Boulanger, spécialiste des risques liés à l'air à l'Anses. D'autant que des expériences menées sur le rat font état de réactions inflammatoires."

La découverte de ce nouveau toxique fait l'effet d'une bombe dans le secteur des travaux publics. "Le coût d'un chantier peut être triplé", informe Kamel Bahri, ingénieur à la Ville de Paris. "Ces arbitrages économiques menacent l'entretien des routes et, à terme, la sécurité routière", craint Georges Tempez. Or, "en France, l'actinolite est présent dans une cinquantaine de carrières", estime Didier Lahondère. Et les granulats qui en sont extraits sont aussi susceptibles d'être employés pour des ballasts ferroviaires, des ciments et des bétons de construction. Sans parler du risque lié aux terrassements ou au creusement de tunnels à travers un filon nocif. A suivre.

→ ces combinaisons pénibles, les petits écarts ou les gestes mal maîtrisés sont monnaie courante.

Au-delà des bonnes pratiques, le traitement de certains matériaux très émissifs commence à poser question. Le décapage d'une peinture amiantée est si polluant que selon les nouvelles normes, un

connexion des tuyaux d'air respirable", analyse Anita Romero-Hariot.

Dans une instruction datée du 16 octobre 2015, la DGT envisage même de ne plus retirer cet amiante, mais de le maintenir en place au moyen d'un "encapsulation étanche"... Au risque, souligne Nathanaël Cornet-Philippe, de "repousser le

aux démantèlements nucléaires. A ceci près que les travailleurs du nucléaire sont alertés en temps réel par leur dosimètre sur le danger radioactif, quand les désamianteurs doivent attendre plusieurs jours le résultat d'analyses. A ceci près aussi que "la radio-activité décroît dans le temps, fait remarquer Luc Baillet, quand les matériaux amiantés, eux, s'effritent et deviennent plus dangereux". A ceci près, enfin, que "le monde du nucléaire bénéficie d'une culture du risque qui fait défaut dans le milieu du bâtiment, très accidentogène par nature", analyse Thomas Lesser.

Cette vision de chaos est aggravée par la gestion quasi inexistante des déblais de chantiers amiantés, pourtant considérés comme dangereux et à enfouir... "On découvre régulièrement des dépôts sauvages au bord des chemins, s'énervent Hervé Clermont, contrôleur de sécurité à la caisse régionale d'assurance maladie d'Ile-de-France (Cramif). Certains matériaux sont même recyclés, ce qui est strictement interdit."

VERS UNE STRATÉGIE NATIONALE ?

D'où la question, angoissante : la France parviendra-t-elle un jour à se débarrasser de cet héritage ? Après vingt ans de petits bricolages isolés, le ministère du Logement a enfin lancé, le 30 juin 2015, un plan de recherche et développement visant à "mettre au point

des moyens et des méthodes reproductibles sur tous les chantiers", explique Juliette Hugues, coordinatrice du programme.

Il reste aussi à mettre en place une meilleure organisation du travail, un modèle économique viable, un tissu industriel solide, des filières de formation – même si le travail de jeunes apprentis au contact de l'amiante fait polémique. D'aucuns militent pour un fonds de désamiantage alimenté par un impôt sur les sociétés ayant bâti leur fortune sur le funeste minéral, comme Eternit ou Saint-Gobain.

"Il manque encore en France une stratégie nationale à long terme, tranche Aline Archimbaud. Seul un pilotage politique permettrait de définir des priorités, dégager des financements pérennes, accentuer les contrôles... Je ne voudrais pas dramatiser, mais l'amiante représente un danger auquel il faudrait consacrer un comité interministériel, à l'image de la sécurité routière."

"Eradiquer l'amiante en France prendra entre quarante et cinquante ans", évalue Yves Struillou. Et bien plus encore si les grands moyens ne sont pas mobilisés, craint l'architecte Luc Baillet : "Les matériaux amiantés seront un peu comme les obus de la Première Guerre mondiale, qui restent enfouis et auxquels il faut se confronter de temps à autre." Le problème ne fait que commencer...

Mal préparés, les artisans sont en première ligne

Plombiers, chauffagistes, électriciens, couvreurs, peintres... Environ 1 million de professionnels du bâtiment peuvent être exposés à l'amiante, sans forcément y être préparés. "Moins de 1 % sont formés à ce risque", vitupère Hervé Clermont, à la Cramif. En octobre 2013, une étude menée pendant une semaine auprès de 63 plombiers-chauffagistes équipés d'un détecteur montrait que 35 % d'entre eux avaient rencontré des fibres d'amiante. Or, 40 % de ces artisans n'en avaient pas eu conscience, et seuls 14 % avaient enfilé systématiquement une protection – parfois douteuse. "On a beau faire de la prévention, il y a un vrai déni de ce risque, pourtant très réel au vu des pathologies enregistrées chez les plombiers et tuyauteurs", se désole Anita Romero-Hariot, à l'INRS. Avis aussi aux bricoleurs du dimanche...

ouvrier équipé ne peut y travailler plus d'une heure par jour...

Plus inquiétant : le retrait des plâtres amiantés semble dépasser les limites acceptables de l'intervention humaine. Plusieurs mesures récentes menées par l'INRS à l'intérieur des masques dépassent les 100 fibres par litre d'air. "Ce matériau est très problématique car il encrasse tout, notamment les embouts de

problème à plus tard, et d'exposer les plombiers et électriciens lors de futures interventions" (lire l'encadré ci-dessus).

Pour affronter le monstre, il n'y aurait plus d'autre choix que de porter d'improbables scaphandres étanches répondant au doux nom de "Mururoa", habituellement utilisés en présence de... plutonium.

Après tout, le désamiantage ressemble étrangement



De 7 à 12 ans
POUR APPRENDRE
EN S'AMUSANT



De 12 à 17 ans
POUR LES
ADOLESCENTS
CURIEUX



À chaque âge son **SCIENCE & VIE**

POUR CEUX QUI
EN VEULENT PLUS
6 hors-série
par an



À partir du lycée
POUR ÊTRE
INCOLLABLE



4 HORS-SÉRIE
et 2 SPÉCIAUX
par an

LA TECHNOFOLIE DU MOIS

Beaucoup plus qu'une montre!

NOUVEAU

Simple et pratique, synchronisez votre répertoire sur votre cadran puis passez et recevez des appels depuis votre montre. Utilisez son écran tactile couleur pour naviguer entre toutes les fonctionnalités :

- Contrôle du lecteur mp3 de votre smartphone (réglage du volume et changement de pistes)
- Affichage de l'heure et la date.
- Possibilité de programmer jusqu'à 5 alarmes.
- Technologie bluetooth 4.0
- Déclencheur photo/vidéo*
- Lecture des SMS et MMS*
- Avertisseur de notifications (SMS, MMS, Gmail, WeChat, QQ, Facebook, Twitter etc...)*.
- Fonction antivol : la montre sonne lorsqu'elle est à plus de 10m de votre smartphone.
- Podomètre, chronomètre, baromètre et même calculatrice!
- Contrôle et analyse du sommeil

*Fonctions compatibles sous Android uniquement.



**Enfin une montre connectée
High-Tech et accessible!**

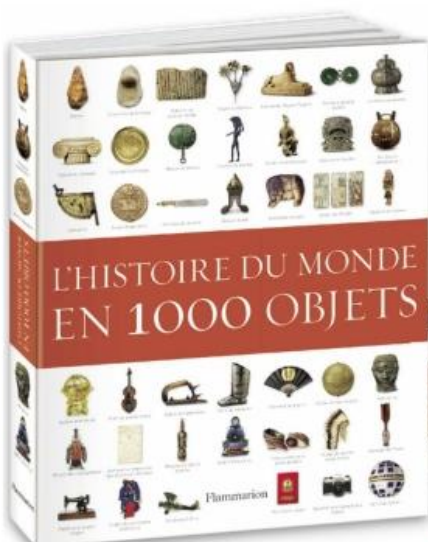
Montre connectée

ÉVOLUTION AIR WATCH - 99 € ou 3x33 €

DIMENSIONS DU CADRAN : 40x47x9,9MM, POIDS : 44GR. COMPATIBILITÉ : IOS (À PARTIR D'IOS 5.0) ET ANDROID (À PARTIR D'ANDROID 4.3). ÉCRAN : ÉCRAN TACTILE COULEUR TFT LCD DE 1,44 POUCES DE 128x128 PIXELS. PROCESSEUR : MTK6260-ARM7 DE 360 MHz. MÉMOIRE : RAM SRAM MTK6260 DE 32 MB / ROM FLASH DE 32 MB. CONSOMMATION : 60mA EN APPEL, 0,9mA EN UTILISATION ET 0,3mA EN VEILLE. TECHNOLOGIE BLUETOOTH : 4.0. TYPE DE BATTERIE : BATTERIE RECHARGEABLE LITHIUM-ION POLYMÈRE 3,7V/230 MAH. VIBREUR INTÉGRÉ. PORTÉE : ENVIRONS 10 MÈTRES. HAUT-PARLEUR : 8Ω/0,5W x 1. PORT USB DE RECHARGE : MICRO USB (CÂBLE DE RECHARGE FOURNI). GARANTIE 2 ANS. ÉCO-PARTICIPATION INCLUSE.

**PAIEMENT
3X
SANS
FRAIS**

**LIVRAISON RAPIDE
COLOSSIMO
OFFRTE**



Recommandé par S&V*!



**Du néolithique
à notre siècle!**

Les objets de la vie courante tels que bijoux, outils, tableaux, pièces de monnaie... témoignent des évolutions techniques, habitudes et croyances. Appréhendez avec cette riche chronologie les évolutions des moyens de communication, de transport, ou encore des progrès des sciences, de la médecine, de l'éducation ou de la mode!

L'histoire du monde en 1000 objets - 35 €

400 PAGES. DIM. 25,2x30,1 CM. ÉDITIONS FLAMMARION.

*Rubrique À voir à lire, S&V n°1179 p.133.

NOUVEAU



**Écrit par Nathalie Deruelle,
directeur de recherche au CNRS**

**Une perspective originale
de la théorie de la relativité...**

Découvrez pourquoi la théorie de la gravitation d'Einstein a supplanté la loi de l'attraction universelle de Newton, et a instauré un changement profond de notre perception de l'espace et du temps. Retracer aussi le parcours de la science depuis 2500 ans, et ceux de Pythagore ou Einstein. Les liens qui unissent physiques et mathématiques vont vous surprendre!

**De Pythagore à Einstein,
tout est nombre - 24 €**

192 PAGES. DIM. 18,5x24,5 CM. ÉDITIONS BELIN. AUTEUR : NATHALIE DERUELLE.



**Un classique
du XVI^e siècle!**

La densité du liquide varie en fonction de la température. Inventé par Galileo Galilei (1564-1642), ce thermomètre mesure la température précise, de manière originale et décorative. Plus ludique que les thermomètres électroniques et à mercure, la température est indiquée sur la médaille inférieure du groupe d'ampoules situées en haut.

**Thermomètre
de Galilée - 20 €**

DIAMÈTRE : 30 MM. HAUTEUR : 24 CM.

La Boutique

SCIENCE & VIE

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

Le charme d'un tourne disques rétro!

Ecoutez tous vos vinyles où que vous soyez grâce à ce magnifique tourne disques « valise ». Conservez informatiquement tous vos tubes préférés avec son encodeur audio ou profitez des deux enceintes intégrées pour écouter vos mélodies.

Valise tourne disques MUSE

TOURNE-DISQUES STÉRÉO 3 VITESSE 33/45/78 TOURS. DIMENSIONS : 257 mm (H) x 118 mm (P) x 352 mm (L). POIDS NET: 2,7 kg. PORT USB POUR LA LECTURE ET L'ENCODAGE. ARRÊT AUTOMATIQUE. ADAPTATEUR DE DISQUE 45 TOURS. VALISE FINITIONS CUIR GRAINÉ. PRISE SORTIE RCA. PRISE ENTRÉE AUXILIAIRE (3,5 mm). 2 ENCEINTES INTÉGRÉES. ALIMENTATION : AC : 100 - 240V, 50/60 Hz. ACCESSOIRES : ADAPTATEUR SECTEUR, STYLUS DE REMPLACEMENT. GARANTIE 1 AN. ÉCO PARTICIPATION INCLUSE.



NOUVEAU

99€
seulement!
OU
3x33€

LIVRAISON RAPIDE
COLISSIMO
OFFERTE

PAIEMENT
3x
SANS
FRAIS



Protégez et rangez vos magazines!

La reliure Science & Vie - 15€

COUVERTURE TOILÉE.
CONTIENT 12 NUMÉROS.



Pensez au kit de nettoyage! - 16,90€

CHIFFON, LIQUIDE DE NETTOYAGE, BROsse DOUCE EN FIBRE DE CARBONE.

POUR COMMANDER ET S'INFORMER

www.laboutiquescienceetvie.com

Exclusivité Internet: Livraison en Points Relais®, PayPal®

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

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

EN CADEAU avec votre commande dès 49€

Le livre «Star Wars, le mythe et la science» de Science & Vie

Découvrez jusqu'où LA SCIENCE REJOINT LA FICTION, GRÂCE À VOTRE SAGA PRÉFÉRÉE!



BON DE COMMANDE

Articles	Réf.	Quantité	Prix	Sous-total
Livre «De Pythagore à Einstein, tout est nombre»	395.632	x	24€	= €
Thermomètre de Galilée	388.926	x	20€	= €
Livre «L'histoire du monde en 1000 objets»	394.874	x	35€	= €
Montre connectée EVOLUTION AIR WATCH	397.596	x	99€	= €
Valise tourne disques MUSE	397.612	x	99€	= €
Kit de nettoyage pour disques	373.720	x	16,90€	= €
Reliure Science & Vie	353.458	x	15€	= €

SOUS-TOTAL €

Avec ma commande dès 49€, je reçois en CADEAU le livre STAR WARS OFFERT

FRAIS D'ENVOI (cocher la case de votre choix)	<input type="checkbox"/> Envoi normal	6,90€
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 49€	Envoi Colissimo	GRATUIT
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 75€	Livraison rapide Colissimo	7,90€
<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 75€	Livraison rapide Colissimo	GRATUIT
TOTAL		€

Offres valables en France métropolitaine uniquement dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 31/05/2016. Délai de livraison des produits : maximum 2 semaines après l'enregistrement de votre commande sauf si envoi par Colissimo (5 jours max.). Selon l'article L121-21 du code de la consommation, vous disposez d'un délai de 14 jours pour changer d'avis et nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Le droit de retour ne peut être exercé pour les enregistrements vidés 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'opposition et de rectification auprès de Mondadori. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. Cochez la case si refus ☐.

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

> Mes coordonnées

CODE AVANTAGE : 366.583

☐ M. ☐ M^{me} ☐ M^{lle}

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Complément d'adresse _____

(résidence, lieu-dit, bâtiment)

CP _____ Ville _____

Tél. _____

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

E-mail _____

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

> Mode de paiement

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

- ☐ en 1 fois la totalité de ma commande
- ☐ en 3 fois sans frais (à partir de 99€ d'achat)

☐ Je règle par carte bancaire

- ☐ en 1 fois la totalité de ma commande
- ☐ en 3 fois sans frais (à partir de 99€ d'achat)

PAIEMENT
3x
SANS
FRAIS

Carte bancaire N° _____

Expire fin: ____/____/____

Date et signature obligatoires

Cryptogramme _____

Les 3 chiffres au dos de votre CB

Je n'ai jamais vu ça !

ABDELHAK DJOUADI
LABORATOIRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE D'ORSAY

*Nous sommes tous
dans un état
d'excitation inédit*

ADAM FALKOWSKI
LABORATOIRE DE PHYSIQUE
THÉORIQUE D'ORSAY

*Plus de 200 articles ont
été publiés sur le sujet
depuis décembre !*

GEORGES AZUELO
UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL (CANADA)

*Cela pourrait
être une révolution
en physique*

GIAN GIUDICE
CERN

*Des impacts
majeurs sur notre
façon de penser
le monde
microscopique*

YASUNORI NOMURA
UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE
BERKELEY

*Un tsunami
intellectuel !*

YVES SIROIS
LABORATOIRE LEPRINCE-RINGUET,
PALAISEAU

*Si ça se
confirme,
ce sera
fantastique*

**DANIEL
DENEGRI**
CERN

*Officiellement, l'excitation
est interdite*

TESSA BAKER
UNIVERSITÉ D'OXFORD (ROYAUME-UNI)

C'est un moment crucial

GUILLAUME UNAL
CERN

L'UNIVERS N'EST PAS CE QU'ON CROIT !

Une quatrième dimension de l'espace ? Ou la preuve que le monde est double ? Ou s'agit-il d'une force inconnue de la nature ? Tout est aujourd'hui possible ! Car en novembre, alors qu'il était lancé à pleine puissance, le LHC a détecté un signal anormal... dont tout indique qu'il s'agit d'une nouvelle particule. Sauf que cette "particule X" ne cadre en rien avec tout ce que l'on sait de la matière ! Avant d'être détectée, nul ne soupçonnait son existence. Depuis lors, c'est la folie chez les physiciens. Ils viennent peut-être de faire la découverte la plus importante depuis 100 ans. Car en l'état, la particule X est en train de renverser toutes les certitudes. Elle renverse notre vision de l'Univers, le monde de la physique... et même nous, à *Science & Vie*.

PAR MATHIEU GROUSSON - ILLUSTRATIONS DIDIER FLORENTZ

Un signal. Un simple signal. Trois fois rien en apparence. Quelques dizaines de photons ultraénergétiques détectés au sein du LHC, l'accélérateur géant de particules du Cern, enterré près de Genève. Lequel, il est vrai, était lancé à sa puissance maximale. Une première depuis sa création. De quoi sonder les arcanes de la matière comme jamais auparavant.

Ce signal, capté par les deux grands détecteurs Atlas et CMS, est apparu fin novembre 2015, une fois analysées toutes les données issues des fantastiques gerbes de particules qu'a engendrées depuis le début de l'année l'anneau de 27 km du Cern. Et depuis lors, le monde ne ressemble plus à l'idée qu'on s'en faisait jusqu'ici...

Concrètement, ce signal a pris la forme d'une petite bosse sur la courbe recensant les paires de photons captées. Une bosse caractéristique de l'existence d'une toute nouvelle particule, qui se serait matérialisée lors des collisions avant de se désintégrer en deux photons. A l'appui de cette hypothèse : les deux signaux enregistrés par les deux détecteurs "piquent" exactement à la même masse, 750 gigaelectronvolts (GeV), désignant une particule quatre fois plus massive qu'un atome de plomb.

UNE PARTICULE QUE PERSONNE NE SOUPÇONNAIT

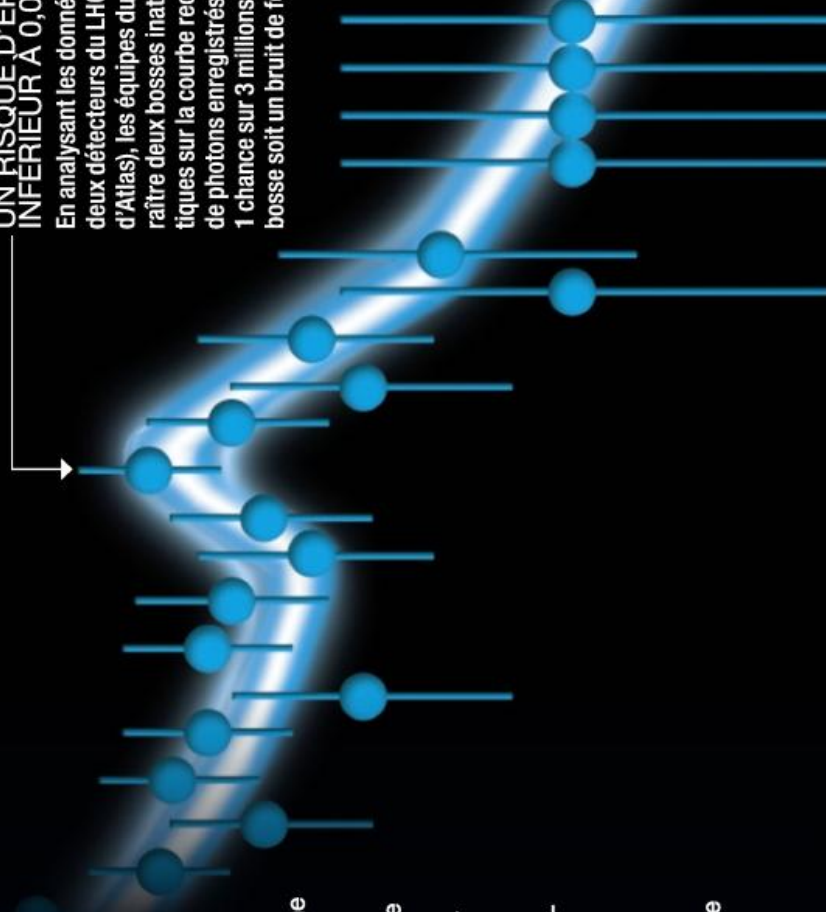
A quel point ce signal est-il réel ? Pour que la découverte d'une particule soit officiellement annoncée, il faut que chaque détecteur ait moins de 1 risque sur 3,5 millions de se tromper. Or, le 17 mars, après étude approfondie des données, l'équipe d'Atlas annonçait avoir moins de 1 chance sur 20 000 de se tromper, celle de CMS 1 sur 3 000. Ce qui, si on cumulait l'ensemble des données, donnerait moins de 1 chance sur 3 millions que le signal soit une simple fluctuation statistique ! Depuis cette date, l'idée qu'il s'agit bien d'une particule totalement inconnue est dans tous les esprits.

Un signe : les publications sur la découverte de cette particule dont nul ne soupçonnait l'existence se multiplient à un rythme effréné – plus de 250 en quelques mois ! Quasiment du jamais vu. Pour lever les derniers doutes, il faudra attendre

ET SOUDAIN, UN SIMPLE SIGNAL A TOUT BOULEVERSE

UN RISQUE D'ERREUR INFÉRIEUR À 0,00003 %

En analysant les données de 2015 des deux détecteurs du LHC (ici, celles d'Atlas), les équipes du Cern ont vu apparaître deux bosses inattendues identiques sur la courbe recensant le nombre de photons enregistrés. Il y a moins de 1 chance sur 3 millions que cette double bosse soit un bruit de fond statistique.



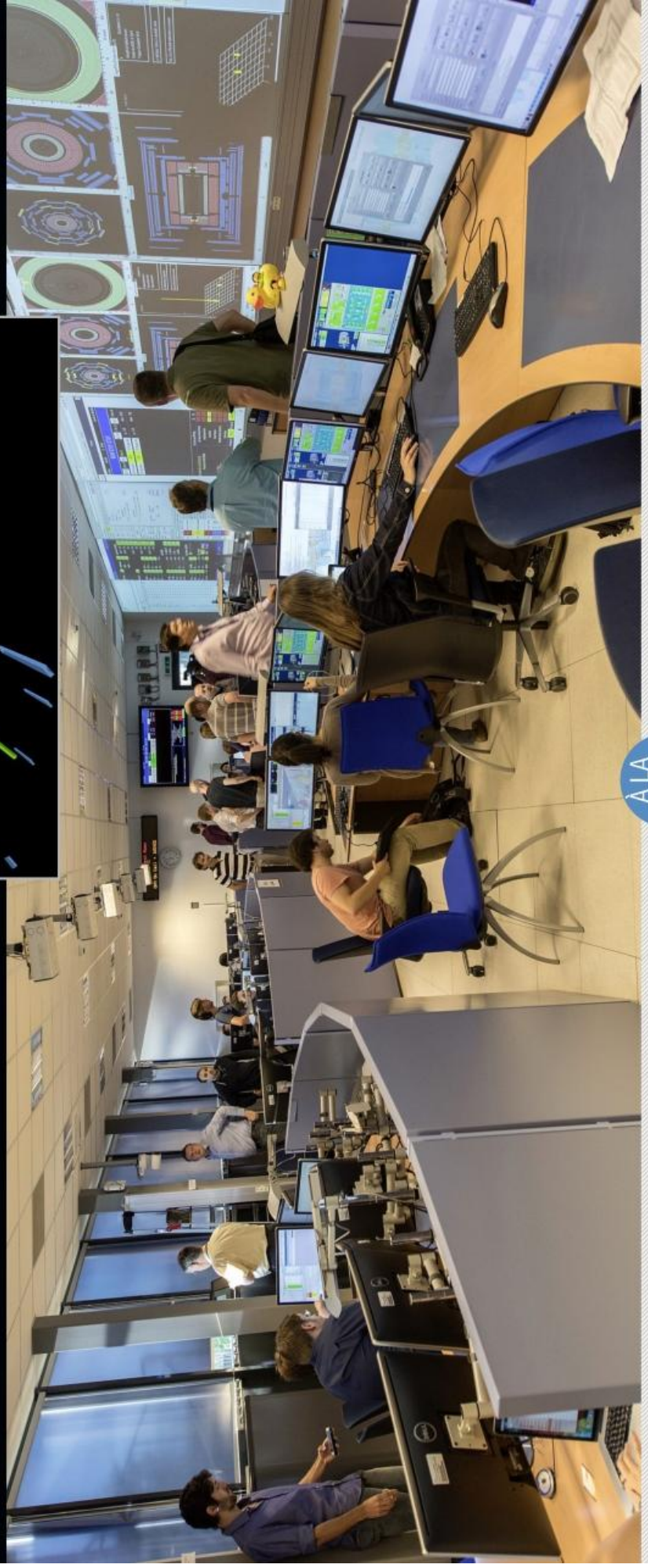
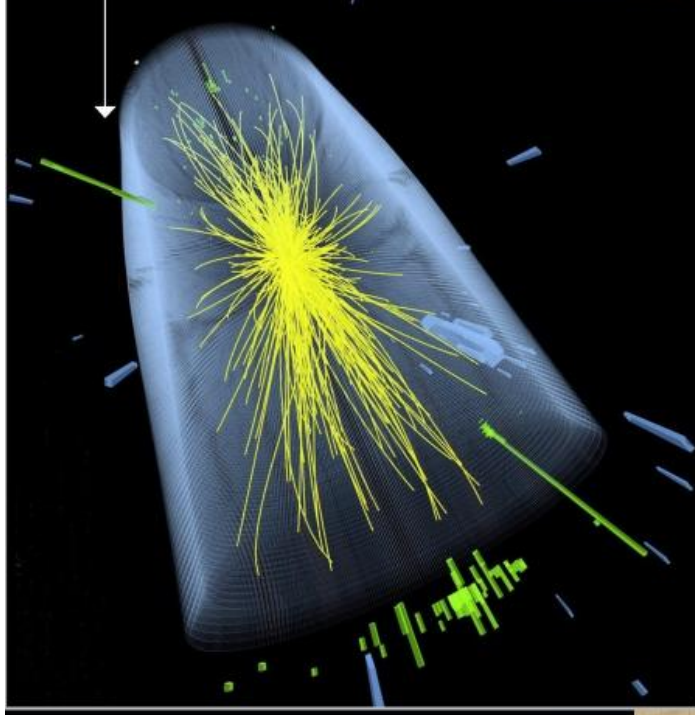
la fin de l'été. De fait, l'accélérateur est à l'arrêt depuis début décembre pour maintenance et doit redémarrer début mai, avec la même puissance mais une cadence de tir supérieure. *"Il est trop tôt pour fêter quoi que ce soit", lâche ainsi Marumi Kado, le porte-parole d'Atlas. Avant d'ajouter que "les deux fluctuations sont tout de même très impressionnantes".* Pour sa part, Yves Sirois, le responsable scientifique de CMS, ne cache pas que *"cela évolue dans le bon sens, si bien que nous prenons la chose très au sérieux"*. En privé, la plupart des experts interrogés jubilent : *"Pas mal de gens, dont moi, vont célébrer ça en cachette !"*, confie l'un d'eux.

En un mot, les physiciens commencent à croire que l'impossible est arrivé : il existe une particule qu'ils n'avaient pas du tout prévue. Une particule X qui constitue sans doute la plus déroutante découverte que la physique des particules puisse offrir au monde...

PIERRE DESCOMBES/IMAGES DE MARQUE GENEVE - CERN

LE LHC LANCÉ À SA PUISSANCE MAXIMALE

Depuis 2015, le LHC tourne à plein régime, avec des collisions d'une énergie sans précédent (13 TeV, contre 6 TeV jusqu'alors). Les gerbes de particules qui en sont issues (ici enregistrées par le détecteur CMS) permettent de plonger dans le monde matériel à une échelle jamais encore explorée.



Si le signal enregistré par les détecteurs du Cern a fait l'effet d'une bombe, c'est pour une raison simple : il sort totalement du cadre du modèle standard, le bestiaire officiel qui recense toutes les particules élémentaires censées exister dans la nature. Impossible de faire entrer la particule X dedans !

Pour comprendre, il faut savoir que le modèle standard organise depuis quarante ans notre monde autour de 26 particules élémentaires : 12 particules de matière (électron, quarks, neutrinos...) et 13 particules véhiculant les quatre interactions fondamentales à l'œuvre dans l'Univers (photon, gluons et bosons, sans oublier le graviton, transmetteur de la force de gravité, dont personne ne doute de l'existence même s'il n'a jamais encore été observé, ses effets à l'échelle microscopique étant infinitésimaux). Ce à quoi il faut ajouter le fameux boson de Higgs, découvert il y a seulement quatre ans, qui confère leur masse à toutes les autres particules.

NI DE MATIÈRE, NI DE FORCE, NI LE GRAVITON

Connaissant les propriétés de ces particules – masse, spin (l'équivalent d'une rotation interne), charge... –, le modèle standard permet de prédire la façon dont ces particules interagissent avec une précision jamais mise en défaut jusqu'ici.

Et justement, les spécialistes savent très bien analyser les processus prédits par le modèle standard lors des collisions de particules qui ont généré l'étrange signal. *"L'analyse de ces processus est relativement simple à réaliser et robuste, et les signaux expérimentaux correspondants sont très propres"*, explique Elisabeth Petit, membre de l'équipe Atlas. En l'occurrence, le nombre de photons enregistrés en fonction de leur énergie devrait suivre une courbe parfaitement lisse. Mais voilà : les résultats expérimentaux font apparaître une bosse (voir la courbe ci-dessous). Or, l'écart



UNE MYSTÉRIEUSE PARTICULE QUI NE RESSEMBLE À RIEN DE CONNU

12 PARTICULES DE MATIÈRE

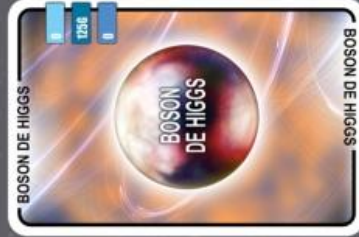
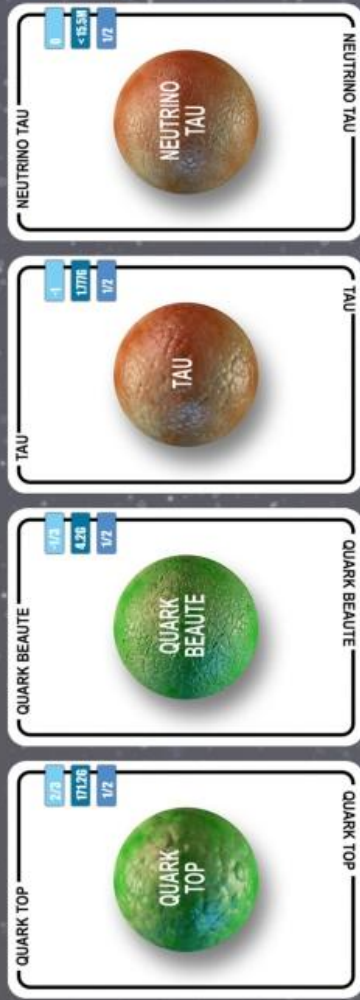
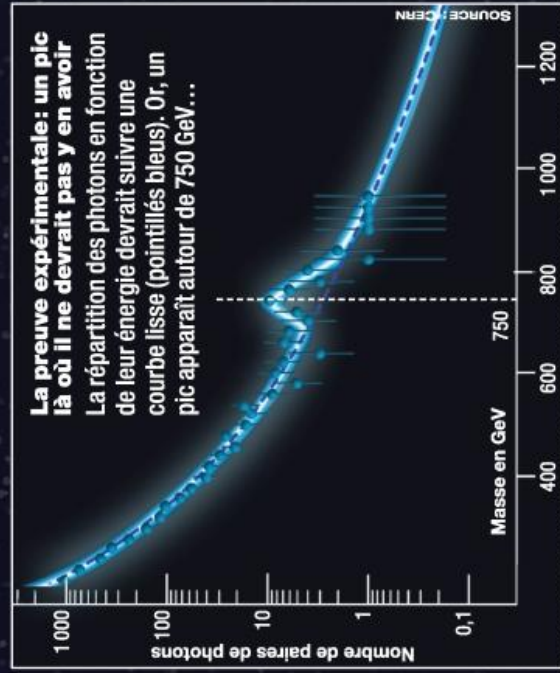
<p>QUARK UP</p> <p>CHARGE $2/3$ MASSE 2.4 MeV SPIN $1/2$</p> <p>QUARK UP</p>	<p>QUARK DOWN</p> <p>CHARGE $-1/3$ MASSE 4.8 MeV SPIN $1/2$</p> <p>QUARK DOWN</p>	<p>ELECTRON</p> <p>CHARGE -1 MASSE 0.511 MeV SPIN $1/2$</p> <p>ELECTRON</p>	<p>NEUTRINO ELECTRONIQUE</p> <p>CHARGE 0 MASSE $< 2.2\text{ eV}$ SPIN $1/2$</p> <p>NEUTRINO ELECTRONIQUE</p>
<p>QUARK CHARMÉ</p> <p>CHARGE $2/3$ MASSE 1.27 GeV SPIN $1/2$</p> <p>QUARK CHARMÉ</p>	<p>QUARK ÉTRANGE</p> <p>CHARGE $-1/3$ MASSE 104 MeV SPIN $1/2$</p> <p>QUARK ÉTRANGE</p>	<p>MUON</p> <p>CHARGE -1 MASSE 105.7 MeV SPIN $1/2$</p> <p>MUON</p>	<p>NEUTRINO MUONIQUE</p> <p>CHARGE 0 MASSE $< 0.19\text{ eV}$ SPIN $1/2$</p> <p>NEUTRINO MUONIQUE</p>

observé entre la théorie standard et les résultats expérimentaux obtenus au LHC ne peut être interprété que d'une seule façon, simple et radicale : la particule massive qui s'est apparemment matérialisée lors des collisions ne fait pas partie du modèle standard !

En l'état, ce ne peut être ni une particule de matière classique, ni une particule de force classique, ni le boson de Higgs. Ni même le graviton, dont la masse est par principe nulle. Il s'agit donc nécessairement d'autre chose. Quoi ? Les idées envisagées par les théoriciens ces derniers mois prennent trois directions radicalement différentes. Chacune confère une identité originale à la particule X. Chacune dynamite le modèle standard. Chacune propose une autre vision de notre monde matériel.

Seules de nouvelles données expérimentales permettront de trancher, dans un sens ou dans l'autre. Mais dans tous les cas, une chose est sûre : au vu de ce qu'on sait de lui aujourd'hui, le X est l'annonceur d'une grande révolution.

La révélation que le monde matériel dans lequel nous vivons, fait de cailloux et d'étoiles, est beaucoup plus bizarre que ce que l'on imaginait...



Elle est incompatible avec le modèle standard

Le modèle standard décrit les 26 particules élémentaires connues. Il recense 12 particules de matière, qui s'organisent en trois générations (rangées en ligne sur ce tableau). Treize autres particules, dites de force, véhiculent les quatre interactions fondamentales : huit gluons, un photon, trois bosons et un graviton. Enfin, le boson de Higgs confère leur masse à toutes les autres particules. Le X ne correspond à aucune de ces catégories : il ne rentre pas dans ce modèle...

L'idée séduit nombre de spécialistes de l'infiniment petit: la particule X, en l'état, pourrait être un... second boson de Higgs. Et si l'hypothèse se vérifiait, elle obligerait à reconsidérer tout ce que l'on sait de la nature élémentaire. Et pour cause: cela déclencherait l'existence d'une incroyable flopée de nouvelles particules élémentaires inédites, jusqu'à 45 selon certains théoriciens.

Pour le dire autrement, ce deuxième Higgs pourrait être le premier représentant de la supersymétrie, une des plus fameuses extensions imaginées au modèle standard pour colmater ses brèches – restées béantes d'ailleurs. Son principe? A chaque particule de matière correspondrait une particule de force encore à découvrir, et réciproquement. Aux quarks correspondraient des squarks, aux gluons des gluinos, au graviton un-gravitino, etc. A l'univers élémentaire

ET SI C'ÉTAIT LE SIGNE D'UNE NOUVELLE SYMÉTRIE ?

que nous connaissons répondrait, comme dans un miroir, un autre monde particulaire invisible et, à ce jour, inexploré.

Sur le papier, la supersymétrie prévoit par ailleurs l'existence non pas d'une, mais de cinq particules de Higgs, de plus en plus lourdes; le X pourrait être le deuxième. "Les données actuelles, en particulier sur son spin, sont compatibles avec cette hypothèse", analyse Abdelhak Djouadi, au Laboratoire de physique théorique d'Orsay.

A ceci près que cette particule serait la messagère d'une version de la supersymétrie à laquelle personne ne s'attendait, puisqu'en plus des superpartenaires, elle devrait s'accompagner de nouvelles particules classiques. "Vu l'importance de son taux de production et de désintégration, celles-ci sont des intermédiaires nécessaires de sa manifestation, puis de sa désintégration dans le détecteur", assure John Ellis, à la division théorique du Cern.

Ainsi, selon Riccardo Barbieri, à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, en Suisse, "on peut rendre compte de l'important taux de production de la nouvelle particule en postulant l'existence de deux nouvelles générations complètes, semblables aux trois que comprend déjà le modèle standard". En clair: s'ajouteraient au bestiaire quatre

D.FLORENZ

NOUVELLES PARTICULES DE MATIÈRE



MODÈLE STANDARD



nouveaux quarks, deux cousins massifs de l'électron et deux neutrinos... plus leurs partenaires supersymétriques!

Pour en avoir le cœur net, la meilleure solution serait de débusquer directement quelques-uns des superpartenaires des particules connues. "En particulier les *gluinos* et les *squarks*", précise Adam Falkowski, au Laboratoire de physique théorique d'Orsay.

L'avènement de ce nouveau modèle serait la preuve d'une profonde unité de la nature : matière et force seraient les deux faces d'une seule et même réalité. L'analyse des symétries dans les phénomènes physiques, qui a servi depuis deux siècles de guide à l'édification des lois fondamentales, trouverait là sa plus récente conséquence.

Et il faudrait alors se faire à l'idée que nous vivons dans un monde à la fois plus compliqué et plus unifié que ce que nous imaginions. Un monde qui en vaut deux...

Le X est ici un second boson de Higgs accompagné d'une flopée de nouvelles particules

Si le X impose l'existence de la supersymétrie, alors des dizaines de nouvelles particules viennent s'ajouter à celles du modèle standard. D'abord une nouvelle particule supersymétrique de force pour chaque particule de matière, puis une nouvelle particule supersymétrique de matière pour chaque particule de force. Plus 4 nouveaux bosons. Les propriétés du X, qui serait un deuxième Higgs, suggèrent l'existence de nouvelles particules de matière classique, peut-être deux nouvelles générations complètes, avec leurs partenaires supersymétriques.



À LA UNE

Aux yeux de nombreux théoriciens, le X ne serait pas le signe d'une supersymétrie: il pourrait s'agir plutôt d'une particule composite, à l'instar du proton, cet assemblage de quarks liés par l'interaction forte. Sauf qu'ici, elle serait constituée de particules élémentaires totalement inconnues, qui plus est liées entre elles par une force dont on ignore tout.

Dit comme ça, cela paraît très spéculatif... Mais une hypothèse très proche avait déjà été avancée dans les années 1970. Et si l'idée était un peu tombée en désuétude, elle revient aujourd'hui en force avec la particule X. Car, comme le résume Christophe Grojean, du groupe théorique Desy, à Hambourg, "les données dont nous disposons, en particulier sur son spin égal à 0, sont compatibles avec cette hypothèse".

L'une des formulations les plus abouties de cette idée a été proposée par Yasunori Nomura, à l'université de Californie, à Berkeley. Selon lui, le X cacherait dans son sillage au moins trois autres nouvelles particules composites. Quelle est leur nature? Combien sont-elles? Quelles sont les propriétés de la nouvelle force? "Cela dépend fortement du modèle explicite considéré", répond Yasunori Nomura. Seules des données supplémentaires permettront de répondre. "Seule certitude: 'Cela signifierait que la nature ne compte pas quatre forces fondamentales, mais cinq!'"

Une nouvelle force? Quel choc ce serait! Rappelons que la découverte de la force électromagnétique a fait naître la fée électricité, et celle des interactions faibles et fortes le feu nucléaire...

ET SI C'ÉTAIT LE SIGNE D'UNE NOUVELLE FORCE?

Pour l'heure, difficile d'entrevoir les promesses de cette hypothétique cinquième force. À l'évidence, il est peu vraisemblable qu'elle fasse un jour lévirer les trains... Et pour cause: elle n'aurait aucune action sur la matière ordinaire. "Mais qui sait si elle n'a pas même joué un rôle prépondérant au sein du magma primordial, au moment du big bang?", s'interroge Christophe Grojean.

Une chose est claire: si nouvelle force il y a, une myriade de nouvelles particules composites non prédites par le modèle standard devraient bientôt faire leur apparition au LHC. "Une preuve indubitable serait la découverte de la particule vectrice de cette nouvelle interaction", ajoute Adam Falkowski, au Laboratoire de physique théorique d'Orsay.



AU MOINS 3 NOUVELLES PARTICULES





Le X est issu de nouvelles particules tenues par une force inconnue

Si le X s'avère associé à l'existence d'une nouvelle force fondamentale, alors le modèle standard se verrait adjoindre une ou plusieurs nouvelles particules de force afin de véhiculer cette nouvelle interaction. Celle-ci opérerait sur de nouvelles particules fondamentales, en nombre également indéterminé à ce jour. Dans ce cas, le X serait le représentant d'une nouvelle famille de particules composites, assemblage de ces nouvelles particules élémentaires liées entre elle par la nouvelle force.

D. FLORENTZ

C'est la solution la plus radicale, la plus bouleversante et la plus difficile à concevoir : le X pourrait être issu d'une quatrième dimension. Une quatrième dimension ?

Tout le monde constate pourtant que l'espace autour de nous n'en a que trois : en haut, en face et sur le côté. Vers où diable se tourner pour en trouver une quatrième ?

Une des façons de voir, autant que faire se peut, où se cache cet outre-espace, consiste à imaginer un fil tendu entre deux poteaux.

Pour l'équilibriste qui ne peut qu'avancer ou reculer dessus, c'est une ligne, un espace à une seule dimension. Mais pour la fourmi qui peut en faire le tour, ce même fil possède une dimension supplémentaire minuscule et enroulée sur elle-même : c'est une surface à deux dimensions.

Il en irait de même pour notre espace tridimensionnel classique : en chaque endroit se déploierait une minuscule dimension supplémentaire, complètement repliée sur elle-même. Chaque point serait un mini-cercle.

UNE SORTE D'ÉCHO DANS NOS 3 DIMENSIONS

L'idée que l'espace puisse avoir plus de trois dimensions n'est pas nouvelle en physique. Elle est même au cœur de la théorie des cordes, ce vaste édifice candidat à l'unification des quatre forces fondamentales.

En particulier dans un modèle proposé en 1999 par Lisa Randall, à Harvard, et Raman Sundrum, à l'université du Maryland, le graviton, contrairement aux autres particules de force, est susceptible de se propager dans la dimension supplémentaire – ce qui permet d'expliquer pourquoi la gravitation est beaucoup moins intense que les trois autres interactions connues.

ET SI C'ÉTAIT LE SIGNE D'UNE QUATRIÈME DIMENSION SPATIALE ?



Conséquence mécanique de cette incursion : les mouvements du graviton dans la quatrième dimension génèrent une sorte d'écho dans nos trois dimensions habituelles. Et si suffisamment d'énergie est concentrée en un point, comme le fait le LHC, cet écho doit se matérialiser en une particule – en vertu du fameux $E=mc^2$ d'Einstein, qui lie l'énergie et masse.

Le X pourrait être ce graviton massif. A ce stade, rien ne l'interdit. C'est en tout cas la conclusion de Steve Giddings, à l'université de Santa Barbara, auteur de *"l'article le plus complet sur cette possibilité à ce jour"*, selon Adam Falkowski, au Laboratoire de physique théorique d'Orsay.

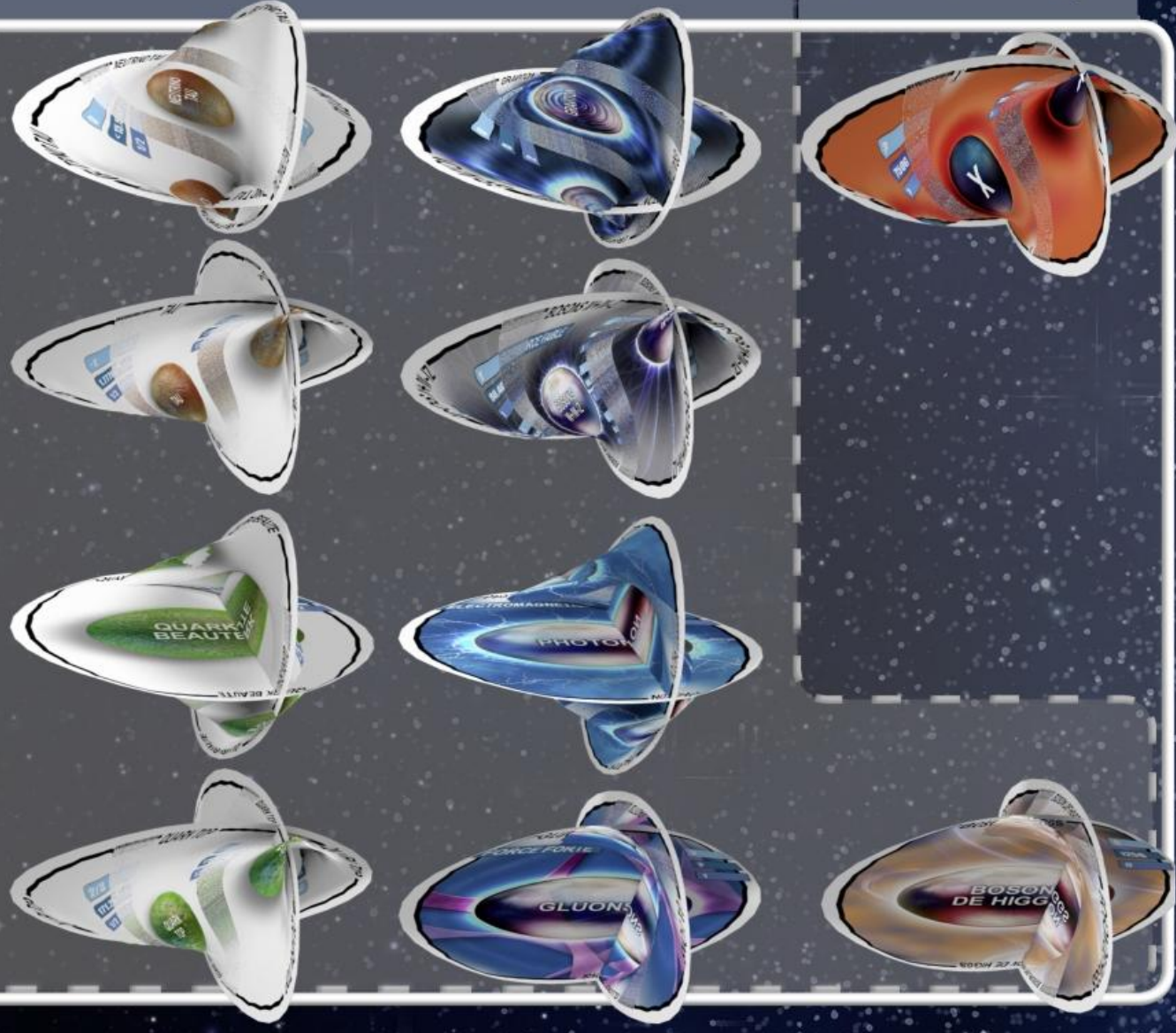
Pour trancher, il suffira de mesurer son spin. Car, parmi toutes les particules, seul le graviton et ses éventuels avatars extradimensionnels possèdent un spin égal à deux. *"Ce serait alors la preuve indubitable que l'espace compte plus de trois dimensions!"*, s'exclame Steve Giddings. Ce serait donc une révolution sans précédent!

Le X est ici un graviton massif qui se propage dans 4 dimensions

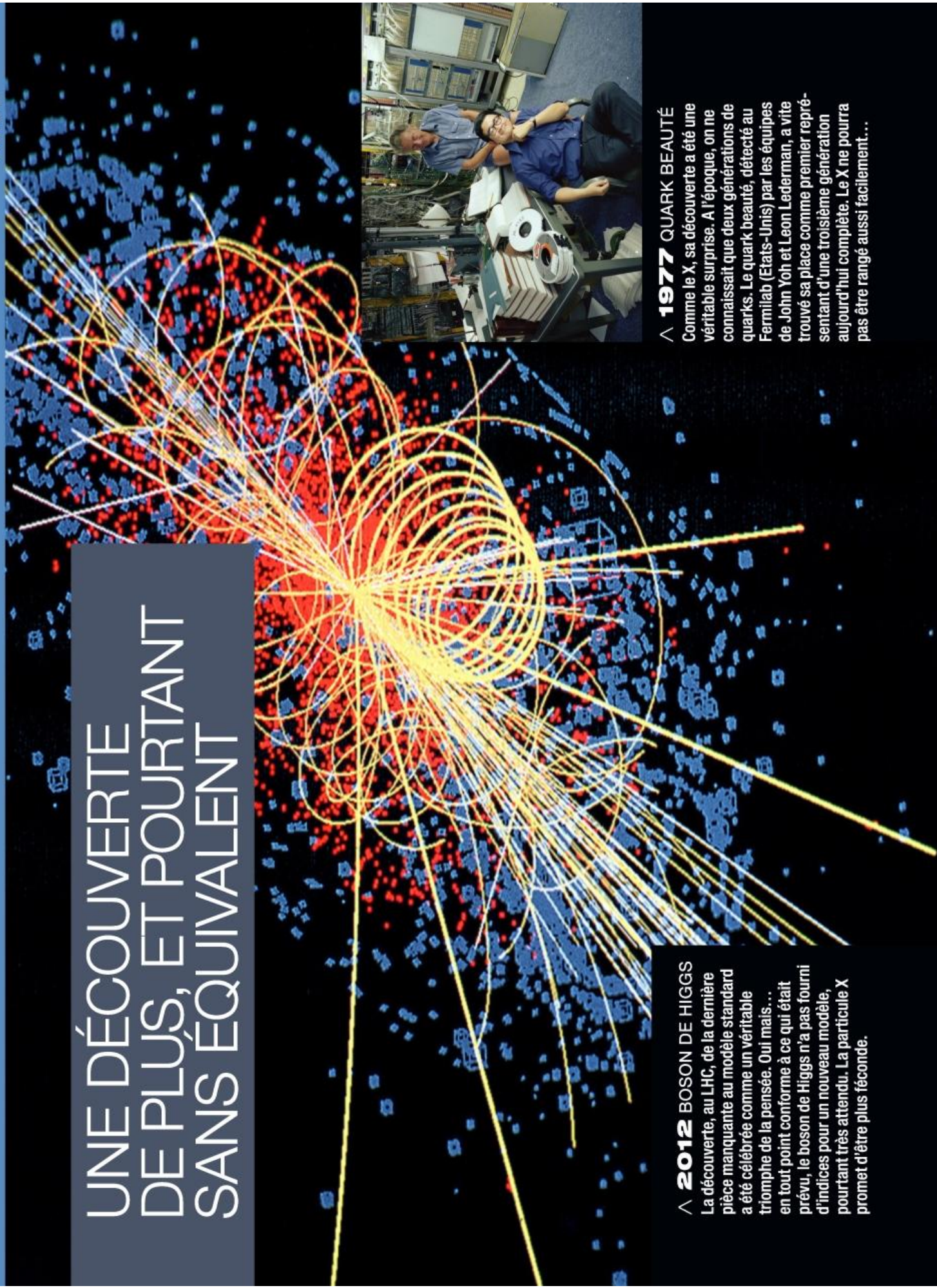
Si le X était associé à l'existence d'une nouvelle dimension spatiale, le modèle serait en un sens très peu remanié. Sauf que, plutôt que d'être véhiculée par une seule particule, la force de gravitation serait désormais associée à deux gravitons, dont un massif – notre fameuse particule X. Autre différence : la gravitation serait désormais susceptible de se propager également dans la minuscule dimension supplémentaire. En revanche, les autres forces resteraient cantonnées aux trois dimensions "standard".

D.FLORENTZ

1 NOUVEAU GRAVITON



UNE DÉCOUVERTE DE PLUS, ET POURTANT SANS ÉQUIVALENT



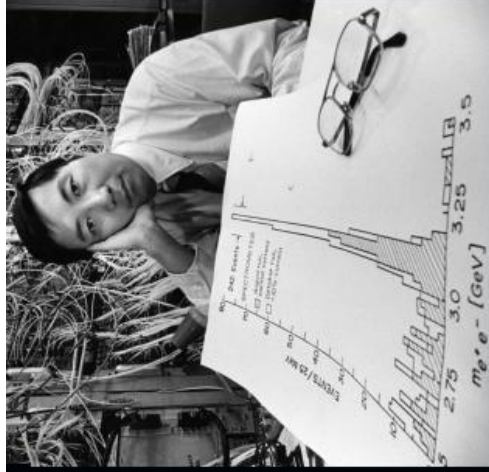
^ **2012** **BOSON DE HIGGS**
La découverte, au LHC, de la dernière pièce manquante au modèle standard a été célébrée comme un véritable triomphe de la pensée. Oui mais... en tout point conforme à ce qui était prévu, le boson de Higgs n'a pas fourni d'indices pour un nouveau modèle, pourtant très attendu. La particule X promet d'être plus féconde.



^ **1977** **QUARK BEAUTÉ**
Comme le X, sa découverte a été une véritable surprise. A l'époque, on ne connaissait que deux générations de quarks. Le quark beauté, détecté au Fermilab (Etats-Unis) par les équipes de John Yoh et Leon Lederman, a vite trouvé sa place comme premier représentant d'une troisième génération aujourd'hui complète. Le X ne pourra pas être rangé aussi facilement...

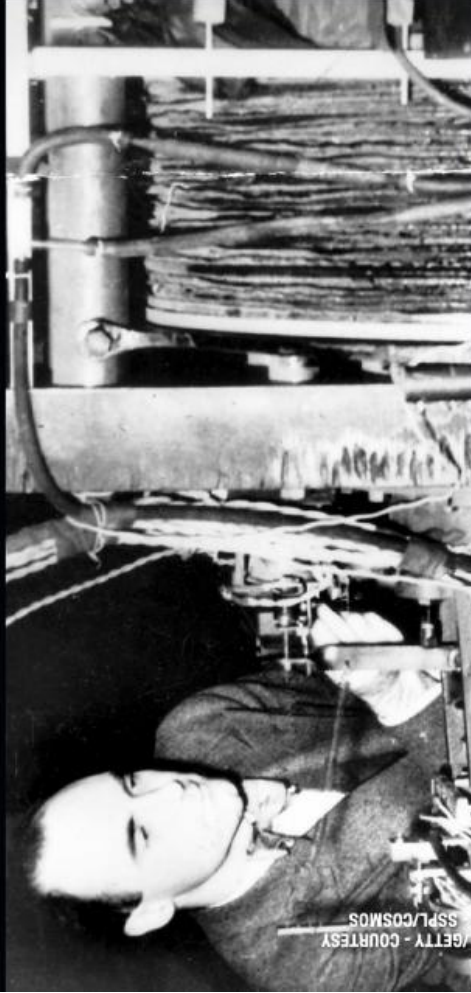
> 1974 J/PSI

La découverte concomitante par Samuel Ting, au laboratoire américain de Brookhaven (photo), et Burton Richter, au Centre de l'accélérateur linéaire de Stanford (SLAC), de cette particule composée d'un quark charmé et de son antiquark a fait tomber en désuétude les théories concurrentes du modèle standard. Alors que la particule X, elle, n'était prévue par aucun modèle.



> 1936 MUON

Cette particule, découverte dans les rayons cosmiques par le physicien américain Carl Anderson, a d'abord été considérée comme extravagante, jusqu'à ce qu'on se rende compte qu'il s'agit d'un cousin "obèse" de l'électron. Le X, de son côté, n'a pas de cousin direct parmi les particules référencées.



^ 1932 POSITRON

Découverte elle aussi dans les rayons cosmiques par Carl Anderson, cette particule est en tout point semblable à l'électron, mais avec une charge électrique positive. L'existence de cette antimatière, parfaitement symétrique à la matière classique, imposa l'idée que le monde des particules est régi par des règles simples et élégantes. Alors que le X nous parle d'un monde plus compliqué.

^ 1923 PHOTON

La découverte de la nature corpusculaire de la lumière par l'Américain Arthur Compton donna raison à Einstein, qui en avait fait l'hypothèse dès 1905. Elle contribua surtout à décaler l'horizon qu'était en train d'ouvrir la mécanique quantique, alors naissante. Tandis que le X, pour l'instant, semble laisser béantes bon nombre de failles de la physique fondamentale.

^ 1897 ÉLECTRON

La démonstration par le physicien anglais Joseph Thomson que les rayons cathodiques sont en réalité composés de particules mille fois moins massives que l'atome d'hydrogène a marqué le début enthousiaste de l'ère de l'exploration de la structure intime de la matière. Avec le X, les physiciens sont maintenant fébriles : et si c'était la fin d'une ère ?

PARTICULE X: MAIS DANS QUEL MONDE VIVONS-NOUS ?

Dans tous les cas, il y aura un avant et un après-X! Cette particule inattendue qui bouleverse aujourd'hui la physique s'apprête à renverser notre façon de penser le monde, et peut-être aussi notre capacité à le comprendre...

“**M**ais qui a commandé ça !?” Alors qu'une nouvelle particule que personne n'attendait est peut-être en train de se matérialiser dans les anneaux du LHC, la saillie lancée par le physicien Isidor Rabi en 1936, en apprenant la découverte du muon, est sur toutes les lèvres. Elle traduit bien ce cocktail émotionnel de haute intensité que provoque le mystérieux signal parmi les spécialistes de la matière élémentaire.

Comme pour tout le monde, bien sûr, il y a l'excitation. Enfin du nouveau ! N'est-ce pas fascinant de découvrir de nouvelles

facettes de notre monde ? De sentir la possibilité d'une nouvelle force, de faire surgir une nouvelle symétrie, d'entrevoir une nouvelle dimension ? Et le moment est encore plus palpitant pour des expérimentateurs dont le travail, depuis quarante ans, s'était essentiellement résumé à valider les prédictions d'un modèle standard qu'ils savaient depuis longtemps dépassé.

Cette excitation, inévitablement, s'accompagne d'une pointe d'anxiété. Et si ce n'était que du vent ? Alors que l'accélérateur va redémarrer à pleine puissance en ce début du mois de mai, et que la sentence va tomber dans trois ou quatre mois, le suspense est entier :

et si, malgré tous les indices positifs, la particule X se révélait n'être qu'une fluctuation statistique sans la

< **LE LHC VA TRANCHER D'ICI À LA FIN DE L'ÉTÉ**
Début mai, les collisions de particules reprendront au LHC. Et c'est sûr : au plus tard à la fin de l'été, les données seront en nombre suffisant pour savoir de quoi la particule X est véritablement le nom.





le même problème de gonflement du Higgs: ils imaginaient un Higgs composite, constitué de particules élémentaires inconnues liées entre elles par une cinquième force.

Sauf que cette cinquième force, dont la particule X pourrait révéler l'existence, semble vouloir se manifester à une énergie plus basse qu'attendu. Obligeant les théoriciens à se lancer dans des bricolages théoriques afin d'expliquer pourquoi les effets indirects de cette force n'ont pas déjà été détectés dans d'autres expériences.

Une particule supersymétrique? Cela fait cinquante ans que de nombreux théoriciens espèrent démontrer l'existence de cette symétrie liant particules de matière et particules de force. Un élégant principe qui permet de régler un entêtant problème du modèle standard – ses équations impliquent que la masse du boson de Higgs varie selon les processus dans lesquels il intervient.

A ceci près que les propriétés du X, en particulier son taux de production et de désintégration, obligent à postuler l'existence, en plus des particules supersymétriques, de nouvelles particules de matière incon nue (et de leurs partenaires!) qui semblent tout droit sorties d'un chapeau.

Une nouvelle force? L'idée avait été proposée dès les années 1970 par Steven Weinberg et Leonard Susskind, à l'université Stanford. Leur but était de résoudre

le même problème de gonflement du Higgs: ils imaginaient un Higgs composite, constitué de particules élémentaires inconnues liées entre elles par une cinquième force.

Sauf que cette cinquième force, dont la particule X pourrait révéler l'existence, semble vouloir se manifester à une énergie plus basse qu'attendu. Obligeant les théoriciens à se lancer dans des bricolages théoriques afin d'expliquer pourquoi les effets indirects de cette force n'ont pas déjà été détectés dans d'autres expériences.

LE X OBLIGE À DES SPÉCULATIONS TORDUES

Une nouvelle dimension de l'espace? C'est l'une des possibilités prises très au sérieux depuis le milieu des années 1990 pour expliquer la faiblesse de la gravitation – 1 million de milliards de milliards de milliards de milliards de fois plus faible que la force électromagnétique. Mais à condition, en particulier, de revisiter de manière *ad hoc* le principe sacro-saint de la relativité générale selon lequel la gravité agit de la même manière sur tous les types de matière et d'énergie.

Pour ajouter aux complications, les spéculations sur la nature du X ne semblent pas non plus offrir, pour l'instant, de solution éclatante aux autres grandes énigmes de la matière fondamentale.

RICHARD JULLIART/AFP



**ABDELHAK
DJOUADI**

Physicien,
Laboratoire
de physique
théorique d'Orsay

*On sort des sentiers
battus... Cela ouvre
des perspectives
très excitantes !*

→ Qu'est-ce que la matière noire, qui compte pour 85 % du contenu matériel total de l'Univers ? Pourquoi les neutrinos, ces particules insaisissables, ont-ils une masse si petite ? Pourquoi l'antimatière, qui fait jeu égal avec la matière dans le creuset des expériences de physique des particules, a-t-elle totalement disparu de l'Univers ? De nouvelles pistes de réflexion pourraient surgir de ces extensions du modèle standard, mais, en l'état, le X laisse ces questions ouvertes.

Au final, quelle que soit la nature de la nouvelle particule, les théoriciens sont obligés d'accommoder leurs spéculations dans des versions un peu tordues qu'ils n'avaient pas spécialement envisagées. Comme le résume Abdelhak Djouadi, au Laboratoire de physique théorique d'Orsay, dans tous les cas, *"on ne parvient à interpréter les données dans le cadre de modèles existants qu'à la condition de leur tordre le cou !"*

D'un certain point de vue, tout cela est une bonne nouvelle : *"On sort des sentiers*

battus, note le théoricien. Cela ouvre des perspectives très excitantes."

Pour d'autres, tel Alvaro de Rújula, à la division théorique du Cern, cette nécessité d'inscrire au forceps le X dans un cadre théorique cohérent serait plutôt le signe que ce dernier n'est probablement qu'un mirage statistique. L'argument ? *"Si l'on regarde les 200 ou 300 articles publiés depuis le 15 décembre, aucun ne renferme une explication ayant la beauté d'être convaincante."*

Que vient faire la notion de beauté ici ? Le simple fait que la particule X ne soit pas des plus élégantes ne suffit pas pour affirmer qu'elle n'existe pas. Pourquoi la nature serait-elle tenue de respecter des principes esthétiques ?

LA NATURE TROP RETORSE ?

Force est cependant de reconnaître que ce pur acte de foi est également un puissant guide heuristique qui fait ses preuves depuis quatre siècles. Les plus beaux succès de la physique moderne se sont appuyés sur la traduction de principes simples et élégants en lois.

Exemple canonique en la matière : ce fut à partir de considérations très générales de symétrie mathématique que Paul Dirac a postulé l'existence de l'antimatière quelques années avant sa découverte. D'où cette phrase lyrique de ce théoricien de génie : *"Beauté et vérité vont de pair en physique théorique."*

Alvaro de Rújula résume cette posture esthétique avec malice : *"Quand dame Nature trouve une explication simple et belle dans un article de physique théorique, elle décide que c'est vrai et se l'impose à elle-même, au*



que des chambres d'enregistrement de phénomènes impossibles à comprendre et à organiser – et non des lieux de dévoilement de choses si belles qu'elles en deviennent vraies, comme certains le fantasmaient jusqu'ici.

L'hypothèse paraît radicale tant nous sommes habitués à la maxime de Galilée: *"La nature est un livre écrit en langage mathématique."*

LA PROMESSE DE PENSER AUTREMENT

Comme le fait remarquer Anouk Barberousse, à l'université Lille 1: *"L'idée selon laquelle les mathématiques permettent de décrire efficacement le monde qui nous entoure nous paraît naturelle depuis quelques siècles. Nous oublions cependant pas que c'est une période très courte relativement à l'histoire*

de l'humanité. Selon un autre point de vue, les mathématiques ne s'appliquent qu'à une infime partie de ce monde, et nous faisons preuve de myopie en nous extasiant sur leur extraordinaire efficacité." Et Aurélien Barrau, au Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie, à Grenoble, d'enfoncer le clou: *"Rien ne garantit que l'intégralité de la réalité matérielle soit descriptible par les outils de la physique."*

La fin d'une certaine idée de la physique? Il est évidemment trop tôt pour l'affirmer. Même Alvaro de Rújula plaisante: *"Si cette particule est confirmée, je suis convaincu que nous finirons par lui trouver une explication belle et convaincante!"*

Christophe Grojean abonde dans ce sens: *"Dans de très nombreux cas, les*

Le LHC à la croisée des chemins

Depuis début 2015, le LHC fonctionne à plein régime. Si bien que d'ici à la fin de l'année, au plus tard courant 2017, au rythme des collisions de particules qui s'accumulent dans ses entrailles, il aura passé au crible la quasi-totalité des possibilités de découvrir une physique au-delà du modèle standard à sa portée.

D'ici là, si aucune découverte n'a été faite, il faudra admettre que les secrets de la matière se cachent à des profondeurs supérieures. Ce qui nécessitera les services d'un accélérateur d'une puissance telle que l'insuccès du LHC le rendra sans doute difficile à financer. Les physiciens feront alors face à ce qu'ils appellent eux-mêmes un "désert", avec pour seul horizon le modèle standard et ses limites connues de tous.

Alors oui, décidément, aujourd'hui, la physique de l'infiniment petit est plus que jamais à la croisée des chemins.



ALVARO
DE RÚJULA

Physicien, division
théorique du Cern

Si le X est confirmé, je suis sûr que nous finirons par lui trouver une explication belle et convaincante!

Laboratoire de physique théorique d'Orsay.

A l'inverse, si la particule X s'avère réelle, comme le pressent la très grande majorité des experts, elle obligera à des évolutions radicales dans notre manière de penser la nature (que ce soit sous le concept d'une nouvelle force, d'une nouvelle symétrie ou d'une nouvelle dimension), mais aussi sans doute de notre manière de penser notre capacité à la comprendre.

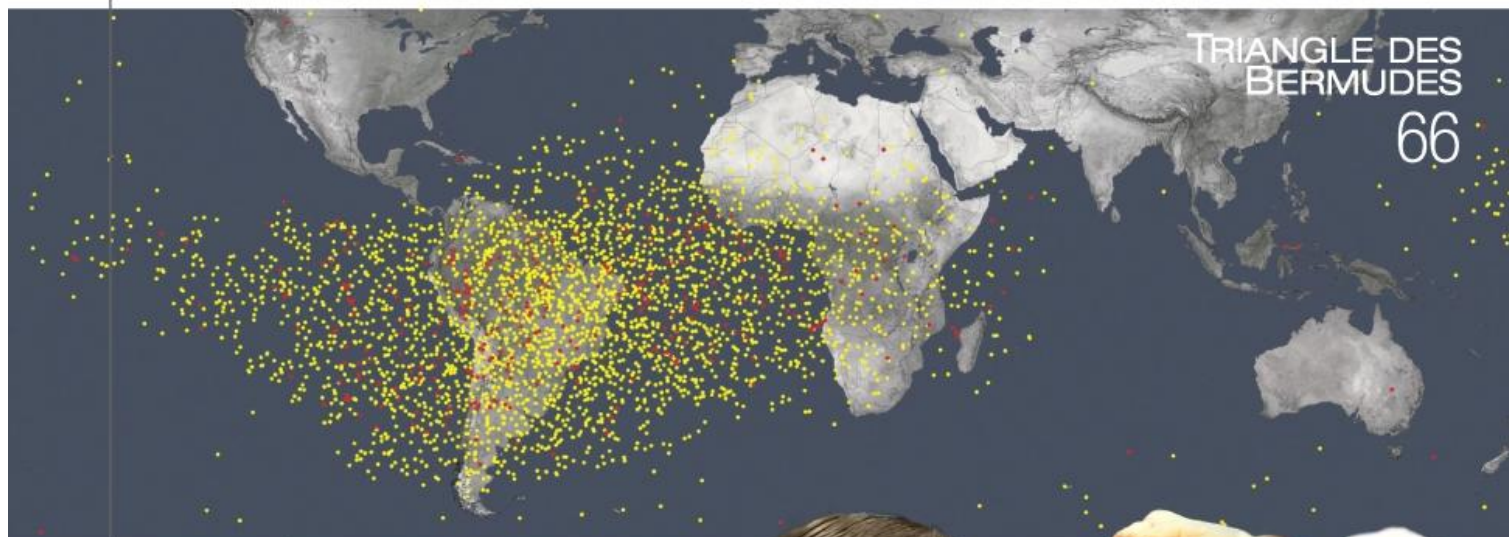
Dans tous les cas, il y aura un avant et un après-X. Une particule déroutante que personne n'avait commandée.



Notre blog "Particule X", qui vous permettra, jour après jour, de suivre les nouveaux résultats, de rencontrer les principaux acteurs, etc.

science-et-vie.com

& Science découvertes



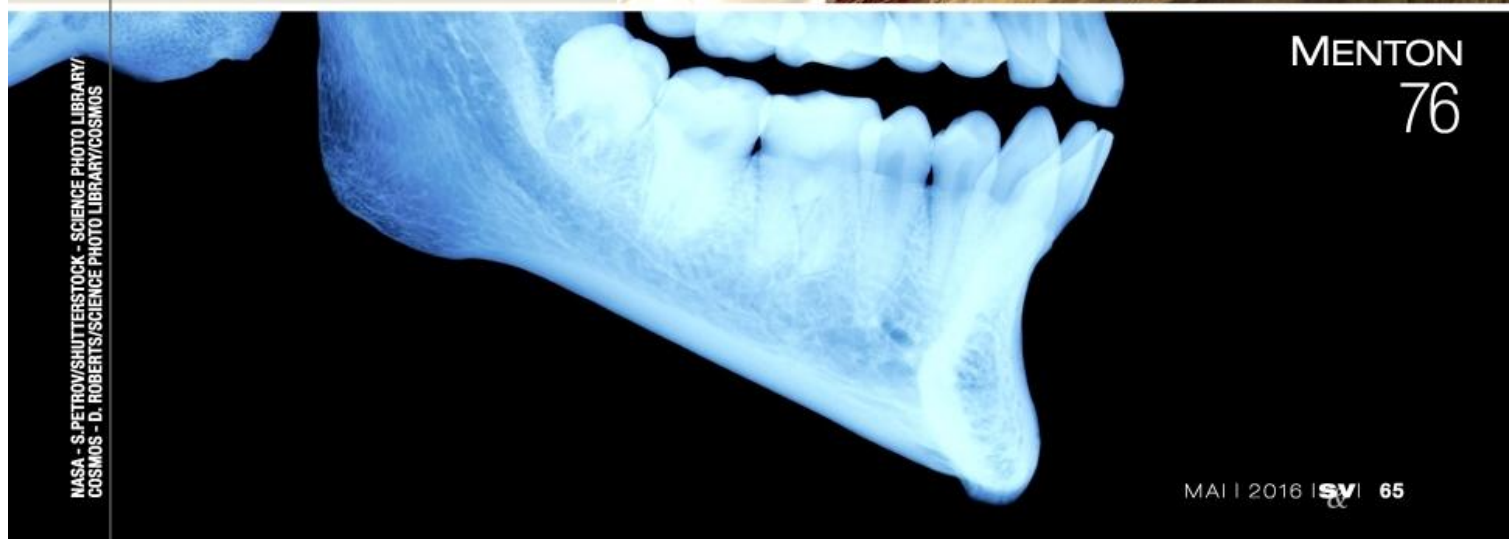
TRIANGLE DES
BERMUDES

66



TOXOPLASMA

70



MENTON

76



Satellites

Gare au triangle des Bermudes !

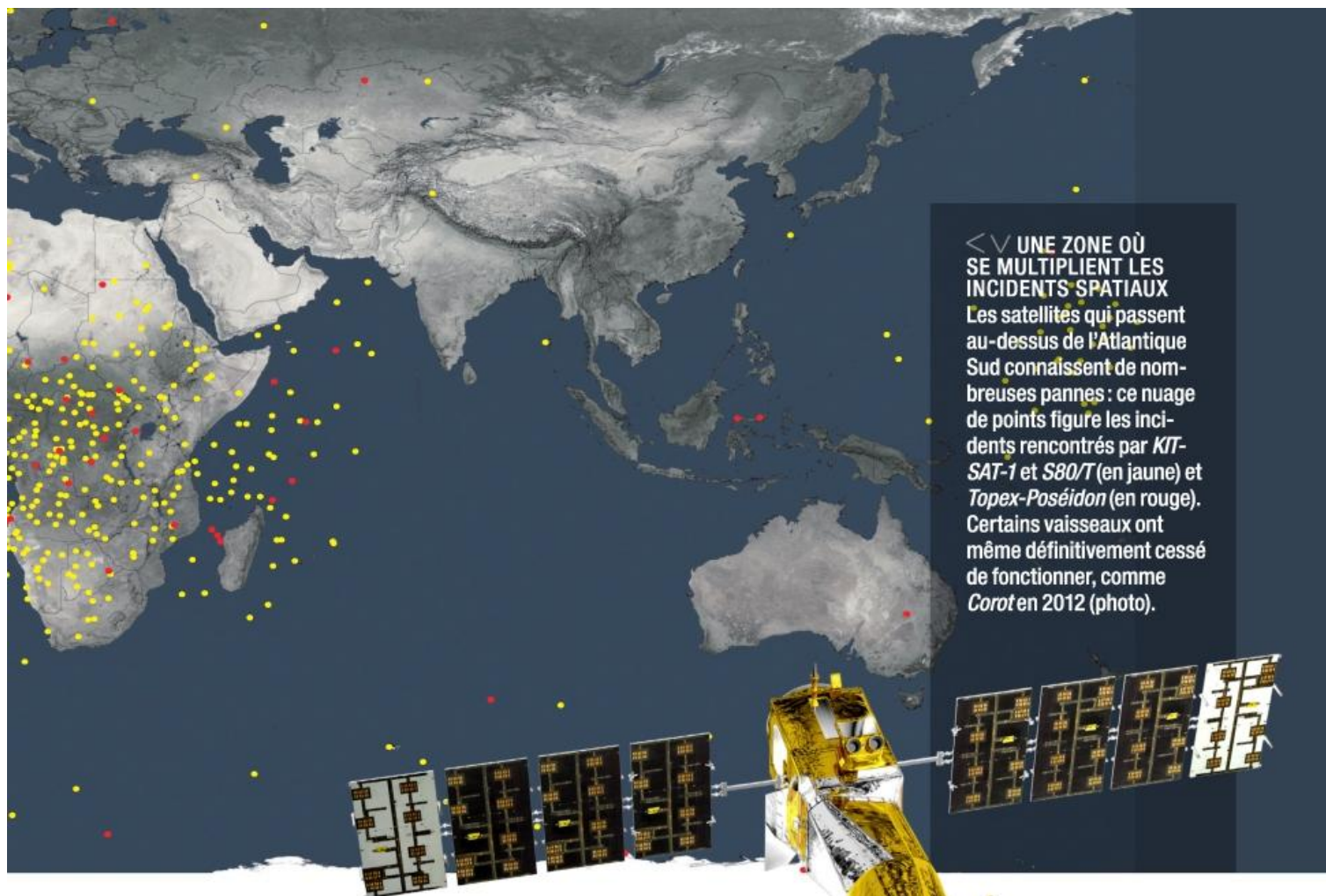
C'est un casse-tête pour les concepteurs de satellites. Une brèche dans le bouclier magnétique de la Terre laisse passer de violentes particules cosmiques qui détraquent les engins qui la traversent. Une sorte de triangle des Bermudes spatial... dont on vient de découvrir qu'il grandit encore, prévient **Vincent Nouyrigat**.

On ne peut vraiment rien reprocher à notre bonne vieille Terre... Voilà *a priori* une petite planète rocheuse parfaite, à la fois généreuse et protectrice dans ce terrible environnement spatial; un havre de paix situé à la bonne distance du Soleil, enveloppé d'une épaisse atmosphère et entouré d'un solide bouclier magnétique.

Pourtant, tout n'est pas si idyllique. Les géophysiciens ont en effet découvert dans les années 1960 l'existence d'une brèche

dans ce bouclier! Une faille dans notre magnétosphère. Situé au-dessus du Brésil et débordant largement sur l'océan Atlantique, le phénomène se traduit par un affaiblissement du champ magnétique terrestre d'environ 30 %.

Vous ne vous étiez rendu compte de rien? Patience... Les dernières simulations menées par l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP) révèlent que cette anomalie, baptisée "anomalie de l'Atlantique Sud", devrait s'aggraver et s'étendre au cours du siècle à venir. Or,



< V UNE ZONE OÙ SE MULTIPLIENT LES INCIDENTS SPATIAUX
Les satellites qui passent au-dessus de l'Atlantique Sud connaissent de nombreuses pannes : ce nuage de points figure les incidents rencontrés par *KIT-SAT-1* et *S80/T* (en jaune) et *Topex-Poséidon* (en rouge). Certains vaisseaux ont même définitivement cessé de fonctionner, comme *Corot* en 2012 (photo).

ce trou de plus en plus béant ouvre déjà la porte de la haute atmosphère aux plus violentes particules solaires et cosmiques, capables de mettre en perdition des flottes entières de satellites.

En clair : un "triangle des Bermudes" pour vaisseaux spatiaux...

UNE ÉTRANGETÉ MAGNÉTIQUE

Cette prévision troublante repose sur une avancée scientifique toute récente. "Nous sommes les premiers à proposer une prévision de l'évolution du champ magnétique terrestre à l'horizon d'un siècle, annonce Julien Aubert, chercheur à l'IPGP. Notre démarche s'appuie sur les outils développés pour la météorologie classique de l'atmosphère. Une analogie existe en effet : le champ magnétique terrestre est généré par les mouvements de masses

de fer liquide au sein du noyau externe et on travaille ici aussi sur des gradients thermiques."

Au lieu de flux d'air qui se déplacent à 50 ou 70 km/h, par exemple, les chercheurs raisonnent sur un fluide progressant de seulement 15 km par an – ce qui permet de se projeter à long terme. Verdict : d'ici à 2115, l'anomalie magnétique s'étendra de 3000 km vers le Pacifique, et le champ devrait se creuser toujours plus, perdant encore au moins 10% de son intensité.

"Ces résultats sont passionnants, réagit Christopher Finlay, spécialiste du géomagnétisme à l'université technique du Danemark. Nous n'avions jusqu'ici aucune idée de l'évolution de cette anomalie et de sa persistance dans le temps."

Selon Angelo de Santis, de l'Institut national de géophysique

italien, "les données archéologiques et les modèles suggèrent que ce phénomène est apparu il y a environ quatre siècles". Mais les raisons physiques de cette perte locale de champ magnétique ne sont pas bien élucidées : "Cela semble lié à la présence de flux en sens inverse à la surface du noyau, au-dessous de l'Atlantique Sud, expose Christopher Finlay. L'origine de ce flux fait l'objet de recherches et de débats."

Toujours est-il que "cette structure d'écoulement devrait

Repères

Le "triangle des Bermudes" désigne la zone située entre Miami, Porto Rico et l'île des Bermudes où l'on signale, depuis le XIX^e s., la disparition d'une quarantaine de navires et presque autant d'avions. Une région plus fantasmagique que réellement anormale – ici règnent un trafic intense, de puissants cyclones et autres phénomènes géologiques.

→ persister, à l'image d'un anticyclone qui resterait bloqué au-dessus d'une région dont il chasserait tous les nuages", avertit Julien Aubert.

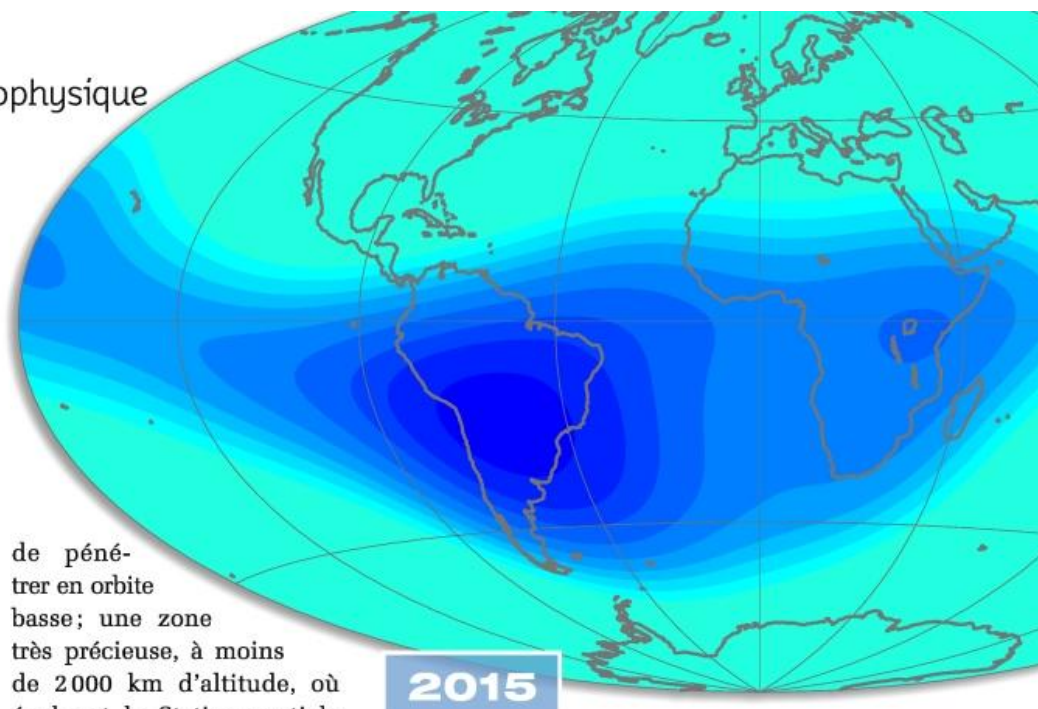
Cette étrangeté magnétique alimente de nombreux fantasmes chez certains illuminés enclins à y voir le signe de la fin du monde. Le phénomène nourrit aussi quelques travaux de recherche sulfureux sur le lien entre champ magnétique et élévation du niveau de la mer, réchauffement climatique, chute d'anciennes civilisations et même... disparition de l'homme de Néandertal.

UNE ORBITE AU TRAFIC INTENSE

Les géophysiciens les plus sérieux s'interrogent également sur l'hypothèse d'une anomalie annonciatrice d'une grande inversion des pôles magnétiques dans les millénaires à venir.

Mais dans l'immédiat, cette anomalie a surtout des conséquences très concrètes et vérifiables. *"Elle est une préoccupation constante des concepteurs et propriétaires de satellites"*, témoigne ainsi Michael Xapsos, expert en radiations à la Nasa. Car cette faiblesse dans le bouclier magnétique permet à des particules très énergétiques

de pénétrer en orbite basse; une zone très précieuse, à moins de 2 000 km d'altitude, où évoluent la Station spatiale internationale, l'essentiel des satellites d'observation de la Terre, les grands télescopes spatiaux, les engins de renseignement, quelques satellites météo, des flottes assurant les services de téléphonie satellitaire et de plus en plus de petits satellites amateurs. Or, ce bombardement ultraviolet de protons déclenche toutes sortes de dérèglements en frappant les circuits électroniques, les systèmes d'orientation, les capteurs optiques. L'impact de ces particules modifie l'arrangement électronique des composants, déclenchant des commandes non voulues ou des surtensions dont les

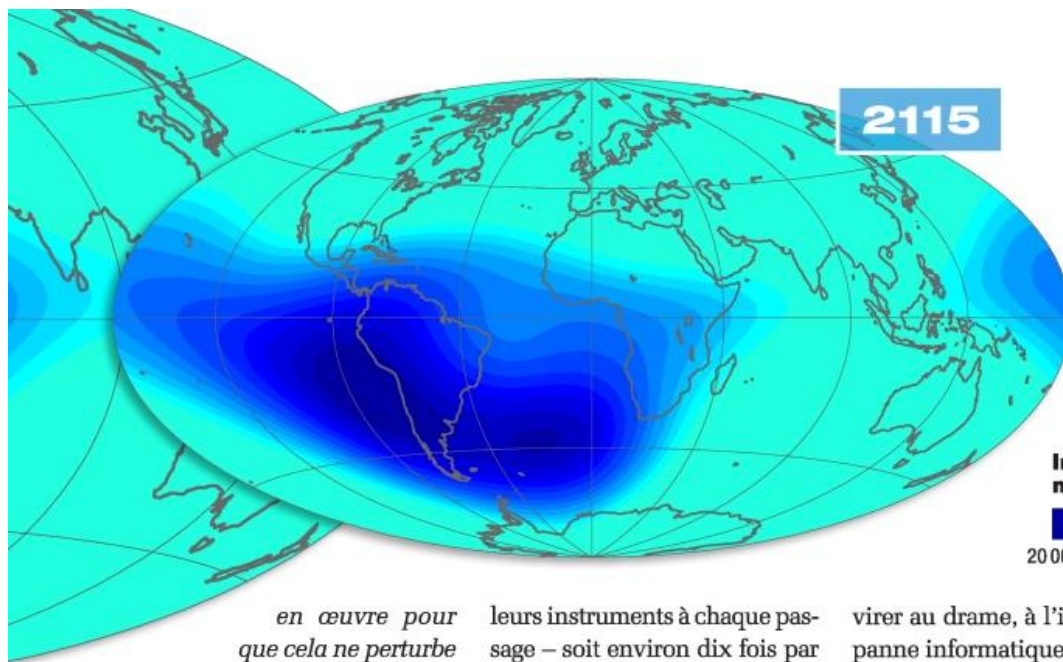


conséquences vont du simple signal parasite à la perte de contrôle totale de l'engin, en passant par le bug nécessitant une lente remise en marche de l'ordinateur central (voir carte). En six années de vol, le satellite *Topex-Poséidon* a ainsi enregistré 282 incidents techniques dans la zone de l'anomalie (voir carte pages précédentes).

Autant les pôles sont des zones peu fréquentables en cas d'éruption solaire, autant, rappelle Michael Xapsos, *"la traversée de cette anomalie peut créer des problèmes techniques même en l'absence de tempête spatiale"*. Les problèmes s'atténuent seulement plus bas, quand l'atmosphère se densifie et fait barrage. Les pilotes de ligne ne tremblent pas particulièrement à l'idée de traverser ce "triangle des Bermudes": *"L'environnement radiatif y est plus sévère qu'aux autres latitudes, mais les effets des particules générées à ces altitudes sont pris en compte dans la conception des ordinateurs de bord, assure Franck Flourens, spécialiste des systèmes électriques chez Airbus. Même s'ils peuvent affecter la disponibilité d'un ordinateur, tout a été mis*

Le signe de l'inversion imminente des pôles ?

Le chiffre interpelle: depuis les premières mesures effectuées en 1840, le dipôle magnétique de la Terre a perdu près de 10 % de son intensité... Selon les dernières études, cet affaiblissement serait bien provoqué par la perturbation induite par l'anomalie de l'Atlantique Sud. De là à déclencher un basculement du pôle Nord vers le sud? *"Il faudrait que l'anomalie persiste encore deux millénaires pour arriver à un champ nul, or nous sommes incapables de prédire l'évolution du champ magnétique au-delà du siècle"*, prévient Julien Aubert (Institut de physique du globe). D'après le géophysicien Angelo de Santis, *"certaines simulations numériques montrent l'apparition d'anomalies avant un changement de polarité, mais des anomalies peuvent aussi émerger sans donner lieu à un renversement des pôles: le phénomène semble être une condition nécessaire, mais pas suffisante"*.



2115

◀ D'ICI À 2115, LE "TRIANGLE" VA S'ÉTENDRE VERS L'OUEST

Le champ magnétique terrestre présente une densité 30 % moins élevée au-dessus de l'Atlantique Sud. De récentes simulations révèlent que cet affaiblissement va, durant le siècle à venir, augmenter et s'étendre sur des milliers de kilomètres au-dessus du Pacifique.

Intensité du champ magnétique en nanoTesla (nT)

20 000

> à 40 000

en œuvre pour que cela ne perturbe pas la sécurité du vol." Au sol, le phénomène est bénin.

Dans l'espace, le son de cloche est très différent. Soyons clairs : les scientifiques maudissent d'ores et déjà cette zone. "A chaque traversée, le satellite de télédétection Jason, chargé de surveiller au centimètre près le niveau des océans, a vu ses mesures largement affectées", relate Hugues Capdeville, ingénieur à Collecte localisation satellites, une filiale de l'Agence spatiale française. Tandis que les capteurs photographiques des télescopes spatiaux se font régulièrement abuser par les protons.

DE MYSTÉRIEUSES DISPARITIONS

Des parades ? Hélas, le blindage s'avère peu efficace face à ces particules très pénétrantes ; en outre, chaque gramme supplémentaire coûte cher pour un lancement en orbite. Seuls les astronautes de l'ISS font l'objet d'une protection maximale, ce qui ne les empêche pas de témoigner de bugs ou de flashes lumineux apparaissant dans leur champ visuel au-dessus du Brésil.

Dans cette région hostile, chacun joue sa peau. Si bien que les opérateurs du fameux télescope *Hubble* ont préféré éteindre

leurs instruments à chaque passage – soit environ dix fois par jour. Une solution sage, quoique peu optimale : "Cela limite fortement les temps d'observation, vous manquez environ quinze minutes à chaque révolution d'une heure trente et le bombardement protonique rend de toute façon les structures du satellite suffisamment radioactives pour perturber ensuite les capteurs", argumente Riccardo Campana, de l'Institut d'astrophysique de Bologne. "Pour le satellite Corot, nous avons pris la décision de courir le risque et de ne rien laisser en veille, quitte à éliminer les données de mauvaise qualité", confie Annie Baglin, astronome à l'Observatoire de Paris, responsable de cette mission de recherche de planètes extrasolaires.

Une bravade qui ne fut pas sans conséquences : le 2 novembre 2012, les astronomes perdaient définitivement le contact avec *Corot*, victime d'un proton, sans doute lors d'un passage dans l'anomalie de l'Atlantique Sud. Ce satellite n'est probablement pas la seule victime de ce "triangle des Bermudes" en expansion, si l'on en juge par la perte mystérieuse de plusieurs satellites du réseau de communication Globalstar. Sans oublier tous ces incidents qui auraient pu

virer au drame, à l'image de la panne informatique qui frappa le vaisseau cargo *Dragon* dans sa phase d'approche de l'ISS en octobre 2012.

Le problème n'est pas à prendre à la légère, alors que "la zone problématique pour les satellites est amenée à s'élargir et à s'intensifier", insiste Julien Aubert. Des travaux de recherche ont été lancés pour mieux modéliser les contours

Dans cette région hostile, les astronautes évoquent d'étranges flashes lumineux

de l'anomalie et proposer des trajectoires orbitales moins nocives. La Nasa a ainsi envoyé, il y a quatre ans, deux sondes pour explorer l'environnement radiatif de la Terre. Les ingénieurs planchent aussi sur les moyens de mieux détecter et corriger les erreurs informatiques produites par ces bombardements.

Au vrai, personne ne voudrait voir les naufrages d'engins hors de prix se multiplier en orbite. Et personne ne pourrait tolérer aujourd'hui de perdre de vue une partie du cosmos ou, pire encore, de la planète Terre... Quelles que soient ses petites imperfections.



A voir : l'évolution calculée du champ magnétique au XXI^e siècle.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Toxoplasma gondii Le parasite qui pousse à faire des trucs de **dingue**

Qu'une souris soit infectée par ce parasite et... elle se jette dans la gueule d'un chat. Or, nous rappelle **Lise Barnéoud**, un tiers de l'humanité est infecté...

Se jeter dans la gueule du loup : l'expression est connue. Mais remplacez le loup par un félin et imaginez qu'une souris se jette dans la gueule d'un chat. Digne d'un dessin animé, pensez-vous. Erreur. Car voici le scénario bien réel qui se joue lorsque le parasite *Toxoplasma gondii* infecte un rongeur : ni

une ni deux, il inhibe chez lui la crainte des félins, qui en profitent pour n'en faire qu'une bouchée sans trop se fatiguer.

Pour surprenant qu'il soit, ce bégain contre nature entre la souris et son pire ennemi traduit en réalité un pacte entre *T. gondii* et les félins scellé il y a plusieurs millions d'années. Lequel permet aux fauves de faire ripaille, et au parasite de terminer son cycle de reproduction dans les intestins des félinés. Une nécessité reproductive si puissante chez *T. gondii* que pour parvenir à ses fins, il détourne le comportement de l'individu qu'il infecte... pour le malheur de celui-ci.

Jusqu'à présent, les scientifiques considéraient que seuls les rongeurs faisaient les frais

de ce pacte morbide. De fait, à moins d'être dompteur, zoologue ou amateur de safaris, nous ne courons plus vraiment le risque de finir entre les crocs acérés d'un lion ou d'un tigre. En troquant notre statut de proie pour celui de grand chasseur de félins, nos aïeux auraient en quelque sorte mis un terme à cette manipulation machiavélique du parasite sur notre comportement.

IL MODIFIE LA PERSONNALITÉ

La réalité semble plus complexe. De plus en plus d'études révèlent en effet que certains vestiges de cette secrète entente entre *T. gondii* et les félins pourraient subsister chez les humains. Ils se manifesteraient par de subtiles modifications de la personnalité, par des agissements particuliers et même, dans les cas les plus extrêmes – et heureusement les plus rares –, par des troubles de la santé mentale. Un phénomène marginal ? Loin de là ! Un tiers de l'humanité est infecté

Repères

La toxoplasmose est une infection provoquée par le parasite *Toxoplasma gondii*. Sa prévalence augmente avec l'âge et varie en fonction de l'alimentation, du climat ou de la présence de félinés, chez qui il se reproduit. En France, elle décroît depuis 1960 (environ 40 % des tarentaires sont infectés). Dans 85 % des cas, aucun symptôme n'est visible.

UN AS DE
LA MANIPULATION

T. gondii (ci-contre) se reproduit dans les intestins des félinés, c'est pourquoi il inhibe, chez les animaux qu'il infecte, la peur de leurs prédateurs naturels : une souris se jettera dans la gueule du chat. L'homme risque moins de se faire dévorer, mais il a gardé des traces, dans son cerveau, de cette manipulation.



→ par *Toxoplasma gondii* – près d'un Français sur deux, d'après les enquêtes nationales.

Rarement parasite aura connu un tel "succès", puisqu'il est capable d'infecter l'ensemble des vertébrés à sang chaud, du mouton à l'oiseau en passant par les sangliers et les rongeurs.

Chez l'homme, il se transmet le plus souvent par la nourriture (viande pas assez cuite, légumes contaminés par des fèces de chat parasite...). On le retrouve à l'intérieur de minuscules kystes, dans toutes sortes de cellules: celles du système immunitaire, du foie ou des muscles, ou neurones.

Chez les personnes dont le système immunitaire est affaibli (infectées par le VIH ou soumises à un traitement immunodépresseur), ces kystes entraînent différents symptômes: maux de tête, anxiété, apathie, faiblesse musculaire, crises convulsives, voire coma... Pour ces sujets fragiles, des médicaments inhibant l'action du parasite sont alors prescrits. Par ailleurs, une première infection durant une grossesse peut avoir des conséquences graves pour le fœtus (cécité, hydrocéphalie, retard mental).

Mais dans la grande majorité des cas, le système immunitaire est fonctionnel et ces

Comment *T. gondii* influence le comportement humain

De plus en plus d'études révèlent qu'une infection par le parasite provoquerait, chez l'humain, des modifications de la personnalité... voire favoriserait les troubles mentaux! Principale piste étudiée: il déréglerait le circuit de la dopamine dans le cerveau.

1 Il infecte un individu via l'alimentation

En France, l'infection par *Toxoplasma gondii* se produit principalement à travers la nourriture: consommation de légumes souillés par des fèces de chat parasite, de viande pas assez cuite ou de lait non pasteurisé.

kystes sont maintenus "dormants", sans qu'aucune des manifestations de la maladie ne soit visible. Un grand nombre de personnes portent donc des anticorps qui prouvent le passage du parasite dans leur organisme... sans avoir jamais rien su de cette infection.

Discret, capable d'infecter un grand nombre d'hôtes... *T. gondii* n'a qu'un seul handicap: il doit absolument passer par l'intestin des félidés pour se reproduire de façon sexuée et assurer ainsi sa propagation dans l'environnement. Dispersé à l'air libre en même temps que les excréments du félin, le parasite pourra rester infectieux jusqu'à 18 mois!

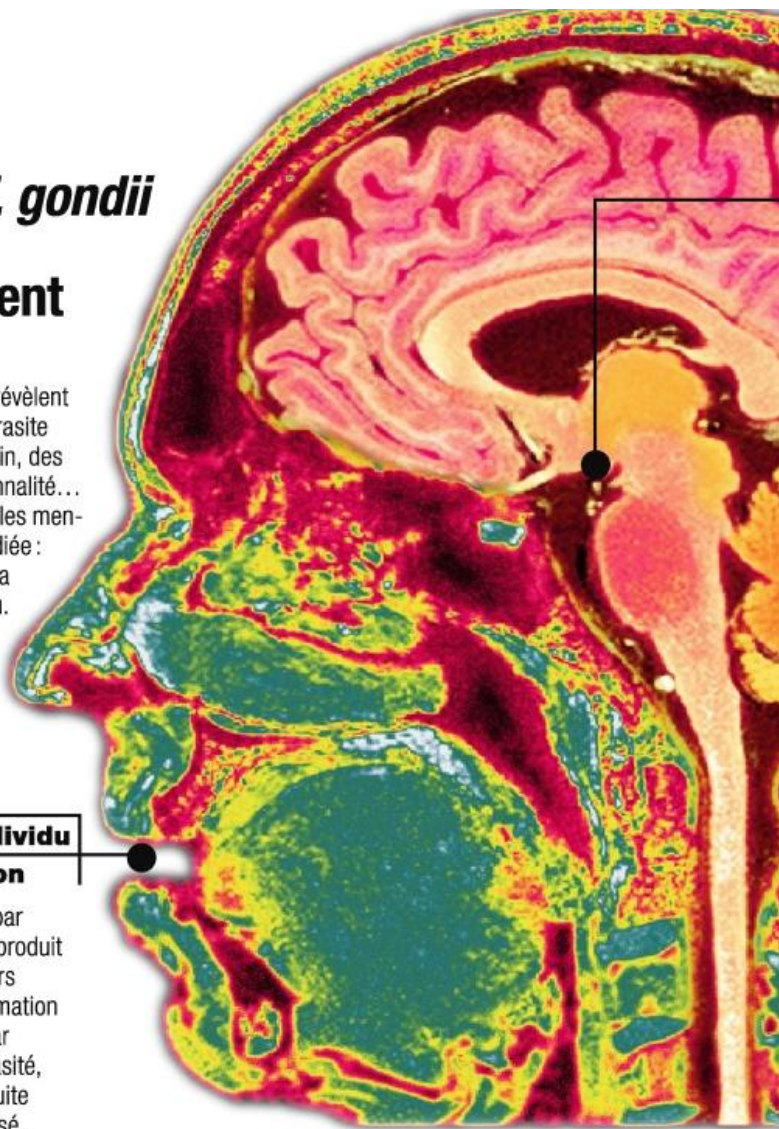
Après infection, comment *T. gondii* parvient-il à "manipuler" son hôte? Des études sur les rats ou les souris ont montré que l'odeur de l'urine de chat attire les rongeurs infectés, contrairement à leurs comparses sains, qui la fuient. De plus, ces rongeurs possèdent une moins bonne mémoire et



CLÉMENCE POIROTTE

Spécialiste du parasitisme chez les primates (CEFE Montpellier)

*La capacité de *T. gondii* à manipuler ses hôtes a été clairement démontrée chez les chimpanzés*





2 Il se loge dans son amygdale

Depuis les intestins, le parasite passe par le sang et la lymphe avant de se retrouver dans toutes sortes de cellules, où il forme des kystes minuscules. Dans le cerveau, en particulier, il se retrouve surtout dans l'amygdale, une région notamment liée à la peur et directement connectée aux odeurs.

3 Il augmente le taux de dopamine

L'ADN du parasite code pour une enzyme qui augmente la production de dopamine, un neurotransmetteur impliqué dans la prise de décision, le plaisir, les conduites à risque, l'addiction... Par ailleurs, des liens entre un taux accru de dopamine et différentes maladies psychotiques, dont la schizophrénie, sont connus.

une moindre coordination motrice : plus complexe dans ce cas de retrouver son trou et de s'y réfugier au plus vite... On se croirait en plein *Tom et Jerry*.

UNE AFFAIRE DE DOPAMINE

"Cette manipulation n'avait jusqu'ici été étudiée que chez les rongeurs", expose Clémence Poirotte, du Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive de Montpellier. Pourquoi ? Parce qu'une telle manipulation ne peut avoir évolué que si le parasite en retire un bénéfice important pour sa reproduction. Or, seuls les malheureux rongeurs se font aujourd'hui massivement dévorer par les félins.

Mais voilà, cette spécialiste du parasitisme chez les

primates a eu la bonne idée de mener une expérience chez les chimpanzés, avec lesquels nous partageons environ 99 % de notre ADN. Les résultats sont sidérants : les singes infectés reniflent avec insistance l'urine de léopard, leur prédateur naturel, allant jusqu'à lécher les barreaux imprégnés, alors que les singes sains fuient cette odeur.

Plus surprenant : aucune différence de comportement n'est constatée lorsque ce test est effectué avec de l'urine de lion ou de tigre, des félins chez qui le parasite peut se reproduire, mais qui ne sont pas des prédateurs des chimpanzés (ils ne vivent pas dans les mêmes régions). *"Cela suggère que nous sommes face à une manipulation spécifique, dans laquelle l'hôte définitif du parasite doit être un prédateur de l'hôte intermédiaire pour que cela fonctionne",* avance la chercheuse.

N'allez pas croire qu'une minuscule cellule comme *T. gondii* puisse être animée d'une volonté consciente de manipulation. C'est bien trop lui demander. Même si son mode d'action demeure partiellement obscur, on sait que ce parasite vient se loger, entre autres, dans l'amygdale de ses hôtes, une région du cerveau spécialisée dans la peur et directement connectée... aux odeurs. Or, parmi ses quelque 8 000 gènes, deux codent pour une enzyme quasi similaire à celle qui augmente, chez les vertébrés, la production de dopamine, un neurotransmetteur impliqué dans la prise de décision. Chez les souris infectées, les niveaux de dopamine sont ainsi systématiquement supérieurs à ceux des rongeurs sains.

Cette enzyme viendrait donc semer la zizanie dans

les circuits de communication entre neurones utilisant la dopamine, des circuits qui régulent le plaisir, la récompense, les conduites à risque, etc. D'autres échanges moléculaires ont lieu entre le génome du parasite et celui de l'hôte, sans que l'on en comprenne encore les conséquences.

DES CONDUITES À RISQUE

Là commence le vertige. Car si *T. gondii* peut perturber un circuit neuronal aussi primordial que celui de la dopamine, s'il modifie le comportement non seulement des rongeurs, mais aussi des chimpanzés, comment ne pas penser qu'il puisse nous manipuler aussi ? *"T. gondii n'a aucun moyen de reconnaître s'il se trouve dans un cerveau de rongeur ou d'homme, et encore moins de savoir que, depuis plusieurs millénaires, les chances qu'un humain se fasse dévorer par un félin sont très faibles. Alors il continue de faire ce que l'évolution lui a appris, depuis des dizaines de milliers d'années",* affirme Jaroslav Flegr, l'un des premiers à avoir soutenu l'hypothèse selon laquelle nous sommes nous aussi victimes de ce parasite.

Ce biologiste tchèque (à l'université Charles de Prague) traque depuis plus de vingt ans les perturbations de comportement chez les humains infectés. Et y retrouve la plupart des modifications observées chez les rongeurs : un temps de réaction plus long, une moindre concentration et une conscience du risque diminuée. Ce qui expliquerait cette surprenante découverte de son équipe : les conducteurs et piétons infectés ont un risque 2,6 fois plus élevé d'être impliqués dans un accident de la route que les

→ non parasités ! Une corrélation confirmée par quatre autres études indépendantes.

Ces travaux font ressortir d'autres modifications du comportement spécifiques du genre : les hommes infectés auraient plus tendance à ne pas respecter les règles, à être introvertis et méfiants, et sont en moyenne 3 cm plus grands que les non parasités ; les femmes infectées seraient plus sociables

En France, le parasite est détecté chez 60 à 90 % des patients souffrant de schizophrénie ou de troubles bipolaires, contre une moyenne nationale inférieure à 50 %. La maladie pour laquelle existent le plus de preuves de l'impact de *T. gondii* est la schizophrénie. Une cinquantaine d'études, portant sur plus de 12 000 sujets au total, démontrent qu'une personne parasitée a un risque en

Ici aussi, la piste de la dérégulation de la dopamine est l'une des plus étudiées. De fait, depuis plus d'un demi-siècle, des centaines d'études font état d'un lien fort entre les psychoses, en particulier la schizophrénie, et un déséquilibre au niveau de la production de dopamine. D'ailleurs, la plupart des neuroleptiques utilisés contre ces troubles freinent la production de ce neurotransmetteur. *"On s'est aussi rendu compte que certains de ces traitements inhibent in vitro le développement de T. gondii. Or, les patients infectés et traités avec ces molécules présentent moins d'épisodes dépressifs que ceux traités avec des molécules sans effet sur le parasite"*, ajoute Nora Hamdani.

Un monde sans *Toxoplasma gondii* aurait-il été possible ? Oui, si nos aïeux n'avaient pas ouvert leurs portes aux chats, il y a plus de 9 000 ans. Car même si nos 12 millions de matous français ne nous infectent que rarement directement, leurs fèces souillent bel et bien les aliments qui, *in fine*, nous contaminent. Ainsi, si nous n'avions pas fait du chat l'animal domestique le plus courant au monde, il est probable que ce pernicieux parasite n'aurait pas survécu chez l'homme. Pensez-y la prochaine fois que vous croiserez leur regard perçant et apercevrez leurs grandes dents pointues de prédateurs...



A consulter : les publications citées dans l'article.

A lire : *Watch out for Toxo!*, de Jaroslav Flegr (en anglais).

science-et-vie.com

**EN
SAVOIR
PLUS**

Il favorise même la naissance des garçons !

En analysant plus de 1 800 naissances à Prague, l'équipe de Jaroslav Flegr a découvert que les mères infectées par *T. gondii* donnent naissance à plus de garçons que la moyenne. Ainsi, chez les 454 femmes étudiées présentant des anticorps contre le parasite, le ratio est de 150 garçons pour 100 filles, contre une moyenne de 104 garçons pour 100 filles. Plus le taux d'anticorps est élevé, plus ce déséquilibre est flagrant : jusqu'à 260 garçons pour 100 filles ! D'après les chercheurs, en affaiblissant le système immunitaire, l'infection pourrait diminuer l'élimination naturelle des embryons mâles par le système immunitaire maternel (en temps normal, le risque de réaction immunitaire contre les embryons mâles est plus élevé en début de grossesse, et moindre ensuite).

et chaleureuses. Les recherches sur ce parasite ouvrent donc un tout nouveau chapitre en biologie. Un chapitre dans lequel le libre arbitre de l'homme prend un sacré coup de griffe...

UN RISQUE ACCRU DE TROUBLES MENTAUX

Ce n'est pas tout. Une centaine d'études suggèrent que *T. gondii* pourrait même... nous rendre fous ! *"C'est une certitude : dans les dossiers des psychiatres se trouve un excès significatif de patients infectés par T. gondii"*, résume la psychiatre Nora Hamdani (CHU de Créteil et fondation FondaMental).

moyenne 1,8 fois plus élevé de devenir schizophrène. D'autres associations sont esquissées avec les troubles bipolaires, les troubles obsessionnels et compulsifs, les comportements suicidaires ou l'addiction. La plupart de ces travaux démontrent, en outre, que l'infection par le parasite précède le déclenchement des troubles de quelques mois à quelques années.

Inutile de paniquer : si un tiers de l'humanité est infecté par *T. gondii*, moins de 1 % souffre de schizophrénie et autres troubles psychotiques. Le parasite n'est qu'un facteur de risque parmi d'autres.

LES QUESTIONS DE LA VIE, LES RÉPONSES DE LA SCIENCE

FOTOLIA



100 RÉPONSES DE SCIENCE

LA VIE & LA MORT

Quand - Comment - Pourquoi



Spécial printemps

Animaux La saison des folies
Jardin Des fleurs sans pollen
Marées Comment ça marche

Les incroyables bienfaits des micro-jeûnes

Spécial
printemps

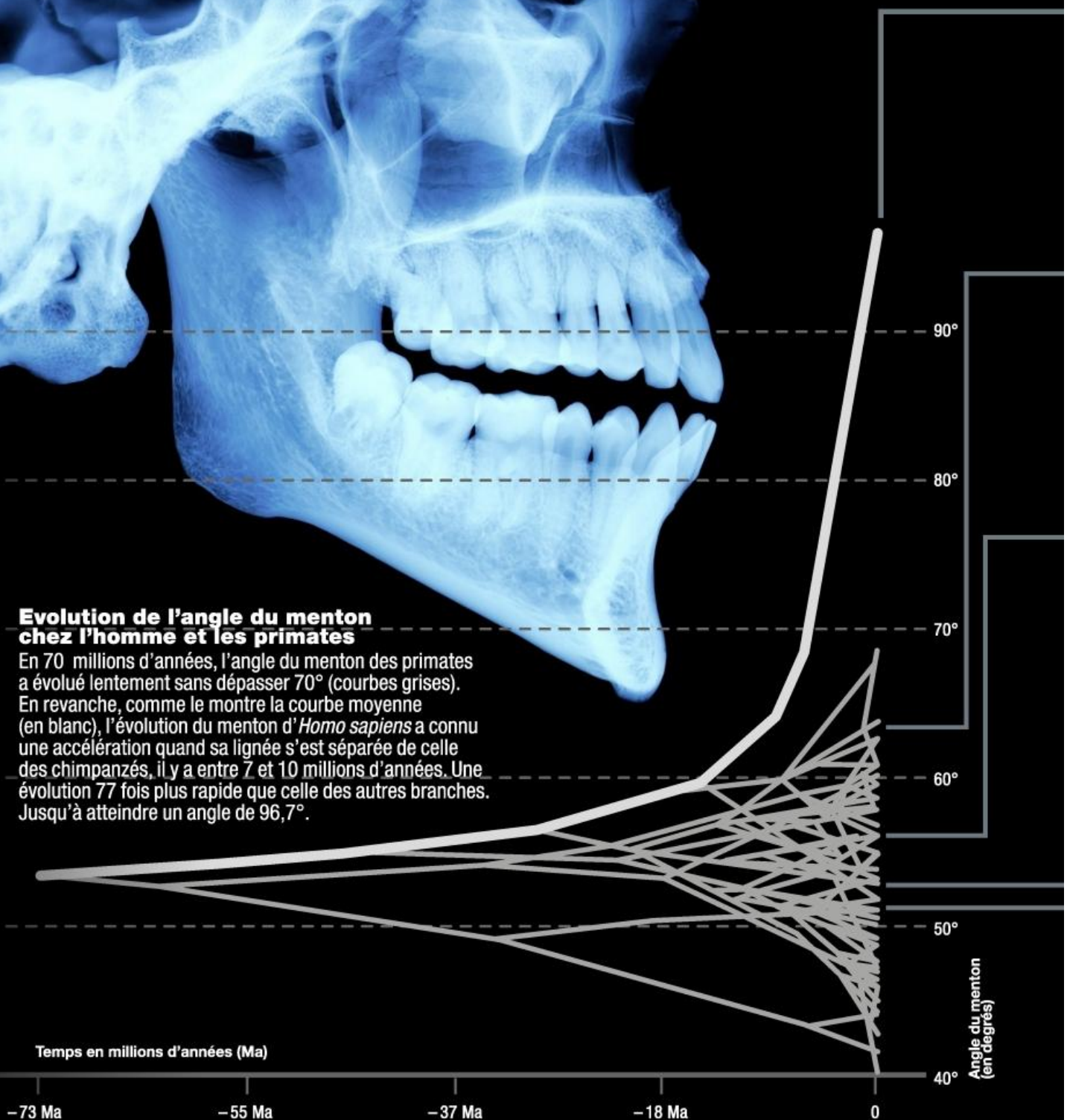
Marées comment ça marche
Jardin des fleurs sans pollen
Animaux la saison des folies

micro-jeûnes
bienfaits des
les incroyables



Evolution de l'angle du menton chez l'homme et les primates

En 70 millions d'années, l'angle du menton des primates a évolué lentement sans dépasser 70° (courbes grises). En revanche, comme le montre la courbe moyenne (en blanc), l'évolution du menton d'*Homo sapiens* a connu une accélération quand sa lignée s'est séparée de celle des chimpanzés, il y a entre 7 et 10 millions d'années. Une évolution 77 fois plus rapide que celle des autres branches. Jusqu'à atteindre un angle de 96,7°.



HOMO SAPIENS

96,7°

HOMO ERECTUS

63°

GORILLE

55,7°

ORANG-OUTAN

53,7°

CHIMPANZÉ

51,6°

C'est le véritable propre de l'homme

Le mystère du menton

Il peut être fuyant ou carrément saillant, glabre ou parsemé de barbe, carré, pointu, double, triple, et même en galoche chez les sorcières... Mais quelle que soit sa taille ou sa forme, cette protubérance osseuse de la mâchoire inférieure en forme de "T" inversé faisant saillie par rapport aux incisives, que l'on appelle menton, existe chez tous les humains. Or, le sait-on ? Parmi tous les hominidés ayant jamais vécu, et même parmi les primates, *Homo sapiens* est la seule espèce à en arborer un.

Quel est le propre de l'homme ? Face à cette sempiternelle question, des traits plus prestigieux viennent naturellement à l'esprit. Le rire, par exemple. Sauf que l'on sait aujourd'hui que nous partageons ces petites expirations saccadées liées à une situation comique avec de nombreux singes (bonobos, chimpanzés, gorilles...).

"Quand on cherche à caractériser l'humain moderne, on est plein d'idées reçues, souligne

C'est le menton qui fait l'homme moderne : aucun autre primate ne possède cette étrange pointe osseuse. Mais pourquoi nous a-t-elle poussé ? **Thomas Cavallé-Fol** a tenté de percer le mystère...

Antoine Balzeau, paléo-anthropologue au Muséum national d'histoire naturelle. *La première chose à laquelle on pense, c'est à notre gros cerveau, mais l'homme de Néandertal en avait un encore plus gros ! Même chose avec la conscience de la mort ou le langage articulé : d'autres hominidés aujourd'hui éteints en étaient* →

Contexte

Dès 1914, le docteur Louis Robinson propose que le menton soit issu de l'usage d'un langage articulé. Le paléontologue T. Waterman combat cette hypothèse trois ans plus tard en suggérant que c'est la régression de la face qui aurait créé cette curiosité. Les prémisses d'une controverse plus que centenaire...

M. KONTENTE - D. ROBERTS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/COSMOS

→ tout à fait capables. Il y a bien aussi les bosses pariétales, qui donnent à notre crâne cette forme de maison, typique de notre espèce. Mais le menton est sans conteste l'attribut de Sapiens le plus frappant : c'est d'ailleurs pour cette raison qu'il est utile en paléanthropologie pour classer un individu fossile."

Autrement dit, le menton fait l'homme moderne. Regardez un crâne de primate : s'il a un menton, c'est un *Sapiens* ; s'il n'en a pas, ce n'en est pas un.

UNE CURIOSITÉ PAS SI ANODINE

C'est d'ailleurs parce que l'homme de Florès, dont un squelette fossile fut découvert en Indonésie il y a 14 ans, n'en possède pas que plusieurs scientifiques ont refusé de le classer au sein de notre espèce, alimentant une forte controverse. Avec raison, comme vient de le démontrer une toute récente analyse poussée de son crâne (voir actualités Labos). En effet, ce fossile ressemble plus à *Homo erectus*. Et si certains spécimens tardifs de Neandertal semblent, eux, posséder un "proto-menton", cela est justement vu comme le signe d'une hybridation avec notre espèce, le fruit de romances shakespeariennes préhistoriques.

Il faut donc s'y faire : nous sommes les seuls sur Terre à arborer un menton, hormis l'éléphant (voir encadré p. 80). Et il n'est pas facile de trouver autre chose qui nous soit si propre... Dès lors, on comprend mieux pourquoi le débat sur l'origine de cette curiosité, à première vue marginale et anodine, fait rage depuis plus de cent ans. "Ce mystère est celui de notre singularité, résume James Pampush, de l'université

6 hypothèses pour expliquer d'où vient

3 hypothèses fonctionnelles...

► SOUTENIR LA MASTICATION

Le menton pourrait être lié à la nécessité de soutenir l'activité masticatoire face à la réduction cranio-dentaire. Sauf que l'évolution du genre *Homo* est marquée par des avancées techniques et culturelles (outils, cuisson) qui ont réduit l'effort de mastication, et ce, bien avant l'émergence de *H. sapiens*.

► PERMETTRE LE LANGAGE

L'usage intensif du langage aurait empêché la taille de la langue de diminuer en dépit de la régression faciale : la langue a donc nécessité une place hors de la cavité buccale pour ne pas l'obstruer, d'où la création du menton. Mais cette théorie suggère qu'aucun autre hominidé éteint n'ait utilisé de langage, ce que démentent les dernières recherches sur l'homme de Néandertal.

► UN ATTRIBUT SEXUEL

Comme les mentons masculins tendent à être plus larges et plus projetés que ceux des femmes, la croissance mentonnaire pourrait être le fruit d'une préférence sexuelle. Or, les caractères sexuels partagés par les deux sexes sont très rares, et c'est la forme, et non la présence du menton, qui aurait alors été sélectionnée par la reproduction.

de Durham, aux Etats-Unis. Son origine nous donnerait d'importants indices sur ce que signifie 'être humain'."

En comparant l'angle formé par les mâchoires inférieures d'une centaine de primates, homme moderne compris, cet anthropologue a retracé l'évolution du menton dans le temps. Et montré que depuis l'apparition des premiers singes, il y a 70 millions d'années, l'angle est resté limité à un intervalle de 40 à 70 degrés – ce qui indique en l'occurrence une absence de menton –, avant d'évoluer subitement, il y a moins de

3 millions d'années, lorsque le genre *Homo* a commencé d'apparaître. Cet angle n'a depuis plus cessé d'augmenter, atteignant aujourd'hui 96,7 degrés.

"C'est une information clé, estime James Pampush. L'évolution du menton est près de 77 fois plus rapide dans la branche humaine que n'importe où dans l'arbre des primates : cela veut dire que ce caractère a émergé sous l'influence d'une pression particulièrement sélective."

Autrement dit, le menton ne sert pas qu'à se gratter quand on réfléchit ou à plier draps et



notre menton

... et 3 non-fonctionnelles

► L'AUTO-DOMESTICATION DE L'HOMME

En induisant un comportement social moderne, la baisse du taux d'hormones androgènes sélectionné par l'évolution aurait eu pour effet secondaire de réduire et d'affiner la figure en créant un menton. Mais en suivant cette logique, les femmes, qui ont moins d'androgènes, devraient avoir un menton plus proéminent...

► LE CHANGEMENT DE RÉGIME ALIMENTAIRE

Le menton serait issu de la rétraction de la partie alvéolaire de la mâchoire inférieure, elle-même induite par la réduction de l'arc dentaire. La cuisson des aliments et leur préparation avant ingestion, dès *Homo erectus*, auraient pu favoriser ce caractère. Mais pourquoi seule la partie alvéolaire de la mandibule, et non la partie basale, aurait-elle connu une telle réduction ?

► LA RÉDUCTION DU CONDUIT RESPIRATOIRE

La réduction crânienne aurait provoqué un rétrécissement du tractus respiratoire chez *Homo*. Pour éviter sa constriction, langue et os hyoïde subissent un déplacement qui aurait provoqué le développement du menton. Mais celui-ci est constitué d'épaisses plaques d'os, ce qui n'est pas cohérent avec sa fonction supposée : gagner de l'espace.

Mais les dernières recherches ont fait tomber ces trois hypothèses. "Nous avons démontré dans un récent article qu'avoir un menton ne réduisait pas la tension due à la mastication, assure James Pampush. L'hypothèse d'une sélection sexuelle est aussi peu probable : même si des collègues ont trouvé une relative différence entre le menton des hommes et celui des femmes, cela prouve seulement que sa forme, et non sa présence, favorise possiblement la reproduction."

Et le langage ? "Là, on retrouve la logique de pensée des années 1950, s'amuse Antoine Balzeau, qui présente l'homme moderne comme le seul être capable d'un langage complexe... Or, on sait aujourd'hui avec les découvertes sur Neandertal qu'il n'en est rien. Par ailleurs, tout n'est pas cause de fonction, et le menton fait peut-être partie d'un système plus complexe, propre à Sapiens."

UN EFFET SECONDAIRE ?

C'est en effet dans cette voie que s'engouffre aujourd'hui la majorité des chercheurs : le menton n'aurait peut-être pas d'utilité propre, mais serait plutôt apparu à la manière d'un effet secondaire, sous l'influence d'un autre processus évolutif sélectionné naturellement.

Ici, certains avancent qu'il aurait été façonné par une réduction de la taille de la denture liée au passage vers une alimentation plus "tendre" grâce à la cuisson et à la préparation des aliments.

L'hypothèse d'une auto-domestication de l'homme est aussi régulièrement citée. La baisse des taux d'hormones androgènes, auxquelles appartient la testostérone, aurait



serviettes... Il n'a pas jailli par hasard, au détour d'une simple dérive génétique. Non : il est intimement lié à la *success story* de notre espèce.

Son apparition, telle que la décrit James Pampush, est simple. "Il y a près de 450 000 ans, l'ancêtre commun de Neandertal et de *Homo sapiens*, qui n'avait pas de menton, se sépare en deux lignées : celle de Neandertal, sans menton, et celle de Sapiens, dont les premiers représentants d'Omo Kibish [du nom du site éthiopien vieux de 190 000 ans sur lequel ont été trouvés ses fossiles] présentent

Jargon

Il y a "menton vrai" si, lorsque la mandibule est posée sur un plan, la partie inférieure et antérieure de la **symphyse mandibulaire** (protubérance) se projette en avant de la verticale passant par le point situé entre les deux incisives médianes.

déjà l'esquisse d'un vrai menton." Environ 250 000 ans, voilà donc le temps que met à pousser un menton permanent...

Mais sous quelle impulsion ? Quelle force évolutive a fait jaillir cette protubérance osseuse si singulière ?

Un siècle d'études n'a pas suffi à percer ce mystère... Durant cette quête, le premier réflexe a été de lui attribuer une fonction propre, aidant à la survie ou à la reproduction. Trois pistes ont ainsi été dégagées : permettre le langage articulé, soutenir l'effort masticatoire ou servir d'ornement sexuel.

→ réduit l'agressivité humaine et favorisé l'émergence du comportement social moderne. Effet secondaire de cette baisse hormonale, la face se serait réduite et féminisée, un peu à la manière du museau des chiens par rapport à celui du loup.

Sauf que les choses ne sont probablement pas aussi évidentes. *"Une simple réduction crânienne ne produit pas un menton, pointe Antoine*

Rey Juan Carlos, en Espagne. Qui souligne que, tandis que la face s'est peu à peu rétractée au fil de l'évolution, la taille de la langue, elle, n'aurait pas ou peu changé: elle est restée proche de celle des chimpanzés.

"Un problème d'espace au niveau postérieur de la cavité orale apparaît, qui se répercute sur les fonctions clés, comme la respiration ou la déglutition, explique le chercheur. Pour

Une hypothèse qui ne fait pas encore l'unanimité. *"Mais les recherches en cours répondront aux critiques", assure Michael Coquerelle. De son côté, James Pampush étudie aujourd'hui la vitesse évolutive de la région mentonnière au sein du genre Homo et promet d'ici peu, lui aussi, des résultats.*

NÉ D'UNE HISTOIRE CHAOTIQUE

Globalement, tous ces travaux tendent à montrer que le menton, qui nous est si caractéristique, ne serait que le produit dérivé d'une évolution complexe. Décevant? Alors que nous étions à la recherche du propre de l'homme, nous nous retrouvons face à une singularité sculptée par la collision entre de nombreux processus évolutifs.

Ce serait donc ça, le secret du génie humain? Ce qui nous distingue des autres espèces n'est pas lié à l'invention d'un trait particulier à la fonction prodigieuse, mais la conséquence indirecte d'une histoire évolutive à rebondissements. Charge à chacun de digérer cette leçon d'humilité.

Mais en attendant d'ajouter de nouvelles pièces à ce puzzle, heureusement qu'il existe, ce menton! Car chacun peut toujours s'appuyer dessus, à la manière du Penseur de Rodin, pour réfléchir au destin si improbable, si particulier, de l'espèce qui en fut l'inventeur...

Cette protubérance que nous partageons avec... l'éléphant

Parmi tout le règne animal, c'est l'éléphant qui présente sur sa mâchoire inférieure la structure qui ressemble le plus à celle du menton humain. Cette protubérance aurait-elle été forgée par les mêmes forces évolutives? *"Non, répond, catégorique, Emmanuel Gheerbrant, paléomammalogiste au Muséum national d'histoire naturelle. Cette excroissance soutenait déjà les défenses inférieures des ancêtres de l'éléphant, défenses qui ont disparu durant leur évolution. Mais selon moi, cette curiosité joue surtout un rôle dans la capacité préhensile de la lèvre, qui implique que de nombreux muscles soient rattachés à la mâchoire inférieure."* Ce qui n'éclaire donc en rien le mystère de notre propre menton...

Balzeau. Celui-ci est issu de la différence de réduction entre deux zones de la mâchoire inférieure: la partie alvéolaire, proche des dents, doit se rétracter bien plus fortement que la partie basale. Et dire que ces deux régions ont seulement eu des vitesses différentes de régression dans l'évolution n'est pas non plus satisfaisant: cela pose d'autres questions. Par ailleurs, le menton pourrait très bien être au croisement de plusieurs processus évolutifs."

Ce qui se rapproche de la proposition émise par Michael Coquerelle, du laboratoire d'anthropobiologie de l'université

compenser, la langue et l'os hyoïde, ce petit os utile au langage situé dans la partie antérieure du cou, se déplacent durant le développement, ce qui agit fortement sur les fibres musculaires attachées au menton, et donc sur la croissance osseuse de cette région. Nous avons pu montrer qu'il existe une forte corrélation entre ce déplacement et le développement du menton." Celui-ci pourrait donc être né d'une réorientation des éléments de la bouche qui, soumis à une réduction de la mâchoire, auraient trouvé de la place pour ne pas obstruer la voie respiratoire.



A consulter : les études citées.
A visiter : le musée de l'Homme
et sa collection de crânes
fossiles...

EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com

& Science techniques

NANOSCOPES
82

ROUTE SOLAIRE
90

JEU DE GO
96

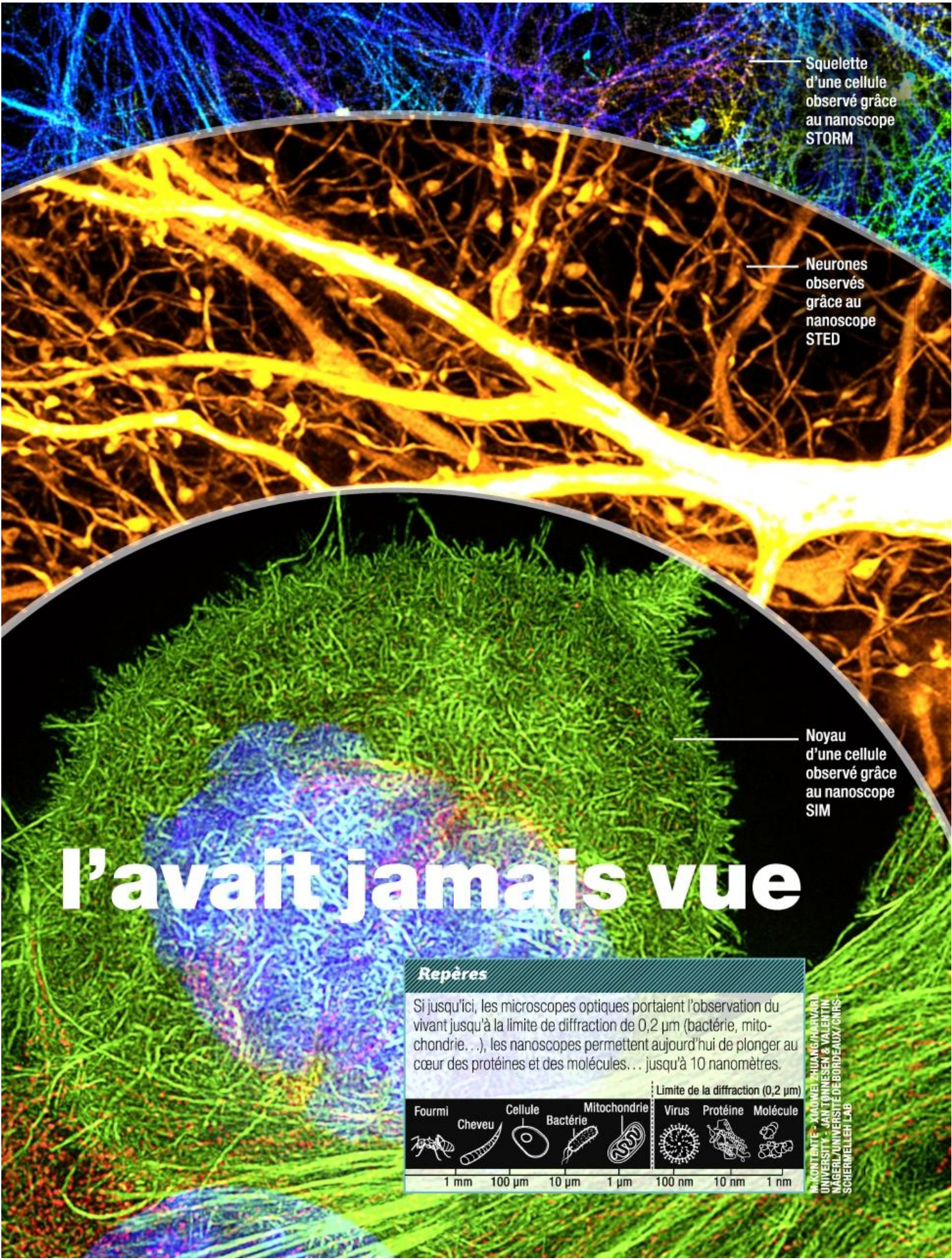
CARIES
100

MAI 2016 | 81

*Au-delà de la
limite de diffraction*

La vie comme on ne

Ils s'appellent STORM, SIM et STED. Et ils ne sont pas des microscopes, mais des "nanoscopes". Grâce à eux, voici que se dévoilent, pour la première fois, molécules, virus ou protéines... au sein même du vivant. Une révolution, selon **Myriam Ydri**. La preuve... évidemment en images.



Squelette
d'une cellule
observé grâce
au nanoscope
STORM

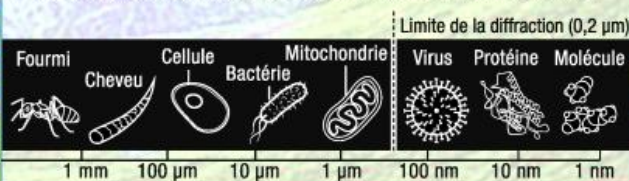
Neurones
observés
grâce au
nanoscope
STED

Noyau
d'une cellule
observé grâce
au nanoscope
SIM

l'avait jamais vue

Repères

Si jusqu'ici, les microscopes optiques portaient l'observation du vivant jusqu'à la limite de diffraction de $0,2\ \mu\text{m}$ (bactérie, mitochondrie...), les nanoscopes permettent aujourd'hui de plonger au cœur des protéines et des molécules... jusqu'à 10 nanomètres.



M. KONTERTSE - XIAOMEI ZHUANG/HARVARD UNIVERSITY - J. VAN TONNENSEN & VALENTIN NAGERI / UNIVERSITÉ DE BORDEAUX / CNRS - SCHIRMELLEN LAB

Les lois de la physique le stipulent : il est impossible de distinguer des objets de taille inférieure à la moitié de la longueur d'onde de la lumière utilisée. Conséquence : avec la lumière visible, qui va de 400 à 800 nanomètres (nm), deux points distants de moins de 200 nm apparaissent flous. Or, pour observer la vie, il est impossible d'utiliser des longueurs d'onde inférieures (rayons UV, X...), dont les effets sont délétères.

Grâce aux progrès conjugués de la physique, de la chimie et de l'informatique, trois nouvelles techniques de microscopie s'affranchissent aujourd'hui de cette limite qui rendait jusqu'ici inobservables virus, protéines et tous les autres objets biologiques d'une taille inférieure à 200 nm.

OBSERVER LE VIVANT VIVANT !

Il s'agit d'une fantastique révolution dans l'observation du vivant ! Baptisés STED, STORM et SIM, trois "nanoscopes" permettent aujourd'hui de montrer, avec une résolution 20 fois supérieure à celle des microscopes classiques, l'infiniment petit... *in vivo* !

Biochimiste à l'université d'Oxford, en Angleterre, Lothar Schermelleh en est convaincu : "La microscopie à super-résolution va devenir un pilier essentiel de la biologie." En voici un avant-goût en images.



A voir : des galeries de photos et de vidéos pour chacune des trois techniques.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

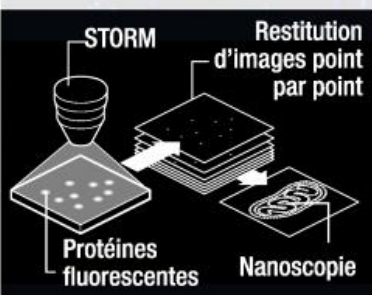
nanoscopie

NANOSCOPE

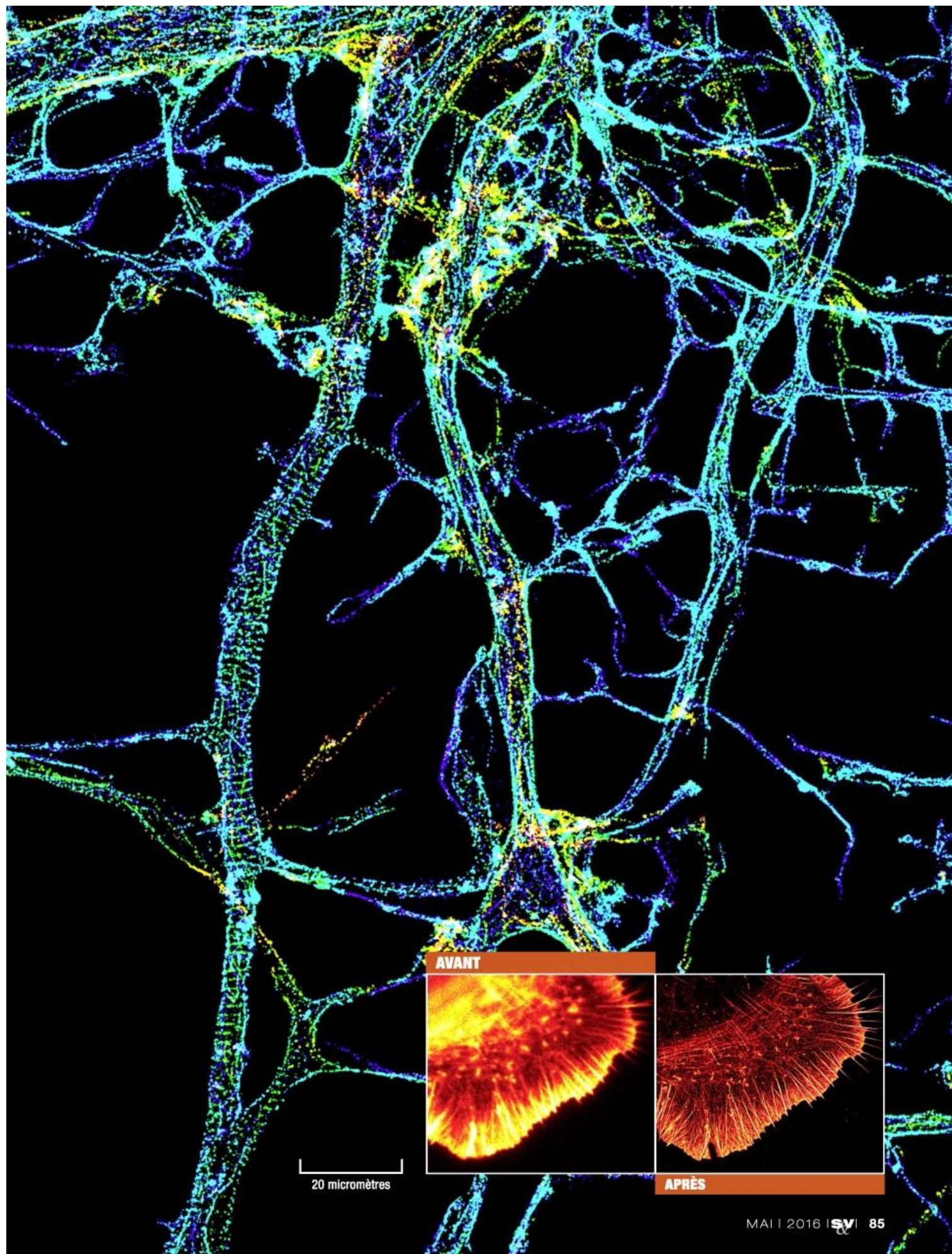
STORM

Il dévoile les molécules une à une

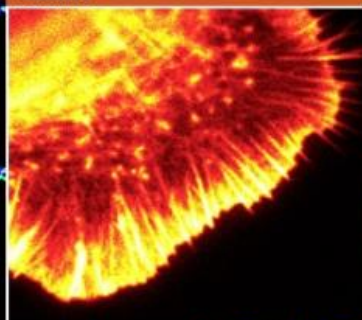
Admirez le subtil maillage qui structure les prolongements de ces neurones. Cette clarté exceptionnelle est caractéristique de STORM (pour STochastic Optical Reconstruction Microscopy, ou microscopie optique par reconstruction stochastique), une technique qui utilise la chimie pour allumer puis éteindre à tour de rôle les molécules fluorescentes. Chaque molécule qui s'illumine forme une tache de diffraction. Un ordinateur calcule le centre de cette tache, la réduit à un point, et reconstitue à partir de là, pixel par pixel, des images précises à 10 nanomètres près. Pour le neurobiologiste Istvan Katona, de l'Académie des sciences hongroise, "STORM sera l'une des plus importantes techniques d'imagerie de la première moitié du XXI^e siècle".



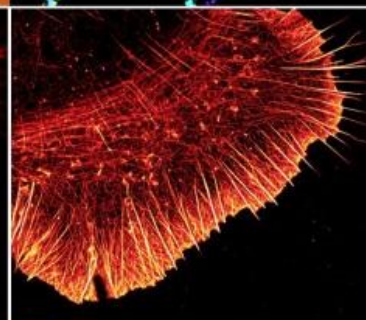
M. KONTENTE - XIAOWEI ZHUANG/HARVARD UNIVERSITY - CHRISTOPHE LETERRIER, CRN2M CNRS-AMU, MARSEILLE



AVANT



APRÈS

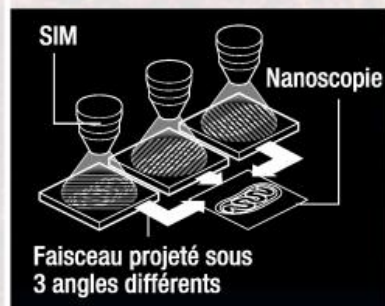


NANOSCOPE

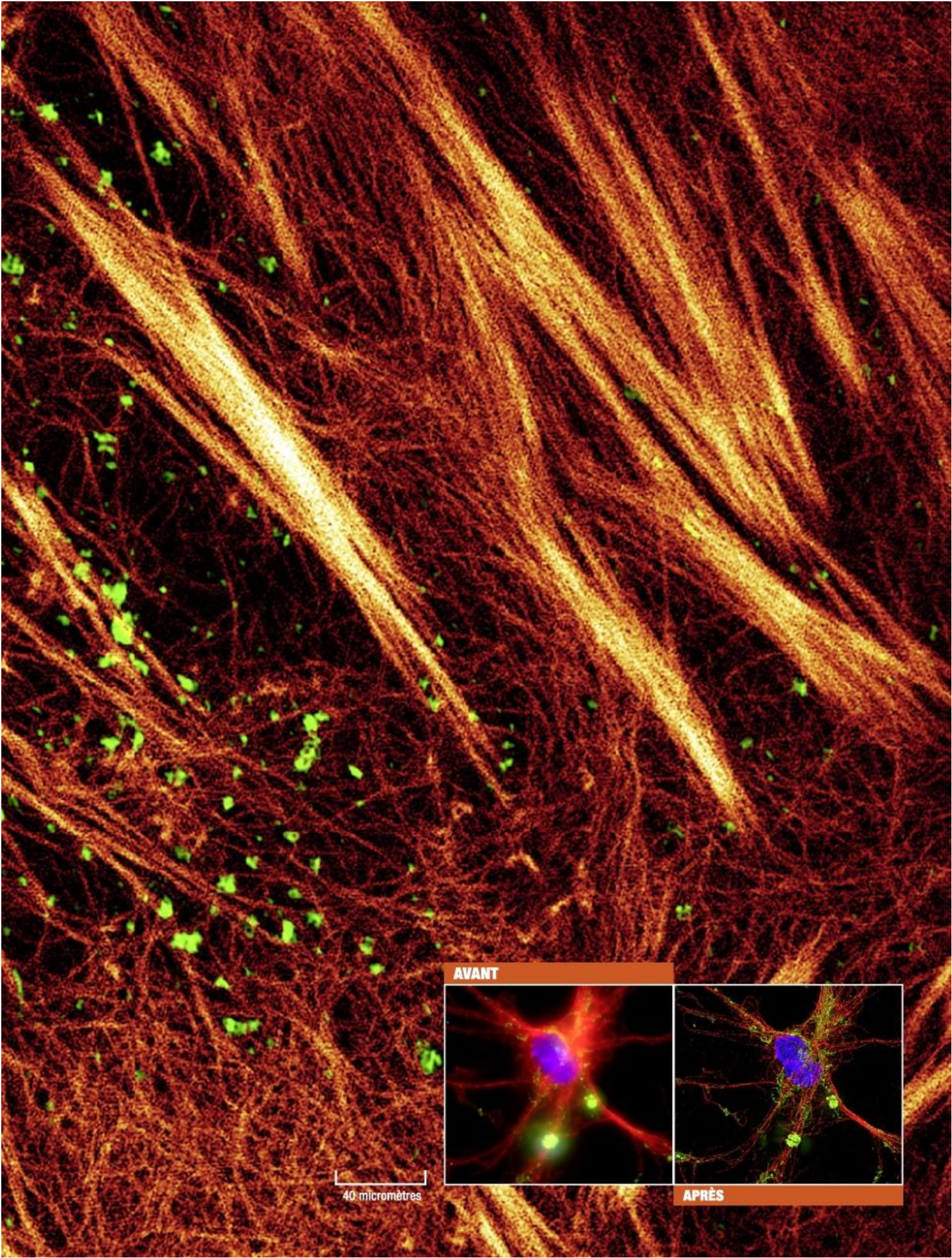
SIM

Il permet la 3D et le mouvement

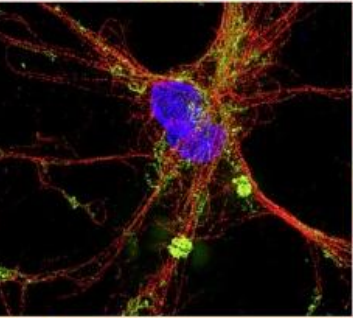
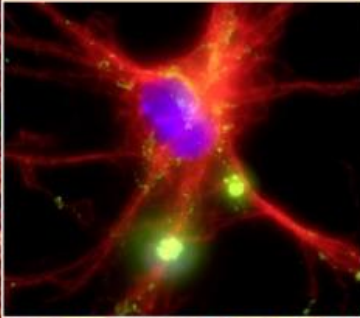
Voici, saisi sur le vif au cœur d'une cellule, le ballet des protéines en 3D et en mouvement ! Cette image exceptionnelle extraite d'un film de quelques secondes est due au nanoscope SIM (Structured Illumination Microscopy, ou microscopie par illumination structurée). "Avec cette technique, on voit les choses comme elles arrivent, pendant qu'elles arrivent !", s'enthousiasme Lothar Schermelleh, chercheur à Oxford. Son principe ? Tourner le phénomène d'interférences à son avantage. Il s'agit d'abord de projeter un faisceau en forme de code-barres sur une structure suffisamment petite pour créer un motif d'interférences "moiré" (comme les rayures d'une chemise vues à la télévision). Ce faisceau est projeté sous trois angles différents. Connaissant les propriétés de la lumière projetée, et celles du motif obtenu, une équation mathématique complexe permet de recréer la forme étudiée en 3D.



M. KONTENT - ERIC BETZIG/JANELIA FARM RESEARCH CAMPUS - SCHERMELLEH LAB



AVANT



APRÈS

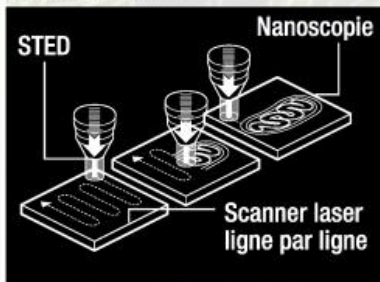
40 micromètres

NANOSCOPE

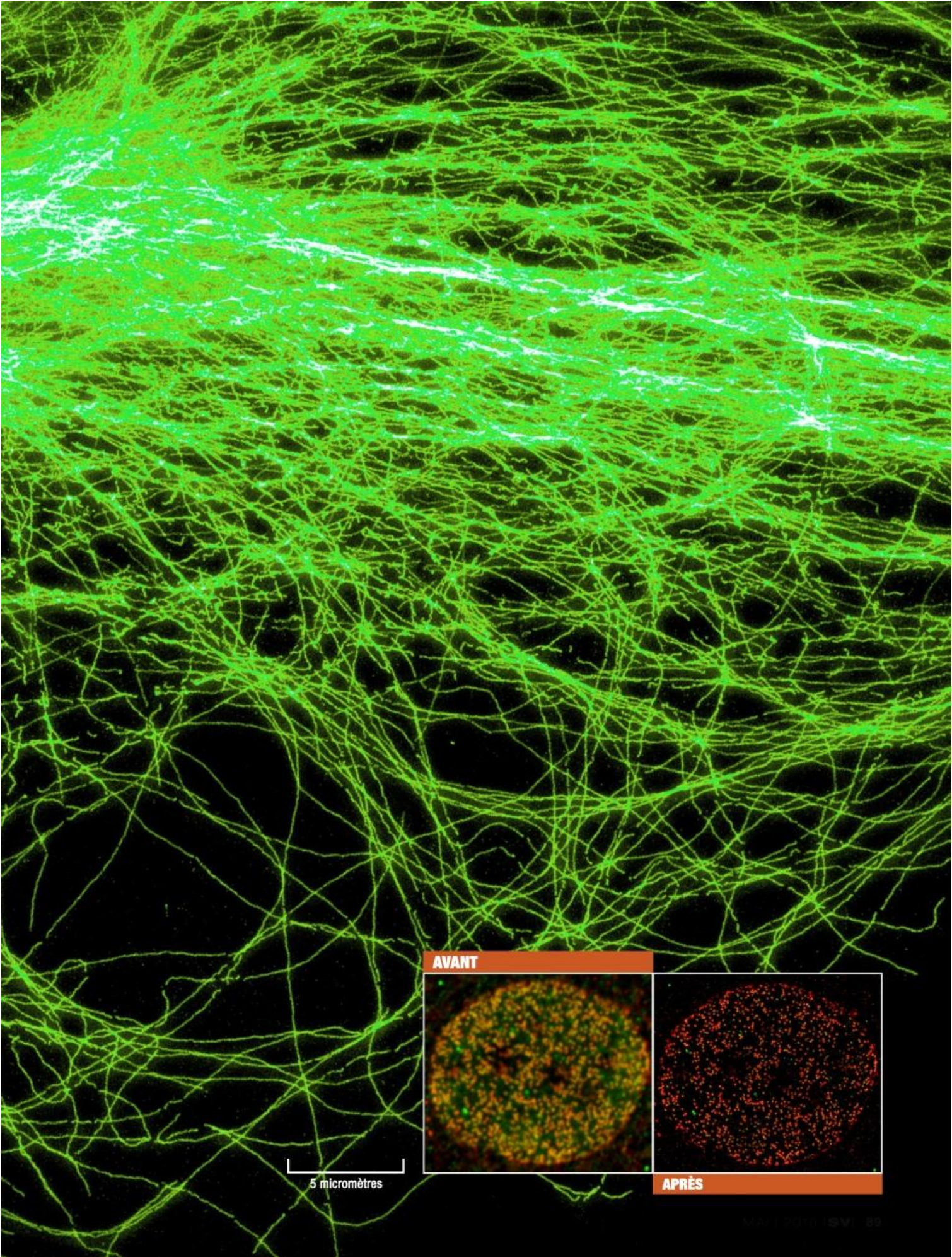
STED

**Il promet
une résolution
sans limite**

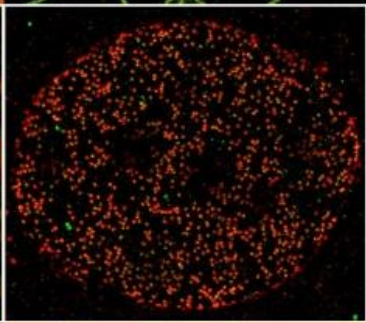
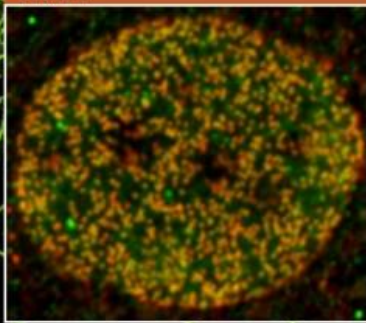
Perdez-vous dans l'entrelacs de ces protéines filamenteuses d'une incroyable finesse : leur diamètre est plusieurs milliers de fois plus petit que celui d'un cheveu ! *"On ne les avait jamais vues comme ça avant !"*, s'enthousiasme le neurobiologiste Valentin Nägerl, qui a perfectionné cette technique. Baptisé STED (pour Stimulated Emission Depletion, ou déplétion par émission stimulée), ce nanoscope envoie sur la structure biologique à photographier, d'abord rendue fluorescente (de façon génétique ou par injection d'un produit), un rayon laser en forme de tore. Celui-ci force la fluorescence à s'éteindre partout, sauf en son point central. Il suffit alors de balayer tout l'objet pour obtenir, point par point, l'image finale en super-résolution.



N. KONTENTE - MATTHIAS REUSS/ABERRIOR INSTRUMENTS



AVANT



APRÈS

5 micromètres



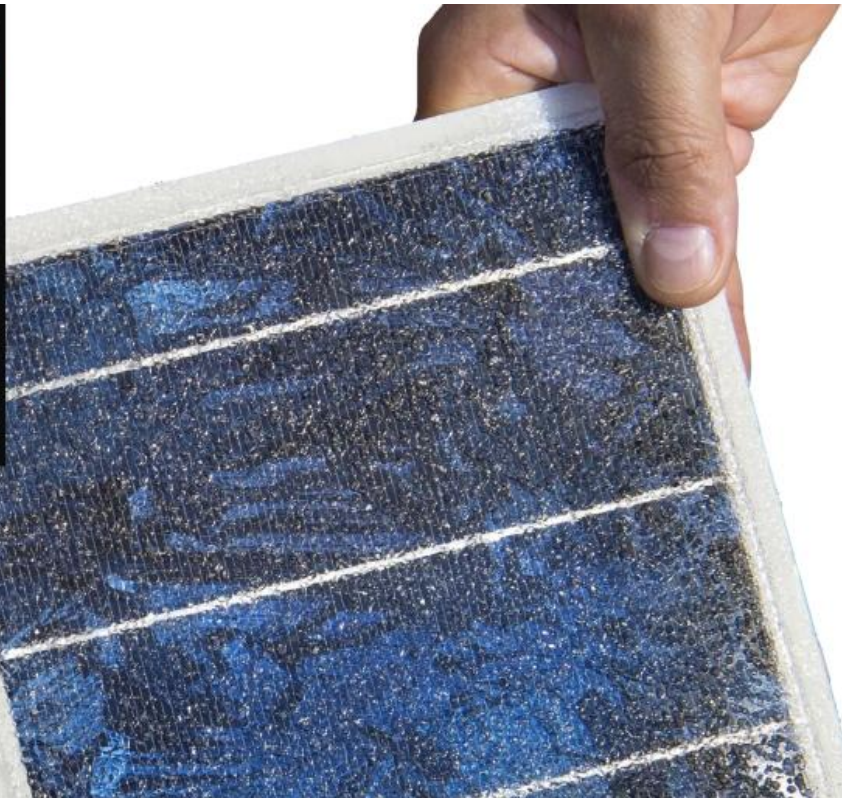
Dalle photovoltaïque

Les routes vont produire de l'électricité!

Remplacer le bitume des routes par un revêtement photovoltaïque et, ainsi, transformer le réseau routier en centrale électrique : ce rêve d'ingénieur n'en est plus un. Relevant tous les défis, un prototype de dalle solaire a été mis au point. Une prouesse, nous assure **Pierre-Yves Bocquet**, qui annonce les routes du futur.

Il y eut d'abord le simple chemin de campagne. Puis la voie romaine pavée, à partir du IV^e siècle av. J.-C. Bien plus tard, au XIX^e s., ce fut la route bitumée et, enfin, l'avènement de l'autoroute au XX^e s. Eh bien voici qu'une nouvelle génération de route se prépare à émerger dans les tout prochains mois...

De fait, la chaussée va prendre une nouvelle dimension en devenant... produc-



△ **LE REVÊTEMENT IDÉAL**
La dalle Wattway n'est pas un simple panneau solaire : en plus d'être très fine (pour une pose facile) et transparente (pour capter la lumière), elle résiste au passage de camions de 45 tonnes.

trice d'électricité ! Et cette fois, c'est du sérieux. Jusqu'ici, en effet, les recherches sur ces routes de 5e génération fleurissaient aux quatre coins du monde, sans aboutir à des projets viables. Preuve vient d'être faite que les routes peuvent être pavées de panneaux solaires à la fois résistants au passage lourd et incessant de véhicules, faciles à poser et rentables.

A priori, l'idée de produire de l'électricité grâce à la route peut paraître saugrenue. Comment espérer intégrer des cellules photovoltaïques dans la

chaussée ? Ces fragiles lamelles de silicium de 200 µm d'épaisseur semblent incompatibles avec la rudesse de l'environnement routier.

PREMIER CHANTIER EN MAI

Sans parler de l'horizontalité de la chaussée, alors que les panneaux solaires sont souvent inclinés à 30° vers le sud. Ni des ombres dues à la circulation, ni de l'exposition aux graisses, poussières, feuilles et autres salissures, susceptibles de réduire leur efficacité...

Et pourtant, le projet de l'entreprise française Colas vient

de passer au stade industriel. Cette filiale de Bouygues, spécialisée dans les routes, s'apprête à lancer ce printemps la construction du tout premier tronçon de chaussée au monde capable de produire de l'électricité. *"Nous avons constaté que, même sur les voies à trafic soutenu, la route 'voit' le ciel près de 90 % du temps. Ce qui en fait une bonne candidate pour accueillir des cellules photovoltaïques. (...) Nous sommes en cours de finalisation du choix pour les*

Repères

En 1839, le physicien français Antoine Becquerel découvre que l'énergie lumineuse peut être transformée en électricité. Le photovoltaïque verra le jour sous forme de cellules en 1913, puis de panneaux en 1954. Aujourd'hui, la production d'origine photovoltaïque s'élève en France à 6,7 TWh, soit 1,4 % de la consommation électrique nationale.

La dalle solaire relève 5 défis...

17 cm 17 cm
7 mm

1 L'adhérence

Pour garantir l'adhérence nécessaire aux véhicules, y compris en cas de freinage d'urgence, la surface supérieure de la dalle contient des granulats qui assurent le contact avec les pneumatiques.

2 La transparence

Toutes les couches supérieures, posées sur les cellules photovoltaïques, sont fabriquées à base de polycarbonate et de résines polymères translucides qui laissent passer la lumière.

3 La résistance

Pour supporter le passage de véhicules pesant jusqu'à 45 tonnes, le silicium polycristallin est entouré d'une dizaine de couches de résines polymères qui le renforcent et le protègent.

Cellules photovoltaïques

4 La pose

Une résine adhésive suffit à coller les dalles directement sur la chaussée existante. Seul impératif : y réaliser une tranchée de quelques centimètres de profondeur pour insérer la goulotte regroupant le câblage des cellules.

5 La sécurité

Afin d'éviter tout risque d'électrocution en cas d'accident (une jante de roue qui viendrait au contact des câbles suite à une crevaisson, par exemple), le système fonctionne en basse tension (moins de 60 V).

→ premiers chantiers, qui commenceront dans la première quinzaine de mai", détaille Philippe Raffin, directeur technique R&D chez Colas.

L'idée n'a toutefois pas convaincu d'emblée les spécia-

L'adhérence doit être comparable à celle qu'offre le bitume

listes, comme Franck Barruel, chef de laboratoire des systèmes photovoltaïques à l'Institut national de l'énergie solaire (Ines), sollicité par Colas en 2011 : "Je l'ai d'abord trouvée fantaisiste et j'ai décliné la proposition. Mais après réflexion, j'ai finalement accepté : avec

de telles contraintes, cela allait forcément tirer la technologie vers le haut."

Après cinq ans de recherche et développement, le résultat est à la hauteur des espérances : une dalle rectangulaire (1,70 m x 0,70 m) de seulement 7 mm d'épaisseur, la Wattway, qu'il suffit de coller à l'aide d'une résine sur une chaussée existante. Un véritable exploit, à la fois technologique et industriel. Car avec cette dalle, n'importe quelle route peut désormais devenir solaire, sans reconstruction totale.

Pour parvenir à ce résultat, Colas et l'Ines ont dû relever de nombreux défis. A commencer par trouver une solution qui supporte le passage de poids lourds pesant jusqu'à 45 tonnes!

Ils ont d'abord recensé les cellules photovoltaïques utilisées pour les toitures et potentiellement compatibles avec de telles contraintes. De premiers tests encourageants ont été effectués sur des panneaux à base de silicium amorphe (non cristallin), souples et moins fragiles que leurs homologues rigides. "Mais en 2013, le marché a subitement été monopolisé par des opérateurs chinois, ce qui soulevait un risque de sécurité des approvisionnements", explique Philippe Raffin.

Le projet repart alors de zéro et s'oriente vers du silicium polycristallin rigide. Mais "ce type de cellule est très fragile. C'est comme vouloir rouler sur une biscotte sans la casser!", s'exclame Franck Barruel.



Jargon

Le silicium peut être **amorphe, monocristallin ou polycristallin.**

Cette dernière forme, composée de multiples cristaux, est utilisée dans les panneaux photovoltaïques ainsi que dans les puces électroniques et les processeurs des calculateurs.

G. CIRAIDE

La solution ? Prendre cette cellule en sandwich pour lui apporter les performances mécaniques recherchées : la solidité, mais aussi l'adhérence pour la couche supérieure, la souplesse, la durabilité, etc. La dalle est ainsi composée d'une douzaine de couches de résines polymères aux caractéristiques variées, dont la "recette" reste bien sûr jalousement gardée par Colas.

Deux brevets ont d'ailleurs été déposés, dont l'un concerne spécifiquement la couche supérieure. En contact avec les pneus, elle est soumise à une double contrainte : ne pas bloquer la lumière tout en assurant l'adhérence nécessaire aux véhicules. Autrement dit, il s'agit de rendre

l'enrobé (le mélange de bitume et de graviers) transparent ! Le secret ? Vraisemblablement une résine polymère translucide résistante, proche du polycarbonate, dans laquelle sont noyés des granulats comparables à du verre. "Nos dalles présentent un rendement de 15 à 16 %, proche de celui des toitures, qui tourne autour de 17-18 %", se félicite Philippe Raffin.

Dans un premier temps, l'électricité produite sera injectée dans le réseau, mais Colas imagine déjà des possibilités de consommation locale. "Avec 25 m² de dalles Wattway, on peut alimenter une maison consommant entre 2 500 et 2 700 kWh par an, hors chauffage électrique,

détaille Philippe Raffin. Un kilomètre de route solaire suffirait à assurer l'éclairage public d'une ville de 5 000 habitants."

"Nous n'avons pas encore fait de tests, mais ces estimations me paraissent un peu optimistes, tempère Yvonnick Durand, ingénieur spécialiste du photovoltaïque à l'Ademe. Même avec une durée d'exposition longue, la position horizontale des capteurs conduit fatalement à une perte d'environ 10 % de la quantité d'électricité produite, sans compter l'ombre des véhicules et les salissures. Cela dit, cette solution peut être une alternative aux panneaux de toiture, notamment en zone urbaine." Et encore plus à l'écart du réseau électrique ou dans les pays en voie de développement, que vise également Colas.

DES TESTS EXTRÊMES

L'entreprise dit avoir déjà reçu plusieurs centaines de commandes mais se concentre cette année sur quelques dizaines de chantiers pour perfectionner le dispositif. La solution a de toute façon été conçue pour être "tout-terrain" : "Habituellement, pour une route, les tests de résistance à l'orniérage [déformation de la chaussée sous le passage des véhicules] simulent environ 30 000 allers-retours d'un pneu de poids lourd. Nous avons poussé le test jusqu'à 1 million de cycles, sans ruiner le dispositif", détaille Philippe Raffin.

Colas est ainsi allé plus loin que la toute première expérience mondiale de chaussée solaire : SolaRoad, une piste cyclable de 70 m de longueur installée fin 2014 au nord d'Amsterdam. Développée

→ avec la Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, elle reprend le même principe : des cellules photovoltaïques recouvertes d'une couche protectrice (du verre trempé), mais avec des contraintes de résistance mécanique bien moindres. Le dispositif est testé jusqu'à la fin de l'année, avant un déploiement qui devrait inclure des routes conventionnelles.

Le projet de Colas semble

Dernière piste, moins avancée : l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar) vient de présenter un prototype de revêtement routier hybride capable de produire de l'électricité solaire et de récupérer la chaleur accumulée par la route grâce à l'ensoleillement. *"Faire les deux simultanément permet de refroidir les cellules solaires, qui ont tendance à chauffer et*

Dès lors, c'est une question de choix politique." Fin janvier, visiblement emballée par le projet Colas, la ministre de l'Environnement Ségolène Royal a annoncé la création de 1 000 km de routes solaires d'ici cinq ans en France.

L'ÉLECTRICITÉ DE TOUT LE PAYS

"La surface totale des routes et parkings de France représente environ 17 000 km², estime Nicolas Hautière. Si on en équipait 20 % avec des dalles solaires à 15 % de rendement, cela couvrirait la totalité des besoins du pays en électricité." Un chiffre qui semble incroyable, mais que l'Ademe confirme globalement.

Un tel déploiement permettrait en outre d'abaisser le prix de la dalle photovoltaïque. Colas ne communique pas sur le coût d'installation – *"tout dépend du chantier"* – mais admet que son dispositif reste plus onéreux que les panneaux de toiture, comme le détaille Philippe Raffin : *"En photovoltaïque traditionnel, le prix du watt-crête [Wc, puissance que l'installation peut fournir par un ensoleillement de 1 000 W/m² et une température de 25°C] fluctue de 2 à 10 €, selon les surfaces équipées et les contraintes. Avec Wattway, nous visons 6 € le Wc."* A ce prix, l'union de la route et du soleil promet d'avoir de beaux jours devant elle.

Une piste pour recharger les véhicules électriques

La route solaire pourrait offrir deux nouveaux moyens de recharge des voitures électriques... et une solution à l'épineux problème de l'autonomie des batteries. Soit en mode statique, à l'aide d'une borne fixe en bord de route, alimentée par la chaussée solaire. Soit en mode dynamique, pendant que les voitures roulent : il s'agirait d'une recharge par induction, via un champ magnétique émis par la route grâce à l'électricité qu'elle produirait elle-même. *"La route solaire représente une opportunité complémentaire de produire de l'électricité verte, et de favoriser l'essor des véhicules électriques"*, résume Frédéric Canal, chef du service de recherche sur la mobilité électrique chez Renault.

aussi plus réaliste que celui de Solar Roadways, mené par des entrepreneurs américains : des cellules photovoltaïques intégrées à des dalles hexagonales bien plus épaisses que celles de Colas (une dizaine de centimètres), elles-mêmes emboîtées sur des plots et non collées. Surtout, ces dalles s'installent lors de la construction de la route, ce qui rend leur déploiement plus compliqué. Un avantage, cependant : elles intègrent des LED pour la signalisation, ainsi qu'un dispositif de chauffage pour éliminer gel et neige. Un prototype est en développement.

à moins bien fonctionner, et de récupérer cette chaleur pour d'autres usages", souligne Nicolas Hautière, directeur du projet Route de 5^e génération à l'Ifsttar. La chaleur est captée par un fluide (de l'eau salée) qui traverse la chaussée, réalisée en enrobé poreux. Cette eau tiède pourrait ensuite être stockée dans des réservoirs sous la route et exploitée par la suite.

"La route solaire présente un autre intérêt : déployer le photovoltaïque chez les particuliers dépend de leur bon vouloir, analyse Nicolas Hautière. Les routes, elles, sont gérées par les collectivités publiques.



A voir : une présentation dynamique du fonctionnement de la dalle Wattway.
A lire : une synthèse sur la route solaire hybride.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

SCIENCE & VIE

VOUS PRÉSENTE

DU 3 AU 12 OCTOBRE 2016

À partir de

1880 €

(10 jours / 9 nuits)

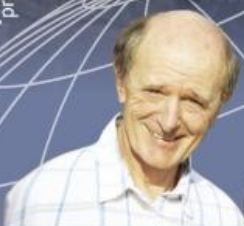
VOL INCLUS AU
DÉPART DE PARIS
OU MARSEILLE

La croisière des grands explorateurs

ET DES DÉCOUVERTES SCIENTIFIQUES

• ATHÈNES • LES MÉTÉORES
• SANTORIN • LES CYCLADES

Avec la présence EXCEPTIONNELLE de :



Jean Louis Etienne*
Médecin,
explorateur.



Yves Coppens*
Paléanthropologue,
professeur au Collège
de France.



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

NOUVEAU

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



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

INFORMATIONS & RÉSERVATIONS

01 41 33 59 60

Du lundi au vendredi de 9h00 à 18h00

TÉLÉCHARGEZ LA BROCHURE COMPLÈTE SUR

www.croisieres-lecteurs.com/sv

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

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

SCIENCE & VIE

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

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Tél. : Email :

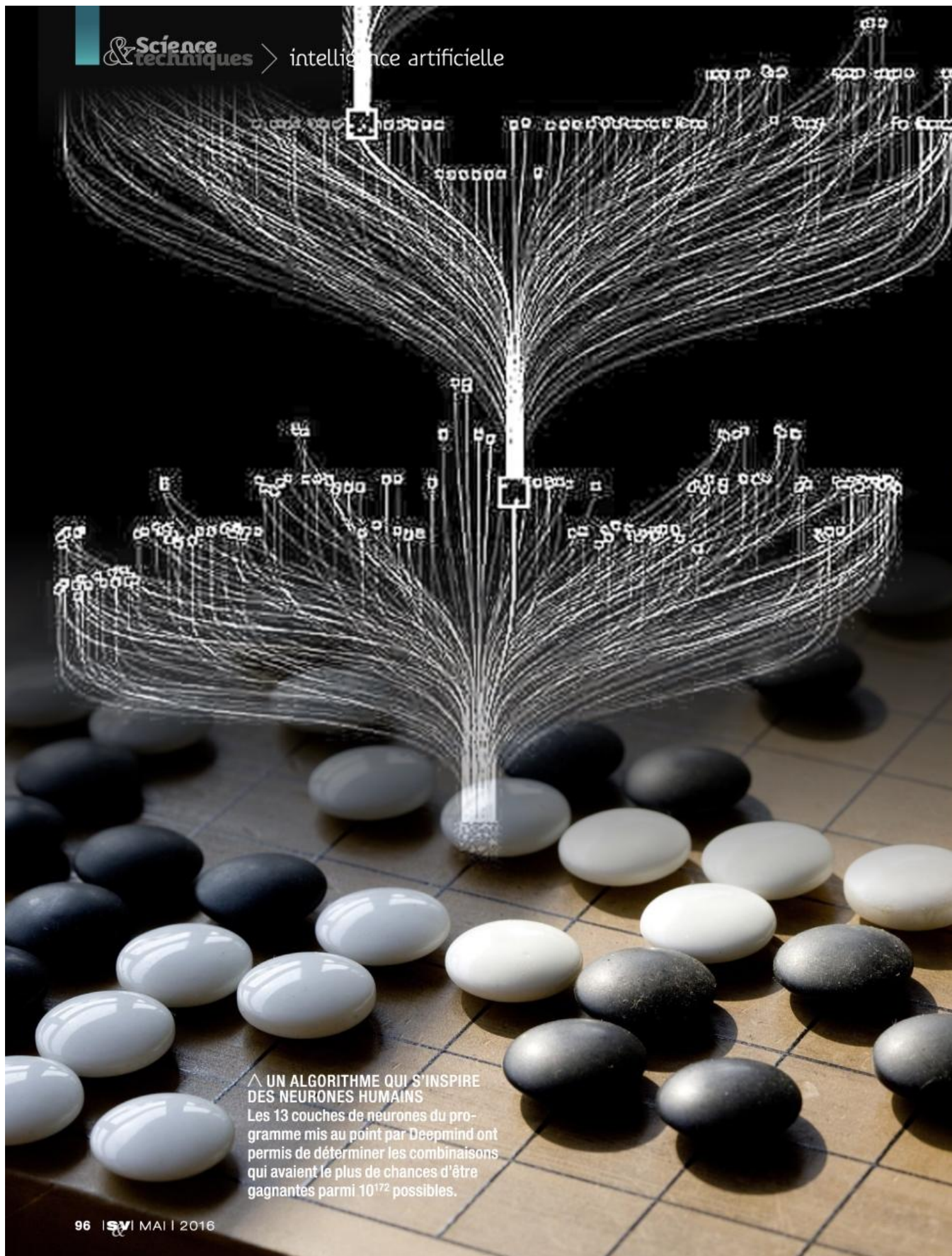
☐ Oui je souhaite bénéficier des offres de Science&Vie et de ses partenaires

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

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

Rivages du Monde

CRI6SV2P



△ UN ALGORITHME QUI S'INSPIRE DES NEURONES HUMAINS
Les 13 couches de neurones du programme mis au point par Deepmind ont permis de déterminer les combinaisons qui avaient le plus de chances d'être gagnantes parmi 10^{172} possibles.

Jeu de go

Ce que cache la victoire d'AlphaGo

En battant l'un des plus grands champions de go, le programme AlphaGo a démontré l'intelligence de ses "réseaux de neurones profonds". **Muriel Valin** nous dit pourquoi.

Une victoire sans appel. Une déculotée même ! Le mois dernier, AlphaGo, un programme informatique élaboré par Deepmind, une start-up britannique spécialisée en intelligence artificielle (IA) tout juste rachetée par Google, a battu au jeu de go Lee Sedol, l'un des tout meilleurs champions du monde. Une défaite en forme d'humiliation qui a fait la une de tous

les journaux. Et pour cause : le jeu de go n'est pas seulement ce jeu ancestral qui passionne des millions de gens en Asie, il est surtout le jeu de réflexion qui, plus que les échecs, témoigne au plus haut point de l'intelligence humaine. Et 19 ans après avoir triomphé de Kasparov aux échecs, la machine vient de démontrer sa suprématie au go.

Ce résultat a littéralement bluffé tout le monde, y compris les chercheurs les plus pointus

du domaine. Trois mois plus tôt, AlphaGo avait certes remporté une première victoire face au n° 1 européen, le Français Fan Hui. Mais cette fois, le niveau de difficulté promettait d'être autrement plus élevé. *"Je pensais que cela arriverait un jour. Mais ce qui est vraiment surprenant, c'est de voir à quelle vitesse l'équipe de Deepmind a progressé en l'espace de quelques mois"*, commente Tristan Cazenave, spécialiste de l'IA dans le domaine des jeux. Même étonnement du côté de Sébastien Konieczny, chercheur au CNRS, qui rappelle qu'il avait fallu, aux échecs, plus de sept ans à la machine pour passer d'un succès face à de très bons joueurs à un couronnement, en 1997, face au champion du monde, lors du match entre l'ordinateur Deep Blue et Gary Kasparov.

L'exploit est d'autant plus notable que le go, *"derrière des règles apparemment basiques, révèle une complexité incroyable"*, rappelle sur son blog Demis Hassabis, l'un des fondateurs de Deepmind. *Le nombre de positions possibles sur le plateau* →

Repères

Inventé il y a plus de 2 000 ans en Asie, le go était le dernier jeu de plateau sur lequel une machine n'avait pas encore réussi à battre un champion du monde. Le défi a été relevé, face à Lee Sedol, 19 ans après la victoire aux échecs de l'ordinateur Deep Blue contre Gary Kasparov.



→ dépasse le nombre d'atomes dans l'Univers." Songez que si les échecs comptent 10^{128} combinaisons possibles, le go en affiche 10^{172} , soit des centaines de millions de milliards de milliards de milliards de milliards de fois plus!

LA MÉTHODE DU DEEP LEARNING

Jusqu'ici, les techniques d'IA classiques balayaient les configurations de jeu une à une avant d'opter pour un coup. Impossible avec une telle quantité de positions possibles: même avec les plus puissants processeurs, la machine aurait besoin de trop de temps pour balayer l'ensemble des combinaisons dans le temps d'un match (entre une et cinq heures). C'est donc vers une autre méthode, en pleine expansion, que Deepmind s'est tourné: le *deep learning*, l'apprentissage profond.

"Nous avons combiné des techniques de statistiques déjà maîtrisées avec des réseaux de neurones profonds", détaille Demis Hassabis. Comprendre: des algorithmes s'inspirant du principe des neurones humains, organisés en couches, où chaque "neurone" d'une couche effectue des opérations sur les informations transmises



Ces jeux où la machine a déjà battu l'humain...

Depuis le premier jeu vidéo (Tic Tac Toe en 1952: 765 combinaisons possibles), l'ordinateur défie l'homme aux jeux de plateau: en 1997, Deep Blue (IBM) bat Kasparov aux échecs (10^{128} combinaisons possibles); en 2003, Buggy bat N'Diaga Samb aux dames (10^{32} combinaisons); en mars 2016, AlphaGo l'emporte au go (10^{172} combinaisons).

par ceux de la couche précédente, et envoie le résultat à ceux de la couche suivante. La première couche est celle qui "voit" les données à traiter; les dernières, celles qui apportent la solution. De quoi identifier et mémoriser les combinaisons gagnantes au fur et à mesure des parties. Autrement dit, trier les coups prometteurs tout en éliminant ceux qui ont peu de chances d'être victorieux.

A vrai dire, les réseaux de neurones sont entre les mains des

chercheurs en IA depuis plus de trente ans. Sauf que personne ne les avait poussés aussi loin que les experts de Deepmind. Le mot "profond" n'est ainsi pas anodin. Le réseau compte 13 couches de neurones, quand les chercheurs du domaine en utilisent en général 3 ou 4 dans leurs propres travaux. Or, plus le réseau dispose de couches, plus il est capable d'analyser un grand nombre de combinaisons, et plus les enseignements qu'il en tire – les coups gagnants – sont précis et diversifiés.

Les experts de Deepmind ont, en pratique, "montré" à leur réseau de neurones profonds 30 millions de combinaisons déjà jouées par les meilleurs joueurs du monde. AlphaGo les a analysées: coups gagnants, perdants, configurations... De là, le programme a réussi à prédire le mouvement probable d'un joueur dans une partie avec 57 % de réussite.

"Mais notre but n'était pas seulement d'imiter les joueurs, il fallait pouvoir battre les

La règle du jeu

Le jeu de go

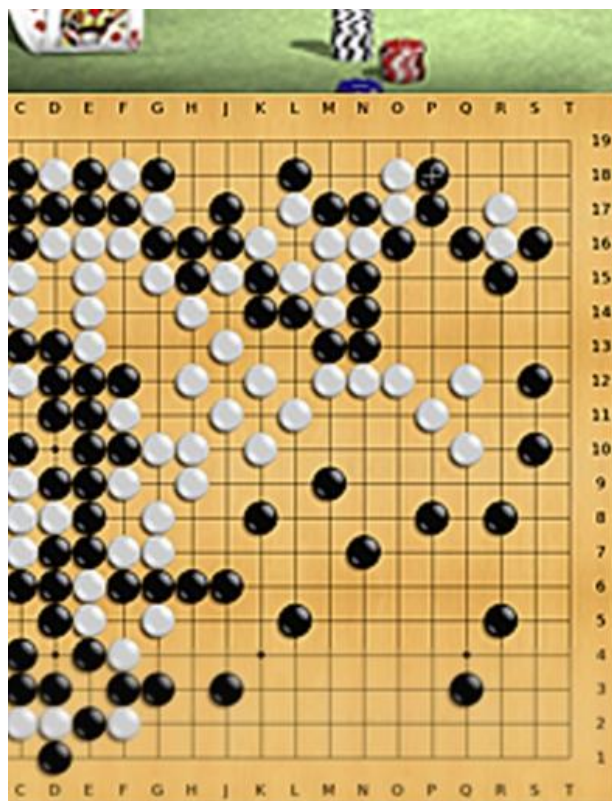
se compose d'un plateau quadrillé de 19 x 19 lignes que 2 joueurs, à tour de rôle, recouvrent de pierres noires ou blanches en posant leurs pions sur les intersections.

Le but du jeu est de contrôler le plus de territoire possible avec des pierres d'une même couleur.

Les pièces encerclées sont capturées par l'adversaire et retirées, ce qui lui rapporte des points.

Bientôt des neurones profonds dans les voitures...

Si l'IA cachée derrière AlphaGo a fait tant de bruit, c'est aussi parce qu'elle pourrait avoir des retombées considérables dans d'autres secteurs: reconnaissance vocale, traduction linguistique automatique, reconnaissance visuelle... De fait, les réseaux de neurones profonds font partie des piliers sur lesquels reposent les recherches actuelles dans ces domaines. "Cette technique est restée en sommeil pendant des années car elle était difficile à exploiter. AlphaGo va à coup sûr la faire revenir sur le devant de la scène, laissant espérer de belles avancées, allant de la voiture autonome à l'imagerie médicale", prédit Gérard Berry.



... et ceux qui la défient encore

Poker, bridge, Starcraft... Dans les jeux ouverts (où plus de deux joueurs évoluent dans un environnement variable et cachent leur jeu), la victoire reste encore inaccessible à l'ordinateur. L'IA devra progresser.

meilleurs", poursuit Demis Hassabis. Pour cela, AlphaGo a joué des milliers de parties aléatoires contre lui-même, en ajustant ses "connexions neuronales" au fil des essais et des erreurs, apprenant au fur et à mesure, dressant des statistiques... "Cette approche a nécessité de gérer un grand nombre de paramètres en temps réel. Pour y parvenir, Deepmind s'est appuyé, comme souvent pour des calculs de ce genre, sur des cartes graphiques (GPU) qui y excellent", explique Gérard Berry, informaticien et professeur au Collège de France.

AlphaGo, assurément, est le programme le plus doué de sa génération. "Dans les jeux à information complète, avec des règles et des positions adverses connues de l'ordinateur, comme le go ou les échecs, on sait désormais que les ordinateurs font mieux que l'homme", commente avec enthousiasme Sébastien Konieczny.

Mais après? Les avancées de Deepmind peuvent-elles

dépasser le go? "Ces travaux sur AlphaGo vont faire avancer la recherche en IA à différents stades, commente Tristan Cazenave. On va pouvoir s'attaquer à des jeux plus compliqués car plus ouverts: le bridge, le poker..."

APPRENDRE À BLUFFER ?

Une prochaine étape aux allures de défi, car la machine devra s'accommoder d'une part de hasard dans ses estimations de coups gagnants, s'adapter à des attitudes imprévisibles (le bluff, par exemple!)... En clair: son intelligence devra être d'une autre nature, pas seulement "raisonnable", mais déductive.

"Pour l'instant, les machines calculent ce qu'on leur demande de calculer. Elles ne prennent pas d'initiative. AlphaGo ne comprend pas qu'il joue au go! La prochaine étape sera de croiser cette approche s'appuyant sur le calcul numérique brutal avec une intelligence plus déductive et intuitive", annonce Sébastien Konieczny.

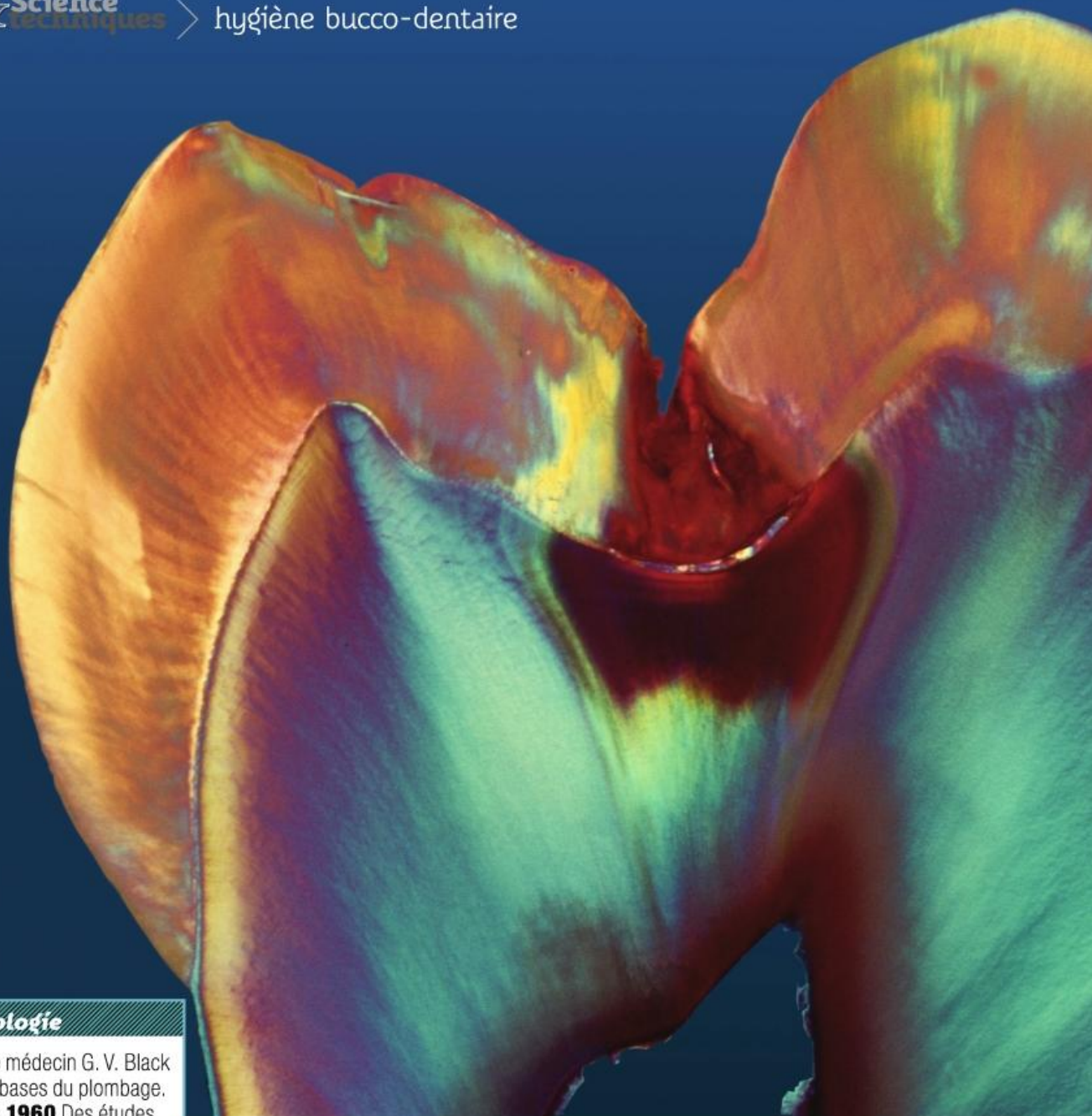
Dans cette perspective, Microsoft a fait une annonce surprenante, quelques heures avant la proclamation de la victoire d'AlphaGo: il a lancé un programme d'IA dans la plateforme de jeu de construction Minecraft (où les joueurs explorent un monde virtuel pour y trouver des ressources et bâtir décors, outils...). Objectif? Réponse de Fernando Diaz, membre de l'équipe: "Minecraft offre un environnement flexible où nous allons pouvoir tester un large éventail de capacités cognitives, allant du langage à la mémoire. Si on veut continuer à progresser, ce n'est plus forcément de nouveaux outils dont nous aurons besoin, mais de nouvelles plateformes qui permettront aux machines de se forger une expérience sur toute une série de tâches et de situations différentes." Avec quels débouchés? L'horizon reste flou, mais il dépasse largement le jeu... C'est l'intelligence des machines en général qui pourrait en bénéficier.



A lire : la publication qui décrit le programme AlphaGo (en anglais).
A voir : les vidéos des cinq parties de go.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com



Chronologie

1896 Le médecin G. V. Black pose les bases du plombage.

Années 1960 Des études montrent que certaines caries se réparent seules.

2008 La Fédération dentaire internationale appelle à tenir compte de l'autoréparation.

2015 Première étude estimant le nombre de plombages évités grâce à l'autoréparation.

Caries dentaires Elles peuvent guérir toutes seules



Vous avez un début de carie ? Votre dentiste va aussitôt sortir sa fraise et travailler votre dent en creux. Pourtant, la carie pourrait très bien guérir toute seule – en l'aidant un peu. C'est même le cas une fois sur deux ! Pour **Aude Rambaud**, il serait temps que patients et dentistes le sachent...

Non, les caries ne sont pas forcément agressives. Oui, certaines d'entre elles peuvent se résorber toutes seules. En tout cas, tant qu'elles en sont encore à un stade débutant, bien avant donc que la moindre douleur se fasse ressentir.

Ainsi, contrairement à ce que le recours systématique au plombage laisse croire depuis plus d'un siècle, le destin de nos dents cariées n'est pas toujours écrit ! Et l'autoréparation des caries débutantes est même loin d'être une exception, comme vient de le démontrer une étude australienne.

Jusque-là, l'histoire d'une carie était pourtant considérée comme linéaire : des bactéries de la plaque dentaire – substance composée de mucus salivaire et de débris alimentaires – assimilent des sucres rapides, prolifèrent, sécrètent un acide qui s'attaque à la dent, provoquant la formation d'une cavité de plus en plus profonde qui met la dent en péril.

“Les dentistes sont restés fidèles à la classification des caries érigée en 1907 par l'un des fondateurs de la dentisterie moderne, le médecin américain Greene Vardiman Black, explique Christophe Lequart,

chirurgien-dentiste et représentant de l'Union française pour la santé bucco-dentaire. Enseignée de génération en génération, elle renseigne sur la façon de traiter les caries selon leurs caractéristiques. Mais elle ne fait aucune place à une approche préventive.”

En clair, dès qu'une carie est repérée, avant même que nous ayons senti le moindre signe, il faudrait toujours sortir l'artillerie lourde : creuser avec la fraise et poser un plombage.

Sauf que, détruire mécaniquement un peu plus notre dent pour la soigner, encore faut-il que cela en vaille la

Naissance et disparition d'une carie dentaire



→ peine. Or, ce traitement classique n'est même pas définitif: il faudra souvent recreuser pour changer de plombage – sans compter qu'une carie peut toujours reprendre en dessous.

Faire fi de réflexes vieux d'un siècle, un nombre croissant de chercheurs et de médecins l'osent désormais: ils misent sur l'autoréparation naturelle de la dent. Pour eux, la carie doit être comprise comme un processus lent et surtout réversible. En effet, tant qu'elle se limite à la paroi extérieure de la dent (l'émail), les phases de destruction (perte des minéraux: calcium, phosphore...) et de réparation alternent (voir infographie). Cette période transitoire durerait en moyenne quatre ans. Soit la carie continue à se creuser et il faudra plomber; soit le processus de réparation l'emporte et la carie disparaît!

Or, cette autoréparation peut être facilitée par un Système de gestion des caries (Caries Management System, en anglais): une méthode fondée sur de simples modifications des habitudes alimentaires et des règles de l'hygiène buccale.

Des études ont été lancées sur le sujet en 2005, mais jamais

Faits & chiffres

Aujourd'hui, nous sommes peu à y échapper. Selon les chiffres de l'OMS, **de 60 à 90 % des enfants scolarisés** dans le monde ont des caries et **près de 100 % des adultes**. En France, **9 personnes sur 10** souffrent ou ont souffert de caries et **1 adolescent sur 2** présente une dent cariée non soignée lors de l'examen de prévention à 15 ans.

la proportion des caries qui échapperaient ainsi au plombage n'avait été mesurée avec précision. Autant dire que les chiffres publiés en décembre dernier par l'équipe australienne du Pr Wendell Evans (université de Sydney) sont importants. Après avoir suivi pendant sept ans des centaines de patients, les chercheurs ont montré que près d'une carie débutante sur deux est potentiellement réversible! "C'est la première fois que nous prouvons que cette approche préventive fonctionne en pratique courante dans les cabinets de dentistes sur le long terme", explique Wendell Evans.

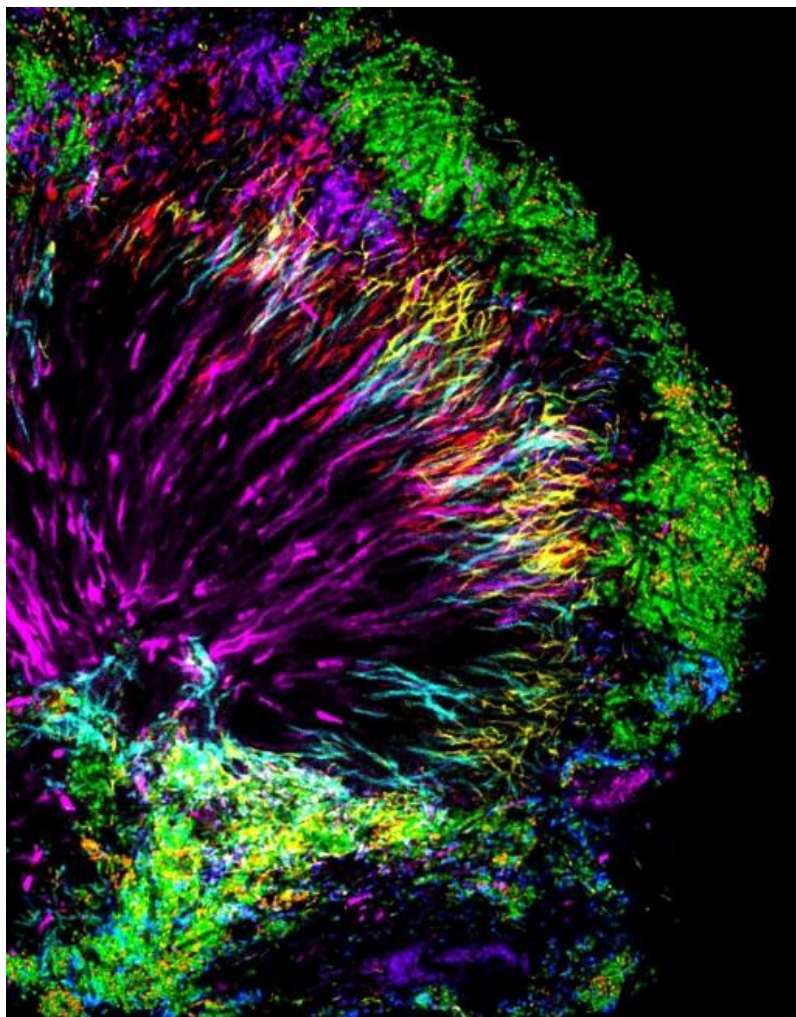
A condition de faire dépister ses caries tant qu'elles sont toutes jeunes! Autrement dit, consulter régulièrement son dentiste, comme cela est déjà recommandé...

Car pour faciliter la réversibilité d'une carie, il faut renforcer la présence de substances naturelles qui viennent contrer la déminéralisation de l'émail. En particulier, la salive et le fluor. "La salive neutralise les acides produits par les bactéries et apporte des minéraux comme le calcium ou le phos-

> **700 espèces de bactéries** peuplent notre bouche; celles de la plaque dentaire ont une organisation spécifique (ci-contre).

phate, à condition de lui laisser le temps d'agir en évitant, par exemple, de grignoter sans cesse", explique Christophe Lequart. Quant au fluor, c'est une véritable arme anticarie, un puissant protecteur largement utilisé dans les dentifrices et les vernis dentaires.

En fonction des "forces en présence", du poids de chacun de ces facteurs, le degré de minéralisation de la dent va pencher dans un sens ou dans l'autre et permettre à la carie de disparaître ou, au contraire, de progresser. Quelques questions aux patients permettent d'identifier les personnes à risque et d'adapter les conseils allant d'une simple diminution des apports en sucre à l'application de vernis fluoré. Avec un bon suivi, une fois sur deux, les caries pourraient donc disparaître!



Plusieurs équipes, dont une américaine et une australienne, ont d'ailleurs publié en 2012 la bible du Système de gestion des caries : l'International Caries Classification and Management System (ICCMS). Les caries y sont classées selon six stades d'évolution : du plus superficiel au plus profond. Seuls les deux derniers, caractérisés par une atteinte de la structure interne (la dentine), nécessitent un traitement avec la fraise. Pour tous les autres stades, la méthode préventive devrait d'abord être appliquée.

GÉNÉRATION "ZÉRO CARIE"

Evidemment, la nouvelle arrive un peu tard pour tous ceux qui ont déjà subi les assauts de la roulette. Pour les autres souffrant d'une carie débutante, il est peut-être encore temps de demander à son dentiste d'ap-

pliquer la méthode de "gestion des caries". Sachant que, de toute façon, si la carie évolue mal, il sera toujours possible de recourir à la fraise...

Mais comment a-t-on pu ignorer si longtemps ce phénomène naturel ? D'autant que le concept de prévention des caries débutantes est mentionné dès les années 1960. Eh bien, à l'époque, les chercheurs n'ont pas du tout été entendus ; les progrès réalisés sur les nouveaux matériaux de plombage retenaient bien plus l'attention. Et ces résultats à contre-courant sont tombés aux oubliettes. Avant de réémerger au milieu des années 2000.

Si cette nouvelle tendance en dentisterie fait mouche aujourd'hui, c'est qu'une dynamique est insufflée au niveau mondial par la Fédération dentaire internationale

Des caries et des hommes

L'histoire est ancienne. Elle remonterait même au néolithique, qui débute il y a 7 000 ans en France, lorsque le régime alimentaire de nos ancêtres se modifie avec la sédentarisation, la production de céréales et la confection de farines. Les premières traces de caries sont repérées par les paléontologues chez ces individus alors que ceux qui continuent à vivre uniquement de la chasse et de la cueillette en sont curieusement épargnés. Aucun fossile humain antérieur à cette période, sauf un seul retrouvé en Zambie, n'a été décrit comme atteint de caries dentaires.

et l'Alliance for a Cavity Free Future (comprenez : "pour un futur sans carie chez tous les enfants nés à partir de 2026"). Les Etats-Unis et l'Europe commencent à se convertir. En France, le nouveau Système de gestion des caries a intégré, en 2010, la formation des chirurgiens-dentistes, mais celle-ci dure de six à huit ans, ce qui explique que cette nouvelle approche parvienne tout juste au patient. Reste donc à la voir s'immiscer concrètement dans les cabinets de dentistes. Rares sont en effet ceux qui la proposent aujourd'hui. Trop innovante. *"Certains praticiens ne croient toujours pas que la carie peut se résorber !"*, rappelle Wendell Evans.

En outre, la méthode présente des inconvénients puisque le patient doit être motivé pour améliorer son mode de vie : réduire sa consommation de sucre, éviter les grignotages, se brosser correctement les dents, consulter régulièrement pour dépister les caries, etc. Autant dire qu'elle ne fonctionne pas sans une implication réelle. Il n'empêche, la génération "zéro carie" n'est plus tout à fait une utopie.



A lire : l'étude australienne. La "bible" médicale de détection et de prévention des caries.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Profitez de cette offre spéciale **lecteurs !**

Découvrez le pack Galaxie

12 numéros + 6 hors-séries

et l'accès à **SCIENCE&VIE TV**

la chaîne pour comprendre

5€
/mois*

seulement au lieu de 10,13€

SANS ENGAGEMENT



1 an - 12 numéros



6 hors-séries



Science&Vie TV

Profitez d'avantages exclusifs

- ✓ Profitez du confort et de la souplesse du paiement par **prélèvement automatique** sans aucun frais supplémentaire. Vous pouvez résilier votre abonnement sur simple demande
- ✓ Recevez votre magazine directement **chez vous** et avant la parution kiosque
- ✓ Votre magazine vous suit partout : la **version numérique** est offerte !

Bénéficiez de
50%
de réduction

Pendant 6 mois, puis payez 8€ par mois

*Tarif garanti pendant 6 mois. Après 6 mois, profitez d'un tarif toujours préférentiel : 8€ par mois au lieu de 10,13€

la chaîne pour comprendre

Science&Vie TV accompagne et analyse les mutations de notre monde : les nouvelles technologies, l'écologie, la santé, la recherche spatiale. En partenariat avec AB Groupe, découvrez notre offre vidéo premium : la chaîne en live 24/24h, le replay et un service VOD en illimité.



**Indiquez impérativement
votre adresse email dans le
bulletin pour recevoir vos
informations de connexion**

BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à :
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS - CS 90125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

Je communique mes coordonnées :

Nom : Prénom :

Adresse :

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

Code Postal : Ville :

Tél : [] [] [] [] [] [] [] [] Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrions vous contacter si besoin pour le suivi de votre abonnement

Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori) ☐ **Votre email est indispensable pour obtenir vos codes d'accès aux applications numériques**

☐ Je choisis de payer par prélèvement automatique :

5 € par mois pendant 6 mois, puis 8 € par mois au lieu de ~~10,13 €~~. Je remplis le formulaire ci-dessous et je joins mon RIB

848127

Mandat de prélèvement SEPA Je complète l'IBAN et le BIC présent sur mon RIB Je n'oublie pas de joindre un RIB

Numéro d'identification international du compte bancaire - IBAN

Code international d'identification de votre banque - BIC

A: _____

Date : _____

Signature obligatoire :

En signant ce formulaire de mandat, vous autorisez Mondadori Magazines France à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de Mondadori Magazines France. Vous bénéficiez du droit d'être remboursé par votre banque selon les conditions décrites dans la convention que vous avez passée avec elle. Toute demande de remboursement doit être présentée dans les 8 semaines suivant la date de débit de votre compte. Vos droits concernant ce mandat sont expliqués dans un document que vous pouvez obtenir auprès de votre banque.

▼ Référence unique du mandat (zone réservée à nos services) ▼

CRÉANCIER : MONDADORI MAGAZINES FRANCE - 8, rue François Ory
92543 Montrouge Cedex 09 - FRANCE
IDENTIFIANT DU CRÉANCIER : FR 05 ZZZ 489479

☐ **Je préfère régler tout de suite :**

1 an (12 n°) + 6 hors-séries et l'accès à Science&Vie TV via le site <http://www.science-et-vie.tv/> pour 79,90 € au lieu de 121,60 €

848135

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

CE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

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 31/05/2016 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquérir chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,50€, chacun des 4 hors-série au prix de 4,95€ et chacune des deux éditions spéciales au prix de 5,90€. Science&Vie TV est disponible seule pour 3€ par mois. Vous ne disposez pas du droit de rétraction pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données vous concernant. Il vous suffit de nous écrire en indiquant vos coordonnées. Science & Vie - TSA 10005 8 rue François Ruy 92543 Montrouge cedex RCS 552 174 733 - Capital : 1 717 360 €



△ Le supersonique du futur entend innover en matière de design afin de réduire le "bang" produit lors du passage du mur du son.



ÉTATS-UNIS

Un projet veut ressusciter les vols supersoniques

Treize ans après le retrait du Concorde, le concept d'avion de ligne supersonique continue de fasciner. Dernière preuve en date : le lancement fin février par la Nasa d'un programme de recherche visant à construire un "avion supersonique moins bruyant" destiné au transport de passagers. Moins bruyant, car l'un des gros défauts des appareils de la famille du Concorde était le bruit assourdissant généré lors du franchissement du mur du son – le fameux "bang" supersonique – qui incommodait les populations survolées.

L'agence spatiale américaine a donc chargé un consortium d'entreprises mené par Lockheed Martin de plancher sur un design innovant permettant de réduire l'amplitude sonore de ce "bang". Si le concept est validé en soufflerie, sa construction fera l'objet d'un nouveau contrat avec des essais en vol prévus "aux alentours de 2020", indique la Nasa. *"On peut réduire le 'bang' de plusieurs manières : en travaillant sur les formes de l'appareil (fuselage, surfaces portantes), en diminuant sa masse, ou en lui permettant*

d'atteindre plus vite une plus haute altitude. Cela oriente plutôt vers un avion de type business jet transportant peu de passagers", analyse Laurent Serre, directeur des programmes hypersoniques à l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera). Qui met en garde contre un autre désagrément potentiel : le bruit émis au décollage par des moteurs conçus pour le vol supersonique. "Il faut les intégrer au fuselage, de manière à émettre vers le ciel la plus grande partie possible du bruit." **G.S.**

LOCKHEED/NASA



ALLEMAGNE

Une **pédale d'accélération** vise la limitation **d'essence**

L'équipementier automobile Bosch a inventé la pédale d'accélération "copilote". Connectée aux instruments de la voiture (moteur, batterie, GPS, caméras) et au "cloud", elle peut vibrer ou opposer plus de résistance au pied du conducteur pour l'aider à réduire sa consommation de carburant (jusqu'à 7 %, selon l'entreprise) en l'informant qu'il doit lever le pied ou changer de vitesse. Elle peut aussi lui signaler un dépassement de la vitesse autorisée, une allure trop vive avant un virage, un embouteillage imprévu ou une voiture arrivant à contresens. Bosch n'a encore annoncé ni partenariat avec un constructeur automobile, ni date de commercialisation.

G.S.



ALPES

Les premiers **drones** à pouvoir se repérer **tout seuls en forêt**

Une équipe de chercheurs de l'université de Zurich et du Dalle Molle Institute for Artificial Intelligence (Suisse) ont appris à des drones à suivre des chemins forestiers. Pour cela, les chercheurs ont arpenté les Alpes suisses afin d'obtenir plus de 20 000 images de ces chemins. Leurs caractéristiques ont alors été analysées et enregistrées par une intelligence artificielle, la rendant capable de reconnaître les chemins forestiers dans 85 % des cas (contre 82 % pour les humains) et d'y guider les quadricoptères. L'objectif suivant sera de leur apprendre à reconnaître des personnes. Des essaims de drones pourront alors explorer les forêts pour y retrouver les personnes égarées.

S.F.

LIMA (PÉROU)

Des **vautours** géolocalisent les **décharges sauvages**

L'agglomération de Lima, au Pérou, compte quatre décharges municipales, pour une population de 9 millions d'habitants. Seuls 1 % des déchets urbains sont recyclés – contre 16 % environ à Paris, à titre de comparaison. Conséquence : les décharges sauvages se multiplient – elles reçoivent 80 % des déchets – et avec elles la pollution des sols, de l'eau et de l'air.

Pour détecter ces sites et ainsi mieux les contrôler, le Muséum national d'histoire naturelle et le ministère de l'Environnement du Pérou se sont associés pour équiper dix vautours de caméras et de GPS. Nom de l'opération : Gallinazo Avis (la garde des vautours). L'idée : exploiter l'attrait naturel de ces rapaces pour les décharges afin de localiser et photographier les décharges illégales de la ville. **F.L.**



Idée neuve



DU SON POUR BOOSTER LES MÉDICAMENTS

Amgad Rezk, chercheur à l'université de technologie de Melbourne

Et si le son pouvait augmenter l'efficacité des médicaments ? Des chercheurs de l'université de technologie de Melbourne (Australie) l'ont prouvé. Ils ont amélioré un "nébuliseur", sorte d'aérosol (pour inspirer le médicament par la bouche) qui transforme un liquide en un nuage de gouttelettes grâce aux vibrations d'une puce piézoélectrique. Or, le débit de gouttelettes générées doit être important, ce qui oblige à augmenter l'amplitude de l'onde de surface, et entraîne des risques de surchauffe. Afin de les éviter, les chercheurs proposent d'émettre une onde composée à la fois d'ondes de surface et d'ondes sonores. Les ondes sonores agissent comme un tapis que l'on agite, ce qui entraîne la vibration de l'ensemble du substrat. *"Comme si l'on criait dans le liquide pour qu'il vibre"*, explique Amgad Rezk, co-auteur de l'article. Les ondes de surface fonctionnent plus comme des vagues générées à l'avant d'un bateau. Leur combinaison produit une onde plus puissante et augmente l'efficacité du médicament (le débit de gouttelettes passe de 0,2 ml/min à 5 ml/min), en évitant toute surchauffe. **E.P.**

BOSCH MOBILITY SOLUTIONS - UZH/USI/SUPSI - DR



ANGERS

Des casques de réalité virtuelle assistent les neurochirurgiens

C'est une première mondiale : au CHU d'Angers, un patient atteint d'une tumeur cérébrale a été opéré avec succès, en chirurgie éveillée, avec un casque de réalité virtuelle (Oculus Rift) sur les yeux. L'intérêt ? Grâce à un logiciel développé par l'ESIEA (une école d'ingénieurs spécialisée dans le numérique), ce dispositif permet de tester précisément le champ visuel du patient, non pas après mais pendant l'opération, et ceci afin que le neurochirurgien n'endommage pas des zones essentielles de son cerveau. Dans les prochains mois, ce casque pourrait être utilisé de la même manière pour tester le langage ou plonger le patient dans un environnement virtuel relaxant. **L.B.**

ÉTATS-UNIS

La visioconférence passe à la 3D

Le projet Room2Room de Microsoft vise à révolutionner la visioconférence avec une Kinect : cette caméra est capable de capturer l'image d'une personne en 3D tandis qu'une autre la projette grandeur nature chez son interlocuteur. Ainsi, une personne filmée assise apparaîtra assise sur le canapé de ce dernier. Des tests ont montré que lorsque les participants interagissaient pour réaliser une tâche, cela leur prenait 30 % de temps en moins par rapport à un logiciel de type Skype. Il faudra encore quelques années pour améliorer la qualité de la projection... **S.F.**

ROTTERDAM (PAYS-BAS)

Le concept de **forêt flottante** devient réalité

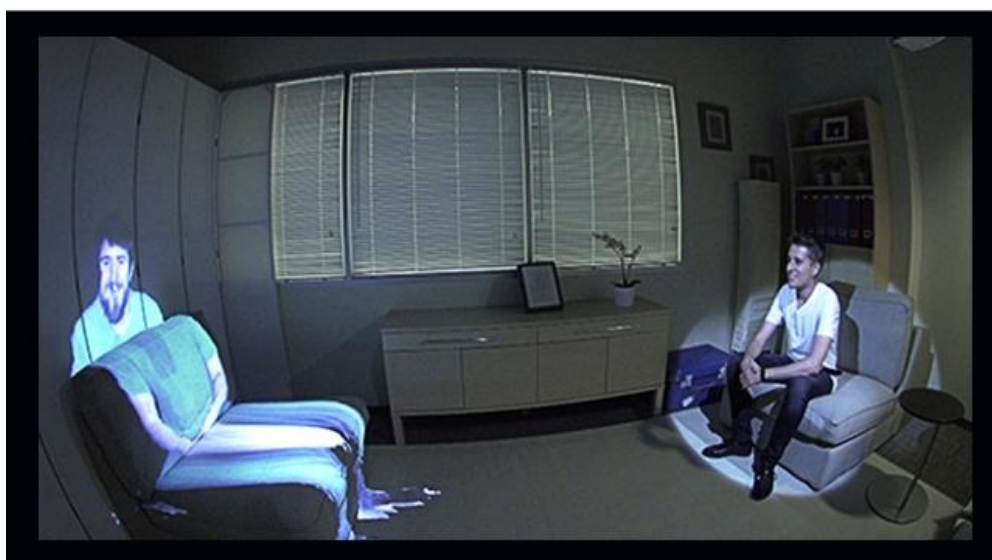
Après les habitations flottantes, voici que la nature aussi se jette à l'eau à Rotterdam, ville menacée par l'élévation du niveau de la mer du Nord. Dans le port, flottent en effet, depuis ce printemps, une vingtaine d'arbres ! Cette initiative du collectif Mothership peut prêter à sourire. Et pourtant, ce qui n'était au départ qu'une œuvre artistique du designer Jorge Bakker est devenu un véritable projet environnemental. Les flotteurs utilisés sont d'anciennes balises maritimes et les arbres ont été récupérés suite à des travaux urbains. Selon ses concepteurs, cette forêt flottante absorbera chaque année une quantité de CO₂ équivalente à celle émise par une voiture parcourant 1 000 km. Pas grand-chose, donc, mais le projet pourrait faire école dans d'autres villes côtières. **L.B.**



Rendez-vous en...
2045

LA MOITIÉ DES EMPLOIS POURRAIENT ÊTRE AUTOMATISÉS

Lors de la conférence annuelle de l'Association américaine pour l'avancement des sciences (AAAS), un chiffre a fait frémir : *"47 % des emplois pourront être automatisés en 2045 aux Etats-Unis."* Vous en doutez ? La révolution à base de robotique et d'intelligence artificielle est pourtant bien en marche. Les caisses automatiques des supermarchés ou les bras robotisés des usines en sont des illustrations visibles, mais l'automatisation s'attaque à d'autres secteurs. Ce texte, par exemple, pourrait tout à fait être écrit par un programme informatique. Du moins à en croire une étude de l'université d'Oxford ayant inspiré les chiffres présentés à la conférence de l'AAAS. Les chercheurs britanniques, pour déterminer si un métier est susceptible d'être automatisé d'ici une trentaine d'années, ont passé un catalogue de plus de 700 professions au crible de 67 variables comme l'originalité, l'agilité ou la création, pour évaluer leur possible automatisation. Les postes créatifs sont ceux qui résistent le mieux au test : 90 % d'entre eux perdureront, selon l'étude. Et pour les autres, rien n'est perdu pour l'humain, les automates et autres algorithmes devant être conçus et entretenus. *"Chaque robot installé en usine crée deux ou trois emplois supplémentaires",* estime la Fédération internationale de robotique. **B.C.**



DOBEREND BOS/OLIVIER SCHEFFER - MICROSOFT

LESBOS (GRÈCE)

Le robot qui joue les sauveteurs en mer est au point

Emily est un robot sauveteur qui peut aller chercher un individu en pleine mer. Mis au point par une équipe du Centre de recherche des robots pour l'assistance et le sauvetage (Crasar), situé au Texas, il a déjà été déployé dans des situations réelles, notamment pour le secours de baigneurs aux Etats-Unis. Ses concepteurs veulent désormais l'utiliser pour participer au sauvetage des migrants, et une levée de fonds a été initiée pour aider les garde-côtes de l'île de Lesbos, située à la frontière entre la Turquie et la Grèce. Guidé par un opérateur, relié à un bateau ou à un objet sur le rivage par un câble long de 609 m qui se rembobine, il peut rapatrier jusqu'à cinq personnes en même temps, qui s'y agrippent comme à une bouée, avec une vitesse allant jusqu'à 32 km/h et une autonomie de 20 minutes en mer. **E.P.**



KIMBALL HALL

LA SCIENCE & LA VIE

114

Cryothérapie

Le froid ne soigne pas tout



126

Technofolies

Le bracelet connecté à son dossier médical



132

Questions/Réponses

A quoi sert la queue des animaux ?

Science & société

114

Science & vie pratique

122

Science & culture

128

Cryothérapie

Le froid ne soigne pas tout

Paquebots géants

Leur sécurité est un casse-tête

C'est une première

Une voiture autonome a causé un accident

Environnement

Ce que nous mangeons a un impact sur l'effet de serre

Bon à savoir

Dix conseils pratiques en direct des publications scientifiques

Technofolies

Le bracelet connecté à son dossier médical ; des oreillettes pour modifier le son qu'on écoute ; le premier lave-linge à double chargement ; le casque de vélo équipé de LED pour circuler la nuit...

Questions/Réponses

A quoi sert la queue des animaux ? La lumière des écrans nuit-elle vraiment au sommeil ? Quel est le trou le plus profond jamais creusé ?...

A voir/A lire

Du "self-safe" au transhumanisme : ce que s'améliorer veut vraiment dire
Il y a... 20 ans

L'affaire Sokal enflamme les sciences

GARO/PHANIE - DR - © FRANCK FOUQUET / BIOSPHOTO

Cryothérapie

Le froid ne soigne pas tout

Les professionnels de la cryothérapie le répètent à l'envi : plonger son corps pendant quelques minutes dans une cabine ultrafroide (jusqu'à -180°C) ferait disparaître douleurs, stress, voire rides et capitons. Un bain de jouvence en quelque sorte, auquel les sportifs s'adonnent d'ailleurs volontiers. Non reconnue officiellement par le corps médical et non remboursée par la sécurité sociale (sachant qu'une séance de deux à trois minutes coûte environ 40-50 euros), cette nouvelle technologie tient-elle ses promesses ? Et est-elle sans risque ?

LE RAPPEL DES FAITS

Arrivée en France au début des années 2000 et très en vogue chez les sportifs (le PSG possède sa propre cabine, et les clubs de rugby de Toulon et de Clermont-Ferrand, un bus équipé de cette technologie !), la cryothérapie attire de plus en plus le grand public, séduit par ses promesses de santé.

"Comme il s'agit d'une technique assez récente, il est difficile de se prononcer définitivement sur son efficacité. Néanmoins, on peut dire que si certaines de ses applications sont très sérieuses, d'autres sont plus farfelues", résume Serge Mesure, kinésithérapeute et chercheur à l'université d'Aix-Marseille, coauteur d'un article récent sur les *"effets les plus décrits, reconnus et discutés"* de la cryothérapie.

Sur leurs sites internet, fabricants et centres de cryothérapie annoncent que la technique permet, chez les sportifs, d'optimiser la récupération, d'intensifier l'entraînement et de soigner les blessures ; dans le secteur médical, de diminuer la douleur et l'inflammation dans les maladies rhumatismales inflammatoires, d'améliorer la mobilité chez les personnes atteintes de sclérose en plaques et de soulager démangeaisons et autres troubles liés à certaines maladies dermatologiques ; enfin, dans le domaine du bien-être, de traiter le stress,

la dépression, les troubles du sommeil, les migraines, les kilos en trop et même... le vieillissement !

ARGUMENTS MARKETING

Or, quand on consulte les études scientifiques sur le sujet, les choses s'avèrent beaucoup moins claires...

Déjà, il faut savoir que ces études portent le plus souvent sur la cryothérapie corps entier (CCE, lire l'encadré p. 116), plus efficace que la cryothérapie corps partiel (CCP) car refroidissant mieux le corps, alors même que ce sont les

centres de CCP, dont l'entretien est moins onéreux, qui se multiplient.

Dans tous les cas, certaines affirmations tiennent carrément du fantasme ! Ainsi, la cryothérapie ferait fondre nos rondeurs ? *"Il s'agit avant tout d'un argument marketing, non vérifié sur le plan scientifique ; je doute même que cette hypothèse puisse un jour être validée",* assure François Bieuzen, physiologiste du sport et chercheur à l'Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (Insep).



De plus en plus de centres de cryothérapie

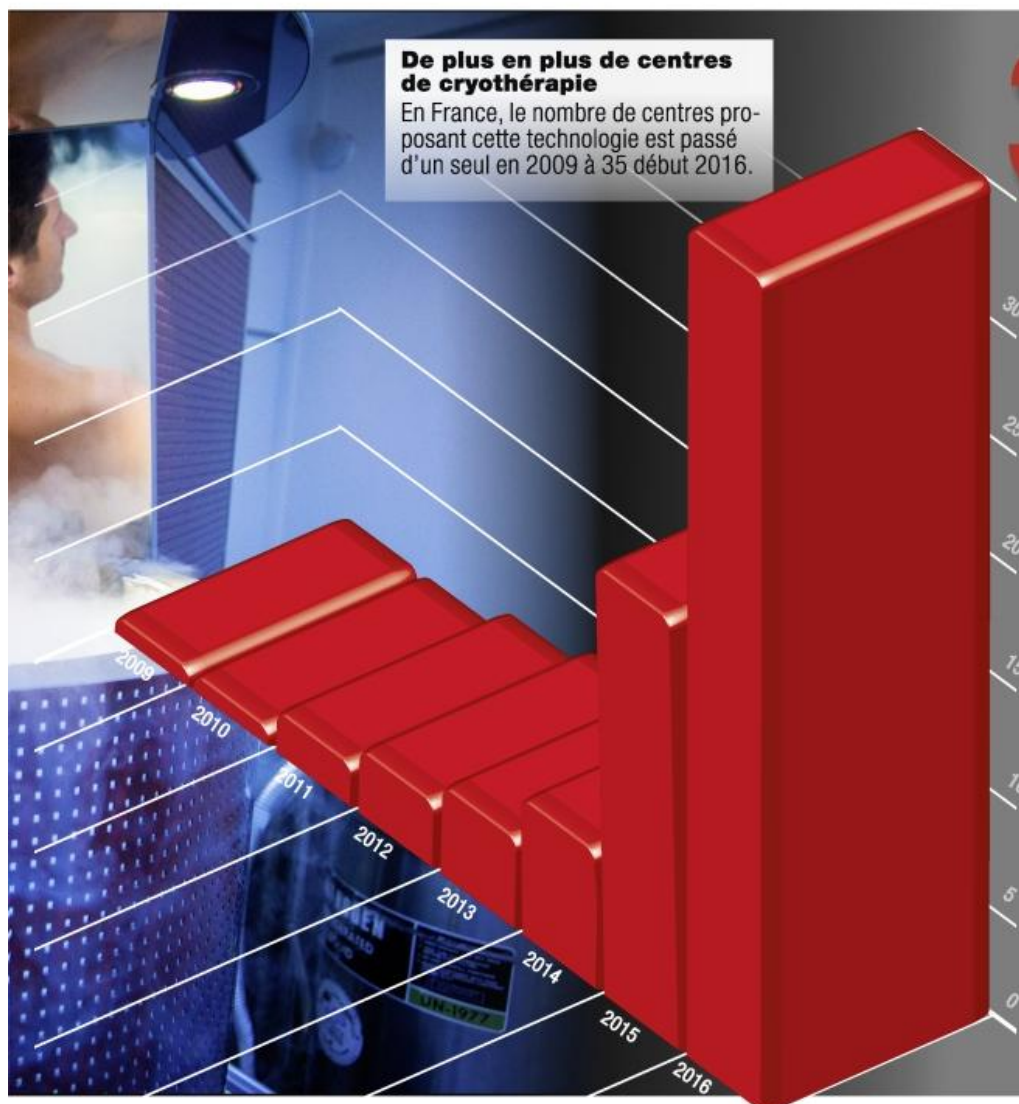
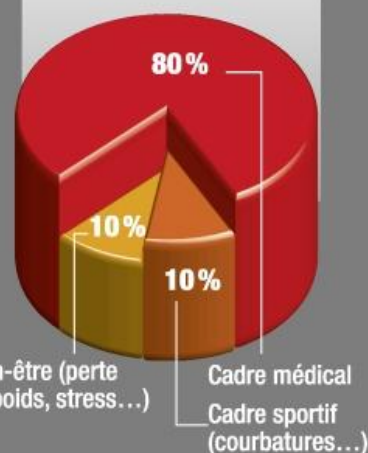
En France, le nombre de centres proposant cette technologie est passé d'un seul en 2009 à 35 début 2016.

3700

C'est le nombre de séances en 2015 dans un seul centre de cryothérapie corps entier (CCE), celui de Lyon.

Dans les centres généralistes, l'usage est surtout médical

La grande majorité des usagers du centre de CCE de Lyon sont des malades qui viennent pour traiter douleurs ou inflammations.



L'idée vient de travaux ayant montré que le froid favorise, chez l'homme, la transformation de la graisse blanche en graisse brune, plus facile à brûler. Or, "ce que ne disent pas les vendeurs de cryothérapie, c'est que ces résultats ont été observés après des expositions très prolongées et très fréquentes au froid, par exemple toutes les nuits pendant un mois", précise François Bieuzen.

Idem pour le supposé effet anti-âge. "Il n'existe aucun argument validé par des études sérieuses. Au

contraire, comme on utilise un froid très sec, cela pourrait avoir tendance à accélérer le vieillissement cutané", commente Serge Mesure.

En revanche, les effets sur le bien-être sont plus plausibles. En particulier

sur la dépression. La psychiatre polonaise Joanna Rymaszewska a soumis vingt-trois volontaires à dix expositions de cent soixante secondes à -150°C en l'espace de deux semaines. Résultat: le score qu'ils ont obtenu à un test évaluant la

gravité de leur dépression a été divisé par un facteur 2 à 10. Des recherches plus larges, avec une méthodologie plus rigoureuse, sont cependant nécessaires pour conclure définitivement, et déterminer notamment si ces effets sont durables. →



SERGE MESURE

Kinésithérapeute et chercheur à l'université d'Aix-Marseille

Certaines applications sont très sérieuses, d'autres plus farfelues

Seuls quelques-uns des effets supposés de la cryothérapie ont été démontrés

Une brève exposition à un froid extrême (ci-contre, la température à la surface du corps après une séance de cryothérapie corps entier) aurait différents effets bénéfiques sur la santé et le bien-être... mais peu d'entre eux (principalement dans le domaine médical) ont été prouvés.

EFFETS NON DÉMONTRÉS (pas de preuve)

Sur le bien-être : perte de poids ; anti-âge de la peau.

→ Même chose pour les bienfaits supposés après une séance de sport. Concernant les courbatures, une synthèse des études disponibles sur ce sujet, publiée fin 2015 par une équipe internationale incluant François Bieuzen, conclut qu'«il n'y a pas suffisamment de preuves pour déterminer si la cryothérapie corps entier réduit les courbatures ou améliore la récupération». Dans un autre article, en 2014, les chercheurs écrivaient : «Jusqu'à ce que de plus

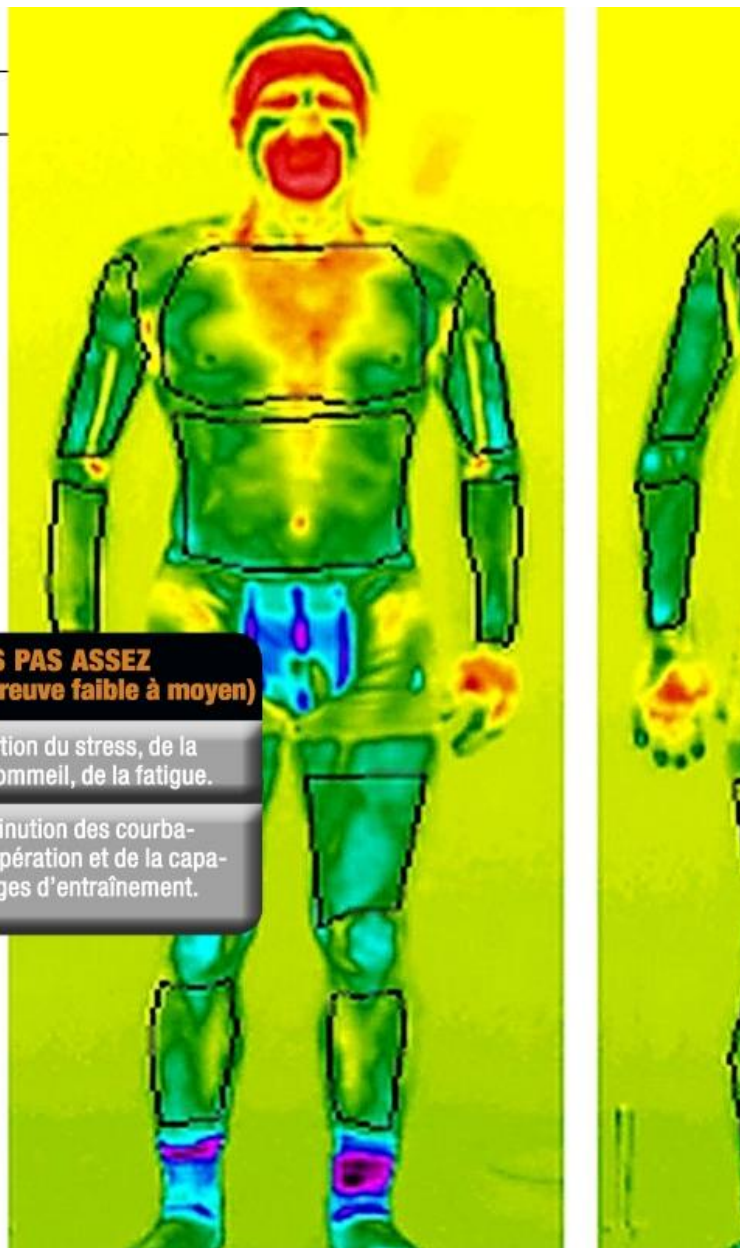
EFFETS POSSIBLES MAIS PAS ASSEZ DÉMONTRÉS (niveau de preuve faible à moyen)

Sur le bien-être : réduction du stress, de la dépression, des troubles du sommeil, de la fatigue.

Chez les sportifs : diminution des courbatures ; amélioration de la récupération et de la capacité à absorber de fortes charges d'entraînement.

amples recherches soient disponibles, les athlètes doivent rester conscients que l'application de glace sur les muscles ou l'immersion en eau froide offrent des effets comparables.»

Il existe toutefois une autre application pour



Comment le grand froid peut-il soigner ?

La cryothérapie consiste en une très brève (deux à trois minutes) exposition du corps à des températures pouvant descendre jusqu'à -180°C . Différente des bains d'eau froide et des compresses froides, elle repose sur l'injection d'air froid dans une chambre fermée (pour la "cryothérapie corps entier", ou CCE), ou d'azote dans une cabine laissant dépasser la tête ("cryothérapie corps partiel", ou CCP). Le choc thermique ainsi produit (baisse de 15°C à 17°C en moyenne au niveau de la peau, et de $0,63^{\circ}\text{C}$ à l'intérieur du corps) déclencherait différentes réactions physiologiques bénéfiques pour l'organisme. «On sait que le froid augmente le débit sanguin au niveau des muscles, améliorant leur oxygénation et l'élimination des déchets, atteste Serge Mesure, de l'université d'Aix-Marseille. De plus, le froid stimule l'hypothalamus [région cérébrale régulant la température corporelle], ce qui favorise la libération de plusieurs substances hormonales, protéiques et immunitaires.» Ces changements peuvent potentiellement soulager plus vite les courbatures, combattre la réaction immunitaire d'inflammation impliquée dans de nombreuses maladies rhumatismales, ou encore réduire la douleur ou le stress.

les sportifs, un peu plus documentée. «La CCE semble pouvoir augmenter la capacité à absorber de fortes charges d'entraînement, en diminuant les troubles du sommeil ou la réduction de l'appétit qui en découlent, précise François Bieuzen. C'est ce qu'a montré une de nos études en 2015, portant sur onze nageuses de l'équipe de France de natation synchronisée.» Mais là encore, ce n'est pas complètement prouvé. Le chercheur et son équipe ont d'ailleurs

HAUSSWIRTH ET AL. - DR



MARIELLE VOLONDAT
Responsable du service de
masso-kinésithérapie de l'Insep

*Mieux vaut préférer
les centres où les séances
sont surveillées par des
professionnels de santé*

EFFETS QUASI PROUVÉS (niveau de preuve fort)

Sur la santé : diminution de la douleur et de l'inflammation dans certaines maladies rhumatismales (polyarthrite rhumatoïde), pathologies dermatologiques (dermatite atopique, psoriasis) et dans certains troubles sportifs (tendinite, claquage...) ; amélioration de la mobilité dans le cas de la sclérose en plaques.

qui concerne l'amélioration de la mobilité dans le cas de la sclérose en plaques", souligne le kinésithérapeute Frédéric Bridel, qui a créé en 2014 une unité de cryothérapie au centre hospitalier privé de Saint-Grégoire, près de Rennes.

Des travaux français récents, faisant la synthèse d'études sur la polyarthrite rhumatoïde, ont montré "une diminution significative" de la douleur. "La cryothérapie devrait être incluse dans les stratégies thérapeutiques comme thérapie adjuvante", concluent les auteurs. Tout en soulignant que "techniques et protocoles devraient être définis plus précisément dans les essais". Sans compter qu'il faudra "déterminer la meilleure durée et la meilleure fréquence des séances afin d'obtenir les meilleurs effets pour chaque maladie", note Serge Mesure.

La cryothérapie semble aussi donner de bons résultats dans le cas de

certains troubles sportifs (tendinite, claquage...) et dermatologiques (dermatite atopique, psoriasis). "Dans la mesure où ces pathologies sont caractérisées par une inflammation, et où la CCE stimule la sécrétion de substances anti-inflammatoires, son utilisation me semble logique", commente Serge Mesure. Une étude finlandaise menée sur dix-huit patients souffrant de dermatite atopique a montré que quatre semaines de CCE, à raison de trois séances par semaine, diminuaient les démangeaisons et le manque de sommeil liés à cette maladie. Mais là aussi, des études plus larges doivent être menées pour conclure définitivement.

En attendant, les médecins et l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) appellent à la prudence. Car mal utilisée, la cryothérapie n'est pas sans risque: collement

de la peau aux parois de la cabine en cas de contact direct, brûlures par le gel si le délai de quatre minutes est dépassé, voire asphyxie dans les cabines ouvertes à l'azote (CCP). Par ailleurs, il y a des contre-indications: insuffisance cardiaque, hypertension non contrôlée, asthme, maladie de Raynaud et grossesse.

Certes, "à ce jour, aucun incident n'a été rapporté en France", certifie Nicolas Thévenet, directeur des dispositifs médicaux de diagnostic à l'ANSM. Mais aux États-Unis, fin 2015, une jeune femme est morte dans une cabine de cryothérapie, sans que l'on sache exactement pourquoi.

Dans tous les cas, Marielle Volondat, responsable du service de masso-kinésithérapie de l'Insep, conseille de "faire au préalable un bilan médical – d'ailleurs, les centres sérieux demandent un certificat médical; de s'assurer que la peau est indemne de cicatrices [pour éviter les brûlures]; et de préférer les centres où les séances sont surveillées par des professionnels de santé".

Kheira Bettayeb

planifié de nouveaux travaux plus larges, portant sur d'autres sports, dont les résultats sont attendus pour la fin de l'année.

QUELQUES BONS RÉSULTATS

En fait, c'est dans le domaine médical que les choses sont les plus avancées. "Un nombre croissant d'études indique d'excellents résultats en matière de diminution de l'inflammation et de la douleur chez les patients souffrant de maladies rhumatismales inflammatoires. Idem en ce

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

Paquebots géants

Leur sécurité est un casse-tête

Les chiffres donneraient presque le mal de mer: 362 m de longueur, 66 m de largeur, 18 étages, plus de 6 000 passagers et 2 000 personnels de bord. Dernier-né des chantiers de Saint-Nazaire, le paquebot *Harmony of the Seas* illustre la démocratisation des croisières. Mais ce gigantisme pose question en cas de grave avarie ou d'incendie en pleine mer...

"Ce sujet fait l'objet de nombreuses réunions auprès des services du

Premier ministre", révèle le capitaine Marc Bonnafois, planificateur des opérations de sauvetage à la préfecture maritime de l'Atlantique.

Depuis le naufrage du *Titanic*, en 1912, les navires sont soumis à une foule de règlements et de procédures. La plus grande rigueur est apportée à la résistance et à la flottabilité de ces géants des mers. *"Les constructeurs effectuent désormais de grands calculs probabilistes pour s'assurer de la stabilité du bateau en cas de brèche dans la coque",* certifie Jean-Marc Laurens, de l'Ecole nationale supérieure de techniques avancées Bretagne.

"Plus un bateau est grand, plus il flotte longtemps, avance Laurent Galy, spécialiste des risques maritimes. Ces navires sont de surcroît équipés de systèmes redondants: moteurs de secours, circuits de transmission, pompes à incendie, etc."

Un luxe de précautions, digne de l'aéronautique, qui n'exclut cependant pas le naufrage.

DES RÈGLES IRRÉALISTES

Or, c'est l'évacuation qui pose ici problème. Certes, l'Organisation maritime internationale (OMI) exige que le navire soit équipé sur chacun de ses flancs d'une surabondance de canots (125 %) pour évacuer l'ensemble des personnes à bord, le tout en moins de trente minutes. Dans les faits, soupèse Laurent Galy, *"évacuer dans ces délais 8 000 personnes est inenvisageable, surtout dans des conditions de mer difficiles".* L'évacuation du *Costa Concordia* (4 200 personnes) dura trois heures, et le bilan s'éleva à 32 morts!

"Dans ces grands navires, à l'architecture complexe,

les passagers peinent à trouver leur chemin vers le point de rassemblement avant évacuation, souligne Ed Galea, mathématicien spécialiste des flux d'évacuation à l'université de Greenwich. *Les temps de réponse à l'alerte pris en compte par l'OMI ne reposent que sur des données issues d'un seul ferry – et non d'un paquebot. La réglementation devrait être plus réaliste."* Et certains paramètres devraient être mieux considérés, comme la forte gîte du navire, la fumée d'un incendie, la nuit...

ROYAL CARIBBEAN - MARINE NATIONALE - S. AQUINO - O. KRUGLIAK/SHUTTERSTOCK

LE RAPPEL DES FAITS

Le **12 mai**, l'*Harmony of the Seas* (photo), le plus grand navire de passagers au monde, doit être livré à son propriétaire, Royal Caribbean International. En 2014, **23 millions de touristes** sont partis en croisière, dont **600 000 Français**. Dans l'Hexagone, ce marché est en hausse de plus de **10 % par an**.



EN CHIFFRES

+ 38 %

C'est l'augmentation de notre rythme cardiaque lorsque nous attendons le téléchargement d'une page web ou d'une vidéo sur notre téléphone. Soit un stress équivalent, selon la firme Ericsson, qui a mené l'étude, à celui que provoque un film d'horreur!

16 %

C'est la proportion des déchets recyclés à Paris, ce qui la place dans le dernier tiers des capitales européennes, selon la Commission. La Ville va expérimenter cette année la collecte des déchets de cuisine et installer des composteurs dans les parcs.



MARC BONNAFOUS
Préfecture maritime de l'Atlantique

L'évacuation de ces navires gigantesques n'est même pas souhaitable, car ils constituent le meilleur radeau de survie

"L'évacuation représente une part importante des pertes humaines, déplore Marc Bonnafous. Pour de tels paquebots, cette procédure n'est même plus souhaitable, sauf péril imminent. Ces navires constituent le meilleur radeau de survie, et nous sommes justement en train de mettre en place une force d'intervention capable de se rendre à bord pour stabiliser la situation. Mais encore faudrait-

il imposer aux bateaux de croisière des systèmes permettant leur remorquage, ce qui n'est pas le cas, à la différence des pétroliers."

"La réglementation maritime évolue une fois qu'un accident majeur s'est produit, éclaire Jonathan Ruillé, chercheur à l'université de Nantes. L'histoire des naufrages est là pour nous rappeler tout l'orgueil dont on a pu faire preuve sur les flots."

V. Nouyrgat

2021

Dès cette date, Orange va progressivement abandonner les lignes de son réseau téléphonique commuté (RTC), le réseau historique du téléphone fixe, devenu obsolète et déjà remplacé en grande partie par la téléphonie IP (protocole internet).



C'EST UNE PREMIÈRE



Une voiture autonome a causé un premier accident

Le 14 février, l'une des 56 Google Cars en circulation, ces prototypes de voitures capables de conduire toutes seules, conçus par le géant du Net, a causé son premier accident. Heureusement sans faire de blessé : elle roulait à vitesse réduite. Sur les 2 millions de kilomètres parcourus aux Etats-Unis depuis 2009 par ces véhicules autonomes, quatorze accrochages avaient déjà été recensés, mais tous provoqués par les conducteurs des autres voitures. Pas cette fois-ci. L'accident a eu lieu à Mountain View, en Californie. La Google Car s'est déportée de sa voie, obstruée par des travaux, escomptant que le bus qu'elle avait détecté à l'arrière, dans la voie voisine, ralentirait pour lui céder la place. Las, il n'en fut rien. Car malgré l'étendue de son intelligence artificielle, le logiciel ignorait une "règle" pourtant connue de tout conducteur expérimenté : un bus, poids et gabarit obligeant, cède rarement la priorité à une voiture.

Google a, depuis, modifié son programme. Dommage que, malgré les progrès en *deep learning* (technique d'apprentissage automatique), la machine n'ait pas su intégrer elle-même cette donnée, comme le font les jeunes conducteurs... Et se pose désormais, de façon pressante, le problème juridique : qui est responsable des dégâts ? Le propriétaire du véhicule ? Le fabricant ? Le concepteur du logiciel ? Le pilote à bord (car il y en avait un, censé reprendre le contrôle en cas de situation critique, ce qu'il n'a pas fait) ? Cette fois, Google a pris les devants et admis sa responsabilité. Gageons que la loi et les assureurs s'empareront rapidement de la question.

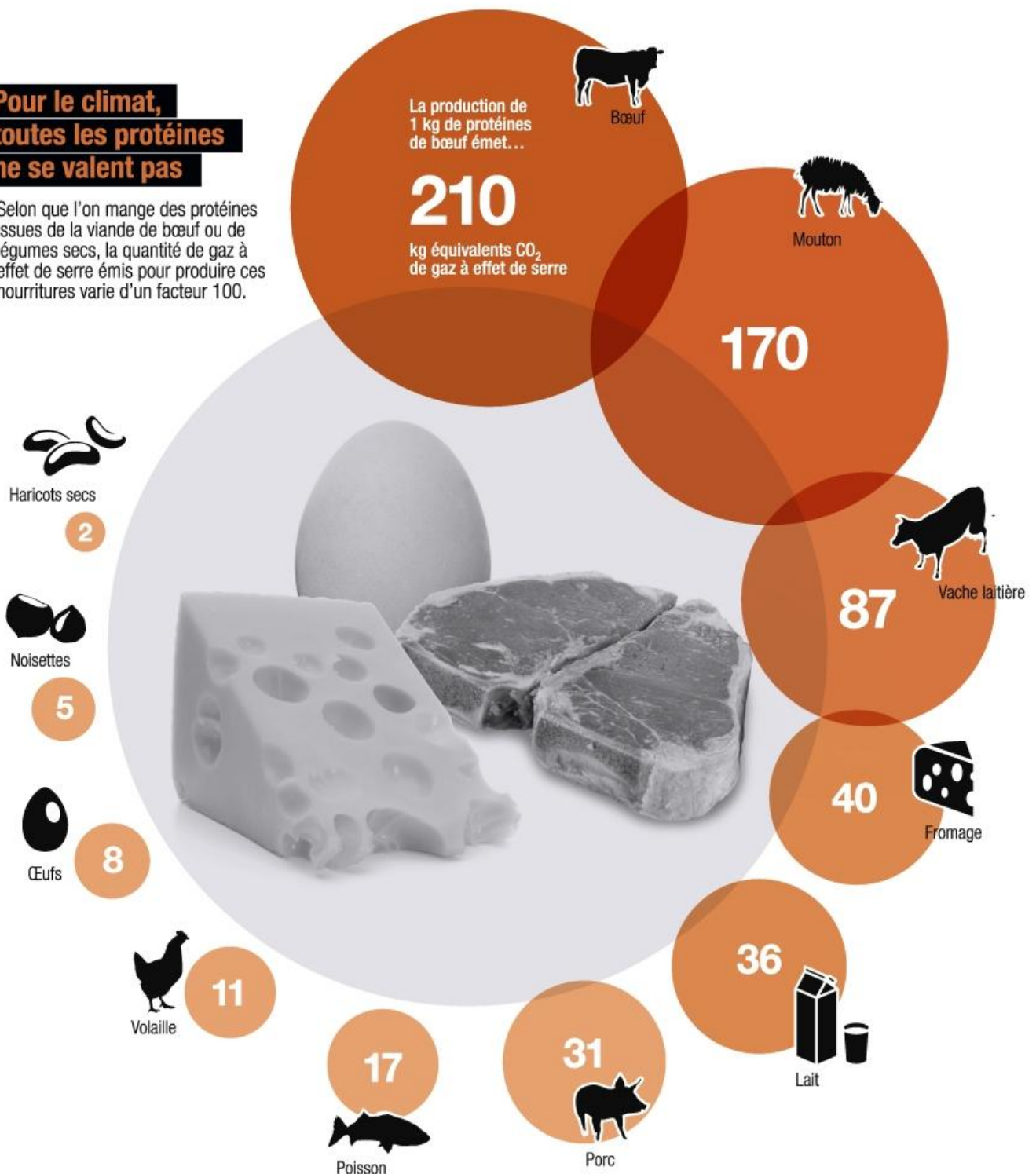
P.-Y. Bocquet

Alimentation

Ce que nous mangeons a un impact sur l'effet de serre

**Pour le climat,
toutes les protéines
ne se valent pas**

Selon que l'on mange des protéines issues de la viande de bœuf ou de légumes secs, la quantité de gaz à effet de serre émis pour produire ces nourritures varie d'un facteur 100.



INÉDIT

RETROUVEZ

le MAG de la SCIENCE

SPÉCIAL :
LA POLICE DU FUTUR

SAMEDI 21 MAI

À 18H

Présenté par
Jérôme BONALDI

SUIVI DE

ADN SUPERFLIC À 18H30

Un film documentaire réalisé
par Marianne CRAMER

SCIENCE&VIE TV

la chaîne pour comprendre

@ScienceetvieTV

www.science-et-vie.tv

DISPONIBLE SUR :

CANALSAT
CANAL 94

Bis
CANAL 35

orange
CANAL 123

free
CANAL 162

SFR
CANAL 206

numericable
CANAL 146

bouygues
CANAL 212

f

Twitter

iOS

PC

YouTube

LES AVALANCHES MENACENT MOINS LES SKIEURS ISOLÉS

Selon une étude réalisée entre 2004 et 2014 par des chercheurs suisses et italiens, plus un groupe de randonneurs est important, plus il peut être pris dans une avalanche. Le risque, bas lorsqu'on est seul ou à deux, double à partir de 5 personnes. "Wilderness and Environmental Medicine", fév. 2016



MONTÉ DES ESCALIERS MAINTIENT LE CERVEAU EN FORME

Chaque année d'études retarderait le vieillissement du cerveau d'un an, et monter ses escaliers tous les jours, de six mois ! Cette recherche canadienne portait sur le volume de matière grise de 331 personnes de 19 à 79 ans. "Neurobiology of aging", fév. 2016

LES ENFANTS UNIQUES RISQUENT D'AVANTAGE DE DEVENIR OBÈSES

Par rapport à l'aîné d'une fratrie, les enfants uniques ont trois fois plus de risques d'être en surpoids à 6 ans, selon une étude réalisée sur 700 familles américaines. Notamment car l'arrivée d'un plus jeune pousserait l'aîné à devenir plus actif. "Pediatrics", avril 2016

MIEUX VAUT ARRÊTER BRUTALEMENT DE FUMER

Diminuer sa consommation de tabac ou arrêter d'un coup ? Mieux vaut l'arrêt brutal ! C'est ce qu'indique une étude anglaise menée sur près de 700 fumeurs. Ils ont reçu tous les substituts nicotiniques souhaités et ont été répartis en deux groupes selon le mode d'arrêt (abrupt ou progressif). Résultat : après seulement un jour, 71 % du groupe "abrupt" n'avait pas touché au tabac, contre 61 % chez les "progressifs". Puis cette différence s'est maintenue sur le long terme : à 4 semaines, 50 % des abrupts étaient toujours abstinents, contre 39 % des progressifs ; et après 6 mois, près de 1 abrupt sur 4 avait arrêté la cigarette, contre seulement 1 progressif sur 7. "Annals of Internal Medicine", mars 2016

LES RÉSEAUX SOCIAUX NE CRÉENT PAS PLUS D'AMITIÉS

La facilité avec laquelle on peut multiplier ses "amis" sur les réseaux sociaux et interagir avec eux ne permet pas pour autant d'étendre indéfiniment nos amitiés. Une étude menée au Royaume-Uni sur 3375 adultes de 18 à 65 ans montre qu'il y aurait un plafond naturel. Sur Facebook, le noyau des amis les plus proches compte en moyenne 13,6 personnes, dont 4 très proches... comme dans "la vraie vie" ! Notre cerveau et notre temps étant limités, nous ne pouvons nous consacrer à plus de personnes. Ainsi les relations supplémentaires tissées via Facebook ne feraient que s'ajouter aux couches moins proches de nos connaissances, atteignant typiquement 500 personnes. "Royal Society Open Science", jan. 2016



V. MALINA/SHUTTERSTOCK - F. A. SURIN/TENDANCE FLOUE - MSPHOTOGRAPHIC/SHUTTERSTOCK - FAHKAMRAM/SHUTTERSTOCK



UNE GRANDE JOIE PEUT BRISER LE CŒUR

Méfiez-vous des émotions fortes ! Le syndrome du cœur brisé, ou syndrome *takotsubo*, est un accident cardiaque connu pour son lien avec une grande peine ou un stress intense, comme une dispute violente ou la perte d'un être cher. Voilà qu'en étudiant le dossier de 485 patients, des chercheurs ont remarqué que pour 5 % d'entre eux, le syndrome serait apparu lors d'événements heureux. La brusque montée d'adrénaline entraînerait une déformation et une paralysie partielle du cœur. Ce qui causerait des symptômes similaires à ceux d'un infarctus. Pas de panique : dans 95 % des cas, la récupération est totale après 4 à 8 semaines. Curieusement, ce sont les femmes de plus de 65 ans qui semblent le plus sujettes au syndrome du cœur brisé (90 % des cas). Du reste, ce syndrome est assez rare, puisqu'il ne concerne que 1 à 2 % des accidents cardiaques. "European Heart Journal", mars 2016

QUI VOIT L'AVENIR EN ROSE RISQUE DE BROYER DU NOIR

Gare aux pensées positives ! Selon des chercheurs américains, les doux rêveurs seraient moins enclins à fournir l'effort nécessaire pour atteindre leurs objectifs. Avec, au final, un écart douloureux entre fantasme et réalité. "Psychological Science", mars 2016

PARTIR À LA RETRAITE EST BÉNÉFIQUE POUR LA SANTÉ

Le suivi du mode de vie de 25 000 Australiens, dont 11 % partis à la retraite pendant l'étude, a montré chez ces derniers une hausse de l'activité physique de 92 minutes par semaine et du sommeil de 15 minutes par nuit. "American J. of P. Medicine", mars 2016

ACCEPTER UN TRAVAIL SOUS-QUALIFIÉ N'EST PAS PAYANT

En répondant à 1 210 offres d'emploi avec de fausses candidatures, un chercheur américain a montré qu'un homme ou une femme qui a été sous-qualifié réduit par deux ses chances d'être embauché. "American Sociological Review", mars 2016

LES APPELS FANTÔMES SONT SIGNES D'ANXIÉTÉ

Souffrez-vous de "ringxiety", cette sensation d'entendre ou sentir votre portable vibrer alors qu'il n'y a pas d'appel ? Selon une étude réalisée sur 411 étudiants américains, 35 % d'entre eux entendent des sonneries fantômes, et 80 % ressentent des vibrations sans message. Plus encore, en analysant leurs relations sociales, les chercheurs ont montré que ceux qui subissaient le plus ces appels fantômes étaient aussi les plus angoissés dans leurs relations personnelles. Alors que les personnes qui évitaient de s'attacher "entendaient" peu d'appels fantômes, sauf s'ils attendaient vraiment un appel. "Cyberpsychology, Behavior and Social Networking", jan. 2016



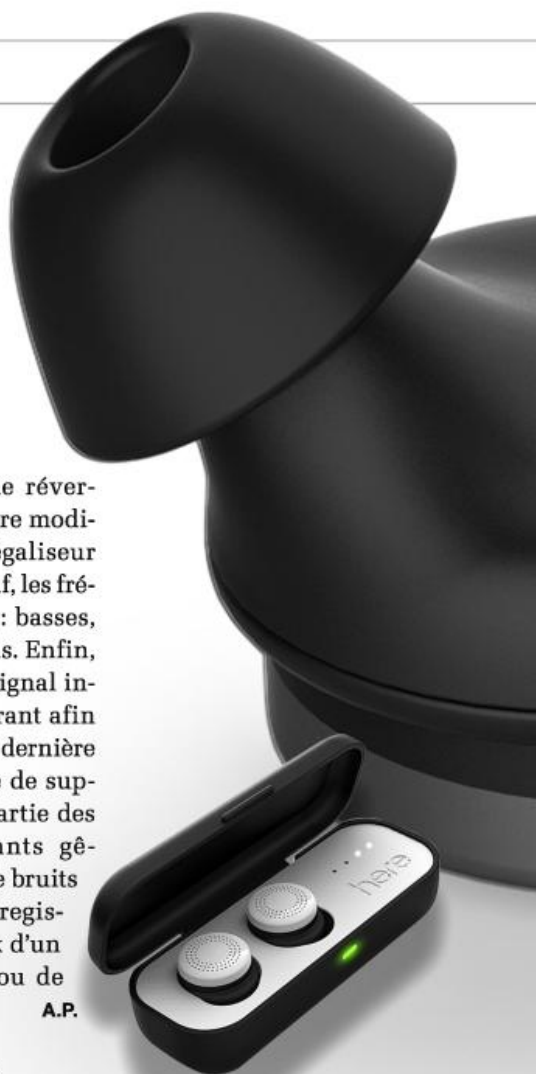
Avec ces oreillettes, on peut modifier le son qu'on écoute

Profiter d'un concert en supprimant des basses trop présentes, savourer une conversation sans le ronron de la circulation ou simplement diminuer le volume ambiant... Bref, transformer l'environnement sonore en temps réel! Voilà l'objectif des oreillettes intra-auriculaires Here Active Listening, imaginées par la société américaine Doppler Lab. Elles ne servent pas à écouter de la musique mais à filtrer les bruits dérangeants. Les sons ambiants, captés par

un micro omnidirectionnel, sont traités à l'aide d'un processeur de signal numérique (DSP) et d'algorithmes spécifiques, pour être retransmis en moins de trente microsecondes... à quelques modifications près. Car l'utilisateur contrôle les sons perçus via l'application dédiée (iOS ou Android), connectée en Bluetooth Low Energy. Il peut, par exemple, jouer sur le volume général, de -22 dB à +6 dB, déformer l'ensemble du signal par

comme l'ajout de réverbération, ou encore modifier, grâce à un égaliseur 5 bandes interactif, les fréquences perçues: basses, médiums ou aigus. Enfin, en envoyant un signal inverse à celui entrant afin de l'annuler, une dernière fonction propose de supprimer tout ou partie des sons environnants gênants – à l'aide de bruits "modèles" préenregistrés, comme ceux d'un moteur d'avion ou de pleurs de bébé. **A.P.**

Prix: env. 230 €. Rens.: www.hereplus.me



> Le Mixfader permet aux tablettes tactiles de produire les mêmes effets qu'une platine disques.

Un bouton de commande sans fil pour DJ nomade

Avis aux DJ débutants ou confirmés! La start-up française Djit étoffe vos possibilités avec le Mixfader, ce bouton de réglage des sources sonores qui se connecte sans fil à la plupart des applications de mixage disponibles sur tablettes. "Certaines techniques, comme le scratch, requièrent des mouvements très rapides et précis sur le crossfader, impossibles à réaliser uniquement sur une tablette tactile. C'est pourquoi nous avons rematérialisé cette pièce centrale d'une table de mixage", explique l'entreprise. **G.S.**

Prix: env. 130 €. Rens.: www.themixfader.com

LE COIN DES PROTOTYPES

Des lunettes qui évitent d'être ébloui au volant

Voici un concept de verres pour mieux profiter des phares de son véhicule et atténuer (de 50 % !) la luminosité de ceux des voitures que l'on croise. Il repose sur le principe "d'un store vénitien qui s'ouvrirait et se fermerait très vite", explique Guillaume Devauchelle, directeur de l'innovation et du développement scientifique chez l'équipementier français Valeo. Les lunettes sont équipées d'écrans à cristaux liquides et synchronisées en Bluetooth avec les phares de son véhicule... eux-mêmes composés de LED pulsées qui s'allument et s'éteignent plusieurs milliers de fois par seconde : trop rapide pour s'en rendre compte ! "Quand les phares émettent, les cristaux sont transparents et le conducteur voit bien la route éclairée. Quand ils n'émettent pas, les cristaux sont fermés et filtrent la lumière des phares qui arrivent en face." E.T.-A.

Rens. : www.valeo.com/au-coeur-de-l-innovation/

DR



Le boîtier de rangement, alimenté sur secteur (USB), fait office de batterie et permet de charger les oreillettes par induction, pour une autonomie de 6 heures.

Le casque de vélo équipé de LED pour circuler la nuit

Pour protéger encore plus les cyclistes sur la route, en particulier la nuit, le fabricant américain Torch Appareil a eu l'idée du casque de vélo lumineux Torch. Grâce à ses 10 LED intégrées, il s'éclaire par de larges lumières, fixes ou clignotantes, à l'avant (blanches) et à l'arrière (rouges). Un peu comme les feux d'un vélo, mais avec l'avantage supplémentaire d'être dans la

partie haute du champ de vision des automobilistes, donc bien plus visible. Sa batterie embarquée lui assure de 6 à 36 heures d'autonomie, selon le mode lumineux choisi, et se recharge directement via un port USB installé sur le casque.

L.B.

Prix : env. 140 €
Rens. : <http://torchapparel.com>

> Comme le vélo, le Torch est doté d'un feu à l'avant et à l'arrière.



Le bracelet connecté à son dossier médical

Voilà un bracelet que ses futurs propriétaires ne quitteront plus. Le MyMDband vise à améliorer la prise en charge du patient par les services médicaux. Il permet, en scannant le QR code gravé sur la boucle (via smartphone ou tablette), d'afficher les informations médicales de son porteur en cas d'urgence: maladies, traitements, allergies, vaccinations, etc. Ce dossier médical est créé au préalable par le patient, ses proches ou son

médecin sur un site web sécurisé, affirme la société américaine MyMDband qui le fabrique. Le scan déclenche également l'envoi d'une alerte par mail ou SMS avec géolocalisation, à destination de la famille ou du médecin. Le bracelet, en silicone, peut être porté 24h/24 en toute circonstance. Un code PIN et un numéro d'identification y sont aussi gravés pour accéder au dossier si le scan échoue.

G.S.

Prix : 48 €/an (abonnement au service)
Rens. : www.medicalinfo.fr



Ce skate fait aussi haut-parleur

La société américaine Globe commercialise le premier skate équipé d'un haut-parleur. Nommé GLB-GSB (pour Globe Speaker Board), il se connecte en Bluetooth à votre smartphone. Le haut-parleur est encastré dans la planche de manière à résister à la poussière, aux chocs et à l'eau. Sa membrane fait 5 cm de diamètre et il est muni d'un amplificateur de basses qui permet de sentir les vibrations de la musique sous ses pieds. Il se recharge à l'aide d'un câble USB en 3 heures, pour une autonomie de 2 heures à plein volume. Le skate existe en deux versions qui se distinguent par leur taille et leur design.

S.F.

Prix : env. 280 €
Rens. : www.globebrand.com/skateboards

< Le haut-parleur intégré au skate diffuse, via le Bluetooth, la musique que vous écouteriez sur votre smartphone.



△ En scannant le QR code avec un smartphone ou une tablette, les secours accèdent au dossier médical du porteur du bracelet.

Un petit robot pour se mettre à programmer

Large de 12 cm, haut de 6,4 cm, Vortex permet d'apprendre les rudiments de la programmation à partir de 6 ans. Commercialisé par l'entreprise chinoise DFRobot, il se connecte en Bluetooth à une tablette (iOS ou Android). Il peut alors être commandé de manière très intuitive (déplacement, contournement d'obstacle...) grâce à son processeur, compatible avec les plateformes de programmation Arduino et Scratch, et à ses capteurs (ligne, sol, vitesse, infra-rouge). Vous pourrez aussi créer vos propres jeux sur votre tablette.

E.T.-A.

Prix : env. 90 € + frais de port
Rens. : www.dfrobot.com



Le premier lave-linge à double chargement

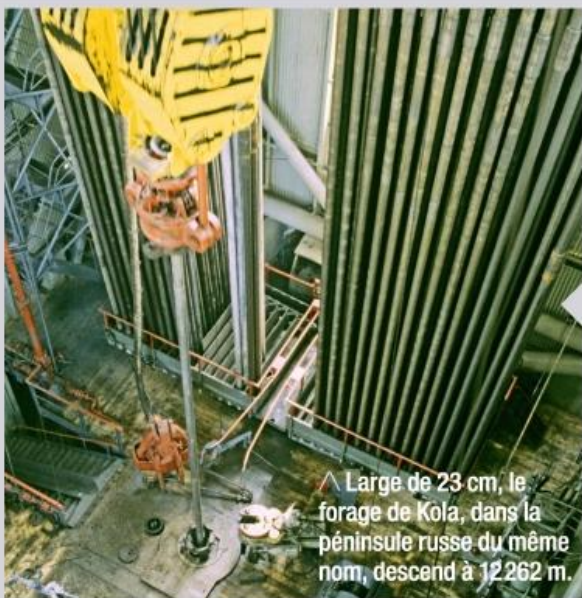
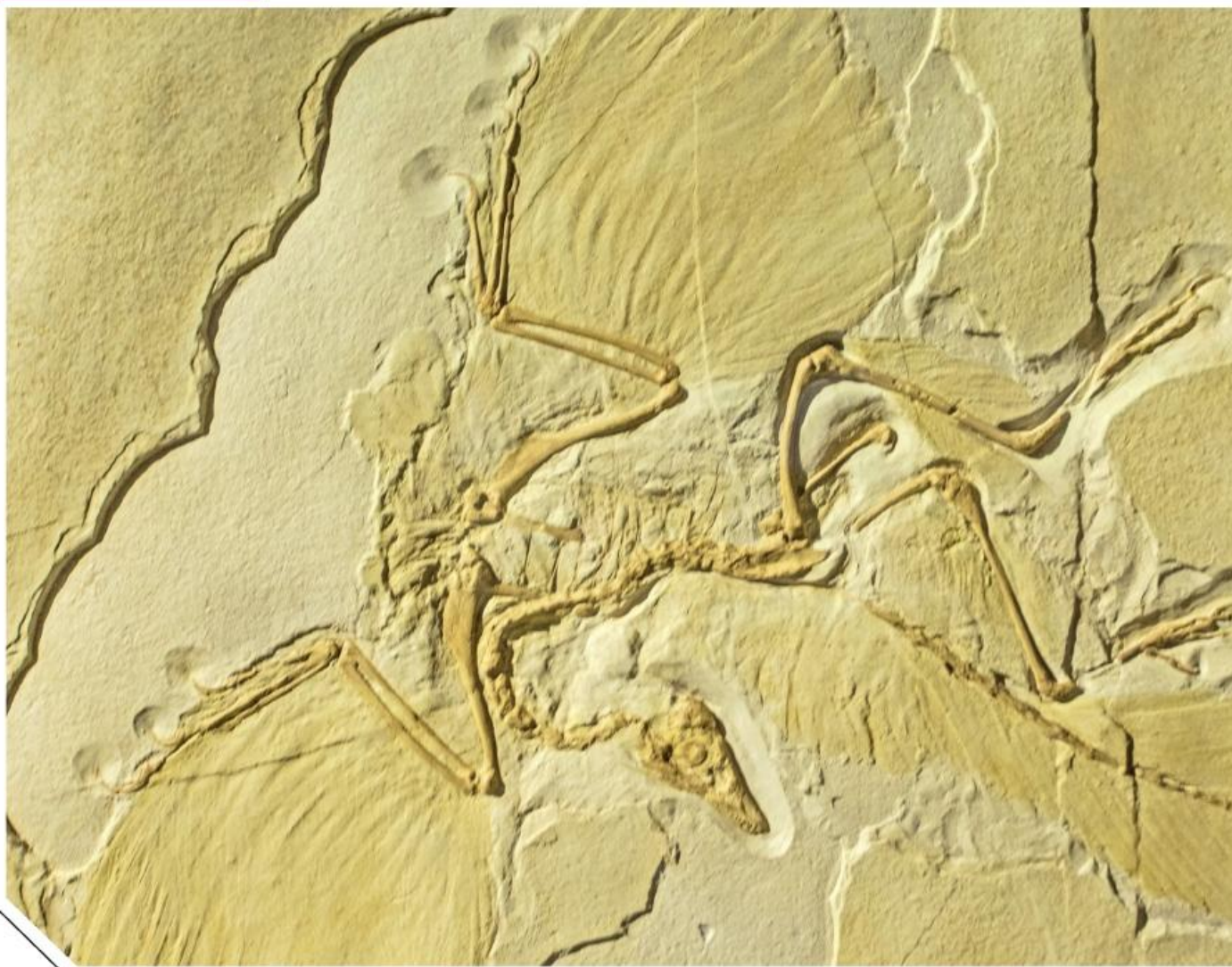
Ajouter une chaussette oubliée ou le body taché de bébé en cours de lavage était jusque-là impossible avec une machine à hublot classique (l'eau déborderait...). D'où l'idée du fabricant coréen Samsung d'ajouter une trappe sur la partie supérieure du hublot de son lave-linge AddWash. Par sécurité, celle-ci est équipée d'un verrouillage enfants et ne s'ouvre que si l'on a d'abord appuyé sur le bouton "pause". Elle permet d'ajouter du linge dans le tambour en cours de route, sans écoulement d'eau, ou bien de rincer un vêtement préalablement lavé à la

main en l'insérant au bon moment du cycle. Quand exactement ? C'est là que la connexion wi-fi, présente sur certains modèles de la gamme, devient utile. Car, hormis la possibilité de démarrer la machine à distance depuis un smartphone (iOS ou Android), elle indique précisément à l'utilisateur l'évolution des cycles de lavage et le prévient, par exemple, avant le début du rinçage. **L.B.**

Prix : à partir de 600 €
(modèle 7 kg sans wi-fi)
Rens. : www.samsung.com/fr

> Une trappe ménagée sur le haut du hublot permet d'accéder au tambour à tout moment.





▲ Large de 23 cm, le forage de Kola, dans la péninsule russe du même nom, descend à 12 262 m.

Quel est le trou le plus profond jamais creusé ?

Question de Vivien Hocquet, Paris 20^e

"A ma connaissance, le forage de Kola, en Russie, est le point le plus profond jamais atteint sous la surface de la Terre solide", répond Yves Guéguen, professeur de géophysique à l'Ecole normale supérieure (Paris). Creusé pendant la guerre froide, ce trou de 23 cm de diamètre descend jusqu'à 12 262 m, traversant une bonne partie de la croûte terrestre (épaisse, par endroits, de 15 km). Certes, en 2015, la société russe Rosneft a rapporté avoir creusé O-14, un puits de pétrole offshore de 13 500 m... "Mais les pétroliers creusent des puits inclinés, précise Yves Guéguen. Si ce forage est le plus long en terme de tubage, celui de Kola reste le plus profond sous la surface de la Terre." **K.B.**

Pourquoi les oiseaux ont-ils survécu et pas les autres dinosaures ?

Question de Jonathan Decamps, Voiron (38)

"Toute tentative d'explication est assez spéculative, reconnaît Antoine Louchart, de l'équipe paléo-génomique du CNRS. Mais on remarque que les seuls dinosaures à avoir survécu sont les oiseaux avec un bec corné capables de réguler leur température interne. Alors que tous les oiseaux à dents se sont éteints avec la disparition des dinosaures."

Est-ce l'invention du bec corné qui a permis aux ancêtres des oiseaux d'échapper à la violente rupture de la chaîne alimentaire causée, il y a 66 millions d'années, par le volcanisme

et un astéroïde ? Celui-ci leur aurait en effet permis d'exploiter des ressources diversifiées (graines, nectar, insectes, feuilles, viande), sans parler de communiquer.

UN MÉTABOLISME OPTIMISÉ

Grâce à l'apparition d'une poche sur leur œsophage ils ont aussi pu stocker la nourriture. Et donc limiter le temps passé à manger sur des sites parfois dangereux. Surtout, ils assimilaient mieux leur nourriture, ce qui a amélioré leur métabolisme.

Capables de maintenir une température corporelle interne stable, les oiseaux

pouvaient alors résister à des températures extrêmes. *"Cette régulation thermique a également favorisé leurs capacités de vol, autorisant de longues migrations"*, reprend le spécialiste. Autant d'atouts qui constituent *"très certainement"* des avantages face aux fluctuations climatiques du crétacé.

"Bien sûr, d'autres caractéristiques physiologiques, cognitives ou comportementales ont pu être décisives, mais nous ne les connaissons pas, explique Antoine Louchart. Elles sont difficilement appréciables à partir de fossiles."

F.C.

< L'invention du bec corné aurait permis aux ancêtres des oiseaux de s'adapter pendant la crise qui provoqua l'extinction des dinosaures.

Qu'est-ce qui fait qu'on aime plus ou moins manger pimenté ?

Question de Georges Pagis, Paris 8^e

"Bien que ce ne soit pas formellement prouvé, il semble que la préférence pour les piments soit avant tout héréditaire, répond Brigitte Boyer, à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) qui a travaillé sur le sujet. Le piment n'a pas de goût à proprement parler, mais il est associé à une sensation de brûlure potentiellement désagréable."

Une idée confortée par le fait que les récepteurs cellulaires sensibles au

piment sont situés sur la voile du palais, une zone qui n'a rien à voir avec le goût. Les substances pimentées étant détectées avec la même sensibilité par tous les individus, c'est le plaisir ou le déplaisir que la sensation de brûlure provoque qui diffère d'une personne à l'autre. Or, comme le souligne la chercheuse, *"ces récepteurs ne s'adaptent pas dans le temps : ce n'est pas en mangeant plus de piment qu'on se met à l'aimer"*.

F.C.



La lumière des écrans nuit-elle vraiment au sommeil ?

Question de Stéphanie Claude, Châteaubourg (35)

"Oui, car la lumière bleue émise par les écrans indique à notre cerveau de rester éveillé", répond Nadège Limousin-Champfaiilly, médecin au centre du sommeil du CHRU de Tours. Cet effet est lié aux cellules ganglionnaires rétiniennes, qui ne jouent pas de rôle dans la vision mais permettent de synchroniser notre horloge biologique avec l'alternance du jour et de la nuit en inhibant notre sécrétion

de mélatonine (voir infographie). Les chercheurs ont découvert il y a seulement une quinzaine d'années que ces cellules possèdent un photopigment, la mélanopsine, particulièrement sensible aux courtes longueurs d'ondes: une lumière bleue de 8 lux est capable de produire une avance de phase du rythme circadien similaire à celle obtenue avec une lumière blanche de 12 000 lux! Résultat: la

lumière bleue émise par les écrans (smartphones, tablettes, ordinateurs à diodes électroluminescentes) trompe efficacement notre horloge interne, surtout le soir.

Comment la remettre à l'heure? *"Un traitement associant une exposition à la lumière bleue le matin et la prise de mélatonine le soir peut être nécessaire. Mais il suffit souvent de ne plus regarder d'écran le soir",* recommande la médecin. **N.P.**

Leur lumière bleue

1 Comme la lumière du jour, celle de l'écran...

Les courtes longueurs d'ondes de la lumière bleue des écrans sont captées par des cellules rétiniennes spécifiques qui envoient le signal "il fait jour" à notre cerveau.



La masse de l'Univers est-elle constante ?

Question de Stéphane Wasse, Paris 13^e

La question est d'une redoutable subtilité. Si par "Univers", on entend la totalité de notre monde, il est impossible de répondre. Car non seulement les limites du cosmos sont inaccessibles à l'observation, mais les équations de la relativité générale n'en disent rien. Elles n'ont donc rien à dire non plus sur sa masse globale.

Fermez le ban ? Non, car comme le précise Aurélien Barrau, au Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie, à Grenoble, *"il est possible de décrire la masse de l'Univers par unité de volume, c'est-à-dire sa densité et l'évolution de cette dernière au cours du temps"*. Ainsi, juste après le big bang, il y a 13,8 milliards d'années, la densité de l'Univers atteignait la valeur faramineuse

de 10^{87} g/cm³ (soit la masse de 1 000 milliards de milliards de milliards de milliards de galaxies comme la Voie lactée... dans un dé à coudre).

A la faveur de l'expansion de l'Univers, le cosmos s'est peu à peu dilué, au point qu'aujourd'hui, en moyenne, 1 cm³ d'Univers ne pèse plus, en moyenne, que 10^{-29} g (soit cent fois moins qu'un atome d'hydrogène).

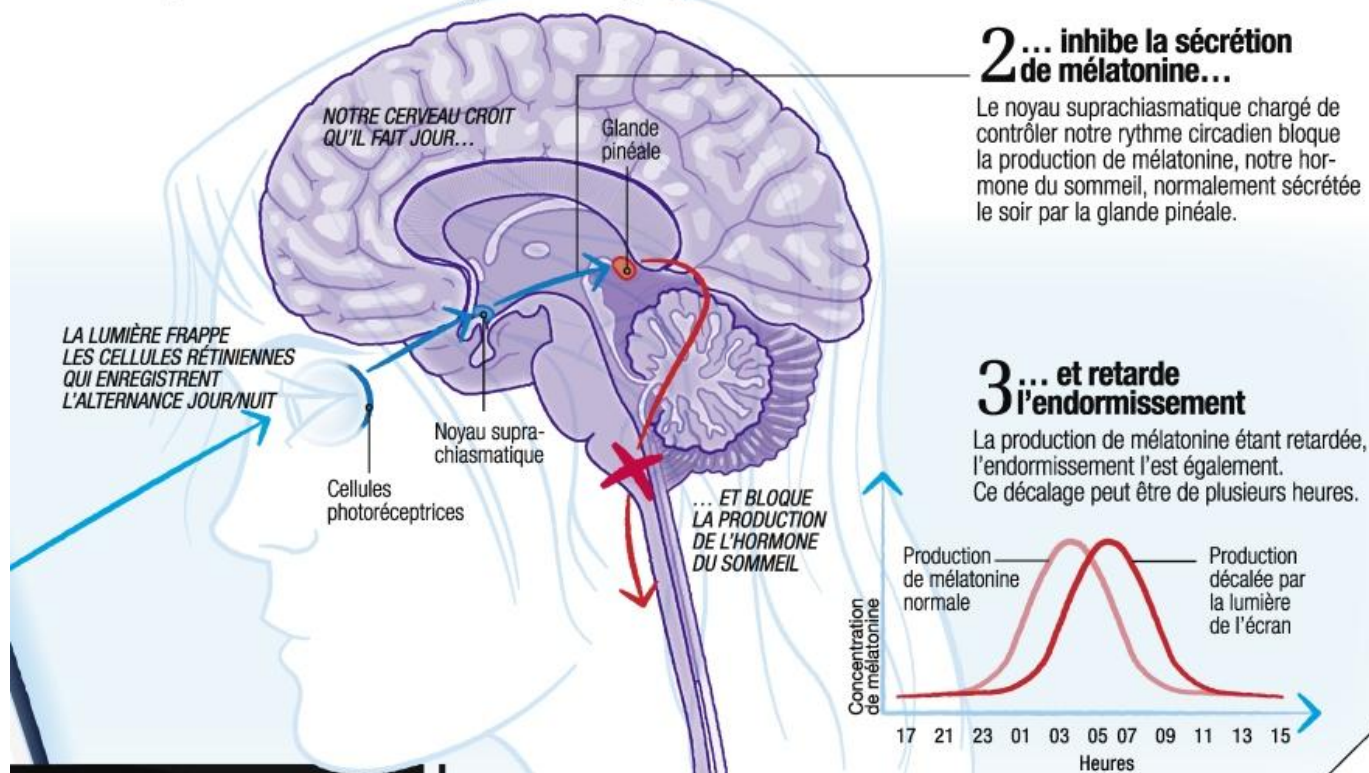
Cette densité ne tendra cependant pas vers zéro: si l'expansion va bien continuer à diluer la densité de matière, il n'en va pas de même pour l'énergie noire, cette entité de nature inconnue dont la densité demeure constante au cours du temps. Or, aujourd'hui, l'énergie noire compte déjà pour 70 % du contenu de l'Univers. Si bien qu'il a déjà quasiment atteint sa densité ultime. **M.G.**

Comment

Question d'Amélie

"C'est grâce à la puissance des muscles de son cou que l'ouvrière soulève d'aussi lourdes charges", répond Christian Peeters, directeur de recherche CNRS à l'Institut d'écologie et de sciences de l'environnement. Comme tous les insectes, elle est dotée d'un exosquelette, une enveloppe rigide qui protège et ancre ses muscles: *"Il nous renseigne sur ses capacités musculaires et permet des comparaisons fiables",* précise le chercheur. Son équipe a ainsi analysé la morphologie des reines et des ouvrières d'une centaine

trompe notre horloge biologique



la fourmi porte-t-elle autant de poids ?

Verbrügghen, Bruxelles

d'espèces. Résultat : entre reines et ouvrières, la différence de longueur entre les deux premiers segments thoraciques, qui relient le corps à la tête, est toujours la même. "Les ouvrières possèdent une architecture unique : leur premier segment thoracique est prédominant. Ce qui est en partie dû à l'absence de muscles liés aux ailes qui, chez les reines, sont attachés au deuxième segment."

Et cette différence morphologique permet aux ouvrières de soulever jusqu'à 1 000 fois leur poids. "De puissants muscles attachés

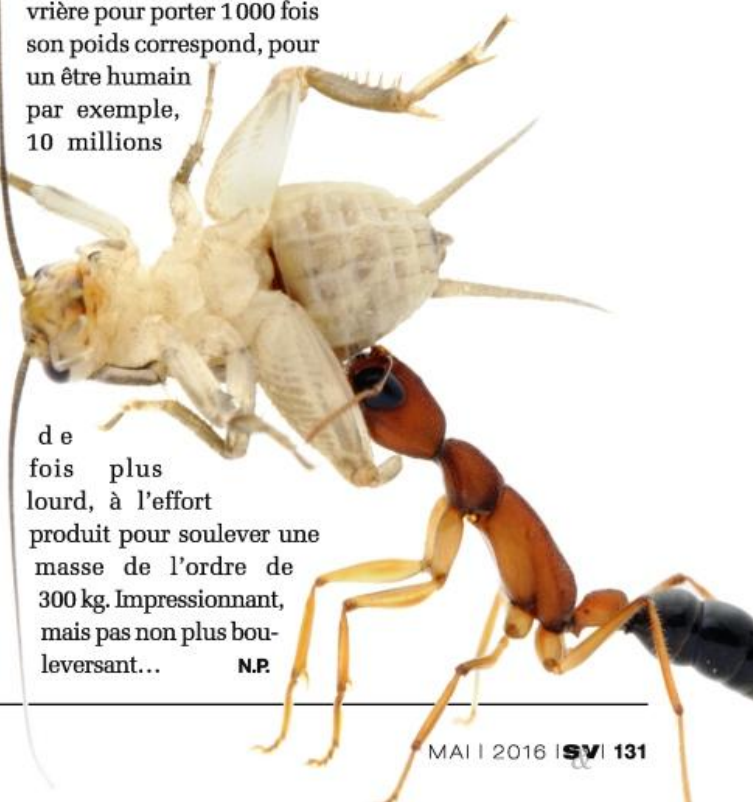
au premier segment lui permettent de renforcer l'articulation entre la tête et le thorax, et d'utiliser ses mandibules pour porter, couper ou creuser," précise le chercheur.

GARE À L'EFFET D'ÉCHELLE

Cependant, aussi impressionnante qu'elle soit, la force de l'ouvrière doit être relativisée par un effet d'échelle : "Plus un organisme est petit, plus il peut porter un nombre important de fois son poids", nuance Laurent Keller, écologue spécialiste des fourmis à l'université de Lausanne. En comparaison, l'effort

fourni par une fourmi ouvrière pour porter 1 000 fois son poids correspond, pour un être humain par exemple, 10 millions

de fois plus lourd, à l'effort produit pour soulever une masse de l'ordre de 300 kg. Impressionnant, mais pas non plus bouleversant... N.P.



A quoi sert la queue des animaux ?

Question de Romain Beteille, internet

“À l’origine, sa fonction première est la locomotion, répond Dominique Chardard, maître de conférence en zoologie à l’université de Lorraine, directeur scientifique du muséum-aquarium de Nancy. En milieu aquatique, la majorité des poissons l’utilisent pour se propulser. Les vertébrés terrestres, eux, s’en servent plutôt comme un organe d’équilibre ou de direction”, à l’instar du kangourou et du faucon.

Des fonctions secondaires sont ensuite apparues : communication, combat, séduction, stockage de réserves... Sélectionnés au cours de

l’évolution, ces usages s’avèrent parfois étonnants : la queue sert même de parasol à l’écureuil du Cap, en Afrique australe. Elle est devenue pour lui un outil indispensable pour se protéger du soleil et éviter la déshydratation.

D’ailleurs, tous les vertébrés ont une queue, “même les grenouilles et les primates hominoïdes, chez lesquels elle disparaît complètement à l’âge adulte”, souligne le zoologue. Et même l’être humain : notre coccyx est le dernier vestige d’une queue devenue inutile. **N.P.**



D’où vient la sensation d’avoir un mot “sur le bout de la langue” ?

Question de Rania Ben Said, internet

“Cette impression est causée par les mécanismes de récupération des informations qui s’opèrent dans notre cerveau”, répond Marie Izaute, chercheuse au Laboratoire de psychologie sociale et cognitive de l’université Blaise-Pascal à Clermont-Ferrand.

Tout le monde a déjà senti cette sensation étrange à propos du nom de cette actrice célèbre ou de cette ville où il y a une tour penchée...

“Si la récupération des informations se fait de façon partielle, on ne parvient pas à accéder au mot recherché, mais les informations récupérées nous donnent néanmoins cette impression d’imminence. Cette récupération partielle aboutit à des mots synonymes ou proches phonétiquement. Et ces mots, appelés ‘ugly sisters’ en anglais [vilaines sœurs], perturbent la récupération du

mot exact.” Le phénomène est universel – les Japonais disent qu’ils ont le mot “en dehors de la gorge” et les Chinois “dans la bouche”. Il se manifeste pourtant davantage pour les noms propres que les noms communs, quand on vieillit, consomme des benzodiazépines ou lorsqu’on est soumis à une pression.

Mais cette sensation est-elle bonne ? Connaît-on vraiment la réponse à notre question alors même qu’on n’arrive pas à y répondre ? “La plupart du temps, oui, répond Marie Izaute. Nous avons en général une assez bonne connaissance de notre propre mémoire.” **C.H.**

GAGNEZ UN ABONNEMENT D’UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

Nous ne pourrions répondre à tous, mais les auteurs des questions sélectionnées se verront offrir un abonnement d’un an à la version numérique de *Science & Vie* (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

Envoyez vos questions, en indiquant clairement votre adresse postale, à : sev.qr@mondadori.fr ou bien par courrier à :

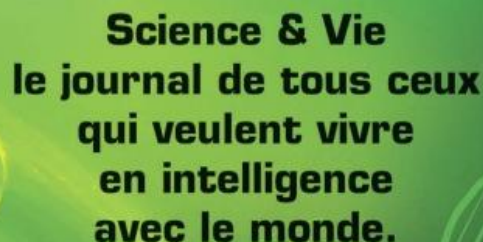
SCIENCE & VIE QUESTIONS/RÉPONSES
8, rue François-Orly
92543 MONTRouGE CEDEX

Printemps !

37,90 € seulement
au lieu
de 54 €.

seulement
au lieu
de 54 €*

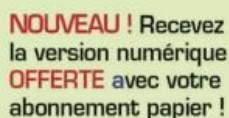
Soit
30%
de réduction



À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à :
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS - CS 90125 - 270911 EVREUX CEDEX 9

- 848 143

- 848 150



Disponible sur
KiosqueMag.com

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

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

Code Postal : Ville :

Tél : [] [] [] [] [] [] Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrions vous contacter si besoin pour le suivi de votre abonnement

E-mail :

Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori) ☐

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

□ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Date et signature obligatoires

Expire à fin Code Crypto

Les 3 chiffres au dos de votre CB

*Prix public et Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1^{er} abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 30/06/2016 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquiescer chacun des nombreux mensuels de Science & Vie au prix de 4,50€. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données vous concernant. Il vous suffit de nous écrire en indiquant vos coordonnées.
Science & Vie - TSA 10005 8 rue François Cray 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

Science & Vie - TSA 10005 8 rue François Dory 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

Designed by Freepik.

Du "self-safe"
au transhumanisme

Ce que s'améliorer veut vraiment dire

L'un entend montrer comment les individus des sociétés industrielles actuelles, en croyant prendre soin d'eux, se plient en réalité aux exigences de la compétition marchande. L'autre espère orienter les fulgurants progrès de la technologie vers une amélioration des individus au service du bien commun.

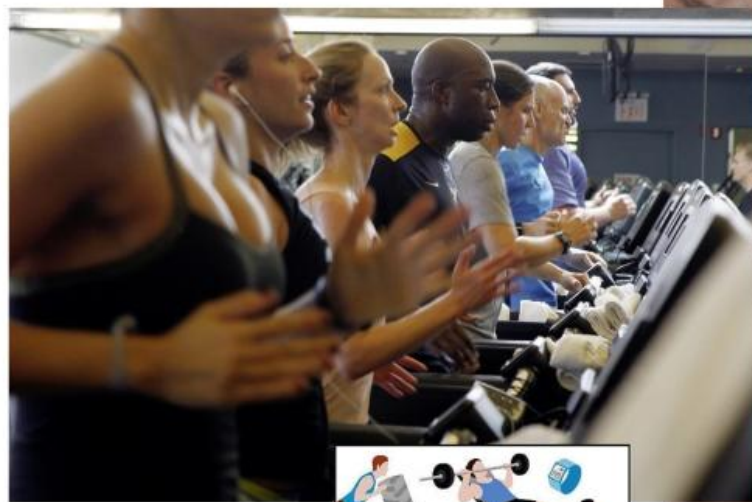
Le premier est un essai critique, écrit à quatre mains par deux enseignants chercheurs, spécialistes de la gestion des ressources humaines. Le second est le manifeste de Technoprog, l'Association française transhumaniste (AFT), lui aussi écrit à quatre mains, celles du président et du porte-parole de l'AFT.

INJONCTION AU BONHEUR

En dépit de leurs différences, ces deux livres se penchent sur la même question : quel sens y a-t-il à vouloir améliorer le bien-être des individus ?

La réponse qu'apportent les auteurs du *Syndrome du bien-être* se veut démonstration. Démonstration que quantité de pratiques contemporaines sont porteuses d'une injonction à être en bonne santé, heureux et performant.

Reconnaissons que



la démonstration est efficace. L'essor du coaching, le succès de la méditation de pleine conscience dans les séminaires d'entreprise, les salles de fitness installées dans les immeubles de bureaux, les régimes, les émissions de télé-réalité culinaire, le regard réprobateur de la société sur les gros, les alcooliques ou les fumeurs, le succès de la psychologie positive dans les techniques de management... Les exemples fourmillent, les références scientifiques aussi, et le message est clair : "Les politiciens, les activistes et les intellectuels ont de facto perdu la cote face aux grands chefs de cuisine, aux gourous du bonheur et aux entrepreneurs [...], qui ont fait de la santé

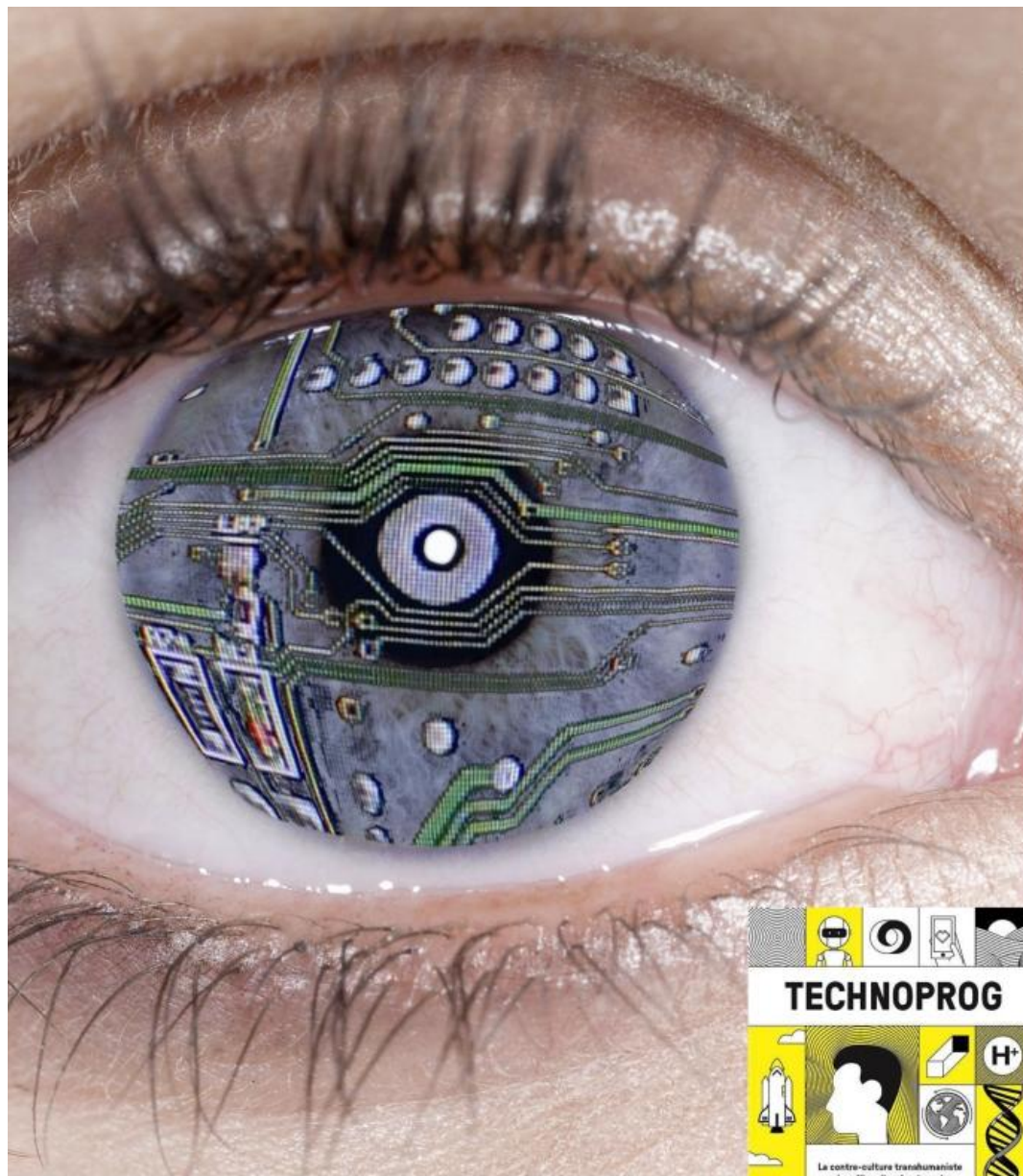


► **Le Syndrome du bien-être**
► Carl Cederström, André Spicer
► éd. L'échappée
► 178 pp., 15 €

et du bonheur leurs deux principaux mots d'ordre". Conséquence : "Le repli sur soi et le surinvestissement du corps sont en passe de devenir des solutions séduisantes et auxquelles de plus en plus de gens ont recours pour ne plus avoir à se préoccuper du monde qui les entoure."

^> La promesse d'êtres humains "améliorés" rejoint la quête actuelle du bien-être. Pour le meilleur ?

L'ouvrage des transhumanistes français est, lui aussi, au service d'un regard orienté... mais en sens inverse : l'amélioration du corps et de l'esprit des individus, grâce à la technologie, est une promesse de sociétés apaisées, épanouies, aptes à construire un monde meilleur. Les auteurs rappellent que "le transhumanisme [...] tire son origine du constat que l'espèce humaine n'est pas immuable et qu'il est utile, éthique, positif de s'améliorer". D'autant plus que le niveau de maturité atteint par les nanotechnologies, la



A voir, à lire

EXPOSITION

► Hémisphères

► Centre des arts d'Enghien-les-Bains
► du 13/04 au 3/07/16
► Gratuit



Dix institutions, neuf artistes. Le Centre des arts d'Enghien-les-Bains, associé à l'Académie des sciences, a mis les bouchées doubles pour faire se rencontrer la science et l'imagination des artistes. Installations plastiques et sonores, projections immersives, sculptures "sensibles"... Le parcours veut secouer les perceptions, perturber les convictions, décaler les regards. Parions que les obsidiennes changeant de couleur, les vidéos provoquant des oscillations du globe oculaire, ou encore la traduction en lumière de la montée de sève dans le bois des plantes ne manqueront pas de faire se parler les deux hémisphères cérébraux des visiteurs. **F.L.**



TECHNOPROG



► Technoprog - La contre-culture transhumaniste qui améliore l'espèce humaine

► Didier Coeurnelle, Marc Roux
► éd. FYP
► 226 pp., 18 €

biotechnologie, l'informatique et les sciences cognitives offre désormais la possibilité à l'espèce humaine d'améliorer sa nature, en modifiant son génome, en s'équipant de prothèses toujours plus élaborées, en inventant de nouvelles techniques de procréation...

HUMANITÉ À DEUX VITESSES

Mais Didier Coeurnelle et Marc Roux prennent soin, dans un chapitre éclairant, de distinguer leur promesse "technoprogressive" des autres courants du transhumanisme. Et notamment du plus ancien, le

courant "extropien", né à la fin des années 1980 et inspiré par l'idéologie néolibérale. Celui-ci vise à réduire le pouvoir des institutions publiques pour laisser foisonner sans entrave les "technologies d'augmentation". Trop risqué, pour les transhumanistes français, qui reconnaissent le danger de sociétés fragmentées, entre riches "posthumains" améliorés, à la durée de vie rallongée, et pauvres humains ordinaires, subissant vieillissement et maladies. "Il nous appartient donc de choisir quelles améliorations nous

paraissent souhaitables pour vivre mieux, plus heureux, plus en harmonie et plus longtemps avec notre entourage", plaident les auteurs. A lire *Le Syndrome du bien-être*, constat amer fait au présent, il n'est pas sûr que leur promesse faite au futur sera facilement tenue. **F. Lassagne**

BD

► Le Mystère du monde quantique

► Thibault Damour, Mathieu Burniat
► éd. Dargaud, 164 pp., 19,99 €



Ils s'appellent Bob (l'enquêteur) et Rick (son chien). Ils sont complices et aventureux comme Tintin et Milou – le trait de Mathieu Burniat devant davantage à Manu Larcenet qu'à Hergé. Leur dernière aventure a mal tourné, Bob est triste: Rick est mort. Ou pas. Dans une autre version de la réalité, il survit. Prodige? Non. Physique quantique. Bob va chercher à comprendre, discuter avec les scientifiques qui ont inventé cette physique déroutante. Une œuvre de vulgarisation subtile (guidée par le physicien Thibault Damour), parsemée de belles trouvailles graphiques. **F.L.**

Mai 1996

L'affaire Sokal enflamme les sciences

L'article, dès son titre, promet d'être savant: "Transgresser les frontières: vers une herméneutique transformatrice de la gravitation quantique". Publié en mai 1996 dans la réputée revue *Social Text* par Alan Sokal, un physicien de l'université de New York, il montre comment la physique quantique et la relativité d'Einstein détruisent l'idée d'une réalité objective du monde et des théories pour le décrire. "Le pi d'Euclide et le G de Newton, auparavant pensés comme constants et universels, sont maintenant perçus dans leur inéluctable historicité", assène le physicien, qui promeut une science libérée de la tyrannie de la "vérité absolue" et de la "réalité objective", débarrassée

de ses attributs patriarcaux et élitistes.

Un article *a priori* de haut vol, comme il s'en publie à longueur d'années dans les revues spécialisées. Sauf que, sous ses dehors très sérieux, celui-ci multiplie les propos abusivement scientifiques dans une rhétorique ampoulée pleine d'analogie absurde, affirmant par exemple que l'axiome d'égalité en mathématiques a quelque chose à voir avec les politiques féministes.

UNE CHARGE POLITIQUE

Et pour cause: cet article est un canular, comme le révèle le physicien quelques jours après sa publication. Or, il a bel et bien été publié, le très sérieux comité de lecture de la revue n'y ayant vu que du feu... Une blague en forme

de démonstration, selon Sokal: "Depuis quelques années, l'apparent déclin des normes de rigueur dans certains cantons des études littéraires me trouble, écrit-il pour s'expliquer. Pour tester les normes intellectuelles dominantes, j'ai donc décidé de tenter une modeste expérience [...]: est-ce qu'un important journal nord-américain de cultural studies [...] publierait un article largement assaisonné d'inepties si a) il sonnait bien, b) il flattait les préjugés idéologiques des éditeurs."

Ses cibles sont clairement désignées. D'abord ces historiens et sociologues des sciences qui, depuis plus de vingt ans, sous la bannière des *science studies*, prétendent que les pratiques et théories scientifiques ne

sont pas guidées par la seule quête de la vérité mais par un ensemble de facteurs politiques, économiques et sociaux. Les intellectuels français, ensuite, qui, de Foucault à Derrida, en passant par Deleuze et Lacan, sont devenus, dans les années 1970, des stars aux Etats-Unis en déstructurant les schémas établis. Des intellectuels qui abuseraient de métaphores scientifiques en les dénaturant. Dernière cible, enfin, des chercheurs dits "postmodernes" ou "relativistes" qui veulent montrer en quoi les savoirs servent à asseoir le pouvoir de la catégorie sociale majoritaire qui les construit: blanche, masculine, occidentale... Au sein des *cultural studies*, ils entendent donner voix aux "minorités", considérant

SCIENCE&VIE en parlait déjà... PAR FIORENZA GRACCI

1957 L'IMPOSTURE DE PILTDOWN

C'est l'une "des grandes escroqueries scientifiques du siècle". Entre 1908 et 1913, "un crâne et une mâchoire jugés très anciens [200 000 à 500 000 ans] furent découverts dans le sud de l'Angleterre. Le monde savant s'en émut". Mais les expertises ont depuis démontré que ce crâne n'avait guère plus de 50 000 ans, tandis que la mâchoire était celle, artificiellement vieillie, d'un chimpanzé! "Une mystification fort adroite." *S&V* n° 437

PALÉONTOLOGIE

L'homme de Piltown n'est plus. — Près de deux cents mémoires et peut-être autant de querelles, le tout aboutissant aujourd'hui à une émotion aussi considérable que le fut le retentissement de la découverte, ces références donnent à l'affaire de



1978 LA SCIENCE DU DOUTE

Triangles des Bermudes, soucoupes volantes... Face à l'ampleur du "commerce des faiseurs qui fouinent dans le détrit des savants à la recherche de frissons mystiques", *Science & Vie* accueille "avec enthousiasme" la naissance, aux Etats-Unis, d'"une revue de démystification nommée The Zetetic (du grec zetetos, sceptique)". *S&V* n° 725



PSEUDO-SCIENCES

BIENVENUE A LA ZÉTÉTIQUE

Toutes les grandes disciplines ont leurs scories. C'est ainsi que l'astronomie, après en être née, que la médecine compte parmi ses déchets l'art des ou de Carpentras, que l'archéologie compte un type de falsification enco- des « bonnets » faussaires, celle qui veut que l'homme de Cro-Magnon ou à peu près, sans parler de la parapsychologie, qui pend aux basques un poisson d'avril.



SOCIAL

TEXT

46-47

que tout savoir est socialement construit.

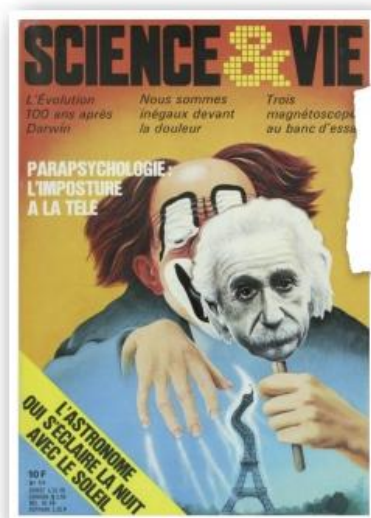
Le canular fait mouche. "Je trouvais assez drôle de piéger une revue de cette façon", concède Dominique Pestre, historien des sciences et directeur d'étude à l'Ecole des hautes études en sciences sociales, bien

que faisant également partie des cibles visées.

Aux Etats-Unis, les médias s'enflamment. Pour ou contre Sokal? La guerre fait rage dans les universités américaines entre "scientistes" et "relativistes". Car le physicien new-yorkais n'est pas le premier à

mettre de l'huile sur le feu. Deux ans plus tôt, *Higher Superstition*, un ouvrage dirigé par Paul Gross et Norman Levitt, s'insurgeait déjà contre les *science studies* et leur prétention à remettre en cause le caractère universel de la science et la notion de vérité. →

△ Le comité scientifique de la réputée *Social Text* n'y a vu que du feu: il autorise la publication, en mai 1996, d'une supercherie signée par un jeune physicien, Alan Sokal, qui veut dénoncer les "inepties" et les "préjugés" des *cultural studies*.



BLURGS (1)
DES CHARLATANS DÉGUISÉS EN SAVANTS



Un fil invisible, collé sous les ongles du pouce et de l'index, attire les objets.



1982 QUAND S&V DÉMASQUAIT LES TÉLÉPATHES

Présentés comme des universitaires, des parapsychologues déforment des objets sur TF1. Notre rubrique "Blurgs" (pour "Balivernes lamentables à l'usage réservé des gogos") démonte cette émission qui a "contribué à enfoncer dans l'esprit des téléspectateurs le clou rouillé des prétendues 'preuves' de la télépathie, de la 'psychokinèse' et autres fariboles du même genre". A la rédaction, le prestidigitateur Gérard Majax reproduit les tours et en dévoile les secrets! **S&V n° 774**

➤ Or, le débat n'est pas qu'académique. *"Après la victoire des cultural studies et des intellectuels français aux Etats-Unis, les néo-conservateurs contre-attaquent dans les années 1990"*, rappelle Dominique Pestre. Parler d'oppression des minorités a des conséquences politiques: elles peuvent exiger des compensations, ce que combattent les conservateurs qui prennent alors de plus en plus de poids. *"Aux Etats-Unis, le canular devient pour les néo-conservateurs le moyen de mener une vraie guerre politique"*, analyse Dominique Pestre.

DES PRO- ET DES ANTI-SOKAL

Un an plus tard, Sokal enfonce le clou. Avec le physicien belge Jean Bricmont, il publie *Impostures intellectuelles*, qui tire à boulets rouges sur Lacan, Kristeva, Deleuze, Baudrillard... De grandes plumes françaises qui, selon Sokal et Bricmont, abusent de métaphores scientifiques sans rigueur, pour écrire des textes sans aucun



△ Alan Sokal accuse Barthes, Foucault, Deleuze (de g. à dr.) et d'autres intellectuels français célèbres aux Etats-Unis de manquer de rigueur.

sens: la structure du névrosé adopte ainsi chez Lacan la topologie d'un tore, et Baudrillard écrit que les guerres modernes se déroulent dans un espace non-euclidien...

Ces intellectuels se paieraient de mots et, surtout, de véritables concepts scientifiques à peu de frais. La guerre entre pro- et anti-Sokal gagne l'Hexagone. Mais si certains physiciens français applaudissent, les historiens des sciences sont pour la plupart consternés.

"Prétendre que ces intellectuels racontaient n'importe quoi était idiot; Sokal et

Bricmont démontraient juste qu'ils n'avaient rien compris à leurs écrits", s'agace Dominique Pestre. Selon les sociologues des sciences, les sciences humaines ne fonctionnent pas comme la physique et l'usage qu'elles font des métaphores est rendu nécessaire par la complexité des objets étudiés. La séparation dressée par Sokal entre ce qui relèverait de la science et ce qui ne serait qu'égarement de la pensée révélerait une vision trop étroite de la science. Dominique Pestre reconnaît néanmoins que ce pavé jeté dans la mare des

science studies a initié de fructueux débats entre physiciens et partisans d'un certain relativisme. Mais hors du contexte politique américain, l'"affaire" s'essouffle vite. Et lorsque Sokal s'inquiète de nouveau en 2005 d'une alliance entre postmodernes et pseudosciences et d'un affaiblissement de la pensée rationnelle basée sur des faits, il ne suscite qu'une indifférence polie.

"Est-ce qu'en Europe ou en Asie la confiance que les gens accordent dans les sciences, les technologies, le développement de la pensée rationnelle et le débat d'idées recule? Je ne pense pas", relève Dominique Pestre. Qui observe tout au plus, à travers l'essor des associations de patients ou les débats sur les OGM ou le nucléaire, un désir très fort des citoyens d'être associés aux décisions. *"Et ça, c'est au contraire très rationnel"*, insiste-t-il. Pour lui, l'affaire Sokal reste un canular... même s'il a suffisamment frappé les esprits pour faire date.

Emmanuel Monnier

GILBERT UZAN/GAMMA

SCIENCE&VIE en parlait encore

1991 DES BALIVERNES TOURNÉES EN DÉRISION

Alors que des livres et des journaux évoquent l'existence d'extra-terrestres (Ummites) sur Terre, S&V s'amuse. Il convoque des experts attestant que Jean Ferrara, membre de la rédaction, en fait partie! Son *"extraordinaire prescience [...], la prodigieuse acuité de son odorat [...], ainsi que sa répugnance extrême à exposer sa peau au soleil sont [...]* les indices d'une étrangeté plus qu'humaine". Un des hauts faits de la rubrique "Blurgologie"! **S&V n° 890** @



2013 L'IMPOSSIBLE VÉRITÉ DES CHOSES...

Puisqu'une théorie en supplante une autre, *"comment être sûr que l'état de nos connais-*

sances actuelles est la Vérité vraie?" "Les scientifiques produisent des outils destinés à prévoir et à décrire la réalité telle que nous la percevons, plutôt qu'à atteindre la vérité des choses." Et pourtant, "dans certaines limites et sous certaines conditions, [...] les affirmations scientifiques sont bel et bien vraies!" **S&V n° 1031** @



à lire en intégralité dans **Les grandes archives** www.science-et-vie.com



ENTRETIEN ET GARANTIE OFFERTSTM SUR TOUS NOS MODÈLES JUSQU'AU 30 AVRIL.

NOUS PRENONS SOIN DE VOUS
AUTANT QUE DE VOTRE VOLVO.



VOLVO XC60 MOMENTUM.
À partir de **365 €/mois⁽²⁾**
LLD** 36 mois et 45 000 km,
jusqu'au 30 avril 2016.

volvocars.fr

(1) Pour toute souscription d'un contrat de **Location Longue Durée pour une VOLVO neuve, Prestation Entretien-Garantie offerte et assurée par Cetelem Renting sur une durée maximale de 48 mois et 120 000 km. *Avec un premier loyer majoré de 6 000 €. (2) Exemple de loyer pour une Location Longue Durée sur 36 mois et 45 000 km pour la location d'une **VOLVO XC60 D3 Momentum BM6** aux conditions suivantes : apport de 6 000 € TTC, suivi de 35 loyers mensuels de 365 € TTC. Cette offre est réservée aux particuliers dans le réseau participant. Sous réserve d'acceptation du dossier **jusqu'au 30/04/2016** par le loueur Cetelem Renting, SAS au capital de 2 010 000 €, 414 707 141 RCS Nanterre, 20, avenue Georges Pompidou, 92300 Levallois-Perret, N° ORIAS : 07 026 602 (www.orias.fr). Conditions sur volvocars.fr.

Modèle présenté : VOLVO XC60 D3 BM6 150 ch R-Design avec options peinture métallisée et jantes alliage Ixion II 20". 1^{er} loyer de 7 900 €, suivi de 35 loyers de 459 €.

Gamme VOLVO XC60 : Consommation Euromix (L/100 km) : 4.5 à 7.7 - CO₂ rejeté (g/km) : 117 à 179.