

AUTISME CULTURE ANIMALE AUDITION VOIX INTÉRIEURE BRIDGMANITE
INSECTES ÉTOILES SOLITAIRES ROBOTS TURING OZONE MOTS DE PASSE

SCIENCE & VIE

SCIENCE & VIE

MARS 2015 N° 1170 MONDADORI FRANCE

VACCIN CONTRE LE CANCER

LES PREMIERS TESTS
SUR L'HOMME

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



ÉCLIPSE DU 20 MARS

5 RAISONS
DE NE PAS LA RATER



RÉSEAUX SOCIAUX, DARK WEB, BITCOIN...

COMMENT INTERNET FAVORISE LE TERRORISME

Nouvelle Audi Q3.

Une forte impression.

Laissez-vous surprendre par le design de la nouvelle Audi Q3, caractérisé par sa calandre singleframe tridimensionnelle réinventée et ses phares Xénon plus redessinés, pour un style plus radical et expressif. SUV au tempérament d'un coupé, la nouvelle Audi Q3 vous garantit une expérience de conduite exceptionnelle quelques soient les conditions grâce à sa transmission quattro®*.

Découvrez la nouvelle Audi Q3 chez votre Distributeur Audi, ou sur Audi.fr/Q3



* Selon motorisation.

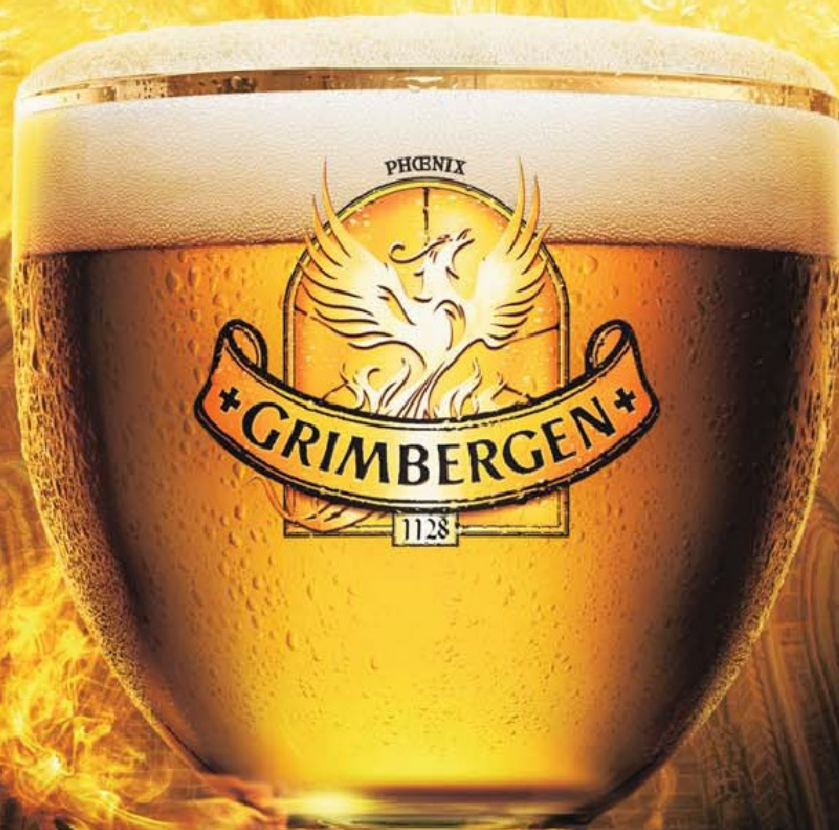
Volkswagen Group France S.A. – RC Soissons B 602 025 538. Audi recommande Castrol EDGE Professional.
Vorsprung durch Technik = L'avance par la technologie.

Gamme Nouvelle Audi Q3 : consommation en cycle mixte (l/100km) : 4,6 – 8,8. Rejets de CO₂ (g/km) : 119 – 206.

Audi
Vorsprung durch Technik



+ L'INTENSITÉ +
D'UNE LÉGENDE*



1128
+ GRIMBERGEN +
BIÈRE D'ABBAYE - ABBIJBIER
BLONDE

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



En finir avec le cancer ?

Bien sûr, les progrès de la médecine doivent être salués. Ils permettent de venir à bout d'un nombre croissant de cancers et contribuent à augmenter l'espérance de vie des malades. Pourtant, avec plus de 8 millions de morts par an pour une quinzaine de millions de cas déclarés chaque année, le cancer, les cancers sont en passe de devenir la première cause de mortalité dans le monde. Comme ils le sont déjà en France. Dépistages précoces, radiothérapies,

chimiothérapies... rien ne semble pouvoir véritablement endiguer ce fléau. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) s'attend à ce que le nombre de victimes du cancer ne cesse d'augmenter dans les années et les décennies à venir. C'est dire si les enjeux sont considérables. Et l'espoir immense. Pourra-t-on, un jour, se faire vacciner contre le cancer ? Peut-on imaginer que, demain, cette maladie appartiendra au passé, comme d'autres avant elle ?

Si les biologistes et les médecins en pointe sur le sujet se gardent de l'affirmer, ils disposent de sérieuses raisons d'y croire. Après les bons, voire très bons résultats enregistrés chez les souris, leurs premiers vaccins sont actuellement en test chez l'homme. Nous consacrons notre dossier à la mise au point de ces vaccins particulièrement ingénieux grâce auxquels nous en aurons, un jour peut-être, tous terminé avec le cancer.

En finir avec le terrorisme ?

Et pourquoi pas un vaccin contre le terrorisme ? Serait-il possible de cibler dans le corps social les cellules tueuses avant qu'elles ne passent à l'action ? Le moins que l'on puisse dire est qu'Internet et les technologies de la communi-

cation ne faciliteraient pas la mise au point de ces traitements.

Recrutés sur des réseaux sociaux par des agents excellemment formés, les apprentis terroristes gagnent sans peine le "Dark Net", cet Internet de l'ombre aux allures de

jungle. Avec un minimum de jugeote, ils y trouvent tout l'arsenal nécessaire (conseils, formation, armes, faux papiers...) sans grand risque d'y être repérés. Sur ce front-là, la guerre est loin d'être gagnée...

Science & société

Après les attentats de "Charlie Hebdo" et de l'Hyper Cacher

Comment Internet favorise le terrorisme

Le mythe des faits

Internet, la grande source d'information, est aussi devenue un terrain de propagande pour les terroristes. Les sites de recrutement, les forums de discussion, les réseaux sociaux... Tout est devenu un terrain de jeu pour les terroristes. Comment Internet favorise-t-il le terrorisme ?

Le mythe des faits

Internet, la grande source d'information, est aussi devenue un terrain de propagande pour les terroristes. Les sites de recrutement, les forums de discussion, les réseaux sociaux... Tout est devenu un terrain de jeu pour les terroristes. Comment Internet favorise-t-il le terrorisme ?

Le mythe des faits

Internet, la grande source d'information, est aussi devenue un terrain de propagande pour les terroristes. Les sites de recrutement, les forums de discussion, les réseaux sociaux... Tout est devenu un terrain de jeu pour les terroristes. Comment Internet favorise-t-il le terrorisme ?

5 raisons de ne pas rater L'éclipse du 20 mars

Elle sera partielle à 80% mais le spectacle n'en sera pas moins grandiose (avec les lunettes adhésives !). Mais pas seulement. A l'occasion de cette éclipse, des physiciens et des astronomes ont prévu une série d'observations exceptionnelles. La preuve par 5.

5 raisons de ne pas rater L'éclipse du 20 mars

Elle sera partielle à 80% mais le spectacle n'en sera pas moins grandiose (avec les lunettes adhésives !). Mais pas seulement. A l'occasion de cette éclipse, des physiciens et des astronomes ont prévu une série d'observations exceptionnelles. La preuve par 5.

VACCIN CONTRE LE CANCER

LES TESTS SUR L'HOMME SONT LANCÉS

C'est peut-être l'une des grandes révolutions médicales de l'histoire ! Pour la première fois, des patients vont être vaccinés contre le type de cancer auquel ils sont prédisposés. Parce que les tests menés sur l'animal ont donné des résultats incroyables : jusqu'à 100% de protection... sans effets secondaires notables. A l'origine de cet exploit ? Des décennies de recherche pour diriger l'action du système immunitaire contre les tumeurs. Avec, à la clé, une vaccination capable de protéger de la plupart des cancers comme s'il s'agissait de vulgaires microbes. Certes, il faudra des années avant de savoir si ce pari peut être tenu chez l'homme. Mais l'histoire est en marche : si les tests sont concluants, le cancer passerait alors du statut de fléau mondial... à celui de maladie rare.

PAR ELSA ABDOUN

Insectes

Leur folle diversité enfin mise en ordre

800 milliards, 10 millions, plus d'un million d'espèces ? La biodiversité des insectes est-elle en danger ?

Mots de passe

Il s'agit de passer à l'ère des images !

Les mots de passe sont-ils encore d'actualité ?

SCIENCE VIE 8, rue François-Cry 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. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 131. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur www.kiosquema.com. Deux encarts abonnement sont jetés sur les exemplaires de la vente au numéro France Métro ; un encart abonnement sur les ex. de la vente au numéro Suisse / Belgique ; un encart Fidélisation Science & Vie sur les ex. d'une partie de la diffusion abonnés France Métro.

Deux encarts abonnement sont jetés sur les ex. de la vente au numéro France Métropolitaine. Un encart abonnement est jeté sur les ex. de la vente au numéro Suisse/Belgique. Un catalogue Boutique Science&Vie est jeté sur toute la diff. abonnés France Métro. Un encart 01Net et un encart Valeurs Actuelles sont jetés sur les ex. d'une partie de la diff. abonnés France Métro.

8 Forum

Actus

- 14 **Labos**
Andromède: des images précises comme jamais; le mystère de l'île de Pâques dévoilé...
- 26 **Environnement**
Les aires protégées sont de plus en plus nombreuses; la fonte de la glace du pôle Sud...
- 32 **Médecine**
Un antibiotique inédit a enfin été découvert; un gène précis expliquerait les AVC précoces...
- 36 **Technos**
Un super implant pour réparer la moelle épinière...

Science & société

- 38 **Après les attentats de "Charlie Hebdo" et de l'Hyper Cacher**
Comment Internet favorise le terrorisme
- 46 **20 à 30 fois plus d'autistes diagnostiqués**
Non, l'épidémie d'autisme n'est pas déclarée
- 48 **L'ONU reconnaît l'existence d'une "culture animale"**
Les animaux aussi partagent outils et savoirs
- 49 **2014, l'année la plus chaude enregistrée**
Cela n'aurait pourtant pas dû être le cas
- 50 **Projet de loi pour limiter le son des baladeurs et en discothèque**
Nos oreilles souffrent à partir de 80 décibels

Événement

- 54 **L'éclipse du 20 mars**
5 raisons de ne pas la rater

A la Une

- 62 **VACCIN CONTRE LE CANCER: les tests sur l'homme sont lancés**
- 70 Sept questions sur le vaccin anticancer
- 72 L'exploit de nos cellules immunitaires

Science & découvertes

- 78 Neurologie
Voix intérieure: elle se fait enfin entendre
- 81 Géologie
Bridgmanite: voici le minéral le plus abondant sur Terre
- 84 Phylogénétique
Insectes: leur folle diversité enfin mise en ordre
- 94 Astronomie
La moitié des étoiles seraient vagabondes

Science & techniques

- 100 Automate
Robots: voici les artistes transformistes
- 103 Armement
Les premières balles qui ne ratent jamais leur cible
- 106 Protection des données
Mots de passe: ils gagneraient à être des images

Science & futur

- 112 L'idée d'une ville sous-marine prend forme; recycler les emballages en plastique et en aluminium devient aussi possible; un parasol solaire va chauffer, éclairer et dépolluer nos terrasses; en cas de crue, une maison qui peut flotter dans 2,50 m d'eau; travailler debout plutôt qu'assis est à l'étude...

Culture science

- 120 **Bon à savoir**
- 122 **Questions/Réponses**
- 128 **A voir / à lire**
- 132 **Technofolies**
- 136 **Il y a... 30 ans: la Convention de Vienne mobilise les Etats contre le trou dans la couche d'ozone**

Science sans conscience?

Grande est ma surprise de lire la possibilité d'envisager la greffe d'utérus afin de permettre à un homme d'enfanter. Je suis surpris du manque d'esprit critique et d'éthique de votre magazine en publiant ce genre d'article (...). Il serait intelligent de vous positionner comme le garde-fou de ce genre de pratiques déviantes et hors de la vie (...). Je vous pro-

pose de revoir votre point de vue "scientifique" à travers des excuses. A propos de cet "exploit qui bouleverse la maternité" pour une femme, il ne s'agit pas de sensationnaliser la possibilité pour l'homme de le faire, mais plutôt d'exprimer doutes et mises en garde directes à ce sujet. Sincèrement,

O. Bédus (Salon-de-Provence)

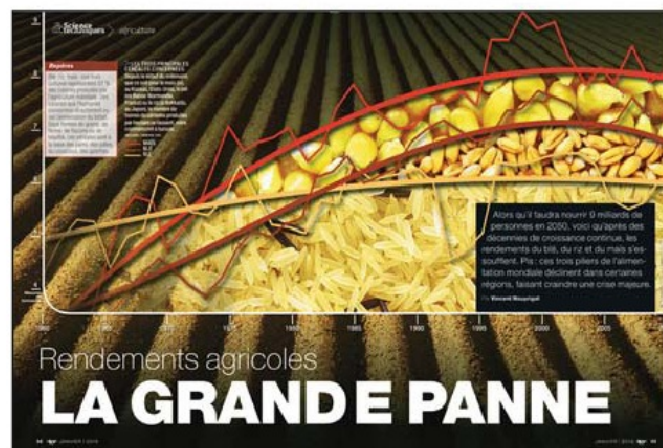


S&V Lorsqu'un débat éthique agite la science, notre mission est de fournir les clés pour le comprendre. Mais expliquer ne veut pas dire valider. En

1996, lorsque la brebis Dolly avait ouvert le champ au clonage humain, nous avions détaillé cette application potentielle et souligné les réflexions sur son encadrement par la loi. La première naissance après une greffe d'utérus rend "techniquement" envisageable une application chez l'homme, comme nous l'ont expliqué les chercheurs. Ici, le "garde-fou" est mis en place par la Fédération internationale de gynécologie et d'obstétrique qui, comme l'article le souligne, a édité une liste restrictive de critères déontologiques pour encadrer cette technique. A chacun de se faire son opinion, en connaissance de cause.

“ A propos des médecines alternatives, j'ai été surpris de ne pas y trouver la méthode douce qui consiste, par léger contact des lèvres sur un bobo, à prononcer l'incantation "bisou magique!". L'effet est immédiat. ”

Thomas Dussert, Paris (XV^e)



Du rôle de la qualité des sols dans la baisse des rendements

Dans votre dossier sur la baisse des rendements (S&V n°1168), je m'étonne que vous ne parliez pas de la vie biologique dans les sols agricoles. Or ce paramètre, négligé par l'agriculture moderne, conditionne la capacité de rétention en eau et en minéraux...

Simon Do Espirito Santo, Internet

S&V La perte de biodiversité des sols est régulièrement évoquée, notamment par l'ingénieur agronome indépendant Claude Bourguignon. Elle entre probablement en compte dans le ralentissement des rendements. Mais son influence paraît marginale d'après les chercheurs de l'Inra.

La démographie... et le reste !

Vous avez publié, en février 2015, un très intéressant article sur l'explosion de la démographie au XXI^e s. Ce qui est surtout ahurissant, c'est le non-dit. Rien, pas un mot sur le surcroît de ressources que cela suppose, alors que les tendances actuelles suggèrent leur recul. Rien non plus sur le climat, dont le dérèglement tragique pour la production agricole ne paraît plus pouvoir être enrayeré. Ne sont-ce pas là deux contradictions majeures ? Cette prévision onusienne est sans lien avec la réalité qui nous attend.

Hugues Stoeckel, La Petite Pierre (Bas-Rhin).

La domestication a-t-elle un effet sur les abeilles ?

Dans votre article à propos de l'influence de la domestication sur les animaux (n°1167, p. 79), vous soulignez que le choix par l'homme de sélectionner les animaux par leur douceur a des effets sur leur crête neurale et, *in fine*, sur leur morphologie. Etant apiculteur professionnel, je me demande si ce choix de sélection chez l'abeille a pu aussi la faire "muter".

Gilles Dupas, internet

SV L'apparition de caractères spécifiques liés à la domestication (oreilles tombantes, pelage

tacheté, queue recourbée, mâchoire raccourcie, etc.) a été mise en évidence chez de nombreux vertébrés : mammifères (cochons, vaches, chiens...) mais aussi oiseaux (poules) et poissons (poissons zèbres). Mais, à notre connaissance, aucune étude n'a décrit un tel "syndrome de domestication" chez des invertébrés, comme l'abeille. Et s'il existait, ce syndrome prendrait probablement une autre forme : de fait, ces signes de domestication sont liés à un déficit de croissance de structures cérébrales propres aux vertébrés.

On en reparle



NAISSANCE DE L'UNIVERS : LE CLICHÉ N'ÉTAIT PAS ASSEZ NET

En mai dernier, nous célébrions l'annonce par la collaboration BICEP 2 de l'observation de la trace sur le ciel laissée par l'Univers lors de sa naissance (S&V n° 1160 p. 70). Presque un instantané du big bang ! Las, très vite, des doutes étaient émis par les cosmologistes : ce signal pourrait n'être qu'un mélange de la relique cosmologique et de... poussière galactique (S&V n° 1162 p. 9).

Début février, le couperet est tombé. Travaillant de concert, les équipes de Planck et BICEP 2 sont parvenues à la conclusion que, "*statistiquement, il est impossible d'exclure que le signal cosmologique soit strictement nul*", comme le résume François Bouchet, à l'Institut d'astrophysique de Paris, et responsable de l'exploitation scientifique des données de Planck. Autrement dit, l'annonce du printemps dernier est invalidée.

Pour autant, tout espoir d'obtenir un jour un cliché de la naissance du cosmos n'est pas mort. De fait, après analyse, un petit "excès" de signal, dont la pertinence statistique est insuffisante pour affirmer quoi que ce soit, semble surmager au-dessus du bruit. S'il s'agit bien d'une empreinte des ondes gravitationnelles primordiales, quelques années d'acquisition supplémentaires pourraient suffire à lui donner du corps. Sinon, resterait la possibilité qu'une prochaine génération d'instruments plus sensibles parvienne à détecter un signal plus ténu. A moins qu'il ne soit si faible qu'il reste à jamais inaccessible... **M.G.**

On en reparle



IL POURRAIT Y AVOIR EN RÉALITÉ DEUX PLANÈTES X !

Nous annonçons, en juillet, le dernier rebondissement de cet incroyable feuilleton. Après avoir douté, après même s'être convaincu qu'elle ne pouvait exister, les astronomes se remettaient à évoquer la présence d'une planète X, un astre fantôme qui orbiterait aux confins du Système solaire. La découverte de l'étrange trajectoire du gros astéroïde 2012 VP113 amenait alors Chad Trujillo, de l'observatoire Gemini, à Hawaï, et son équipe à conclure qu'un astre de la taille de la Terre gravitait à 250 unités astronomiques du Soleil (n°1162, p.84).

Cela paraissait déjà fou. Mais le nouveau résultat qui vient de tomber va plus loin. Reprenant les données de Chad Trujillo, une équipe menée par Carlos de la Fuente Marcos, de l'université de Madrid, a procédé à ses propres simulations numériques : non seulement elle conclut que la perturbation de l'orbite de VP113 ne peut pas s'expliquer par un biais observationnel, ce qui confirme la présence d'une planète X vers 250 unités astronomiques... Mais en plus, elle décèle la présence d'un second astre fantôme, vers 200 unités astronomiques. Il pourrait donc en fait y avoir deux planètes inconnues cachées au-delà de Pluton ! Et les astronomes n'excluent pas qu'il puisse y en avoir plus de deux...

Des observations sont en cours pour essayer de confirmer ces résultats. La suite au prochain épisode...

M.F.

A quand des analyses chimiques des camps nazis ?



Votre article "L'Archéologie dévoile les faits" est intéressant par la description des moyens modernes mis en œuvre pour l'investigation des sols des camps de déportation en Pologne et ailleurs. Cependant, je suis surpris que l'on n'ait pas procédé à l'analyse chimique des matériaux qui ont servi à la construction des bâtiments. Il est dit que le gaz mortifère utilisé est volatil, explosif, extrêmement corrosif et peut-être de coloration bleutée ; le cyanure serait connu aussi pour sa capacité d'imprégnation des matériaux sur de longues périodes. Dans toute enquête criminelle – et ici c'en est une –, cette analyse est légale. Pourquoi l'auteur de l'article ne la mentionne-t-il pas ?

C.E., Marseille

SV Vous avez raison de souligner que les analyses chimiques peuvent apporter un complément d'information lors de fouilles archéologiques. Sur des sites aussi étendus et mal connus que ces camps d'extermination, les analyses chimiques ne per-

mettent cependant pas de cartographie globale, ce qui est l'objectif des chercheurs.

En ce qui concerne les chambres à gaz, vous soulignez à juste titre que des gaz très corrosifs et très identifiants ont été employés par les nazis, comme le Zyklon B à Auschwitz-Birkenau, et des études y ont bien été menées pour montrer leur persistance dans les murs. Mais pour les camps de l'Aktion Reinhard comme Belzec, Treblinka et Sobibor, le gaz employé était l'inodore et incolore monoxyde de carbone (CO) provenant de moteurs de tanks russes T34. Des textes mentionnent cette pratique et il semble qu'à Sobibor l'emplacement bétonné où était positionné le moteur, à côté des chambres, ait été retrouvé. Quant à Chelmno, l'extermination se faisait dans des camions à gaz. L'analyse du site et la confrontation avec des sources (rares documents et témoignages) sont pour l'instant cohérents avec la localisation des chambres proposées par les équipes archéologiques travaillant à Treblinka et Sobibor.

La boutique SCIENCE & VIE

Plus de

400

▶ Livres

▶ Objets scientifiques

▶ Idées cadeaux

www.laboutiquescienceetvie.com



Fiat avec



NOUVELLE PANDA CROSS LE 4x4 DE POCHE.



GAMME FIAT PANDA 4x4 À PARTIR DE **12 990 €⁽¹⁾** SOUS CONDITION DE REPRISE

(1) Somme restant à payer pour l'achat d'une Fiat Panda 4x4 Pop 0.9 Twinair Turbo 85 ch Start/Stop™ neuve, déduction faite de **1 600 €** de remise Fiat et de **550 € de prime EcoFiat pour la reprise d'un véhicule de plus de 8 ans.**
Version présentée : Fiat Panda 4x4 Cross 0.9 Twinair Turbo 90 ch Start/Stop™, avec option peinture pastel extra-série incluant l'offre : **16 760 €**. Offre non cumulable, valable **jusqu'au 31/03/2015** dans le réseau Fiat participant. Tarif conseillé au 15/01/2015.

CONSOMMATION MIXTE (L/100 KM) ET ÉMISSIONS DE CO₂ (G/KM) : 4,9 et 114.



FABRICANT
D'OPTIMISME

Voiture autonome : le coup de la panne

Pour faire suite à votre dossier sur les voitures autonomes, je vous rapporte l'aventure de notre Volvo S40, qui est tombée en panne, avec coupure du moteur, alors qu'on roulait à 110 et 130 km/h. L'incident s'est produit à quatre reprises. Plus aucun contrôle sur la voiture, qui s'est quasiment retrouvée en roues libres sur un ou deux kilomètres. Volvo a mis trois mois pour réparer la panne qui était due à un relais informatique. Cordialement,

J.R. Thourault

S&V Votre expérience rappelle que les voitures, y compris les plus récentes, ne sont pas à l'abri de défaillances. Mais, comme nous l'évoquions dans le dossier, les sources de pannes sont souvent liées à des facteurs mécaniques. Par ailleurs, la redondance des capteurs et boîtiers électroniques sur les futures voitures autonomes devrait limiter les risques d'incidents dangereux ou immobilisants, car si une pièce tombe en panne, une autre devrait prendre le relais immédiatement. Rappelons aussi que



plus de 90 % des accidents ont pour origine une erreur, non pas liée à la mécanique ou à l'électronique mais... au conducteur. Pour finir, quand vous évoquez l'absence de contrôle sur votre voiture, vous vouliez probablement dire que vous n'aviez plus d'assistance.

Car, même en cas de coupure moteur, direction et freinage restent opérationnels. Seule l'assistance hydraulique est désactivée. Tourner et freiner exigent certes des mouvements plus fermes et appuyés (surtout le freinage), mais la prise en main reste possible.

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

Mathieu Villiers,

assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS

Grégoire Boullier (édition),

François Lassagne

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diralson

CHEF DE SERVICE

Valérie Greffoz (actualités, société),

Caroline Tourbe (médecine)

CHEF DE RUBRIQUE

Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS

Elsa Abdoun, Mathilde Fontez,

Vincent Nouyrigat, 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),

Isabelle Henneron ; Boris Bellanger
(infographie)

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquino, K. Bettayeb, L. Blancard,
P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois, F. Cadu,
O. Capronnier, G. Cirade, A. Dagan,
A. Debroise, S. Dessert, S. Devos,
O. Donnars, S. Fay, L. Gougis, F. Gracci,
M. Grousson, C. Hancock, M. Kergoat,
M. Kontente, O. Lapirot, E. Ledolley,
P. Lefèvre, F. Lert, E. Leroy-Terquem,
E. Monnier, A. Pihen, B. Rey, Y. Sciama,
M. Spée, E. Thierry-Aymé.

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE

Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

DIFFUSION

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

MARKETING

Sandra Bokel (responsable marketing),

Michèle Guillet (chargée de promotion),

Nathalie Carrère (abonnements)

PUBLICITÉ

Valérie Camy (directrice exécutive),

Caroline Soret (directrice de groupe
commercial titres Automobile et Science),

Virginie Commun (directrice de publicité
adjointe), Lionel Dufour (directeur
de clientèle), Christine Chesse (assistante),

Stéphanie Guillard, Angélique Consoli,
Sabrina Rossi-Djenidi (planning),

Stéphane Durand (trafic), Jean-
Jacques Benezech, Grégory Gounse,

Anne-Sophie Chauvière (opérations
spéciales)

Grande-Bretagne : Publieurope LTD

(infodocdon@publieurope.com -

44 (0)20 7927 9800);

Allemagne : Publieurope Munich

(infomunich@publieurope.com

0049 89 2908150);

Suisse : Publieurope Lausanne

(infolausanne@publieurope.com

0041 21 323 3110);

Espagne : Publimedia Madrid

(infomadrid@publim-gestion.es

0034 91 212 83 00)

FABRICATION

Gérard-Laurent Greck,

Marie-Hélène Michon

FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneskis

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Mathilde Janier-Bonnichon,

Murielle Luche

ÉDITEUR MONDADORI MAGAZINES

FRANCE

Siège social : 8, rue François-Ory

92543 Montrouge Cedex

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Caroline Perna

ACTIONNAIRE PRINCIPAL

Mondadori France SAS

IMPRIMEUR : ELCOGRAF - ITALIE

N° ISSN : 0036-8 369

N° DE COMMISSION PARITAIRE :

1015 K 79977. Tarif d'abonnement légal :

1 an, 12 numéros : 42,80 € ;

1 an, 12 numéros + 4 HS : 52,80 €.

Dépôt légal mars 2015

RELATIONS CLIENTÈLE

ABONNÉS

Par téléphone : 01 46 48 48 96

Par courrier :

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE,

CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

Par internet (taper directement dans votre

navigateur) : abo.scienceetvie.fr

Pour vous abonner par internet :

www.kiosquemag.com

Etats-Unis et Canada : Express Mag,

Tél. : 1 800 363-1310 (français)

et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse : Edigroup, 022 860 84 50

mondadori-suisse@edigroup.ch.

Belgique : Edigroup Belgique, 070 233 304

mondadori-belgique@edigroup.be

Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS

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

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS

Par courrier : 8, rue

François-Ory,

92543 Montrouge Cedex.

Par mail : sev.lecteurs@mondadori.fr

mondadori.fr

COMMANDE D'ANTIENS

NUMÉROS, RELIURES

ET VPC

Tel : 01 46 48 48 83

Contact@aboutiques.scienceetvie.com



La citadine aux idées larges

À partir de 7 390 €, sous condition de reprise⁽¹⁾



Way of Life!*



dosaco - Siret 3 902 95 244 000 11



NOUVELLE CELERIO

La nouvelle Celerio, elle a les idées larges... mais pas seulement. Son coffre spacieux et son confortable volume intérieur sont prêts à accueillir tous vos bagages et 5 passagers, sans se sentir à l'étroit. Mais la Celerio est d'abord une citadine qui se faufile partout et vous procurera, en ville comme sur route, plaisir à la conduire au quotidien. Alors, venez vite découvrir si vous aussi avez les idées larges.

(1) Prix TTC de la nouvelle Suzuki Celerio 1.0 Avantage après déduction d'une remise de 500 € offerte par votre concessionnaire, et d'un capital reprise de 1 000 €, sans condition d'âge. Votre concessionnaire additionne cette offre capital reprise à la valeur de reprise de votre véhicule, selon les conditions générales de L'argus disponibles en concession. Offre réservée aux particuliers valable pour tout achat d'une Celerio neuve du 23/01/2015 au 31/03/2015, en France métropolitaine, chez les concessionnaires participants. (2) Consommation mixte CEE de la Celerio 1.0 VVT. (3) Selon version.

Modèle présenté : Nouvelle Suzuki Celerio 1.0 VVT Pack Plus (84 g) : 12 190 € + peinture métallisée : 410 €. Consommations mixtes CEE gamme Suzuki Celerio (l/100km) : de 3,6 à 4,3. Émissions CO₂ (g/km) : de 84 à 99. Prix TTC clés en main, tarif au 19/01/2015. *Way of Life! Un style de vie !

Garantie 3 ans ou 100 000 km au 1^{er} terme échu. www.suzuki.fr

actus



◁ De la galaxie Andromède, *Hubble* a tiré une mosaïque de 7 398 clichés (zone découpée ci-contre; le rectangle blanc correspond à notre agrandissement), où des millions d'étoiles apparaissent une à une.

ASTRONOMIE

JAMAIS UNE AUTRE GALAXIE N'AVAIT ÉTÉ VUE AUSSI BIEN

L'image est si incroyablement détaillée, le champ de vue est si grand, qu'on a du mal à croire que le monde qui s'étale sous nos yeux se situe à 2,5 millions d'années-lumière de la Terre. Les membres du projet Panchromatic Hubble Andromeda Treasury viennent de dévoiler leur trésor : la première photographie détaillée

d'une autre galaxie que la nôtre, sa jumelle, Andromède. Pour la produire, ils ont utilisé le télescope spatial *Hubble* à contre-emploi : durant 394 heures, ils ont déplacé son champ de vision minuscule et pris 7 398 clichés en haute résolution. Puis ils ont reconstitué cette gigantesque mosaïque de 61 000 années-lumière qui embrasse la

moitié de la spirale, depuis son cœur jusqu'à la limite de son disque. Traînée noires formées par les nuages de poussières, groupes de points bleutés signant la présence d'étoiles jeunes... L'image, qui immortalise 117 millions d'étoiles, permet de distinguer des astres jusqu'à trois fois moins lumineux que le Soleil. Les astronomes ont

déjà commencé à l'exploiter : analysant la couleur des étoiles, ils ont retracé l'évolution d'Andromède et conclu qu'elle avait vécu une histoire bien plus chaotique que notre Voie lactée, marquée par de nombreuses collisions avec des galaxies voisines. Et ce n'est que le début de l'interprétation de cette image inépuisable... **M.F.**

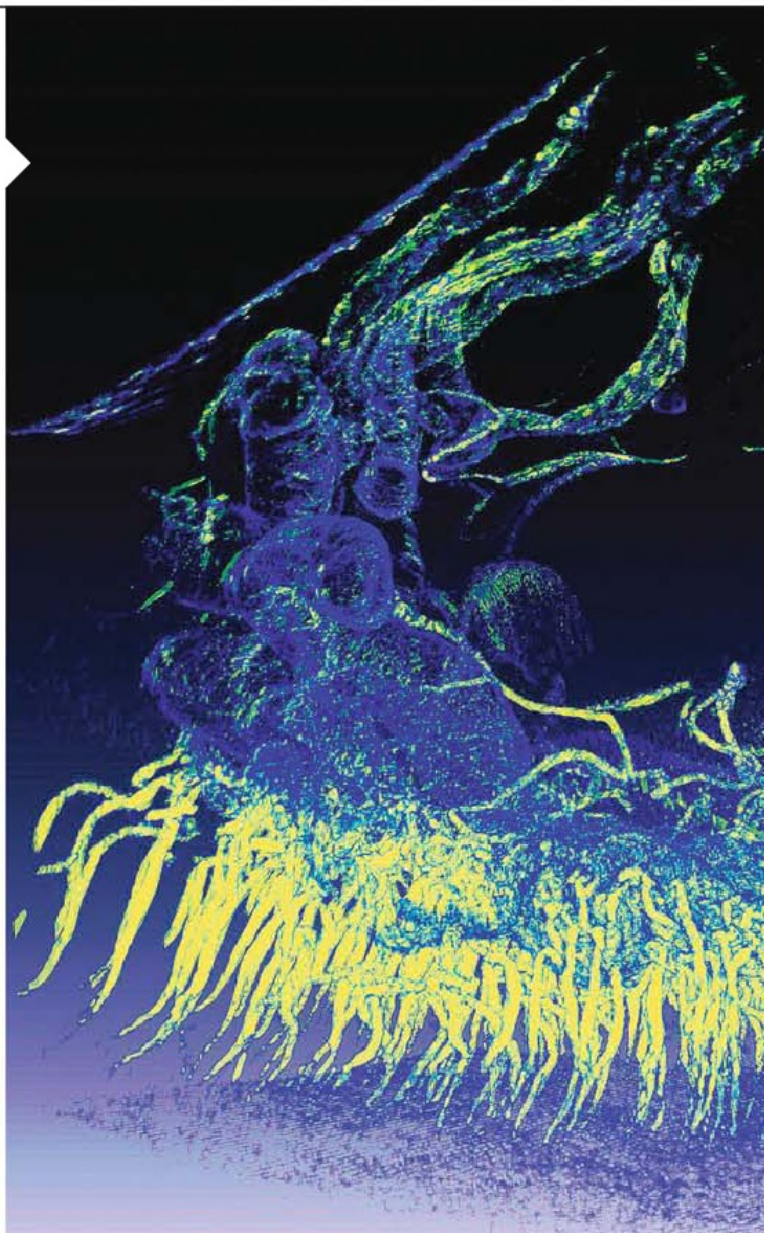
BIOCHIMIE

POUR BRILLER, LA LUCIOLE RÉFRENE SA RESPIRATION

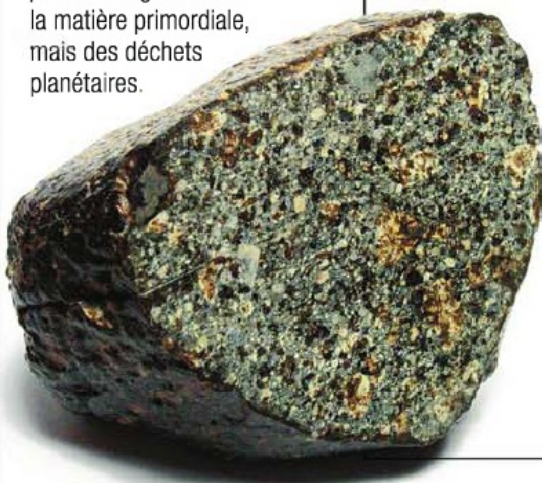
La nuit, elles s'allument pour attirer des partenaires ou des proies. On le savait: le flash des lucioles provient des cellules de leur abdomen. Celles-ci contiennent de la luciférine, une molécule qui émet de la lumière quand elle est cassée en deux par de l'oxygène. Une réaction bien connue et très utilisée dans les laboratoires de biochimie. Mais nul ne comprenait le mécanisme qui contrôle, chez la luciole, l'approvisionnement en oxygène de ces cellules. Il vient d'être élucidé par un groupe de chercheurs suisses de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et leurs collègues taiwanais. Grâce à la microscopie à rayons X, ils ont révélé toute l'arbores-

cence du système respiratoire de l'insecte (image ci-contre) et mesuré les flux d'oxygène qui y transitent. Ils ont ainsi découvert que les lucioles limitent leur activité respiratoire pour pouvoir briller! Après avoir transité par des trachées de plus en plus étroites, l'oxygène inspiré parvient aux cellules de l'abdomen, où il est utilisé en priorité par les mitochondries (sortes de petites usines énergétiques) pour respirer et fabriquer de l'énergie. Mais le système nerveux de l'insecte peut brider le fonctionnement des mitochondries: l'oxygène inutilisé pénètre alors plus profondément dans les cellules jusqu'aux molécules de luciférine. C'est le flash!

A.D.



▽ Elles ne seraient pas des fragments de la matière primordiale, mais des déchets planétaires.



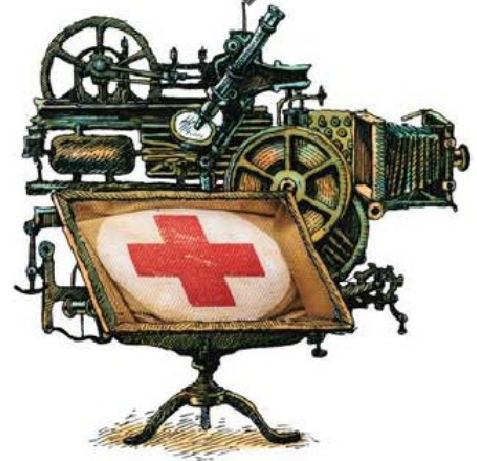
PLANÉTOLOGIE

L'histoire des météorites a été réécrite

On les considérait comme des reliques de la matière primordiale qui, il y a 4,5 milliards d'années, s'est agrégée pour donner naissance aux planètes. Mais en modélisant les différents types d'impacts qui ont agité l'enfance du système solaire, une équipe du MIT (Etats-Unis) a montré qu'au contraire, les chondres, ces grains de matière fondue présents dans la plupart des météorites, seraient nés des chocs entre les embryons de planètes. "Des corps de la taille de la Lune se sont formés très rapidement et sont entrés en collision, éjectant de grandes gerbes de matière", raconte Brandon Johnson. La ceinture d'astéroïdes tout entière aurait pu naître de ces chocs, en 5 millions d'années seulement.

M.F.

< Le système respiratoire de la luciole se prive d'oxygène pour alimenter les cellules responsables de la luminosité.



Les hommes sont des idiots, cela ne fait plus de doute

La Male Idiot Theory (théorie du mâle idiot), qui prétend que l'homme serait plus susceptible que la femme de se comporter stupidement, est-elle étayée scientifiquement ? Pour publier la première étude sur le sujet dans le très sérieux *British Medical Journal*, quatre chercheurs du Major Trauma Centre et de l'université de Newcastle se sont penchés sur la meilleure source compilant les *"risques idiots, définis comme insensés, sans contrepartie et dont l'issue est souvent extrêmement négative voire définitive"* pris par notre espèce : les Darwin Awards. Nommés d'après le célèbre biologiste et sa sélection naturelle, ils recensent les morts les plus improbables survenues sur la planète. Vingt ans d'archives (1995-2014) ont été épluchés, et 413 cas réunis – tel ce lauréat ouvrant le colis qu'il avait lui-même piégé, ou cet autre se tirant une balle pour prouver que son arme était vraie. Après exclusion des cas mal documentés et affaires de couple, 318 nominations ont été passées au crible d'une lourde analyse statistique. Résultat : dans 88,7 % des cas, le lauréat est un homme... Un chiffre significatif *"supportant l'hypothèse initiale"*, et que les seuls facteurs socioculturels et l'alcool ne suffisent pas à expliquer, soulignent les auteurs. Messieurs... **E.R.**

G.MARGARITONDO/EPFL - DR - MEDIAGRAM/SHUTTERSTOCK - S.AQUINO

20 %

C'est la part de densité osseuse qui a été perdue par l'homme depuis l'avènement de l'agriculture. Une équipe anglo-américaine est parvenue à cette conclusion après avoir passé au scanner différents échantillons de fémur, issus soit de primates, soit de chasseurs-cueilleurs (vivant il y a 5 000 à 7 000 ans), soit d'agriculteurs sédentaires (il y a 700 à 800 ans). En cause : la perte d'activité physique liée à l'abandon de la chasse et de la cueillette. **M.S.**



PHYSIQUE

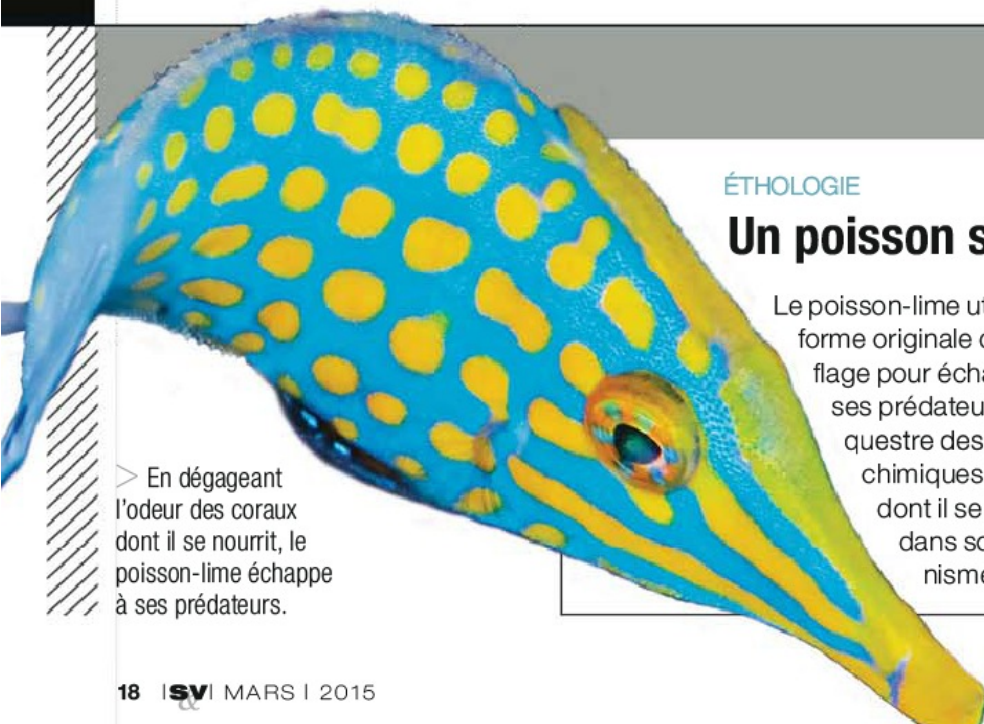
DES IMPULSIONS LASER ONT FAIT DANSER DES ÉLECTRONS

Les physiciens de l'Institut Max-Planck d'astronomie, à Heidelberg (Allemagne), parlent d'un "pas de deux", en français dans le texte. En soumettant de l'hélium sous forme gazeuse à des impulsions laser de quelques centaines d'atto-secondes (milliardièmes de milliardième de seconde), ils ont réussi à filmer le mouvement de deux électrons autour de leur noyau. Ils ont ainsi pu les obser-

ver se rapprocher ensemble du cœur de l'atome, puis s'en éloigner brusquement. Ils sont même parvenus, en variant l'intervalle entre les impulsions laser, à contrôler le rythme de leur danse. *"Des électrons isolés avaient déjà été photographiés*, précise Christian Ott, qui a mené l'étude (voir S&V n° 1143). *Mais c'est la première fois que l'on peut voir comment deux électrons inter-*

agissent dans leur 'milieu naturel'." En multipliant les mesures, les physiciens espèrent suivre pas à pas les interactions entre ces particules chargées négativement, afin de donner la première description expérimentale des liaisons chimiques. Prochaine étape pour parvenir à ce but: suivre l'éjection d'un électron de son atome. Ils sont déjà en train de préparer l'expérience... **M.F.**

0,53 nm



ÉTHOLOGIE

Un poisson se camoufle en prenant

Le poisson-lime utilise une forme originale de camouflage pour échapper à ses prédateurs: il séquestre des composés chimiques du corail, dont il se nourrit, dans son organisme et dé-

gage ainsi la même odeur que son environnement. Pour identifier ce mécanisme, Rohan Brooker (Georgia Tech) a observé le comportement de crabes et de poissons prédateurs face à des poissons-limes ayant mangé ou non des

➤ En dégageant l'odeur des coraux dont il se nourrit, le poisson-lime échappe à ses prédateurs.

LE CORBEAU EST DROITIER OU GAUCHER... DE L'ŒIL

Le corbeau calédonien manie les outils avec un seul côté de son bec. Mais c'est en fait de l'œil que cet oiseau serait droitier ou gaucher ! Son champ de vision étant très large, il voit mieux avec un œil à la fois. Et privilégierait donc le meilleur. **M.S.**

IVRE, LE MANDARIN CHANTE FAUX

Faire boire de l'alcool à des mandarins modifie l'acoustique de leur chant, qui perd alors en amplitude et se désorganise. De quoi mieux comprendre les effets de l'ivresse sur le langage humain ? **C.H.**

CHEZ LA MÉSANGE, QUI S'ASSEMBLE SE RESSEMBLE

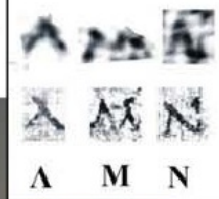
Les couples de mésanges charbonnières présentant un taux similaire de corticostérone durent plus longtemps. Mieux, les partenaires qui restent ensemble voient leurs taux hormonaux converger vers la même valeur. **C.H.**

ARCHÉOLOGIE

Les rouleaux d'Herculaneum vont pouvoir livrer leur secret

Jusqu'ici, les centaines de rouleaux carbonisés de la villa des Papyrus d'Herculaneum étaient un supplice de Tantale pour les spécialistes : ils disposaient là d'une prestigieuse bibliothèque antique figée par l'éruption du Vésuve en 79... dont ils étaient incapables de lire le contenu ! L'approche tentée par l'équipe de Vito Mocella (Conseil national de recherche italien) et de Daniel Delattre (CNRS), au synchrotron de Grenoble, change enfin la donne. Si quelques rouleaux avaient pu être lus depuis leur découverte il y a 250 ans (voir S&V n° 1058), pour la plupart, l'encre noire, à base de fumée, restait illisible sur le papyrus brûlé. Mais en à peine dix heures, la tomographie X en contraste de phase (technique repérant la différence de réfraction entre l'encre et son support) a permis aux chercheurs de faire émerger de deux rouleaux un alphabet quasi complet et des mots. L'équipe prévoit déjà une nouvelle campagne ce printemps, et un programme capable de remettre dans le bon ordre les lettres piochées dans les diverses épaisseurs des rouleaux est en développement... Le déchiffrement intégral de la bibliothèque est enfin à portée de main ! **E.R.**

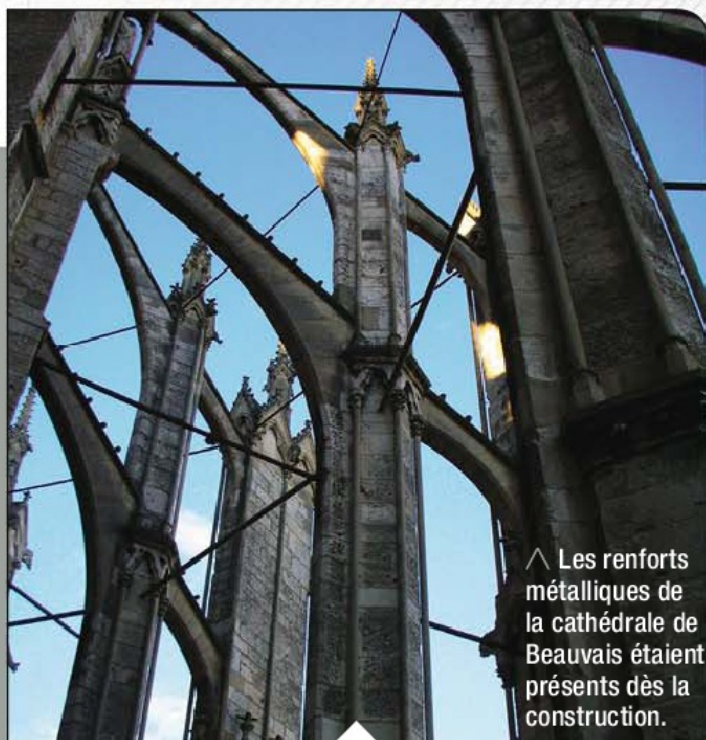
✓ L'encre noire, illisible sur le papyrus brûlé, a été analysée via une nouvelle approche, laissant émerger un alphabet presque complet.



MPI FOR NUCLEAR PHYSICS - JISLEYCORBIS - EBRUN

l'odeur du corail

coraux. Cette technique avait déjà été observée chez une chenille herbivore, mais il s'agit d'une première chez un vertébré. Pour le biologiste, le phénomène pourrait être plus répandu qu'on ne le croit. **E.L.-T.**



△ Les renforts métalliques de la cathédrale de Beauvais étaient présents dès la construction.

ARCHÉOLOGIE

DÈS LE MOYEN ÂGE, LE FER FUT UTILISÉ PAR LES BÂTISSEURS

Chaînage, tirants, agrafes... Les cathédrales gothiques renferment une quantité importante de renforts métalliques. Des ajouts postérieurs à leur construction? Pas du tout, répond une équipe composée d'archéologues, d'historiens et de physiciens français dirigée par Philippe Dillmann (CEA/CNRS). Pour la première fois, les scientifiques sont parvenus à dater au carbone 14 un chaînage et des tirants en fer des cathédrales de Beauvais et de Bourges. "Le charbon de bois utilisé dans les fours pour réduire le minerai de fer, et dont on retrouve des

traces à l'état de carbone dans ces renforts métalliques, date du XIII^e siècle, ce qui correspond au début de la construction de ces deux cathédrales", explique Philippe Dillmann. Une alliance du fer et de la pierre qui, à Beauvais, a permis d'édifier, entre 1225 et 1240, le plus haut chœur gothique du monde (48,5 m), et qui éclaire d'un jour nouveau les chantiers de construction médiévaux, en Europe et ailleurs. Les chercheurs parisiens travaillent aujourd'hui sur la datation des renforts métalliques utilisés dans les temples d'Angkor (Cambodge). C.H.

LINGUISTIQUE

Le climat a contribué à façonner les langues

L'équipe de Caleb Everett (université de Miami) a montré que les langues tonales, comme le mandarin (une même syllabe peut se prononcer à différentes hauteurs, ce qui change le sens du mot), se sont surtout développées dans les zones au climat chaud et humide: Asie du Sud-Est, Nouvelle-Guinée, Afrique subsaharienne et Amazonie. L'humidité favoriserait le fonctionnement des cordes vocales: sous un climat sec et froid, elles vibrent moins précisément, limitant les tonalités complexes. C.H.

> Les rebords de *N. rafflesiana* sont glissants ou secs, selon qu'elle veut ou non piéger sa proie...

BOTANIQUE

Une plante carnivore fait preuve de ruse

Nepenthes rafflesiana, une plante carnivore de Bornéo, laisse repartir sa proie... pour mieux en capturer d'autres. Les rebords de cette plante en forme d'entonnoir, normalement glissants, piègent les insectes qui s'y risquent. Mais des botanistes britanniques ont constaté qu'ils sont parfois secs: une fourmi a alors tout loisir d'y entrer et de déguster le précieux nectar avant d'en ressortir. De retour à la fourmilière, elle signale la présence de la plante à ses congénères qui s'y rendent en toute confiance. Mais entre-temps, les rebords sont redevenus glissants... O.D.





NOUVELLE SEAT LEON X-PERIENCE

AVEC TECHNOLOGIE 4DRIVE 4 ROUES MOTRICES

TECHNOLOGY TO ENJOY

TECHNOLOGY TO ENJOY = La technologie au service du plaisir.

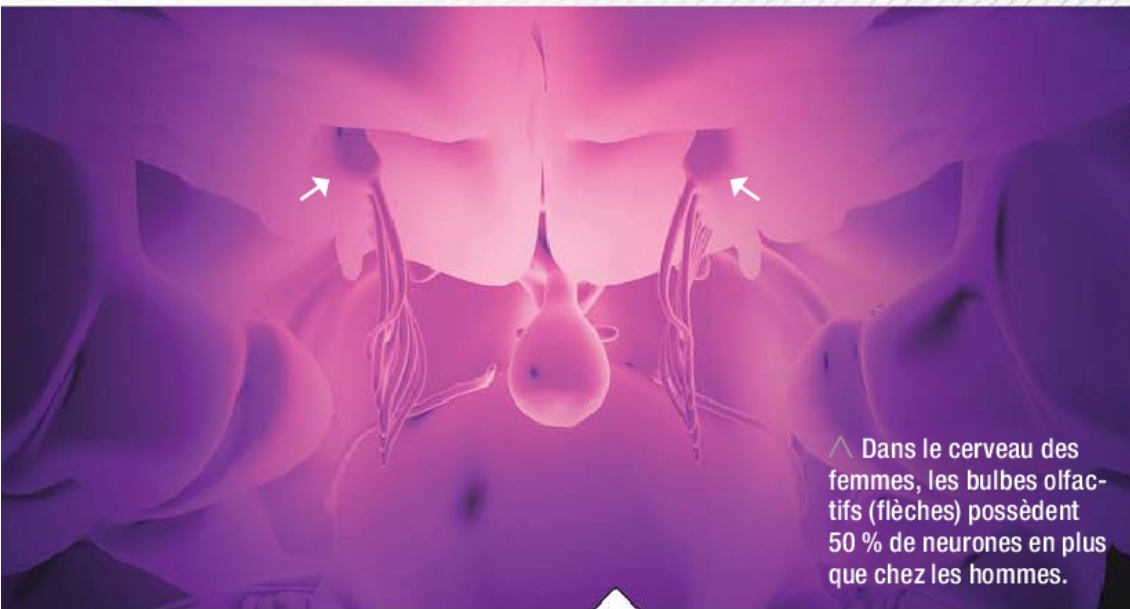
Explorez de nouvelles routes en toute sécurité grâce à la technologie 4Drive. Et avec son design unique, ses passages de roues spécifiques et ses bas de caisses renforcés, aucune route ne vous résistera. Chaque trajet devient un pur moment de plaisir, que vous pouvez individualiser à l'aide du SEAT Drive Profile d'un simple effleurement du doigt sur l'écran tactile du système multimédia.

Nouvelle SEAT Leon X-Perience : consommation mixte (l/100km) : de 4,7 à 6,5. Émissions de CO₂ (g/km) : de 125 à 150.

SEAT recommande  **EDGE**

Retrouvez-nous sur  

SEAT.FR



^ Dans le cerveau des femmes, les bulbes olfactifs (flèches) possèdent 50 % de neurones en plus que chez les hommes.

NEUROBIOLOGIE

L'ODORAT FÉMININ DISPOSE DE PLUS DE NEURONES

Que ce soit pour détecter, identifier ou mémoriser certaines odeurs, *"il est démontré que les femmes sont meilleures que les hommes"*, affirme Roberto Lent, de l'université fédérale de Rio de Janeiro. Pour l'expliquer, le neurobiologiste a analysé la composition cellulaire des bulbes olfactifs (les zones cérébrales responsables du traitement de l'information

provenant du nez) de 7 hommes et 11 femmes de 55 à 94 ans. Et le résultat est édifiant : si les bulbes olfactifs possèdent à peu près le même volume chez les deux sexes, ils sont en revanche beaucoup plus riches en cellules chez les femmes. Ces dernières possèdent 50 % de neurones et 40 % de cellules gliales (qui aident les neurones à traiter l'information)

en plus ! *"Ce doit être génétique, car les différences de performances olfactives entre hommes et femmes sont perceptibles dès l'enfance"*, analyse Roberto Lent. *Mais nous allons étudier les bulbes olfactifs de jeunes enfants pour en être sûrs."* Restera alors à comprendre les raisons d'une telle différenciation sexuelle de l'odorat dans notre espèce. **EA.**

PHYSIQUE

On sait d'où vient l'éclat des œufs de tinamou

Bleus, verts ou chocolat, et surtout très brillants : les œufs des tinamous, des oiseaux d'Amérique du Sud de la taille d'un poulet, sont les plus voyants de la nature. Pourtant, leur coquille ne renferme que des pigments ordinaires. Selon une récente analyse, leur singularité tient à la couche externe transparente qui recouvre la partie calcaire de la coquille, la cuticule. Exceptionnellement lisse, elle réfléchit la lumière comme un miroir. Résultat : elle est 14 fois plus brillante qu'un œuf de poulet. **A.D.**



> Si cet œuf est si brillant, c'est à cause de sa coquille particulièrement lisse.

ARCHÉOLOGIE ENVIRONNEMENTALE

Déjà, les Incas polluaient l'air

L'homme n'a pas attendu la période postindustrielle pour commencer à polluer l'atmosphère. C'était déjà le cas du temps des Incas. Dans une tourbière de la Terre de Feu chilienne, des écolgues français ont décelé d'importantes concentrations de particules de cuivre, de plomb et d'étain déposées au début du XVII^e siècle. Soit à l'époque où les Incas exploitaient le cuivre et l'argent dans le sous-sol des Andes. Selon les chercheurs, ces particules polluantes ont voyagé sur près de 4 000 km au gré des courants atmosphériques. **O.D.**

!! L'ÉQUATION DU PLAISIR:

$$2 \text{ GAUFRETTES} \times \left(4 \sqrt{\frac{\text{NOISETTES}}{2}} \right)^{\text{CHOCOLAT} !!}$$



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





ARCHÉOLOGIE

L'ÎLE DE PÂQUES ÉTAIT DEVENUE HOSTILE POUR SES HABITANTS

Pour quelle raison les habitants originels de l'île de Pâques ont-ils presque disparu à la fin du XIX^e siècle? Guerre, ressources naturelles épuisées, épidémies venues d'Europe? Ou bien les autochtones ont-ils décimé tous les arbres afin de transporter et d'ériger les moaïs, ces immenses statues de roche volcanique qui parsèment l'île? Les hypothèses sont nombreuses. Mais des anthropologues

américains et néo-zélandais en avancent aujourd'hui une nouvelle, étonnante: le déclin serait dû à un changement environnemental et aurait commencé bien avant 1722, année de la découverte de l'île par le navigateur hollandais Jakob Roggeveen. Les chercheurs ont analysé, en provenance de trois sites, 428 outils en obsidienne (une roche volcanique) dont se servaient les habitants pour exploiter

les sols. Ils en ont conclu que cette exploitation avait varié au fil du temps, d'un endroit à l'autre de l'île. Conditions climatiques et évolution des sols auraient entraîné, longtemps avant l'arrivée des Européens, l'abandon de certains sites, plus pauvres, ce qui aurait provoqué une pression accrue sur les zones les plus riches, et suscité tensions et conflits entre les différents groupes. **O.D.**

▲ La pression du climat aurait créé des tensions conduisant au déclin de la population originelle.

NEUROBIOLOGIE

La présence maternelle a aussi un effet antalgique

Lorsqu'une mère réconforte son enfant malade, sa présence n'a pas seulement un effet rassurant: elle pourrait agir directement sur la douleur. Gordon Barr et Regina Sullivan (universités de Philadelphie et de New York) ont en effet découvert que le nombre de gènes exprimés dans l'amygdale, une structure cérébrale impliquée dans les émotions et la douleur, est fortement réduit chez des bébés rats soumis à des chocs électriques si leur mère est présente lors de l'expérience. **C.H.**

PHYSIOLOGIE ANIMALE

Une grenouille engendre des têtards... sans pondre d'œufs!

Sur l'île indonésienne de Sulawesi, une espèce de grenouille à crocs unique en son genre vient d'être découverte. *Limnonectes larvaepartus* donne naissance à des têtards sans passer par l'étape œuf. Chez la plupart des 6 000 espèces répertoriées, les femelles pondent des œufs qui sont ensuite fertilisés par les mâles. D'autres donnent directement naissance à de petites grenouilles, mais la naissance de têtards sans œufs est une première! **M.S.**

▼ *Limnonectes larvaepartus* est la seule grenouille à "accoucher" de têtards.



SCIENCES ET RELIGIONS

DU LUNDI 9 AU VENDREDI 13 MARS / 14H-15H
SEMAINE SPÉCIALE DANS CULTURE SCIENCES

LUNDI 9 MARS / CONTINENT SCIENCES
Stéphane Deligeorges

MARDI 10 MARS / RÉVOLUTIONS MÉDICALES
René Frydman

MERCREDI 11 MARS / PLANÈTE TERRE
Sylvain Kahn

JEUDI 12 MARS / LA MARCHÉ DES SCIENCES
Aurélie Luneau

VENDREDI 13 MARS / SCIENCE PUBLIQUE
Michel Alberganti



en partenariat avec

SCIENCE & VIE

Écoute, réécoute, podcasts
franceculture.fr



CONSERVATION

LES AIRES PROTÉGÉES SONT DE PLUS EN PLUS NOMBREUSES

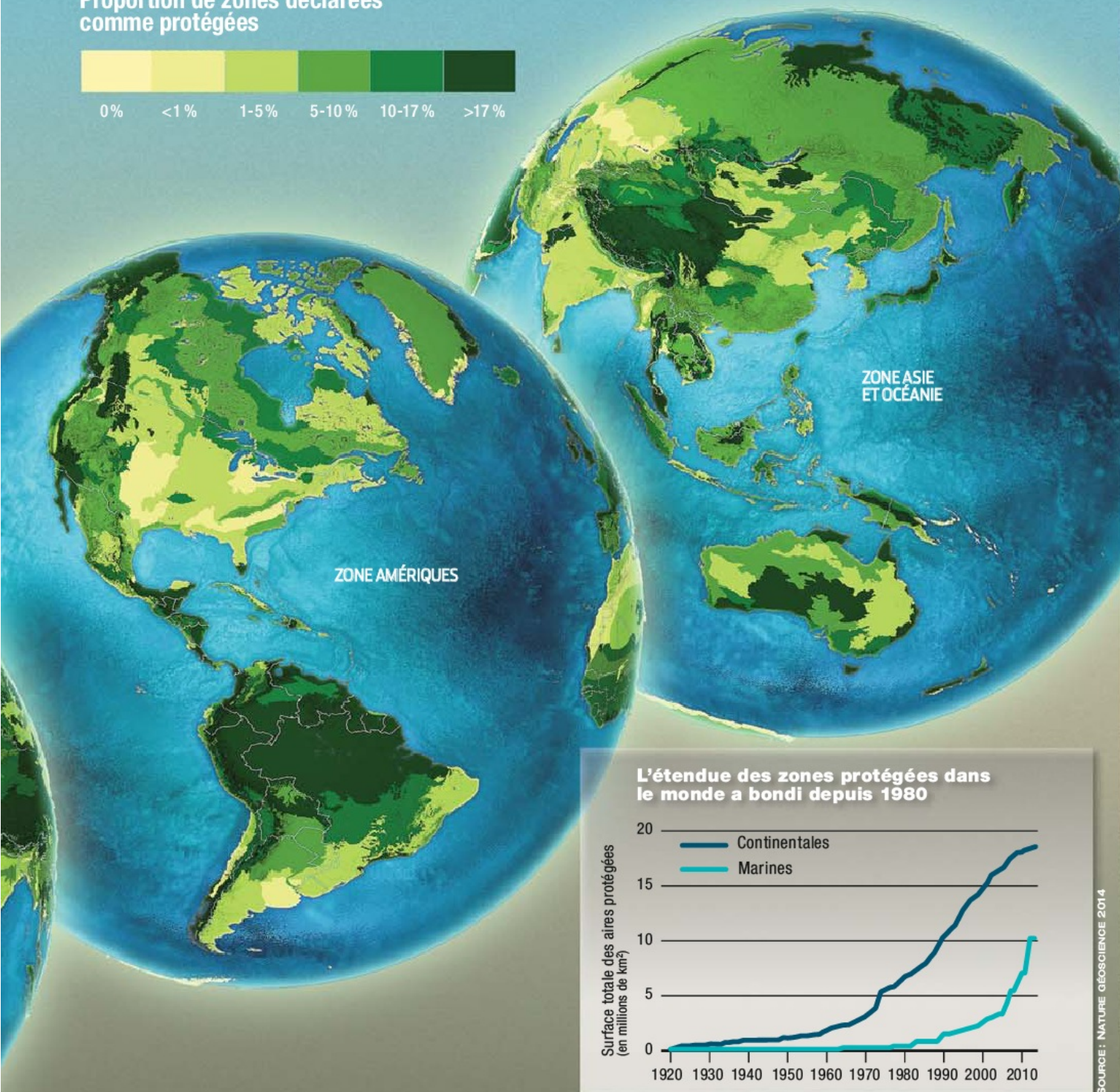
L'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature) a rendu publique une étude faisant un point planétaire sur les aires protégées. Bonne nouvelle: ces dernières continuent à progresser, atteignant à présent 12,5 % environ des continents et 3 % des océans – des chiffres pas si éloignés de l'objectif de 17 % et 10 % (respectivement) que les Nations unies se sont fixé pour 2020.

L'étude pointe néanmoins le manque de protection réelle, sur le terrain, dont souffrent certains de ces espaces, car trop souvent les institutions qui les administrent manquent cruellement de moyens, même dans les pays riches. Il est par ailleurs fréquent que la découverte de ressources minières (gaz et pétrole en particulier) suffise à déstabiliser complètement les parcs naturels.

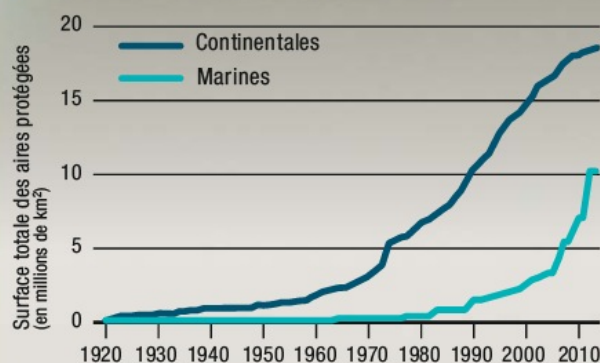
Pourtant, bien gérées, ces zones constituent un investissement rentable. Au Rwanda, l'observation des gorilles du Volcanoes National Park est la plus importante source de devises du pays. Quant à la Grande Barrière de corail, elle rapporte 5,2 milliards de dollars annuels à l'économie australienne. Selon l'UICN, c'est au moins 45 milliards de dollars par an qu'il faudrait investir pour bâtir un réseau d'aires protégées satisfaisant. A peine 2,5 % du budget militaire mondial... Y.S.



Proportion de zones déclarées comme protégées



L'étendue des zones protégées dans le monde a bondi depuis 1980



SOURCE: NATURE GÉOSCIENCE 2014

500 %

C'est l'augmentation de la biomasse de gros poissons constatée dans les aires marines protégées bien gérées.

1/3

des 100 plus grandes villes du monde dépendent d'aires protégées pour leur alimentation en eau.

162902

C'est le nombre d'aires protégées dans le monde, dont 155 584 sur les continents et 7 318 dans les océans.

G. CIRADE - M. KONTENTE

AGRONOMIE

LES RENDEMENTS DU BIO RATTRAPENT LEUR RETARD

L'agriculture biologique détériore moins l'environnement que son homologue conventionnelle... Mais peut-elle nourrir la planète? La plus ample ré-analyse de trente-cinq ans de littérature agronomique internationale, signée par une équipe de l'université de Californie, à Berkeley, confirme aujourd'hui son potentiel. Les auteurs ont calculé que l'écart de productivité entre "bio" et conventionnel, selon 1 071 comparaisons effectuées dans 38 pays, n'était que de 19,2 % en moyenne. Appliquées au bio, deux techniques agronomiques connues réduisent encore plus significativement l'écart: la polyculture (associer plusieurs espèces

dans le même champ) abaisse le déficit de productivité du bio à 9 %, quand la rotation culturale (changer chaque année l'espèce cultivée sur une parcelle) le réduit à 8 %. Si légumineuses et fruitiers ont ainsi presque rattrapé le conventionnel, pour les céréales, en revanche, l'écart reste de 22 %. Ces dernières ont en effet fait l'objet d'une intense recherche variétale ("révolution verte"), visant à les rendre productives dans un contexte utilisant la chimie sans restriction. Ces variétés sont donc peu adaptées au bio. D'où l'appel des scientifiques à un effort de recherche pour développer des variétés sobres en fertilisants et en pesticides. **Y.S.**

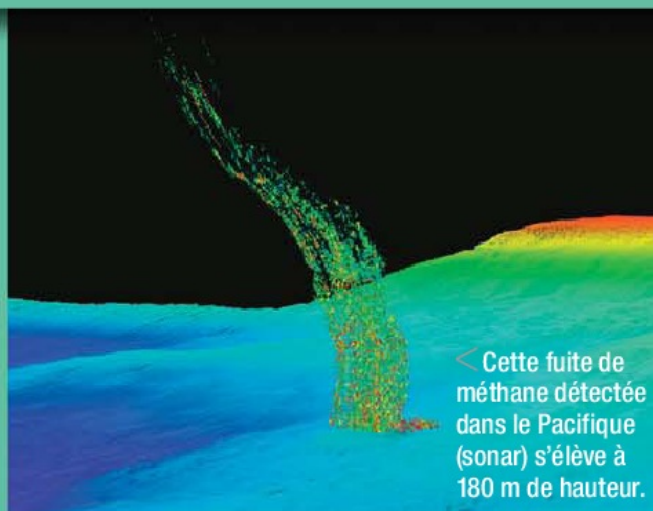


> Polyculture (photo) et rotation permettent de réduire l'écart de rendement entre cultures bio et conventionnelles.

Océanographie

Le méthane prisonnier des fonds marins s'échappe

De grandes quantités de méthane – un puissant gaz à effet de serre naturel – sont bloquées dans les zones froides des océans sous forme d'hydrates, une sorte de glace. Alors que les scientifiques surveillent depuis longtemps ses stocks en Arctique, une équipe de Seattle, aux Etats-Unis, vient de s'apercevoir qu'aux latitudes moyennes, mais à grande profondeur (500 m) dans le Pacifique, la fonte a commencé. Ce sont des pêcheurs qui ont donné l'alerte après avoir découvert des colonnes de méthane sur leur sonar. L'objectif est maintenant de déterminer si ce gaz atteint la surface, et si oui, dans quelles proportions. **Y.S.**



< Cette fuite de méthane détectée dans le Pacifique (sonar) s'élève à 180 m de hauteur.

B. PHILIP/UM - A. UPTIS/CORBIS - G. BARTHEY/CORBIS



ORNITHOLOGIE

Cet oiseau "entend" venir les tornades

Les parulines à ailes dorées, de petits passereaux américains, ont stupéfait les scientifiques qui les avaient équipées de balises pour étudier leur migration. La petite dizaine d'oiseaux était à peine de retour dans son Tennessee d'origine, au terme d'un périple de 5 000 km depuis la Colombie, quand elle reprit le chemin du golfe du Mexique, à 700 km de ses pénates. Le lendemain, une terrible vague de tornades balayait la région. Dès qu'elle fut passée, les parulines regagnèrent leur nid. Selon l'équipe de l'université de Californie, à Berkeley, qui a publié ces observations, les infrasons générés par les tornades pourraient expliquer ce remarquable comportement – qui pourrait s'avérer précieux si, comme annoncé, le réchauffement climatique génère à l'avenir davantage d'événements extrêmes. **Y.S.**



△ La paruline à ailes dorées serait sensible aux infrasons générés par les tempêtes.

270 000

C'est, selon un consortium scientifique lié à l'Expédition 7^e Continent, le nombre de tonnes de plastique flottant dans les océans, réparties en quelque 5 000 milliards de fragments. Les chercheurs ont estimé ces chiffres à partir de chalutages dans les cinq "tourbillons" océaniques géants (les gyres), qui piègent ces plastiques, et dans quelques mers fermées comme la Méditerranée et le golfe du Bengale.





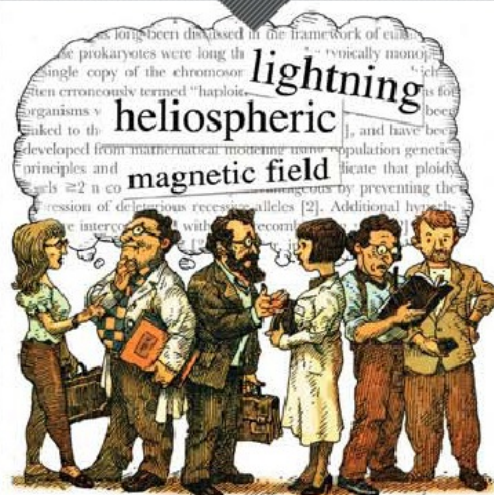
△ Dans l'Antarctique ouest, la masse de glaciers qui se jettent dans l'océan augmente de 16 milliards de tonnes chaque année.

GLACIOLOGIE

LA GLACE DU PÔLE SUD FOND 3 FOIS PLUS VITE QU'IL Y A 20 ANS

La baie d'Amundsen, dans l'ouest de l'Antarctique, est connue pour être la zone où l'accélération du flux de glace vers l'océan est la plus forte. Mais chiffrer cette hémorragie était difficile: la vitesse des glaciers est très variable, elle diffère entre leur centre et leur périphérie, et l'épaisseur de la glace qu'ils charrient (plusieurs centaines de mètres) est difficile à mesurer précisément. Une équipe de chercheurs américains, français et néerlandais vient pourtant de réaliser une estimation fiable: entre 1992 et 2013, les glaciers de la région ont

déversé en moyenne 83 milliards de tonnes (83 Gt) de glace par an. Et ce phénomène s'accélère: sur ces vingt et une années, ils ont perdu en moyenne chaque année 6,1 Gt de plus que l'année précédente. Ce qui donne, sur la fin de la période, un accroissement de la perte annuelle de 16,3 Gt. Pour obtenir ces chiffres, les chercheurs ont croisé quatre approches différentes et puisé dans des données très variées – cette zone glaciaire est sans doute la plus étudiée du monde –, fournies par les satellites et par les survols aériens instrumentés. **Y.S.**



L'activité du Soleil agirait sur le nombre d'éclairs sur Terre

Une équipe du Met Office, la météo britannique, a trouvé une corrélation remarquablement forte entre l'orientation du champ magnétique héliosphérique, généré par l'activité solaire, et le nombre d'éclairs enregistrés au-dessus du Royaume-Uni! Pour ce faire, les chercheurs ont mis à profit un réseau de récepteurs radios basse fréquence permettant de capter, avec une excellente précision, l'activité orageuse. Ils ont ainsi pu comparer, sur six ans, ces informations avec les données OMNI, issues de plusieurs satellites, qui analysent le champ magnétique solaire. Résultat? Lorsque le champ magnétique héliosphérique (qui tourne sur lui-même en permanence) est orienté vers le Soleil, le nombre d'éclairs augmente de 50 % relativement aux périodes où ce champ pointe vers la Terre. La même équipe avait également trouvé, il y a six mois, une corrélation entre l'activité orageuse et les arrivées de particules provenant du Soleil et de rayons cosmiques. Pour l'instant, les chercheurs n'ont que des hypothèses pour expliquer ces observations. L'objectif des prochaines années sera de proposer une théorie convaincante permettant de prédire les orages, en tenant compte à la fois des météos terrestre et spatiale! **Y.S.**

SCIENCE&VIE TV



BIENTÔT SUR VOS ÉCRANS

LANCEMENT LE **21 MARS**

UNE
CHAÎNE

AB
GROUPE

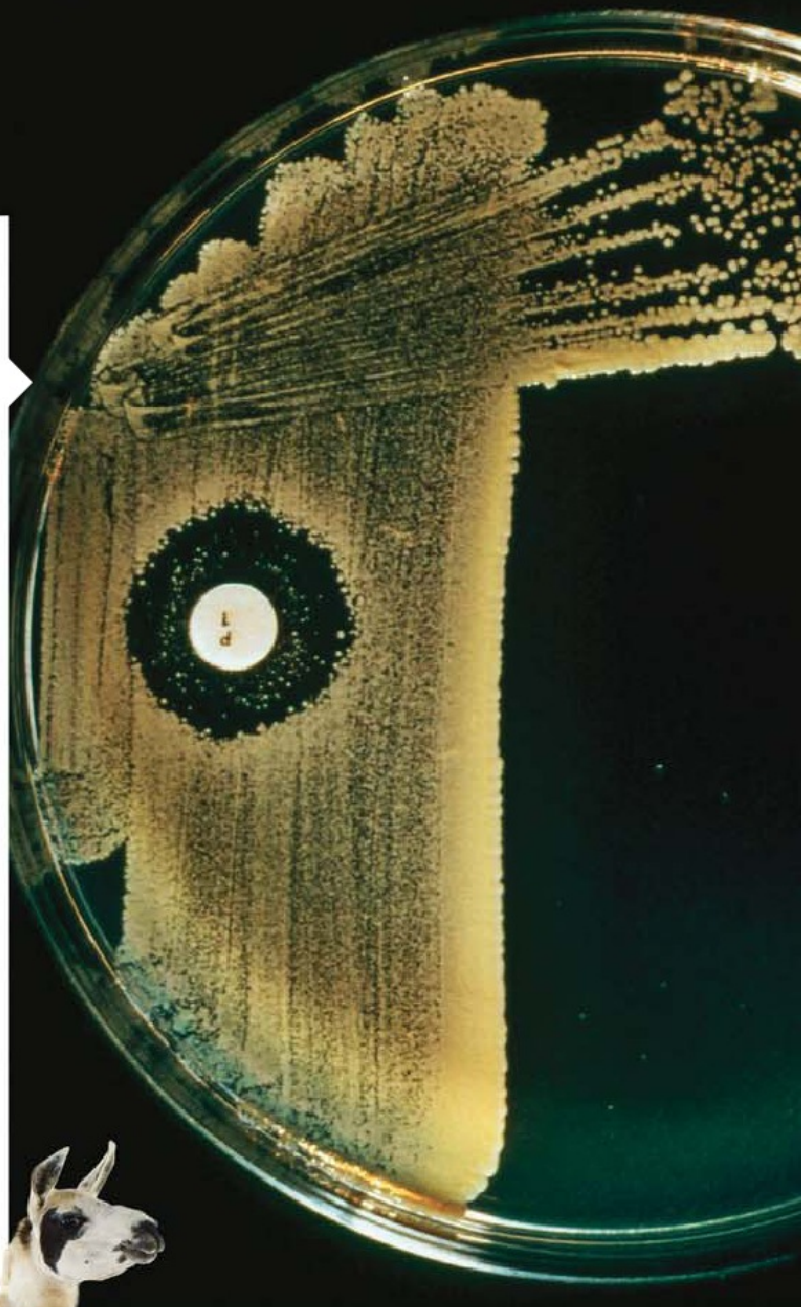
INFECTIOLOGIE

UN ANTIBIOTIQUE INÉDIT, A ENFIN ÉTÉ DÉCOUVERT

Alors que les cas de résistance aux bactéries ne cessent d'augmenter, la recherche de nouveaux antibiotiques n'intéresse pas les grandes firmes pharmaceutiques. La découverte de la teixobactine par des chercheurs allemands et américains constitue ainsi un immense espoir. *"La teixobactine appartient à une nouvelle classe d'antibiotiques. Son mode d'action, unique, vise plusieurs cibles essentielles à la synthèse de la paroi bactérienne ; c'est pourquoi l'apparition de résistances devrait prendre beaucoup de temps"*, souligne Amy Spoering, directrice de la recherche biolo-

gique chez NovoBiotic et codécouvreur de cette molécule. Si, pour l'heure, elle n'a été testée que sur la souris, elle s'est révélée efficace contre des souches multirésistantes de staphylocoques dorés et de streptocoques.

Par ailleurs, le mode de culture, également, suscite l'espoir. *"La principale source d'antibiotiques provient des bactéries du sol et nous ne parvenions pas à les cultiver en laboratoire"*, explique Amy Spoering. Les chercheurs ont donc utilisé un dispositif qui permet aux bactéries de pousser dans un petit godet rempli de la terre dont elles sont issues. **C.H.**



IMMUNOLOGIE

Contre le VIH, le lama peut servir

Injectez des fragments d'enveloppe non pathogènes du virus du sida à des lamas et vous obtiendrez... des anticorps capables de neutraliser 65 souches différentes du VIH! Telle est l'expérience étonnante qu'a réalisée l'équipe internationale di-

rigée par Robin Weiss (University College London, Grande-Bretagne).

Depuis les années 1990 déjà, on savait que les camélidés produisent deux sortes différentes d'anticorps, l'une constituée de 4 chaînes de protéines (comme les anticorps hu-

> Les anticorps du lama neutralisent 65 souches différentes du VIH.

L'ANTIDIABÈTE QUI TRAITE LA TUBERCULOSE

Une équipe de Singapour a découvert que la metformine (prescrite à des millions de gens contre le diabète de type 2), chez la souris, inhibe la croissance des bacilles de Koch, réduit leur virulence et améliore les traitements. **C.H.**

UNE PISTE POUR LA STÉRILITÉ

Chez la souris, en 2012, des spermatozoïdes ont été fabriqués à partir de cellules de peau. Et chez l'homme ? Sur le même type de cellule, une équipe de Cambridge vient d'identifier le rôle décisif d'un gène qui forme des pré-curseurs de gamètes... **A.D.**

DES BOUTS D'ADN ALLIÉS DES CANCERS

Des chercheurs de l'université de Genève ont observé, dans des cellules cancéreuses, en plus des chromosomes classiques, des fragments d'ADN qui favoriseraient la prolifération des tumeurs. **O.C.**

d'usine à anticorps

mains), l'autre de seulement 2 chaînes. Ce sont ces derniers qui se sont montrés capables, *in vitro*, de neutraliser le virus. D'après le chercheur, ces anticorps pourraient être utilisés pour mettre au point un vaccin mais aussi des microbicides vaginaux. **C.H.**

La teixobactine s'est notamment montrée efficace contre des souches du redoutable staphylocoque doré.

THÉRAPIE CELLULAIRE

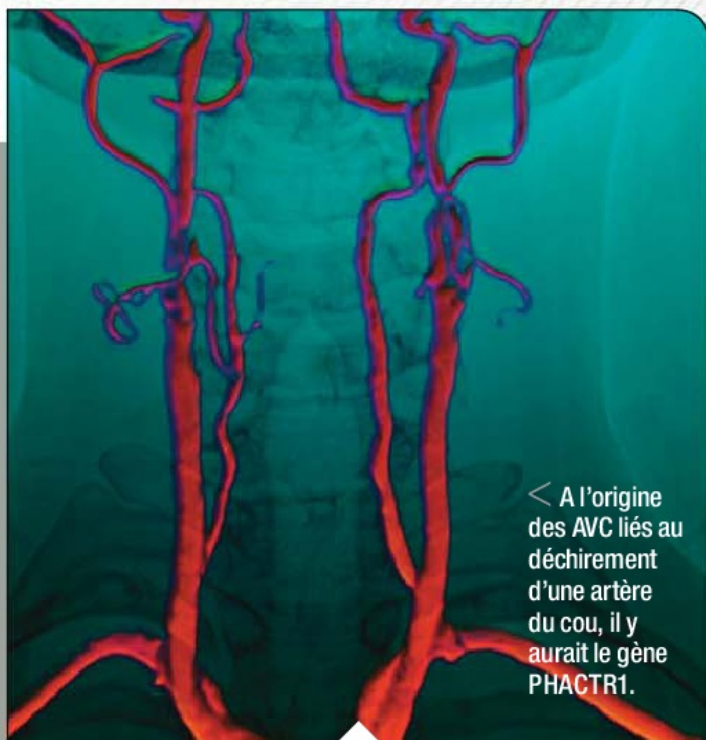
Des cellules souches auraient permis de relancer un cœur

Pour la première fois, des médecins ont utilisés des cellules souches d'origine embryonnaire pour réparer le cœur d'une patiente souffrant d'une grave insuffisance cardiaque. L'équipe de Philippe Menasché (hôpital européen Georges-Pompidou, Paris) a déposé, au niveau de la cicatrice laissée par un infarctus, un patch couvert de cellules. Depuis l'opération, l'état de santé de la patiente s'est nettement amélioré et la zone du muscle cardiaque traitée a recommencé à battre, comme le prouve l'échographie ! Cette opération inouïe a nécessité dix ans de préparation. Le temps nécessaire à Jérôme Larghero et son équipe (hôpital Saint-Louis, Paris) pour réussir à transformer les cellules souches embryonnaires en une lignée de toutes jeunes cellules cardiaques (des cardiomyocytes progéniteurs). La mise au point du patch de fibrine (sorte de colle biologique) a également nécessité de longs essais pour s'assurer de la bonne cohésion des cellules une fois posées et de leur survie. *"Pour l'instant, rien ne permet de conclure que ce sont bien les cellules qui réparent le cœur,"* précise le Pr. Menasché. *"Il se peut que ce soient les substances qu'elles sécrètent."* Ce qui ouvre une piste thérapeutique plus simple : administrer directement dans le cœur ce cocktail de substances. **F.G.**



Avant l'opération, les cellules souches embryonnaires sont transformées en cellules cardiaques.

J. DURHAM/SPL/COSMOS - E. ISSELEE/SHUTTERSTOCK - © DÉPARTEMENT DE BIOTHÉRAPIES CELLULAIRES & TISSULAIRES, HÔPITAL SAINT-LOUIS-AP-HP



< A l'origine des AVC liés au déchirement d'une artère du cou, il y aurait le gène PHACTR1.

GÉNÉTIQUE

UN GÈNE PRÉCIS EXPLIQUERAIT LES AVC PRÉCOCES

Lorsqu'un accident vasculaire cérébral touche une personne de 40 ans ou à peine plus, c'est la plupart du temps à cause d'un déchirement dans la paroi d'une artère située dans la région du cou. Appelée "dissection des artères cervicales", cette maladie serait liée à une anomalie dans l'élasticité de la paroi des vaisseaux. Mais son origine reste mystérieuse. Or, un consortium international de chercheurs dirigé par Stéphanie Debette (CHU de Bordeaux) vient de découvrir qu'un gène particulier, le gène PHACTR1, module notre susceptibilité

à cette pathologie. Ce gène existe sous deux formes, A et G. "La forme G est associée à une diminution du risque d'être victime d'une dissection par rapport aux personnes portant la forme A", indique Stéphanie Debette. Soit une diminution de 25 % du risque environ pour les porteurs de la forme G. Pour la neurologue, cette découverte ne permettra pas à elle seule de mettre en place un dépistage. Cependant, elle devrait fournir un début d'explication sur les mécanismes qui sous-tendent cette maladie rare – environ 3 personnes sur 100 000 chaque année. **C.H.**

On tenait à vous dire !



Remplacer sans valider n'est pas bon pour la santé !

C'est une fois de plus confirmé : bannir une substance dangereuse pour l'homme sans se pencher sur ses substituts potentiels tient plus de la posture... que de la bonne santé publique. Depuis janvier 2015, le bisphénol A (BPA, un composant de certains plastiques) est interdit en France dans tous les conditionnements alimentaires. Normal : il induit de graves déformations de l'appareil reproducteur des souris, et le risque sur l'homme a été confirmé par des milliers de publications. Mais voilà : les industriels ont souvent remplacé le BPA par deux molécules analogues, le bisphénol S (BPS) et le bisphénol F (BPF), beaucoup moins étudiées. Or une nouvelle étude, dirigée par René Habert (université Paris VII), suggère que le BPS et le BPF sont tout aussi nocifs ! Expérimentés sur des testicules fœtaux humains, ils inhibent la production de testostérone – une hormone qui pilote le devenir reproducteur d'un individu. Voilà qui rappelle un problème constaté après l'interdiction des phtalates (d'autres perturbateurs endocriniens) aux États-Unis en 2012 : parmi la vingtaine de substituts désormais commercialisés, presque aucun n'a été bien étudié et certains se sont révélés toxiques. **Y.S.**

SCIENCE & VIE
trimestriel

HORS
SÉRIE

270

SCIENCE & VIE

MONDADORI FRANCE

Mars 2015

HORS-SÉRIE - N° 270 - Mars 2015

Les grands singes

ISSN 0151 0282

LANGAGE
CULTURE
SENS MORAL
On commence à
les comprendre

LES GRANDS SINGES

Leur histoire, leurs secrets, leur avenir

Peut-on vivre avec eux?



RÉVÉLATIONS SUR LES GRANDS SINGES

En vente le 6 mars

BIOMATÉRIAU

UN SUPER IMPLANT POURRAIT RÉPARER LA MOELLE EPINIÈRE

Refaire marcher des rats paralysés, les chercheurs de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse) y parviennent déjà. Mais pour adapter cette prouesse à l'homme, ils ont besoin d'implants qui puissent se fixer durablement sur la moelle épinière sans l'endommager. Aussi ont-ils conçu un prototype étirable et bien plus souple que ceux en plas-

tique. *"Une fois implanté sur des rats, les tissus nerveux autour « croient » que c'est du tissu vivant!"* précise Grégoire Courtine, qui a codirigé les travaux.

"Le plus difficile a été de ne recourir qu'à des matériaux élastiques, y compris pour les composants électriques", raconte Stéphanie Lacour, coauteur de l'étude. L'implant, en silicone, intègre des connexions élec-

triques étirables en or et des électrodes en micro-billes de platine. Les frottements étant réduits au minimum, il ne provoque aucune inflammation ni rejet. Les rongeurs qui ont été les premiers à le tester remarchent en quelques semaines. Selon Grégoire Courtine, *"il faudra au moins cinq ans avant qu'un prototype soit implantable chez des patients"*. **L.B.**

✓ Des composants en relief qui ne dépassent pas le millimètre de diamètre.

NANOTECHNOLOGIES

Des pop-ups surgissent à l'échelle

Des chercheurs de l'université de l'Illinois (Etats-Unis) proposent une méthode inspirée des livres pop-ups pour créer des objets microscopiques en 3D, à partir de semi-conducteurs ou de diélectriques 2D.

Ils impriment une structure d'épaisseur micro ou

nanométrique prédécoupée en 2D sur un substrat élastomère étiré puis le relâchent. Le substrat se rétrécissant, la structure se déforme alors au niveau de points de liaison prédéfinis, pour aboutir à un objet 3D complexe: étoile, fleur, panier sphérique, etc.

DU PLASTIQUE RECYCLABLE À LA LUMIÈRE

Des chercheurs américains ont élaboré un plastique dont les longues chaînes de molécules dérivées du fructose sont ponctuées d'autres molécules absorbant la lumière; elles se désolidarisent quand elles y sont exposées, ce qui dégrade le plastique en ses constituants de base, de nouveau utilisables. **S.F.**

L'ORDINATEUR PETIT COMME UN BOUTON

Intel a présenté un ordinateur de 18 mm de diamètre! Avec son processeur basse consommation, 80 Ko de RAM, 384 Ko de mémoire flash et divers capteurs, il équipera de futurs objets connectés. **S.D.**

EN DIRECT DES VOLCANS

Afin de mieux comprendre les éruptions, la Nasa met au point un robot d'exploration résistant aux conditions extrêmes. Il sera testé en mars dans une fissure du volcan Kilauea d'Hawaï. **O.L.**

ACOUSTIQUE

Un simple gel réalise l'exploit de dompter le son

Il s'agit d'un gel à base d'eau dans lequel ont été dispersées de minuscules billes de silicone. Or, les chercheurs qui l'ont fabriqué, au CNRS et à l'université de Bordeaux, viennent de montrer qu'il était doté d'une propriété étonnante: lorsque des ondes sonores le pénètrent, leur énergie se propage normalement... mais leurs oscillations se mettent à reculer. Une propriété connue des physiciens, qui n'avait été observée jusque-là que dans des matériaux en deux dimensions... "*Nous avons fabriqué le premier métafluide tridimensionnel: le premier fluide qui contrôle la propagation du son jusqu'aux fréquences ultrasonores*", résume Thomas Brunet, l'un des membres de l'équipe. De quoi concentrer le son et mettre au point des lentilles qui pourraient, théoriquement, multiplier au moins par un facteur 100 le pouvoir de résolution des échographies! Les physiciens espèrent aussi pouvoir fabriquer un isolant parfait, d'épaisseur réduite, capable d'absorber toutes les ondes sonores... "*Nous avons déposé un brevet et devons faire appel à des ingénieurs pour optimiser nos procédés et en fabriquer de grandes quantités*", explique Olivier Mondain-Monval, qui a participé aux recherches. *Il nous reste encore à automatiser la production.*" **M.F.**

✓ Ces microbilles de silicone de 300 micromètres de diamètre forment une sorte de gel qui absorbe les ondes sonores.



A.HERZOG/EPL - J.ROGERS/UNIVERSITY OF ILLINOIS - CRPP

nanométrie

Contrairement aux techniques d'origami (pliages) déjà utilisées en nanotechnologies mais dont les applications restent limitées (elles conviennent surtout aux polymères), le pop-up 3D ouvre de nouvelles possibilités en électronique et bioélectronique. **A.P.**

Après les attentats de "Charlie Hebdo"
et de l'Hyper Cacher

Comment Internet favorise le terrorisme

Le rappel des faits

7 janvier 2015 : attentat contre le journal *Charlie Hebdo*. Commis par deux hommes se revendiquant d'Al-Qaïda au Yémen, il fait 12 morts. **9 janvier** : prise d'otages à l'Hyper Cacher, à Paris. Bilan : 5 morts, dont le preneur d'otages qui se réclame de l'Etat islamique. **28 janvier** : le gouvernement lance le site "Stop Djihadisme", dédié à la lutte contre le terrorisme.

Internet, la nouvelle arme des terroristes ? Depuis les attentats des 7 et 9 janvier contre *Charlie Hebdo* et l'épicerie Hyper Cacher, les autorités ont mis le sujet en haut de leur agenda. Le ministre français de l'Intérieur, Bernard Cazeneuve, lui-même, le déclarait déjà le 18 novembre 2014 : "90 % de ceux qui basculent dans des activités terroristes le font par le biais d'Internet."

Un chiffre difficile à vérifier. Mais tous les experts du domaine s'accordent sur un point : l'efficacité des terro-

ristes se trouve largement renforcée par Internet, tant pour recruter des individus que pour s'équiper en armes ou faux papiers, le tout en toute impunité.

TRIPLEMENT DANGEREUX

Car c'est triplement qu'Internet profite aux terroristes. A travers les réseaux sociaux comme Facebook ou Twitter, mais aussi via le "Dark Net", cette part cachée d'Internet qui échappe aux moteurs de recherche et, dernier maillon de cette cyberchaîne, par l'usage de

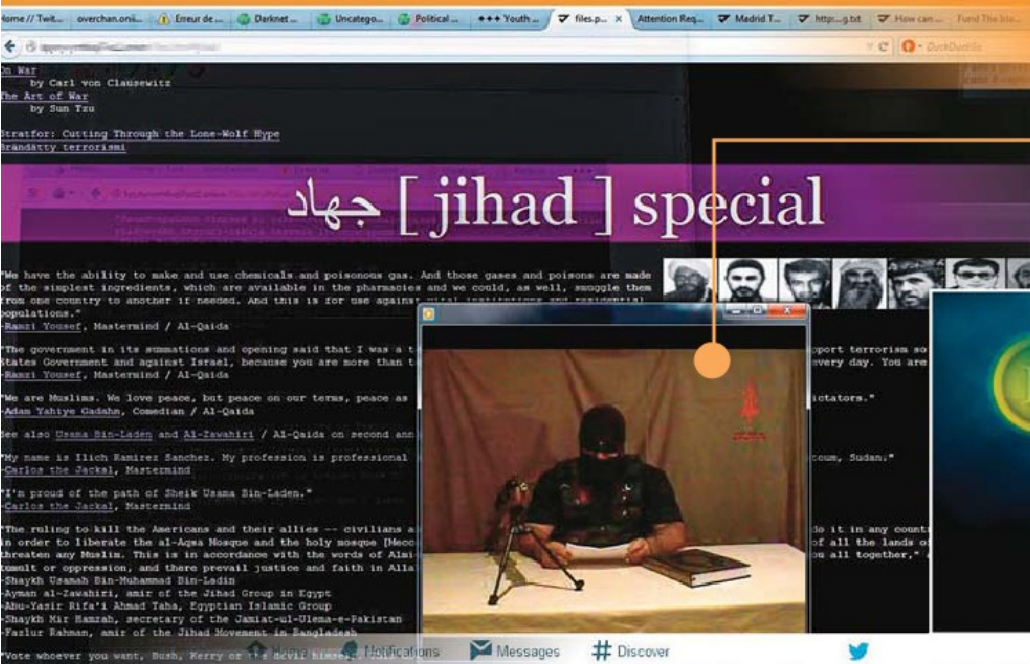
monnaies virtuelles telles que le bitcoin.

Côté réseaux sociaux, ils sont devenus une arme de recrutement massif. C'est même l'une des caractéristiques de l'Etat islamique, l'organisation djihadiste dont s'est réclamé l'auteur de l'attentat contre l'Hyper Cacher.

"L'Etat islamique a recours à une stratégie de développement caractérisée par une exploitation sophistiquée des réseaux sociaux, à une échelle inédite à ce jour", estime Gabi Siboni,

LE DARK NET, PART OBSCURE DE L'INTERNET

Sur ce réseau inaccessible aux moteurs de recherche classiques, les terroristes peuvent diffuser des documents et échanger entre eux ou avec des recrues à l'abri des regards.



Bitcoin Fog Company

Deposit your bitcoins here

Your current available account balance:

0.00000000 BTC

Current minimum withdrawal limit is 0.03500000 BTC. Make sure you (plus the fees), otherwise you will not be able to withdraw.

LE BITCOIN, MONNAIE VIRTUELLE PROPICE AUX TRAFICS ILLÉGAUX

Virtuels, cryptés, anonymes, les bitcoins garantissent la plus grande discrétion aux échanges monétaires (achats d'armes...).

d'utilisateurs dans le monde), YouTube (1 milliard) ou Twitter (284 millions), permettent de diffuser la propagande à grande échelle. "Facebook est aujourd'hui le moyen le plus efficace pour toucher des personnes ciblées", résume Jamie Bartlett.

Comment? Le principal responsable est toujours le même, quel que soit le réseau: le programme chargé de sélectionner les contenus présentés à chaque utilisateur. Il enregistre le moindre clic effectué: la visite d'une

responsable du programme de cybersécurité de l'Institut israélien pour la sécurité nationale (INSS).

Un avis partagé par nombre de spécialistes, comme Thomas Flichy de la Neuville, professeur en relations internationales à l'Ecole spéciale militaire de Saint-Cyr: "L'Etat islamique utilise les réseaux sociaux à plein régime,

avec des compétences bien supérieures à celle d'Al-Qaïda."

"Les organisations extrémistes et terroristes sont souvent des adopteurs précoces de ces technologies, complète Jamie Bartlett, directeur du Centre for the Analysis of Social Media (Royaume-Uni). Cela reflète l'âge de leurs adeptes, en majorité des jeunes de

LES RÉSEAUX SOCIAUX, ACCÉLÉRATEURS DE PROPAGANDE

Twitter (photo), Facebook... permettent aux djihadistes de promouvoir leur action auprès du plus grand nombre.

18 à 30 ans, très à l'aise avec ces outils."

Les plateformes les plus célèbres, telles que Facebook (1,35 milliard

RÉSEAUX SOCIAUX

Ils accélèrent propagande et recrutement

✓ DES OPPORTUNITÉS DE CONTACT DÉMULTIPLIÉES

Parmi les centaines de millions de comptes ouverts sur les réseaux sociaux (Twitter, Facebook), des dizaines sont l'œuvre de djihadistes (ici, sur Facebook), qui diffusent au plus grand nombre exploits guerriers, textes et vidéos de propagande...



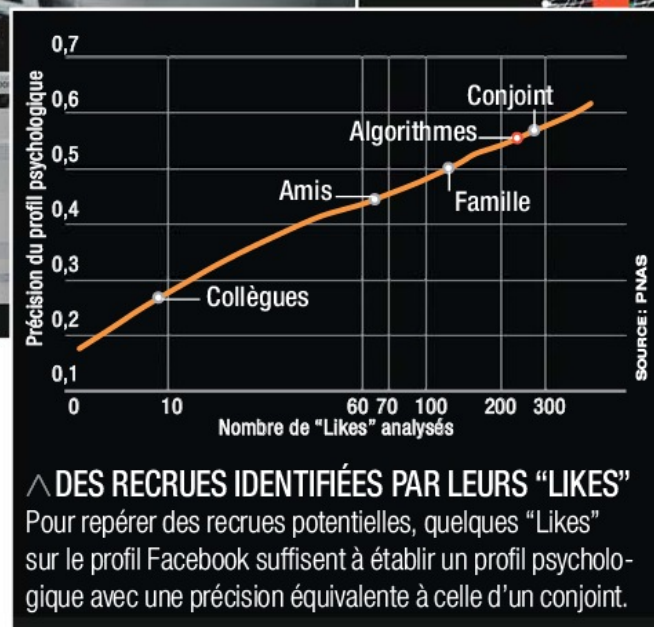
page ou d'un profil, la lecture d'une vidéo, une invitation à devenir "ami", et bien sûr le "Like", le petit pouce tourné vers le haut signalant qu'on apprécie un contenu.

Toutes ces interactions sont digérées par le programme pour construire le "fil d'actualités" propre à chaque utilisateur. Selon quels critères? Le secret est bien défendu. "Tout ce qu'on sait, explique Adrien Rosier, consultant en médias sociaux chez Social-Moov, une agence spécialisée dans la publicité sur les réseaux sociaux, c'est que plus un contenu est récent, plus il a de chances d'être mis en avant. Il aura également plus de chances d'apparaître si vous avez déjà

'aimé' ou si vous êtes abonné à son émetteur. Ou si l'un de vos amis a 'aimé', partagé ou réagi à ce contenu." En résumé: plus on aime un sujet, plus l'algorithme nous expose à des contenus connexes.

Et sa puissance d'analyse est redoutable. Une étude publiée fin 2014 par des chercheurs de l'université Stanford et de celle de Cambridge a montré que l'analyse des seuls clics sur 'Like' permet de cerner la personnalité d'un individu mieux que ne le font des collègues de travail, la famille ou des colocataires.

Conséquence pratique pour les groupes extrémistes: il suffit qu'un utilisateur commence à montrer



△ DES RECRUES IDENTIFIÉES PAR LEURS "LIKES"

Pour repérer des recrues potentielles, quelques "Likes" sur le profil Facebook suffisent à établir un profil psychologique avec une précision équivalente à celle d'un conjoint.

une sympathie pour un message à caractère extrémiste pour que le logiciel lui propose automatiquement des messages et des pages dans la même mouvance.

"CONTAGION ÉMOTIONNELLE"

La même mécanique vaut aussi à l'endroit des utilisateurs qui sont au contraire effrayés par les messages des terroristes: un clic malencontreux ouvrant une vidéo terrifiante appellera

la "remontée" d'autres éléments de propagande sur la page de l'utilisateur.

"Les réseaux sociaux ont une double utilité pour les extrémistes: ils permettent à la fois de faire passer des messages d'endoctrinement à destination des sympathisants et de propager des messages de peur vers l'ennemi", résume Gabi Siboni.

Une forme de "contagion émotionnelle" se propage à travers ces réseaux. En



LA MISE EN RELATION AUTOMATIQUE DE COMMUNAUTÉS

Les algorithmes des réseaux sociaux présentent aux utilisateurs d'autres membres et des contenus. Mais pas au hasard : ils rapprochent les profils aux intérêts communs pour constituer des communautés qui se soudent automatiquement.

étudiant plus de 600 000 comptes Facebook, des chercheurs de l'université Cornell ont démontré en juin dernier qu'un individu exposé à des contenus négatifs sur son propre fil d'actualité tend à produire lui-même des contenus négatifs.

Pour prendre la mesure de ce phénomène, l'équipe du professeur Hsinchun Chen, du département des systèmes de gestion de l'information à l'université d'Arizona, a même exploité, il y a 4 ans, les équations utilisées par les épidémiologistes pour modéliser la diffusion des maladies contagieuses. Ils ont pour cela surveillé un forum animé par des djihadistes, d'avril 2002 à avril 2010, qui regroupe



YOUSRI MARZOUKI
Chercheur au Laboratoire de psychologie cognitive (CNRS)

Une radicalisation qui aurait pris 2 ans dans le monde réel peut se faire en 2 semaines sur Facebook

POURQUOI NE PEUT-ON PAS BLOQUER LES MESSAGES EXTREMISTES ?

D'abord parce que les contenus (4,75 milliards partagés par jour sur Facebook) ne sont pas vérifiés avant publication. Les réseaux sociaux arguent de leurs conditions d'utilisation : s'ils interdisent l'apologie et l'incitation à la violence, il appartient aux utilisateurs de signaler eux-mêmes les contenus inappropriés. Auquel cas, les techniciens des réseaux sociaux se réservent le droit de masquer ou supprimer les messages signalés qu'ils jugeront contraires à leurs règles d'utilisation ou à la législation. Ainsi, chez Twitter, on assure vérifier *"tous les signalements de contenus qui contreviennent à nos règles"*. Cette régulation peut aussi se faire à la demande des autorités, mais c'est l'hébergeur qui a le dernier mot. En France, la loi pour la confiance dans l'économie numérique, renforcée par la loi du 13 novembre 2014 sur la lutte contre le terrorisme, stipule que les autorités peuvent exiger qu'un hébergeur retire un contenu jugé sensible. *"En matière d'incitation ou d'apologie de la violence ou du terrorisme, les réseaux sociaux se montrent en général très coopératifs, voire proactifs"*, témoigne Valérie Maldonado, à la sous-direction de la lutte contre la cybercriminalité de la police judiciaire.

76 000 fils de discussions, cumulant plus d'un million de "posts". Ils ont assimilé chaque auteur qui mettait en ligne un document promouvant le djihad à un individu porteur d'une maladie infectieuse, et chaque membre du forum qui, après avoir été en contact avec lui, se mettait aussi à promouvoir le djihad, à un individu nouvellement infecté. Résultat : un utilisateur, initialement passif, présent en ligne pendant un mois, a environ 5 chances sur 10 000 de devenir, lui-même, promoteur du djihad.

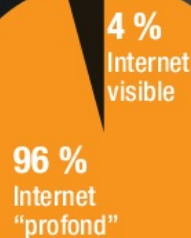
Comment, précisément, l'exposition soutenue à la propagande terroriste contribue-t-elle au recrutement ?

"De nombreuses études sur les images violentes à la télé ou dans les jeux vidéo montrent qu'il y a des phénomènes d'atténuation : une banalisation et une insensibilisation à la violence qui, chez certaines personnes et en addition avec d'autres facteurs, peuvent alimenter une progression vers un passage à l'acte. Il n'y a aucune raison pour que les réseaux sociaux n'aient pas le même impact", estime Laurent Bègue, professeur en psychologie sociale au Laboratoire interuniversitaire de psychologie de l'université Pierre Mendès-France, à Grenoble.

Un avis partagé par Yousri Marzouki, chercheur au Laboratoire de psychologie

Il offre une plateforme à tous les trafics occultes

Partie immergée de l'Internet, le Dark Net se présente sous la forme de listings de fichiers qui renvoient à des pages accessibles *via* des logiciels spécifiques, à des serveurs décentralisés abritant fichiers illégaux, vidéos censurées...



Le Dark Net fait partie du "Web profond" : la part qui échappe aux moteurs de recherche, qui ne "voient" que 4 % d'Internet!



Seuls des logiciels spécialisés peuvent lire les adresses cryptées du Dark Net, et masquer le "parcours" effectué par les utilisateurs. Ils s'appuient sur une technique de navigation par rebonds successifs sur des ordinateurs relais.

7 CLICS SUFFISENT POUR ENTRER DANS LE DARK NET

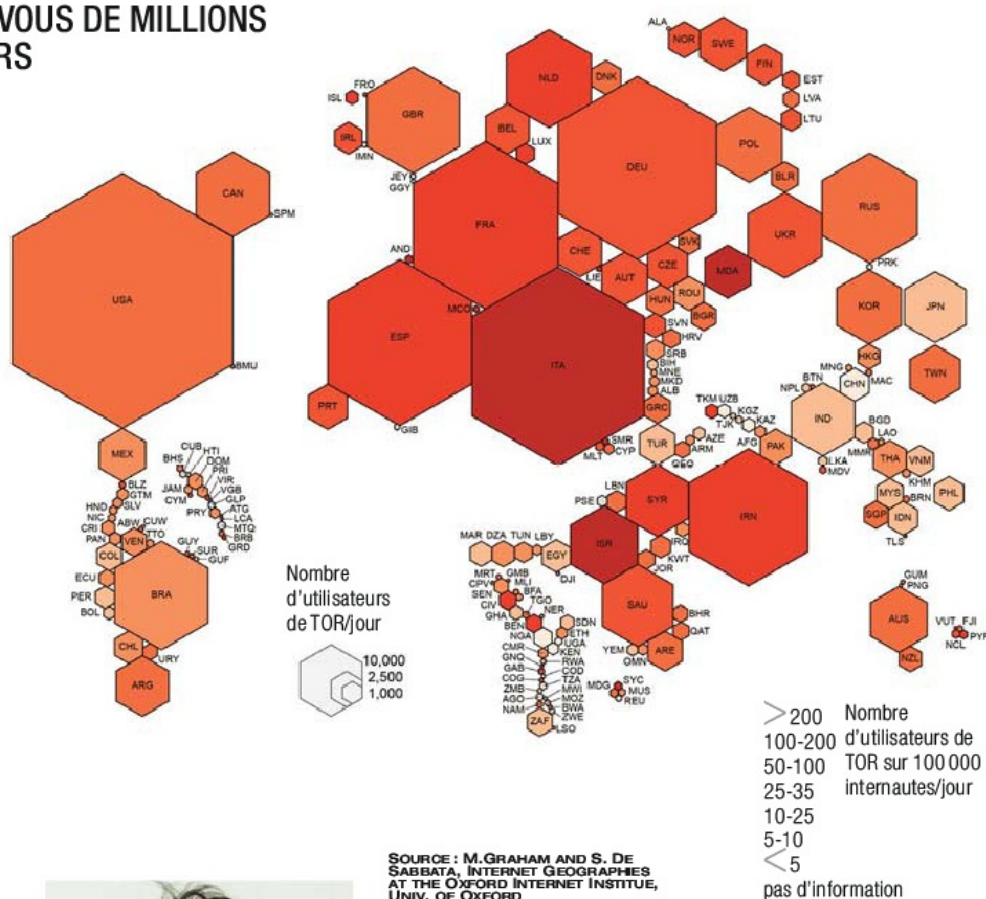
Le Dark Net, réseau de ceux qui veulent échapper à la censure, à la loi, à la morale... est inaccessible aux navigateurs et moteurs de recherche classiques. Il n'est pourtant qu'à 7 clics de l'internaute ordinaire. Sur un banal ordinateur de bureau, en quinze minutes, nous en avons franchi la frontière, en installant le logiciel TOR, répertorié par les moteurs de recherche. Naviguer dans le Dark Net consiste alors, essentiellement, à parcourir des listes de liens – au risque de tomber sur d'innombrables virus, spywares... Ils mènent des forums de hackers aux "boutiques" de vente de drogue, en passant par les innombrables fichiers pornographiques, et les cohortes de pages de prosélytes, défendant toutes les causes imaginables. Reste que si accéder au Dark Net est aisé, s'y faire entendre est un parcours du combattant. Les anonymes qui y circulent usent d'un jargon délibérément opaque, mêlant ironie féroce, agressivité, méfiance systématique... Ambiance. Les néophytes sont moqués, jamais aidés. Les mœurs et le langage font, sur la face cachée du Web comme dans le monde réel, un rempart efficace contre les intrus. **François Lassagne**

→ cognitive (CNRS) et maître de conférences à l'université d'Aix-Marseille: *"Les personnes prédisposées à accepter des idées extrémistes sont en quête d'une identité sociale ou d'un groupe qui les valorisera. Or, en combinant le monde réel et le monde virtuel, les réseaux sociaux fusionnent le temps et l'espace et accélèrent les interactions sociales. Là où une radicalisation aurait pris un an ou deux dans le monde réel, elle peut se faire en une ou*

L'impact est d'autant plus fort que les groupes terroristes ont appris à adopter les codes des réseaux sociaux pour que leurs messages se propagent de façon virale. *"L'Etat islamique dispose d'une cellule spécialisée chargée de créer et de diffuser des vidéos et des tweets : Al Furqan Media Production, détaille Thomas Flichy de la Neuville, grâce à laquelle ils sont parvenus à diffuser 40 000 tweets en*

> LE RENDEZ-VOUS DE MILLIONS D'UTILISATEURS

Le logiciel TOR (The Onion Router), le plus communément utilisé pour accéder au Dark Net, sert avant tout à garantir une navigation anonyme sur Internet – y compris sur le Web “visible”. Il est très répandu. En France, chaque jour, 3 internautes sur 1 000 environ y font appel.



JAMIE BARTLETT
Directeur du Centre for the Analysis of Social Media (R.-U.)

Le Dark Net est un monde d'anonymat absolu en dehors des normes sociales

une seule journée lors de la prise de la ville irakienne de Mossoul, en juin 2014.”

Autre exemple de ce savoir-faire: pour contourner le risque que leurs messages ou leurs comptes soient signalés par d'autres utilisateurs et bloqués, les terroristes créent des comptes à accès limité, ou des groupes de discussion. Qui, par nature, n'attirent que des sympathisants, et sont donc moins exposés aux dénonciations. Ils postent aussi des messages neutres, comme un lien vers la page Wikipédia de l'Etat islamique (légale et inattaquable), en sachant que l'algorithme de Facebook proposera de lui-même aux personnes qui “aiment” cette page d'entrer

en contact avec des groupes ou des profils djihadistes.

Fermer les comptes ne suffirait pas de toute façon. “Pour répondre aux fermetures sur Twitter, l'Etat islamique a transféré certaines de ses activités vers d'autres réseaux sociaux, dont Diaspora”, rappelle Gabi Siboni.

UN MONDE PARALLÈLE

A côté de réseaux sociaux alternatifs et moins visibles tels que VK (ex-Vkontakte), le Facebook russe, Diaspora garantit en effet l'anonymat et le cryptage des données pour échapper aux cyber-radars de la police. Ses serveurs sont répartis un peu partout dans le monde et ne sont pas contrôlés par les administrateurs du réseau.

Mais il n'y a pas que les réseaux sociaux: ils ne sont que la face la plus apparente du terrorisme, qui prospère à l'ombre de ce que les spécialistes appellent le “Dark Net”. Véritable face cachée du Net, abritée au cœur de l'“Internet profond”, cette partie du réseau plusieurs dizaines de fois plus volumineuse que le Web visible échappe aux moteurs de recherche. L'internaute lambda n'y a pas accès car on n'y pénètre pas via un navigateur ordinaire.

En pratique, le Dark Net est essentiellement constitué de plateformes dédiées à l'échange de fichiers d'ordinateur à ordinateur, sans passer par un serveur centralisant données et

BITCOINS

Ils financent armes et faux papiers en toute impunité

▼ LA MONNAIE DE RÉFÉRENCE POUR TOUTES SORTES DE TRAFICS

Le bitcoin, monnaie virtuelle assurant l'anonymat de ses détenteurs (logo orange), est utilisé sur les nombreux sites d'achats illégaux du Dark Net: produits volés, substances illicites, mais aussi, pour les terroristes, pièces d'identités falsifiées et armes, qui se négocient en bitcoins.



Product Price Quantity

Walther PPK, Kal. 7.65 665 EUR = 2.625 ₿ 1 Buy now

Ammo, 50 Rounds 40 EUR = 0.175 ₿ 1 Buy now

Desert Eagle IMI, Kal.44




Products Login Register FAQs

Your UK Passport - Name of your choice!

We are selling original UK Passports made with your info/picture. Also, your info will get entered into the official passport database. So its possible to travel with our passports. How we do it? Trade secret! Information on how to send us your info and pictures will be given after purchase.

You can even enter the UK/EU with our passports, we can just add a country you are in! Ideal for people who want to work in the EU/UK.

Product	Price
Your original UK passport with your info/pictures	2000 GBP = 13.732 ₿

adresses absconces, qu'eux seuls savent atteindre, via plusieurs ordinateurs intermédiaires, qui changent à chaque visite.

UNE VRAIE CYBERGUERRE

Dans les méandres du Dark Net, les groupes terroristes disséminent également vidéos et textes de propagande. Mais, surtout, ils peuvent, à l'abri des regards, y trouver armes, explosifs, fausses pièces d'identité, candidatures de mercenaires, financement...

Car le Dark Net abonde en "places de marché" illégales. Qui profitent du développement récent de monnaies électroniques cryptées, convertibles dans les monnaies les plus courantes du monde

réel. C'est le troisième rouage de l'Internet, dont le terrorisme tire actuellement le plus grand profit.

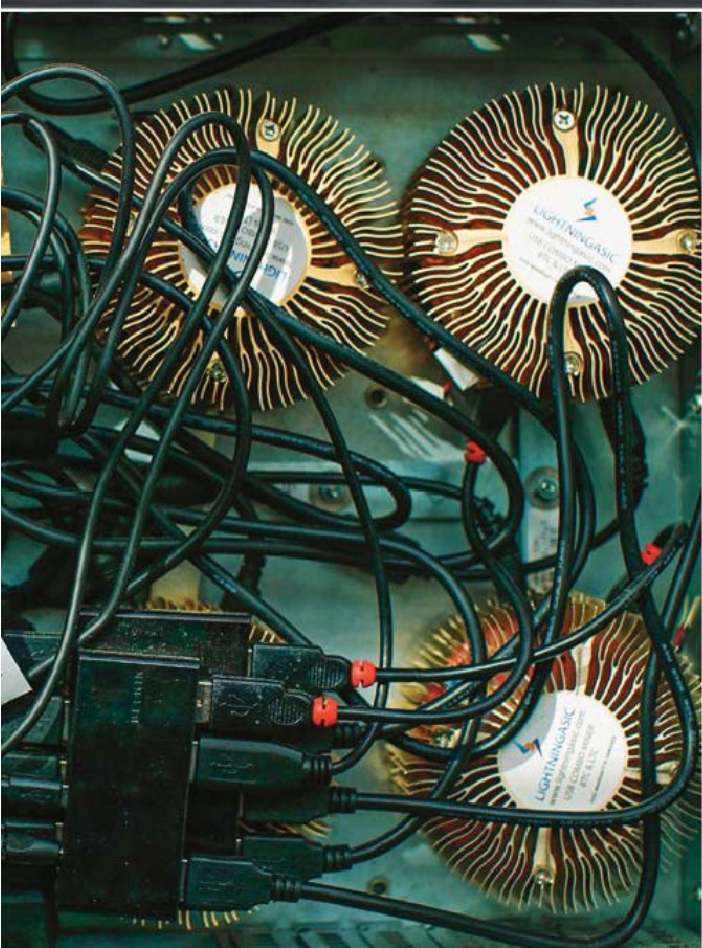
Toutes ces monnaies virtuelles s'inspirent du bitcoin, la plus commune d'entre elles. Soit un mode de paiement qui se passe des institutions bancaires et procède uniquement via des ordinateurs: reliés entre eux sans hiérarchie, ceux-ci effectuent des calculs complexes, dont les résultats forment la monnaie elle-même. Cette monnaie peut être échangée sans intermédiaire, sans que vendeur ni acheteur ne révèlent leur identité. De quoi se livrer à toutes sortes de trafics...

Réseaux sociaux, Dark Net, monnaie virtuelle: tels

→ coordonnées des utilisateurs et de forums de discussion, aux accès barrés par des identifiants et des mots de passe.

Pour accéder, à ces plateformes, ces forums et aux pages Web cachées dans le Dark Net, il faut des logiciels de navigation spéciaux à télécharger, comme TOR (The

Onion Router). Ces logiciels sont conçus expressément pour masquer toute trace du parcours effectué par les internautes, et crypter les données échangées. Ils donnent accès à des contenus invisibles pour les moteurs classiques, parce qu'hébergés sur des serveurs sans cesse différents, repérés par des



< NI BANQUE NI SERVEURS CENTRALISÉS

Chaque bitcoin correspond à une longue chaîne de caractères unique et cryptée. Il n'y a pas de banque organisant cours et échanges, mais un réseau d'ordinateurs particulièrement puissants (photo), assurant automatiquement, via une technique de programmation appelée "blockchain", la création de monnaie, son stockage, les transferts entre acheteurs et vendeurs... le tout sans qu'aucun utilisateur n'ait besoin de révéler son identité, y compris pour convertir les bitcoins en monnaies courantes.



^ UNE FAÇON DE COMMERCER EN VOIE DE BANALISATION

Si les bitcoins sont la monnaie de référence sur le Dark Net, ils font aussi florès sur le Web visible. De plus en plus de commerces, légaux, eux, l'acceptent. Les bitcoins sont cotés en continu, et s'échangent, en ligne, contre des euros, des dollars, des yens... Un bitcoin s'échangeait pour 200 € début février (cours ci-dessus).

sont les trois piliers qui font que l'Internet est devenu le terrain de prédilection du terrorisme, que ce soit pour recruter des troupes ou financer des opérations.

Les autorités l'ont bien compris.

A Luxembourg, le 9 octobre dernier, les ministres de l'Intérieur de l'UE ont rencontré des responsables de Facebook, YouTube (Google) et Twitter pour discuter des moyens de renforcer leur coopération. Suite aux attentats de janvier, la France vient d'annoncer un "plan global de lutte" contre le racisme, le complotisme et l'antisémitisme sur Internet et les réseaux sociaux. Car malgré leurs efforts apparents pour chasser les

extrémistes (lire encadré), ces plateformes sont prises en étau entre le fait d'être dévoyées, ce qui est mauvais pour leur image, et la volonté de protéger la vie privée de leurs utilisateurs.

"Toute la difficulté consiste à trouver le juste équilibre entre la liberté d'expression et l'obligation de supprimer les contenus qui tombent sous le coup de sanctions pénales", résume Valérie Maldonado, adjointe à la sous-direction de la lutte contre la cybercriminalité de la police judiciaire.

Quant au Dark Net... la bataille semble sans fin. La "cyberpolice" est à pied d'œuvre : chaque jour sont repérés et fermés des sites délictueux. Qui renaissent

bien vite ailleurs, tandis que nombreux sont ceux qui échappent aux regards.

Et les services de renseignements en reviennent à la question fondamentale : vaut-il mieux éliminer ces "lieux" de contacts et de préparation, ou les laisser exister pour mieux les surveiller ? Car la surveillance, même dans le Dark Net, est possible.

Les services d'"intelligence informatique" peuvent aujourd'hui compter sur des logiciels capables de découvrir, en explorant automatiquement des milliers de pages en apparence dispersées, des communautés portant la marque des groupes extrémistes. Ces logiciels parviennent aussi à déterminer

quelles pages sont des relais de communication interne, de propagande vers l'extérieur, de récolte de fonds... A défaut d'identifier les utilisateurs cachés derrière leurs écrans, cela peut suffire à prévenir des attaques.

Pierre-Yves Bocquet

Aller plus loin

- A consulter : le site du navigateur TOR, www.torproject.org. Documentation très fournie sur l'anonymat en ligne.
- A découvrir : l'application Algotool qui révèle le "graphe" de votre compte Facebook, algotool.huma-num.fr



20 à 30 fois plus d'autistes diagnostiqués

Non, l'épidémie d'autisme n'est pas déclarée

Comment nommer une pathologie dont la prévalence (nombre de cas diagnostiqués) a, en moins de trente ans, été multipliée par 20 à 30? Les médias s'alarment d'une "épidémie d'autisme", tant l'augmentation de la fréquence enregistrée de ce handicap, associant retard du langage, diffi-

culté à établir des relations sociales et comportements répétitifs, est continue et spectaculaire.

Epidémie, vraiment? Les experts s'interrogent. Et rappellent qu'une augmentation, même impressionnante, de la fréquence mesurée ne signifie pas forcément qu'il y ait plus de nouveaux cas aujourd'hui qu'hier. Cette explosion pourrait trouver sa source dans notre façon de définir et mesurer ce handicap.

"Dans les années 1960 et 1970, la définition de l'autisme était très restrictive", observe Eric Fombonne, professeur à l'université des sciences et de la santé de l'Oregon (E.-U.), spécialiste mondialement reconnu de l'épidémiologie de l'autisme. De fait, il n'était diagnostiqué que chez les enfants présentant de fortes difficultés de langage et un grand retard intellectuel.

"On s'est rendu compte ensuite que des enfants plus modestement atteints avaient des symptômes qui tombaient dans le spectre de

l'autisme. On a donc beaucoup élargi les définitions", poursuit l'expert.

Parmi d'autres syndromes, celui d'Asperger, qui associe difficultés relationnelles à un quotient intellectuel normal (ils peuvent parfois être surdoués), a été inclus dans les années 1990 dans ce qui est devenu les "troubles envahissants du développement" (TED), puis le "spectre des troubles autistiques", pour marquer le continuum entre des formes sévères, bien caractérisées, et des syndromes plus légers, aux contours flous.

UN SUIVI SANITAIRE ACCRU

Parallèlement, les techniques de dépistage se sont améliorées. Un chercheur finlandais a ainsi appliqué sur des données actuelles les algorithmes de diagnostic utilisés dans les années 1960 puis les plus récents. Résultat? "Cela suffit à multiplier la prévalence par trois ou quatre", observe Eric Fombonne.

En 2005, la Fédération française de psychiatrie

relevait que la hausse de la prévalence de l'autisme pouvait s'accompagner d'une baisse concomitante du nombre de cas de retard mental, suggérant un transfert de diagnostic de l'un vers l'autre. Un phénomène que les – rares – enquêtes réalisées en France mettent en lumière.

Deux registres, l'un en Haute-Garonne, l'autre en Isère, Savoie et Haute-Savoie, recensent depuis une vingtaine d'années les enfants autistes. Pierre-Simon Jouk, qui codirige celui de l'Isère au CHU de Grenoble, observe que la prévalence de l'autisme ty-



Le rappel des faits

Il y a tout juste un an, le CDC (Center for Disease Control) annonçait la prévalence des troubles autistiques aux Etats-Unis en 2010 : 1 enfant sur 68. Au niveau mondial, même si les estimations sont moins élevées, l'évolution est saisissante : en 2009, la Haute autorité de santé situait ainsi la prévalence mondiale moyenne des troubles autistiques à 1 enfant sur 143, soit 20 fois plus que les estimations données lors des premières enquêtes, en 1970.



pique, le plus sévère, dont la définition n'a guère changé en trente ans, augmente très peu, contrairement aux formes moins caractérisées. Il suppose donc un transfert de diagnostic de différents troubles vers ces catégories relativement floues. Les médecins nomment désormais "autisme" des troubles qu'ils classaient auparavant dans d'autres catégories. D'autant que l'attitude des familles vis-à-vis de ce diagnostic autrefois stigmatisant a changé: "Diagnostiquer un 'trouble du spectre autistique' chez un enfant déclenche une cascade de prises en charge

auprès d'un réseau riche de professionnels, qui ne sera pas activée si l'enfant n'entre pas dans ce cadre", constate Pierre-Simon Jouk.

Ces infrastructures sanitaires et éducatives, qui se sont fortement développées ces dernières années, ont en retour un impact fort sur le nombre d'enfants diagnostiqués. Car plus ces réseaux sont étoffés, plus le nombre d'enfants autistes détectés est important, ce que traduisent les enquêtes américaines. "La prévalence dans le New Jersey est de 2 %, alors que dans d'autres Etats plus pauvres, comme l'Alabama, elle n'est que de

0,5 %. Personne n'interprète ces scores en disant qu'il y a une épidémie d'autisme dans le New Jersey!", souligne Eric Fombonne, qui note un lien très net, aux Etats-Unis, entre prévalence et classe sociale: "Plus les gens sont aisés, plus la prévalence est élevée, car plus ils ont de chances d'avoir accès aux services sanitaires et d'être diagnostiqués."

L'élargissement de la définition des troubles autistiques et l'amélioration des possibilités de dépistage et de prise en charge expliqueraient donc cet envol? "Cela contribue à l'expliquer mais ne suffit pas. Scientifique-

ment, on ne peut pas l'affirmer", avance, prudente, Christine Cans, épidémiologiste au CHU de Grenoble, secrétaire générale du registre des handicaps de l'enfant. D'autant que les causes de la maladie échappent toujours aux chercheurs, qui explorent plusieurs pistes, aucune n'excluant l'autre: facteurs génétiques, infections précoces, pollution environnementale...

La porte reste donc ouverte à une augmentation réelle, mais sans doute modeste, du nombre d'enfants autistes. Dont il faudrait, dès lors, trouver la raison.

Emmanuel Monnier

... à intensifier la culture des CÉTACÉS PO...
... CONSERVATION
... des Nations Unies sur les espèces migratrices
... Cuvier, le requin-marteau et la raie manta du Prince
... migratrices qui vont bénéficier d'une meill...
... on 10.15 sur le Programme
... Groupe de travail sur le
... donner des avis sur l'impact
... cétacés en ce qui concerne
... Conseil scienti
... leur conservati
... doivent être de pré
... ciaux distincts qui
... fondie » ;

L'EXEMPLE DU CHANT DES BALEINES...

Chaque groupe de baleines à bosse mâles partage un chant caractéristique qu'il fait évoluer au fil de la saison.

L'ONU reconnaît l'existence d'une "culture animale"

Les animaux aussi partagent outils et savoirs

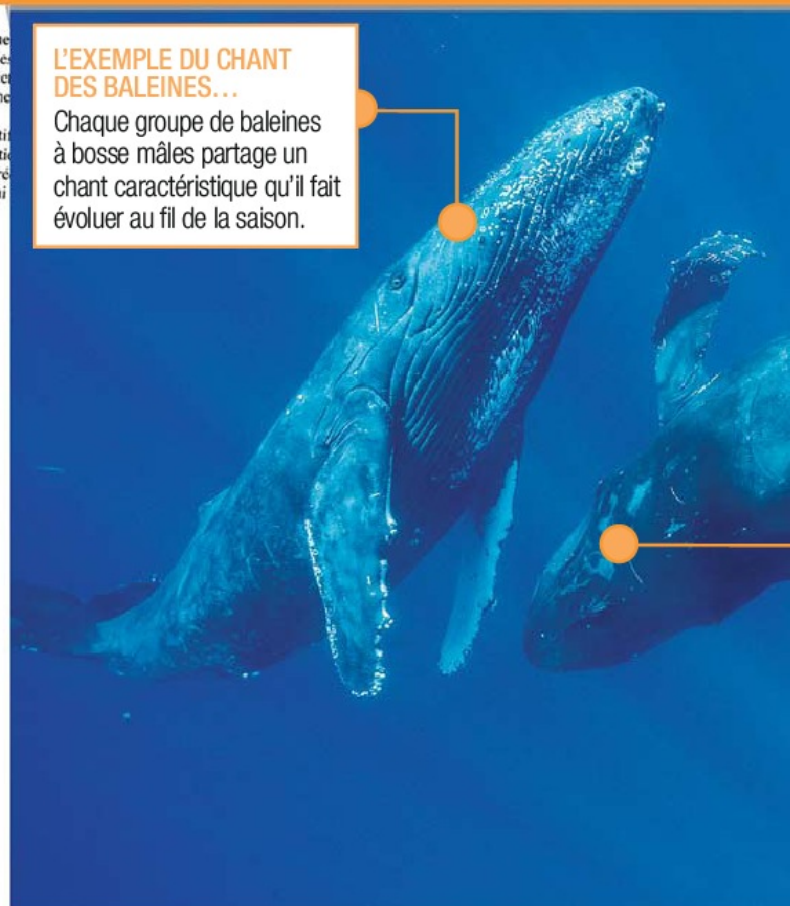
Ça y est : la culture n'est officiellement plus l'apanage de l'homme. Mais si la reconnaissance de l'existence d'une culture animale (dite "non-humaine") date de quelques mois seulement, elle est le fruit de plusieurs décennies de recherche. De quoi redéfinir la notion de culture pour qu'elle ne s'applique plus seulement aux humains. "La culture est

l'ensemble des informations et des comportements partagés par une communauté, acquise à travers une forme d'apprentissage social", explique Luke Rendell, biologiste spécialiste des cétacés à l'université St Andrews (Ecosse). Car certaines espèces se sont révélées capables de transmettre des gestes et des traditions en interagissant ensemble.

Les exemples ne manquent pas. Les preuves les plus évidentes proviennent de l'étude des vocalisations de certains oiseaux et cétacés. Chez la baleine à bosse (*M. novaeangliae*), tous les mâles partagent la même chanson, mais celle-ci évolue progressivement au fil de la saison. Or, sur la côte est de l'Australie, la chanson a changé complètement en l'espace de deux ans pour reprendre celle de la côte ouest, sous l'influence de quelques baleines qui ont migré d'une côte à l'autre. Preuve que le chant est un phénomène d'apprentissage social et de transmission.

Le rappel des faits

En novembre 2014, la Convention sur les espèces migratrices, un traité conclu sous l'égide de l'ONU, a officiellement reconnu l'existence de cultures animales. D'après sa 23^e résolution, "un certain nombre d'espèces mammifères socialement complexes, telles que plusieurs espèces de cétacés, de grands singes et d'éléphants" sont concernées.



Mais cétacés et oiseaux sont capables de bien d'autres formes de transmission culturelle, pour la migration ou la quête de nourriture.

UNE AUTRE DIVERSITÉ

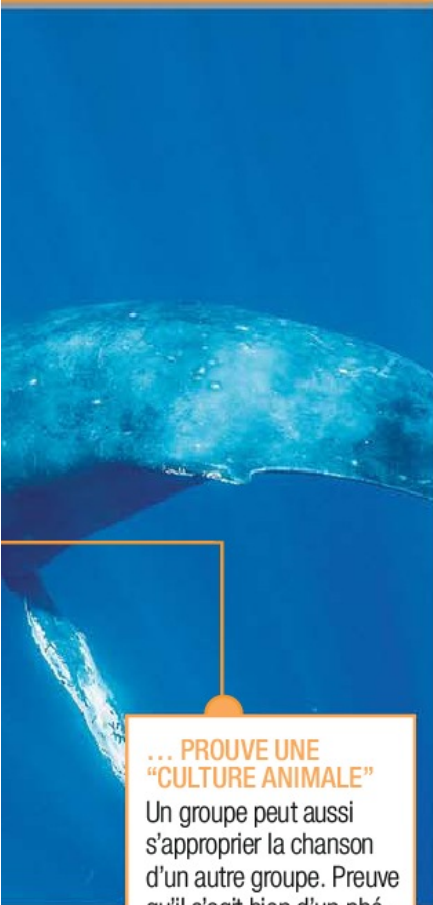
Ainsi, au début des années 1950, des chercheurs anglais ont observé que les mésanges perçaient l'opercule des bouteilles de lait déposées sur le palier des maisons pour en boire le contenu. Un phénomène qui s'est répandu dans tout le pays, les oiseaux attirés par le lait déjà ouvert apprenant également à ouvrir la bouteille.

La transmission se fait aussi par le biais des parents. En Australie, les dauphins tursiops femelles utilisent des éponges pour chasser en fonds marins (probablement pour se protéger le museau).

Mais l'usage d'outils est surtout connu chez les

singes : dans les années 1950, l'étude de macaques japonais a montré qu'une femelle a eu l'idée de laver une patate douce avant de la manger, et que son geste s'est répandu dans tout son groupe. L'orang-outan utilise, lui, des outils pour capturer des insectes dans des trous, ou même, comme le chimpanzé, pour se stimuler sexuellement. Preuve que les animaux n'ont pas fini de nous surprendre.

C'est d'ailleurs tout l'enjeu de la reconnaissance de cette culture animale : faire changer les regards sur certaines espèces et faire prendre conscience de la nécessité de les conserver non seulement elles, mais aussi leur culture. "Nous avons une vision fautive du vivant, alerte Etienne Danchin, directeur du Laboratoire évolution et diversité



... PROUVE UNE "CULTURE ANIMALE"

Un groupe peut aussi s'approprier la chanson d'un autre groupe. Preuve qu'il s'agit bien d'un phénomène d'apprentissage social et de transmission.

biologique, à Toulouse. *Nous pensons que tout est transmis via les gènes, mais ce n'est pas le cas de la culture. Reconnaître son existence, c'est montrer qu'il y a quelque chose de plus à sauver qu'une simple diversité génétique.*

L'étape suivante? Etablir une liste des espèces prioritaires afin d'identifier des traits culturels éventuels et adapter l'effort de conservation. Car réintroduire un animal en milieu naturel ne pourra plus se faire aussi facilement sachant qu'il pourrait perturber l'équilibre culturel en place, ou ne pas s'y intégrer. D'où la nécessité de poursuivre les recherches chez des espèces aux pratiques encore peu étudiées.

Lise Gougis

Record de chaleur en 2014

MÉTÉO FRANCE vient de confirmer que l'année 2014 avait été l'année la plus chaude jamais enregistrée en France depuis 1900.

LIMAT 2014, année la plus chaude en France

2014 a été l'année la plus chaude depuis 1900, en France.

Les dix années les plus chaudes sont toutes postérieures à 2000, à l'exception de 1998.

termes sont attribuables au réchauffement climatique dû à l'effet de serre. Au total, note la NOAA, la température moyenne mondiale a augmenté de 0,66 °C par décennie depuis 1970.

2014, l'année la plus chaude enregistrée Cela n'aurait pourtant pas dû être le cas

Une fois de plus, l'année qui vient de s'écouler a été la plus chaude enregistrée depuis que les relevés météorologiques existent. Sauf que... cela n'aurait pas dû être le cas. Car en 2014, l'atmosphère n'a pas reçu de "coup de pouce" de l'océan, contrairement à la plupart des plus chaudes années précédentes.

L'océan oscille en effet entre des années où il refroidit l'atmosphère et d'autres où il la laisse se réchauffer (selon l'activité de "puits" qui emmènent les eaux chaudes de surface vers les grands fonds et de "résurgences" où les eaux froides des profondeurs remontent).

Le plus important de ces systèmes est le fameux courant El Niño, sur la côte est du Pacifique, qui réchauffe le climat mondial. Les six années les plus chaudes ont ainsi toutes été des années El Niño, et plus particulièrement 1998, associée à un courant historique.

UN EL NIÑO QUASI NUL !

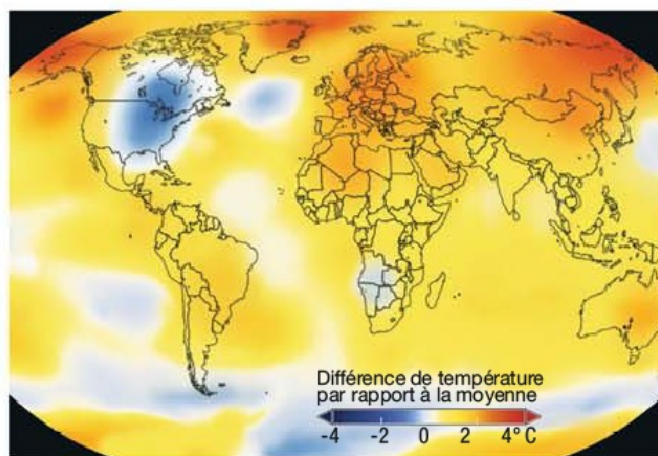
Or, ce record vient d'être battu avec un El Niño quasi nul ! Une première qui indique clairement que l'atmosphère continue de se réchauffer... laissant présager un nouveau record dès que ce courant se redéveloppera pleinement. Ce qu'il va fatalement faire.

N'en déplaise en effet aux climato-sceptiques, les dix années les plus chaudes ont toutes eu lieu depuis 1998, dont neuf au cours du XXI^e siècle.

Certes, la dernière décennie s'est réchauffée moins vite que celle d'avant. Mais cette dernière l'avait elle-même fait plus rapidement que la précédente. Et si l'on trace la tendance du réchauffement depuis 1950, on obtient une progression des températures très régulière de 0,16 °C par décennie... avec laquelle l'année 2014 s'aligne parfaitement. Confirmant l'alerte lancée par les climatologues depuis plus de vingt ans. Yves Sciama

Le rappel des faits

Météo France annonce, le 5 janvier 2015, que 2014 a été l'année la plus chaude en France (depuis le début des relevés en 1880). Le 16 janvier, la Nasa et la NOAA américaines attestent que 2014 bat le record de température mondiale.



△ L'année passée, les températures ont été supérieures à la moyenne (établie sur trente ans) quasiment partout sur le globe.

Plus des trois quarts des 15-30 ans ont déjà ressenti des troubles auditifs à la suite d'une forte exposition sonore. C'est ce que révèle une étude Ipsos réalisée en octobre 2014 sur 501 personnes de 15 à 30 ans, et publiée à l'occasion de la deuxième édition de la Semaine du son, qui a lieu du 19 janvier au 25 janvier.

Les jeunes de 60-65 ans, ils touchent de plus en plus les jeunes : près de 10 % des moins de 35 ans présentent une perte auditive pathologique, selon l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (Inpes). « L'exposition sonore est la cause première de ces troubles », note l'Inpes.

de chaque appareil est limitée. Et si le son ne doit pas excéder 105 dB dans les concerts en salle, aucune règle n'existe pour les concerts en plein air.

Actions de prévention

« La protection... »

fiées et des éléments de leurs altérations ont été mis en évidence, détaille Christine Petit. On sait que l'exposition à des sons très intenses peut affecter la structure même des cellules sensorielles de l'oreille.

maîne du son, elle a été choisie, membre du comité d'organisation de l'étude Ipsos-La semaine du son.

« L'étude de l'Ipsos sur les jeunes est une première et développe des actions de concert avec les pouvoirs publics ».

Les troubles auditifs touchent aussi les plus jeunes. La Semaine du son, à partir du 19 janvier, entend sensibiliser aux actions de prévention.

L'acuité auditive des jeunes est-elle en danger ?

Projet de loi pour limiter le son des baladeurs et en discothèque

Nos oreilles souffrent à partir de 80 décibels

Concerts, boîtes de nuit, baladeurs... Force est de constater que la loi du "tout à fond" prévaut en matière de bruits de loisirs. Le décret de 1998 relatif aux établissements diffusant de la musique amplifiée autorise un niveau sonore de 105 dB en continu. Autrement dit, en restant dans le cadre de la loi, séjourner en boîte de nuit 10 minutes équivaut à recevoir une dose de bruit supérieure à celle qu'il ne faut pas dépasser pendant une journée de travail !

Les baladeurs, quant à

eux, voient leur volume de sortie maximal fixé à 100 dB par le code de santé publique, soit le niveau sonore... d'une perceuse. Imposé à nos oreilles plus de 5 minutes par jour, il peut engendrer des troubles auditifs durables. Inquietant, surtout que, d'après un récent sondage Ipsos, 40 % des jeunes adultes (entre 15 et 45 ans) règlent le volume au maximum. Et que 8 sur 10 ont déjà souffert d'oreilles cotonneuses, d'acouphènes, de douleurs dans l'oreille et d'hypersensibilité aux sons.

Les traumatismes sonores violents ou répétitifs occupant dorénavant le premier rang des facteurs de surdité, la réglementation actuelle a donc fait son temps, et de nouvelles lois s'imposent. Encore faudra-t-il veiller à leur application : sur 18 établissements mis en cause dans les accidents auditifs en Ile-de-France pour 2004-2006, 16 n'étaient pas en conformité avec la loi.

Alexandra Pihen

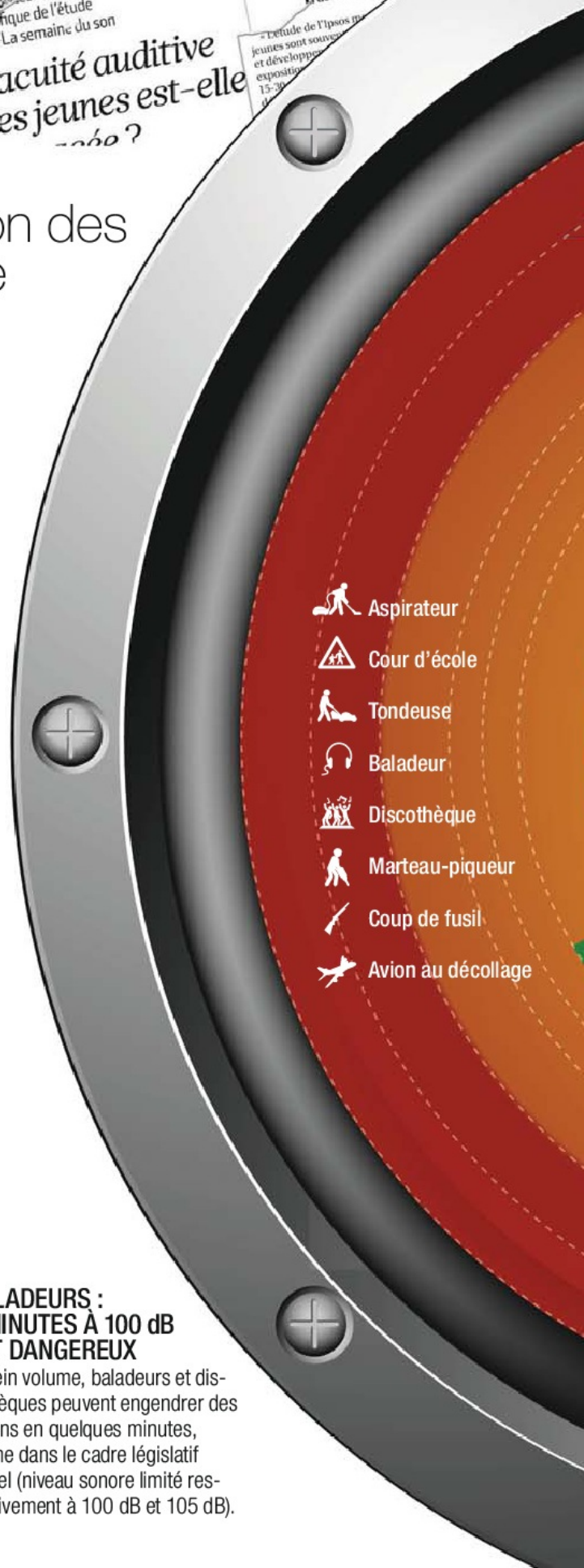
Le rappel des faits

Le 6 janvier, la ministre de la Santé Marisol Touraine annonçait, dans le cadre du **plan Santé** examiné en avril, l'étude de la limitation du niveau sonore des casques audio et des enceintes dans les établissements diffusant de la musique amplifiée, sans donner toutefois de détails.

M. KONTENTE

BALADEURS : 5 MINUTES À 100 dB EST DANGEREUX

A plein volume, baladeurs et discothèques peuvent engendrer des lésions en quelques minutes, même dans le cadre législatif actuel (niveau sonore limité respectivement à 100 dB et 105 dB).





Réécoutez tous vos disques vinyles, CD ou K7!

Grâce à cette élégante chaîne hifi Roadstar au style rétro, réécoutez tous vos titres préférés sur vos anciens disques vinyles, vos CD et vos cassettes audio! Elle est dotée d'une radio AM/FM, d'une platine vinyle (33, 45 et 78 tours), d'un lecteur K7, d'un lecteur CD et d'une prise USB pour écouter votre musique et enregistrer vos disques et cassettes sur Clé USB. Sa haute technologie vous offre un son d'une qualité exceptionnelle.



Prix public: 249€
199€
seulement!

LIVRAISON RAPIDE
COLISSIMO
OFFERTE

NOUVEAU

Chaîne Hifi Rétro «Luxe» Roadstar Marron

LECTEUR CD, CD-R, CD-RW, LECTEUR K7 ET MP3. PLATINE VINYLE (33, 45 ET 78 TOURS) RADIO AM/FM. PRISE USB. ENTRÉE/SORTIE AUX. AFFICHAGE LCD AVEC RÉTROÉCLAIRAGE. POSSIBILITÉ D'ENREGISTRER VOS VINYLES, CD ET K7 SUR CLÉ USB. 2 HAUTS PARLEURS. LIVRÉE AVEC 1 TÉLÉCOMMANDE. POIDS : 7,8KG. DIM. : 21 x 34 x 50 CM. GARANTIE 1 AN. ÉCO-PARTICIPATION INCLUSE.

LE COIN DÉTENTE



NOUVEAU

«Magique», la technologie à induction!

Posez votre téléphone et le tour est joué! Vous profitez d'un volume sonore de qualité, grâce à cet haut-parleur utilisant la technologie à induction. Il suffit de poser votre téléphone sur l'enceinte et le son est amplifié. Pas besoin de branchement ni de fil, le haut-parleur se recharge via un câble USB.

Haut-parleur à induction NFA Boombox

COMPATIBLE AVEC TOUS LES TÉLÉPHONES ET TOUS LES LECTEURS MP3 AYANT UN HAUT-PARLEUR EXTERNE. BATTERIE INTÉGRÉE (BATTERIE LITHIUM-ION 3,7V - 850mAh); CHARGEMENT USB (CÂBLE MICRO-USB NOIR INCLUS). AUTONOMIE: APPROXIMATIVEMENT 10 HEURES. HAUT-PARLEUR: 4Ω / 3W. SORTIE: 100Hz - 20 KHz. TENSION DE CHARGE: DC 5V. ENTRÉE JACK 3,5mm PRÉSENTE (CÂBLE NON INCLUS). COULEUR NOIR. LEDS ROUGE ET BLEUE. NOTICE MULTILINGUE INCLUSE.: 12,5 x 9,5 x 9,5 cm.



Vidéo explicative
sur notre site web!

42,90€
seulement!

FRAIS D'ENVOI
OFFERTS



NOUVEAU

Les utiliser, c'est les adopter!

Astucieuses avec leur couvercle fermé par un joint en caoutchouc, ces tasses à café maintiennent votre café au chaud et garantissent l'étanchéité du récipient. Ouvrez l'orifice sur le couvercle pour boire sans rien renverser, même en voiture! En forme d'objectif d'un appareil photo, elles plaisent à tous les fans de la photographie.

Duo de tasses à café «zoom photo» - 17,99€

FABRIQUÉ EN ACIER INOXYDABLE. CAPACITÉ 400 ML. DIM.: 12,2 x 5,6 x 8,35 cm. GARANTIE LAVE-VAISSELLE.

5 raisons de ne pas rater **L'éclipse** du **20 mars**

Elle sera partielle à 80 % mais le spectacle n'en sera pas moins grandiose (avec les lunettes adéquates !). Mais pas seulement. A la fois défi technologique, énigme physique et opportunité rare pour les astrophysiciens, cette éclipse s'annonce comme un exceptionnel rendez-vous scientifique. La preuve par 5.

Par **Mathilde Fontez**, avec **Mathieu Grousseau**



Où et quand la voir en France?

Le 20 mars, la Lune va s'aligner dans l'axe du Soleil : l'éclipse sera totale sur une bande qui s'étendra du nord de l'Atlantique au pôle Nord (en noir sur le globe ci-contre), et partielle dans toute l'Europe, en particulier en France, où le Soleil sera couvert à 81 % (le maximum) dans la Manche, à 10 h 26. Rendez-vous sur notre site pour les horaires précis dans votre ville.



SDO/GSFC/NASA - M.KONTENTE

D'abord imperceptible, l'ombre va franchir les Pyrénées à 9h10 avant de s'étendre vers le nord-est à pas moins de 3 000 km/h.

A 9h11, elle commencera à assombrir Bayonne; à 9h13, elle gagnera Toulouse et Bordeaux; à 9h17, Marseille et Poitiers; à 9h22, Paris et Dijon... Et à 9h27, Strasbourg sera la dernière grande ville française à voir la Lune apparaître sur le disque solaire.

Durant un peu plus d'une heure, l'astre de la nuit va progressivement grignoter celui du jour, jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un croissant de Soleil correspondant à environ 20 ou 30 % de sa surface selon le lieu.

Le 20 mars, le Soleil a rendez-vous avec la Lune.

A cette date, la Terre, son satellite et son étoile seront parfaitement alignés. Et puisque la Lune est non seulement 400 fois plus petite que le So-

leil mais aussi 400 fois plus proche, elle va en masquer totalement la lumière pour offrir à quelques chanceux Terriens 2 minutes et 46,8 secondes d'obscurité en plein jour.

TOUS LES 350 ANS

L'éclipse totale aura lieu sur une bande étroite de quelques dizaines de kilomètres au nord de l'océan Atlantique, entre l'Islande et l'Ecosse – les habitants des îles Féroé et de l'île norvégienne du Spitzberg seront les seuls à voir le Soleil disparaître complètement.

Tout le nord de l'Europe profitera cependant du spectacle d'une éclipse partielle.

Du déjà-vu? Indubitablement! A un endroit donné, une éclipse totale se produit en moyenne tous les 350 ans. Et sur le globe, il y a au moins quatre éclipses par an, deux de Soleil et deux de Lune. Il peut même se produire jusqu'à sept éclipses dans une année, dont cinq de Soleil! Et ce spectacle est d'autant moins surprenant que les lois de la mécanique céleste offrent aux astronomes le pouvoir de les prédire des siècles à l'avance...

Le spectacle n'en sera pas moins grandiose. Mais il n'est pas le seul intérêt de l'éclipse du 20 mars. Loin s'en faut!

Dans l'Hexagone, la nature prendra une teinte jaune de plus en plus sensible à mesure que la morsure de la Lune s'agrandira, jusqu'à ce que le Soleil ne soit plus qu'un croissant. A l'heure H, la Lune masquera de 70 à 80 % de sa surface. Les ombres seront alors déformées, étrangement étirées par cette source de lumière dissymétrique.

Puis le disque noir se retirera, laissant peu à peu →

1 ELLE VA REJOUER LE

C'est le dernier mystère qui continue de planer au-dessus des éclipses. Le phénomène a été décrit par l'astronome allemand Hermann Goldschmidt en 1820. Quelques secondes avant et après une éclipse, quand le Soleil n'est plus qu'un croissant de lumière, d'étranges bandes de clair-obscur de quelques centimètres d'épaisseur se mettent parfois à onduler sur le sol. Souvent courbées et toujours parallèles au croissant solaire, elles avancent à plusieurs dizaines de kilomètres par heure.

On ne sait toujours pas d'où viennent ces taches au nom évocateur: les ombres volantes. Les astronomes ont d'abord dû se convaincre qu'elles existaient bel et bien. Des dizaines d'années

durant, on s'est moqué de ces fous qui cou-raient les éclipses pour tenter de capturer ces signaux fantomatiques.

Mais depuis la fin des années 1980, il n'y a plus de doute: les ombres volantes ont été photographiées des dizaines de fois. Filmées même... et mesurées.

De quoi évacuer l'une des explications proposées au début du XX^e siècle, selon laquelle ces taches seraient dues à la diffraction des rayons du Soleil dans le limbe de la Lune. *"Ces diffractions pourraient être attendues, sauf que les ombres volantes avancent très lentement*, explique Steve Schneider, astronome à l'université du Massachusetts. *Elles voyagent*

Attention aux vieilles lunettes!

Quand on sent l'éblouissement, il est déjà trop tard... Le soleil peut avoir brûlé votre rétine irrémédiablement. Pour observer l'éclipse, les lunettes de soleil sont à proscrire: elles n'arrêtent pas le rayonnement infrarouge. Et pour ceux qui auraient conservé des lunettes datant de l'éclipse de 1999, mieux vaut les remplacer, car l'écran filtrant a pu être rayé ou le carton décollé de manière imperceptible, mais suffisante pour laisser passer les dangereux rayons.

2 ELLE VA METTRE

Et si l'éclipse du 20 mars déclençait un black-out électrique? Ce sera en tout cas la première à perturber le réseau électrique européen. *"Nous serons en organisation de crise"*, résume Jean-Paul Roubin, directeur du Centre national d'exploitation

du système du Réseau de transport d'électricité (RTE).

Et pour cause, la luminosité du ciel européen chutera brutalement de 80 %, alors que l'électricité photovoltaïque représente près de 10 % de la puissance installée sur le continent. Résultat:

MYSTÈRE DES OMBRES VOLANTES

à la vitesse des vents plutôt qu'à celle de l'ombre, qui atteint plusieurs milliers de km/h."

A cet argument s'ajoute une autre observation : les ombres volantes semblent voir leurs caractéristiques varier, même lorsque les éclipses sont en tous points semblables.

D'où viennent-elles ?

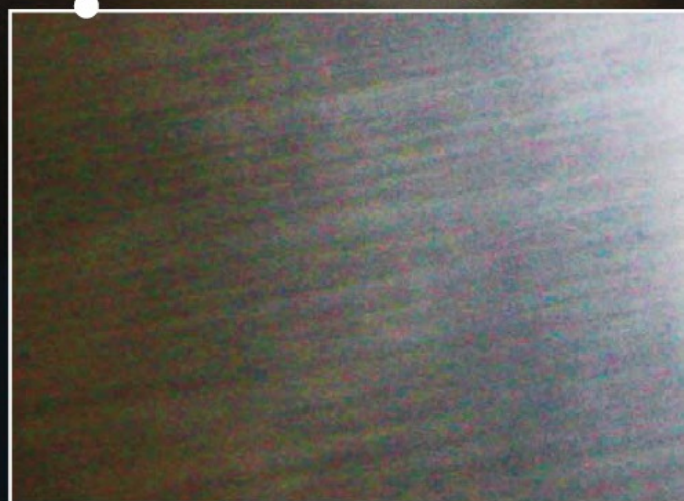
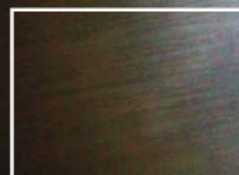
Les spécialistes s'orientent donc vers un phénomène atmosphérique plutôt que céleste. Mais lequel ? Ce pourrait être lié à des inhomogénéités de densité, à de la turbulence, voire à la baisse de température due à l'ombre...

Approfondissant une théorie ébauchée dans le *Bulletin de la Société belge d'astronomie* de 1926, Barrie Jones, physicien à l'Open University, a avancé il y a une dizaine d'années que les

ombres volantes seraient dues à la présence de petites zones agitées de tourbillons dans l'atmosphère. Ces "cellules de convection" auraient des densités variées, donc des indices de réfraction différents, et pourraient ainsi jouer le rôle de lentilles, focalisant ou dispersant la lumière du croissant solaire, qui serait redistribuée sur des régions plus ou moins brillantes.

A moins que la lumière des éclipses ne soit déformée par... des sons ! C'est l'idée proposée en 2008 par Stuart Eves, astrophysicien pour l'entreprise Surrey Satellite Technology Ltd.

La baisse brutale de température causée par le passage de l'ombre, associée à sa vitesse énorme, pourrait provoquer des ondes de choc et perturber l'atmosphère localement.



Pour trancher, il faudra rassembler toutes les mesures et les comparer avec les prédictions théoriques. En attendant, le mystère des ombres volantes reste entier...

^ DE CURIEUSES BANDES D'OMBRE

Juste avant que le Soleil réapparaisse, des taches se mettent à onduler sur le sol ou, plus rare, dans les nuages, comme ici lors de l'éclipse du 11 juillet 2010 en Polynésie.

L'ÉNERGIE SOLAIRE AU DÉFI

une baisse soudaine de puissance – jusqu'à 30 GW, l'équivalent de 25 à 30 réacteurs nucléaires mis d'un coup à l'arrêt !

Un risque de black-out

Certes, en cas de couverture nuageuse, les panneaux solaires voient leur production diminuer de 90 %. Mais la décrois-

sance ne se fait jamais simultanément dans toute l'Europe.

Pour gérer cette situation inédite, RTE et ses homologues européens planchent depuis des mois sur le sujet. "Nous avons mené une importante série de simulations numériques à partir de toutes les situations

possibles", explique Jean-Paul Roubin.

Un arrêt anticipé et graduel des moyens photovoltaïques a même été envisagé, sans finalement avoir été retenu.

Une inconnue demeure : quel sera le comportement des consommateurs ? Allumerons-nous tous la lumière afin de

compenser la perte de luminosité ou, au contraire, une baisse de la consommation sera-t-elle enregistrée, comme lors de l'éclipse de 1999, lorsque la France entière avait les yeux rivés vers le ciel ? Ce serait encore la meilleure façon d'aider le réseau à éviter tout black-out !

M.G.

3 SA TRAJECTOIRE VA DÉFIER LES MODÈLES

Les spécialistes de la mécanique céleste ont beau dresser des éphémérides sur des milliers d'années, ils sont incapables de prédire exactement quand la prochaine éclipse aura lieu.

Entendez : ils savent qu'elle se produira le 20 mars. Ils peuvent déterminer pour chaque lieu l'heure à laquelle la Lune va toucher pour la première fois le Soleil, au dixième de seconde près. Mais ils ne peuvent être plus précis...

La faute, d'abord, aux paramètres physiques qu'ils doivent intégrer au calcul. "La précision de l'instant du contact dépend de nombreuses mesures qui ne sont connues qu'avec un certain degré d'exactitude : le rayon moyen de la Lune, la distance entre son centre de masse et son centre apparent, son altimétrie... liste Patrick Rocher, spécialiste des éclipses à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides

(IMCCE), à Paris. *Il nous faut aussi tenir compte du ralentissement de la rotation de la Terre.*"

A ceci s'ajoutent les incertitudes sur la prédiction du mouvement des astres... Car les équations qui décrivent la grande horlogerie cosmique n'admettent pas de solutions exactes.

En cause, la Lune

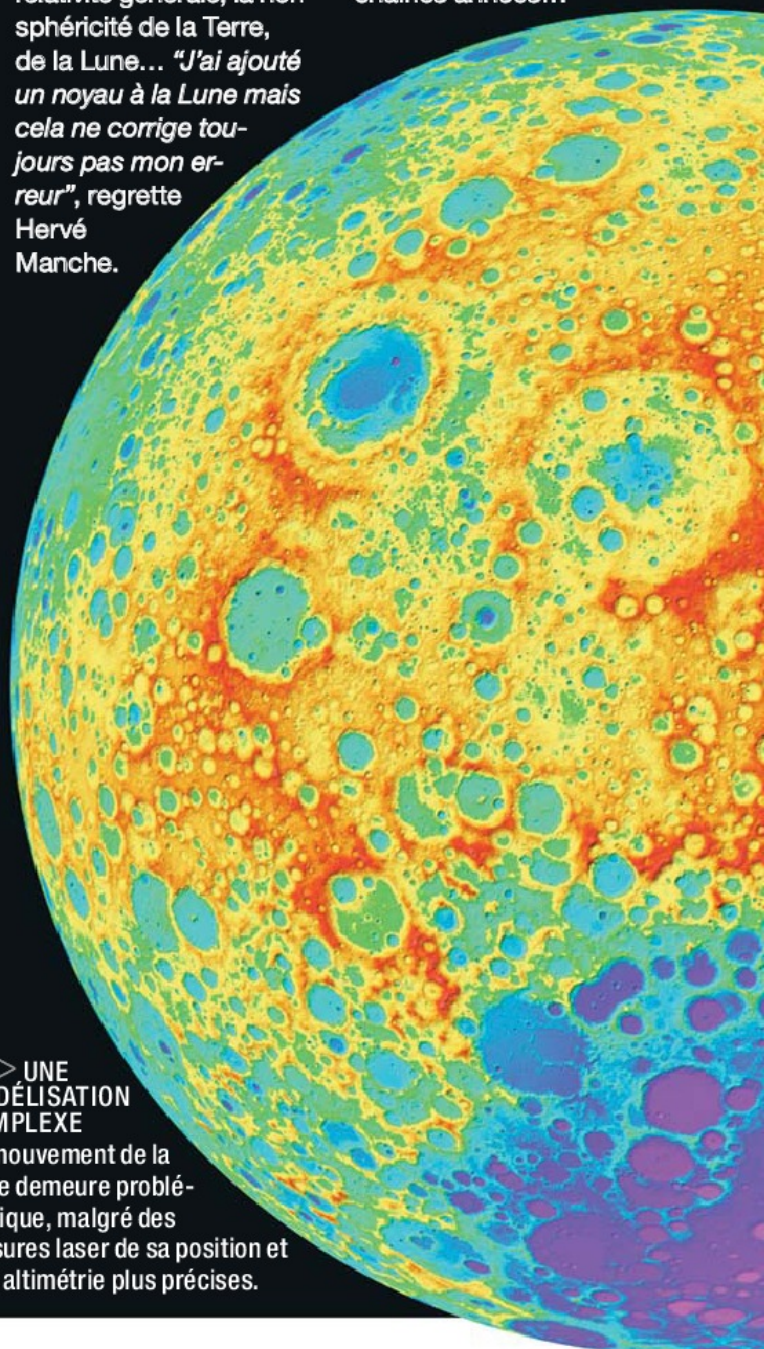
Le problème n'est pas la modélisation de la course du Soleil ni de la Terre. C'est la Lune. "Elle a une orbite très complexe, précise le chercheur. Tout le travail consiste à être certain que le niveau de développement de calcul que l'on choisit d'atteindre ne prédit pas des erreurs qui pourraient se répercuter sur l'instant du contact lors de l'éclipse."

Pour la position de la Lune, ils savent que, dans leurs modèles, leur erreur est de 2,8 m par rapport aux mesures effectuées par laser. "C'est donc qu'on a

négligé un minuscule effet qui finit par avoir de l'importance", explique Hervé Manche (IMCCE).

Pour prédire les éclipses au dixième de seconde près, les chercheurs modélisent le mouvement de 300 astéroïdes, les effets dus à la relativité générale, la non-sphéricité de la Terre, de la Lune... "J'ai ajouté un noyau à la Lune mais cela ne corrige toujours pas mon erreur", regrette Hervé Manche.

Pour atteindre une meilleure précision, il faudra chercher ailleurs. Ensuite, le résultat tombera presque instantanément. Il ne faut qu'un quart d'heure à un ordinateur de bureau pour calculer les éclipses des 6000 prochaines années...



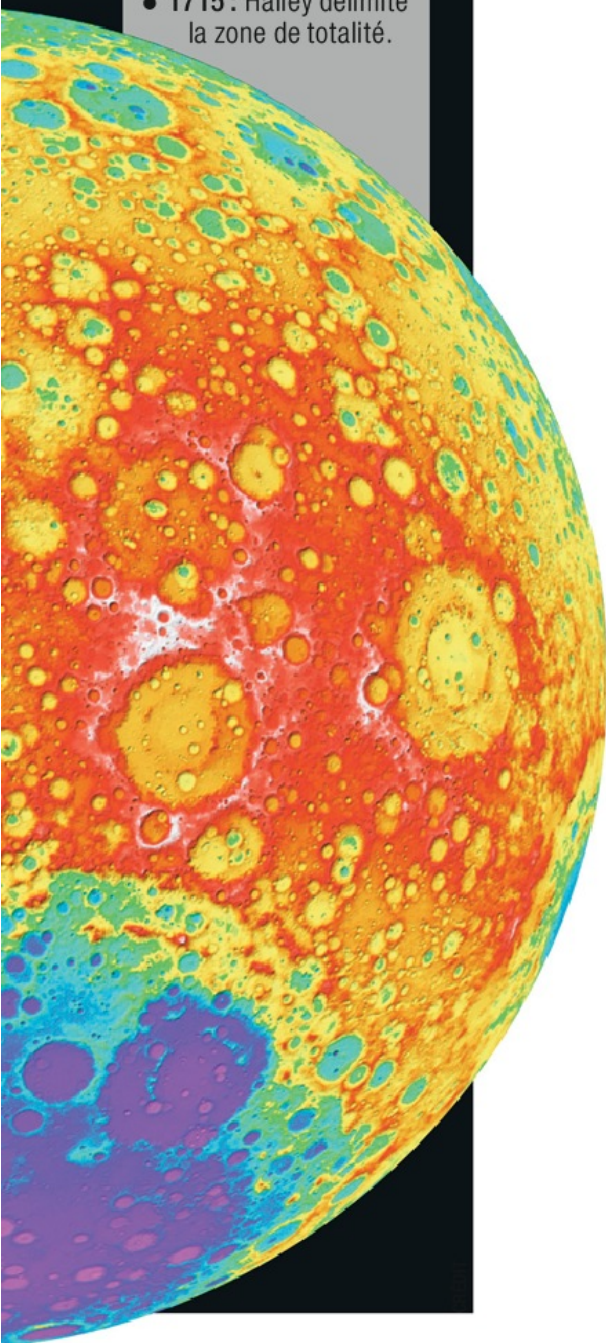
< > UNE MODÉLISATION COMPLEXE

Le mouvement de la Lune demeure problématique, malgré des mesures laser de sa position et une altimétrie plus précises.



La prédiction des éclipses en 4 dates

- III^e s. av. J.-C. : les Babyloniens découvrent les cycles d'éclipses.
- II^e s. : Ptolémée détaille la première méthode de prédiction.
- XVII^e s. : Cassini représente la zone de visibilité de l'éclipse sur une carte.
- 1715 : Halley délimite la zone de totalité.



→ notre étoile retrouver sa forme ; les habitants des îles Féroé verront, eux, la Lune continuer sa course jusqu'à ce que le Soleil ne soit plus qu'un fil doré.

SOUDAIN, LE SILENCE

La suite est connue de ceux qui ont en mémoire la dernière éclipse totale en France, en 1999 : les poissons se réfugieront au fond de l'eau, les troupeaux se rassembleront, les oiseaux gagneront leur nid. Des perles de lumière s'allumeront, les derniers rayons de soleil se frayant un chemin dans le creux des vallées lunaires.

Dans un flash rouge, furtif, la chromosphère, la couche la plus basse de l'atmosphère solaire, se manifestera.

Puis le dernier rayon de soleil disparaîtra. Les étoiles apparaîtront. La couronne solaire, cette atmosphère de plasma qui entoure l'étoile, se révélera dans toute sa splendeur. Des arches majestueuses émergeront de la surface du Soleil noir, éclairant le ciel comme une pleine lune.

Pendant un peu plus de deux minutes, ce sera alors le silence. Un vent frais se lèvera, effet de la chute brutale de la température, qui fera brusquement bouger les nuages.

Enfin, la couronne et les étoiles s'effaceront. L'ombre lunaire s'enfuira. Le coq chantera. Les oiseaux reprendront leur vol. Et progressivement, le Soleil réapparaîtra.

Mais pour les scientifiques, l'événement du 20 mars va bien au-delà de cette chronique, et plutôt cinq fois qu'une. Car cette éclipse met en scène, tout à la fois, un défi technologique inédit, une énigme physique déroutante, un défi de mesure vertigineux, une opportunité d'observation exceptionnelle et une singularité gravitationnelle rare.

Saviez-vous que l'on est incapable de prédire précisément le calcul de la trajectoire de cette éclipse ? Saviez-vous qu'elle aura des conséquences inédites sur la production d'électricité ? Qu'elle sera associée à la première "marée du siècle" ? Qu'elle permettra d'étudier un phénomène que les spécialistes peinent à expliquer ? Et que son observation reste une priorité pour les astronomes ?

Non ? Eh bien, au-delà de la promesse d'un formidable spectacle naturel, voici cinq raisons inattendues de ne pas rater le prochain rendez-vous du Soleil avec la Lune.

Ces autres éclipses à venir

- Prochaine éclipse : le 13 septembre 2015. Elle sera partielle et traversera l'Antarctique, le sud de l'Afrique et de l'océan Indien.
- Prochaine éclipse totale : les 8 et 9 mars 2016. Elle sera visible en Indonésie.
- Prochaines éclipses visibles en France : l'éclipse partielle du 25 octobre 2022 (autour de 20 % en France) ; puis l'éclipse totale du 2 août 2027 (centrée sur l'Afrique du Nord, elle atteindra environ 70 % en France).
- Prochaine éclipse totale en France : le 3 septembre 2081. Elle sera visible dans le centre du pays.

4 ELLE EN DIRA LONG SUR LA COURONNE SOLAIRE

Le temps où les éclipses étaient l'occasion pour les Etats de faire montre de leur puissance technique par la construction de télescopes entiers ou le lancement de grandes expéditions est révolu. Mais les spécialistes du Soleil continuent de régler leur pas sur ces rendez-vous célestes. Car, comme le scande Serge Koutchmy, à l'Institut d'astrophysique de Paris, *"les éclipses sont le seul moyen d'observer la base de la couronne solaire"* (l'atmosphère de gaz ionisés qui entoure notre étoile).

Cette basse couronne est l'endroit clé pour comprendre la physique solaire. C'est à cet endroit précis que se nouent les liens entre les phénomènes de surface (les taches, les boucles magnétiques, les éjections de masse coronale...) et la machinerie interne de l'étoile. *"C'est là que s'enclenchent les processus dynamiques, là que naît le vent solaire, là que se concentrent 80 % de la matière de la couronne, là que se situe le minimum de température du Soleil..."*, liste Jay Pasachoff, directeur de l'Observatoire Hopkins (Etats-Unis).

Or, sans la Lune pour écran, les instruments sont trop éblouis par la lumière du Soleil pour

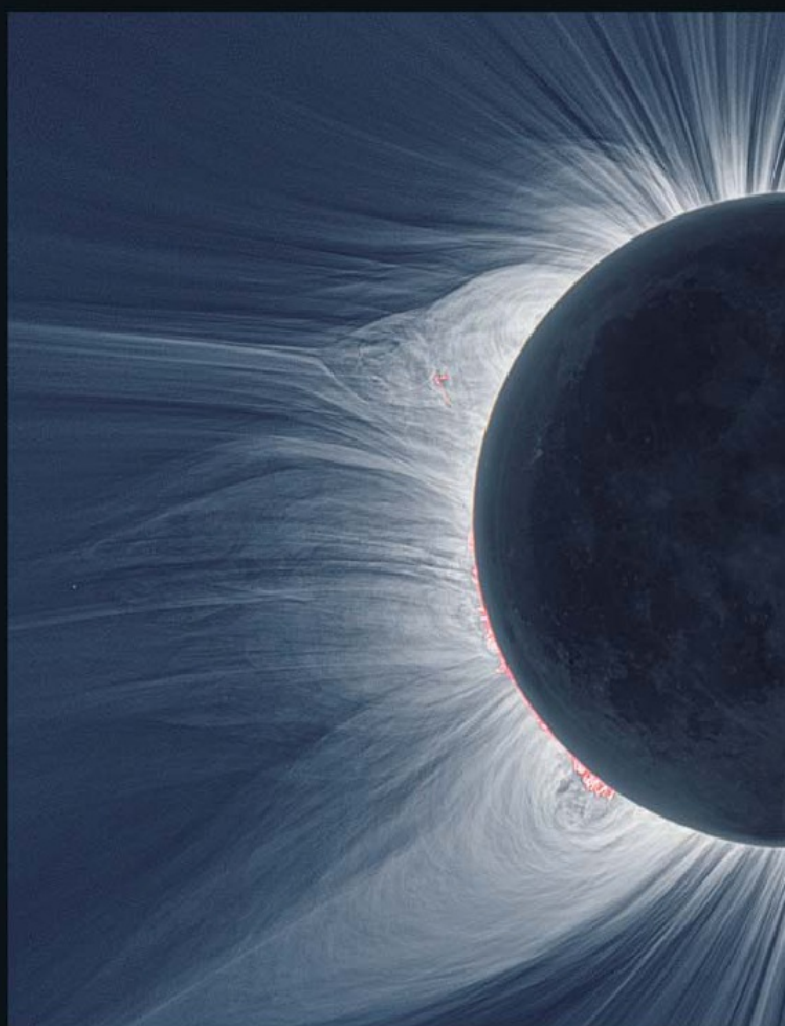
distinguer quoi que ce soit à la base de sa couronne. Quant aux coronographes, ces télescopes qui intègrent un disque opaque pour se prémunir de l'insolation, ils cachent une zone de 0,4 rayon solaire au-dessus de la surface de l'étoile.

Des mesures inédites

Sans compter qu'aucun des télescopes spatiaux étudiant le Soleil n'est équipé pour faire de la spectroscopie, cette méthode qui consiste à décomposer une source de lumière pour l'étudier. *"La seule qui donne un accès direct aux densités de matière"*, précise Serge Koutchmy.

On comprend donc l'intérêt des spécialistes de la physique solaire pour les éclipses. D'autant qu'elles offrent aussi des avantages pratiques: *"Pas de problème de transfert de données, pas de limitation en mémoire et un coût de seulement quelques dizaines de milliers d'euros"*, liste le chercheur.

Lors de l'éclipse du 21 juin 2001, en Zambie, la mesure du spectre de la couronne dans plusieurs longueurs d'onde a permis de déterminer la vitesse des flux d'électrons dans le vent solaire. Lors de celle du 1^{er} août 2008, en Sibérie, des mesures de polarisation ont permis de séparer les dif-



férents composants coronaux... *"Nous accumulons des données sur plusieurs années pour voir si le rayon du Soleil varie, comme le prévoient certains modèles"*, ajoute Patrick Rocher, spécialiste des éclipses à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides.

Sur le pied de guerre

Plusieurs missions ont été prévues pour le rendez-vous du 20 mars. Dean Hines et son équipe du

Space Telescope Science Institute de Baltimore (Etats-Unis) ont affrété un Boeing 737 pour mesurer la polarisation de la lumière reflétée par les poussières qui gravitent entre la Terre et la Lune, et ainsi étudier leur composition. Serge Koutchmy prendra place à bord d'un autre 737 pour une expérience de spectroscopie.

Et déjà, les astronomes américains sont sur le pied de guerre en prévision de l'éclipse du



< DES CONDITIONS D'OBSERVATION IDÉALES
En masquant la lumière du Soleil, l'éclipse totale du 1^{er} août 2008, en Mongolie, a permis d'observer les volutes de gaz autour de l'astre noir.

3 éclipses ont déjà permis de lever le voile

21 août 2017 qui traversera les Etats-Unis. L'Union américaine d'astronomie a commencé à mettre au point sa campagne d'observation.

En attendant, peut-être, de disposer d'éclipses à la demande: l'Agence spatiale européenne est en effet en train d'étudier le lancement d'un duo de télescopes qui voleraient en formation à 150 mètres de distance: l'un jouerait le rôle de la Lune, l'autre celui de la Terre.

- Celle du 18 juillet 1860 révèle que la couronne est en fait l'atmosphère du Soleil.
- Celle du 18 août 1868 est l'occasion d'analyser le spectre de la couronne et de découvrir un nouveau gaz: l'hélium.
- Celle du 29 mai 1919 permet à Eddington de confirmer la relativité générale via une mesure (fausse) de la courbure de la lumière d'étoiles près du Soleil.

5 ELLE SERA SUIVIE D'UNE MARÉE RECORD

Une éclipse le 20 mars, jour de l'équinoxe de printemps? Voilà une configuration astronomique qui devrait ravir les amateurs de pêche à pied. De fait, le lendemain, la marée affichera un coefficient record de 119, à une unité du maximum possible! La différence de hauteur d'eau entre la basse mer et la haute mer dépassera par exemple les 14 m dans la baie du Mont-Saint-Michel – contre 10 m lors d'une marée déjà sérieuse.

"Ce sera la première des 'marées du siècle'; ce dernier n'en connaîtra que sept autres, dont une, le 25 mars 2073, dont le coefficient atteindra carrément 120!", précise Nicolas Weber, au Service hydrographique et océanographique de la Marine, à Brest.

Et ce n'est pas un hasard. Car *"les conditions astronomiques qui président à une éclipse à proximité de l'équinoxe sont aussi celles qui font les grandes marées"*, résume le spécialiste des éclipses Patrick Rocher.

Comme pour une éclipse, une grande marée se produit lorsque Lune et Soleil sont alignés: ils conjuguent alors leurs efforts gravitationnels pour déplacer les masses d'eaux océaniques. Et cette marée devient exceptionnelle si la Lune est au plus proche de la Terre et que Soleil et Lune traversent de concert le plan équatorial (ce qui arrive lors des équinoxes pour le premier et environ deux fois tous les vingt-huit jours pour la seconde).

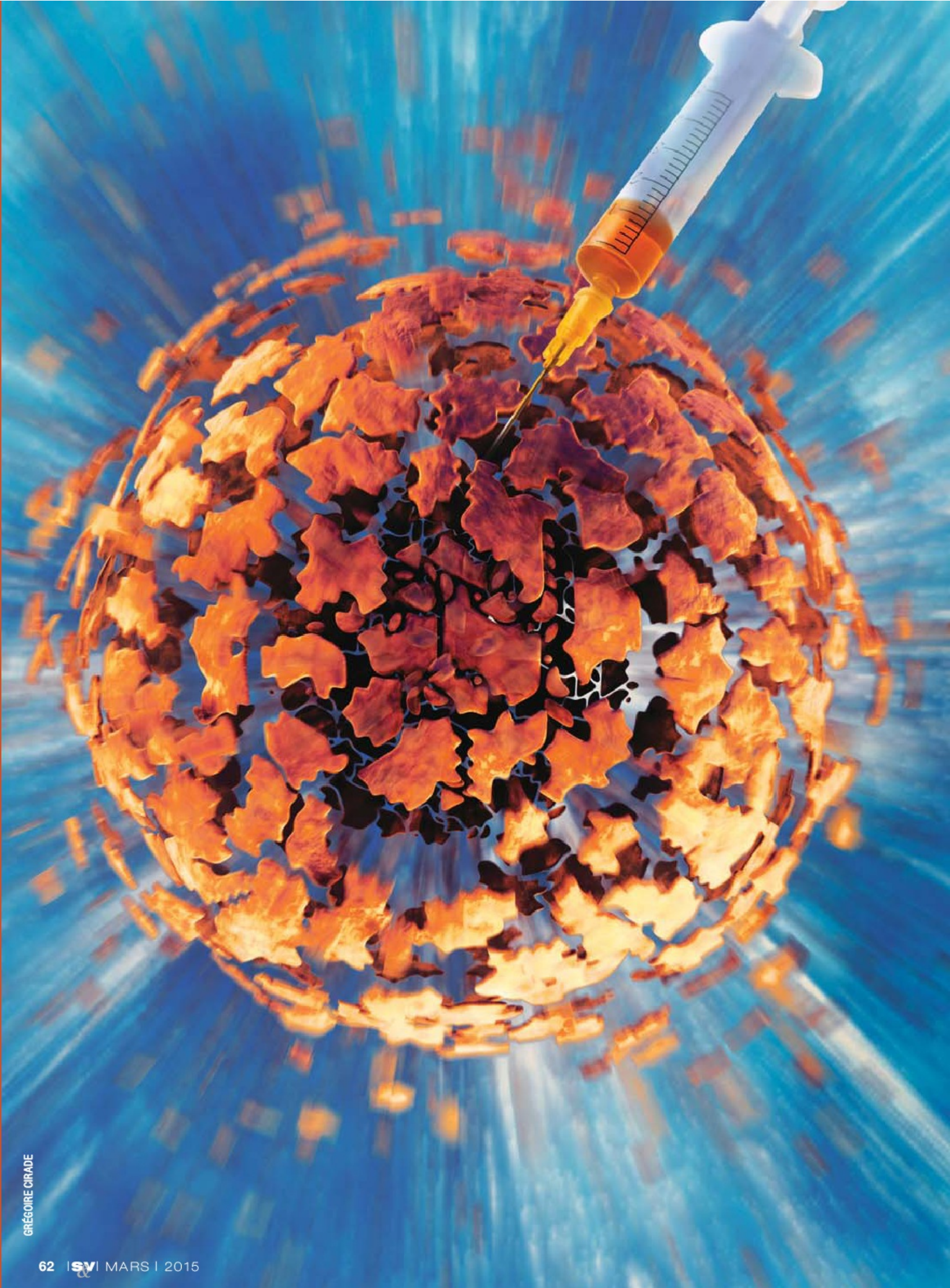
Autrement dit, si vous observez une éclipse proche de l'équinoxe, c'est sûr, la plage sera à vous! **M.G.**

A voir: la carte interactive de l'éclipse du 20 mars.

A lire: le grand dossier consacré à l'éclipse du 11 août 1999 dans S&V.

EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com



GRÉGOIRE CIRADE

VACCIN CONTRE LE CANCER

LES TESTS SUR L'HOMME SONT LANCÉS

C'est peut-être l'une des grandes révolutions médicales de l'histoire ! Pour la première fois, des patients vont être vaccinés contre le type de cancer auquel ils sont prédisposés. Parce que les tests menés sur l'animal ont donné des résultats incroyables : jusqu'à 100 % de protection... sans effets secondaires notables. A l'origine de cet exploit ? Des décennies de recherche pour diriger l'action du système immunitaire contre les tumeurs. Avec, à la clé, une vaccination capable de protéger de la plupart des cancers comme s'il s'agissait de vulgaires microbes. Certes, il faudra des années avant de savoir si ce pari peut être tenu chez l'homme. Mais l'histoire est en marche : si les tests sont concluants, le cancer passerait alors du statut de fléau mondial... à celui de maladie rare.

PAR ELSA ABDOUN

À LA
UNE

Et si chacun d'entre nous pouvait s'immuniser contre la plupart des cancers ? Et si un vaccin universel était capable de ramener ce qui est devenu il y a dix ans la première cause de mortalité en France au rang de maladie rare ? Et si ce fléau des temps modernes, qui tue 8 millions de gens chaque année dans le monde et dont l'incidence est en augmentation constante, pouvait être prévenu par de simples piqûres ?

Ne plus voir planer sur sa vie le spectre de la maladie (en France, un

homme né dans les années 50 a 36 % de risque de déclarer un cancer) : l'idée semble trop belle pour être crédible. Pourtant, plusieurs équipes dans le monde travaillent très sérieusement dessus. Et leurs résultats de laboratoire sont impressionnants... A tel point que de premiers essais ont débuté sur des patients !

Tous les médecins s'accordent à dire que la prévention est la meilleure arme contre le cancer – malgré les progrès des thérapies, près de la moitié des patients décèdent encore, en France, dans les dix ans qui suivent

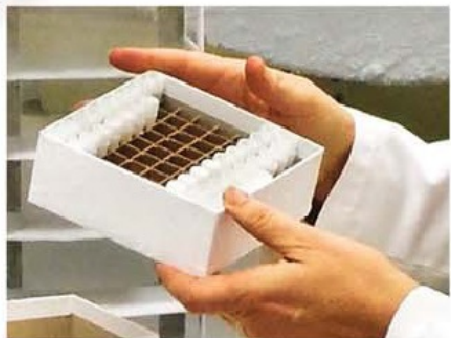
le diagnostic. Sauf qu'à part de rares médicaments encore en phase de tests (voir encadré p. 67), cette prévention n'est que d'ordre comportemental : manger sain, modérer sa consommation d'alcool, supprimer le tabac, faire de l'exercice, se protéger du soleil...

Si ces pratiques, suivies à la lettre, réduisent de 50 % le risque de cancer, il persiste toujours une part d'aléatoire, ainsi que certains facteurs (prédispositions génétiques, exposition à la pollution...) contre lesquels un individu ne peut pas grand-chose. ➔

VACCIN ANTICANCER

LES ESSAIS SUR L'HOMME ONT COMMENCÉ

L'équipe d'Olivera Finn a injecté à plusieurs dizaines de patients porteurs de polypes aux intestins soit un placebo, soit un vaccin censé les protéger contre la réapparition de ces tumeurs bénignes, susceptibles de dégénérer en cancer du côlon. Les chercheurs suivront au total une centaine de patients. Verdict attendu pour 2020.



Si moins de la moitié des patients développent de nouveaux polypes après 3 ans, c'est que le vaccin fonctionne

“ OLIVERA FINN

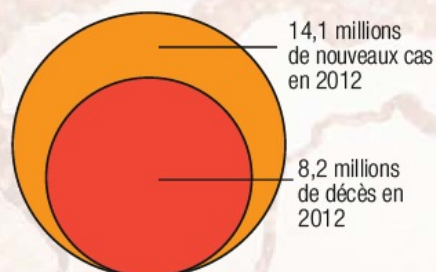
Immunologiste à l'université de Pittsburgh

L'un des pires fléaux de l'humanité !

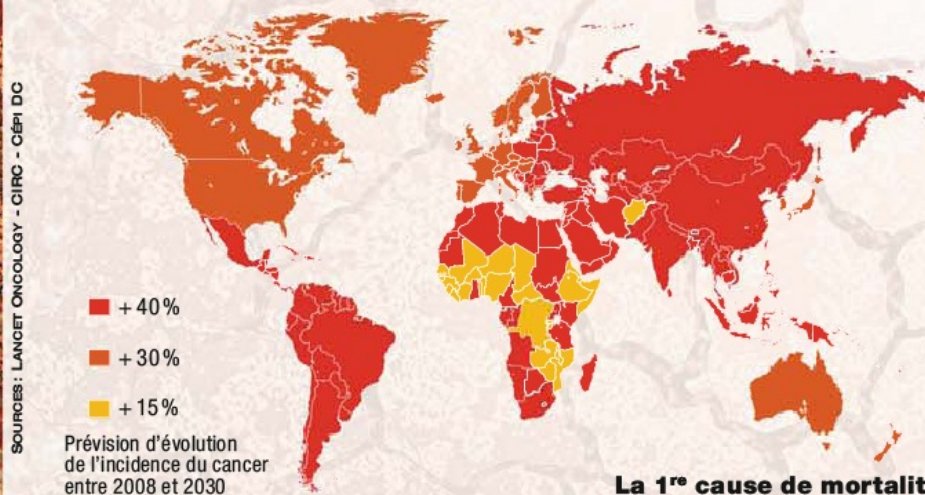
Le cancer, c'est quoi ?

Maladie ancestrale devenue fléau du XXI^e siècle, le cancer correspond à une prolifération anarchique de certaines cellules qui, à force de se multiplier, entravent le bon fonctionnement des organes. Il est dû à des failles dans les mécanismes biologiques de régulation de la prolifération cellulaire, notamment des mutations dans l'ADN de ces cellules.

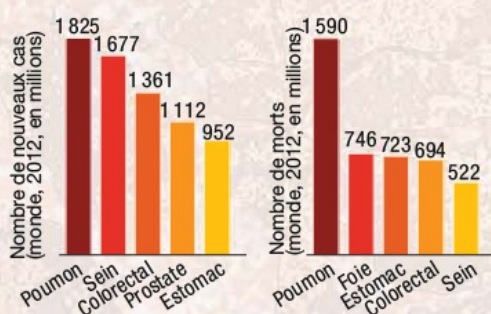
Une maladie toujours mortelle



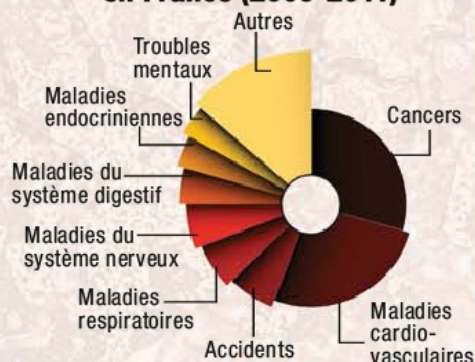
Des prévisions de forte progression partout dans le monde



Certains organes sont plus touchés



La 1^{re} cause de mortalité en France (2009-2011)



SOURCES : LANCET ONCOLOGY - CIRC - CÉPI DC

FOTOLIA - O. FINN/UNIVERSITY OF PITTSBURGH

À LA UNE

Une vaccination préventive changerait totalement la donne.

Attention : il ne s'agit pas ici de développer un vaccin ciblé contre une infection en lien avec le cancer – comme ceux qui existent déjà contre les papillomavirus, liés au cancer du col de l'utérus, ou contre le virus de l'hépatite B, qui favorise le cancer du foie.

Non, la stratégie envisagée aujourd'hui est révolutionnaire et s'applique potentiellement à tous les cancers, y compris les 80 % d'entre eux qui ne sont pas provoqués par des infections microbiennes.

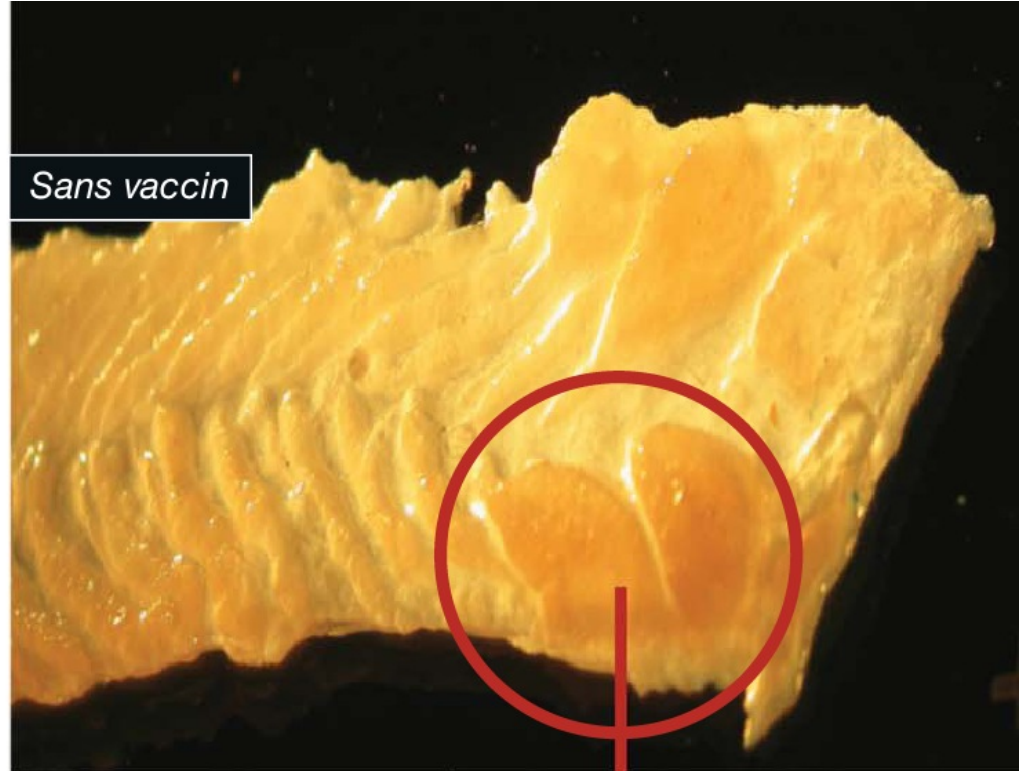
COMME UN VACCIN CLASSIQUE

Dans les grandes lignes, le principe est comparable à celui des vaccins contre bactéries et virus : il s'agit d'apprendre au système immunitaire à reconnaître l'ennemi et à le détruire dès son apparition. L'organisme serait mis en contact une première fois avec des éléments caractéristiques du cancer pour le préparer à réagir au cas où de véritables tumeurs apparaîtraient.

Évidemment, il ne s'agit pas d'injecter des cellules cancéreuses actives, mais plutôt un cocktail spécifique de molécules que ces cellules portent à leur surface : les antigènes. Parmi lesquelles des molécules produites par des cellules embryonnaires et placentaires, qui se retrouvent aussi dans les tumeurs. Avec la conséquence attendue que la plupart des cellules cancéreuses seraient détruites naturellement... avant même qu'elles aient le temps de former des tumeurs !

Il y a vingt ans, personne ou presque ne l'aurait cru possible. Car en même temps que les chercheurs découvraient cette possibilité, se profilait le risque d'effets secondaires dévas-

Sans vaccin



VACCIN ANTICANCER

UNE EFFICACITÉ DÉMONTREE SUR LA SOURIS

Le vaccin contre le cancer du côlon actuellement testé par Olivera Finn sur des patients atteints de polypes aux intestins a d'abord fait ses preuves chez la souris. En 2010, il avait fortement réduit et retardé l'apparition de tumeurs bénignes et cancéreuses.

tateurs (voir article suivant). Non pas de donner le cancer mais plutôt de dérégler le système immunitaire et provoquer des maladies auto-immunes incontrôlables.

Louis Weiner, directeur du centre Lombardi de recherche sur le cancer à Washington prévient d'ailleurs que *“le défi, pour les vaccins préventifs, sera de s'assurer que les risques sont assez faibles pour pouvoir les administrer à des personnes en bonne santé”*.

56 %

des souris développent des tumeurs au côlon

bénignes ou cancéreuses
2 mois après avoir reçu un placebo.

L'écasante majorité des chercheurs a donc choisi de ne pas jouer avec le feu. Cependant quelques pionniers ont malgré tout voulu donner une chance à la promesse d'une vie sans cancer. Et les expériences qu'ils ont menées, ces dix dernières années, ont fini par faire bouger les lignes.


Des dizaines d'essais ont été réalisés sur des souris. Cocktail de molécules placentaires contre mélanomes, cellules embryonnaires contre cellules cancéreuses de la prostate, protéine alpha-lactalbumine en prévention du cancer du sein... des vaccins à base de différentes molécules ou cellules ont été injectés à des rongeurs afin d'encourager leur système immunitaire à détruire les cellules cancéreuses, porteuses des mêmes antigènes, qui pourraient apparaître. Et ça marche ! (voir graphiques page suivante).

Il n'en fallait pas davantage pour que la recherche fasse le grand saut : pas-

Ces vaccins devront comporter le minimum de risque pour pouvoir être administrés à des personnes en bonne santé

LOUIS WEINER

Directeur du centre Lombardi de recherche sur le cancer, à Washington



Avec vaccin

100 %

des souris sont indemnes de tumeurs au côlon 2 mois après avoir été vaccinées contre l'antigène de cancer MUC1.

ser des souris à de véritables patients, choisis pour leur prédisposition à certains cancers. Une étape décisive !

En 2013, Olivera Finn a publié les résultats du premier test d'innocuité d'un vaccin mené sur 39 personnes : aucune toxicité n'a été observée. Elle a donc lancé, en mai dernier, un test clinique, financé par l'Institut de la santé américain (NIH). Plusieurs dizaines de personnes, porteuses de polypes aux intestins, ont reçu une injection censée les protéger contre la réapparition de ces tumeurs bénignes qui peuvent, quelques années plus tard, se transformer en cancer du côlon.

PREMIÈRES CIBLES, LES CANCERS DU CÔLON, DU PANCRÉAS ET DU SEIN

Au final, plus d'une centaine recevront soit le vaccin, soit un placebo. *"En moyenne, la moitié de ces patients développent de nouveaux polypes au bout de trois ans. Si ce n'est pas le cas, nous saurons que le vaccin les en a protégés"*, explique Olivera Finn, immunologiste à l'université de Pittsburgh. Le verdict est impatiemment attendu pour 2020.

Si l'espoir se confirme, les essais pourront se poursuivre.

Et la chercheuse ne compte pas s'ar-

rêter là : *"Nous avons déposé une demande de financement pour*

tester le vaccin sur des personnes porteuses de kystes pancréatiques, qui ont des risques importants de cancer du pancréas", prévient-elle.

Un autre vaccin pourrait bientôt donner lieu à un essai clinique. Ritika Jaini, chercheuse en immunologie à l'Institut Lerner de Cleveland (États-Unis) prévoit de *"tester, dès la fin de l'année, un vaccin préventif chez des femmes prédisposées au cancer*

du sein". Les risques liés au vaccin sont ici d'autant plus faibles que l'antigène contre lequel il est dirigé, l'alpha-lactalbumine, n'est retrouvé, en dehors des cellules cancéreuses, que dans les canaux lactifères de la glande mammaire, et en très faible quantité. *"Le risque que représente la destruction éventuelle de ce tissu est minime comparé à l'ablation préventive des seins que subissent souvent des femmes fortement prédisposées à ce cancer"*, rappelle Olivera Finn.

L'enthousiasme est là, évidemment. Mais le temps de la recherche clinique est long. Comme le souligne Louis Weiner, *"les cancers qui se développent sur les modèles de souris expriment des antigènes particuliers et ne représentent pas la grande variété de mutations qui peuvent se produire dans les cancers humains"*. Les expériences sur les souris ne sont donc pas la garantie d'un futur succès sur l'homme. Avant que la promesse de départ puisse être confirmée, il faudra de nombreux essais et donc une quinzaine d'années de patience.

Si les preuves solides de l'efficacité et de l'innocuité des premiers vaccins sont réunies, cela signifierait-il alors que le cancer pourrait être éradiqué chez l'humain ?

En théorie, tous les cancers peuvent être prévenus par la vaccination. Des

À LA UNE

Des traitements médicamenteux pour prévenir le cancer

En attendant le développement de vaccins, les médecins envisagent une autre solution pour prévenir le cancer : la prise quotidienne de médicaments. Des essais cliniques sont, par exemple, menés avec des anti-inflammatoires, tels que l'aspirine, pour prévenir le cancer du côlon (voir S&V n°1143), et le célécoxib, pour protéger les fumeurs du cancer du poumon. Le tamoxifène (traitement du cancer du sein) et le raloxifène (médicament contre l'ostéoporose) sont déjà prescrits, aux États-Unis, en prévention du cancer du sein chez les femmes à risque (du fait de leur âge, d'antécédents familiaux...). En France, ils ne sont pour l'instant utilisés que pour la prévention des récurrences, chez des femmes ayant eu un premier cancer. Car la prise de molécules actives, tous les jours pendant des années, présente des risques d'effets secondaires importants.

vaccins comprenant des cocktails d'antigènes présents sur de nombreux cancers différents pourraient donc protéger de la plupart des tumeurs.

Cependant, *"aucun vaccin n'est efficace à 100 %"*, veut tempérer Olivera Finn. *"Il n'y aura pas un vaccin universel, pour tout le monde ni contre tous les cancers"*, confirme Martin Kast, professeur d'immunologie à l'université de Californie du Sud.

D'ailleurs, lors du premier test mené par Olivera Finn, seulement la moitié des patients a développé une réaction immunitaire suite à la vaccination, ce qui suggère que ce vaccin ne sera pas efficace sur tout le monde.



SONGDONG MENG

Immunologiste à l'Académie des sciences chinoise

C'est beaucoup plus complexe que de vacciner contre des bactéries d'une même espèce, qui se ressemblent toutes

John Eaton, médecin chercheur à l'université de Louisville (États-Unis), espère cependant que ces vaccins seront *"aussi efficaces que ceux qui luttent contre les microbes"*. Soit à plus de 99 %, tout de même...

Il n'est pas le seul à nourrir un tel espoir : *"La vaccination prophylactique pourrait réduire l'incidence de maladies comme le cancer du sein d'une manière similaire à l'impact qu'a eu la vaccination des enfants contre la rougeole et la polio"*, écrivaient les chercheurs Vincent Tuohy et Ritika Jaini en 2011, dans la revue *Annals of Medicine*.

D'autres se montrent plus sceptiques.

Pour Songdong Meng, chercheur en immunologie à l'Académie des sciences chinoise, *"les cancers peuvent apparaître de nombreuses manières, donc c'est beaucoup plus complexe que de vacciner contre des bactéries d'une même espèce, qui se ressemblent toutes"*.

DES MILLIONS DE VIES EN JEU

Mais même avec une efficacité partielle, des vaccins dirigés contre les principaux cancers qui touchent les humains pourraient sauver des millions de vies chaque année, et faire gagner des années d'espérance de vie à notre espèce si l'ensemble de la population était vaccinée.

Certes, *"dans les années à venir, les bénéficiaires seront uniquement les personnes à risque, parce qu'elles ont été exposées à des produits cancérigènes, sont prédisposées génétiquement, ou ont déjà développé des lésions précancéreuses"*, prédit Olivera Finn. Mais si les vaccins se montrent sans effets secondaires rédhibitoires, alors des campagnes plus larges de vaccination deviennent envisageables.

Si tel était le cas, quel incroyable rebondissement dans l'histoire de la médecine ! Deux cents ans après la découverte des vaccins contre les microbes, qui ont fait reculer la mortalité d'une manière unique dans l'Histoire, voilà que ces mêmes vaccins promettent une nouvelle révolution médicale, en s'attaquant aux cancers.

Même si *"ce ne sera pas avant plusieurs décennies"*, prévient Pier-Luigi Lollini, spécialiste d'oncologie moléculaire à l'université de Bologne.

Une telle promesse mérite bien de patienter. Et si nous-mêmes n'avons pas la chance d'être un jour vaccinés, nous aurons au moins celle de savoir. Savoir si les générations futures vivront libres de l'angoisse du cancer, devenu fléau du passé. Nous le saurons grâce aux tests qui ont démarré sur quelques dizaines de patients... qui resteront peut-être dans l'Histoire comme les premiers humains immunisés contre des cancers.

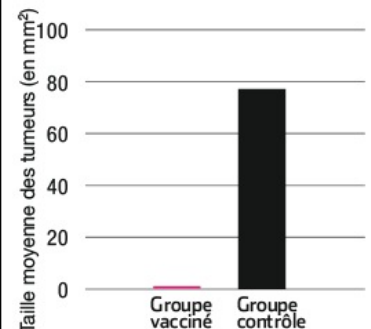
VACCIN ANTICANCER 6 GRANDS TYPES DE

Ces dix dernières années, différents vaccins préventifs ont été testés sur des souris. Chacun encourage le système immunitaire à attaquer des molécules présentes de manière spécifique sur les cellules cancéreuses. Voici des exemples de résultats spectaculaires pour 6 types de cancer.

CANCER DU SEIN

En 2010, Ritika Jaini a injecté à 6 souris de 2 mois, prédisposées au cancer du sein, un vaccin contre la molécule alpha-lactalbumine, surexprimée dans ces cancers.

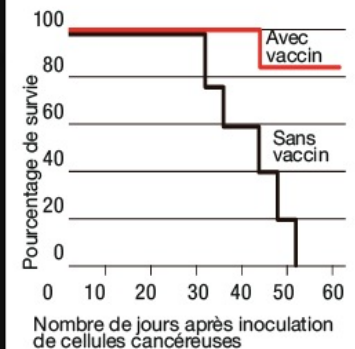
Résultat À 10 mois, aucune tumeur chez les vaccinées et des tumeurs de 80 mm² chez les autres.



CANCER DE LA PROSTATE

En 2007, l'équipe de Martin Kast a injecté à 9 souris 2 doses d'un vaccin contre une molécule surexprimée dans le cancer de la prostate. 10 jours plus tard, ils ont injecté à ces souris et à d'autres des cellules cancéreuses.

Résultat 50 jours après, 85 % des souris vaccinées sont en vie, toutes les autres sont mortes.



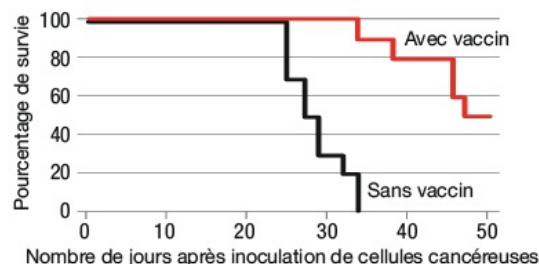
CANCERS DÉJÀ CONCERNÉS



MÉLANOME

En 2013, l'équipe de Songdong Meng a injecté à 10 souris un vaccin à base de molécules placentaires, dont un grand nombre est aussi exprimé par certaines cellules cancéreuses. Une semaine plus tard, ils leur ont greffé des cellules de peau cancéreuses.

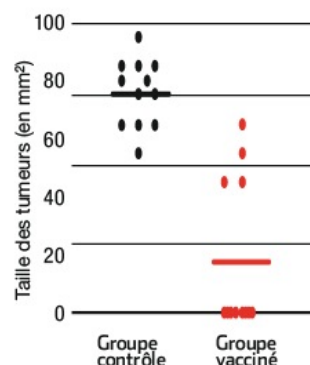
Résultat 1 mois après, presque toutes les souris vaccinées étaient en vie ; les autres étaient mortes.



LYMPHOME

En 2009, l'équipe d'Olivera Finn injecte à 15 souris un vaccin dirigé contre une molécule surexprimée par de nombreux cancers ; 17 jours plus tard, ils ont injecté des globules blancs tumoraux surexprimant la molécule en question.

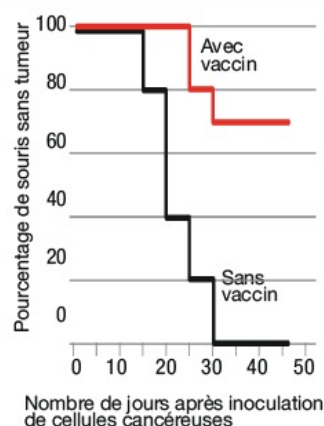
Résultat Un mois après, seul un tiers des souris vaccinées a développé des tumeurs, contre toutes parmi le groupe contrôle.



CANCER DU POUMON

En 2012, l'équipe de John Eaton a injecté à 10 souris un vaccin à base de cellules embryonnaires, ces dernières portant de nombreuses molécules communes avec les cancers ; 7 jours plus tard, ils ont greffé des cellules cancéreuses de poumon.

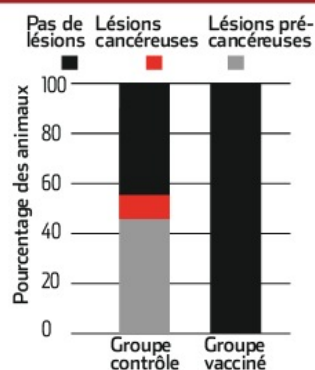
Résultat 24 jours après, seulement 30 % des souris vaccinées avaient développé une tumeur, alors que toutes parmi le groupe contrôle en avaient développé une.



CANCER DU CÔLON

En 2010, Olivera Finn a injecté un vaccin contre une molécule surexprimée et déformée dans de nombreux cancers, chez 8 souris programmées pour développer une inflammation des intestins, associée à la production de cette molécule.

Résultat À 3 mois, aucune vaccinée n'avait développé de cancer ; 56 % des autres présentaient des lésions.



À LA UNE

7 QUESTIONS SUR LE VACCIN ANTICANCER

Alors que les premiers résultats ne sont pas attendus avant 2020, la vaccination anticancer soulève déjà un formidable espoir... et de nombreuses questions. Risques, efficacité, coût... S&V fait le point.

Y aura-t-il un seul vaccin ?

Pas dans un premier temps. Plusieurs vaccins seront testés, chacun contre un cancer particulier auquel des individus sont prédisposés. Si la vaccination s'avère suffisamment sûre, des campagnes plus larges pourront alors être envisagées sous la forme d'une seule injection protégeant de plusieurs cancers à la fois, à l'instar du DT Polio qui traite à la fois diphtérie, tétanos et poliomyélite. Mais *"tout dépendra du nombre de molécules [antigènes] contre lesquelles on saura vacciner"*, prévient l'oncologue Pier-Luigi Lollini (université de Bologne). Car si un trop grand nombre d'antigènes sont présents dans le vaccin, la réponse immunitaire à certains pourrait inhiber la réponse à d'autres. À l'inverse, la réaction immunitaire provoquée par tous ces antigènes pourrait être trop forte, et donc toxique. *"Actuellement, le maximum d'antigènes atteint dans un vaccin commercialisé est de 25, contre les pneumocoques"*, rappelle le spécialiste.

Tous les types de cancer seront-ils concernés ?

Absolument ! Dans le sein, le poumon ou la prostate, *"tous les cancers portent des mutations, donc tous expriment des molécules [antigènes] reconnaissables par le système immunitaire, qui pourraient être ciblées par un vaccin"*, garantit le spécialiste Pier-Luigi Lollini (université de Bologne). Même si certaines difficultés sont propres à quelques cancers : dans le cas d'une tumeur au cerveau, par exemple, l'inflammation induite par le vaccin pourrait être toxique. Ou, en cas de lymphome (cancer des cellules du système immunitaire), le vaccin, en stimulant le système immunitaire, pourrait en même temps favoriser le cancer.

Une fois vacciné, l'immunisation sera-t-elle totale ?

C'est très peu probable car il existe une extraordinaire variété de cancers. Même deux tumeurs du poumon peuvent porter des antigènes tout à fait différents ! Par conséquent, pour éliminer la totalité des cancers, *"il faudrait probablement vacciner contre des centaines d'antigènes"*, estime Pier-Luigi Lollini. Une gageure. Certains antigènes étant plus communs que d'autres, et donc présents sur de nombreux cancers, des chercheurs espèrent cependant que des vaccins protégeront un jour de la majorité des cancers.

Risquera-t-il de donner le cancer ?

Non, il n'y a aucun risque que le vaccin provoque un cancer. De fait, ne sont inoculés que des fragments de cellules "mortes", voire simplement les molécules (antigènes) qui, lorsqu'elles sont présentes à la surface des cellules cancéreuses, permettent au système immunitaire de les reconnaître.

En revanche, il existe un risque important que ces vaccins induisent des réactions auto-immunes. En clair : une destruction, par le système immunitaire, de nos organes sains, qui portent des antigènes similaires à ceux du cancer, et contre lesquels sont dirigés les vaccins. Plusieurs expériences chez l'animal et un premier test chez l'humain apportent

cependant, à ce sujet, de premières données rassurantes. De plus, certains vaccins sont développés de manière à réduire ce type de risque, en s'attaquant à des antigènes qui ne sont portés, en dehors du cancer, qu'en faible quantité par des organes non vitaux (prostate, canaux lactifères de la glande mammaire, testicule...).

Tout le monde pourra-t-il être vacciné ?

C'est possible, mais seulement si le vaccin ne provoque que très rarement des effets secondaires graves, comme ceux qui nous protègent actuellement de maladies infectieuses. Il faudra donc d'abord tester leurs effets à long terme sur des patients fortement prédisposés à certains cancers, chez qui les bénéfices potentiels du vaccin justifient les risques. Seul un suivi sur plusieurs dizaines d'années pourra, peut-être, apporter la preuve définitive de l'efficacité et de l'innocuité de ces vaccins.

Quand un premier vaccin sera-t-il commercialisé ?

Tout dépendra des résultats des essais cliniques, et de l'intérêt de l'industrie pharmaceutique. Si tout se passe au mieux pour le vaccin contre le cancer du côlon actuellement testé, ou pour celui censé prévenir le cancer du sein, qui devrait bientôt l'être, leur mise sur le marché serait peut-être envisageable dans une quinzaine d'années. Mais il est rare qu'un nouveau

concept de traitement passe la barrière des essais cliniques sans accroc : souvent, des reformulations des produits, au minimum, sont nécessaires, retardant de plusieurs années leur mise sur le marché.

Ces vaccins coûteront-ils cher ?

Difficile à dire. Tout dépendra probablement des négociations menées entre industriels, gouvernements et associations, ainsi que du nombre de personnes vaccinées (les médicaments sont généralement plus chers quand ils s'adressent à peu de patients). Quoi qu'il en soit, leur coût de production ne devrait pas être un frein à leur commercialisation : *"Ils ne reviennent pas plus cher à produire que les vaccins contre les microbes"*, affirme l'immunologiste Olivera Finn (université de Pittsburgh). *"Le coût des essais cliniques est important, mais pas celui de leur production"*, précise Pier-Luigi Lollini, de l'université de Bologne.

À LA UNE

URFIN/SHUTTERSTOCK - S. DESSERT



VACCIN ANTICANCER

L'EXPLOIT DE NOS CELLULES IMMUNITAIRES

Comment un vaccin peut-il protéger du cancer? Comme avec les microbes, en stimulant le système immunitaire. Mais il aura fallu un siècle pour y parvenir.

Les vaccins classiques, tout le monde connaît. Ils sont chargés de nous protéger contre les infections. Mais vacciner contre le cancer, autrement dit immuniser une personne contre la prolifération excessive de ses propres cellules... comment une telle idée a-t-elle pu germer dans l'esprit des chercheurs?

Tout a commencé par une intuition. Nous sommes à la fin du XIX^e siècle. Un médecin américain, William Coley, est intrigué par plusieurs cas de régression spontanée de tumeurs chez des patients ayant contracté des maladies infectieuses. En 1891, il décide donc de mener une expérience. Il injecte des bactéries de la famille des streptocoques à un patient atteint d'un cancer des os... Et le malade guérit. Quarante années

durant, il répétera l'expérience avec succès, en n'utilisant parfois que de simples extraits bactériens. Ce qui signifie que ce ne sont pas les bactéries qui détruisent le cancer. Le médecin tient alors la première preuve qu'il existe un point commun entre la lutte contre le cancer et celle contre les infections: le système immunitaire.

"William Coley avait déjà en tête l'idée qu'en stimulant les défenses immunitaires, on pouvait éliminer les tumeurs", raconte Jacques Thèze, directeur de l'Unité immunologie cellulaire et immunogénétique à l'Institut Pasteur. Ce qui signifie que, en théorie, un vaccin pourrait aider à prévenir le cancer.

Mais cette découverte ne connaîtra pas le retentissement qu'elle mérite. Et il s'écoulera encore un siècle avant

que les chercheurs n'envisagent enfin sérieusement de vacciner contre le cancer.

Les traitements de William Coley sont en effet rapidement occultés par le développement de la radiothérapie, puis de la chimiothérapie.

Surtout, demeure un blocage théorique: le système immunitaire n'est pas connu pour protéger le corps de ses dérèglements intérieurs. "Il a été longtemps inscrit dans l'esprit des chercheurs que le système immunitaire pro-



Des indices dès le XIX^e siècle

Dès 1891, William Coley guérit des patients du cancer à l'aide de bactéries (ci-dessus, en 1899). Le médecin fait l'hypothèse que le système immunitaire est responsable de cet effet.

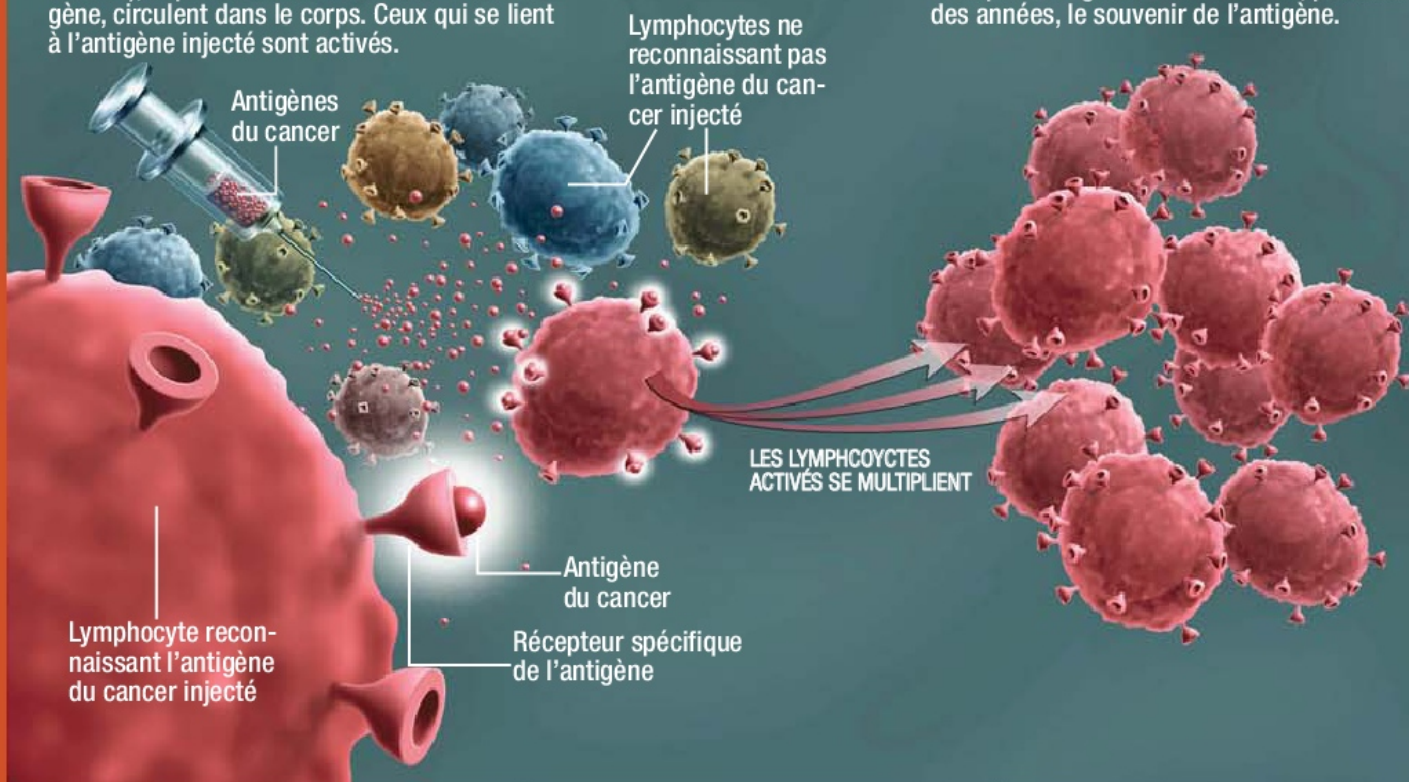
À LA
UNE

< Des lymphocytes (en violet), cellules du système immunitaire, s'attaquent à des cellules cancéreuses.

Voici comment la vaccination protège du cancer

1 Des antigènes du cancer sont injectés dans l'organisme

Une multitude de lymphocytes (cellules immunitaires), capables chacun de se lier à un antigène, circulent dans le corps. Ceux qui se lient à l'antigène injecté sont activés.



2 Ce qui stimule la multiplication des lymphocytes ciblés

Les lymphocytes reconnaissant l'antigène se multiplient et gardent en mémoire, pendant des années, le souvenir de l'antigène.

→ *«tégeait uniquement des menaces extérieures, en particulier des microbes»*, raconte Olivera Finn, immunologiste à l'université de Pittsburgh.

Qu'il s'agisse des premiers vaccins développés contre des maladies infectieuses telles que la variole, la rage ou la poliomyélite, ou des premiers essais de transplantation d'organe provoquant de violents rejets par l'or-

ganisme du receveur, les mécanismes biologiques de notre système immunitaire ne sont initialement observés qu'à l'aune de sa lutte contre des intrus venus de l'extérieur.

La clé, pour repérer ces derniers, ce sont leurs "antigènes". Soit des petites molécules présentes à la surface de toutes les cellules, humaines ou microbiennes. Si ces antigènes sont

inhabituels, le système immunitaire les repère et passe à l'attaque. Il les mémorise, aussi, ce qui explique l'efficacité de la vaccination : une première rencontre avec des antigènes étrangers lui permet de réagir beaucoup plus fortement lors des rencontres suivantes.

Sauf que le cancer n'est pas un intrus. Ce sont les propres cellules du malade qui dysfonctionnent. Difficile d'imaginer que les défenses naturelles du corps puissent se retourner contre lui-même.

Du moins jusqu'à ce que, dans les années 50, les nouvelles techniques de biologie moléculaire révèlent que le cancer est constitué de cellules devenues étrangères à leur propre corps. Autrement dit, les cellules cancéreuses développent des mutations dans leur ADN qui les amèneraient à exprimer des antigènes bien particuliers, reconnaissables par le système immunitaire comme étrangers.

Une piste d'explication aux phéno-

Le système immunitaire, c'est quoi ?

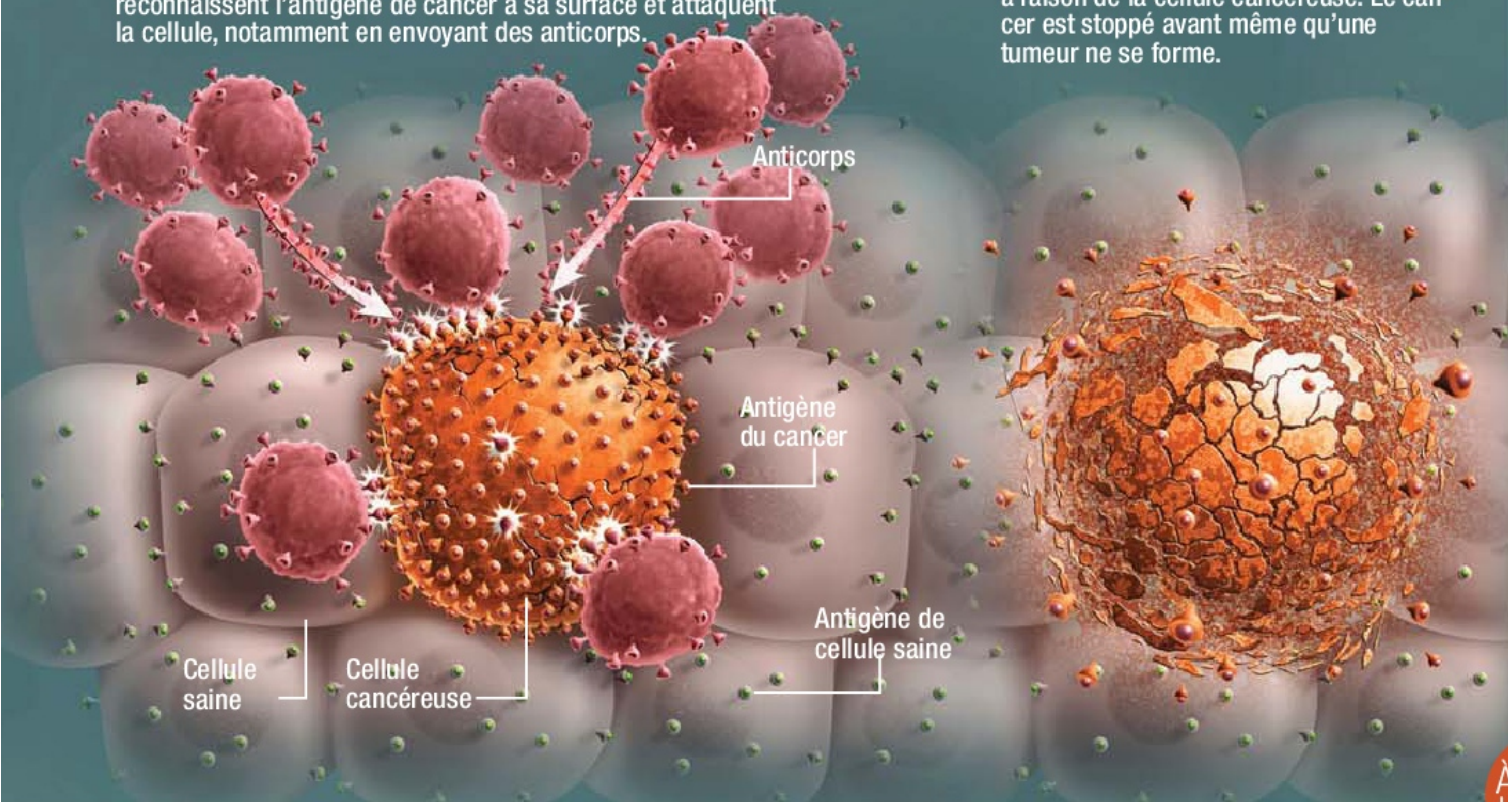
Il rassemble tous les éléments du corps chargés de défendre notre organisme contre les agressions (microbes, cancer, molécules toxiques...). Des cellules (les globules blancs) patrouillent dans le corps et, lorsqu'elles croisent des molécules inhabituelles, appelées antigènes, s'y attaquent. Parmi ces cellules, les macrophages internalisent et digèrent l'intrus, les lymphocytes T s'accrochent à sa surface et l'attaquent chimiquement, les lymphocytes B envoient des molécules, les anticorps, qui inhibent l'action de l'agresseur... Mais cette réponse n'est pas toujours suffisante et, parfois, l'intrus prend le dessus (infection chronique, développement d'une tumeur...).

3 Lorsqu'une cellule cancéreuse apparaît, elle est reconnue et attaquée

Plus tard, une cellule cancéreuse apparaît. Les lymphocytes reconnaissent l'antigène de cancer à sa surface et attaquent la cellule, notamment en envoyant des anticorps.

4 La cellule cancéreuse est détruite

L'attaque, plus efficace grâce au vaccin, a raison de la cellule cancéreuse. Le cancer est stoppé avant même qu'une tumeur ne se forme.



mènes observés par William Coley s'ouvre donc. Et, en 1957, Franck Macfarlane Burnet, médecin australien, publie une première version de sa théorie de l'immuno-surveillance, selon laquelle des cellules cancéreuses apparaîtraient régulièrement dans notre corps mais seraient, la plupart du temps, éliminées par le système immunitaire.

S'IL Y A CANCER, C'EST QUE NOS DÉFENSES SONT FAILLIBLES

Au même moment, une expérience apporte un argument en faveur de cette théorie. Richmond Prehn, médecin chercheur travaillant alors à l'Institut national du cancer américain, greffe des tumeurs sur des souris. Il attend quelques jours, les retire, puis les greffe à nouveau deux semaines plus tard. Résultat : le cancer se développe moins bien chez les souris qui ont eu un contact préalable avec la tumeur. Comme si leur organisme avait été vacciné contre le cancer...

De nouvelles études, dans les années 70 et 80, finiront de convaincre la majorité des chercheurs. Notamment des travaux révélant que les personnes dont le système immunitaire est moins actif (à cause d'une maladie ou de la prise de médicaments) développent plus souvent des cancers. Et que les personnes touchées durant l'enfance par diverses maladies infectieuses en développent moins. Ce qui suggère que la stimulation du système immunitaire par une infection microbienne favoriserait, dans certains cas, l'action de ce dernier contre les cancers.

La majorité des spécialistes en est alors convaincue : *"Des cellules cancéreuses apparaissent en permanence dans notre corps, et le système immunitaire nous protège d'une grande partie d'entre elles"*, résume Jacques Thèze. Une découverte qui ouvre la voie à la recherche de nouveaux traitements (voir encadré), mais aussi de vaccins préventifs.

Car s'il y a tant de cancers dans le monde, c'est que le système immunitaire est faillible. Des cellules cancéreuses passent régulièrement à travers les mailles de son filet. Or, si le système immunitaire était exposé en amont à des antigènes caractéristiques des cellules cancéreuses, il saurait par la suite réagir beaucoup plus efficacement à l'apparition de ces dernières (voir infographie ci-dessus).

Dans les années 80, les chercheurs se sont donc lancés dans la quête des antigènes spécifiques des cancers et en ont identifié des dizaines, de deux types : soit des molécules dont la forme est légèrement altérée dans les cellules cancéreuses, soit des molécules produites sous leur forme habituelle, mais en des quantités exceptionnellement élevées. Dans les deux cas, ces différences suffisent au système immunitaire à reconnaître la cellule comme étrangère.

Surtout, ils découvrent que →

certains de ces antigènes sont communs à un grand nombre de cancers différents. Par exemple, la protéine MUC1, qui compose la membrane de nombreuses cellules, est surexprimée, sous une forme altérée, dans plus de 80 % des cancers, notamment du sein, du côlon, des ovaires, du poumon et du pancréas. Ce qui ouvre la possibilité qu'un simple vaccin, comprenant un cocktail de plusieurs antigènes communs à de nombreux cancers, protège de la plupart d'entre eux.

Mais les vaccins préventifs attendront encore un peu. Car demeure un dernier obstacle, et non des moindres : le risque d'effets secondaires. Les antigènes de cancer, contrairement à ceux des microbes, ressemblent en effet beaucoup aux molécules présentes sur les cellules saines du corps, voire leur sont identiques et simplement présentes en quantité plus élevée. Si la réponse immunitaire induite par de tels vaccins n'est pas assez spécifique, elle risque donc de se diriger aussi contre des organes sains – un phénomène toxique qui se produit naturellement dans certaines maladies comme la sclérose en plaques. Un risque d'autant moins acceptable que les vaccins préventifs sont destinés à des personnes en bonne santé.

TOUT EST PRÊT AUJOURD'HUI POUR UNE 2^e RÉVOLUTION MÉDICALE

Jusqu'au milieu des années 2000, la communauté scientifique s'est donc d'abord concentrée sur des vaccins... thérapeutiques. Soit une stimulation du système immunitaire visant à éradiquer des cancers déjà installés (voir *S&V* n^{os} 1004 et 1090). Les risques d'effets secondaires graves sont en effet plus acceptables quand il s'agit de sauver un malade atteint d'un cancer incurable.

Et cela coûte moins cher. *“Les essais cliniques de prévention sont chers car il faut suivre un grand nombre de patients pendant cinq, dix ans, voire plus, pour pouvoir observer si certains vont finalement développer un cancer*

Des traitements anticancer misent déjà sur nos défenses naturelles

En dehors des vaccins thérapeutiques, de nombreux traitements du cancer s'appuient sur le système immunitaire. Par exemple, des anticorps (molécules immunitaires) reconnaissant les antigènes d'un cancer peuvent être produits en laboratoire, et injectés à des patients afin de détruire leurs tumeurs. Certains sont déjà prescrits contre différents types de cancers (lymphomes, mélanomes avancés...). Une autre méthode, testée avec succès contre certaines leucémies (voir *S&V* n^o 1160), consiste à prélever, chez le malade, des cellules immunitaires (lymphocytes), puis à les modifier génétiquement de manière à ce qu'elles s'attaquent au cancer, et enfin à les multiplier dans un tube à essais et les réinjecter au patient.

ou non”, explique Pier-Luigi Lollini, spécialiste d'oncologie moléculaire à l'université de Bologne. Les essais de vaccins thérapeutiques peuvent, eux, être menés sur un petit nombre de patients chez qui d'éventuelles améliorations sont vite observables.

Dans les années 2000, cependant, les scientifiques ont dû se rendre à l'évidence : les vaccins thérapeutiques ne fonctionnent pas. Alors qu'une centaine d'essais cliniques a déjà été menée, un seul a aujourd'hui donné lieu à la mise sur le marché d'un traitement, en Europe : le sipuleucel-T, dirigé contre le cancer de la prostate, qui confère un bénéfice faible (quelques mois de survie gagnés, tout au plus).

L'administration trop tardive des vaccins, à un stade avancé du cancer, expliquerait cette inefficacité. En effet, les tumeurs, une fois développées, produisent des molécules qui inhibent le système immunitaire. De plus, ces cellules cancéreuses sont alors si nombreuses que les probabilités sont grandes que l'une d'entre elles mute, arrête d'exprimer le ou les antigènes de cancer contre lequel est dirigé le vaccin, et échappe aux attaques du système immunitaire.

Ces échecs de la thérapie ont donc ouvert une première brèche, il y a dix ans, dans laquelle a pu s'engouffrer la recherche sur les vaccins préventifs.

Car cette application, en s'attaquant aux toutes premières cellules cancéreuses dès leur apparition, a plus de chances d'être efficace. *“Il vaut mieux s'attaquer à un soldat qu'à une armée*”, résume John Eaton, médecin chercheur à l'université de Louisville (États-Unis).

Et aujourd'hui, les résultats des tests de ces vaccins préventifs sur des souris sont très encourageants, tant en terme d'efficacité que d'innocuité.

Il va maintenant falloir attendre plusieurs années pour savoir si les effets sont les mêmes sur l'humain.

Certains en doutent encore. *“Le système immunitaire est beaucoup trop dangereux*”, considère par exemple Olivier Lantz, directeur du laboratoire d'immunologie clinique de l'Institut Curie (Paris).

Cent vingt-quatre ans après la première vaccination de Coley, la longue quête arrive en tout cas à son moment critique. Bientôt, nous saurons si les vaccins, après nous avoir débarrassés de nombreuses infections, seront à l'origine d'une deuxième révolution médicale. En nous délivrant, cette fois, d'un ennemi de l'intérieur.

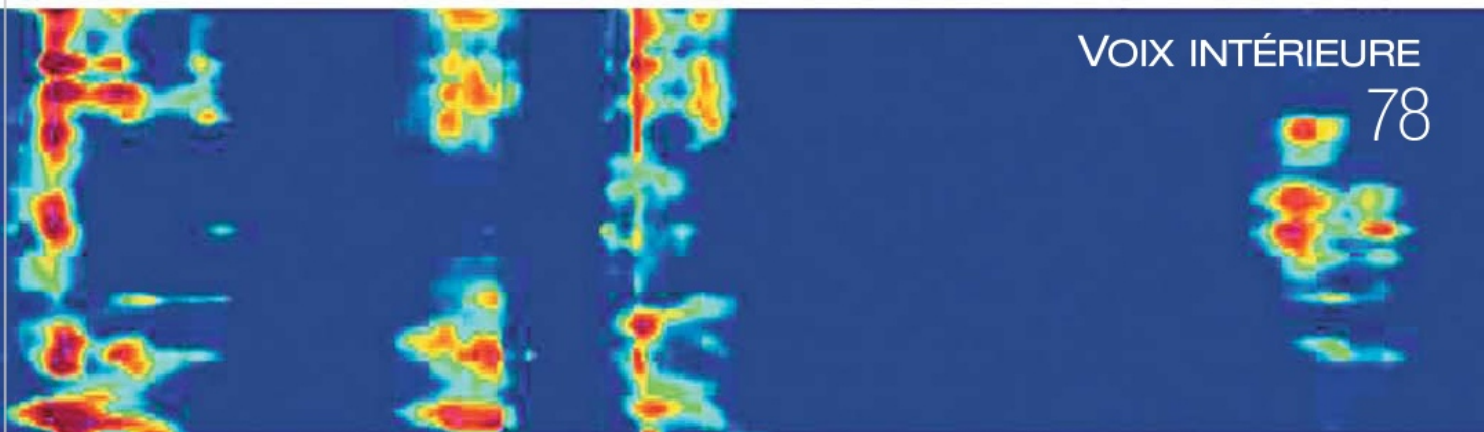
A consulter : les références de publications scientifiques et du dernier ouvrage de Jacques Thèze sur la force du système immunitaire.

EN SAVOIR PLUS

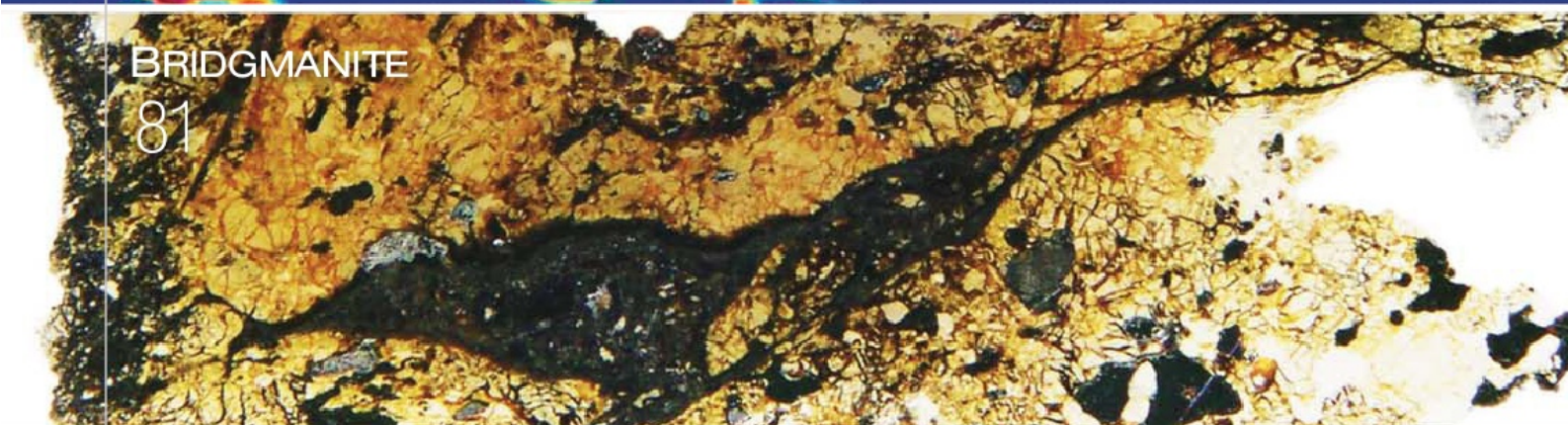
science-et-vie.com

& Science découvertes

VOIX INTÉRIEURE
78



BRIDGMANITE
81

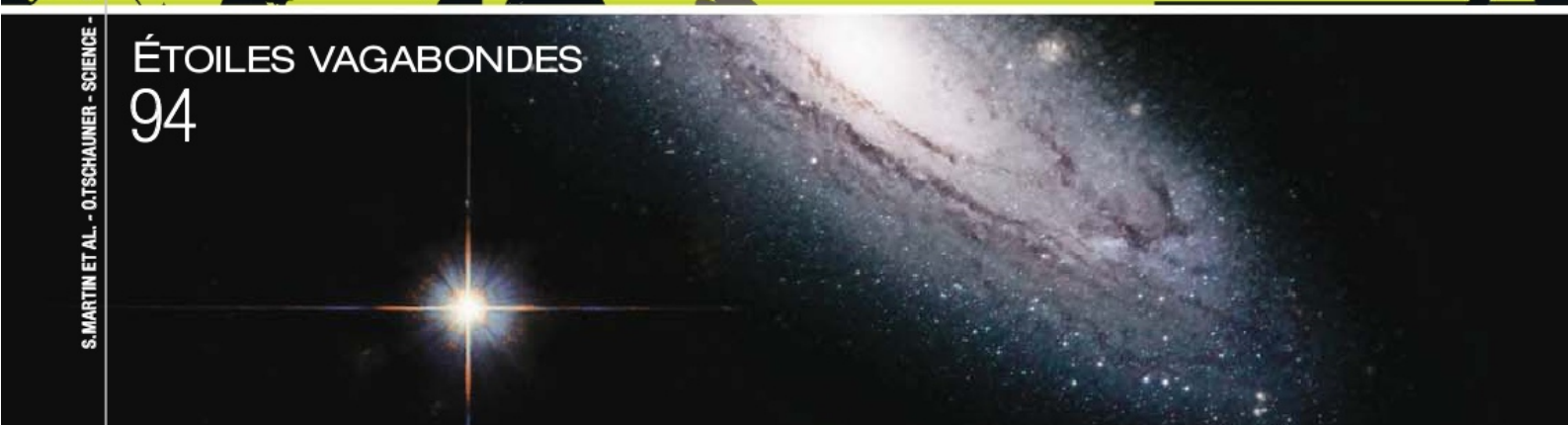


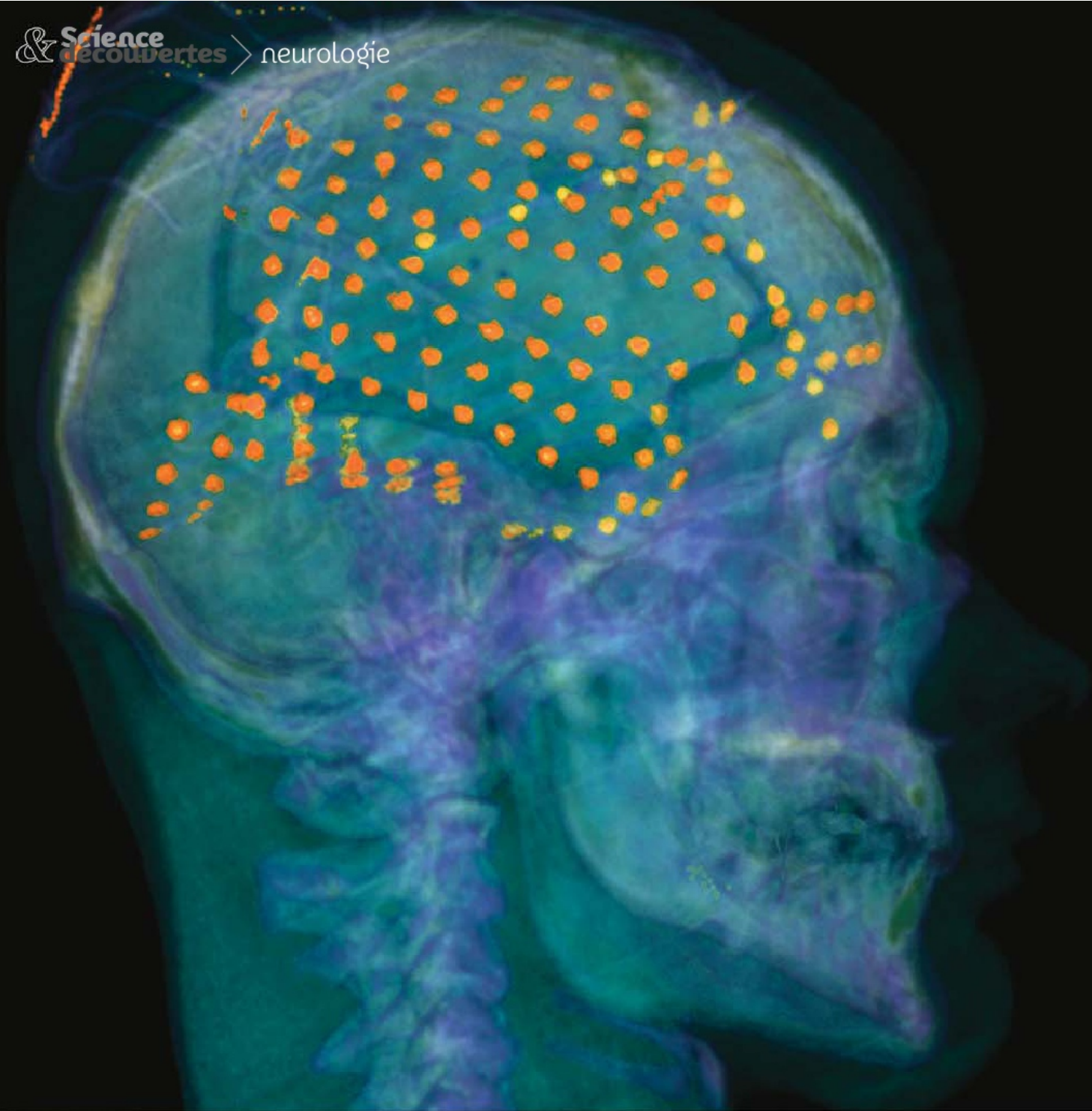
INSECTES
84



ESA/NASA
S. MARTIN ET AL. - O.TSCHAUNER - SCIENCE -

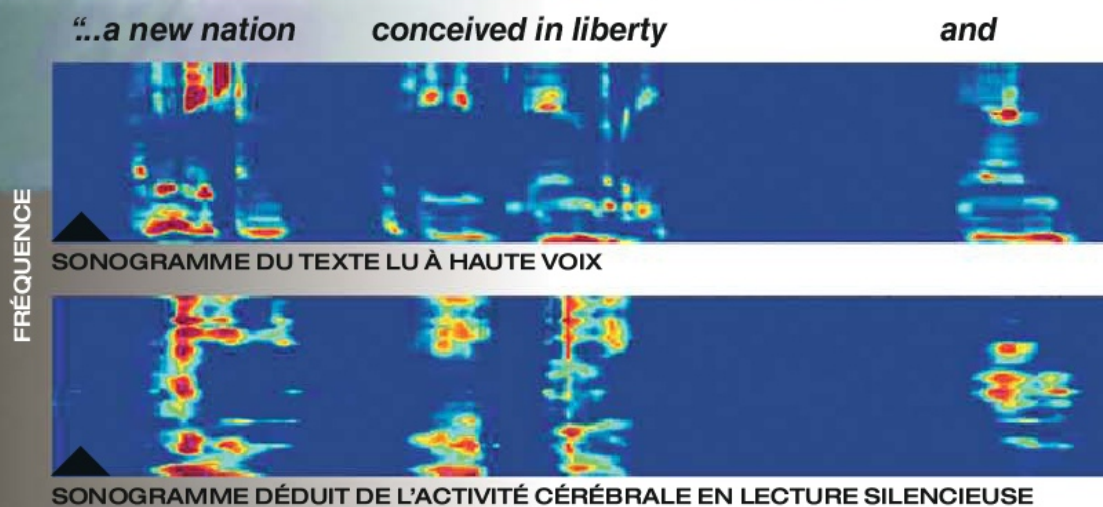
ÉTOILES VAGABONDES
94





LE SON DE LA VOIX INTÉRIURE RECRÉÉ

Equipés d'électrodes cérébrales (ci-dessus), des volontaires lisent un texte à haute voix. Le son de leur voix est traduit en sonogramme (ci-contre, en haut). Un sonogramme très proche (en bas) est déduit de l'activité cérébrale des volontaires lisant le même texte en silence.



Voix intérieure

Elle se fait enfin entendre

Restituer des sons à partir des signaux émis par le cerveau, c'est l'expérience inouïe d'un laboratoire de Berkeley. Son pari : rendre audible notre voix intérieure.

Par **Coralie Hancock**

Elle nous accompagne partout, tout le temps. Lorsque nous lisons un texte à voix basse, planifions les tâches du lendemain, cherchons la motivation pour arriver au bout d'un entraînement sportif, ou rêvassons...

Elle ? C'est notre voix intérieure, celle qui résonne dans notre tête sans qu'aucun son ne sorte de notre bouche, qui verbalise, silencieusement, bon nombre de nos pensées.

Cette voix, votre voix, vous êtes le seul à l'entendre. Du moins... pour l'instant.

Car à l'Institut de neurosciences Helen Wills, à Berkeley (Californie), des chercheurs ont un projet un peu fou. Celui de mettre au point

une machine capable d'énoncer le discours qui se joue dans notre tête, à l'aide de capteurs placés à la surface du cerveau.

Leur espoir : "rendre la parole" aux personnes qui l'ont perdue à jamais (lire "Enjeux") en remplaçant leur voix physiologique par leur voix mentale, préservée bien à l'abri de la boîte crânienne.

DES SONS RECONSTRUITS

Cette extraordinaire substitution, Brian Pasley, initiateur du projet, l'envisage depuis que son équipe a prouvé, en 2012, qu'il était possible de reconstruire, à partir du seul enregistrement de l'activité électrique cérébrale, les sons entendus par des patients épileptiques.

Pour ce type de patients,

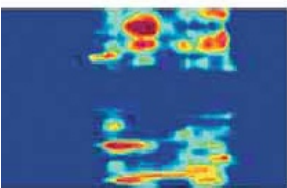
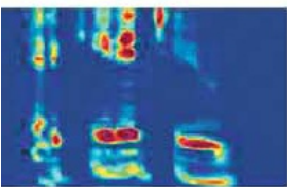
seule la neurochirurgie est efficace. Avant l'opération, afin d'identifier les zones responsables des crises, les neurochirurgiens implantent à la surface de leur cerveau, pendant 15 jours, des électrodes qui enregistrent leur activité cérébrale. C'est ce que l'on appelle l'électrocorticographie (EcoG).

"Nous avons profité de cet enregistrement préopératoire pour proposer à 15 patients de participer à nos recherches", explique Stéphanie Martin, qui travaille à l'Institut de neurosciences Helen Wills et au département de bioingénierie de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, en Suisse.

Les chercheurs ont ainsi fait écouter à leurs patients une

A. FLINCKER/UC BERKELEY - S. MARTIN ET AL.

dedicated to..."



Enjeux

Les personnes frappées par un "syndrome d'enfermement" (souvent suite à un AVC) ou muettes s'expriment via un clavier ou par le langage des signes. Une machine capable de décoder leur voix intérieure faciliterait leur communication.

→ série de mots et de phrases, et simultanément enregistré leur activité cérébrale. Puis, à l'aide d'une base de données associant divers sons à l'activité du cortex auditif, ils ont extrait de ces enregistrements le spectrogramme du son, soit la représentation graphique de la variation des fréquences sonores.

Un logiciel a alors reconstitué les phrases entendues à partir de cette représentation.

tuer 91 % de discours qu'ils lisaient à haute voix.

Une première étape nécessaire pour reconstituer la voix intérieure. Car les spécialistes des neurosciences se doutaient déjà que, dans le cerveau, voix sonore et voix silencieuse mobilisent en partie les mêmes réseaux de neurones.

En partie seulement. Si bien que lorsque les chercheurs ont tenté de produire le son

explique Brian Pasley. *Ensuite, notre connaissance sur les représentations auditives cérébrales est encore trop parcelaire. Mais j'ai bon espoir de parvenir rapidement à des résultats concluants.*

UNE MÉTHODE TROP INVASIVE

Reste un dernier obstacle, qui touche à l'électrocorticographie. Installer des électrodes sur la surface du cerveau de patients, avant de les retirer quelques jours plus tard, est tout sauf banal. *"Plusieurs groupes de chercheurs travaillent déjà à la mise au point d'implants permanents",* argue Brian Pasley.

Pendant que d'autres misent sur des techniques non invasives. Lui aussi spécialiste de l'analyse des enregistrements de l'activité cérébrale, Brian Murphy, à l'université de Belfast (Irlande du Nord), imagine ainsi mettre en œuvre la méthode de Brian Pasley via des réseaux d'électrodes simplement posées sur le cuir chevelu (électroencéphalographie, EEG). *"Le signal est moins bon, un peu comme si on écoutait son voisin à travers une cloison, mais l'EEG et l'EcoG enregistrent le même type de signal. Si on arrive à améliorer les enregistrements d'EEG, on pourra transférer les technologies mises au point avec l'EcoG",* avance-t-il.

Et si demain, nos casques audio se mettaient à fonctionner à l'envers, captant nos délibérations silencieuses pour les faire entendre alentour...

Notre voix intérieure nous aide à mieux apprendre

De nombreuses études montrent que la voix intérieure permet à tout un chacun d'améliorer ses capacités cognitives. D'abord en lecture : on comprend mieux un texte lorsqu'on le lit dans sa tête qu'à voix haute (voir S&V n°1053). En 2003, des chercheurs ont montré que la petite voix à l'intérieur de notre tête nous permet aussi de nous représenter mentalement la tâche à venir, ce qui facilite la transition d'une occupation à l'autre. Mieux, elle nous aide à résoudre des problèmes ; au point que si elle est perturbée – par l'attention portée au bruit ambiant, notamment –, nos performances en sont alors affectées.

"Les sons reconstruits correspondent bien aux mots que le patient a entendus. Certes, ils sont un peu déformés, mais on peut aisément les comprendre", s'enthousiasme Stéphanie Martin.

Si des voix extérieures sont "décodables" dans le cerveau de celui qui écoute, sa propre voix intérieure ne pourrait-elle pas l'être également, se sont demandé les chercheurs ?

Après deux ans d'effort, les résultats, publiés au printemps dernier, sont prometteurs.

L'équipe de Brian Pasley, avec la même technique, a d'abord montré, avec 7 nouveaux patients épileptiques, qu'il était possible de resti-

correspondant aux mêmes discours lus, cette fois, silencieusement... impossible de comprendre ce qui sortait des haut-parleurs.

"Le spectrogramme que nous reconstituons n'est semblable au spectrogramme original [lecture à haute voix] qu'à 55 %", détaille Stéphanie Martin. Suffisant pour attester que la méthode est bonne... mais insuffisant pour qu'elle tienne toutes ses promesses. Du moins à ce stade.

"Nous sommes limités par le nombre d'électrodes, choisies pour les seuls besoins de la chirurgie. En augmentant leur densité, on devrait améliorer la qualité des enregistrements,

A consulter : l'étude de Berkeley, une synthèse sur la voix intérieure, une vidéo sur le décodage cérébral.

**EN
SAVOIR
PLUS**

science-et-vie.com

Bridgmanite

Voici le minéral
le plus abondant
sur Terre

Le manteau de la Terre est constitué à 38 % de bridgmanite, un matériau inaccessible et hautement instable que les géologues traquaient en vain. Jusqu'à ce fragment... tombé du ciel.

Par **Vincent Nouyrigat**

Aucun doute, c'est bien elle: un atome de magnésium, un atome de silicium, trois atomes d'oxygène, le tout agencé dans une structure cristalline parfaitement compacte. *"Nous tenons enfin un échantillon naturel de bridgmanite!"*, jubile Chi Ma, spécialiste en minéralogie au California Institute of Technology (États-Unis).

Repère

Les scientifiques n'ont qu'une vision superficielle de la Terre : le forage le plus profond jamais percé, dans la péninsule de Kola (Russie), ne fait jamais que 12,2 km, quand le rayon moyen de la Terre atteint 6 371 km. Il arrive que des matériaux présents à quelques centaines de kilomètres remontent à la surface grâce aux volcans... Mais trouver des extraits du manteau inférieur relève du Graal géologique.

O.TSCHAUNER



^ Cette météorite a subi des pics de pression comparables à ceux qui, au cœur de la Terre, génèrent de la bridgmanite (flèche).

La bridgma-quoi ? Vous êtes, nous sommes tous impardonnables. Car cette appellation, digne d'une marque de dentifrice, désigne en réalité le minéral le plus abondant de notre planète. Ce matériau constitue à lui seul 38 % du volume de la Terre et gouverne par ses propriétés physico-chimiques les mouvements de convection du manteau terrestre... Un phénomène moteur de la tectonique des plaques – excusez du peu.

UN DEMI-SIÈCLE DE QUÊTE

L'abondance statistique de bridgmanite laisse penser qu'il suffirait de se pencher n'importe où pour en ramasser un spécimen et l'enfourer dans sa poche comme si de rien n'était. Mais non. Les

géologues courent désespérément après ce minéral capital depuis plus d'un demi-siècle, sans jamais en trouver. Tout en sachant que son existence ne fait aucun doute, soulève Denis Andrault du Laboratoire magmas et volcans (Clermont-Ferrand): *"Sa présence est attestée par la vitesse de propagation des ondes sismiques, la théorie sur la formation de la Terre, les expériences en laboratoire, les modèles numériques; tout concorde."*

Paradoxal ? Incompréhensible ?

Cette situation est facilement explicable: la bridgmanite n'apparaît qu'à partir de





OLIVIER **TSCHAUNER**
Spécialiste de minéralogie,
université du Nevada (Etats-Unis)

*Il nous a fallu cinq ans pour
obtenir une preuve satisfaisante
de la présence de bridgmanite*

→ 660 km de profondeur, sous des pressions dantesques de 230 000 bars! Un lieu évidemment inaccessible à nos yeux et à nos forages.

Quelques échantillons auraient certes pu remonter à la surface, piégés par exemple dans des diamants... Seulement, ce minéral se montre hautement instable sous les conditions habituelles de surface: la décompression est fatale à sa structure. A ce jour, donc, aucun échantillon naturel intact n'avait encore pu être récupéré.

Chi Ma et ses collègues américains n'ont pas eu plus de chance. En fait, ces chercheurs ont opté pour une voie alter-

native: l'analyse de météorites (voir encadré ci-dessous). Plus précisément, l'étude d'une météorite tombée en 1879 dans le bush australien et connue pour avoir subi des chocs ultra-violents durant son séjour dans le système solaire.

"Tenham L6", c'est son nom, aurait ainsi encaissé des pics monstrueux de pression susceptibles d'avoir généré de la bridgmanite. L'environnement spatial glacial se chargeant ensuite de figer le minéral dans sa structure.

Facile à dire! Déceler ces quelques traces de bridgmanite fut un travail de titan. Car en plus de la taille infime des feuillets, inférieure à 250 nano-



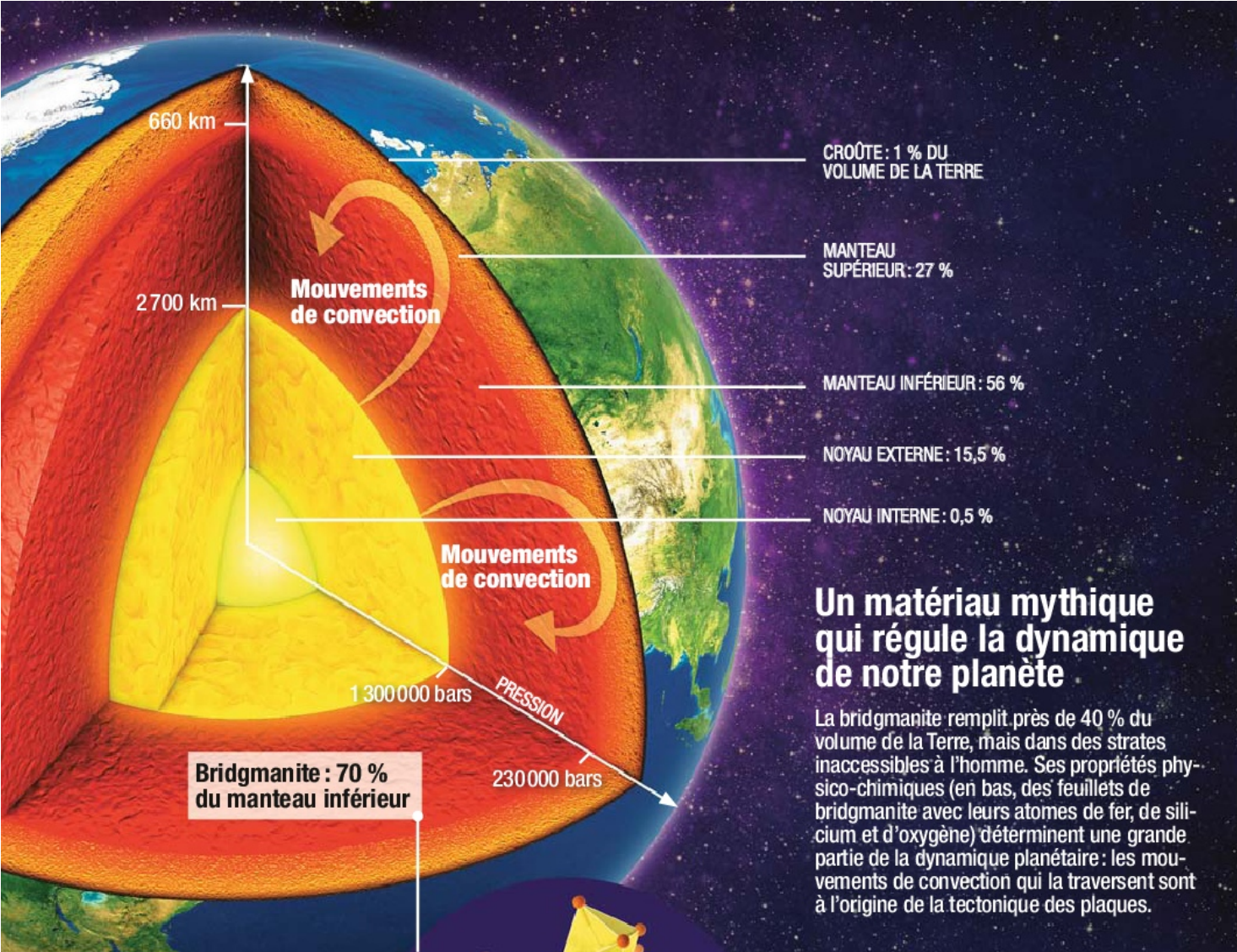
mètres, ce minéral très instable se révèle rebelle à l'analyse.

"Il se vitrifie sous l'effet du faisceau d'électrons de nos microscopes électroniques, ce qui explique sans doute les échecs passés, témoigne Olivier Tschauner (université du Nevada), qui a participé à ces recherches. Nous avons rencontré beaucoup de difficultés, essayé de nombreuses approches différentes, et finalement opté pour l'utilisation de rayons X à courte longueur d'onde au sein d'un synchrotron. Au total, il aura fallu cinq années pour obtenir une preuve satisfaisante de sa présence."

Cette laborieuse révélation aura au moins permis à l'Association internationale de minéralogie de donner un nom officiel à ce composé,

Et si les météorites permettaient de mieux comprendre le cœur de la Terre?

Bridgmanite, ringwoodite... Ces minéraux terrestres présents à des centaines de kilomètres de profondeur ont été découverts dans des météorites! De fait, les chocs dont ont été victimes ces petits objets célestes ont créé les conditions de leur apparition. Cette voie de recherche prometteuse permettra-t-elle d'accéder aux tréfonds de la planète, éventuellement jusqu'au noyau dont la composition fait aujourd'hui débat? *"L'étude des météorites à ses limites, avertit Thomas Sharp (université de l'Arizona). Car de très fortes pressions lors d'un choc créent des températures si élevées qu'elles feraient fondre les roches."* La récupération d'échantillons devient dès lors quasi impossible. *"Certains affirment avoir retrouvé des minéraux venant de météorites martiennes ayant subi des chocs de 500 000 à 700 000 bars", relève Olivier Tschauner, de l'université du Nevada. Mais les pressions régnant à la limite du noyau dépassent le million de bars. "De tels niveaux ne sont atteints que lors des plus grands impacts météoritiques", prévient le chercheur.*



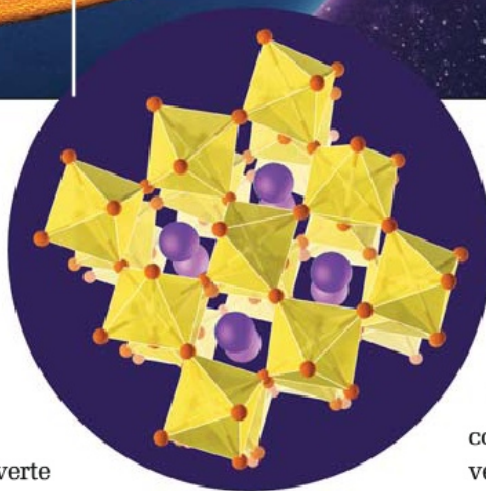
Un matériau mythique qui régle la dynamique de notre planète

La bridgmanite remplit près de 40 % du volume de la Terre, mais dans des strates inaccessibles à l'homme. Ses propriétés physico-chimiques (en bas, des feuillets de bridgmanite avec leurs atomes de fer, de silicium et d'oxygène) déterminent une grande partie de la dynamique planétaire: les mouvements de convection qui la traversent sont à l'origine de la tectonique des plaques.

jusqu'ici baptisé "(Mg,Fe) SiO₃-perovskite". Ladite institution exige en effet de disposer d'un exemplaire naturel, composition chimique et structure intactes.

UN GOÛT D'INACHEVÉ

L'intérêt d'une telle découverte peut paraître symbolique, voire anecdotique à l'heure où les laboratoires arrivent à produire sans mal des échantillons synthétiques de bridgmanite grâce à des cellules à enclume de diamant. Disposer de feuillets naturels est pourtant loin d'être anodin: "Notre échantillon révèle la présence de certains éléments-traces au sein de la structure cristalline, ce qui va permettre d'affiner nos modèles", révèle Chi Ma.



De fait, ces éléments chimiques mineurs sont soupçonnés d'influencer les propriétés de la bridgmanite. "Ses caractéristiques d'élasticité ou de conductivité thermique suscitent aujourd'hui de grands débats", reconnaît Denis Andrault. Des débats d'autant plus virulents que l'essentiel de la dynamique planétaire est ici en jeu.

Ces quelques feuillets de bridgmanite devraient per-

mettre de valider et préciser les travaux menés actuellement en laboratoire.

Reste que la découverte de cet échantillon naturel dans une météorite laisse un léger goût d'inachevé.

Une poignée de chercheurs, comme Masaaki Miyahara (université d'Hiroshima), espère toujours trouver de véritables extraits du manteau terrestre. Un exploit très improbable, sans pour autant être tout à fait impossible: il y a quelques mois, contre toute attente, des scientifiques ont en effet trouvé un morceau de ringwoodite (S&V n° 1162, p. 71) venu de plus de 400 km de profondeur.

Avec une bonne dose de patience et un soupçon de chance, les secrets intimes de la planète commencent à se dévoiler.

A consulter: la publication qui scelle l'existence officielle de la bridgmanite.

science-et-vie.com

EN SAVOIR PLUS

Insect

Leur folle diversité enfin mise en ordre

600 familles, 29 ordres, plus d'un million d'espèces ! Il aura fallu une centaine de biologistes et de généticiens pour venir à bout de ce casse-tête et doter enfin les insectes d'un arbre généalogique précis... qui remonte à la conquête de la terre ferme, il y a 479 millions d'années.

Par **Emilie Rauscher**

On leur prête peu attention, sauf pour les écraser sous le talon... A tort, car aucun autre groupe animal ne mérite plus notre respect – à tout le moins notre intérêt.

Les insectes, puisqu'il s'agit d'eux, ce sont 80 % des animaux connus; plus d'un million d'espèces recensées, organisées en 600 familles

et 29 ordres. Ils ont colonisé tous les climats, tous les milieux, et ont été les premiers à le faire. Ce que nous écrasons négligemment appartient donc au seul groupe qui a traversé l'histoire de la vie sur la terre ferme depuis ses débuts il y a 500 millions d'années.

Depuis le XVIII^e s. et le premier classement du naturaliste Carl von Linné, les chercheurs

essaient de comprendre leur organisation. Par esprit de synthèse, mais aussi parce que cela éclairerait l'évolution de tout le vivant tant blattes ou abeilles ont façonné les écosystèmes.

Sauf que dessiner cet arbre est un casse-tête: bien des familles ont vu leurs liens changer au fil des découvertes, quand elles ne restent pas "flotantes". D'où l'importance du



es

nouvel arbre qui vient d'être publié. Réalisé par une centaine de chercheurs coordonnés par Bernhard Misof, du Centre de recherche sur la biodiversité moléculaire du Muséum Alexandre-Koenig de Bonn (Allemagne), ce travail pluridisciplinaire est d'une ampleur inégalée. Surtout, comme le souligne André Nel, paléontomologiste au →

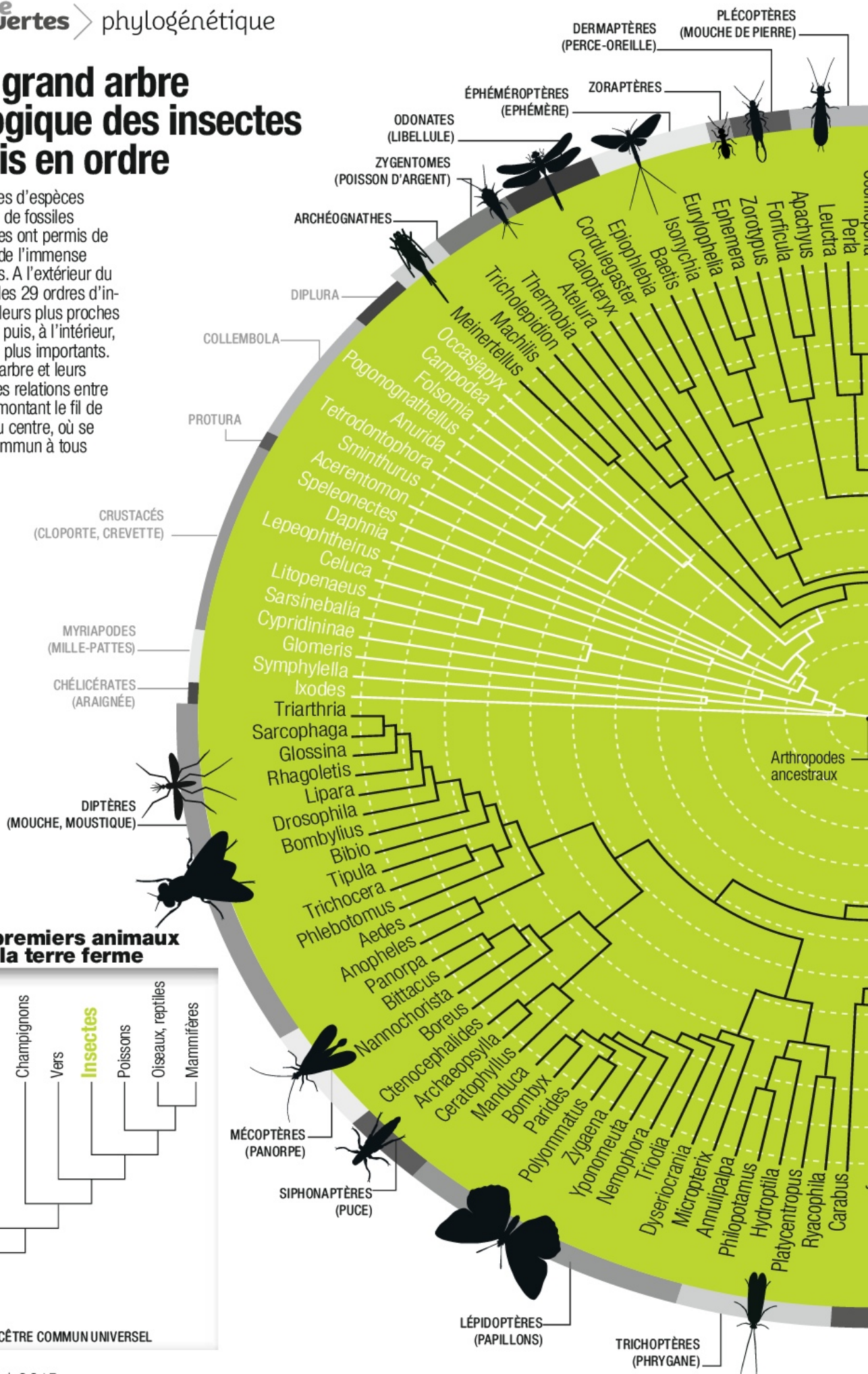
Repères

Avec 1 million d'espèces connues, les insectes constituent le groupe animal le plus abondant sur la planète – loin devant les poissons (30 000 espèces), les oiseaux (10 000 espèces) et les mammifères (5 400 espèces). Ce groupe très diversifié est caractérisé par 6 pattes (ce sont des hexapodes) et un corps en 3 parties : tête, thorax, abdomen. Araignées, vers ou mille-pattes n'en font donc pas partie.

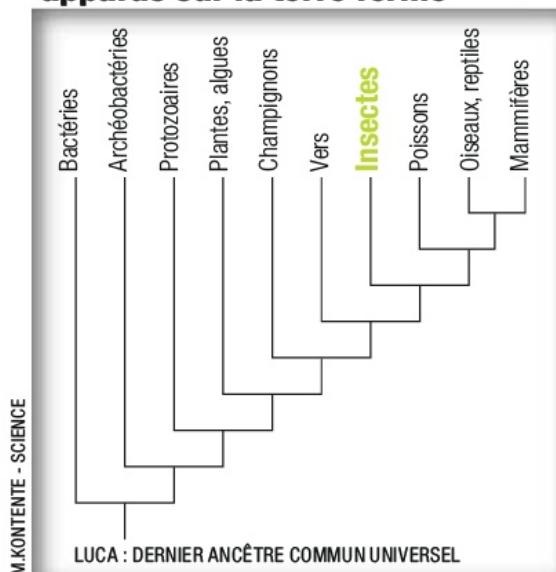
SCIENCE

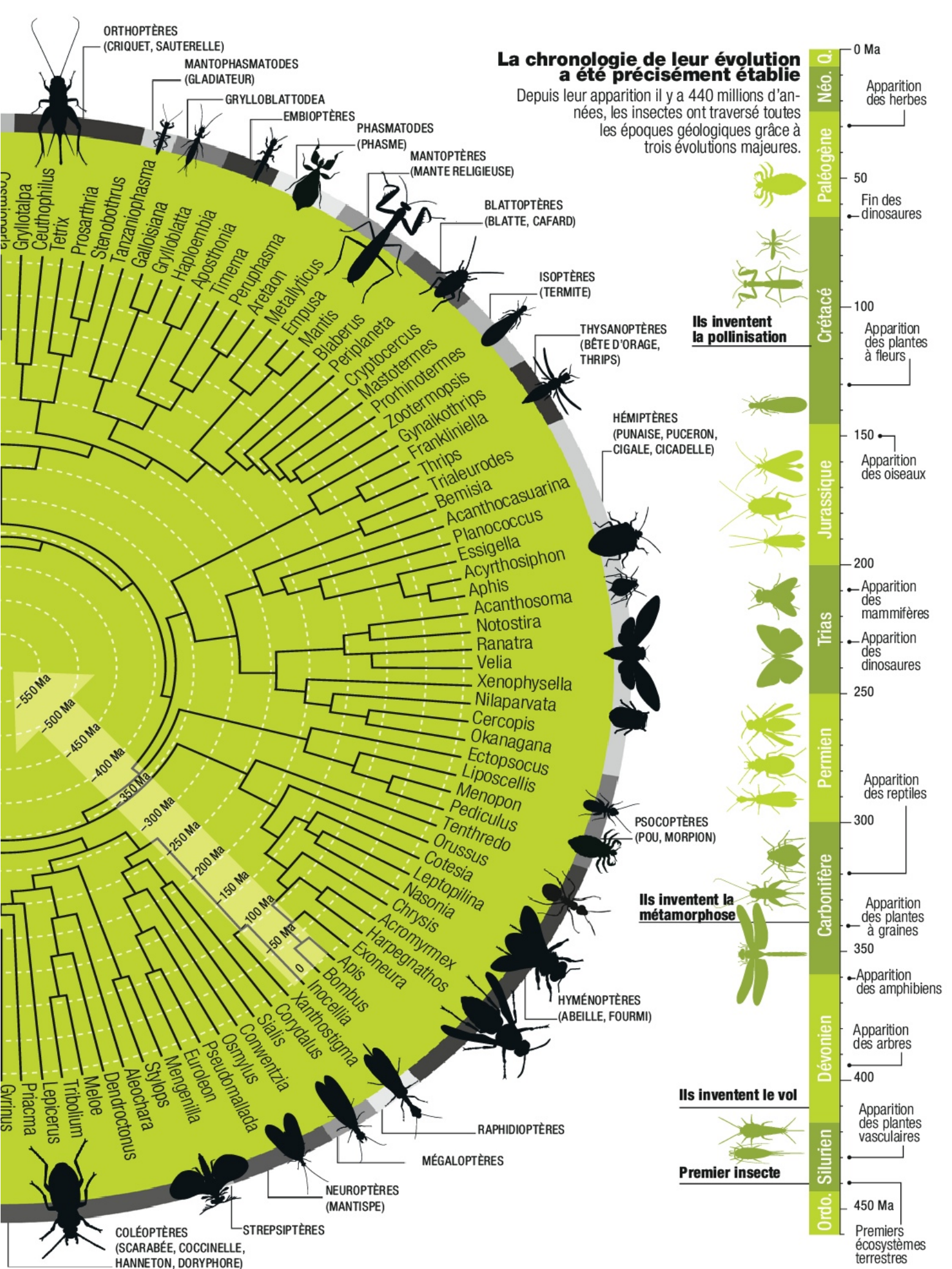
Voici le grand arbre généalogique des insectes enfin mis en ordre

Analyses génétiques d'espèces contemporaines et de fossiles d'espèces disparues ont permis de dessiner un arbre de l'immense classe des insectes. A l'extérieur du cercle, sont notés les 29 ordres d'insectes (en noir) et leurs plus proches parents (en blanc), puis, à l'intérieur, les 146 genres les plus importants. Les branches de l'arbre et leurs nœuds montrent les relations entre ces groupes en remontant le fil de l'évolution jusqu'au centre, où se trouve l'ancêtre commun à tous ces arthropodes.



Ce sont les premiers animaux apparus sur la terre ferme





→ Muséum national d'histoire naturelle de Paris, *"il donne un nouveau point zéro sur la phylogénie et la reconstruction de l'histoire évolutive des insectes"*. Et leur interminable généalogie est enfin dotée d'une ossature solide, avec des datations et des liens de parenté précis.

TROIS INVENTIONS MIEUX DATÉES

Les recoupements moléculaires permettent d'estimer l'apparition des hexapodes, et donc des premiers ancêtres des insectes, à 479 millions d'années (Ordovicien), alors que se formaient à peine les premiers écosystèmes terrestres. Les insectes eux-mêmes ont émergé il y a 440 millions d'années. Et leur succès ne s'est jamais démenti. Car quand on parle de 6 extinctions massives des animaux, eux n'en ont connu que... 3 moyennes! Un tour de force qui repose sur trois inventions, désormais mieux datées.

Le vol d'abord, que les aïeux des libellules sont les premiers à maîtriser il y a 406 millions d'années (Dévonien), alors que les écosystèmes commencent à se développer.

La métamorphose ensuite, qui, à l'instar de l'asticot devenant mouche, bouleverse la

morphologie de l'animal à maturité. Elle serait primitivement apparue il y a 345 millions d'années (Carbonifère) chez les holométaboles, pour vraiment se répandre au Crétacé.

Enfin, dernier coup de génie: la pollinisation et la coévolution avec les plantes à fleurs qui vont accompagner l'explosion des hyménoptères (abeilles), diptères (mouches) et lépidoptères (papillons) au Crétacé.

Le nouveau tracé du parcours évolutif des insectes permet aussi de mieux cerner leurs ancêtres communs. Ephémères et libellules auraient ainsi eu un même parent il y a 360 millions d'années. Quant aux poux et autres parasites, la polémique est relancée: ils ne seraient pas nés il y a 150 millions d'années, mais 50 millions.

Les chercheurs ne comptent pas s'arrêter là. Avec encore plusieurs millions d'espèces à découvrir, ce nouvel arbre sera un outil incontournable. Voici 6 grands vainqueurs du grand combat de l'évolution.

A parcourir : la publication et le site de l'équipe (en anglais).
A découvrir : les collections du MNHN.

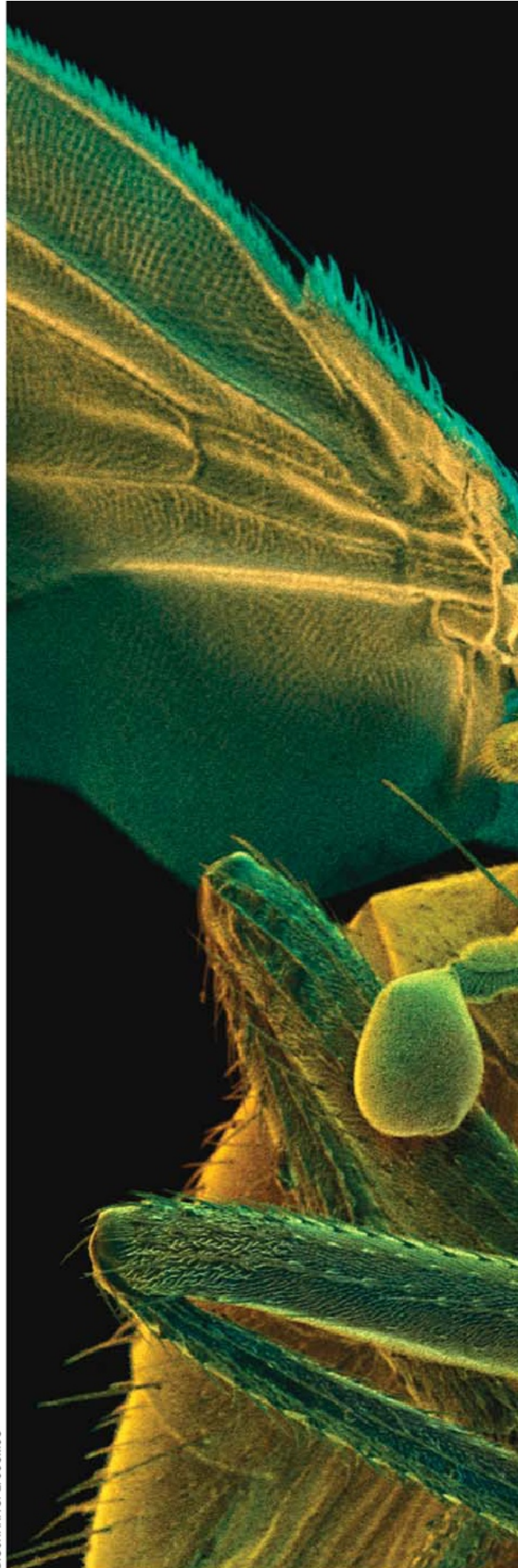
★
EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com

Une immense étude pluridisciplinaire

C'est un travail d'une ampleur peu commune: une centaine de biologistes moléculaires, bio-informaticiens, statisticiens, généticiens et paléontologues ont travaillé à la réalisation de cet arbre. 37 fossiles, complets uniquement, ont été étudiés. L'ADN de 103 espèces appartenant à tous les groupes connus a été analysé, et 1 478 gènes communs ont été traqués dans les génomes de 12 espèces de référence représentant les familles les plus importantes: l'accumulation des différences d'une lignée à l'autre permettant d'évaluer leur lien de parenté. Les fossiles donnent un ancrage et une datation physiques. L'arbre est le fruit de ces deux types de données.

D. SCHARF/SPL/COSMOS





LA MOUCHE



Ses ancêtres ont inventé le vol

Les mouches et les 150 000 espèces de diptères (moustiques...) ont développé une paire d'ailes repliables dans le dos. Apparues bien avant elles, les libellules et les 8 000 autres espèces de paléoptères (éphémères...) se distinguent pour leur part par deux paires d'ailes rigides et non coordonnées – d'où leur vol si particulier. Mais c'est leur ancêtre commun qui, il y a plus de 400 millions d'années, s'est, le premier, inventé des ailes en modifiant sa carapace. Une prouesse évolutive décisive pour coloniser de nouveaux espaces et s'affranchir des prédateurs restés, eux, au sol.



LE POU

Il triomphe par le parasitisme

Le pou est bien connu des enfants et des parents. Le morpion jouit aussi d'une grande notoriété. Mais de nombreux autres insectes ont développé cette stratégie visant à s'installer à demeure chez un hôte pour s'en nourrir. On dénombre ainsi 90 000 espèces de parasitoïdes chez les insectes – dont 70 000 chez les hyménoptères (surtout des guêpes), qui exploitent leur hôte jusqu'à ce que mort s'en suive. Une stratégie qui leur a ouvert là encore de nouveaux "territoires", entraînant des innovations uniques en termes de développement et de mode de reproduction.

POWER&SYRED/SPL/COSMOS - S.GSCHMEISSNER/SPL/COSMOS





LE SCARABÉE



Sa famille bat des records de diversité

Scarabée, coccinelle, hanneton... les coléoptères regroupent à eux seuls 500 000 espèces ! Cet ordre apparu il y a 300 millions d'années est le plus vaste parmi les insectes, qui forment la classe la plus vaste du vivant. Comment expliquer cette diversité ? Par leur stabilité. Car le taux de diversification des insectes n'est pas beaucoup plus important que celui des autres espèces. Mais là où celles-ci se multiplient et disparaissent, eux créent de nouvelles espèces qui durent ! Des groupes apparus il y a plus de 200 millions d'années sont toujours là : petits, avec une descendance nombreuse, adaptés à tous les milieux, ils ont traversé à moindres frais les grandes extinctions...



L'ABEILLE

Elle est la reine de la pollinisation

L'abeille est capable de porter jusqu'à 500 000 grains de pollen et 70 % des plantes à fleurs dépendent aujourd'hui d'elle pour leur pollinisation.

Il y a 250 millions d'années, des gymnospermes, comme le sapin, bénéficiaient déjà des services des coléoptères. Mais dès leur apparition, il y a 140 millions d'années, les plantes à fleurs ont trouvé dans les hyménoptères (abeilles...) le partenaire idéal. Et leur relation est si serrée qu'elle est devenue une coévolution. Les innovations morphologiques étant parfois si spécifiques que les deux partenaires ne peuvent plus se passer l'un de l'autre...



LE PAPILLON

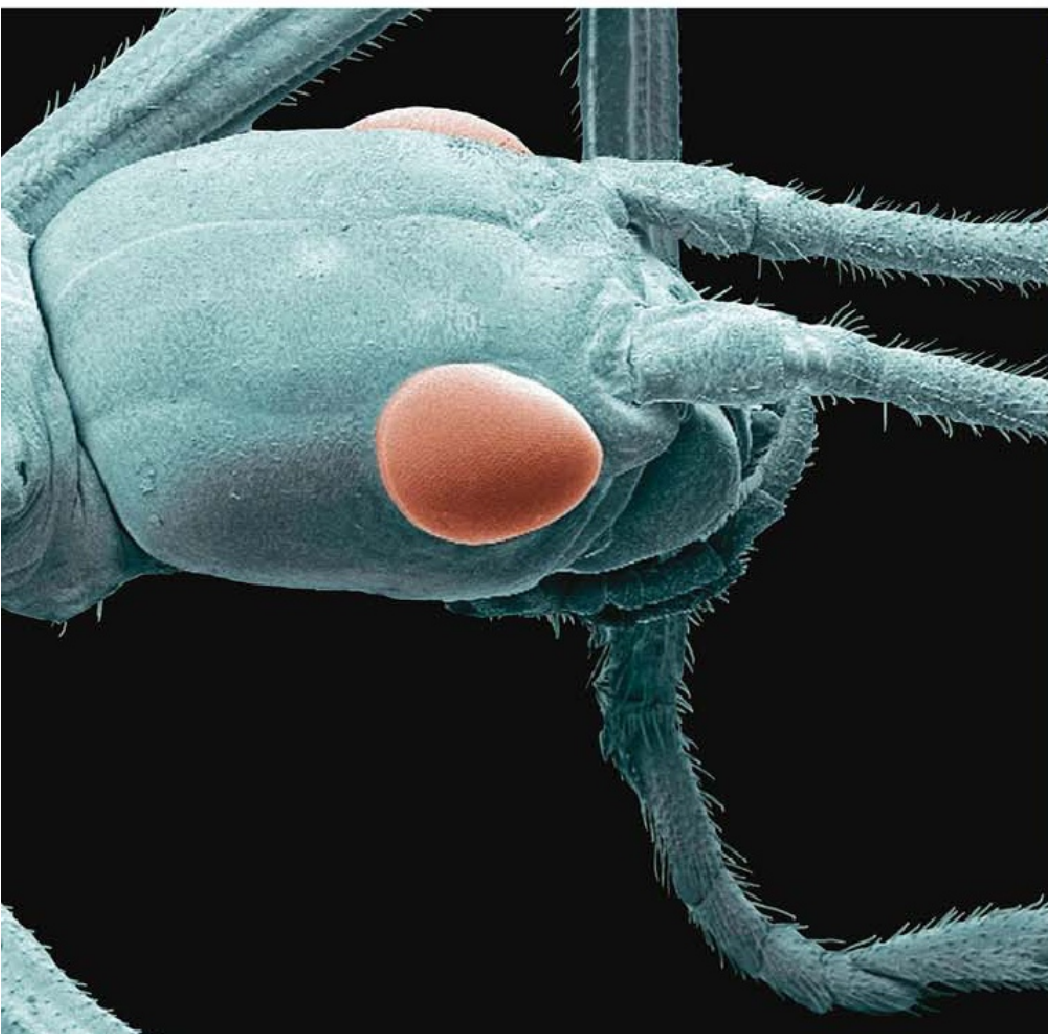
Il est le champion de la métamorphose

La métamorphose de la chenille en papillon est la plus spectaculaire. Mais tous les insectes appartenant au superordre des holométaboles (des coléoptères aux diptères, soit 900 000 espèces tout de même) ont poussé à l'extrême cette capacité à se transformer entièrement en passant de larve à adulte. Un art vieux de plus de 345 millions d'années. Pourquoi un tel succès, malgré la vulnérabilité qu'elle entraîne lorsque la nymphe s'enferme dans son cocon ? Parce que face à des ressources limitées, elle permet d'utiliser deux milieux différents selon le stade de développement. Et d'éviter ainsi de se retrouver en compétition.



S.GSCHMEISSNER/SPL/COSMOS - USGS





LE PHASME

L'art parfait du camouflage

Parmi les phasmes et les 3000 espèces de cet ordre apparu il y a 130 millions d'années, certains ressemblent à des feuilles, d'autres à des brindilles. Une stratégie de camouflage que de nombreux autres insectes (mante, punaise, sauterelle, papillon...) ont déployée, tant les adultes que leurs larves. La diversité des milieux colonisés a ainsi entraîné une palette inépuisable de formes et de couleurs, voire une tendance à la transparence ou aux déplacements spécifiques. Certains imitant même des prédateurs connus, afin d'éviter leurs propres prédateurs ou de tromper leurs proies.

La moitié des étoiles seraient vagabondes

On croyait l'espace intergalactique noir et vide... Il serait en fait peuplé d'une infinité d'astres solitaires, arrachés à leur galaxie lors de violentes collisions.

par **Mathilde Fontez**

Non, l'Univers ne serait pas une vaste étendue de vide et d'obscurité, peuplée de quelques îlots de lumière et de chaleur. Il serait en fait empli d'astres brillants.

Il y en aurait partout. Bien au-delà des frontières des galaxies. Entre les brillantes spirales et les éblouissantes elliptiques vogueraient une multitude d'étoiles orphelines, arrachées à leur foyer

et propulsées dans le noir de l'espace intergalactique.

Après des siècles d'observation du ciel, alors que des télescopes toujours plus affûtés parviennent à deviner la silhouette de minuscules exoplanètes... des milliards et des milliards d'étoiles resteraient cachées.

La révélation a été faite en décembre dernier par des astrophysiciens de l'université de Californie. Ces derniers ont étudié les données collectées par les caméras d'une petite fusée nommée *Ciber* qui s'est extraite quatre fois, en 2009, 2010, 2012 et 2013, de l'aveuglante atmosphère de la Terre pour mesurer une lumière baignant tout le ciel : le rayonnement de fond infrarouge.

Ce signal – qui, comme son nom l'indique, se situe dans

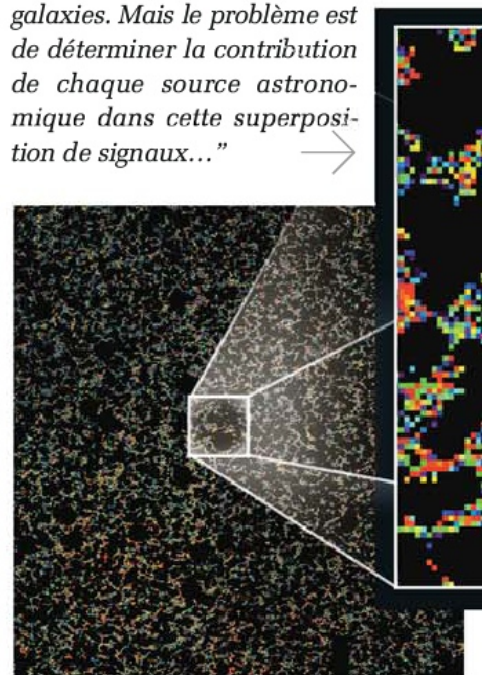
les longueurs d'onde tout juste supérieures à celles de la lumière visible –, les astronomes essaient de le démêler depuis qu'ils l'ont découvert en 1996, dans les données enregistrées par le satellite *Cobe*.

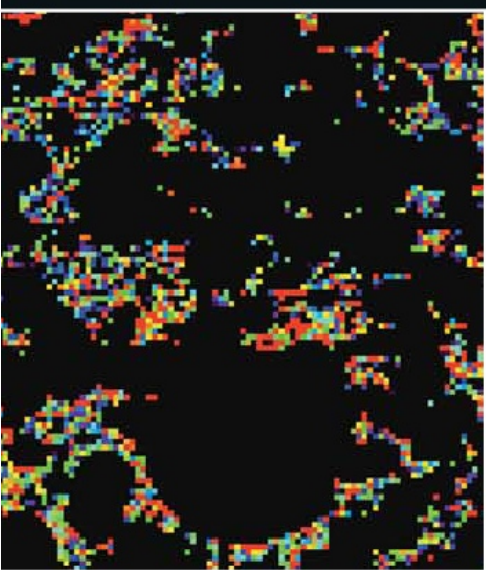
“C'est un signal très précieux, commente Hervé Dole, spécialiste du sujet à l'Institut d'astrophysique spatiale d'Orsay. Le fond diffus infrarouge est la somme des rayonnements de toutes les étoiles de l'Univers. Il encode toute l'histoire des galaxies. Mais le problème est de déterminer la contribution de chaque source astronomique dans cette superposition de signaux...” →

Repères

Les étoiles sont organisées en galaxies. S'attirant les unes les autres, elles se structurent en amas, eux-mêmes rassemblés en superamas qui s'étendent sur des centaines d'années-lumière. En dehors de ces îlots de matière, l'Univers est vide, ou presque : sa densité n'est que d'une dizaine d'atomes par mètre cube. Du moins le pensait-on jusqu'ici...

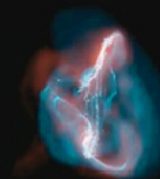
M. ZEMCOV ET AL. - ESA/NASA





< LE SIGNAL
QUI PROUVE QUE
L'UNIVERS EST
REPLI D'ÉTOILES
EXILÉES

Entre 2009 et 2013, la fusée *Ciber* a capté la lumière infrarouge qui baigne le ciel. Une fois ce signal nettoyé de la lumière des étoiles, des galaxies connues, des poussières (zones noires), des fluctuations apparaissent (couleurs) : elles signent l'existence d'une population d'étoiles errant en dehors des galaxies.



Des astres expulsés lors de chocs entre galaxies

Lorsque deux galaxies entrent en collision (ici, une simulation avec les galaxies des Antennes), elles commencent par se tourner autour avant de fusionner, formant de gigantesques gerbes d'étoiles (en bleu) qui sont propulsées dans l'espace intergalactique.

→ L'une des composantes de ce rayonnement, en particulier, concentre les efforts des astronomes : la lumière des premières galaxies de l'Univers, ces amas d'étoiles nés quelques centaines de milliers d'années seulement après le big bang.

“Les analyses des observations du télescope spatial Spitzer [qui scrute l'Univers dans les longueurs d'onde infrarouges depuis 2003] montrent qu'à grande échelle, les fluctuations de ce rayonnement de fond ne peuvent être

reliées à aucune population connue de galaxies, explique Harvey Moseley, spécialiste du sujet à la Nasa. Elles ont donc été interprétées comme provenant des galaxies qu'on ne voit pas : les galaxies primordiales.”

Restait à le confirmer... C'était l'objectif de la fusée Ciber lorsqu'elle s'élança pour la première fois en 2009 : les deux télescopes qu'elle embarquait étaient spécialisés dans la détection de lumière à 1,1 et 1,6 micromètre, des longueurs d'onde infrarouges proches de la lumière visible et inaccessibles pour le télescope Spitzer. A ces longueurs d'onde, les spécialistes de l'Univers primordial pensaient que la lumière des premières galaxies avait dû être absorbée par les nuages d'hydrogène qui les entouraient alors.

Tout indiquait donc que la petite fusée allait mettre en évidence une baisse d'intensité lumineuse, confirmant ainsi que l'on avait capté un signal vieux de 13,5 milliards d'années...

UN ÉTRANGE SIGNAL LUMINEUX

Sauf que dès qu'ils commencent à analyser les données du deuxième vol de la fusée en 2010 (le premier ayant échoué à cause d'un problème technique), les membres de la mission Ciber s'aperçoivent que quelque chose ne va pas.

“Contre toute attente, nous avons trouvé une augmentation de la puissance : un excès de signal totalement imprévu”, raconte Jamie Bock, qui a dirigé l'expérience au California Institute of Technology (Caltech) et au Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la Nasa. “Ce n'est pas tous les jours qu'on observe quelque chose d'inattendu... On a tout de suite été très excité!”, se souvient Michael Zemcov, qui a coordonné l'analyse des mesures au Caltech.

En 2012, Ciber s'envole de nouveau et... ses caméras confirment l'étrange signal. “A ce moment-là, ça a commencé à devenir réel”, poursuit Michael Zemcov. En 2013, même résultat... Les chercheurs vérifient

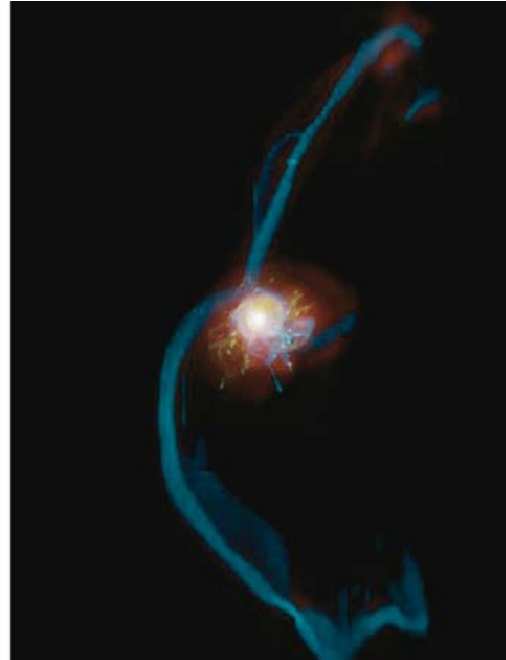
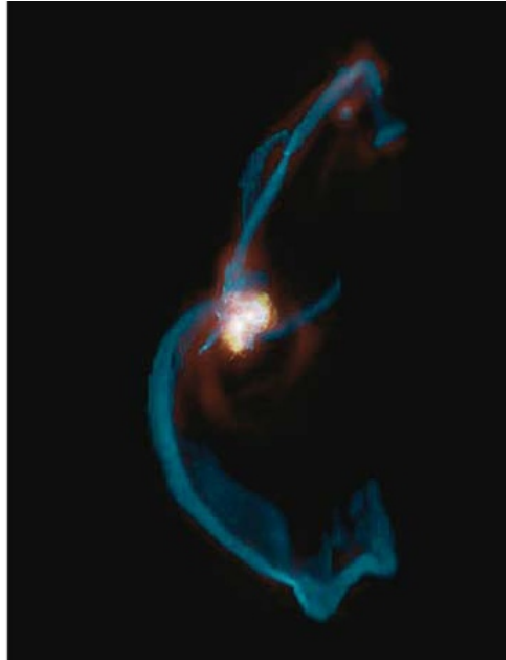
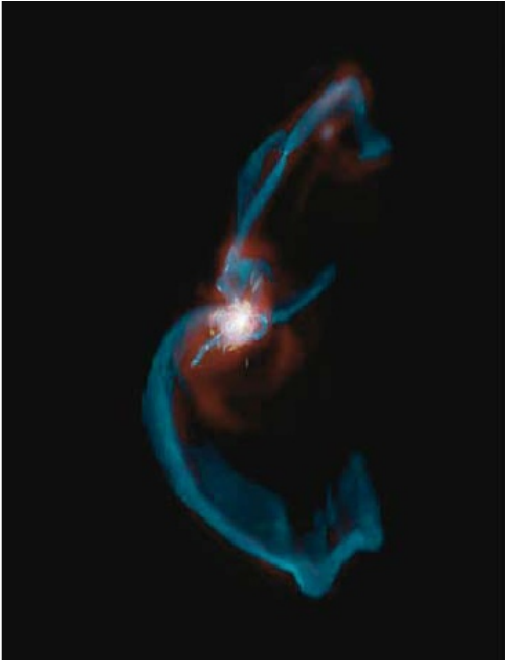
RENAUD/CEA - D.R.



MICHAEL ZEMCOV

Astrophysicien, coordinateur de l'analyse des mesures de Ciber

Ce n'est pas tous les jours qu'on obtient un résultat inattendu... On était très excité par ce signal !



toutes les erreurs instrumentales possibles. Pas de doute: aussi surprenant soit-il, le résultat est solide.

“Une seule série de données n’aurait convaincu personne, analyse Olivier Doré, cosmologiste au JPL. Mais ces trois vols peuvent être considérés comme des instruments indépendants: ce sont des mesures incontestables.”

Pour les astrophysiciens, l’heure est donc à l’analyse du signal. Ils le filtrent à l’aide des catalogues d’étoiles et de galaxies disponibles; ils le croisent avec les données

qu’elles produisaient énormément de lumière... beaucoup plus que prévu, ajoute Jamie Bock. Et si c’était le cas, elles auraient laissé d’autres indices visibles depuis la Terre, comme des résidus d’éléments lourds.”

L’une après l’autre, les astrophysiciens excluent toutes les causes possibles de cet excès de lumière. Il n’est pas dû à la réflexion de l’éclat du Soleil sur les nuages de poussières interstellaires de la Voie lactée. Il ne provient pas non plus du reflet des étoiles de la galaxie. Ni de galaxies proches. Ni de trous noirs lointains...

Toutes les causes, sauf une. Les astrophysiciens s’aperçoivent en effet que la taille des fluctuations du rayonnement mesurées par *Ciber*, ainsi que sa couleur, corres-

pondent parfaitement à une lumière qui serait émise par des étoiles gravitant en dehors des galaxies. Des étoiles errantes... Une multitude d’étoiles errantes! Les chercheurs ont calculé leur masse: elles représenteraient la moitié des étoiles de l’Univers...

Le signal ténu capté par la petite fusée aurait en fait été

émis par des milliards de milliards d’astres qui auraient été arrachés à leur galaxie et erraient aujourd’hui dans le noir.

Un étrange phénomène de vagabondage stellaire que les astronomes connaissent depuis des dizaines d’années. Leurs simulations le montrent, lors des collisions entre galaxies, des gerbes d’étoiles peuvent se trouver arrachées et propulsées dans le vide intergalactique...

Oui, mais le signal de *Ciber* traduit un phénomène généralisé. Au-delà des galaxies, il existerait un monde galactique échappant aux regards. Un monde peuplé d’étoiles orphelines.

“On ne dispose d’aucune autre explication”, s’excuse presque Gaël Roudier, astrophysicien au JPL qui a participé à l’étude.

Car la révélation a secoué les astronomes. Comment une telle quantité d’étoiles aurait-elle pu échapper aux télescopes? Pourquoi ces astres vagabonds n’apparaissent-ils pas dans les modèles? Comment peut-il y en avoir un tel nombre?

La communauté est divisée. *“Ces données sont impressionnantes... mais il faut faire très attention. Ce type de résultat est difficile à analyser”, estime*

Faits & chiffres

Il y a environ **10 000 milliards de milliards d’étoiles** à l’intérieur des galaxies. Il y aurait **autant d’étoiles errantes**.

Mais tous ces astres ne représenteraient que **1 % de la densité de matière** de l’Univers... qui reste largement dominé par les mystérieuses matière et énergie noires.

Le vagabondage stellaire était connu, mais nul n’en avait mesuré l’ampleur

accumulées dans d’autres longueurs d’onde par les télescopes *Spitzer*, *Akari*, *Iras*... puis comparant avec les modèles détaillant les émissions lumineuses des étoiles en fonction de leur âge.

Plus de doute: cette lumière ne peut pas provenir des premières galaxies de l’Univers. *“Ou alors cela voudrait dire*

→ Hervé Dole. En témoignent les fracassants résultats du télescope Bicep2 sur les premiers instants de l'Univers, qui viennent d'être invalidés (lire "On en reparle" p. 9).

Spécialiste de l'évolution des galaxies à l'Institut Max-Planck (Allemagne), Simon White, lui, n'y croit tout simplement pas. "Si la moitié de toutes les étoiles résident entre les galaxies, on pourrait s'attendre à ce que la moitié des supernovæ soient elles

La communauté est en train de digérer la nouvelle."

D'autant que certaines simulations prouvent bien que d'immenses halos d'étoiles arrachées à leur galaxie pourraient avoir été oubliés. "Les simulations les plus récentes montrent qu'on ne voit que le centre le plus brillant des galaxies, précise Andrew Cooper, à l'université de Durham (Royaume-Uni). On prend peu à peu conscience de la masse énorme qui se cache sous l'iceberg!"

Les étoiles éjectées emportent avec elles leurs planètes

"Quand, dans 4 milliards d'années, le Soleil sera expulsé de la Voie lactée, les Terriens auront la chance d'admirer leur galaxie depuis l'extérieur", aime raconter Pierre-Alain Duc (CEA). Le cas particulier de la future collision de notre voisine Andromède avec la Voie lactée donne une idée du devenir des planètes qui gravitent autour d'une étoile vagabonde: lors d'une collision galactique, les astres demeurent trop distants les uns des autres pour se percuter. Et les forces que ces soleils subissent lors de l'éjection restent bien plus faibles que leur attraction sur leurs planètes. Aussi, lorsqu'une étoile est expulsée, elle emmène ses planètes avec elle... et leurs habitants – s'il y en a – ne sentent rien. Ils voient simplement leur ciel changer.

aussi intergalactiques... Or, les observations ne montrent que quelques pour-cent", argumente-t-il.

"Pour l'instant, on n'a jamais vraiment cherché les supernovæ en dehors des galaxies", rétorque Harvey Moseley.

"Non seulement la présence de ces étoiles errantes me paraît raisonnable mais, surtout, c'est la seule explication à cet excès de signal!", renchérit Olivier Doré.

"J'ai entendu tous les commentaires possibles, du plus enthousiaste au plus sceptique, résume Jamie Bock.

Et ils commencent même à la distinguer. "Je suis moi aussi à la recherche de ces étoiles errantes, annonce Pierre-Alain Duc, au CEA. Et ça y est, depuis quelques années, on commence à avoir des données."

DE PREMIERS ASTRES REPÉRÉS

En travaillant sur le signal de la caméra du télescope Canada-France-Hawaï et en se concentrant sur les galaxies proches de la Voie lactée, l'astronome et son équipe sont en effet parvenus à capter la faible lueur de quelques groupes d'étoiles errantes. En 2011, ils ont ainsi

découvert des courants stellaires géants qui s'étendent sur 1,3 million d'années-lumière près de la galaxie NGC 5557, dans la constellation du Bouvier. En 2012, ils ont décelé la présence d'un anneau d'étoiles au-delà des limites de la galaxie ETG NGC0474, dans la constellation des Poissons... "On voit apparaître beaucoup d'étoiles bien au-delà des frontières des galaxies, explique Pierre-Alain Duc. On a commencé un recensement systématique pour pouvoir produire des statistiques."

Mais selon les premières observations, les étoiles exilées représenteraient 20 % maximum de la population stellaire de l'Univers. "On trouve 5 % d'étoiles éjectées dans les zones les moins denses et 20 % dans les amas de galaxies", précise l'astronome.

On est loin des 50 % inscrits dans le rayonnement de fond infrarouge...

De nombreux instruments sont en construction en vue de poursuivre ces sondages profonds, et des simulations sont en train d'être élaborées afin d'atteindre le niveau de détail suffisant pour donner un ordre de grandeur.

Quant à l'équipe Ciber, elle prépare le lancement d'une deuxième fusée qui, d'ici un an ou deux, devrait explorer avec une précision supérieure de nouvelles longueurs d'onde du rayonnement de fond infrarouge.

Les vagabondes ne vont plus se cacher bien longtemps...

A voir : les vidéos des collisions galactiques.

A lire : la publication des chercheurs.

**EN
SAVOIR
PLUS**

science-et-vie.com

& Science techniques



ROBOTS ÉVOLUTIFS
100

BALLES
INTELLIGENTES
103



MOTS DE PASSE
106



Robots

Voici les artistes transformistes

Basiques au départ, ces robots parviennent à modifier tout seuls leur squelette au fil des obstacles qu'ils rencontrent. Exactement comme les êtres vivants s'adaptent et évoluent. Une première.

Par **Muriel Valin**

Deux pattes? Trois pattes? Six pattes?... Tout dépend. Le plus simple, pour franchir un obstacle, peut être de l'enjamber. Être bipède fera merveille. Mais que les obstacles s'accumulent et s'élèvent, et six pattes coordonnées à la manière d'un insecte feront une meilleure solution pour les escalader aisément.

Les êtres vivants ont hérité de l'évolution pattes, nageoires, doigts... qui rendent leur vie possible dans leur environnement usuel.

Les robots, eux, ne peuvent compter que sur la clairvoyance de leurs concepteurs.

Mais les choix des roboticiens ne sont pas toujours

heureux: inaptes, les roues des rovers martiens, pour gravir les pentes prononcées de la Planète rouge; tout juste suffisants, les harpons du module Philae, peinant à l'arrimer au sol instable de la comète Tchourioumov-Guérassimenko.

Et si les robots aussi profitaient du talent infailible de l'évolution à trouver le corps le plus adapté à un environnement donné?

C'est à cette idée révolutionnaire que de petits robots en plastique, conçus à l'université d'Oslo, commencent à donner corps.

Ces machines à l'allure modeste de Meccano, trotinant sur la moquette, sont conçues pour changer de forme et faire



< LE DARWINISME "FAÇON ROBOT"

Ces robots sont hyper-modulables : à partir d'une forme de base (à g.), ils peuvent trouver comment s'adapter à une situation donnée et fabriquer eux-mêmes l'accessoire qui leur manque.

littéralement muter leur corps autant que nécessaire. Un obstacle surgit sur leur route ? Qu'à cela ne tienne, s'il faut une patte de plus pour le franchir, elles pourront s'en faire pousser une sur-le-champ et l'utiliser pour escalader.

Autrement dit : ces robots dignes des Transformers, version laboratoire, ouvrent la voie de la robotique évolutive.

L'ÉVOLUTION EN ACCÉLÉRÉ

Soit une version fantastiquement accélérée de l'évolution, produisant des corps – robotiques – adaptés à leur environnement en quelques minutes, là où il a fallu des millions d'années de sélection naturelle pour trouver les "justes formes" des êtres vivants.

"Nous nous inspirons des lois de l'évolution et les avons transposées d'un point de vue informatique", résume Kyrre Glette, membre du groupe à l'origine de ces travaux.

Et les chercheurs d'Oslo poussent loin l'inspiration évolutionniste : ils ont doté leurs robots virtuels de lignes de codes jouant le rôle des "gènes architectes" du vivant. Ces gènes, communs à un très grand nombre d'espèces, définissent le plan général d'un individu : nombre, emplacement et longueur des membres... Mais d'infimes mutations, apparaissant au hasard, suffisent pour qu'au cours de l'évolution un individu se retrouve avec une patte plus longue, un autre avec un thorax plus

court... De nouvelles propriétés susceptibles parfois de conférer un avantage reproductif sur leurs congénères. D'où la perpétuation de ce caractère acquis chez les générations suivantes.

Il en va de même avec ces premiers robots évolutifs venus de Norvège.

Au départ, des lignes de code figurent une poignée →

Le contexte

Courir, nager, sauter, ramper... autant d'aptitudes que les roboticiens peinent à inculquer à leurs machines. Leur solution : copier la nature. D'où des robots chiens, salamandres, poissons, kangourous, oiseaux, mouches... Mais le "biomimétisme" pourrait aller plus loin et s'inspirer directement des procédés de création naturels.

→ de gènes architectes. De quoi, sommairement, définir l'emplacement, la longueur et les aptitudes locomotrices des 6 "segments" constituant le squelette de ces machines. A partir de ce génome informatique de base, un "programme informatique d'évolution" modifie, aléatoirement, quelques éléments de ces lignes. A la clé : des "mutations" informatiques suffisantes pour faire

produire une nouvelle génération de robots... qui aura toute chance d'être encore plus performante ! Ainsi de suite apparaissent des robots virtuels atteignant des niveaux de performance supérieurs ou égaux à ceux des générations qui les ont précédés. Sans que l'homme ait doté les machines de ces aptitudes en particulier.

L'évolution artificielle s'arrête quand les performances

Pour l'instant, les robots aux morphologies sélectionnées par l'évolution numérique sont fabriqués par les chercheurs, en impression 3D, à l'issue de la simulation informatique.

Mais *"à l'avenir, nos robots devront évoluer eux-mêmes en fonction de l'environnement afin de pouvoir affronter toutes les situations, même les plus extrêmes... sans aucune intervention humaine"*, annonce Kyrre Glette.

Quand un robot réel se trouvera dans une situation critique, abîmé ou immobilisé, une caméra et des capteurs informeront son ordinateur embarqué de son environnement immédiat. Qui laissera le programme d'évolution trouver la solution, sous la forme d'une nouvelle morphologie. Là, une imprimante 3D embarquée – ou disponible à proximité – dotera le robot des membres idoines pour le tirer d'affaire.

"Ces travaux sont fantastiques. Oui, je crois qu'un jour on pourra créer une génération de robots qui sera capable d'évoluer et de s'adapter sans aucune aide de l'homme", commente Nicholas Cheney, de l'université Cornell (New York), qui travaille sur des créatures numériques, elles aussi capables d'évoluer (lire S&V, février 2014).

L'équipe de Kyrre Glette rêve déjà du jour où ses robots pourront inventer seuls la meilleure manière d'explorer d'autres planètes, s'aventurer sur des terrains radioactifs ou parcourir les glaces polaires...

L'évolution des espèces expliquée par la robotique

Si la robotique s'inspire aujourd'hui de l'évolution, elle peut aussi aider à mieux décrypter celle-ci. L'Australien John Long, directeur du laboratoire de recherches interdisciplinaires en robotique, à New York, a construit un robot pour comprendre pourquoi les descendants des plésiosaures, animaux aquatiques disparus, se contentent de deux nageoires quand leurs ancêtres en comptaient quatre. En mesurant les performances du robot, John Long a montré que quatre nageoires autorisent de fortes accélérations, très utiles pour chasser. Mais ce sprint, impossible avec deux nageoires, est très coûteux en énergie. La sélection naturelle aurait donc un temps privilégié la vivacité, pour ensuite favoriser l'économie d'énergie.

varier la morphologie des robots sans produire d'aberrations (des robots dépourvus de tout membre, par exemple).

Le programme crée ainsi des milliers de robots virtuels différents. Commence alors la sélection : tous doivent, sur un terrain plat virtuel, franchir des obstacles et atteindre un point situé à quelques mètres. Certains d'entre eux y réussissent mieux que les autres. Ce qui signifie que leurs "gènes" informatiques sont plus adaptés à l'épreuve. Le programme sélectionne donc leurs lignes de codes, qu'il croise entre elles pour

des robots atteignent un seuil fixé par les chercheurs. Plusieurs morphologies "gagnantes" peuvent en résulter.

FOURNISSEURS D'IDÉES NOUVELLES

"Cette approche sur le corps et le contrôle du robot est très intéressante car elle cherche des solutions à un problème de déplacement sans le contraindre à une réponse a priori, commente Patrick Hénaff, chercheur à l'Inria. Elle permet de fournir des solutions nouvelles que l'ingénierie classique n'aurait pas forcément réussi à apporter."

A voir : une vidéo montrant le robot virtuel et le robot réel se déplaçant sur trois pattes.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Les premières **balles** qui ne ratent jamais leur **cible**

Ces balles de fusil intelligentes guidées par laser corrigent leur trajectoire pour atteindre leur cible à coup sûr ! Une rupture technologique... classée secret défense.

Par **Frédéric Lert**

Qu'une balle atteigne systématiquement sa cible, y compris quand celle-ci se trouve à plusieurs centaines de mètres, voilà qui relevait jusqu'ici de la science-fiction. Même le meilleur des tireurs d'élite équipé du fusil le plus performant "*ne fait pas but*", comme disent les snipers, à tout coup.

Mais en septembre dernier, la société américaine Teledyne, sélectionnée par la Darpa (l'Agence pour les projets de recherche avancée de défense) dans le cadre de son projet Exacto (Extreme Accuracy Tasked Ordnance, initié en 2008), a annoncé avoir tiré avec succès les premiers exemplaires d'une munition de fusil se dirigeant toute seule vers sa cible.

Une vidéo, diffusée sur le site Internet de la Darpa, montre que, malgré une visée volontairement décalée au départ du tir, la balle a automatiquement adapté sa trajectoire en cours de vol et atteint sa cible !

UNE RUPTURE TECHNOLOGIQUE

Un véritable exploit – à en croire cette vidéo officielle en tout cas, car Teledyne et la Darpa ont refusé de livrer toute autre information, arguant du "secret militaire".

Pour mesurer la difficulté que constitue la mise au point d'une munition capable de toujours faire mouche, il faut savoir que pour toucher une cible située parfois à plus d'un kilomètre, les tireurs d'élite tiennent compte de plusieurs paramètres, dont la force et la



direction du vent, la pression atmosphérique, la température ambiante... Chaque coup fait ainsi l'objet d'un authentique calcul balistique, qui peut prendre deux minutes.

De fait, la balle qui sort d'un canon rayé subit une rotation rapide, qui la stabilise sur sa trajectoire, mais lui fait dessiner naturellement une trajectoire complexe : elle commence par monter de plusieurs mètres tout en dérivant d'une quinzaine de

Repères

Depuis la fin des années soixante, le guidage laser a progressivement irrigué la sphère militaire. Bombes, missiles, obus d'artillerie et même roquettes sont aujourd'hui guidés grâce à cette technologie : un détecteur embarqué repère la tache lumineuse que fait un faisceau laser pointant la cible, et commande le déplacement des gouvernes (ailettes) en conséquence.

centimètres sur la droite, avant de frapper sa cible.

Du moins dans 75 % des cas et dans des conditions idéales de tir, confie un professionnel des armes lourdes de précision (*sniping* lourd)...

Avec sa balle guidée, Teledyne promet de compenser les inévitables déviations dues au vent ou à l'imprécision de la visée initiale. Un rêve de sniper. Et une vraie rupture technologique.

Car si guider un missile ou un obus d'artillerie – en les faisant

recherche sur l'armement, annonçait malgré tout avoir mis au point une balle capable d'ajuster sa trajectoire. Sa munition de calibre 12,7 mm, guidée par un laser, faisait, selon ses concepteurs, mouche à plus de 1 km.

Son secret? Une balle équipée, à l'arrière, d'un empennage doté de microactionneurs ajustant les gouvernes 30 fois par seconde, et d'un autodirecteur miniature dans sa pointe avant: à charge pour cet "œil électronique" de repérer la tache faite

Le défi est double : concevoir une balle guidée qui soit compatible avec une arme conventionnelle

se caler sur la tache lumineuse produite par un laser désignant la cible – est acquis depuis les années 1960, guider une balle de fusil longue de dix petits centimètres et d'à peine 12,7 millimètres de diamètre – calibre typique des mitrailleuses et du tir de précision à longue distance – est un tout autre défi! Comment, en effet, loger le détecteur de lumière et les dispositifs de contrôle du vol dans un si petit volume, et les faire résister à l'accélération de la balle en sortie de canon?

Surtout, si les dispositifs de correction de trajectoire en vol des obus d'artillerie guidés s'accommodent des quelques tours sur lui-même qu'effectue le projectile à chaque seconde, il s'agit ici de donner des impulsions pour modifier sa trajectoire à une munition qui tourne sur son axe plusieurs centaines de fois par seconde.

Il y a un peu moins de trois ans, le laboratoire américain Sandia, un centre national de

sur la cible par un opérateur pointant un faisceau laser et d'envoyer des ordres aux gouvernes pour rester calé dessus.

Subsistait cependant un problème: les fusils de *sniping* utilisés aujourd'hui sont incapables de tirer cette balle. En effet, son empennage est incompatible avec l'emploi d'un canon rayé qui met les balles en rotation accélérée pour en stabiliser la trajectoire.

Malgré ce défaut rédhibitoire, ce premier exploit – réalisé avec un fusil spécifique – venait de donner de sérieux gages aux balles "intelligentes".

"Corriger la trajectoire reste un défi technique considérable pour un projectile de cette taille, explique Thierry Brédy, spécialiste des munitions chez Nexter. L'autodirecteur dans la pointe doit non seulement encaisser l'accélération du départ de coup [jusqu'à 100 000 G!], mais aussi, malgré son faible diamètre, détecter la tache du laser de guidage."

Deux techniques permettent de faire mouche à 2 km

Comme la balle guidée à ailettes, déjà développée par le laboratoire Sandia (à g.), mais faisant appel à des fusils spécifiques à canon lisse, la balle de la société Teledyne (à dr.) est aujourd'hui capable de modifier sa trajectoire en plein vol sur des tirs à longue distance. Sans ailettes, mais possiblement dotée d'un propulseur pyrotechnique, elle a l'avantage de pouvoir être tirée par une arme conventionnelle à canon rayé.



Depuis ses débuts étincelants, le calibre 12,7 mm du laboratoire Sandia n'a cependant plus fait parler de lui.

Trois ans plus tard, Teledyne a retenu la leçon... et sa prouesse n'en apparaît que plus saisissante. Car le tir réalisé en septembre dernier a été effectué avec une balle sans empennage. Et pour cause, la Darpa l'avait exigé: les fusils actuels doivent pouvoir tirer les balles guidées.

Par quel procédé? *"Le pilotage en force, propose Thierry Brédy. Soit un propulseur pyrotechnique ou un générateur de*



gaz qui, placé près du centre de gravité, permet d'ajuster instantanément la trajectoire."

À LA MICROSECONDE PRÈS

La technique est déjà utilisée sur certains missiles. Mais dans le cas d'une balle de fusil tournant très rapidement sur elle-même, chaque ajustement devrait se faire à la microseconde près et être suffisamment puissant pour contrer la force d'inertie... sans déstabiliser le projectile.

B. BOURGEOIS Difficile, mais plausible. Comme il est possible que la balle de Teledyne, outre le recours au

pilotage en force, fasse appel à un dispositif alternatif au guidage laser pour indiquer au projectile la trajectoire à suivre.

"Pour un projectile de petite taille, la technique du faisceau porteur semblerait plus appropriée", admet notre interlocuteur. Soit une grille laser, sorte de mire virtuelle, projetée en direction de la cible, au centre de laquelle la munition, équipée d'un capteur sur sa face arrière, se place pendant le vol.

Quelles techniques ont, en pratique, mis en œuvre les ingénieurs de Teledyne? Rien ne filtre. Mais il semble désor-

mais certain que les tireurs d'élite disposeront dans un avenir proche de munitions intelligentes, à utiliser avec parcimonie – elles coûtent très cher. Les balles utilisées par ces tireurs se paient en effet, déjà, quelques dizaines d'euros la pièce: pour garantir leurs performances, leurs charges de poudre sont comptées au grain près; leur usinage est plus fin que celui des munitions de mitrailleuse de même calibre...

Mais quel combattant ne serait pas prêt à mettre la main à la poche pour être sûr de ne jamais rater une cible?

A voir : la vidéo des tirs de démonstration du projet Exacto de la Darpa.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Mots de passe

Ils gagneraient à être des images !

Exit les mots de passe à plusieurs chiffres ou lettres : des images cryptées s'avèrent à la fois inviolables et bien plus faciles à retenir. Explications en 3 étapes.

Par **Muriel Valin**

Le prénom du petit dernier, sa propre date de naissance, la suite "123456"...

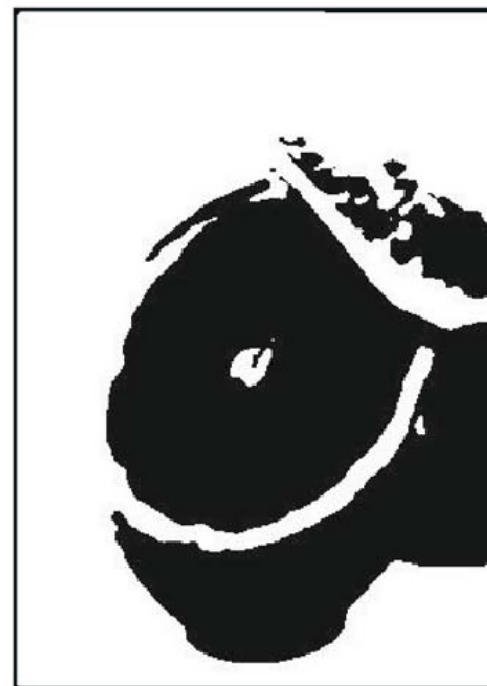
Qui, surfant sur le Web, n'a jamais opté pour un mot de passe simple à retenir ? Ou choisi une succession de caractères absconse mais commune à tous ses sites préférés ?

Au risque de laisser ses données à la merci des pirates – chaque année des centaines de millions de mots de passe sont

"craqués" dans le monde –, la plupart des internautes optent pour la facilité. Pas question d'apprendre une liste interminable de chiffres et de lettres !

Il va pourtant devenir possible de créer des codes qui n'encombrent pas la mémoire, sans rien céder sur la solidité de la protection. C'est ce qu'annoncent les recherches en cours au sein d'un regroupement de trois laboratoires (américain, français et allemand). Ce qui remplacerait les fastidieuses chaînes de caractères ? Des images, tout simplement. Qu'il suffirait de regarder un instant, sans effort de mémorisation, pour se fabriquer une "clé" personnelle.

Trop beau pour être vrai ? Voilà qui semble effectivement d'une simplicité confondante, à l'opposé des techniques de



biométrie, principale alternative aux mots de passe.

"Saisir" son empreinte digitale, ou les motifs de l'iris d'un œil face à une webcam, pour s'identifier, évite en effet toute mémorisation. Mais confier ces caractéristiques physiologiques à un site Internet, ou tout simplement se plier à cette identification rebutent les utilisateurs.

Dès lors, une technique d'authentification n'imposant rien d'autre que de regarder quelques images a de quoi séduire. A condition de garantir un bon niveau de sécurité.

Le contexte

Plutôt que mémoriser 25 mots de passe différents (moyenne) pour accéder à divers services, nombre d'internautes vont au plus facile. En 2014, les deux mots de passe les plus utilisés en Europe de l'Ouest et aux USA étaient "123456" et "password". Or il faut moins de 6 heures à un pirate bien équipé pour "craquer" un mot de passe de 8 caractères...



Comment créer un mot de passe en images

C'est ce dont s'assurent actuellement les trois laboratoires inventeurs des "images-mots de passe", en s'appuyant sur des travaux réalisés par Hristo Bojinov, à l'université de Stanford (États-Unis).

MÉMORISATION INCONSCIENTE

En 2012, ce chercheur en informatique essaie de remplacer les mots de passe par un moyen évitant tout effort de mémorisation. Ils s'appuient pour cela sur une capacité extraordinaire du cerveau humain : celle de se souvenir d'informations qui ont été enregistrées

inconsciemment. Ce que les neuroscientifiques appellent la "mémoire implicite". Celle qui explique qu'on puisse faire du vélo sans avoir besoin de se remémorer sans cesse les gestes nécessaires.

À Stanford, des volontaires sont invités à jouer à un jeu vidéo dans lequel se répète plusieurs fois la même séquence de billes tombant dans des colonnes. Sans même s'en apercevoir, les volontaires mémorisent cette séquence. Quand on la leur montre à nouveau quelques jours plus tard, ils la reconnaissent sans problème.

Une séquence vidéo peut donc être mémorisée sans effort, et reconnue plus tard... Et si elle servait de mot de passe ? songe Hristo Bojinov. L'idée n'ira pas plus loin. Car il faut 30 minutes de visionnage pour mémoriser inconsciemment la séquence, dont le souvenir ne perdure que quelques jours.

"Les travaux de Stanford n'étaient pas applicables en l'état, mais ils ont inspiré les nôtres", explique Claude Castelluccia, directeur de recherche à l'Inria, membre du trio de laboratoires à l'ouvrage aujourd'hui. "On y a vu

Étape 1

Un lot d'images cryptées est proposé

Lors d'une première connexion sur un site, un lot d'images cryptées vous est présenté. Si l'une d'elles vous paraît identifiable, elle est écartée et remplacée. Au final, vous ne devez en reconnaître aucune.

→ une superbe solution pour s'appuyer sur une information mémorisée implicitement, c'est-à-dire sans effort cognitif, sans pour autant être liée aux caractéristiques physiques d'un individu."

Il y a un an et demi, le chercheur s'est lié avec un laboratoire de Berkeley spécialisé en neurosciences et un laboratoire allemand de l'université de Bochum. Ensemble, ils ont transposé l'idée de Bojinov à un autre protocole de mémorisation inconsciente d'un authentifiant visuel, plus rapide à mettre en œuvre qu'un jeu vidéo et laissant des traces plus durables en mémoire.

DES IMAGES CRYPTÉES

Ce protocole s'appuie sur une banque d'images qu'un traitement informatique créé spécifiquement rend difficiles à identifier. Impossible, ou presque, de reconnaître à première vue l'image d'origine.

Lors de la première connexion à un site protégé par ce système, l'utilisateur est invité à regarder un lot de ces images cryptées. Dans la foulée, lui

Etape 2

Les images apparaissent décryptées

Le système vous montre alors la moitié de ces images, mais décryptées. A présent, si vous regardez les images cryptées de la page précédente, vous devez en reconnaître facilement la moitié. Cette sélection d'images deviendra alors votre mot de passe.

sont présentées les versions non cryptées de ces images.

Et c'est là qu'opère la magie de la mémoire implicite: sans effort, le cerveau associe et mémorise inconsciemment, en un coup d'œil, les paires d'images cryptées et les images originales correspondantes.

Dès lors, si, plus tard, l'utilisateur voit une image cryptée issue du lot qui lui a été présenté initialement, il la reconnaît instantanément, comme si elle n'était pas cryptée.

Et voilà comment se présente le "mot de passe": sous la forme d'une sélection du lot initial d'images cryptées, que l'utilisateur seul saura identifier quand, à sa prochaine visite du site ainsi protégé, le système l'invitera à le faire.

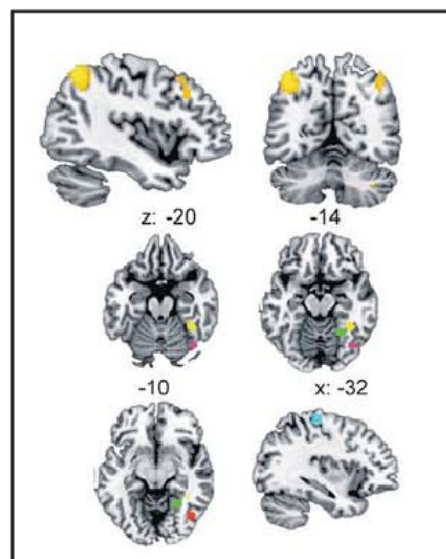
"La sécurité repose sur la sélection des images utilisées comme authentifiant parmi

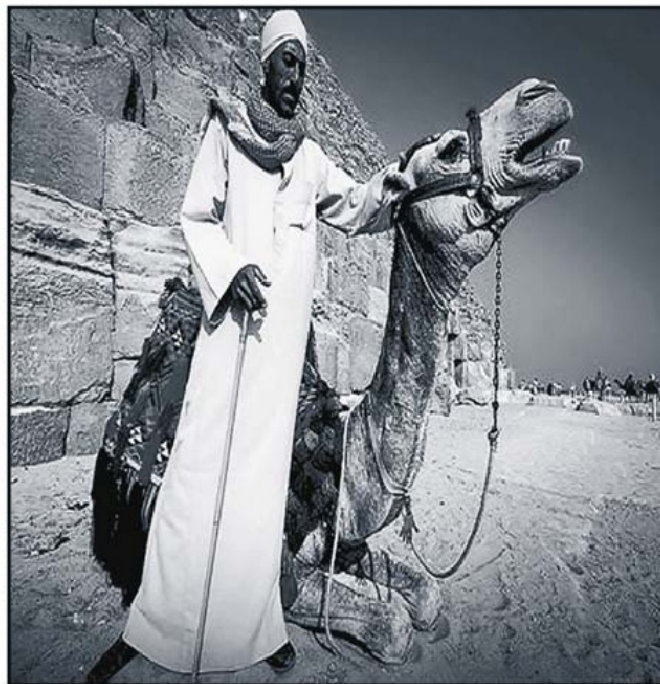
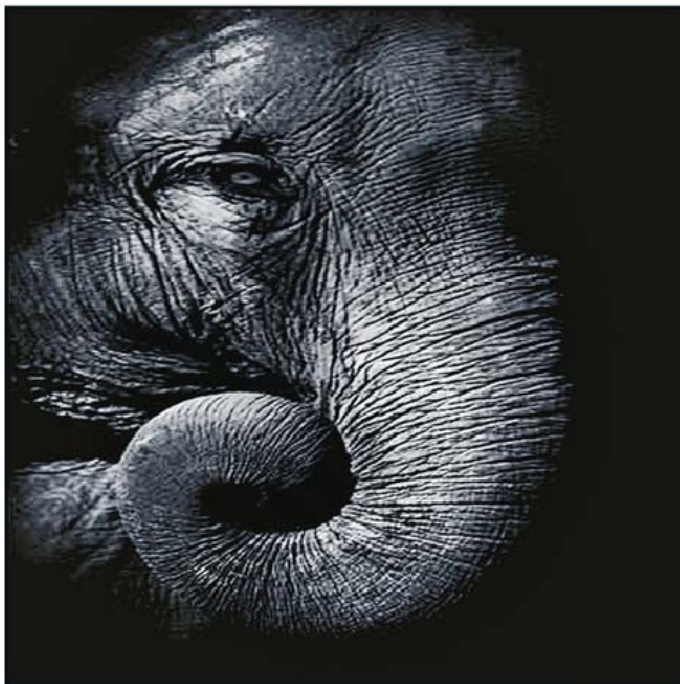


Etape 3

La reconnaissance se fait automatiquement

Lorsque vous vous reconnecterez sur un site où vous vous êtes déjà enregistré, le même lot d'images cryptées vous sera présenté. Vous seul pourrez reconnaître celles de votre mot de passe. La preuve: des régions cérébrales spécifiques (schéma ci-contre) s'activeront. Vous êtes alors authentifié.





celles que l'utilisateur a déjà vues. Un adversaire qui reconnaîtrait toutes les images cryptées [grâce à un talent de reconnaissance des images traitées hors normes, ou à un algorithme de reconnaissance] ne sera pas authentifié car il ne saura pas quelles images il devra reconnaître ou non", précise Claude Castelluccia.

LE SOUVENIR PERSISTE

Et ça marche... durablement! Testées auprès de 300 personnes, les "images-mots de passe" sont reconnues même après 8 mois de mémorisation

implicite. "La mémoire implicite est très solide, et de longue durée – des années sans doute –, pour des images de haut contraste, commente Patrick Cavanagh, chercheur sur les neurosciences et la vision à Harvard. Le nombre d'images qu'elle peut stocker n'est pas encore bien connu, il n'est probablement pas illimité. Mais elle est tout à fait utilisable pour l'application envisagée!"

Le système n'est pas parfait: il risque encore d'identifier par erreur 1 utilisateur sur 1 000. Mais le protocole devrait être amélioré prochainement.

"Nous cherchons à préciser quels traitements rendent les images 'cryptées' illisibles pour la majorité des utilisateurs, afin de créer une banque d'images efficaces sur un maximum de personnes", détaille Claude Castelluccia.

Le groupe espère également améliorer l'interface utilisateur, qui exige en l'état de saisir un mot-clé décrivant l'image reconnue. Des brevets ont été déposés. Des industriels sont en lice. "123456", "password" et autres classiques pourraient bientôt rentrer dans l'histoire...

A tester : la fabrication d'un mot de passe à partir d'images cryptées. A lire : les premiers travaux sur la mémoire implicite.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Une croisière exceptionnelle de Saint-Petersbourg à Moscou

11 jours au fil de l'eau pour découvrir la Russie

Les points forts de Science & Vie Croisières

- Nombreuses visites et excursions **incluses**
- Un conférencier spécialiste de la Russie à bord
- Encadrement et animations **100 % francophone**
- Un tarif **PENSION COMPLÈTE**, spécial lecteurs

Moscou

Navigation sur la Neva, les

Les croisières fluviales en Russie offrent un angle idéal et un confort de voyage pour comprendre et découvrir la Russie d'hier et d'aujourd'hui. **Science & Vie Croisières** vous propose cette croisière en 11 jours, des palais somptueux de Saint-Petersbourg aux bulbes des cathédrales de Moscou, des immensités vierges de Carélie à la majestueuse Volga.



Laissez-vous porter au fil des fleuves, des lacs et des rivières...

Avec Sciences & Vie Croisières dans **LE PRIX SPÉCIAL LECTEUR** voici ce qui est compris : Vols Paris/Russie/Paris • assistance • transferts en autocar • hébergement en cabine double pont standard • vues et excursions mentionnées au programme • pension complète à bord, du dîner du 1er jour au petit déjeuner du dernier jour • cocktail de bienvenue et cérémonie du "PAIN et du SEL" • dîner du Commandant • 2 déjeuners en ville à Saint-Petersbourg et un déjeuner à Moscou • animations à bord : conférences sur la civilisation russe, des cours d'initiation au russe, soirées dansantes et ambiances musicales • assurance assistance/rapatriement OFFERTE pour l'obtention du visa • taxes portuaires. (**NON INCLUS** : boissons, visas, taxes aéroport et autres prestations non mentionnées dans la brochure).



à partir de
1412 € SEULEMENT
 au lieu de **1615€**
 PAR PERSONNE
 11 jours/10 nuits, vol inclus,
 PENSION COMPLÈTE !
PRIX SPÉCIAL LECTEURS soit -203€



Renseignements - réservation : **01 41 33 59 00***

grands lacs de Carélie, la Moscova...

DATES ET PRIX DE LA CROISIÈRE RUSSIE (prix à partir de)

18 au 28 mai 2015
 1469€

8 au 18 juin 2015
 1532€

29 juin au 9 juillet 2015
 1480€

20 au 30 juillet 2015
 1480€

10 au 20 août 2015
1412€

31 août au 10 sept. 2015
 1458€



Informations - réservation : **01 41 33 59 00** (*Prix d'un appel local)

Du lundi au vendredi de 9h à 12h30 et de 13h30 à 18h et le samedi de 9h à 12h.

SCIENCE & VIE
 CROISIÈRES

En précisant le CODE :
SCIENCE & VIE
 CERU15D

CroisiEurope
des destinations, des voyages, des rencontres

Si vous souhaitez recevoir une documentation détaillée de votre croisière retournez ce bulletin à :
 Science & Vie Voyages - Croisière Russie - CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9. **Sans oublier d'indiquer vos coordonnées.**

Nom

Prénom

Rue

CP Ville


Numéro de Téléphone

E-mail

☐ J'accepte d'être informé(e) des offres commerciales du groupe Mondadori France et de celles de ses partenaires.

Avez-vous déjà effectué une croisière ? ☐ 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. Sauf refus de votre part, ces informations peuvent être utilisées par des partenaires.



^ Protégée par une sphère en Plexiglas de 500 m de diamètre (en haut), la "ville" est une structure de 75 étages alimentée en oxygène et en énergie par sa spirale de 15 km, qui plongerait jusqu'à 4000 m.

JAPON

L'idée d'une ville sous-marine prend forme

Une cité sous-marine pouvant loger 5 000 habitants, c'est le projet imaginé par le constructeur japonais Shimizu Corporation. Baptisée Ocean Spiral, cette cité futuriste prend la forme d'une sphère transparente en béton de résine et Plexiglas (3 m d'épaisseur) de 500 m de diamètre. Elle abrite une structure de 75 étages qui comprend un centre d'affaires, des zones commerciales, des ensembles résidentiels et des hôtels. Cette sphère flotterait juste au-dessous du niveau de la mer et se prolongerait par une spirale de 15 km de longueur qui atteindrait le fond océanique, entre 3 000 et 4 000 m de profondeur. Là, serait implantée une usine qui exploiterait les minéraux du plancher marin. L'énergie nécessaire

pourrait être produite par des micro-organismes qui convertiraient le dioxyde de carbone rejeté par les habitants en méthane, et par des machines thermiques qui exploiteraient l'écart de température entre les 2 °C des abysses et les 20 °C de la surface. L'eau potable serait, elle, produite sur place par dessalement de l'eau de mer, et la nourriture par aquaculture offshore. En cas de tempête, la profondeur de la sphère pourrait être ajustée afin de l'immerger ou la faire émerger grâce à un système de ballasts remplis de sable et situés juste en dessous. Shimizu Corporation estime que les technologies nécessaires pour réaliser son projet seront disponibles d'ici à 2030.

E.L.

LUTON (ANGLETERRE)

Recycler les emballages en plastique et en aluminium devient aussi possible

L'agroalimentaire utilise de plus en plus d'emballages alliant aluminium et plastique (poches de vin, tubes de dentifrice...). Autant de contenants que l'on ne savait pas encore recycler. Voilà qui est aujourd'hui possible grâce à une technologie développée par des ingénieurs de l'université de Cambridge. Le principe est simple: il s'agit de placer ces emballages dans un four micro-ondes avec du carbone, qui va absorber les micro-ondes. Chauffé et transformé ainsi en pétrole et en gaz, le plastique se sépare de l'aluminium. Ce processus de pyrolyse ne dure que trois minutes. Autosuffisante en énergie, une première usine traitera 2 000 tonnes par an, sans émission toxique. **L.B.**



NORVÈGE

La coque de ce cargo hybride prendra le vent comme une voile

Le vent relatif – ce vent créé par le mouvement des aéronefs – est exploité de longue date par les ingénieurs aéronautiques pour faire voler les avions. Le voici désormais mobilisé pour faire naviguer les cargos. Les flancs du *Vindskip*, développé par l'ingénieur norvégien Terje Lade, ont été façonnés en forme de large voile, ce qui permet à cet imposant navire, une fois sa vitesse de croisière atteinte (jusqu'à 19 nœuds) à l'aide d'un moteur fonctionnant au gaz naturel liquéfié, de profiter du vent relatif pour se propulser vers l'avant. A la clé: une baisse de la consommation de l'ordre de 60 %, comparé à son équivalent actuel naviguant au fioul, et des émissions de CO₂ réduites de 80 %. Mais de nombreux tests sont encore nécessaires avant d'envisager sa mise à l'eau, promise pour 2019. **E.T.-A.**



PARIS

Un **parasol solaire** va chauffer, éclairer et **dépolluer** nos terrasses

Pour les amoureux des cafés en terrasse pendant l'hiver, Paris va se doter d'un nouveau type d'abri chauffé: Urban Parasol. Développés par la société américaine Amorphica, ces abris permettent de produire de la chaleur grâce à des panneaux qui stockent l'énergie solaire. Idéal pour les 10000 terrasses que compte la capitale.

Mieux encore: ces parasols futuristes à éclairage LED contiennent un matériau absorbant capable d'évacuer les vapeurs toxiques de la fumée et de réduire les nuisances sonores. Autant de dispositifs chauffants et dépolluants qui pourront s'adapter aux abribus. Leur installation pourrait commencer dès cette année. **M.S.**

Idée neuve



"FILTRE LES MÉTAUX LOURDS QUI CONTAMINENT L'EAU DES MINES GRÂCE À DES MICRO-ALGUES"

Christopher Chuck, chimiste, université de Bath (Grande-Bretagne)

Les eaux des mines souillées par les métaux lourds pourraient être nettoyées grâce à des algues. C'est le projet révolutionnaire qui est actuellement testé avec de l'eau en provenance d'une mine d'étain de Comouailles. L'objectif des chercheurs est de vérifier si les algues sont vraiment efficaces pour absorber des matériaux nocifs tels que l'arsenic et le cadmium. *"Une fois que les algues ont grandi et se sont imprégnées des polluants, on les laisse se déposer au fond d'un réservoir dont on vide l'eau qui a ainsi été filtrée. On chauffe alors les algues à 350°C sous 160 bars de pression. Ce qui produit du biocarburant, un solide renfermant les métaux [certains valorisés par l'industrie], du gaz et un liquide contenant de l'azote et du phosphore que l'on peut réemployer pour faire croître d'autres algues."* Cette technologie pourrait être utilisée dans n'importe quel type de mine à travers le monde, mais aussi pour traiter les liquides contaminés issus de l'industrie. **E.T.-A.**



ZELFIT/SHUTTERSTOCK - FRAUHOFFER - N.DELVES-BRINGTON/DPS/UNIV. OF BATH 2015



AÉROPORT D'ORNSKÖLDSVIK (SUÈDE) Des caméras suppléent désormais le contrôle aérien

Depuis le mois de janvier dernier, les décollages et atterrissages du petit aéroport d'Ornsköldsvik, au nord de la Suède, sont contrôlés à distance. Une première mondiale, fruit de la collaboration de l'aviation civile et du constructeur aéronautique Saab. Pour y parvenir, quatorze caméras HD, couplées à différents capteurs, ont été installées en hauteur sur un mât à proximité des pistes. Les contrôleurs aériens qui se trouvent dans l'aéroport de Sundsvall, à une centaine de kilomètres de là, étudient en temps réel leurs images projetées sur un écran à 360°. Principal intérêt de ce système, en période de disette budgétaire: permettre de conserver des aéroports au trafic faible.

E.T.-A.

AMSTERDAM

Travailler debout plutôt qu'assis est à l'étude

Difficile d'imaginer des bureaux sans table ni chaise... C'est pourtant ce qu'a réalisé le studio de design et d'architecture néerlandais RAAAF. L'idée: bannir des open-space la position assise, dont plusieurs études ont montré les méfaits sur la santé. A la place, une sorte de labyrinthe abrite coins et recoins qui privilégient les positions debout et appuyées. Le studio, qui vise davantage à faire réfléchir qu'un véritable développement commercial, vient d'entamer une étude de la manière dont les usagers s'approprient cet espace et de ses effets sur leur bien-être.

E.T.-A.

SUR UNE ÎLE DE LA TAMISE (ANGLETERRE)

En cas de crue, **cette maison peut flotter** dans 2,50 m d'eau

Mieux que les digues pour faire face aux inondations, l'agence britannique Baca Architects a conçu une maison amphibie. Construite à 50 km de Londres en zone inondable et habitée depuis peu, cette habitation repose sur la terre en permanence... mais se met à flotter en cas de crue! Plus précisément, elle est placée à l'intérieur d'une cale en béton et peut s'élever verticalement de plus de 2,50 m quand l'eau de la rivière monte. Flexibles et extensibles, les tuyaux et gaines électriques de l'habitation suivent le mouvement. Et pour l'empêcher de tanguer, quatre poteaux en acier la maintiennent. *"Comparée à une maison surélevée, elle est moins haute et dispose d'une surface habitable plus grande avec un accès direct sur le jardin"*, déclare Richard Coutts, l'un des architectes.

Sa construction coûte néanmoins 25 % plus cher que celle d'une maison traditionnelle et, comme un bateau, elle devra se soumettre à des tests réguliers de flottaison. **L.B.**



BACA ARCHITECTS - RAAAF RIETVELD ARCHITECTURE/ART AFFORDANCES

Rendez-
vous en...
2115

STANFORD (ETATS-UNIS)

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE VA ÊTRE ANALYSÉE PENDANT CENT ANS

Elles comprennent le sens des images, interprètent nos paroles, savent se repérer dans l'espace, se déplacer seules, résoudre des problèmes complexes... Les machines intelligentes engrangent les succès. Les technologies qui leur donnent corps sont en pleine accélération. Et les esprits, humains, s'agitent : faut-il les désirer ? Les craindre ? Les contraindre ? Au vrai, leur évolution est si rapide que les réponses à ces questions ont toutes les chances d'être fort différentes aujourd'hui, demain ou... dans cent ans. C'est pour maintenir, tout au long de ces cent prochaines années, un regard expert et critique sur l'IA qu'Eric Horvitz, ancien directeur de l'Association pour le progrès de l'intelligence artificielle (AAAI), vient de lancer une étude centennale. Il s'est entouré d'un panel d'experts (informaticiens, biologistes, juristes...), qui constituera des comités renouvelés tous les cinq ans. Ceux-ci publieront des études, organiseront des débats, des conférences... Les chances que l'action de ces "guides" perde cent ans ? C'est la célèbre et très stable université Stanford, berceau de nombreux travaux pionniers en IA, qui accueille l'initiative d'Eric Horvitz. **F.L.**



SINGAPOUR

La **plus grande cascade** intérieure du monde bientôt dans un **aéroport**

Fidèle à sa réputation de "ville jardin", Singapour s'apprête à transformer son aéroport international, le Changi Airport, en une gigantesque serre tropicale. L'idée émane du cabinet d'architectes américain Safdie Architects qui a imaginé un dôme de verre connecté aux trois terminaux de l'aéroport. Il devrait abriter 22 000 m² de végétation sur 5 étages, soit l'équivalent des plus grandes serres tropicales existantes. Plus impressionnant encore : le centre de ce nouvel espace accueillera la plus grande chute d'eau intérieure du monde. Haute de 40 m, elle sera alimentée par les fréquentes pluies de la région sous la forme d'un tourbillon d'eau qui se formera sur la verrière. Autant d'atouts pour faire de cet aéroport un site touristique à part entière où les voyageurs, mais aussi les habitants de Singapour, pourront se détendre. Les travaux, qui viennent de débuter, devraient s'achever fin 2018. **L.B.**

Culture Science

120

Bon à savoir

Santé, vie quotidienne, environnement... Dix enseignements pratiques en direct des publications scientifiques et autres rapports et études.

122

Questions / Réponses

Toutes les planètes ont-elles des saisons ? Pourquoi le nez se bouche-t-il quand on est enrhumé ? Un reptile peut-il être domestiqué ?...

128

A lire / à voir

La biographie d'Alan Turing, fondateur de l'informatique ; "L'anatomie des chefs-d'œuvre" au musée du Quai Branly, à Paris ; un ouvrage inédit de Thomas Edison sur le spiritisme...

132

Technofolies

Le premier drone à voler comme un oiseau ; une caméra pour surveiller bébé garantie sans ondes ; un tee-shirt qui mesure votre rythme cardiaque...

136

Il y a... 30 ans

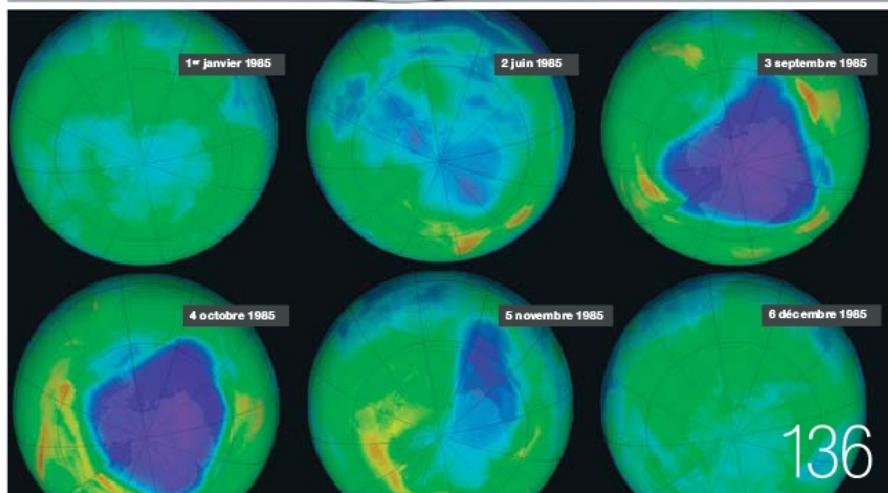
22 mars 1985 : la Convention de Vienne pose les premiers principes d'une mobilisation internationale contre le trou dans la couche d'ozone.



122



133



136

NASA/JPL/CALTECH/UNIVERSITY OF ARIZONA - D.R. - NASA

LA LUMIÈRE DE LA LISEUSE PERTURBE LE SOMMEIL

Mieux vaut lire un livre qu'un e-book avant de s'endormir, car la lumière bleue perturbe le sommeil. Une étude américaine, menée sur des personnes qui ont lu soit un livre soit une liseuse avant de se coucher, montre que les secondes peinent à s'endormir et sont moins alertes le lendemain. "Pnas", déc. 2014

**ÔTER UN SPARADRAP À LA VERTICALE FAIT MOINS SOUFFRIR**

En analysant la dynamique de décollement d'un adhésif, des physiciens français ont montré qu'augmenter l'angle de décollement (en tirant à la verticale) réduit l'instabilité mécanique... qui est à l'origine de la douleur ressentie. "Soft Matter", déc. 2014

TRAVAILLER TROP AUGMENTE LE RISQUE D'ALCOOLISME

Une méta-analyse scandinave (plus de 400 000 patients dans 14 pays) montre que travailler plus de 48 h/semaine augmente de 12 % le risque d'une consommation d'alcool problématique (21 verres/semaine pour un homme, 14 pour une femme). "BMJ", janv. 2015

AVOIR FROID EST CONTAGIEUX

Regardez quelqu'un sauter dans l'eau glacée et ce n'est pas seulement sa température qui chutera, mais également la vôtre! Des chercheurs anglais ont soumis un groupe de 36 personnes à une étonnante expérience: ils ont pris la température de leurs mains tout en leur faisant visionner une vidéo d'une personne plongeant sa main dans l'eau froide. Résultat: les chercheurs ont enregistré une baisse de température pouvant aller jusqu'à 0,2 °C. A l'inverse, en regardant des vidéos de personnes mettant leur main dans l'eau chaude, la hausse maximale de température était seulement de 0,033 °C. Avoir froid semble donc plus contagieux qu'avoir chaud, et si vous grelottez subitement en regardant la fin de *Titanic*, vous saurez désormais qu'il n'y a rien de plus normal! "Plos One", déc. 2014

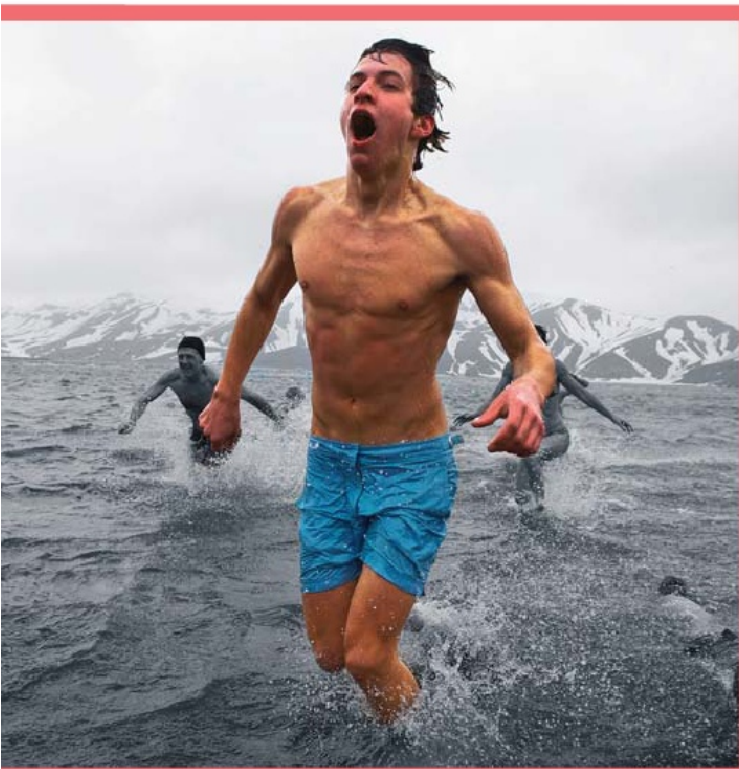
DES BAINS DE BOUCHE QUOTIDIENS AUGMENTENT LA TENSION ARTÉRIELLE

Utiliser matin et soir un bain de bouche induit une augmentation de la tension artérielle. C'est ce qu'ont montré des chercheurs australiens sur des patients sous traitement antihypertenseur qui se sont rincé la bouche pendant trois jours avec un produit antiseptique courant. Un résultat qui confirme de précédents travaux réalisés sur des personnes en bonne santé. Mais quel rapport entre hygiène buccale et tension artérielle? Le NO, ou monoxyde d'azote, un gaz qui induit le relâchement des parois vasculaires. En détruisant des bactéries à la surface de la langue, le bain de bouche perturbe les équilibres entre nitrates et nitrites, des formes stables du NO. L'excès d'hygiène buccale peut donc engendrer des effets collatéraux inattendus sur la santé. "Am. J. Hypertens", oct. 2014



J. KINGHAM/CORBIS - MARKA/BSIP - KEENPRESS/CORBIS - D. MITCHELL/GETTY IMAGES





ON SE SOUVIENT MIEUX QUAND ON FERME LES YEUX

Voilà une étude qui aidera peut-être la police à augmenter son taux d'élucidation des crimes... ou les étudiants à mieux réussir leurs examens. Après avoir fait visionner une reconstitution de scène de crime sur un écran de télévision à deux groupes de personnes, des chercheurs anglais les ont interrogées sur ladite scène. Le groupe auquel ils avaient demandé de fermer les yeux pour répondre à leurs questions a présenté un score de bonnes réponses supérieur de 23 % à celui du groupe ayant gardé les yeux ouverts pendant l'interrogatoire. Fermer les yeux aide donc à mieux se souvenir lorsque les informations sont visuelles... mais aussi, et c'est sans doute le plus surprenant, quand elles sont auditives. "Legal and Criminological Psychology", janv. 2015

ÊTRE OPTIMISTE EST BON POUR LE CŒUR

Les optimistes ont 51 % plus de chances que les pessimistes d'obtenir un score de bonne santé cardio-vasculaire (tenant compte de 7 facteurs: tabagisme, alimentation, activité physique, IMC, tension, cholestérol et diabète). "Health Behaviour & Policy Review", janv. 2015

L'ARTHROSE DU GENOU S'ACCROÎT AVEC LES TALONS

Des chercheurs américains ont observé la cinétique du genou des femmes marchant avec ou sans talons. Ils ont noté, quand la hauteur du talon augmente, des angles de flexion et d'extension qui pourraient accroître le risque d'arthrose. "J. of Orthopaedic Research", déc. 2014

LES ÉDULCORANTS N'ONT STRICTEMENT AUCUN INTÉRÊT

Remplacer le sucre par de l'aspartame, des extraits de stévia ou du sucralose ne se justifie pas. D'après l'Agence sanitaire française, ces édulcorants ne permettent ni de prévenir l'apparition du diabète de type 2, ni de contrôler son poids ou sa glycémie en cas de diabète. "Anses", janv. 2015

PENSER À LA SANTÉ DE SES ENFANTS AIDE À ÉCONOMISER LE COURANT

Une étude américaine révèle que pour réduire sa consommation électrique, mieux vaut penser à ses enfants qu'à sa facture... Alors que la moitié des foyers étudiés, uniquement sensibles à l'aspect financier, n'ont presque pas diminué leur consommation, l'argument de santé publique s'est avéré, lui, plus efficace. En particulier dans les foyers avec enfants. Sensibilisés aux risques pour l'environnement et la santé dus à la production électrique (centrales à gaz et à charbon), leur consommation a connu une baisse record de 19 % ! Contre 8 % chez ceux sans enfant. "Pnas", janv. 2015



Toutes les planètes ont-elles des saisons ?

Question de David Perrier, Puteaux (92)

Non, certaines planètes comme Mercure, Vénus ou Jupiter ne connaissent aucune variation saisonnière de leur climat. Pour la bonne et simple raison que leur obliquité est quasi nulle.

Car le cycle des saisons est principalement dû à cet angle que fait l'axe de rotation d'une planète sur elle-même par rapport à l'axe de sa rotation autour du Soleil.

Sur Terre, cet angle est de 23°. Ainsi, de mars à septembre, le pôle Nord pointe en direction du Soleil – c'est l'été dans l'hémisphère correspondant – tandis que le pôle Sud lui

tourne le dos : c'est l'hiver dans l'hémisphère austral. Situation qui s'inverse les six autres mois de l'année.

Les planètes à obliquité nulle, dont l'axe de rotation est confondu avec son axe de révolution, ne présentent pas cette alternance de périodes chaudes et froides.

Cependant, le cycle des saisons dépend aussi de la façon dont la distance au Soleil varie au fil de l'orbite ; elle est mesurée par l'excentricité de son orbite. Même si Mars présente une obliquité comparable à la Terre, son excentricité lui impose un cycle des saisons asymétrique :

l'hiver est plus court dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud, où la calotte est deux fois plus épaisse durant sa saison froide. Et sur Pluton, l'hiver dure 80 ans au sud contre 40 au nord.

Des chercheurs de l'université John Hopkins, aux États-Unis, ont même montré qu'une planète orbitant autour d'un système solaire double ou triple pourrait présenter des saisons tellement irrégulières que ses habitants, à l'instar des personnages de la série *Game of Thrones*, seraient incapables de déterminer la durée de l'hiver. **M.G.**



> Des tubes de labo ont un diamètre inférieur au micromètre... mille fois plus large que le plus petit tuyau possible.



Quel est le plus petit trou par lequel l'eau peut s'écouler ?

Question de Philippe Mercadier, Toulouse (31)

"En théorie, la taille du plus petit trou par lequel l'eau peut s'écouler est proche du diamètre d'une molécule d'eau, soit environ 0,3 milliardième de mètre, ou 0,3 nanomètre", répond Pascale Launois, physicienne à l'université Paris-Sud à Orsay.

Et les records expérimentaux se rapprochent de cette limite théorique. "En 2012, une équipe de l'Institut de technologie du Massachusetts, aux États-Unis, a réussi à faire passer de l'eau à travers des trous d'un diamètre de 0,45 nanomètre dans des feuillets de graphène, un cristal de carbone en deux dimensions", souligne Erwan Paineau, du même laboratoire.

K.B.

◀ Tout dépend de l'axe de rotation de la planète et de la forme de son ellipse. Sur Mars, par exemple, l'hiver est plus court au nord qu'au sud (photo).



Peut-on domestiquer un reptile ?

Question de Jacques Morel, Paris (75)

D'après les spécialistes, toute espèce est théoriquement domesticable, même les reptiles. *«Par sélection, il est possible d'obtenir des animaux peu craintifs, adaptés à la vie en condition recluse. Mais les échanges avec un reptile resteront réduits, à la fois parce que ce ne sont pas des animaux sociaux et que leur «degré d'évolution» n'est pas du même ordre que celui des mammifères ou de certains oiseaux»*, relativise Marc Cheylan, maître de conférences à l'École pratique des hautes études (EPHE) de Montpellier.

Les reptiles captifs peuvent d'ailleurs se réacclimater à la vie sauvage. *«Si les tortues ou les lézards répondent à une sollicitation ou s'approchent lorsque quelqu'un entre dans leur champ visuel, c'est par réflexe et souvent en lien avec un apport de nourriture. Les poissons et les amphibiens font de même»*, précise Marc Cheylan.

A.P.



Pourquoi le nez se bouche-t-il quand on est enrhumé ?

Question de l'atelier journal Hector, Villeneuve-lès-Maguelone (34)

Eternuements, écoulements de mucus, toux... et nez bouché. Les symptômes du rhume ont tous une origine commune : la réponse immunitaire à la présence d'un virus – le plus souvent un rhinovirus – dans les voies aériennes supérieures (nez et pharynx).

Le mucus nasal a pour mission de piéger poussières, virus et bactéries, et de détruire, grâce aux globules blancs qu'il contient, les micro-organismes in-

désirables. Produit par les muqueuses tapissant les voies respiratoires, il est d'ordinaire évacué par les cils présents sur les parois de la fosse nasale. *"Nous en avalons 1 litre par jour de manière inconsciente"*, rapporte l'oto-rhino-laryngologiste Jean-Marc Séné.

En cas d'agression virale ou bactérienne, *"il y a une hypersécrétion de mucus et les fosses nasales n'arrivent pas à évacuer la trop grande quantité de bactéries qui*

l'agressent". D'où les écoulements typiques du rhume. Et, en parallèle, la sensation de nez bouché. *"La vascularisation locale augmente pour permettre l'arrivée des globules blancs, entraînant un gonflement des muqueuses"*, détaille Sylvain Morinière, ORL et professeur d'université. En pratique : les "tuyaux" se resserrent, la place manque, les sécrétions s'accumulent... et le nez se bouche.

Outre la sensation désagréable et la gêne, l'accumulation des sécrétions, mal évacuées, peut, à terme, obstruer également les sinus. Le rhume évolue alors vers une sinusite. Les sécrétions expulsées qui ont une couleur verdâtre correspondent d'ailleurs à des sécrétions stagnantes ou infectées.

Seule solution pour éviter de se retrouver le nez bouché : se moucher dès les premiers symptômes et éliminer le surplus de mucus par des lavages réguliers à l'eau salée. **F.C.**

Faut-il éviter de rouler à vélo pendant les pics de pollution ?

R. Manfioletti, St-Yrieix-sur-Charente (16)

"Sûrement pas, tranche le docteur Gilles Dixsaut, spécialiste des fonctions respiratoires à l'hôpital Cochin à Paris. Les automobilistes ou les usagers des bus sont plus exposés à la pollution que les cyclistes, car les polluants se concentrent à l'intérieur des habitacles. Et dans le métro, l'air est très chargé en particules." Une étude de l'Observatoire de la qualité de l'air de Midi-Pyrénées (Oramip) montre que, sur un même déplacement, les niveaux d'exposition au dioxyde d'azote et aux particules sont respectivement cinq fois et deux fois plus faibles pour les cyclistes que pour les automobilistes. Selon Airparif, organisme qui surveille l'air à Paris, le niveau d'exposition en roulant sur une piste cyclable ou un couloir de bus est jusqu'à 45 % inférieur à celui relevé dans la circulation. Enfin, il faut savoir que le bénéfice pour l'organisme d'une activité physique comme le vélo est de 20 à 30 fois supérieur au risque d'exposition à la pollution. **P.L.**

La Lune exerce-t-elle

Question de Kévin Jousse, Saint-Auvent (87)

Non. Tout d'abord, cette influence ne peut pas être liée à sa luminosité. La lumière du Soleil, que la surface de la Lune réfléchit, est 400 000 fois plus faible que celle du Soleil en plein jour, même durant les nuits de pleine Lune. C'est entre 5 et 50 fois trop peu pour enclencher le processus de photomorphogenèse (la floraison, la germination, etc.) et... 10 000 fois insuffisant pour celui de la photosynthèse.

De toute manière, *"quand les gens parlent d'influence de la Lune, ils se réfèrent à la position de*

la Lune dans le ciel, pas au fait que sa lumière arrive jusqu'aux plantes", explique Noëlle Dorion, professeur émérite à Agro-campus Ouest.

LA GRAVITATION, SANS EFFET À SI PETITE ÉCHELLE

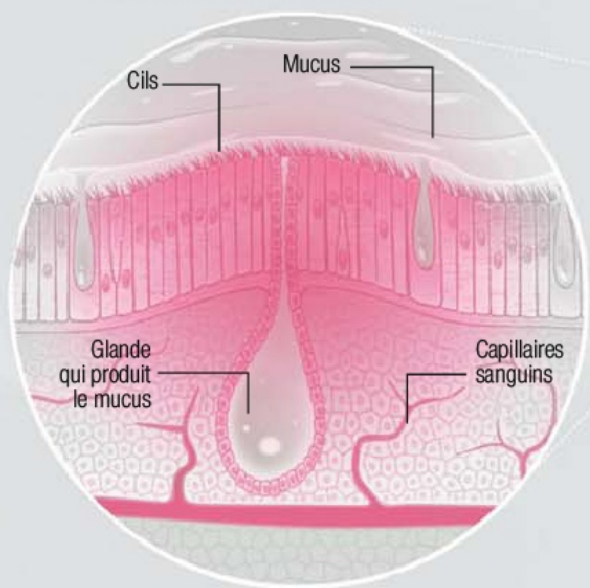
Pourrait-elle avoir une influence gravitationnelle, alors ? Certes, la Lune en exerce une, évidente, sur les océans – elle se manifeste par les marées – mais c'est justement parce que ceux-ci sont de taille gigantesque.

A l'échelle d'une plante ou d'un arbre, cette force est totalement négli-

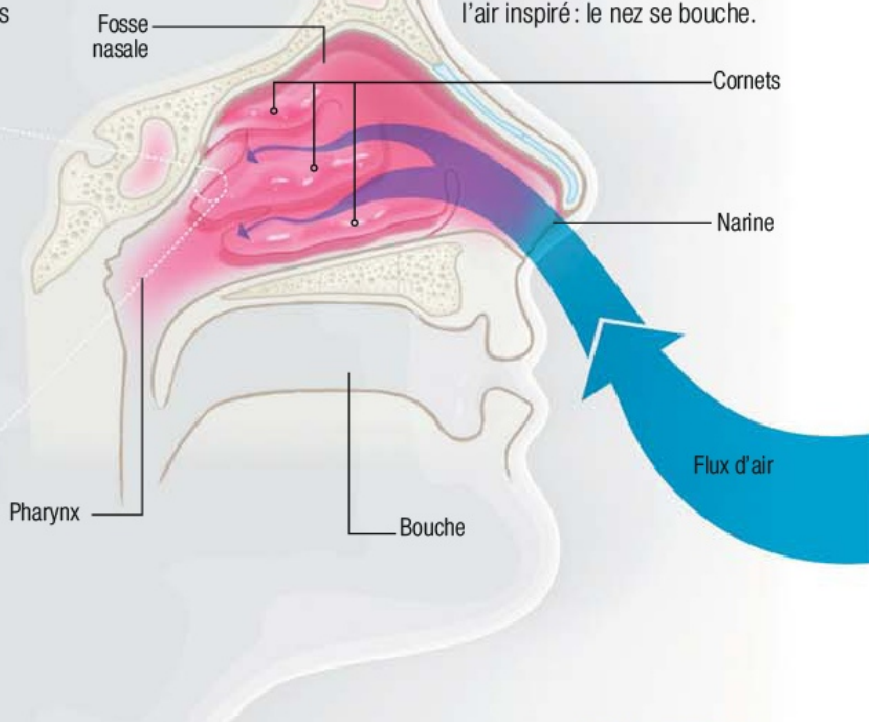
ANTOINE DAGAN - FOTOLIA

Parce que les tissus internes, en gonflant, bloquent le mucus nasal

1. Le rhume provoque une inflammation des muqueuses de la fosse nasale : le diamètre des capillaires s'élargit pour faire affluer plus de sang et de cellules immunitaires, ce qui augmente la production de mucus, que les cils ne peuvent plus évacuer.



2. Le gonflement des tissus, couplé avec la surproduction de mucus, réduit l'écoulement de l'air inspiré : le nez se bouche.



une influence sur les plantes ?

geable. La Lune ne peut donc en aucun cas faire "monter la sève", contrairement à ce que l'on peut lire dans certains manuels de biodynamie, en particulier en viticulture.

Sepourrait-il qu'il existe tout de même une influence indirecte ? Après tout, les marées rythment la vie en bord de mer et jouent un rôle, entre autres, sur la température de l'atmosphère. On pourrait donc envisager que la Lune impose son cycle à l'évolution des végétaux terrestres. Sauf que la plupart des études qui ont cherché une trace de cet effet n'ont pas réussi à en trouver !

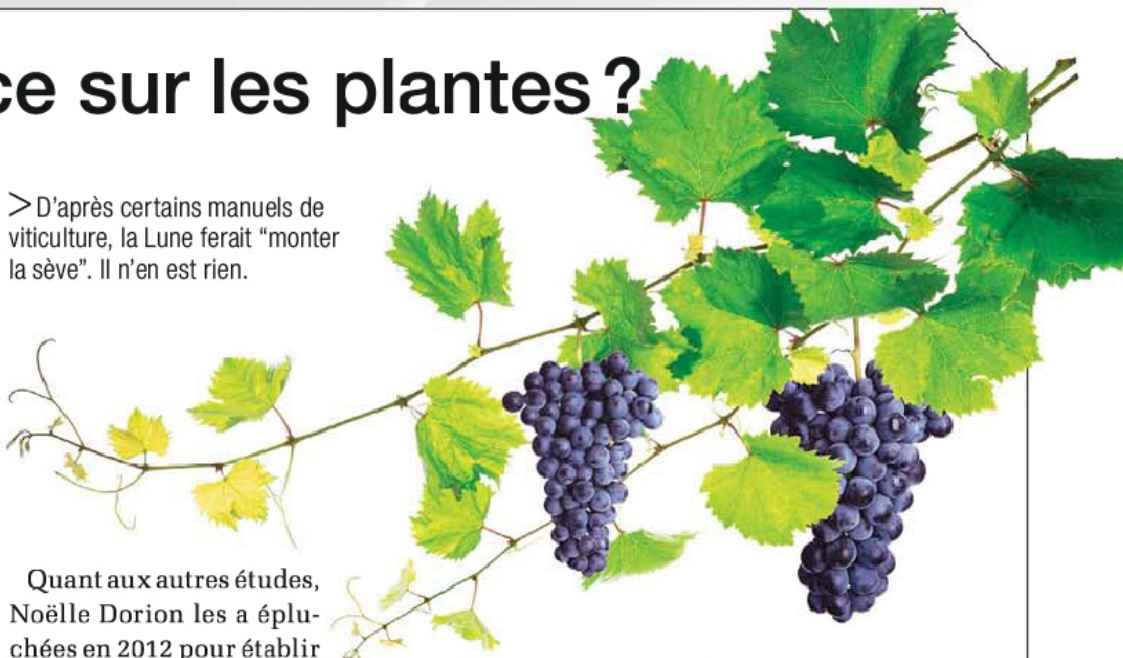
> D'après certains manuels de viticulture, la Lune ferait "monter la sève". Il n'en est rien.

Quant aux autres études, Noëlle Dorion les a épluchées en 2012 pour établir avec son collègue Jacques Mouchotte un rapport officiel de la Société nationale d'horticulture de France. Le verdict est sans appel : les travaux censés prouver cet effet ne sont pas statistiquement fiables. "Si la Lune a une

influence sur la performance agronomique, elle est infinitésimale, conclut le rapport. Le rôle de la qualité des sols, de l'alimentation hydrique, de la température, de l'ensoleillement, du contrôle des ra-

vageurs, est immensément plus important que celui du cycle lunaire."

Inutile, donc, de demander à la Lune de vous aider à jardiner, elle restera sourde comme un pot. **B.R.**



Les chats et les chiens ont-ils le même sens du goût que nous ?

Question de Sébastien Panetier, Champigny-le-Sec (86)

S'ils ont un odorat beaucoup plus performant que le nôtre, leur sens de la gustation est moins développé. *"Les chats et les chiens sentent la différence entre du bœuf et du saumon, par exemple, mais les aliments ont un goût moins fort pour eux que pour nous,"* résume Cyril Joly, vétérinaire. *Par ailleurs, ils ne sentent pratiquement pas le sucré, alors qu'ils sont sensibles à l'amer, qu'ils détestent."* La

comparaison du nombre de récepteurs ou "bourgeons de goût" dans les papilles gustatives est d'ailleurs éloquent : moins de 500 pour le chat, autour de 1 700 pour le chien contre... près de 9 000 pour l'homme. Ce qui explique pourquoi on peut les voir se jeter aussi goulûment sur une souris, un oiseau ou une mouche...

M.K.



Pourquoi n'y a-t-il jamais d'orage lorsqu'il neige ?

Question de Dominique Couillet, Paris 5^e

En réalité, même s'il est fort probable que vous n'en ayez jamais vu, les orages avec éclairs et coups de tonnerre peuvent aussi survenir quand il neige ! *"Les orages de neige sont rares. En trente-cinq ans, j'ai dû en voir en 4 ou 5 en France, pas plus,"* précise François Gourand, prévisionniste à Météo-France, à Paris.

Cette rareté s'explique. *"Pour qu'un orage survienne, il faut un important différentiel de température entre les couches d'air à moins de 1 500 m d'altitude, et celles entre 4 et 7 km de haut,"* détaille-t-il. Excepté

dans les régions équatoriales, ces conditions sont réunies le plus souvent entre la fin du printemps et le début de l'automne, lorsque l'atmosphère est la plus chaude, humide et instable. Plus rarement en hiver, du fait de la température au sol plus froide.

CELA ARRIVE EN MONTAGNE

Cela arrive cependant en montagne, où les reliefs accentuent les instabilités de l'air et les écarts de températures. *"On peut aussi voir des orages de neige quand l'air froid venant de l'Arctique, de plusieurs dizaines*

de degrés sous 0 °C, se positionne au-dessus de la Méditerranée, dont la surface est à 11-12 °C l'hiver," illustre le scientifique.

A noter que ces orages de neige génèrent moins de foudre que ceux de la belle saison. La foudre se produit en cas de forte différence de potentiel entre deux régions d'un nuage ou entre un nuage et le sol, la tension électrique minimale rendant l'air conducteur. Or, par temps neigeux, cette tension est plus difficile à atteindre, car la neige est moins conductrice que les gouttelettes des nuages. K.B.

GAGNEZ UN
ABONNEMENT
D'UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

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

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-Ory
92543 MONTRouGE CEDEX

La biographie d'Alan Turing qui a inspiré le film *Imitation Game* est rééditée

Sur les traces d'un génie tourmenté

Sans doute le film *Imitation Game*, en salle depuis quelques semaines, est-il l'occasion pour le grand public de découvrir et le nom et la vie d'Alan Turing. Il y verra comment ce mathématicien anglais fut le premier à saisir toute la puissance d'une machine à calculer programmable et comment il joua un rôle décisif durant la Seconde Guerre mondiale en décryptant les communications codées de l'armée allemande. Comment il fut persécuté pour son homosexualité, condamné à la castration chimique, et comment il mit fin à ses jours, dix ans exactement après le Débarquement, en croquant une pomme empoisonnée au cyanure.

Cependant, si l'envie prend, au-delà du personnage héroïsé par Hollywood, d'entrer dans le cerveau du fondateur de l'informatique, de la programmation et de l'intelligence artificielle, mieux vaut lire le livre d'Andrew Hodges, professeur de mathématique à l'université d'Oxford, publié il y a vingt ans et réédité à l'occasion de la sortie du film, qui s'en est inspiré.

Car cette biographie de 700 pages est à la fois

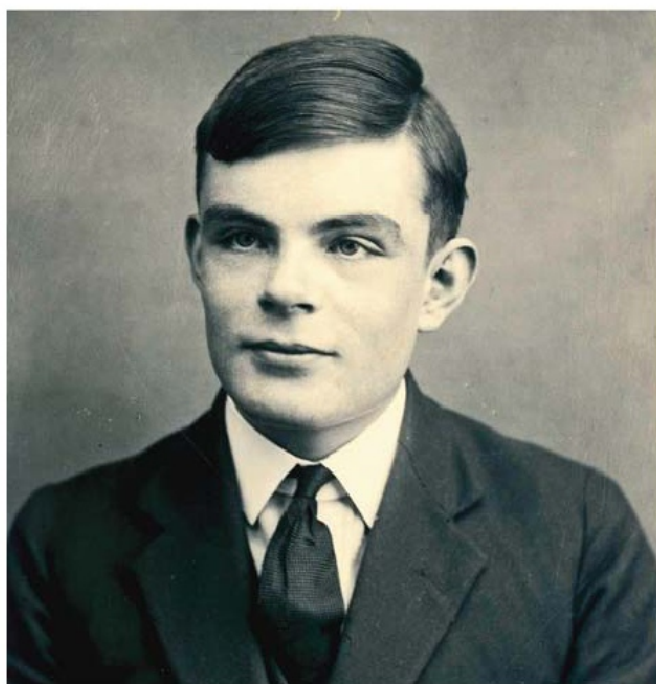
factuelle – dans la mesure où les écrits et les témoignages permettent de dissiper les secrets ayant entouré la vie d'Alan Turing – et pédagogique – dans la mesure où les notions fondamentales de logique et d'informatique sont vulgarisables.

LE REFUS DE DISSOCIER L'ESPRIT DE LA MATIÈRE

Or la singularité d'Alan Turing ne se saisit justement qu'en suivant au plus près l'entrelacement de ces deux trajectoires : celle, concrète, d'un être de chair, et celle, abstraite, d'un esprit inventant un monde nouveau.

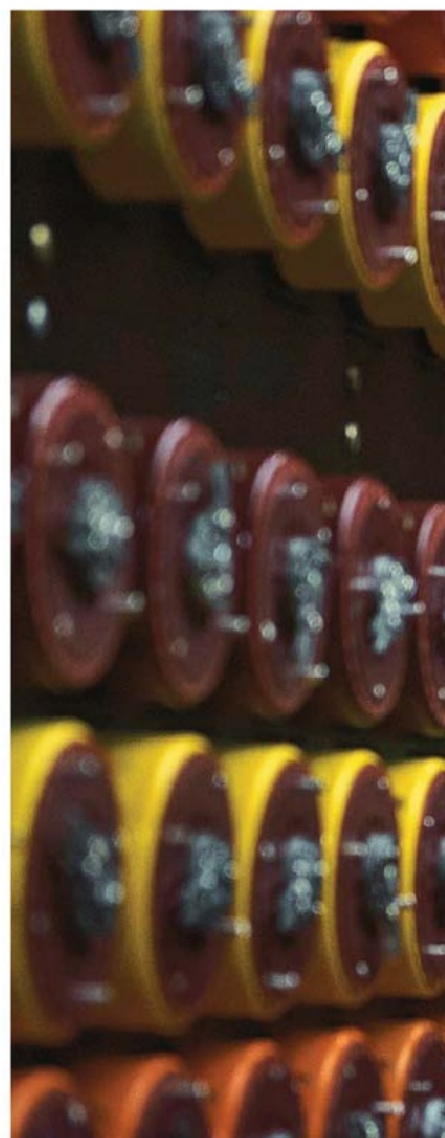
“Je crois personnellement que l'esprit est éternellement lié à la matière, mais sûrement pas systématiquement par le biais d'un même corps.” A 19 ans, dans une lettre destinée à la mère de Christopher Morcom, son collègue de l'université de Cambridge, son compagnon d'expériences scientifiques et son grand amour, mort deux ans auparavant de tuberculose, Alan Turing annonce déjà ce qui restera le thème central de ses réflexions.

Quatre ans plus tard, il fait entrer pour la première fois un corps matériel dans



^< Alan Turing à l'âge de 16 ans. Ci-dessus, incarné par Benedict Cumberbatch, lorsqu'il met au point une machine pour décrypter les codes nazis.

le royaume des pensées abstraites : en décrivant le fonctionnement d'une machine capable d'effectuer tous les calculs imaginables, il tranche par la négative une des questions les plus fondamentales de la logique mathématique (*“y a-t-il un moyen de décider si un énoncé est vrai sans en faire la démonstration?”*). Et fait naître la science informatique.



© FINE ART IMAGES/HERITAGE IMAGES/GETTY IMAGES - © J. ENGLISH/BLACK BEAR PICTURES



Encore quatre ans plus tard, il conçoit pour le compte des services secrets britanniques la machine décryptant les pensées secrètes des nazis. Et enclenche la course à la puissance de calculs.

LE PÈRE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

A nouveau quatre années après, comme si le chiffre quatre était son cycle, il se demande jusqu'à quel point l'esprit peut cacher la nature de la machine, humaine ou non, qui le produit. Son "test de Turing",

qui consiste à distinguer les réponses d'un homme et d'une machine se faisant tous deux passer pour une femme, formalise de manière aussi simple que vertigineuse la question de la frontière entre corps et esprit. Et deviendra le pivot de l'intelligence artificielle.

Andrew Hodges reste au plus près de la mécanique du corps qui produit ces pensées. Un corps toujours mal fagoté, se déplaçant à bicyclette, féru de course à pied, les mains souvent plongées dans la réparation de composants électriques

ou dans la mise au point d'expériences physico-botaniques. Et, au fil des pages, le lecteur apprend à connaître ce génie singulier coïncé entre le sens du devoir et de la liberté, entre aspirations du corps et de l'esprit, entre solitude sexuelle et spirituelle.

"*Le corps fournit à l'esprit de quoi s'occuper*", écrivait le jeune Turing à la mère de son âme sœur disparue. En se suicidant à près de 42 ans, sa pensée eut beau décider d'arrêter la machine, elle se prolonge toujours aujourd'hui. **H.P.**



LIVRE

- **Le Royaume de l'au-delà**
 ► De Thomas A. Edison
 ► Editions Jérôme Millon
 ► 192 pages, 18 €



Thomas Edison était un homme sérieux: fondateur de la firme General Electric, inventeur en série (parmi des centaines de brevets: l'ampoule à incandescence, le télégraphe, le phonographe...). Il prenait donc au sérieux le spiritisme, la grande passion du XIX^e s. Et entreprit d'inventer une machine capable de détecter l'action des morts sur les choses... ou d'en prouver l'inexistence. Dans ses écrits tardifs, enfin exhumés et précédés ici d'une passionnante préface sur les "machines nécrophoniques", Edison l'annonce pour "les prochains mois". Mais nul n'en vit jamais trace. Restent, dans une prose naïve, les théories personnelles, étranges ou visionnaires, qui le poussaient à y croire. Une curiosité. **F.L.**

CONFÉRENCE

- **Voyage dans le cerveau musicien**
 ► Maison de la Radio (Paris), 14 mars 2015
 ► Réservation: <http://tinyurl.com/pd43x5k>



Qu'est-ce qui fait qu'un son devient musique? Comment perçoit-on notes, mélodies, rythmes? Le cerveau des musiciens est-il spécial? A ces questions fascinantes répondront trois spécialistes de la relation entre musique et cerveau: le neuropsychologue Hervé Platel, le professeur de psychologie cognitive Emmanuel Bigand et la professeure de psychoacoustique Barbara Tillmann. La cantatrice Natalie Dessay sera le "grand témoin" de cette conférence ouverte à 250 auditeurs et dont des extraits doivent être retransmis, en podcast, en septembre prochain. **F.L.**

EXPOSITION



- L'anatomie des chefs-d'œuvre
 ► Mezzanine centrale du musée du quai Branly (Paris)
 ► Du 10 mars au 17 mai 2015
 ► Tarif: 9 €
 ► <http://tinyurl.com/ncuf9ev>

Des trésors ethnographiques disséqués aux rayons X

Avec ses 170 m², ce n'est pas le plus grand espace du quai Branly, mais la mezzanine centrale, véritable "cabinet de curiosités contemporain", surprend toujours ses visiteurs. Elle accueille cette fois 14 œuvres (figurines, momies, urnes...) pour les disséquer jusqu'à l'os et en révéler les moindres secrets... tout en les laissant absolument intactes!

Cette prouesse, le musée la doit à un arsenal de nouvelles méthodes d'analyse non-destructives, qui font autant que les œuvres elles-mêmes l'intérêt de la visite. "Le scanner et l'impression 3D bouleversent nos métiers. Nous dévoilons ici les balbutiements d'une nouvelle pratique scientifique", explique Christophe Moulhérat, chargé d'analyse des collections du département patrimoine et collection du musée.

L'emploi de ces technologies venues de la médecine et des jeux se cantonnait jusque-là à montrer les œuvres sous un angle neuf. Mais sur ces pièces ethnographiques particulièrement complexes, elles ouvrent des possibilités d'exploration inespérées: compréhension, préservation et restauration de l'œuvre prennent un autre visage sous rayons X... "Nos possibilités de recherche sont démultipliées, s'enthousiasme Christophe Moulhérat, mais il faut de l'imagination pour tirer le meilleur de ces outils."

DES RÉPLIQUES VIRTUELLES

L'équipe à l'initiative de l'exposition n'en manque pas. Et les 14 objets sélectionnés s'éclairent d'une compréhension nouvelle, livrée avec clarté aux visiteurs.

Les originaux sont présentés avec leur réplique vir-

tuelle animée et des impressions 3D, dévoilant ce qu'on ne pouvait pas voir jusque-là. Le scanner révèle l'intérieur d'une céramique maya (800 av. J.-C.) représentant un personnage assis et abritant de petites perles de pierre (reproduites fidèlement en impression 3D). Mais aussi la silhouette masculine percée d'éléments métalliques d'une figurine magique Nkisi Kula du Congo, précautionneusement emballée, que personne n'avait encore jamais contemplée.

Les mêmes outils d'enquête virtuelle ont permis de découvrir qu'un fardo funéraire péruvien (1100 apr. J.-C.) cachait la momie d'un enfant (photo), la tête en bas, cerné d'épis de maïs, et tenant dans ses mains de petits objets qui restent encore à analyser – peut-être une pochette contenant une pierre sertie... **E.R.**

Offre spéciale

Nouvelle formule

Abonnez-vous à Science & Vie

35,90 € seulement
au lieu
de 51,60 €*

1 an - 12 numéros

Soit
30%
de réduction



NOUVEAU ! Recevez la version numérique **OFFERTE** avec votre abonnement papier !



BULLETIN D'ABONNEMENT

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

☐ **Oui, je m'abonne à Science & Vie pour**
1 an (12 n°) pour **35,90 €** au lieu de ~~51,80 €~~
 soit **30% de réduction**

819 094

☐ **Je préfère m'abonner à Science & Vie 1 an (12 n°) + 4 hors-séries pour 49,90€ au lieu de 71,40 €* soit 30% de réduction**

819 102

**Science & Vie le journal de tous
ceux qui veulent vivre
en intelligence avec le monde.**

➤ **Voici mes coordonnées :**

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

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

Code Postal : Ville :

Tél : Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous 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 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 30/04/2015 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquiescer séparément chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,30 € et chacun des hors-séries au prix de 4,95 €. 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 Drey 92541 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

Science & Vie — TSA 10005 8 rue François Orly 92543 Montrouge cedex. RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

SCIENCE & VIE

Nos archives numériques sur
www.archives.science-et-vie.com
+ de 300 n° et 15 000 articles numérisés.

KIOSQUE
mag

Disponible sur
KiosqueMag.com

Il humidifie et assainit l'air qu'il souffle

En hiver, lorsque le chauffage assèche l'air des habitations, les personnes allergiques, asthmatiques ou juste soucieuses de la qualité de l'air intérieur s'équipent d'un humidificateur. Or, la plupart des modèles actuels, qui fonctionnent par évaporation, ne répartissent pas uniformément l'humidité dans la pièce et n'assainissent pas complètement l'eau diffusée dans l'air. D'où l'idée du fabricant britannique Dyson de concevoir un produit hybride : l'humidificateur AM10.

Pour une diffusion optimale et silencieuse, il re-

prend le design des ventilateurs sans pales de la marque. L'AM10 projette de l'air contenant des microparticules d'eau, de manière rapide et homogène dans tout l'espace (14 m²/heure). Et pour assainir cette humidité, il est doté d'une lampe UV, comme celles utilisées pour la stérilisation en laboratoire, qui élimine 99,9% des bactéries éventuellement présentes dans le réservoir d'eau. Déjà vendu au Japon, ce produit devrait arriver en France courant 2015. **L.B.**

Prix : env. 450 € (au Japon)
Rens. : www.dyson.fr

1. L'eau du réservoir est exposée à une lampe UV pour éliminer les bactéries.

2. Un transducteur piézoélectrique, vibrant jusqu'à 1,7 million de fois par seconde, pulvérise l'eau.

3. Les microparticules d'eau sont entraînées par le moteur vers l'anneau de ventilation.

4. L'anneau, qui brasse l'air ambiant, projette en son centre un puissant flux d'air à la fois humide et sain.



Le premier drone à voler comme un oiseau

Le Bionic Bird, conçu par l'entreprise française XTIM, est le tout premier modèle biomimétique, capable de voler en battant des ailes! L'avantage? Mis à part le réalisme spectaculaire de son vol, il peut planer en cas de panne moteur et il est particulièrement léger (9,20 g), ce qui limite le danger en cas de chute.

Ce petit drone-oiseau de 33 cm d'envergure se

pilote depuis un smartphone (en Bluetooth), via une application dédiée (iOS ou Android), à 100 m de distance, et peut voler à la vitesse maximale de 20 km/h pendant environ 7 minutes. Sa batterie lithium-polymère se recharge ensuite en 12 minutes, par contact magnétique, en le posant sur son "œuf-chargeur" nomade.

Il ne lui manque qu'une micro-caméra embar-

quée... qui pourrait être intégrée d'ici à 2016, une fois que son vol stationnaire sera techniquement

maîtrisé et les fonds nécessaires réunis. **L.B.**

Prix: 119 €
Rens.: www.mybionicbird.com



< Le Bionic Bird, piloté par smartphone, vole en battant des ailes et se recharge sur son "œuf-chargeur" en 12 minutes.

Une caméra pour surveiller bébé garantie sans ondes

Pour garder un œil sur bébé tout en limitant les émissions d'ondes électromagnétiques dans sa chambre, la marque française Babymoov a conçu un babyphone innovant : la Babycaméra 0 % Emission. Celle-ci se sert du réseau électrique filaire (technologie des courants porteurs en ligne) pour communiquer avec la box Internet de la

maison et transmettre ainsi, en wi-fi, les sons et images de la chambre directement sur le smartphone ou la tablette des parents. **Malin !** **L.B.**

Prix: env. 200 €
Rens.: www.babymoov.fr



LE COIN DES PROTOTYPES

Le bracelet qui transforme la peau en écran

C'est un projet très ambitieux qui pourrait révolutionner le monde des appareils mobiles. La start-up française Cicret a imaginé un bracelet connecté qui projette un petit écran sur le bras de l'utilisateur. Ce bracelet intégrera toutes les fonctions d'un smartphone ou d'une tablette. "Cette technologie va être rendue possible grâce à deux outils, affirme Guillaume Pommier, co-fondateur de la start-up. Tout d'abord, le bracelet sera muni d'un picoprojecteur qui permettra de projeter l'écran sur le bras. Ensuite, un détecteur infrarouge permettra à l'utilisateur d'interagir avec l'écran par un simple mouvement du doigt." Ces fonctions sont en cours de développement, mais l'entreprise reste discrète sur le sujet. **S.D.**

Rens.: www.cicret.com



Un tee-shirt qui mesure votre rythme cardiaque

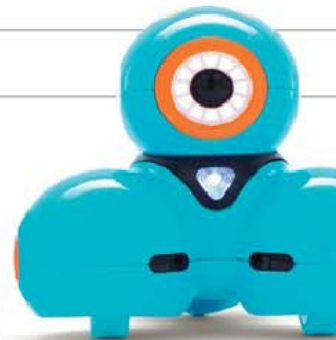
Envie de connaître votre rythme cardiaque pendant un effort ou votre respiration pendant votre sommeil ? Hexoskin, de la société canadienne du même nom, est un tee-shirt qui enregistre ce type de signaux grâce à trois détecteurs intégrés directement dans le tissu. Au niveau de la taille, une poche et

un connecteur permettent de brancher aux détecteurs un petit module électronique

(14 heures d'autonomie) qui enregistre jusqu'à 157 heures de données. Celles-ci peuvent être transmises par Bluetooth à votre smartphone ou sur un compte Internet gratuit pour analyse. Hexoskin est lavable à froid et existe en version hiver ou été.

S.F.

Prix: 320 €
Rens.: www.hexoskin.com



Le premier catamaran volant grand public

Voici le premier catamaran de série capable de voler au-dessus des flots. Il est l'œuvre d'une petite entreprise bretonne de Saint-Lunaire, près de Dinard.

Le *Flying Phantom* est un modèle de 18 pieds de long (un peu moins de 6 m), capable d'atteindre plus de 30 nœuds en vitesse de pointe, soit en-

viron 56 km/h, là où un catamaran de même gabarit frôlerait les 23 nœuds. Pour y arriver, son fabricant s'est inspiré des catamarans volants de la Coupe de l'America, avec des dérives en forme de L (des foils) qui, comme des ailes, créent une portance. Elles permettent à l'esquif de prendre son

envol dès 7 nœuds de vent. Ce catamaran très stable, facile à prendre en main – dixit ses concepteurs –, deviendra plus physique sous des vents de plus de 15 nœuds.

E.T.-A.

Prix: 39 000 €
Rens.: www.phantom-international.com





Ces petits robots apprennent aux enfants à coder

Avec Dash et Dot, deux robots imaginés par la société américaine Wonder Workshop, coder devient un jeu d'enfant dès 5 ans ! Via des applications adaptées à chaque tranche d'âge et disponibles sur tablettes ou smartphones, les enfants découvrent les rouages du code informatique et observent les implications de leurs choix sur les réactions des robots.

Dash, doté de deux roues et de nombreux composants (gyroscope, accéléromètre, micros, LED, capteurs infrarouges...),

est paramétrable à souhait. Dot, petit dôme dépourvu de roues, réagit aux mouvements qui lui sont appliqués et peut interagir avec Dash. Leur programmation repose sur le langage Blockly de Google, permettant à partir de blocs de code visuels et déplaçables de construire, tel un puzzle, des algorithmes simples en imposant des parcours, des conditions, des boucles... qui sont ensuite transmis par Bluetooth aux robots. **A.P.**

Prix : env. 210 €
Rens. : www.makewonder.com

Le smartphone double-face

Côté face, le téléphone mobile Yotaphone 2 du fabricant russe Yota Devices présente un classique écran LCD tactile. Côté pile, il en offre un deuxième, toujours tactile mais à encre électronique. Grâce à cette technologie héritée des liseuses, l'écran supplémentaire est très sobre en énergie (il ne consomme que lorsque son affichage change). Comme il permet de lire messages et informations personnalisées en 16 niveaux de gris sans déverrouiller le téléphone, privilégier son utilisation permet d'allonger l'autonomie du mobile. **O.L.**

Prix : 700 €
Rens. : <http://yotaphone.com/fr-fr>



✓ Grâce à ses foils, le *Flying Phantom* fonce à 30 nœuds (56 km/h) au-dessus des flots (contre 23 nœuds pour un catamaran classique).



L'ampoule anti-gaspi grâce à son capteur de mouvement

L'ampoule à LED Alba ne se contente pas de se piloter depuis un smartphone. Avec elle, pas de gaspillage ! Grâce à son capteur de luminosité, elle adapte sa puissance à la quantité de lumière : plus forte le matin et le soir, elle faiblit la journée. Son capteur de mouvement lui permet aussi de détecter une présence et de s'allumer ou s'éteindre en conséquence. Résultat : 60 à 80 % d'économies d'énergie, d'après le fabricant Stack.

Lors des premières utilisations, l'application dédiée sert à faire varier la température de couleur en fonction des activités : plus froide pour travailler dans le bureau, plus jaune et douce le soir au salon, ou encore de créer diverses ambiances. Par la suite, Alba garde en mémoire les réglages et les adapte toute seule. Disponible en Amérique du Nord, elle sera commercialisée en Europe dans les prochaines semaines. **O.L.**



Prix : env. 150 € (hub + 2 ampoules) ;
env. 60 € l'ampoule
Rens. : <http://stacklighting.com>

22 mars 1985

Trou de la couche d'ozone : les Etats se mobilisent

Un petit pas pour la diplomatie, un grand pas pour la planète ! Ce 22 mars 1985, les représentants de la Convention de Vienne ne mesurent pas qu'ils ont lancé une dynamique qui préservera l'humanité, et plus généralement la vie sur Terre, d'une catastrophe écologique majeure.

Le texte adopté n'est pas très ambitieux. Tout juste s'est-on mis d'accord pour prendre *"des mesures appropriées (...) contre les effets néfastes résultant ou susceptibles de résulter des activités humaines qui modifient ou sont susceptibles de modifier la couche d'ozone"*. En clair, les signataires ne sont d'accord que sur un but : em-

pêcher que l'ozone atmosphérique ne soit détruit. Comment ? La Convention n'impose rien et se garde de fixer le moindre objectif chiffré. Quatre ans de négociations pour en arriver là...

LE FRÉON EN QUESTION

Les diplomates ont malgré tout réussi un exploit : accorder pour la première fois des nations entre elles afin de faire d'une question écologique, sur laquelle ne règne pas de consensus scientifique, une cause digne de focaliser l'attention de l'ONU.

Car la couche d'ozone, cette pellicule gazeuse très diluée qui protège, depuis la stratosphère, la vie terrestre du rayonnement solaire

ultraviolet, inquiète de plus en plus les scientifiques.

En 1974, deux chimistes de l'université d'Irvine (Californie) s'étaient alarmés que des constituants chlorés, des chlorofluorocarbures (CFC), plus connus du public sous l'appellation commerciale de fréon, fabriqués en masse par l'industrie, puissent attaquer chimiquement l'ozone.

Ces gaz sont pourtant très peu réactifs. Et c'est justement pour cela qu'ils intéressent l'industrie. Peu toxiques, thermiquement stables, inflammables, miscibles dans l'eau et dans l'huile, ils entrent dans la composition d'aérosols (déodorants...), de mousses synthétiques, de systèmes réfrigérants ou

climatisants ; ils sont utilisés comme solvants ou mousse d'extincteurs sous la forme de bromofluorocarbures. Et leur production n'a cessé de croître depuis les années 1950 pour atteindre plus d'un million de tonnes par an en 1985.

Parce qu'ils sont justement très peu réactifs, les CFC gagnent au bout d'une dizaine d'années, sans être détruits, les couches hautes de l'atmosphère où ils restent pendant des décennies (voire des siècles pour certains). Jusqu'à ce que le rayonnement solaire, intense à ces altitudes, finisse par libérer les atomes de chlore qu'ils contiennent. C'est ce chlore qui, à travers des cycles

SCIENCE & VIE en parlait déjà... PAR FIORENZA GRACCI

1943 L'OZONE EST VITAL

"Il forme au-dessus de nous comme un immense parasol, qui filtre le rayonnement solaire." Ces ondes ultraviolettes agissent *"sur les végétaux comme un véritable poison"*. Ainsi la disparition de l'ozone *"aurait pour les êtres vivants à la surface de la Terre des conséquences catastrophiques : [elle] ferait de la Terre un désert"*. S&V n° 310

L'OZONE ATMOSPHERIQUE
GAZ INDISPENSABLE
AU MAINTIEN DE LA VIE SUR LA TERRE

par Charles FABRY
de l'Académie des Sciences



FIG. 8. — LE BOMBE DE L'OZONE DANS L'AIR AMBIANT SUR LE JURA FRANÇAIS

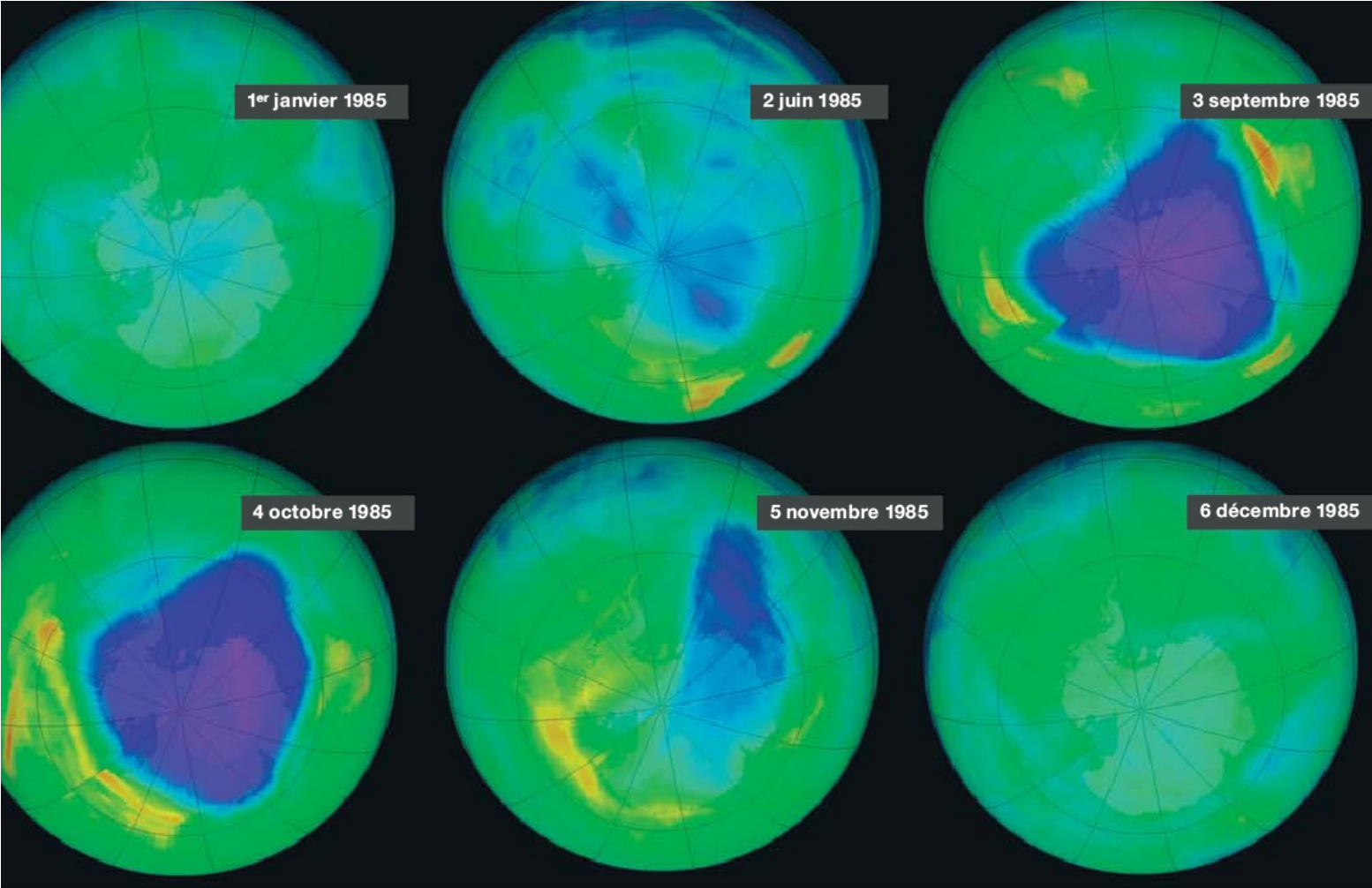
1976 LA SCIENCE TIRE LE SIGNAL D'ALARME

S&V est l'un des premiers à prévenir : *"Tout menace l'ozone : les bombes atomiques, les avions stratosphériques et jusqu'aux aérosols des 'bombes' d'insecticides, de désodorisants et de produits d'entretien ménager. [...] Si on continue ainsi, sans arrêt ni diminution, la quantité d'ozone aura décliné d'un tiers en l'an 2010."* S&V n° 703

DES TROUS DANS L'OMBRELLA DE LA TERRE

Sous l'averse de rayonnements cosmiques, la vie sur la Terre est protégée par la couche d'ozone qui se situe entre 10 et 25 km d'altitude. On voit menacer l'ozone : les bombes atomiques, les avions stratosphériques, les aérosols, les insecticides, les désodorisants et les produits d'entretien ménager. Ce trou se creuse et sa disparition est imminente.





complexes, pourrait détruire l'ozone. Et les tonnes de CFC accumulées en altitude ne devraient pas tarder à produire leur effet, préviennent certains chimistes.

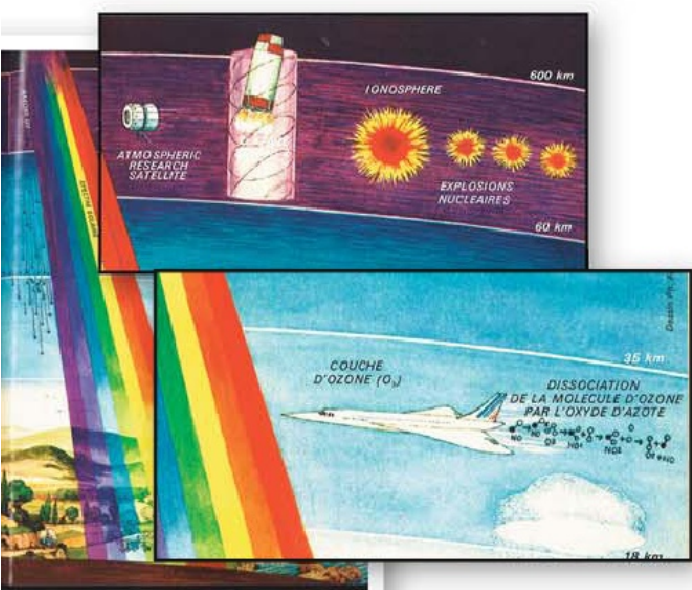
Depuis 1979, le satellite *Nimbus 7* de la Nasa mesure

les concentrations d'ozone grâce au TOMS (Total Ozone Mapping System) et au SBUV (Solar Backscatter Ultra Violet Radiation). Et des mesures au sol sont effectuées dans différentes stations du globe. Les

La quantité d'ozone présent dans la stratosphère (en vert), entre 10 et 50 km d'altitude, chute brutalement à la fin de l'hiver austral.

calculs montrent alors que la diminution de l'ozone devrait être encore peu visible (de 1 à 2 % en hiver selon les modèles), mais les instruments manquent de fiabilité.

C'est pourquoi les résultats obtenus en 1983 par des chercheurs japonais et confirmés en 1985 par trois scientifiques britanniques sidèrent les aéronomes : les



1993 UNE PSYCHOSE MONDIALE

"Les gouvernements aussi cèdent à l'inquiétude." Chaque jour, les autorités canadiennes communiquent le degré de danger d'exposition au soleil, tandis que le gouvernement australien incite ses citoyens à se mettre à l'ombre. S&V met en garde contre la psychose qui s'est imposée au cœur du "dossier ozone", d'autant plus que "la chimie de l'atmosphère est très complexe. Nous ne pouvons pas encore tout expliquer". S&V n°911

→ mesures réalisées aux stations antarctiques de Halley Bay et de Syowa montrent au contraire que la quantité d'ozone dans la stratosphère du pôle Sud chute brutalement chaque mois d'octobre, depuis 1980. En 1984, près de 40 % ont disparu. Entre 15 et 20 km d'altitude, ce sont 95 % qui auraient été détruits !

L'EMBALLEMENT MÉDIATIQUE

Un résultat d'autant plus inquiétant que la durée de vie des CFC est telle que même en interrompant immédiatement les émissions, la concentration de chlore dans la stratosphère continuerait à augmenter pendant encore un demi-siècle !

Comment un trou aussi béant, couvrant tout l'Antarctique, a-t-il pu se former si vite ? Les théoriciens proposeront une explication dès 1986, à travers une série de mécanismes complexes prenant en compte la géographie particulière de ce continent, au-



Y. NAGATA/UN PHOTO

△ Le 15 septembre 1987, le Protocole de Montréal (présidé ici par Noel Brown, 2^e à dr.) impose aux Etats les premières mesures contraignantes.

dessus duquel une ceinture de vents tournant à près de 300 km/h se met en place de juillet à octobre, dans la basse stratosphère, isolant les masses d'air froid du reste du globe. Là, c'est dans des nuages de glace, sous l'effet du rayonnement qui refait son apparition en octobre, que le chlore stocké dans l'atmosphère réussit à détruire l'ozone. Le vortex se disloque ensuite en novembre et le "trou" se dilue.

A Vienne, ce 22 mars 1985, les données sur l'Antarctique sont encore confidentielles.

Mais le risque est assez établi pour que les politiques agissent. Une fois son existence révélée, ce "trou dans la couche d'ozone" frappe les esprits et l'emballement médiatique pousse les gouvernements à envisager des mesures coercitives.

Dès le 15 septembre 1987, le Protocole de Montréal engage ainsi les Etats signataires, qui représentent plus des deux tiers de la consommation mondiale de CFC, à réduire, par étapes, de près de moitié leur utilisation. Pour la première fois, des

gouvernements infligent à leur pays des mesures contraignantes afin de protéger des équilibres écologiques à l'échelle du globe. Certains pays (RFA, pays scandinaves) veulent aller plus loin et bannir totalement les CFC, ce que l'Union européenne fera en 2000.

Ces efforts vont payer. Le rapport du Programme de l'ONU pour l'environnement, rendu public le 10 septembre 2014, se réjouit que la concentration de CFC ait baissé de 10 à 15 %. Les niveaux d'ozone commencent à remonter faiblement dans les latitudes moyennes de l'hémisphère Nord. La couche d'ozone devrait retrouver son équilibre vers 2050 et le trou au-dessus de l'Antarctique se résorber d'ici la fin du XXI^e s.

Ironie du sort : les HFC (hydrofluorocarbures), produits pour les remplacer, sont accusés d'être de redoutables gaz à effet de serre... De nouveaux traités sont donc aujourd'hui à l'étude. **E. Monnier**

SCIENCE & VIE en parlait encore

2007 OZONE ET RÉCHAUFFEMENT: MÊME COMBAT

En plus d'avoir enrayé l'élargissement du trou dans la couche d'ozone, le Protocole de Montréal "peut se targuer d'avoir indirectement fait plus contre le réchauffement climatique que le protocole de Kyoto à ce jour ! Car les CFC sont aussi de puissants gaz à effet de serre..." Sans le plan de sauvegarde, leur effet sur l'atmosphère de 2100 aurait été "équivalent à celui des combustibles fossiles !" **S&V n° 1080**



2013 ET SI MAINTENANT IL Y EN AVAIT TROP...

Alors que le trou se colmate peu à peu, "un invité inattendu est venu mettre son grain de sable dans les rouages atmosphériques de la planète : le réchauffement climatique". Résultat : le manque d'ozone n'est plus à craindre, c'est son excès qui pourrait poser problème d'ici à 2100. Heureusement, les risques se bornent à une "carence générale en vitamine D dans la population". **S&V n° 1149**



à lire en intégralité dans **Les grandes archives** www.science-et-vie.com



LUNDI-JEUDI 20H-22H

LA CURIOSITÉ EST UN VILAIN DÉFAUT

SIDONIE BONNET & THOMAS HUGUES

JEUDI 5 MARS

LE PRINTEMPS

Avec Matthieu Villiers, journaliste.



Innovation
that excites

NOUVEAU NISSAN QASHQAI. URBAIN PAR INSTINCT.



À partir de

289 € / MOIS⁽¹⁾

SANS APPORT⁽²⁾. SANS CONDITION.

Pour plus d'informations, rendez-vous sur **nissan.fr**

Innové autrement. (1) Exemple pour un Nouveau Nissan QASHQAI Visia DIG-T 115 neuf en Location Longue Durée sur 49 mois, 40 000 km maximum, premier loyer de 1 980 €⁽²⁾ puis 48 loyers de 289 €. Restitution du véhicule chez votre Concessionnaire en fin de contrat avec paiement des frais de remise en état standard et des kilomètres supplémentaires. Sous réserve d'acceptation par Diac - RCS Bobigny 702 002 221. **Modèle présenté :** Nouveau Nissan QASHQAI Tekna DIG-T 115 Gamme 2015 avec options peinture métallisée et toit panoramique en verre, en Location Longue Durée sur 49 mois, 40 000 km maximum, premier loyer de 2 655 €⁽²⁾ puis 48 loyers de **388 €**. (2) Premier loyer pris en charge par votre Concessionnaire NISSAN. Offres réservées aux particuliers, non cumulables avec d'autres offres, valables jusqu'au 31/03/2015 chez les Concessionnaires participants. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 € - RCS Versailles B 699 809 174 Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron - CS 10213 - 78961 Voisins-le-Bretonneux Cedex.

Consommations gamme cycle mixte (l/100 km) : 3,8 - 6,0. Émissions de CO₂ (g/km) : 99 - 138.