

SIXIÈME SENS VOLCAN RACISME MANDALAS YAMAL BOMBE MÉTHANE ECSTASY  
HYPERLOOP LÉZARD EINSTEIN MARILYN MONROE MÉDUSES BOSON Z' VOIX

SCIENCE & VIE

# SCIENCE & VIE

JUIN 2015 N° 1173

MONDADORI FRANCE



**SÉCURITÉ  
AÉRIENNE**

FAUT-IL ENCORE  
DES PILOTES  
DANS LES AVIONS ?

**PLUTON EN VUE**  
LE DERNIER MONDE  
INEXPLORÉ  
BIENTÔT VISITÉ

# TOUS MYOPES

■ LES RAISONS D'UNE ÉPIDÉMIE  
■ LES NOUVEAUX TRAITEMENTS

France métro: 4,30 € - D: 6,90 € - BEL: 4,70 € - ESP: 4,90 €  
GR: 4,90 € - DOM surf: 4,90 € - DOM avion: 6,90 €  
ITA: 4,90 € - LUX: 4,70 € - PORT CONT: 4,90 €  
CAN: 6,50 \$ CAN - MAR: 48 DH - TOMS: 750 CFP  
TOM A: 1400 CFP - CH: 8,5 FS - TUN: 7,5 DTU

M 02578 - 1173 - F: 4,30 € - RD



**ON HÉRITE PLUS DE NOS MÈRES QUE DE NOS PÈRES !**



# Nouveau Renault ESPACE

Le temps vous appartient.



Découvrez le parcours de Kevin Spacey sur **espace.renault.fr**

Consommations mixtes min/max (l/100km) : 4,4/6,2. Émissions CO<sub>2</sub> min/max (g/km) : 116/140.  
Consommations et émissions homologuées selon réglementation applicable.

Renault recommande **elf**





**RENAULT**  
La vie, avec passion









L'HISTOIRE DE NOS CHICKEN McNUGGETS,  
C'EST UNE HISTOIRE DE SÉLECTION...

POUR LA FABRICATION DE NOS CHICKEN  
McNUGGETS, **100% DES MORCEAUX  
DE POULET SÉLECTIONNÉS SONT DES  
FILETS.** FINEMENT HACHÉS ET MARINÉS, ILS  
SONT ENSUITE ENROBÉS D'UNE PANURE  
ET CUIITS EN RESTAURANT DANS UNE  
HUILE VÉGÉTALE (COMPOSÉE DE COLZA  
ET DE TOURNESOL) POUR VOUS GARANTIR  
DES **CHICKEN McNUGGETS 100% TENDRES.**





GDF SUEZ est maintenant

# engie



---

Parce que le monde change et avec lui toutes nos énergies, GDF SUEZ devient ENGIE. ENGIE investit dans la créativité de chacun et la collaboration de tous, pour mener à bien la transition énergétique.

---

[engie.com](http://engie.com)

By people for people\*

L'énergie est notre avenir, économisons-la !  
\*par nous pour tous





Elsa Abdoun  
e.abdoun@mondadori.fr

## Les nouvelles lois de l'hérédité

On sait depuis une dizaine d'années que notre vision de l'hérédité, issue du dogme du "tout génétique", est dépassée. Et plusieurs travaux viennent de montrer la diversité des matériaux biologiques transmis aux enfants en plus de l'ADN. L'occasion de voir comment ces hérédités nouvelles renversent des idées fondamentales sur le lien familial et la notion de transmission. Un exemple ? Si les deux parents lèguent le même nombre de chromosomes, ce sont les mères qui laissent le plus de traces à l'intérieur de nos corps.



Vincent Nouyrigat  
v.nouyrigat@mondadori.fr

## La sécurité aérienne en question

"Il avait la volonté de détruire l'appareil." La conférence de presse tenue par le procureur de la République, jeudi 26 mars, a été un choc : l'épouvantable crash aérien survenu deux jours plus tôt sur le sol français était en réalité l'œuvre du copilote, Andreas Lubitz. Un suicide de pilote... 150 morts. L'ordinateur de bord n'aurait-il pas pu bloquer cette manœuvre insensée ? Ne pourrait-on pas contrôler les avions à distance ? A l'heure des drones et des métros automatiques, on s'interroge : faut-il encore un pilote dans l'avion ? Une enquête délicate dans un monde aéronautique en deuil.



Caroline Tourbe  
c.tourbe@mondadori.fr

## Tous condamnés à la myopie ?

C'est maintenant officiel : l'épidémie de myopie est devenue mondiale ! Il y a un an, nous avions évoqué le sujet pour l'Asie. Mais les premiers chiffres pour l'Europe viennent de tomber, démontrant que notre continent n'est pas épargné, avec 47 % des 25-29 ans touchés. Presque un jeune sur deux ! Comme si l'espèce humaine dans son ensemble était en train d'évoluer...







10 **Forum**

## Actus

16 **Labos**

Sur le Soleil, les saisons durent onze mois ; le neutron est plus lourd que le proton, et l'on sait pourquoi ; les premiers amas de galaxies se révèlent enfin ; le plus petit des êtres vivants...

26 **Environnement**

La "vulnérabilité volcanique" est désormais établie à l'échelle du globe ; la végétation mondiale a encore gagné du terrain...

32 **Médecine**

Des cellules mobiles guident la cicatrisation ; nous n'avons pas tous les mêmes armes génétiques face à la grippe...

34 **Technos**

Un appareil sait éteindre le feu avec du son ; l'impression 3D devient 100 fois plus rapide...

## Science & société

38 **Montée du racisme en France ?**

Nous sommes plus racistes que nous le croyons

42 **Succès des coloriage pour adultes**

Colorier est-il vraiment bon contre le stress ?

44 **Mort de deux bébés suite à une vaccination**

Mais comment sont évalués les vaccins ?

45 **Arrivée de DOGTV en France**

Et pourtant, le chien ne voit pas comme nous

46 **Lutte contre le gaspillage alimentaire**

Ce sont les foyers qui jettent le plus de nourriture

## A la Une

50 **TOUS MYOPES**

54 Les raisons d'une épidémie mondiale

58 Les 5 nouvelles pistes pour traiter la myopie

## Science & découvertes

64 **Géologie**

**L'énigme des cratères sibériens**

67 **Physique**

**Méson B0 : la particule qui relance le rêve**

70 **Astronomie**

**Pluton : à l'assaut du dernier monde**

80 **Biologie**

**Cellules souches, microbiote, enzymes... : nous transmettons bien plus que de l'ADN**

## Science & techniques

88 **Sécurité aérienne**

**Faut-il encore un pilote dans l'avion ?**

100 **Drogue**

**Ecstasy : un nouveau délire de médecins ?**

104 **Synthèse vocale**

**On va pouvoir ressusciter la voix de Marilyn Monroe**

## Science & futur

112 La pêche illégale va être traquée par satellite ; des briques imprimées en 3D climatiseront naturellement les maisons ; l'armée américaine veut prédire les cyberattaques ; le train sous vide entre en phase de tests ; associer cultures hors-sol et aquaculture est à l'étude ; un cargo "à voile" intelligent promet d'optimiser le fret ; des planeurs pourraient rendre l'énergie éolienne accessible à tous...

## Culture science

120 **Bon à savoir**122 **Questions/Réponses**128 **A voir / à lire**132 **Technofolies**

136 **Il y a...** 110 ans : Einstein révolutionne l'espace et le temps



## Les médicaments inutiles vous ont fait réagir

Notre dossier "Des milliers de médicaments ne servent à rien" (S&V n° 1171, p. 40) a fait l'objet de nombreuses reprises médiatiques et réactions. En voici quelques-unes.

Merci pour cet article très bien documenté. Où et quand sera disponible la liste des 150 "bons" médicaments dont vous parlez ?

Christiane Dupre, Le Merzer (Côtes-d'Armor)

**S&V** Cette liste n'est pas encore disponible. Comme nous l'expliquons dans notre article, nous n'avons eu accès qu'à une version non définitive, le consensus de la centaine de médecins mobilisés n'étant pas arrêté pour certaines affections. Vu que la très grande majorité des médicaments présents dans cette liste avait vocation à le rester, nous avons tout de même décidé de publier notre article, en analysant

uniquement les indications qui font consensus.

L'intégralité de la liste sera dévoilée au cours de la seconde moitié de l'année – nous ne manquerons pas de vous en tenir informés ! Elle ne sera officialisée qu'en 2016, soutenue par un plan de communication des autorités de santé.

Je suis surpris qu'aucun vrai spécialiste de la pharmacothérapie – un pharmacien – n'ait été interrogé !

Patrice Lamarre, pharmacien chef, centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (Québec)

**S&V** A ce stade, la liste des médicaments essentiels est, il est vrai, une initiative d'un groupe



de médecins à destination de leurs confrères. Voilà pourquoi, dans ce premier dossier, ce sont eux qui ont été interrogés.

Mais votre remarque est parfaitement légitime pour les prochaines étapes. Les pharmaciens sont des maillons indispensables du système de santé, et leur aide dans la sélection des médicaments essentiels est précieuse. A Stockholm, où le travail de consensus a débuté en 2001, des spécialistes ont d'ailleurs été associés à la mise en place de la première version officielle de la "wise list" (liste "sage", ou "kloka listan" en suédois), et ils sont tout autant impliqués dans son évolution depuis.

Comment persuader mon médecin de me prescrire de l'ibuprofène plutôt que du diclofénac ?

Pierre Govignon, Internet

**S&V** La clé du succès de cette liste est de la faire adopter par le plus grand nombre : il ne reviendra donc pas plus aux malades de persuader leur médecin que l'inverse...

En Suède, Lars L. Gustafsson, l'initiateur de la "wise list", affirme que c'est la diffusion à très large échelle du nom des médicaments retenus dans la liste depuis 2001 qui lui a permis de s'imposer naturellement. Désormais, plus de 90 % des ordonnances correspondent à ses recommandations.

**Suicide**  
Il cache une vraie maladie

Adversité sociale, problèmes psychologiques... Pas seulement ! Derrière le passage à l'acte se cachent aussi des prédispositions biologiques. Une découverte qui change la vision de ce fléau.

Par Lina Bénédict

**A**vec nous ne sommes pas les seuls à souffrir de cette terrible maladie. Depuis les premières études génétiques, nous savons que les gènes jouent un rôle important dans le développement de cette pathologie. Plus récemment, des études ont montré que des variations génétiques peuvent influencer le risque de suicide. Ces découvertes ont permis de mieux comprendre les mécanismes biologiques du suicide, mais aussi de mieux comprendre les facteurs environnementaux qui peuvent déclencher l'acte. Aujourd'hui, nous savons que le suicide est une maladie complexe, influencée par de nombreux facteurs, dont les gènes. Cette prise de conscience est essentielle pour mieux comprendre le suicide et pour développer des stratégies de prévention et de traitement.

**Le contexte**

Le suicide est une maladie complexe, influencée par de nombreux facteurs, dont les gènes. Cette prise de conscience est essentielle pour mieux comprendre le suicide et pour développer des stratégies de prévention et de traitement.

## Le suicide reste un acte libre

Si nous ne portons pas les facteurs biologiques évoqués dans votre article (n° 1171, p. 86) qui déclenchent le suicide, sommes-nous incapables de décider de notre mort ?

Yannis Mondru, Internet

**S&V** Bien sûr que non : l'absence de facteur de prédisposition limite le risque de se suicider mais n'empêche nullement le passage à l'acte. L'homme conserve la capacité de décider de sa mort, même en l'absence de tous les facteurs de risque identifiés à ce jour. Un objectif des travaux actuels est précisément d'identifier les facteurs de résistance et de résilience au suicide.



# La fusion nucléaire ? Elle n'est ni propre, ni inépuisable

**La science de la fusion nucléaire est grandiose, mais dans l'article que vous consacrez à ce sujet (n° 1171, p. 94), vous écrivez que c'est une énergie propre et inépuisable. Deux bêtises, me semble-t-il. Inépuisable, non, car cette énergie des étoiles fait que ces dernières meurent faute d'énergie. Propre, oui... quand on a la chance d'être protégé par une atmosphère qui arrête beaucoup de rayonnements.**

*Thierry Brevard, Chambéry (Savoie)*

## Rêverie sur une rencontre d'un nouveau type

La découverte du passage d'une étoile à une à deux années-lumière du Soleil à l'époque de l'homme de Neandertal (n° 1172, p. 72) me semble accroître très fortement la probabilité qu'une vie, voire une civilisation extraterrestre, croise la nôtre.

Une étoile hébergeant dans son système une planète comme la Terre n'est ni plus ni moins qu'un vaisseau capable de voyages interstellaires à l'échelle, sinon d'une vie humaine, au moins de la durée de vie d'une civilisation.

Or, depuis une vingtaine d'années, nous avons

découvert une abondance d'exoplanètes, dont certaines ont des caractéristiques proches de la nôtre, pouvant être propices à une vie extraterrestre. Si la naine rouge qui nous a frôlés n'a pas de planète aujourd'hui, elle en avait peut-être à l'époque. Un habitant d'une telle planète aurait probablement vu notre soleil dans son ciel et, doté des mêmes technologies que nous, aurait pu détecter la Terre et s'y intéresser comme nous-mêmes nous intéressons aux exoplanètes de notre voisinage.

*Pierre Brenti, Alpes-Maritimes*

## On en reparle



## LA CONSTRUCTION DE L'EPR N'EN FINIT PAS DE DÉRAPER

C'était il y a cinq ans, et rien n'a changé. En juin 2010 (S&V n° 1113, p. 86), nous analysions les problèmes rencontrés par le fer de lance du renouveau nucléaire français – le réacteur EPR, censé remplacer les centrales actuelles : conception balourde, difficultés de fabrication sous-estimées, perte de savoir-faire dans un contexte réglementaire de plus en plus exigeant... sans parler d'une certaine naïveté commerciale.

Depuis, les difficultés se sont accumulées sur les chantiers français et finlandais, toujours inachevés. Le monstre de Flamanville (Manche) accusera vraisemblablement six ans de retard, et son coût sera pratiquement triplé !

Dernier problème en date, et non des moindres : l'Autorité de sûreté nucléaire révélait mi-avril un défaut dans les propriétés mécaniques du couvercle et du fond de la cuve nucléaire. Autrement dit, le cœur du futur réacteur, une barrière de confinement essentielle dont la rupture doit être évitée à tout prix ! De nouvelles analyses sont en cours, dont les résultats sont attendus à l'automne avec un certain suspense – car retirer une cuve (même non irradiée) est une opération lourde. Si bien que le réseau électrique français devra attendre 2018 avant de pouvoir bénéficier des 1 630 MW de Flamanville.

Ces déboires continus en viennent à interroger l'avenir même du nucléaire. Le géant Areva pourrait d'ailleurs ne pas s'en relever... **V.N.**



ALLGRIP  
TECHNOLOGIE 4x4

PERSONNALISABLE

FREINAGE ACTIF  
D'URGENCE

SUZUKI VITARA

SUZUKI VITARA

SUZUKI VITARA

VITARA

## NOUVEAU VITARA. Réinventons la légende

Gamme à partir de 15 990 € <sup>(1)</sup>

Et si plutôt que de conduire une voiture, vous preniez le volant d'une légende ? Dans le nouveau Vitara, vous ressentirez l'héritage de la tradition 4x4 Suzuki mais aussi toute la modernité de son nouveau design et d'équipements innovants. Disponible en 2 ou 4 roues motrices, le SUV <sup>(2)</sup> compact Suzuki intègre les technologies les plus avancées, dont la transmission ALLGRIP, des solutions de connectivité et des milliers de possibilités de personnalisation, garantissant plaisir de conduite et tranquillité d'esprit en toutes circonstances. Parce que les plus belles légendes sont celles qui durent.

(1) Prix TTC du nouveau Vitara 1.6 VVT Advantage après déduction d'une remise exceptionnelle de 1 500 € offerte par votre concessionnaire Suzuki. Offre réservée aux particuliers dans la limite des stocks disponibles valable pour tout achat d'un Vitara neuf du 13/03/2015 au 30/06/2015. **Modèle présenté : Suzuki Vitara 1.6 VVT Pack : 19 790 €, remise de 1 500 € déduite + peinture métallisée So'Color en option : 850 € et pack «Urban» : 660 €.** Consommation mixtes CEE gamme Vitara (l/100 km) : de 4,0 à 5,7. Emissions de CO<sub>2</sub> (g/km) : de 106 à 131. (2) SUV (Sport Utility Vehicle) : concept urbain et tout chemin. Tarifs TTC clés en main au 09/03/2015. \*Un style de vie !

**Garantie 3 ans ou 100 000 km au 1<sup>er</sup> terme échu.**





## D'autres modèles pour expliquer l'Univers?

Dans votre une du mois d'avril (n° 1171, p. 54), vous évoquez les modèles cosmologiques avec gravitation modifiée et avec quintessence pour concurrencer le modèle actuel. Pourquoi ce choix? Existe-t-il d'autres modèles cosmologiques?

Julie Lemettre, Internet

**SV** Oui! Il y a beaucoup d'autres modèles, fondés sur des corpus théoriques différents et sur une énergie noire et une matière noire de natures différentes. Mais tous n'ont pas fait l'objet de simulations aussi détaillées. *"C'est le grand travail que nous avons entrepris: développer des modèles alternatifs au modèle standard et les intégrer dans des simulations numériques pour pouvoir les comparer,"* précise Jean-Michel Alimi, directeur de recherche CNRS, qui mène avec son équipe les simulations Deus à l'Observatoire de Paris. *Mais c'est une lourde tâche."*

Dans votre passionnant dossier, vous parlez beaucoup du modèle Mond, dans lequel la matière noire et l'énergie noire n'existent pas. Ces noirs objets ont été (il me semble) créés uniquement pour accommoder le modèle théorique aux résultats des mesures. Se pourrait-il, en fait, que la physique ne soit pas divisée en deux, mais en trois? La physique quantique dans l'infiniment petit, la physique de Newton à l'échelle du système solaire et la théorie Mond au-delà?

Guillaume Jacky, un lecteur passionné et assidu

**SV** C'est l'hypothèse de travail des chercheurs qui construisent des théories de gravité modifiée: postuler que les lois changent en fonction des échelles afin que leurs prédictions collent avec les observations. Mais il reste à transformer cette hypothèse en théorie qui englobe tous les mécanismes à toutes les échelles.

## On en reparle



## FINALEMENT, L'HOMME NE MARCHERA PAS SUR UN ASTÉROÏDE

*"En 2025, l'homme aura accompli un nouveau 'grand pas' en touchant un astéroïde géo-croiseur." Il y a cinq ans, Barack Obama prenait date, et nous consacrons notre une (S&V n° 1118, p. 48) à son objectif ambitieux.*

Aujourd'hui, la Nasa dévoile enfin son plan de mission. Et force est de constater qu'il ne reste plus grand-chose de l'esprit des pionniers qui animait le programme au départ. Nommé ARM (pour Mission de redirection d'astéroïde) et prévu pour 2020, le programme ne prévoit plus d'envoyer des astronautes directement sur un astéroïde, ni même d'envoyer un robot en attraper un pour le ramener près de la Terre, comme cela a été évoqué... mais d'y poser une sonde pour ramasser un gros caillou de 4 m à sa surface, avant de le placer en orbite autour de la Lune, où il sera étudié par des astronautes envoyés dans l'espace pour l'occasion durant trois semaines. Soit un projet surréaliste, d'un intérêt scientifique limité – les spécialistes des astéroïdes n'en attendent rien –, qui permettrait selon la Nasa de préparer les astronautes américains à une future mission vers Mars et de tester la déviation d'un astéroïde par une sonde en vue d'un éventuel Armageddon.

Nombre de spécialistes doutent qu'un seul de ces objectifs soit autre chose qu'un argument de communication. Et se demandent même si la mission s'envolera un jour... **M.F.**

## La boutique SCIENCE & VIE

Plus de

**400**

- ▶ Livres
- ▶ Objets scientifiques
- ▶ Idées cadeaux

[www.laboutiquescienceetvie.com](http://www.laboutiquescienceetvie.com)





# Forum

## Climat: ce n'est pas toujours la faute de l'homme



La déforestation en Amazonie responsable de la sécheresse en Californie, les suies industrielles d'Asie renforçant les tempêtes hivernales du Pacifique, ou les aérosols européens responsables de l'assèchement du Sahel... Ce qui me semble intéressant dans les exemples que vous donnez (n° 1171, p. 78), c'est qu'ils pourraient enfin tordre le cou au réchauffement climatique causé par le CO<sub>2</sub> d'origine humaine. Toutes ces perturbations climatiques, comme beaucoup d'autres (montée du niveau

des océans, fonte des glaces en Arctique, etc.), ont toujours été attribuées au réchauffement climatique. Les exemples d'Yves Sciama mettent en évidence une véritable mosaïque d'interactions au sein de la biosphère, l'homme étant dans bien des cas – mais pas toujours – le responsable des perturbations observées.

*Pierre Aguesse,  
Saint-Raphaël (Var)*

**S&V** Vous avez raison, un grand nombre de "perturbations climatiques" ne sont pas la



conséquence de la montée du CO<sub>2</sub> et du réchauffement qui en résulte. Parfois, elles ne sont même pas provoquées par des actions humaines (contrairement aux trois exemples de l'article qui, eux, le sont): c'est le cas des refroidissements dus aux grandes éruptions volcaniques, ou

des réchauffements provoqués par El Niño.

Cependant, après avoir bien examiné les autres causes possibles, les scientifiques considèrent clairement que le réchauffement global est le principal facteur de la montée du niveau des océans et de la fonte des glaces arctiques.

## SCIENCE & VIE

Une publication du groupe

**MONDADORI FRANCE**

PRÉSIDENT : Ernesto Mauri

### RÉDACTION

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

### DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Matthieu Villiers,  
assisté de Christelle Borelli

### RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

### RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS

Grégoire Bouillier (édition),  
François Lassagne

### DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diraison

### CHEFS 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<sup>re</sup> maquettiste),  
Elisabeth de Garrigues

### SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

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

### DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy, Frédéric Vladyslav

### ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquino, K. Bettayeb, L. Blancard,  
B. Bourgeois, L. Bouyssou, F. Cadu,  
O. Capronnier, B. Cessieux, G. Cirade,  
A. Debroise, S. Devos, O. Donnars, S. Fay,  
H. Gélot, C. Goya, F. Gracci, M. Grousson,  
E. Haentjens, C. Hancock, M. Kontente,  
O. Lapirot, E. Leroy-Terquem, E. Monnier,  
A. Pihen, Y. Sciama, M. Spée,  
E. Thierry-Aymé

### DIRECTION-ÉDITION

#### DIRECTION PÔLE

Carole Fagot

#### DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

### DIFFUSION

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

### MARKETING

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

### PUBLICITÉ

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

Anne-Sophie Chauvière (opérations  
spéciales)

Grande-Bretagne : Publieurope LTD  
(infolodon@publieurope.com –  
44 (0)20 7927 9800);

Allemagne : Publieurope Munich  
(infomunich@publieurope.com  
0049 89 2908150);

Suisse : Publieurope Lausanne  
(infolausanne@publieurope.com  
0041 21 323 3110);

Espagne : Publimedia Madrid  
(infomadrid@publim-gestion.es  
0034 91 212 83 00)

### FABRICATION

Gérard-Laurent Greck,  
Marie-Hélène Michon

### FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneskis

### DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Mathilde Janier-Bonnichon,  
Murielle Luche

### EDITEUR MONDADORI MAGAZINES FRANCE

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

### DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Carmine Perna

### ACTIONNAIRE PRINCIPAL

Mondadori France SAS

### IMPRIMEUR : ELCOGRAF – ITALIE

N° ISSN : 0036-8 369

### 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 : juin 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 manus-  
crits envoyés ne sont pas rendus.

### À NOS LECTEURS

#### RENSEIGNEMENTS

Par courrier : 8, rue  
François-Ory,  
92543 Montrouge Cedex.

Par mail : sev.lecteurs@

mondadori.fr

#### COMMANDE D'ANCIENS

NUMÉROS, RELIURES

ET VPC

Tel : 01 46 48 48 83

Contact@laboutiquescienceetvie.com







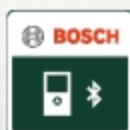
Mètres laser PLR connectés

# Mesurez. Sauvegardez.

Gérez tous vos projets  
sur smartphone et tablette.



Téléchargez gratuitement l'application Bosch *PLR measure&go*\*



Télécharger dans  
l'App Store

DISPONIBLE SUR  
Google play



## BOSCH

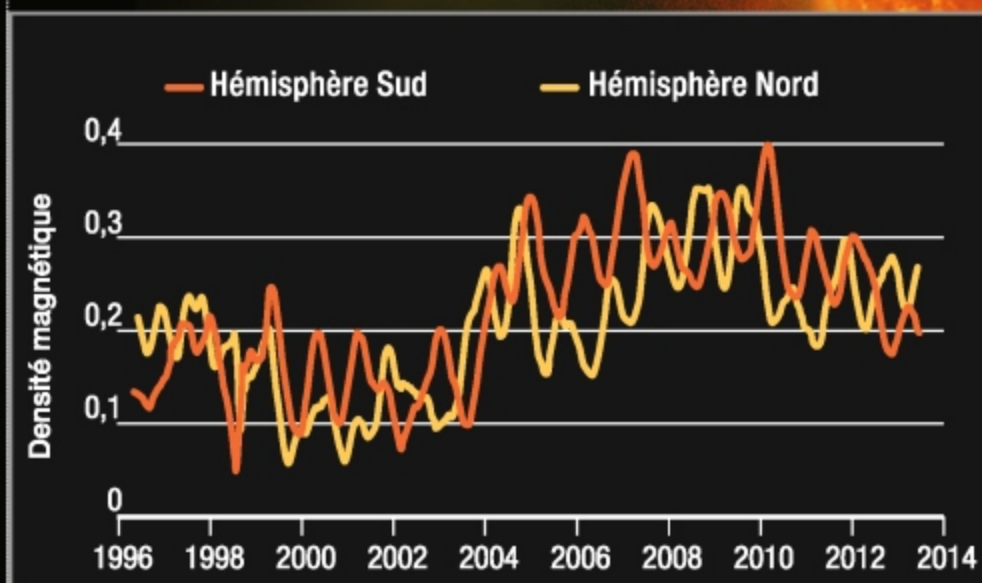
Des technologies pour la vie

[www.bosch-do-it.com](http://www.bosch-do-it.com)



# actus

✓> Les variations magnétiques solaires suivent des cycles d'environ vingt-deux mois, au cours desquels se succèdent un "été" et un "hiver".







PHYSIQUE SOLAIRE

# SUR LE SOLEIL, LES SAISONS DURENT ONZE MOIS

Durant onze mois, le Soleil amplifie son activité jusqu'à atteindre un pic, puis il met onze autres mois à s'apaiser... avant de s'exciter de nouveau. Pour parvenir à cette conclusion, Scott McIntosh et son équipe du National Center for Atmospheric Research, à Boulder (Etats-Unis), ont cumulé les données récoltées par tous les télescopes (SDO,

Soho, Stereo, Rhessi...) qui scrutent actuellement notre étoile. Puis ils ont suivi, sur ses deux hémisphères, le mouvement de bandes de champ magnétique. *"Ces bandes représentent les fluctuations de la densité du champ magnétique provenant du cœur du Soleil,"* précise le chercheur. *Elles constituent un marqueur de l'activité solaire plus fiable*

*que le décompte des taches habituellement utilisé."* C'est ainsi que l'équipe a décelé une nouvelle cadence dans l'activité confuse de notre astre: des hivers et des étés magnétiques qui se succèdent tous les deux ans environ, et qui semblent provoquer des variations aussi intenses que celles dues au fameux cycle de onze ans. Ce nouveau rythme solaire

pourrait aider à prédire les conditions nécessaires à la naissance d'éruptions ou d'éjections de masse coronale, ces gigantesques bulles de plasma qui, lorsqu'elles atteignent la Terre, peuvent provoquer orages magnétiques et *black-out* électriques. Reste à intégrer les saisons solaires aux modèles de prévision. **M.F.**

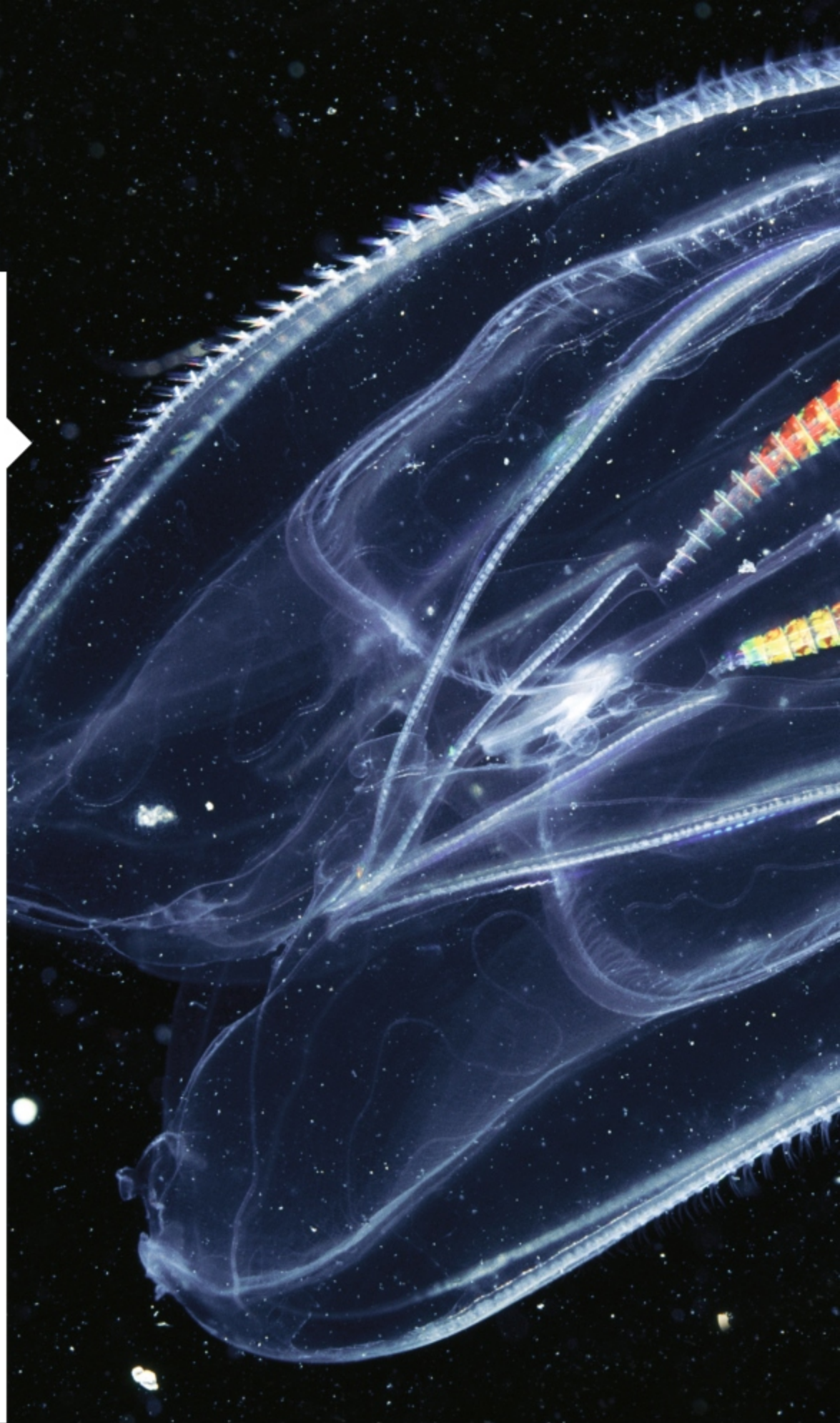


## ÉVOLUTION

# LE CTÉNOPHORE SE SERAIT INVENTÉ DES NEURONES

Son corps translucide et gélatineux évoque celui des méduses... mais le cténophore n'en est qu'un cousin éloigné. Plus étonnant encore, il constituerait à lui seul une lignée animale à part. La preuve, pour les biologistes qui émettent cette hypothèse déroutante? Son système nerveux unique. Trois équipes internationales ont séquencé le génome de deux espèces, *Mnemiopsis leidyi* et *Pleurobrachia bachei*. Ils ont découvert un réseau de neurones disposés selon une architecture polygonale, communiquant entre eux par de petits peptides (des molécules composées

d'acides aminés), et non par les messagers chimiques traditionnels (sérotonine, dopamine et acétylcholine). La seule explication crédible serait que les neurones soient apparus à deux reprises dans l'histoire de la vie, d'abord chez les cténophores, puis chez l'ancêtre des bilatériens (dont nous descendons). Ces organismes marins se seraient donc séparés du reste des animaux très tôt dans l'histoire de l'évolution, ce qui remet en question les classifications traditionnelles, qui plaçaient jusqu'ici les spongiaires (éponges) à cette position privilégiée. Une hypothèse à confirmer. **E.H.**

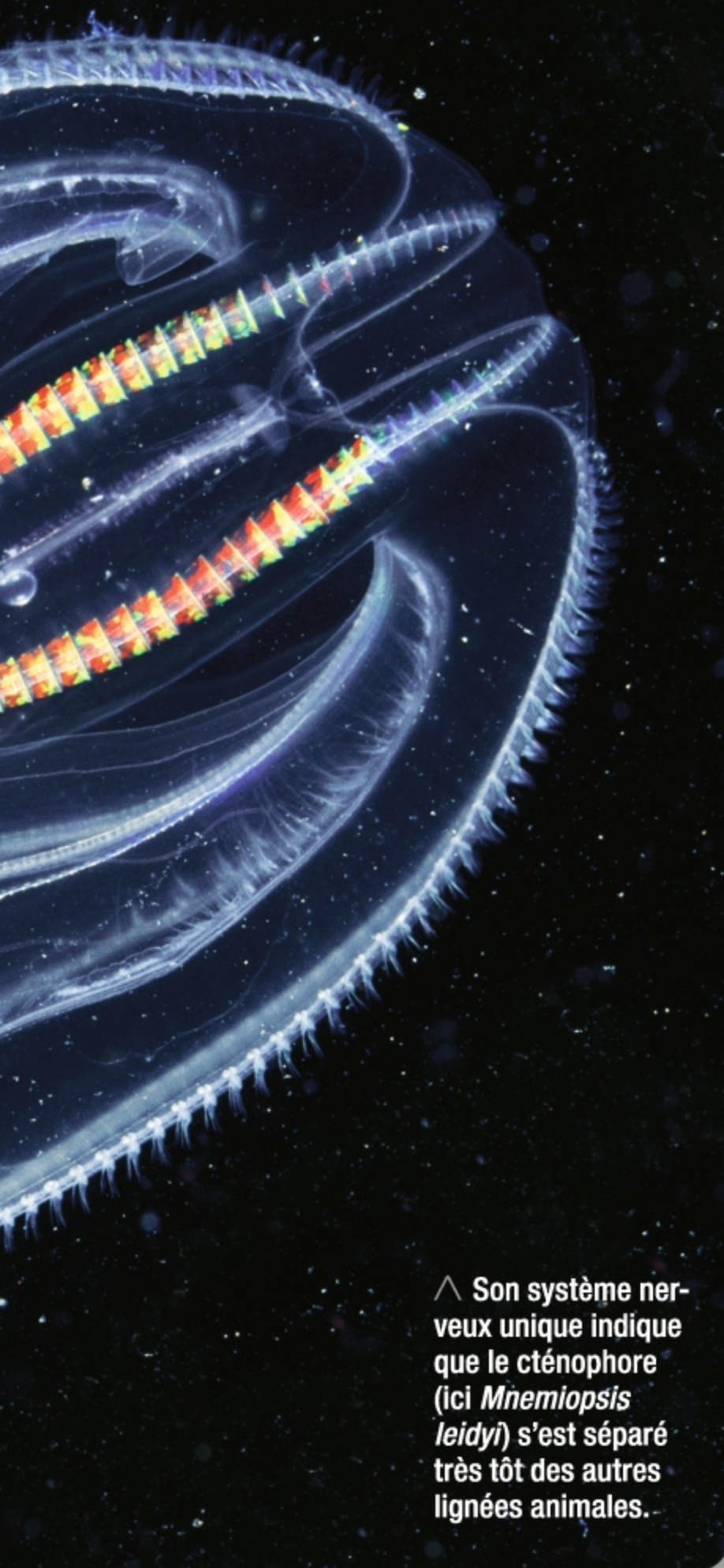


## ÉTHOLOGIE

## Cette araignée se fait littéralement dévorer par ses petits

*Stegodyphus lineatus* nourrit sa progéniture avec son propre corps! Des chercheurs israéliens ont décrit ce processus lent de dégradation des tissus menant à la matrophagie. Dès l'incubation, les tissus abdominaux de la mère suicidaire se liquéfient, de façon à être plus faciles à manger. Une fois les petits éclos, la mère régurgite les réserves dont elle dispose avant de s'offrir à la dévoration. A la fin, il ne reste que son squelette desséché... et environ 80 petits en pleine forme! **M.S.**





△ Son système nerveux unique indique que le cténophore (ici *Mnemiopsis leidyi*) s'est séparé très tôt des autres lignées animales.

# -8000 ans

C'est à cette date que la peau des Européens a commencé à s'éclaircir. Les premiers *Sapiens* d'Europe avaient la peau sombre, héritée des migrants venus d'Afrique (il y a 40000 ans). Des migrants venant de Turquie et du Caucase leur auraient apporté 2 gènes dominants de la peau dépigmentée. O.D.



en  
bref

## RESSASSER DES SOUVENIRS EN EFFACE D'AUTRES

Une équipe britannique a appris à des volontaires à associer un mot à deux visages. Puis elle les a amenés à évoquer le premier visage quand ils lisaient le mot. Elle a alors vu, par IRM, s'effacer peu à peu la trace mémorielle du second visage. A.D.

## LA VOIE LACTÉE ONDULE

En épluchant les données du Sloan Digital Sky Survey, une astrophysicienne a observé que le disque de notre galaxie n'est pas plat, mais forme des vagues qui pourraient s'étendre sur toute sa surface. M.F.

## POURQUOI LES NÉERLANDAIS SONT SI GRANDS

Si la population néerlandaise a gagné 20 cm en 200 ans, devenant la plus grande du monde (1,84 m pour les hommes), c'est à cause de meilleures conditions de vie... et de la sélection naturelle: ce sont les Néerlandais les plus grands qui ont le plus d'enfants. A.D.



△ Deux supercalculateurs ont déduit la masse des particules de la théorie.

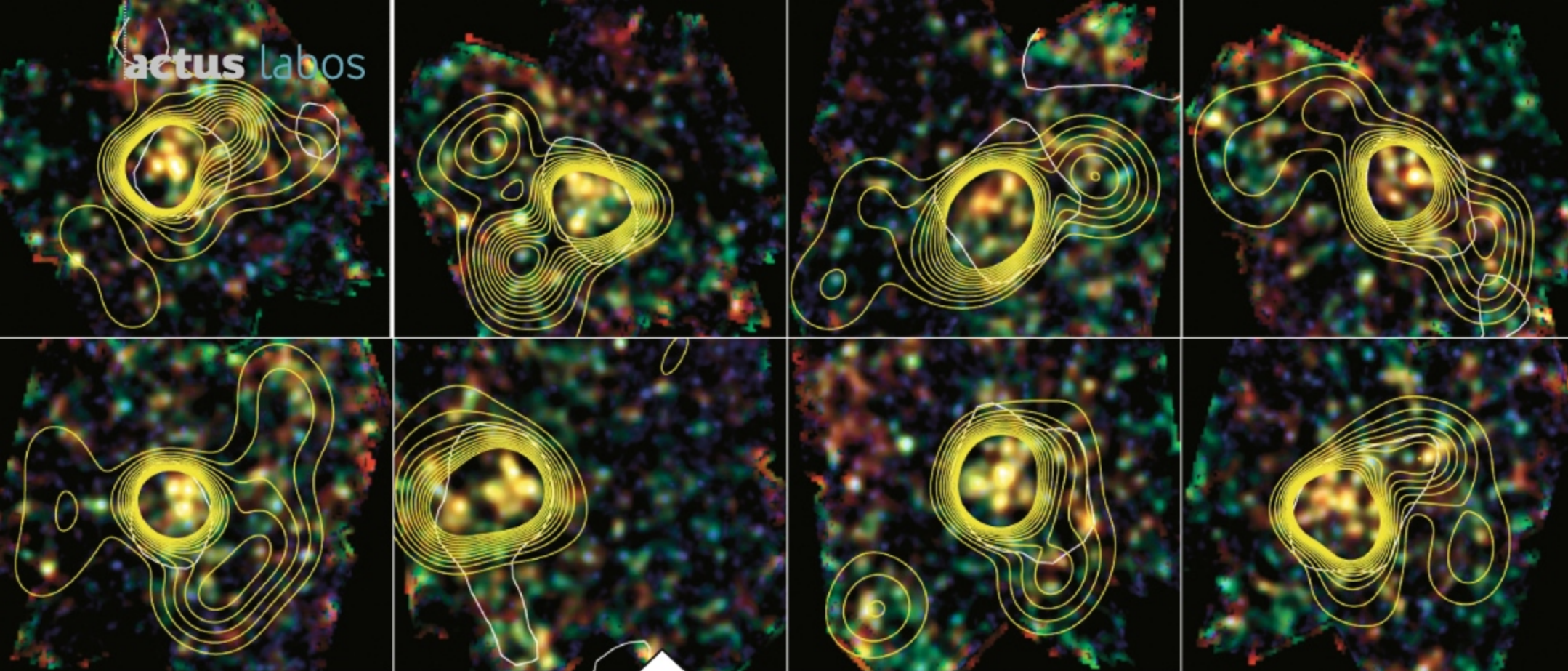
## PHYSIQUE

## Le neutron est plus lourd que le proton, et l'on sait pourquoi

Difficile à croire: personne n'avait jamais calculé la masse du proton et du neutron, les composants des noyaux atomiques, avec assez de précision pour les différencier. C'est chose faite. Grâce à deux supercalculateurs (Juqueen en Allemagne et Turing en France), capables d'effectuer des millions de milliards d'opérations par seconde, une équipe européenne est parvenue à déduire la masse de ces deux particules à partir de la théorie fondamentale. "L'une des difficultés était de prendre en compte l'énergie liée au champ électromagnétique du proton, chargé positivement", explique Laurent Lellouch, du CNRS, à l'université d'Aix-Marseille. Résultat: même si le proton est alourdi par son champ électrique, les quarks du neutron, plus énergétiques, lui donnent une masse supérieure de 0,14 %. Soit pile la valeur requise pour coller avec ce que les astronomes observent dans l'Univers! "Si cette différence de masse était plus petite, les étoiles ne pourraient pas s'allumer", précise le chercheur. Reste à expliquer l'origine de cette coïncidence. M.F.

G.GRALL/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE - T.BILDE, L.GRINSTED/SPIDERLAB AARHUS UNIVERSITY - FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH





## COSMOLOGIE

# LES PREMIERS AMAS DE GALAXIES SE RÉVÈLENT ENFIN

*"Il faut encore être prudent, mais tous les indices convergent : la couleur, la concentration... Cela ressemble vraiment à des proto-amas de galaxies !", s'enthousiasme Hervé Dole, à l'Institut d'astrophysique spatiale d'Orsay. A l'aide des télescopes *Herschel* et *Planck*, embarqués sur le même satellite, une équipe internationale a étudié 234 points de lumière brillant dans le ciel. Surprise : la*

grande majorité d'entre eux sont en réalité émis par des concentrations de dizaines de galaxies fabriquant des étoiles à un rythme effréné – 500 fois plus vite que les galaxies actuelles, et 1 000 fois plus que notre Voie lactée. Or, ces galaxies paraissent très anciennes : certaines datent de 3 milliards d'années seulement après le big bang ! Les astronomes pensent qu'ils pourraient avoir mis la

main sur les tout premiers amas de galaxies : le chaînon manquant entre les grumeaux de particules observés dans l'Univers primordial et les grandes structures qui peuplent l'Univers actuel. *"C'est une nouvelle fenêtre qui s'ouvre", se réjouit Hervé Dole. De quoi, peut-être, compléter l'histoire de l'évolution de l'Univers, depuis les premières particules... jusqu'au Soleil et à la Terre.*

M.F.

^ Ces amas (aux contours redessinés) seraient le chaînon manquant de l'histoire de l'Univers.

## NEUROSCIENCES

## Un 6<sup>e</sup> sens magnétique a été greffé à des rats

Hiroaki Norimoto (université de Tokyo) a implanté des micro-stimulateurs couplés à des boussoles dans le cortex visuel de rats aveugles. En une dizaine d'essais, les rats ont réussi à exploiter cette nouvelle source d'information (le champ magnétique terrestre) pour retrouver leur chemin dans un labyrinthe, avec autant de succès que des rats voyants ! Une nouvelle preuve de l'incroyable capacité d'adaptation du cerveau, y compris à des stimuli jusqu'alors inconnus.

E.L.-T.

## GÉNÉTIQUE

## Le pinot blanc serait un pinot noir... décoloré

Si la reproduction par greffage des plants de vigne laisse peu de place à la nouveauté, il arrive qu'apparaisse une mutation génétique aléatoire. Comme l'inactivation du gène responsable des pigments d'un cépage pinot noir. Frédérique Pelsy, de l'Inra, a montré que si elle a lieu dans des cellules superficielles, le pinot noir devient gris ; si elle se propage ailleurs, les grains seront entièrement blancs (ci-contre, un début de propagation).





# Surnaturel ?



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



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

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

\*\* Configurations standard, installation par un professionnel.

► Le concept en vidéo :  
**[www.velux.fr](http://www.velux.fr)**

**VELUX®**





Un expert soupçonne cette fresque emblématique, vieille de 4 600 ans, d'être un faux.

## ARCHÉOLOGIE

# L'AUTHENTICITÉ DES OIES DE MEÏDOUM EST MISE EN DOUTE

Avec leur composition parfaite et leurs couleurs vives malgré leurs 4 600 ans, les *Oies de Meïdoum*, exposées au musée du Caire, sont une pièce maîtresse de l'art pharaonique... mais elles font aujourd'hui polémique. D'après l'égyptologue Francesco Tiradritti, cette fresque de 1,73 m sur 30 cm, découverte au XIX<sup>e</sup> s. dans la tombe du vizir Néfermaât, pourrait être un

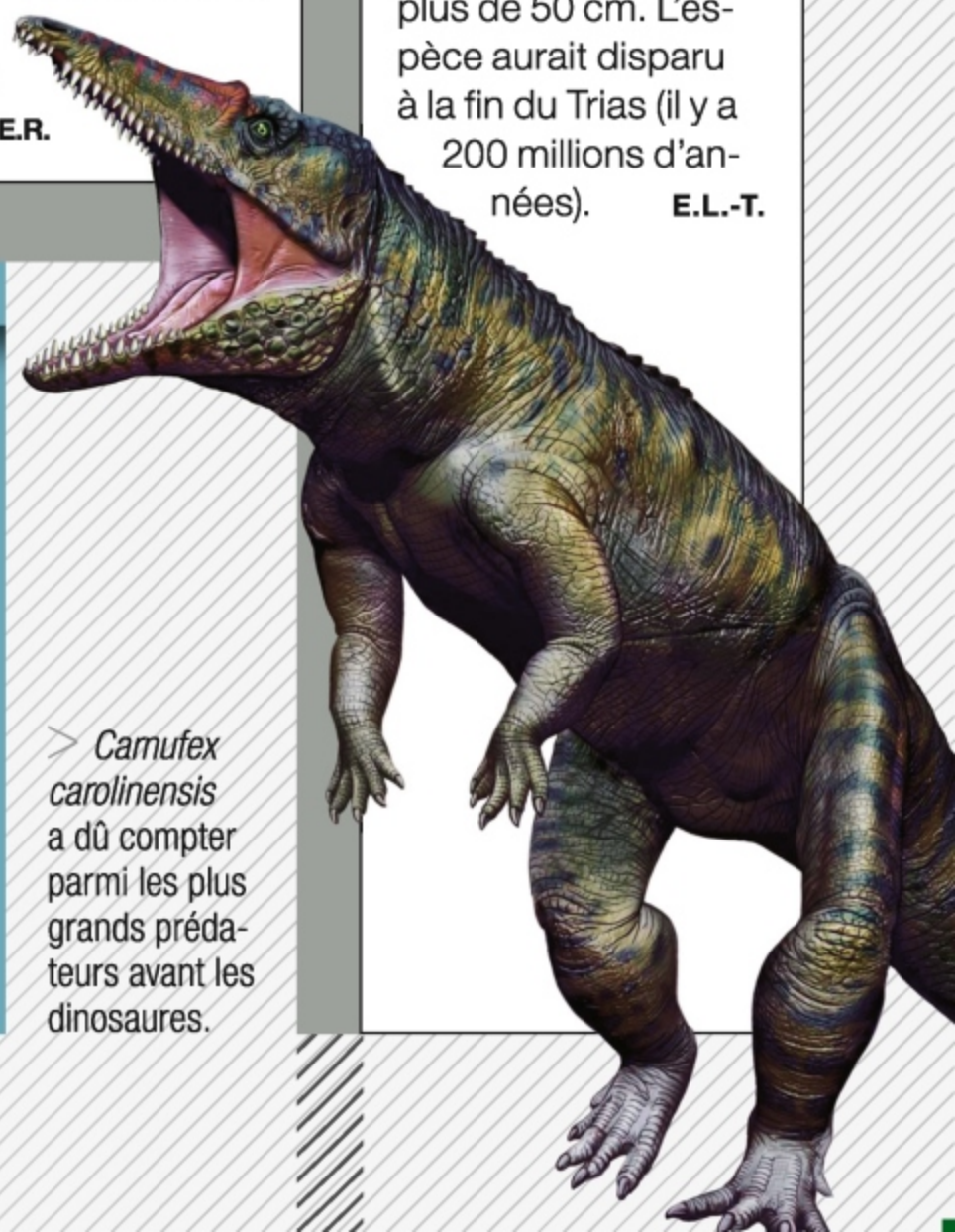
faux ou avoir été largement retouchée par celui qui l'a exhumée, Luigi Vassalli. Le spécialiste pointe plusieurs aspects incongrus : les espèces représentées, des couleurs et ombres atypiques, la taille identique des trois couples d'oies – alors que les Égyptiens en jouaient fréquemment pour rendre perspectives et importances. Les craquelures elles-mêmes sont inhabituelles pour une

fresque arrachée à son support. Les spécialistes égyptiens, comme Zahi Hawass, rejettent cependant cette idée, arguant que des oies et des couleurs proches furent utilisées deux siècles plus tard, et soulignant la symétrie typique de l'œuvre. Seul moyen de trancher : des analyses par spectroscopie pour analyser les pigments. **E.R.**

## PALÉONTOLOGIE

# Un ancêtre du crocodile a fait régner la terreur

Baptisé le "boucher de Caroline", ce reptile terrestre bipède long de 3 m pourrait avoir été l'un des plus grands prédateurs sur Terre avant la domination des dinosaures. Ces résultats sont fondés sur l'analyse de fossiles de 231 millions d'années découverts en Caroline du Nord (États-Unis) par l'équipe de Lindsay Zanno : les fragments d'os ont été scannés afin de reconstituer un modèle 3D du crâne de l'animal, long de plus de 50 cm. L'espèce aurait disparu à la fin du Trias (il y a 200 millions d'années). **E.L.-T.**



➤ *Camufex carolinensis* a dû compter parmi les plus grands prédateurs avant les dinosaures.

## LINGUISTIQUE

# Le langage s'est structuré très tôt

Dès son apparition, le langage humain aurait évolué rapidement en une forme syntaxique complexe, développée à partir de la combinaison d'une composante expressive (que l'on retrouve chez les oiseaux) et d'une composante lexicale (chez les primates). Cette hypothèse, défendue par le linguiste brésilien Uitor Nobrega, va à l'encontre du paradigme actuel, selon lequel notre langage serait le résultat d'une série de changements successifs. D'après le chercheur, le fait qu'un seul mot puisse être aussi complexe qu'une phrase entière (à l'instar de l'adjectif anglais "unlockable", qui signifie "qui ne peut pas être fermé") montre que le langage humain ne peut pas descendre d'un protolangage dénué de structure. **E.L.-T.**





# THE SUB® L'EXPÉRIENCE BIÈRE PARFAITE\*

**Vous connaissez THE SUB® ? Cet objet design a révolutionné l'expérience de dégustation des bières pression à domicile. Un cadeau original pour la fête des Pères !**

## 15 JOURS DE FRAÎCHEUR GARANTIE

Système pression design et high-tech, THE SUB® permet de conserver la bière au top de la qualité professionnelle pendant 15 jours, une fois la recharge entamée. La pression est servie ultra-fraîche à une température optimale de 2°C (au lieu de 5°C pour une bière au réfrigérateur).

## 10 BIÈRES INTERNATIONALES

THE SUB®, ce sont 10 bières du monde, françaises, belge, hollandaises, italienne, asiatique, lager, blanche, aromatisée, d'Abbaye à découvrir en version pression, chez soi. Des recharges compactes de 2L, faciles à porter et à ranger au réfrigérateur.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur [the-sub.com](http://the-sub.com)



TIGER



BRAND UP



HEINEKEN



DESPERADOS



AFFLIGEM



BAFFO D'ORO



PELFORTH



WIECKSE



BRAND WEIZEN



SOL

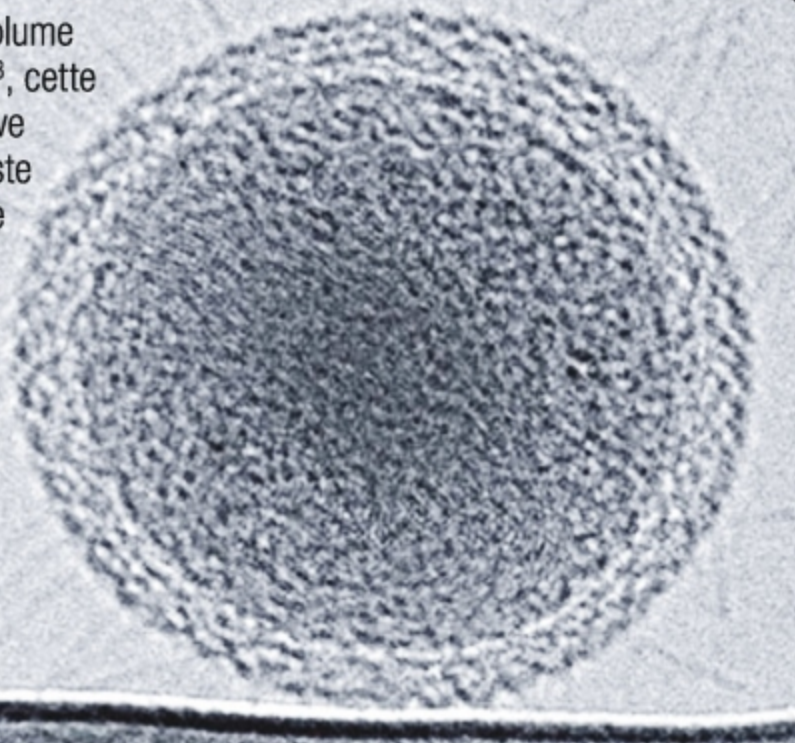
\* qualité professionnelle

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

THE  
**SUB**®



> Avec un volume de  $0,009 \mu\text{m}^3$ , cette bactérie prouve que la vie existe à une si petite échelle.



MICROBIOLOGIE

## VOICI LE PLUS PETIT DES ÊTRES VIVANTS

Ce sont les plus petites cellules jamais observées. Le volume moyen de ces bactéries est de  $0,009 \mu\text{m}^3$ , soit moins d'un centième de la taille d'une bactérie commune telle qu'*Escherichia coli*. Birgit Luef, de l'université de Californie, a prélevé ces micro-organismes dans des eaux souterraines du Colorado par filtrages successifs, puis les a congelés immédiatement à  $-80^\circ\text{C}$  (une alternative

à la culture en laboratoire, jusqu'ici vouée à l'échec). Les images observées au microscope électronique, sur lesquelles on voit les bactéries se diviser ou interagir avec d'autres cellules, prouvent que la vie est bien compatible avec cette taille extrêmement réduite. De quoi mettre un terme au débat en cours depuis le milieu des années 1990 sur l'existence de telles "nanobactéries". **E.L.-T.**

ARCHÉOLOGIE

## Les Anglais ont importé le blé avant d'apprendre à le cultiver

Au large de l'île de Wight, en Angleterre, sur un site archéologique vieux de 8 000 ans aujourd'hui submergé, l'équipe de Robin Allaby (université de Warwick) a mis au jour des sédiments contenant de l'ADN de blé. En l'absence de pollen de blé et de traces de culture, elle en a conclu que, 2 000 ans avant les débuts de l'agriculture en Grande-Bretagne, les Britanniques commerçaient avec d'autres peuples européens qui, eux, étaient déjà devenus cultivateurs. **C.H.**

## Drôle de science



## C'est démontré : l'homme aime se renifler les doigts

Darwin révélant notre condition animale, Galilée l'héliocentrisme... La science révèle des vérités que l'humain préférerait ignorer. C'est dans cette tradition séculaire que s'inscrivent les travaux des chercheurs de l'Institut Weizmann (Israël), qui viennent de démontrer l'inclination de notre espèce... pour les odeurs de doigts. Sur 153 personnes filmées à leur insu pendant plusieurs minutes, plus de la moitié se sont adonnées à un discret autoreniflement de paluches dès la première minute. Et ils cédaient même deux fois plus à cette tentation honteuse si leur main droite venait de serrer celle d'un inconnu du même sexe ; les effluves de main gauche ayant leur faveur si la droite avait serré celle d'une personne du sexe opposé. Pour les chercheurs, la poignée de main remplirait le même rôle que le reniflement de l'arrière-train chez les chiens : s'informer sur un individu grâce à ses phéromones (des molécules sécrétées par la peau). S'il reste beaucoup de questions, notamment sur les raisons de cette différence entre sexes, Idan Frumin, qui a mené les travaux, insiste : *"La principale information à retenir, c'est que l'humain se renifle en permanence les mains !"* Pas la peine pour autant de le crier sur tous les toits... **E.A.**



# Voici la nouvelle Surface 3

Plus petite, plus légère, voici la toute dernière Surface. Vous pouvez prendre des notes, jouer à des jeux ou regarder des films sans vous ruiner. Elle reprend le meilleur de Surface Pro 3, notamment son pied multiposition, son écran tactile, ainsi que son clavier et son stylet en option. Profitez de l'expérience Windows et bénéficiez d'un abonnement offert à Office 365 Personnel<sup>(1)</sup> pendant un an. Disponible dès aujourd'hui à partir de 599 €<sup>(2)</sup>. La nouvelle Surface 3. La tablette qui remplace votre ordinateur.

Nouveauté  
Surface 3



Surface Pro 3

Clavier et suite Office vendus séparément. Stylet vendu séparément pour Surface 3.

<sup>(1)</sup> Offre valable pour l'achat en France Métropolitaine (Corse incluse) d'une Surface 3 équipée de Windows 8.1 (hors Windows 8.1 Professionnel) avant le 31/12/15 dans les enseignes participantes. Abonnement d'une valeur de 69 € TTC devant être activé dans les 6 mois suivant la date d'activation de Windows via l'application Cadeau Office 365 à télécharger sur le Windows Store depuis votre Surface 3. Wifi requis, des frais supplémentaires peuvent s'appliquer.

<sup>(2)</sup> Pour le modèle Surface 3 (64 Go). Les revendeurs sont libres de fixer leurs prix. Microsoft France, R.C.S. Nanterre 327 733 184, 37-45 Quai du Président Roosevelt, Issy-les-Moulineaux.



VOLCANOLOGIE

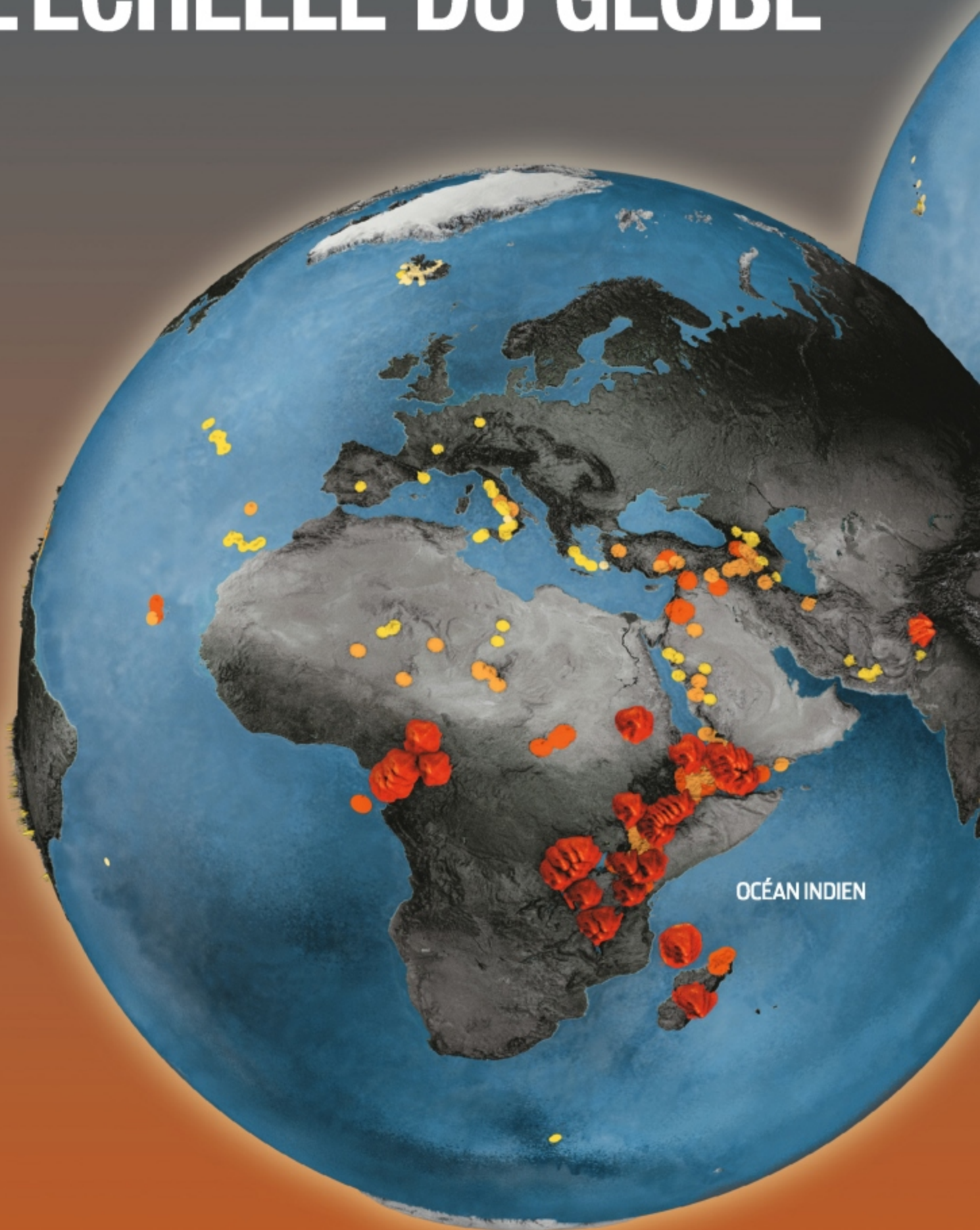
# LA “VULNÉRABILITÉ VOLCANIQUE” EST DésORMAIS ÉTABLIE À L’ÉCHELLE DU GLOBE

Les volcans, quoique potentiellement meurtriers, sont moins suivis que les séismes. En partie parce que leur activité, à l’échelle des temps humains, est très épisodique. Néanmoins, une première synthèse sur la “vulnérabilité volcanique” des populations vient d’être publiée pour l’ONU.

Les scientifiques ont recensé environ 1550 volcans actifs au cours des 10 000 dernières années, en tentant de dénombrer la population exposée. Pour cela, ils ont combiné à la fois la puissance des explosions passées, la répartition des populations proches et leur niveau de développement (une population riche dispose de moyens qui réduisent sa vulnérabilité). La carte obtenue montre que les problèmes les plus aigus sont concentrés en Afrique et en Asie. Le Japon, l’Italie (région de Naples) et la Nouvelle-Zélande sont les pays développés les plus exposés.

*“C’est un premier pas essentiel, commente Sarah Brown, de l’université de Bristol (R.-U.), principale auteure de ce travail. Mais pour établir une carte précise du risque volcanique, il faudra plus de données, à la fois sur l’histoire éruptive des volcans et sur leur activité présente. Or, la moitié des volcans historiquement actifs n’ont pas de surveillance régulière.”*

Y. S.

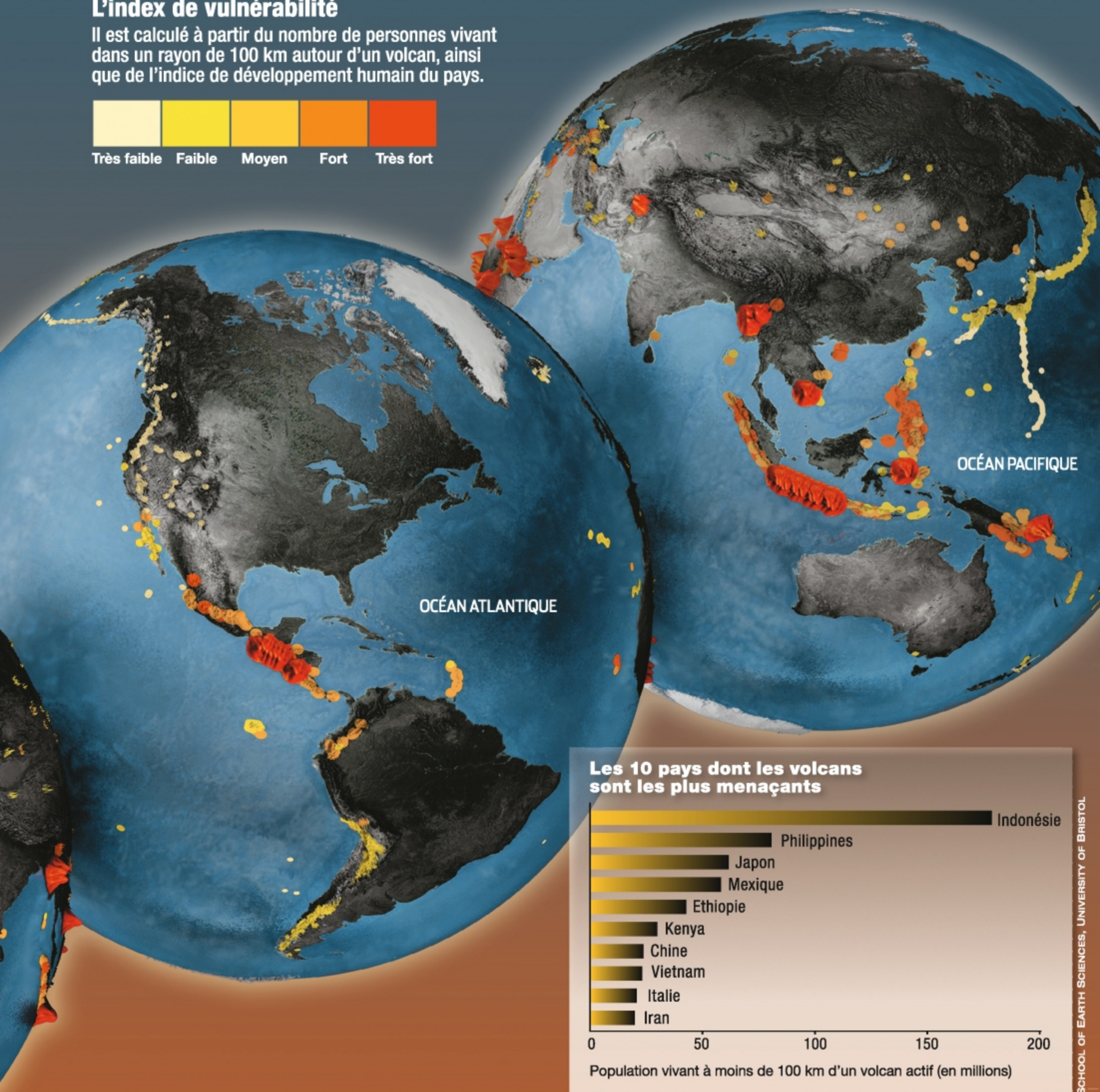


Océan Indien



## L'index de vulnérabilité

Il est calculé à partir du nombre de personnes vivant dans un rayon de 100 km autour d'un volcan, ainsi que de l'indice de développement humain du pays.



### Les 10 pays dont les volcan sont les plus menaçants



Population vivant à moins de 100 km d'un volcan actif (en millions)

**142**

C'est le nombre de volcans en Indonésie, le pays qui en compte le plus sur la planète.

**30**

millions de personnes dans le monde habitent à moins de 10 km d'un volcan.

**280 000**

C'est l'estimation du nombre de victimes du volcanisme dans l'histoire humaine.

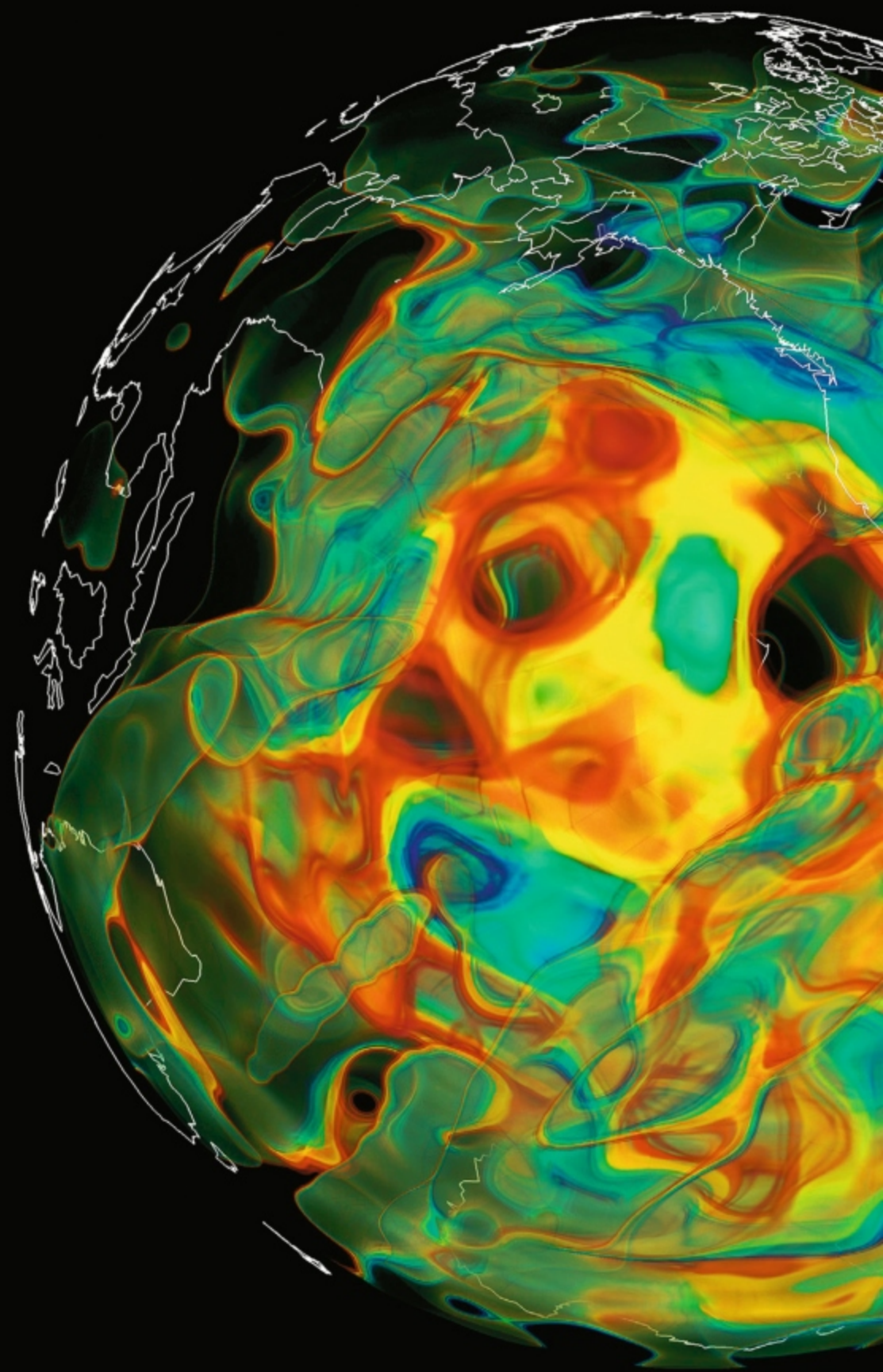


SISMOLOGIE

## 3 000 KM DE MANTEAU TERRESTRE ONT ÉTÉ CARTOGRAPHIÉS EN 3D

Un mystère opaque et noir, le manteau terrestre? Autrefois, sans doute. Mais aujourd'hui, la puissance informatique à la disposition des chercheurs permet de représenter les entrailles de notre planète avec une fascinante esthétique polychrome. En atteste cette image des profondeurs du globe sous le Pacifique produite à partir des travaux d'analyse sismique de Jeroen Tromp, de l'université de Princeton (Etats-Unis). Le chercheur a étudié comment se propagent les ondes des tremblements de terre pour reconstituer la structure du manteau qu'elles traversent. Leurs changements de vitesse

reflètent les changements de température et de texture des roches. Les couleurs chaudes représentent ici les zones aux températures les plus élevées, dans lesquelles les ondes progressent lentement; et inversement pour les couleurs froides. Ces images ont été construites grâce au ordinateur Titan, du Oak Ridge National Lab (Etats-Unis), capable d'effectuer 20 millions de milliards d'opérations par seconde. *"Nous avons cartographié en 3D l'ensemble du manteau jusqu'à 3 000 km de profondeur, indique Jeroen Tromp, bien que cette image ne montre que les 1 000 premiers kilomètres."* **Y.S.**



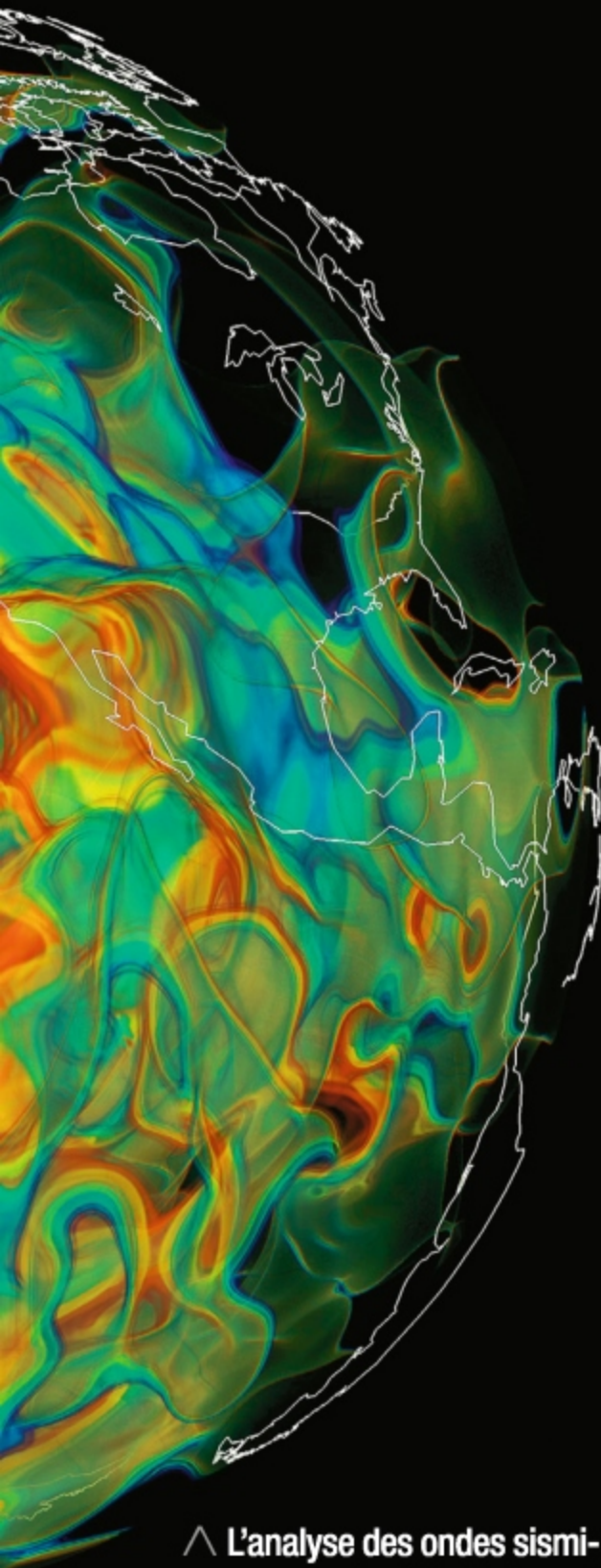
ENTOMOLOGIE

## Aujourd'hui, les abeilles préfèrent

Vaut-il mieux vivre en ville ou à la campagne? Ce vieux dilemme des êtres humains ne semble pas concerner les pollinisateurs, qui préfèrent les milieux urbanisés! Ce que confirme une étude britannique qui compare 80 ans de données d'occupation des sols

et des séries de comptages entomologiques remontant à 1800. Les chercheurs ont constaté que la baisse générale des abeilles en effectif et en diversité était nettement moins forte dans les zones urbanisées qu'agricoles. Ce qui montre que la campagne est devenue invivable pour





△ L'analyse des ondes sismiques a permis d'établir la carte des températures du manteau: le Pacifique abrite la zone la plus chaude (du jaune au rouge).

## vivre en ville

les pollinisateurs sous le triple effet des insecticides, des monocultures (floraison simultanée, puis famine) et de la suppression des arbres. A l'inverse, les zones périurbaines, avec leurs jardins individuels fleuris, offrent de bien meilleures conditions.

Y.S.

### PLUS DE POULET, MOINS DE CO<sub>2</sub>

Une équipe britannique révèle que remplacer la viande rouge par de la volaille réduirait de 30 % l'empreinte carbone de notre alimentation (qui représente un tiers de notre empreinte carbone totale). En 20 ans, les Européens ont augmenté leur consommation de bœuf de 50 %.

### DES PLANTES ADAPTÉES AUX INONDATIONS

L'orge est une céréale très sensible à l'excès d'eau. Des chercheurs de l'université de Nottingham ont identifié un gène qui lui permet de "détecter" l'inondation et de s'y adapter. Une vraie piste de recherche pour lutter contre un risque climatique identifié.

### EXPLOITER LES EAUX USÉES

Des chercheurs américains ont développé des algues produisant des biocarburants capables de pousser dans les eaux destinées aux stations d'épuration. Elles n'ont donc pas besoin d'engrais, et dépolluent les eaux efficacement.

### ÉCOLOGIE

## La végétation mondiale a encore gagné du terrain en 2014

Depuis douze ans, la végétation mondiale s'est nettement accrue, stockant 4 milliards de tonnes de carbone supplémentaires – et ce en dépit de la poursuite de la déforestation. Ce constat, *a priori* paradoxal, est le fruit d'une nouvelle méthode de mesure satellitaire, utilisant des ondes radio naturellement émises par la Terre et partiellement absorbées par les plantes. C'est en partie des savanes d'Afrique méridionale et d'Australie du Nord que vient l'accroissement, car elles ont été beaucoup arrosées durant cette période, ce qui a favorisé la végétation. Par ailleurs, la Chine a poursuivi une politique active de plantation d'arbres, et les forêts boréales ont progressé vers le nord sous l'effet du réchauffement climatique. Sans compter l'impact de la déprise agricole, autrement dit l'abandon de terres agricoles. "Mais attention, avertit Albert Van Dijk, l'un des coauteurs de l'étude, si une plantation en Chine peut stocker le même volume de carbone qu'une forêt tropicale, elle n'a nullement le même intérêt écologique." Le chercheur rappelle en outre que ce ne sont pas moins de 60 milliards de tonnes de carbone qui ont été émises par l'homme depuis 2003.

Y.S.

▽ Ces dernières années, les pluies ont favorisé une intense repousse, notamment dans les savanes d'Australie.



M. GUNTHER/BIOPHOTO - E. BOZDAG, UNIV. OF NICE SOPHIA ANTIPOLIS, D. PUGMIRE, OAKRIDGE NATIONAL LABORATORY, J. TROMP, PRINCETON UNIV. - RAY LEUNING FROM AUSTRALIA/CSIRO





< Contrairement à ce que l'on pensait, la chauve-souris préfère l'ombre à la lumière artificielle.

ZOOLOGIE

## LA CHAUVESOURIS FUIT LE LAMPADAIRE

La croyance populaire selon laquelle les chauves-souris apprécient l'éclairage artificiel est un mythe. C'est ce qu'ont découvert des chercheurs de l'université d'Exeter (Royaume-Uni) qui, associés à un grand nombre de naturalistes amateurs britanniques, ont étudié la répartition des animaux en captant leurs cris. Leurs conclusions sont sans appel : si on aperçoit parfois ces animaux autour des réverbères, où

les insectes se concentrent, ils sont en réalité bien plus nombreux dans les lieux sombres alentour – où l'observateur non averti ne les détecte tout simplement pas... D'où le mythe. Loin d'être aveugles comme on l'entend parfois, les chauves-souris ont une vision adaptée aux basses luminosités, et peu efficace à proximité des sources lumineuses. Un argument de plus pour réduire l'éclairage public. **Y.S.**

Océanographie

## La fonte du Groenland essouffle le Gulf Stream

Une équipe internationale vient de montrer que la circulation thermohaline de l'Atlantique Nord (Gulf Stream), qui emmène la chaleur tropicale vers les pôles, ralentirait depuis au moins un siècle, n'atteignant plus que 85 % de son débit d'origine. En cause ? La fonte du Groenland, à l'origine d'un énorme afflux d'eau douce qui empêche l'eau froide salée de la région de couler vers les grands fonds. Diverses perturbations météorologiques pourraient en résulter. **Y.S.**

On tenait à vous dire !



## Le glyphosate a encore de beaux jours devant lui

Le glyphosate (herbicide plus connu sous le nom commercial de Roundup) est un cancérigène "probable", soit une substance pour laquelle il existe beaucoup de preuves de laboratoire de sa dangerosité, mais peu d'éléments épidémiologiques. Et c'est l'agence officielle de l'Organisation mondiale de la santé chargée de l'expertise sur le cancer, le CIRC, qui le dit. Dans un communiqué, Monsanto, l'inventeur du Roundup (mais désormais tous les chimistes en produisent, car le brevet a expiré) a invoqué d'autres expertises favorables à son produit. Ceci annonce que va s'engager une bataille d'experts, et que l'interdiction du glyphosate n'est pas pour demain. Car cette molécule est devenue l'un des fondements de l'agriculture moderne. Aux Etats-Unis, 93 % du soja, 85 % du maïs et 82 % du coton cultivés sont des OGM tolérants à un herbicide, qui est presque toujours le glyphosate. C'est le premier désherbant mondial. Et le premier pesticide agricole en France, avec plus de 8 000 tonnes annuelles. C'est donc une réorientation complète de l'agriculture mondiale que supposerait l'interdiction du glyphosate ; et personne n' imagine les agences réglementaires (le CIRC n'est qu'une instance scientifique) l'imposer à ce stade. **Yves Sciama**

T. STOECKLE/BIOSPOTO - S. AQUINO





# Cet épi m'épate

## DU MAÏS POUR RESTER BIEN AU SEC !

Nathan est un bébé débordant d'énergie ! S'il est aussi relax, c'est aussi parce que le maïs est l'un des ingrédients lui permettant d'être au sec, tout en douceur. Grâce à l'amidon de maïs et ses dérivés composant sa couche, elle est plus absorbante pour le plus grand bonheur de bébé. Gels douche, dentifrices, détergents, produits cosmétiques..., le maïs est ainsi présent dans de très nombreux produits d'hygiène. C'est vraiment renversant !

Nathan est relax !

Le maïs est l'un des ingrédients composant sa couche. Il lui permet de se sentir au sec, tout en douceur.

### AVEC LES HOMMES DU MAÏS

Découvrez une plante étonnante, source d'ingrédients végétaux pour un quotidien plus agréable, pratique et naturel. Produits alimentaires, cosmétiques, médicaments, matériaux, emballages... Le maïs répond à une multitude de nos besoins de manière durable. Rendez-vous sur [www.cetepimepate.fr](http://www.cetepimepate.fr) Les Hommes du Maïs : toute une filière\* au service de la vie quotidienne \*AGPM, FNPSMS, Gnis

Source d'ingrédients naturels, le maïs est un atout pour notre quotidien.

Le petit grain jaune agrmente nos assiettes estivales et nos soirées ciné. On le retrouve en semoule dans nos céréales du petit-déjeuner et nos biscuits apéritifs. Distillé, il entre aussi dans la fabrication d'alcool comme le gin, le whisky ou la bière. L'amidon, pouvant être transformé en glucose, est également une source d'additifs naturels utilisés dans la composition de nombreux produits (sauces, potages, pâtisserie, chocolaterie, confiserie...).



Grâce à l'énergie qu'il apporte aux animaux, le maïs fourrage permet la production d'environ 50 à 60 % du lait français.

## Le maïs : une céréale multi-usages et multi-facettes !

Nos **animaux de la ferme** en raffolent : vaches, porcs ou poulets sont nourris en grande partie avec du maïs (grain ou fourrage). Gage de traçabilité, il est devenu indispensable à la production de nombreuses viandes françaises de qualité.

Encore plus épatant ! Vous serez étonnés d'apprendre que le maïs est aussi très présent **dans nos placards**. Il inspire l'industrie qui a su voir en lui et en son amidon, de nombreux débouchés : cosmétiques, médicaments, produits ménagers, matériaux, papier, emballages...

Le maïs est une **source d'énergie renouvelable**. On roule au maïs avec le bioéthanol, une essence verte et une alternative durable aux hydrocarbures d'origine fossile.



Le maïs est la 2<sup>e</sup> grande culture végétale française. Pas étonnant vu la diversité de ses usages !

**Voué à de multiples utilisations, le maïs est vraiment épatant ! Il répond à une multitude de nos besoins de manière durable et contribue à un quotidien plus agréable, pratique et naturel.**



[www.cetepimepate.fr](http://www.cetepimepate.fr)

Les Hommes du Maïs : toute une filière\* au service de la vie quotidienne

\*AGPM, FNPSMS, Gnis

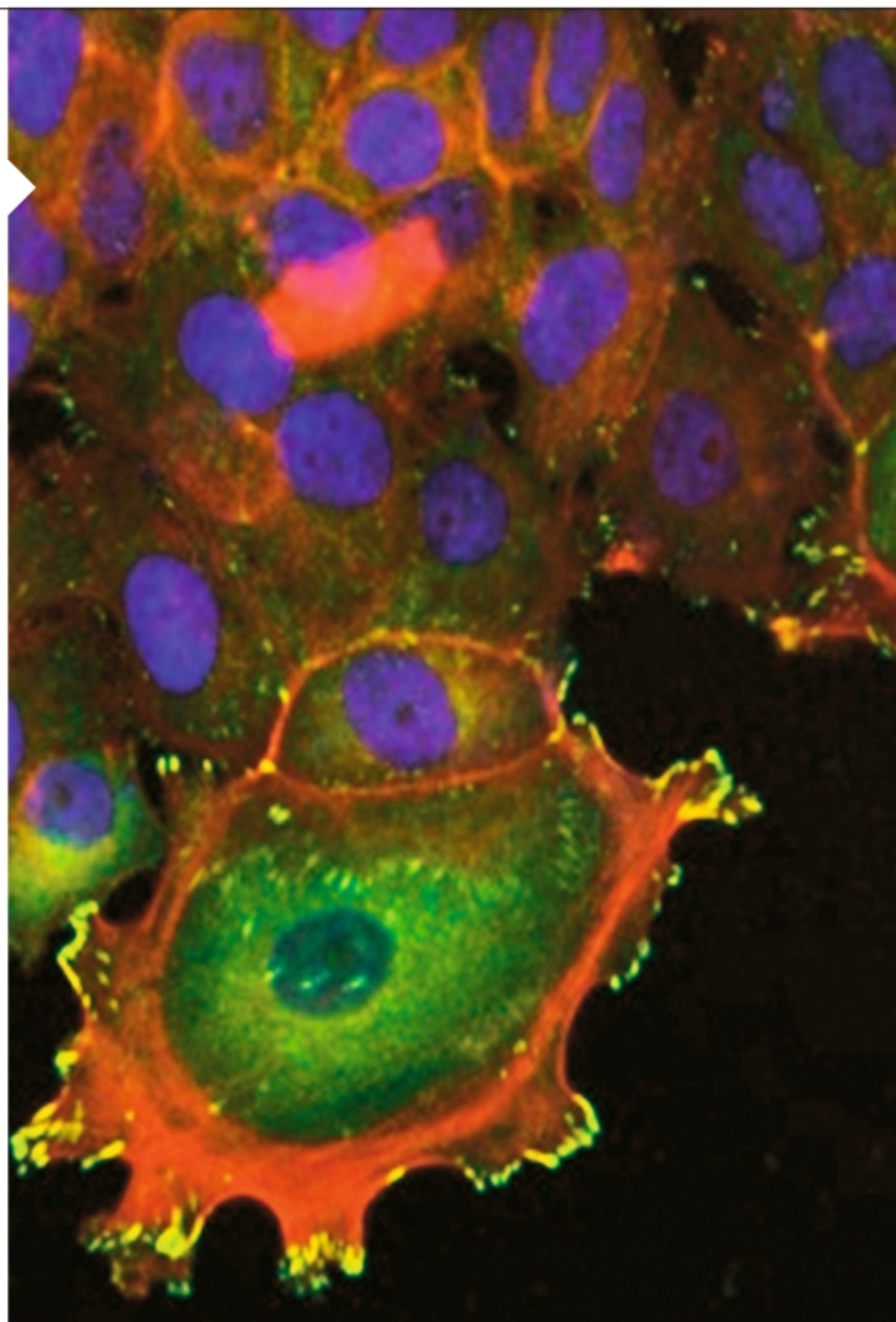


DERMATOLOGIE

# DES CELLULES MOBILES GUIDENT LA CICATRISATION

Comment la peau se reconstitue-t-elle pour combler le vide créé par une écorchure? Des chercheurs américains viennent de répondre partiellement à cette question grâce à leurs expériences sur des souris. Ils ont observé qu'au cours de la cicatrisation, certaines cellules de l'épiderme se transforment en cellules "leaders": plus grosses que leurs voisines, dotées d'excroissances à leur surface (des lamellipodes), elles acquièrent la capacité de se déplacer. "Nous avons montré que la diminution de la tension entre les cellules de la peau au niveau de la lésion enclenche un signal de transformation de ces dernières en cellules 'leaders',

explique Pak Kin Wong, à l'université d'Arizona. *La réduction des forces mécaniques active en effet une voie de signalisation qui modifie l'expression des gènes dans les cellules.*" Les cellules leaders commencent alors leur migration, entraînant dans leur sillage leurs voisines. "Cette organisation a également été décrite dans les plaies vasculaires et dans la migration des métastases, mais les mécanismes de régulation semblent différents, reprend le chercheur. Nos travaux pourraient aboutir à des applications thérapeutiques, comme améliorer la cicatrisation chez les diabétiques ou inhiber l'invasion cancéreuse." **O.C.**



# 12 comprimés par jour

C'est la quantité d'ibuprofène (soit 2 400 mg au total) à partir de laquelle le risque cardio-vasculaire – infarctus et accident vasculaire cérébral (AVC) – augmente, selon l'Agence européenne des médicaments. L'ibuprofène, l'un des traitements les plus utilisés contre la douleur et la fièvre, n'accroît en revanche pas ce risque lorsque les doses ne dépassent pas 1 200 mg par jour – ce qui est le cas chez la majorité des patients. **C.T.**

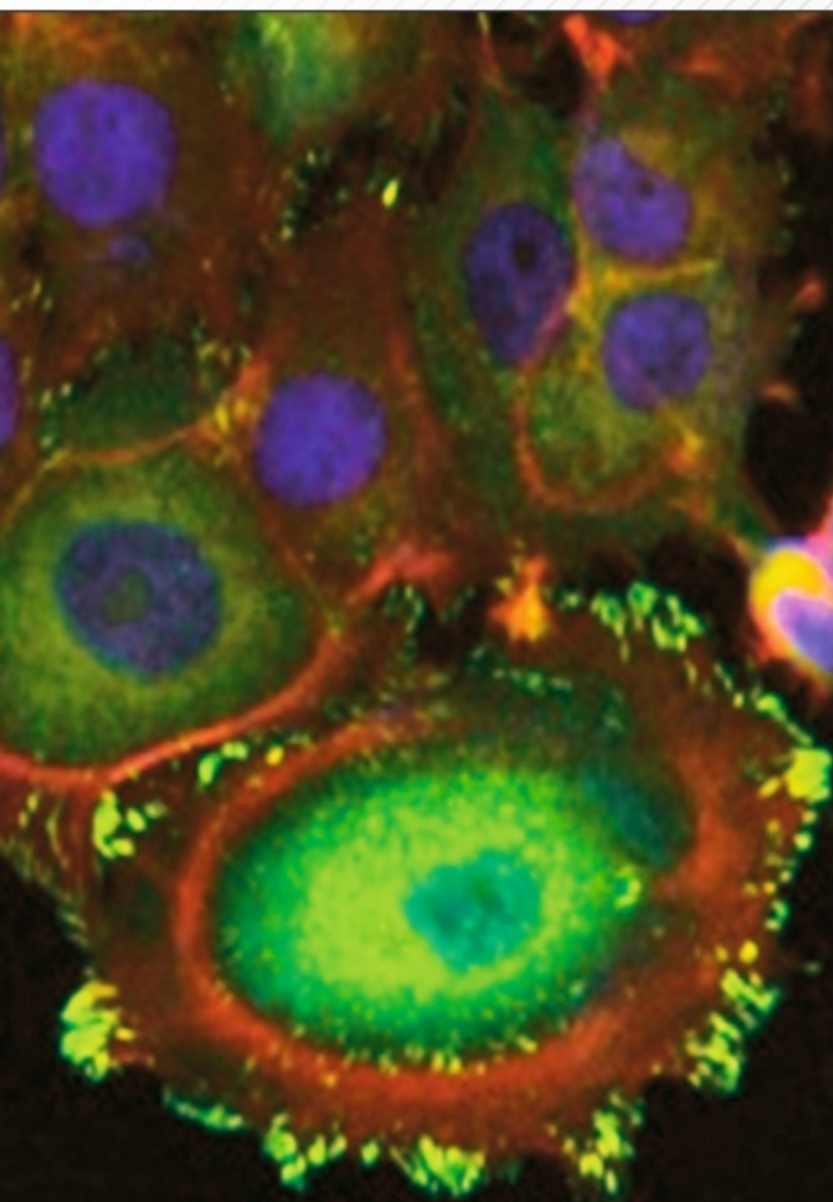
PNEUMOLOGIE

# L'eau de Javel favoriserait les angines chez l'enfant

Respirer de l'eau de Javel aurait un double effet irritant et immunosuppresseur sur les voies aériennes des enfants. C'est ce qu'une étude menée sur plus de 9 000 enfants de 6 à 12 ans en Espagne, aux Pays-Bas et en Finlande suggère. Ceux qui fréquentent des maisons et des écoles nettoyées à l'eau de Javel souffrent plus souvent que les autres d'infections respiratoires (angines, sinusites...). **A.D.**







< Grâce à leurs excroissances, les cellules "leaders" (en vert) se déplacent, entraînant leurs voisines avec elles pour reconstituer la peau.



< Le désinfectant irriterait, notamment, les voies aériennes.

## IMMUNOLOGIE

# Nous n'avons pas tous les mêmes armes génétiques face à la grippe

Pourquoi certaines personnes développent-elles des complications sévères de la grippe alors qu'elles étaient en bonne santé ? A cause d'une mutation génétique, répond une équipe de recherche franco-américaine après avoir étudié le génome d'une petite fille de 2 ans et demi, admise en réanimation pour un syndrome de détresse respiratoire aiguë après avoir contracté le virus de la grippe H1N1. Les chercheurs ont découvert qu'elle était porteuse de deux mutations génétiques, chacune transmise par l'un de ses parents, dont la combinaison inactive la protéine IRF7. Une protéine qui a justement pour rôle d'activer des gènes déterminants liés aux interférons I et III, des médiateurs importants de la réponse immunitaire en cas d'infection. Privée d'IRF7 fonctionnelle, la fillette n'a pas pu mobiliser ses défenses face au virus de la grippe. *"Depuis, l'enfant, qui a aujourd'hui 7 ans, est protégée par une vaccination annuelle, souligne Jean-Laurent Casanova, l'un des chercheurs. Nous devons étudier les bases génétiques de la grippe sévère chez d'autres enfants, mais nos travaux suggèrent déjà que les patients souffrant de formes sévères pourraient bénéficier d'un traitement par interféron de synthèse."* **A.D.**



^ Des mutations privent certains malades de défenses contre le virus, entraînant de sévères complications.



✓ Ni eau ni produits chimiques : cet extincteur n'émet que des ondes sonores.



## ACOUSTIQUE

# UN APPAREIL SAIT ÉTEINDRE LE FEU... AVEC DU SON

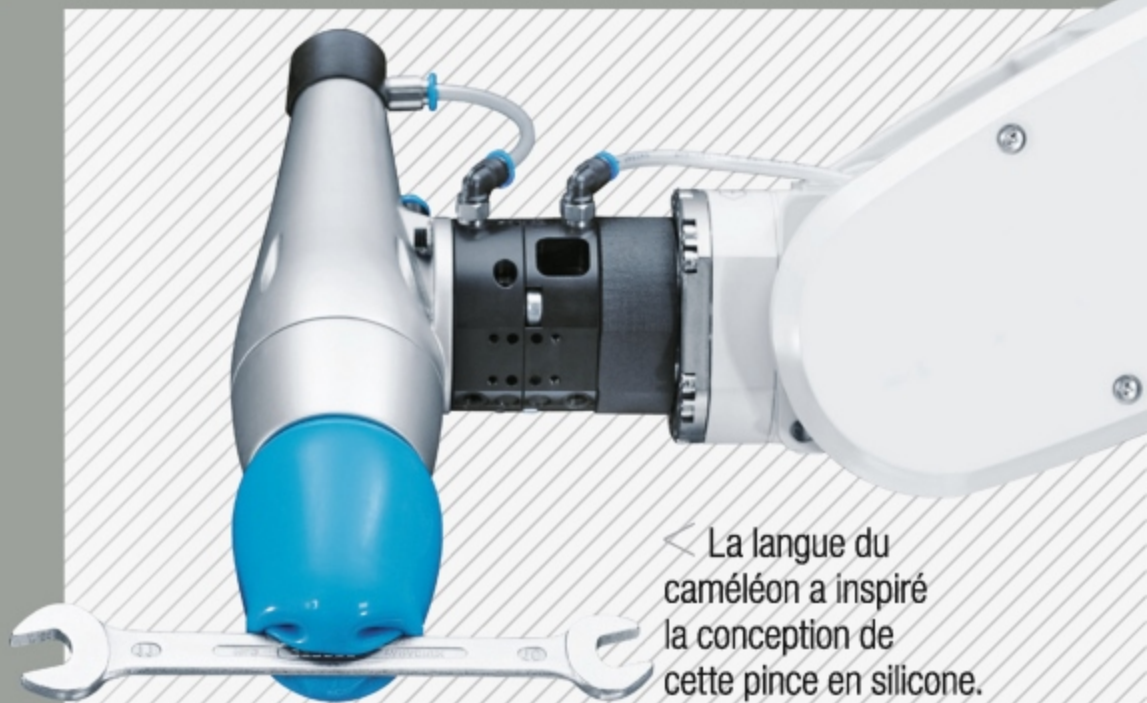
Seth Robertson et Viet Tran, deux ingénieurs de l'université George Mason (Etats-Unis), ont conçu un appareil portable capable d'éteindre une flamme avec du son ! Il consiste en un générateur d'ondes sonores connecté à un amplificateur et à un collimateur permettant de diriger précisément le son. En effet, lorsqu'une onde sonore se propage, elle agite les molécules de l'air, qui se déplacent d'avant en arrière dans la direction du son. Or, à de basses fréquences, entre 30 et 60 Hz (audibles par l'homme), les molécules d'oxygène se déplacent suffisamment pour se séparer du feu. Lequel, privé de cet

élément essentiel, s'éteint alors en quelques secondes ! Le physicien irlandais John Tyndall avait découvert ce phénomène dès 1857, mais sans pouvoir l'expliquer. Ce procédé pourrait servir à éteindre des feux de cuisine ou dans l'espace, sans eau ni produits chimiques. En revanche, il n'est pas sûr qu'il soit efficace contre de gros incendies. De plus, si le son éteint le feu, le refroidissement du combustible reste problématique. Les deux ingénieurs comptent désormais tester différentes fréquences pour déterminer lesquelles fonctionneraient le mieux selon le type de matériau enflammé. **S.F.**

## ÉNERGIE

# Un test valide le projet de centrale solaire en orbite

Capter l'énergie du Soleil au plus près, dans l'espace, à l'aide de panneaux photovoltaïques géants : c'est le rêve de l'Agence spatiale japonaise. Et elle vient de franchir une étape majeure : la transmission d'électricité (l'équivalent de 2 kW) par micro-ondes sur 50 m. On est loin des 36 000 km qui sépareront la future centrale solaire (en orbite géostationnaire) du sol. Mais avoir réussi cette transmission vers une petite antenne, au lieu d'une gigantesque parabole, n'en reste pas moins une belle avancée ! **L.B.**



La langue du caméléon a inspiré la conception de cette pince en silicone.

## ROBOTIQUE

# Aucun objet n'échappe à cette pince robotisée

Il ressemble plus à une poire médicale qu'à une pince... Pourtant, le FlexShapeGripper, du spécialiste allemand en robotique biomimétique Festo, en collaboration avec l'université d'Oslo, est le premier système automatisé capable de saisir sans l'abîmer n'importe quel objet, du plus plat au plus irrégulier. Sa membrane siliconée remplie d'eau, mue par un piston pneumatique situé en son centre, s'inspire de la langue du caméléon, qui, lorsqu'elle touche sa cible, se rétracte en son milieu pour laisser les côtés se rabattre sur sa proie. Cette pince pourrait notamment être utile dans le secteur agroalimentaire. **A.P.**



# RTL

#RTLbouge



PHOTOS : ABACAPRESS

LUNDI-JEUDI 20H-22H

## LA CURIOSITÉ EST UN VILAIN DÉFAUT

SIDONIE BONNET & THOMAS HUGUES

MERCREDI 20 MAI

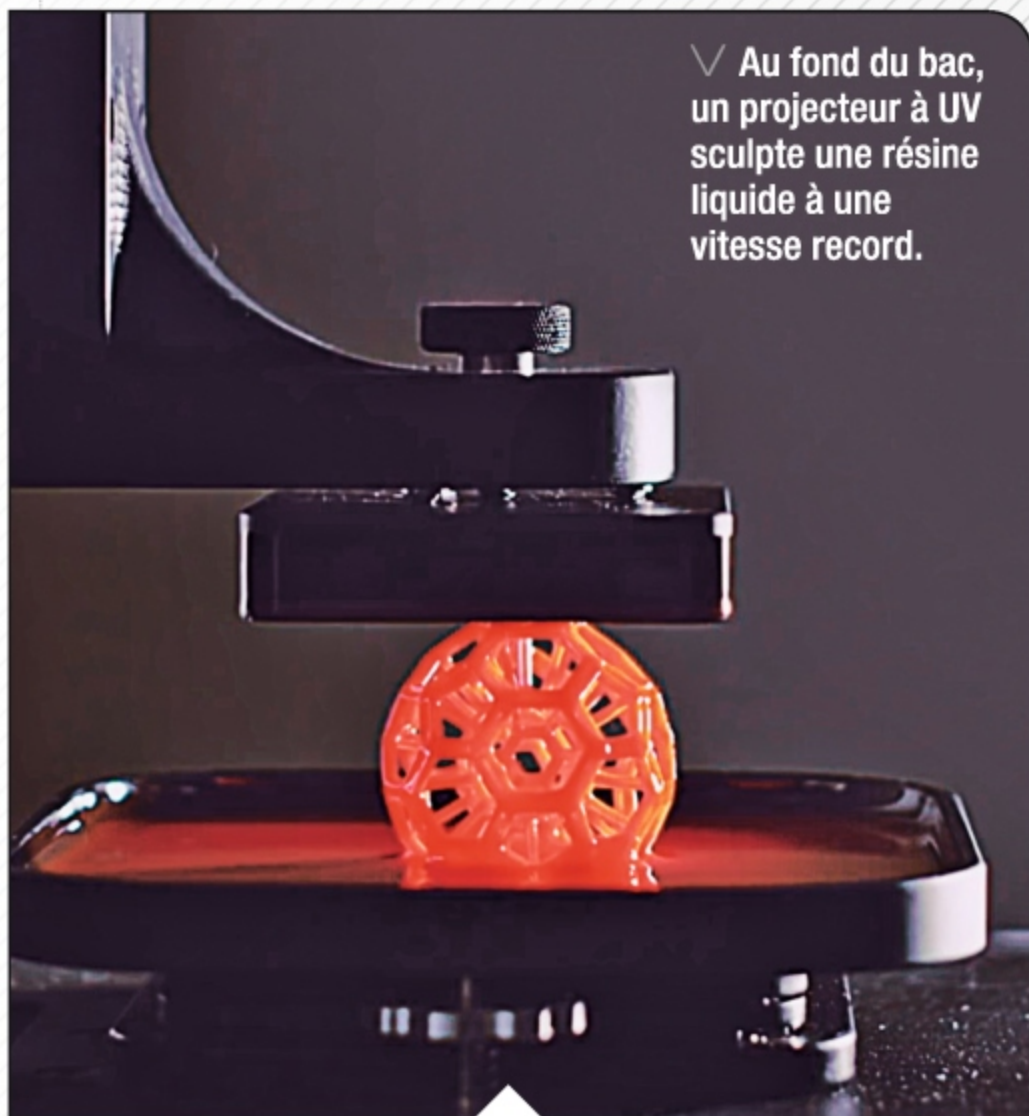
## FAUT-IL ENCORE UN PILOTE DANS L'AVION ?

Avec Matthieu Villiers, journaliste.

SCIENCE&VIE

Plus d'infos sur [rtl.fr](http://rtl.fr)





✓ Au fond du bac, un projecteur à UV sculpte une résine liquide à une vitesse record.

MATÉRIAU

## L'IMPRESSION 3D DEVIENT 100 FOIS PLUS RAPIDE

Imaginez que le temps de fabrication d'un objet à l'aide d'une imprimante 3D passe de plusieurs heures à quelques minutes... C'est la prouesse réalisée par une start-up californienne, Carbon 3D, grâce à une nouvelle technique inspirée d'un procédé de projection d'images, le Digital Light Processing. Le principe ? Dans un bac, on plonge une résine liquide photosensible sur laquelle sont projetés des UV et de l'oxygène. Les UV durcissent la résine à certains endroits pour former l'objet voulu, tandis que l'oxygène inhibe le processus afin de créer des trous et des creux

de quelques micromètres. Ce système de projection se fait à travers une vitre perméable à la lumière et à l'oxygène, *"de la taille d'une lentille de contact"*, précise Joseph DeSimone, l'un de ses concepteurs. Au fur et à mesure, le haut de l'imprimante se soulève et l'objet prend forme. Les avantages ? Une impression en continu (alors que les techniques actuelles nécessitent d'imprimer couche par couche) et, surtout, plus homogène, plus solide et ultra-rapide – *"jusqu'à 100 fois plus que les imprimantes 3D d'aujourd'hui"*, selon Carbon 3D. **E.T.-A.**

### DES ÉCRANS À BASE D'ADN

Des chercheurs israéliens ont créé, à partir de peptides (des chaînes d'acides aminés) et de brins d'ADN, des structures moléculaires fluorescentes, qui émettent de la lumière dans toutes les couleurs. Le matériau de base de futurs écrans légers, pliables et "bio" ? **S.D.**

### UN PATCH TÉLÉPATHIQUE

Une équipe américaine a développé un patch souple à "coller" sur l'oreille pour mesurer l'activité électrique du cerveau. Discret et durable (deux semaines), ce dispositif pourrait servir à repérer certains troubles du sommeil ou à écrire des textes sur l'ordinateur par la pensée. **L.B.**

### UN SANDWICH SOLAIRE

En empilant une couche de pérovskite sur une cellule photovoltaïque classique au silicium, une équipe de l'université Stanford espère augmenter l'efficacité des futurs panneaux solaires de 50 %. **S.D.**

ROBOTIQUE

## L'exosquelette sans moteur est en marche

Entièrement mécanique, ce prototype d'exosquelette en fibre de carbone se passe de source d'énergie. Il est doté d'un ressort attaché d'un côté à une sangle fixée autour du mollet, de l'autre au talon de la chaussure. Un mécanisme qui agit en parallèle, déchargeant les muscles de la jambe d'une partie de l'effort et réduisant de 7 % l'énergie humaine consommée. Ses concepteurs, à l'université Carnegie-Mellon (Etats-Unis), cherchent désormais des partenaires pour le fabriquer. **E.T.-A.**

✓ Ce prototype entièrement mécanique réduit de 7 % l'effort humain.





# Votre dose quotidienne de savoir



## SCIENCE & VIE TV

la chaîne pour comprendre

---

@ScienceetvieTV

[www.science-et-vie.tv](http://www.science-et-vie.tv)



Disponible chez tous les opérateurs TV habituels



# Science & société

MEDI 11 AVRIL 2015

Inquiétudes persistantes sur le racisme en France  
Selon une étude, le pays n'a toutefois pas connu de 2013 à 2014 un plan de lutte contre le racisme  
LE CONTEXTE  
L'enquête annuelle sur le racisme, la xénophobie et l'antisémitisme en France démontre en 2014 un pa-  
T es attentats de janvier 2015 ont eu un impact sur le racisme depuis 1991, s'est en-  
très brutalement de 2009 à 2014, au niveau

## Montée du racisme en France ? Nous sommes plus racistes que nous le croyons

### Le rappel des faits

Le rapport rendu public le 9 avril 2015 de la Commission nationale consultative des droits de l'homme (CNCDH) note un essor des actes antisémites et confirme l'effondrement de la tolérance française envers les cultures minoritaires, l'apparition d'une "quasi-phobie" vis-à-vis des pratiques musulmanes et la "montée d'un racisme anti-Roms".

En réponse aux statistiques du ministère de l'Intérieur, qui enregistre une augmentation de 30 %, entre 2013 et 2014, des actes et menaces racistes, xénophobes, antisémites et antimusulmans, le président de la République a érigé, le 31 décembre 2014, la lutte contre le racisme – c'est-à-dire la discrimination d'une personne en raison de sa seule appartenance à un groupe – grande cause nationale.

Une mobilisation qu'une large majorité de Français approuvent : plus de 80 % déclarent révoltant le refus d'embaucher une personne qualifiée pour un poste, ou de lui louer un logement, pour la seule raison qu'elle est noire ou d'origine maghrébine (sondage CNCDH/BVA). Pourtant, dans son rapport annuel de 2015, la Commission nationale

consultative des droits de l'homme (CNCDH) observe que ces mêmes Français sont 72 % à estimer qu'il y a trop d'immigrés en France. Cette immigration fait naître un sentiment d'insécurité chez 58 % d'entre eux, 64 % estimant qu'on "ne se sent plus chez soi comme avant". Certes, les sondages sur des questions aussi sensibles sont à manier avec précaution. Mais cette ambivalence – qui n'est pas propre à la France – n'en est pas moins évidente, preuve que le racisme reste un phénomène plus complexe qu'on ne le croit. Et les études menées en psychologie sociale (principalement aux États-Unis, où la question du racisme a un poids historique considérable) tordent le cou à certains clichés tenaces. Exemples.

1992

**NON, CE  
N'EST PAS UNE  
MINORITÉ DE GENS  
QUI SONT RACISTES**

Si seul un tiers des Français avouaient, en 2014, être peu ou prou racistes (sondage CNCDH/BVA), il ne faut pas en déduire que les deux autres tiers ne le sont pas. "Nous sommes beaucoup plus racistes que nous le croyons", insiste le psychologue Jacques-

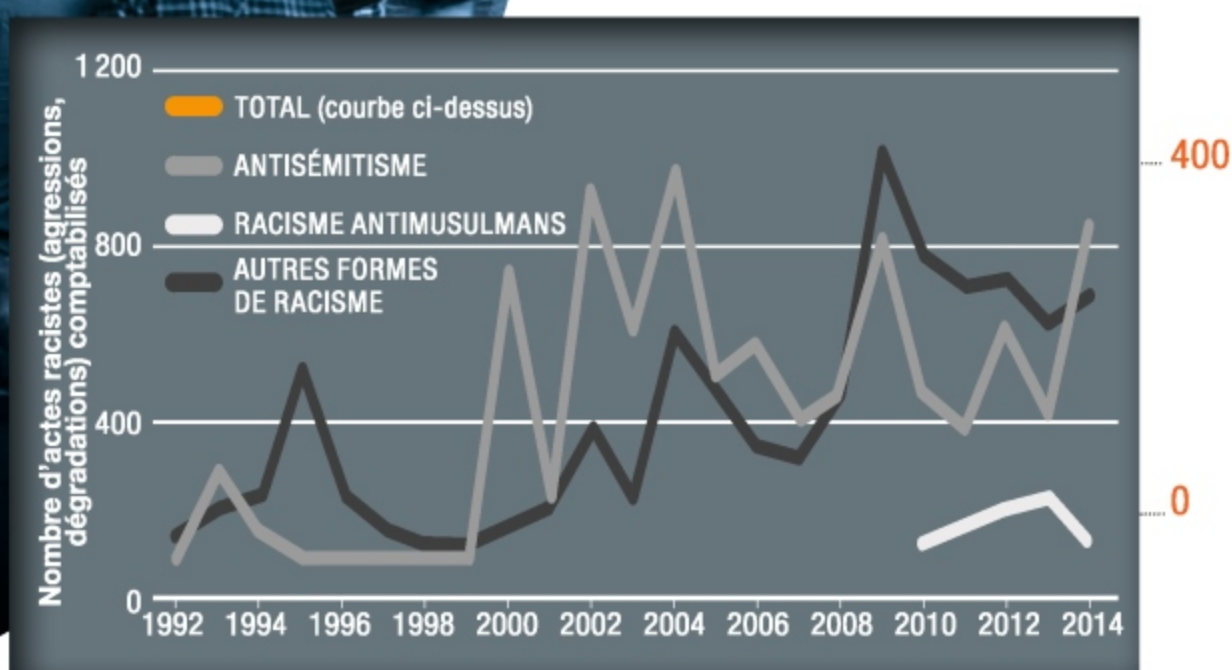




## Evolution du nombre d'actes racistes recensés en France 2014

### TENDANCE À LA HAUSSE

En orange, la tendance globale ; ci-dessous, le détail. Les actes antimusulmans ne sont précisés que depuis 2010. A noter : en 2015, 128 actes antimusulmans ont été recensés dans les 12 jours suivant les attentats du 7 janvier, soit plus que sur l'année 2014.



SOURCE : MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

Philippe Leyens, professeur émérite à l'université de Louvain (Belgique), qui a consacré la majeure partie de sa carrière à l'étude des comportements discriminatoires.

Pour preuve, aux Etats-Unis, le psychologue John Dovidio, professeur à l'université de Yale, démontre depuis plus de vingt ans

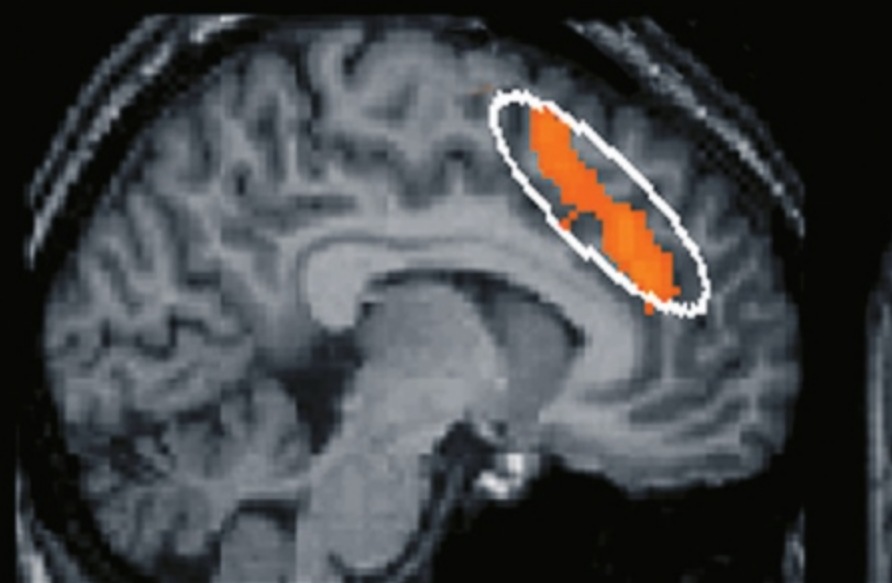
que l'on peut avoir un discours sincèrement antiraciste tout en manifestant, au quotidien, des pratiques inconscientes de discrimination vis-à-vis de certaines catégories de personnes, dès lors qu'elles peuvent être justifiées par des arguments pseudo-rationnels. Il a ainsi confronté différentes personnes blanches

à l'agression (simulée) d'une femme ayant reçu des coups de couteau. Dans un cas, la femme agressée est blanche, dans l'autre, noire. Résultat ? Quand la personne pense qu'elle a été le seul témoin de la scène, et qu'elle est donc moralement tenue d'intervenir, elle porte secours à la victime, qu'elle soit

blanche ou noire. Mais quand la personne est convaincue que d'autres ont assisté comme elle à l'agression, et qu'elle peut donc se convaincre que d'autres interviendront à sa place, elle porte secours deux fois moins souvent à la femme noire qu'à la femme blanche (38 % contre 75 %). Idem



> DE L'EMPATHIE POUR SON PROPRE GROUPE  
Face à l'image de la souffrance, les observateurs caucasien (cerveau du haut) et asiatique (en bas) réagissent fortement s'il s'agit d'une personne de leur groupe ; quasiment pas dans l'autre cas.



→ lorsqu'on demande à des cobayes blancs, qui s'affirment pourtant non racistes, de sélectionner un candidat pour un poste : quand les compétences sont sans ambiguïté, le candidat noir n'est pas discriminé. Mais lorsque ces compétences trahissent des forces et des faiblesses, le candidat blanc est systématiquement favorisé par rapport au candidat noir.

En 2012, John Dovidio a montré, avec sa consœur Susan Fiske du département de psychologie de l'université de Princeton (Etats-Unis), que ce racisme inconscient entraînait de fortes inégalités de soins dans les hôpitaux américains. Ils ont observé que les patients noirs étaient moins souvent admis que les blancs au bloc opératoire pour certains cancers ; Asiatiques et Hispaniques subissant, au contraire, davantage de chirurgies inutiles que les Blancs. Les médecins jureraient pourtant ne pas faire de différence entre les personnes.

Pour John Dovidio, si ce racisme inconscient est si répandu, c'est parce qu'il a une valeur "adaptative". En clair, il nous permet de nous adapter à une si-

tuation nouvelle et potentiellement dangereuse : la rencontre avec quelqu'un que l'on n'a jamais vu. Dès qu'une personne rencontre un inconnu, deux questions instinctives s'imposent en effet à elle. D'abord, est-ce un ami ou un ennemi ? Ensuite, a-t-il les moyens – ou pas – d'accomplir son intention amicale ou hostile ? Il faut une réponse rapide. Or, faute d'informations sur cet inconnu, le cerveau ne peut que s'appuyer sur des stéréotypes pour garantir sa survie. Et cela, quand bien même ces stéréotypes ne s'appuieraient sur aucune réalité objective. *"Un cerveau sans idées préconçues n'a jamais été d'une grande utilité"*, rappelle dans son dernier ouvrage (*Sommes-nous tous racistes ?*) Jacques-Philippe Leyens. Selon lui, les sté-

réotypes sont primordiaux pour guider l'action, en attendant de disposer d'informations supplémentaires pour les dépasser.

### ▶ LE RACISME N'EST PAS FORCÉMENT LA HAINE DE L'AUTRE

Les psychologues sociaux ont démontré que le premier moteur de la discrimination n'est pas la haine de l'autre mais plutôt l'amour des siens. Ils observent en effet, chez tous les individus, une inclination à favoriser le groupe auquel ils s'identifient (l'endogroupe) par rapport aux autres groupes (les exogroupes). Cet "ethnocentrisme", ou "biais de favoritisme endogroupal" naît du besoin fondamental de l'enfant de développer des relations privilégiées avec certaines

personnes (ses parents, sa famille, ses amis...). Ce qui a pour conséquence d'en exclure d'autres...

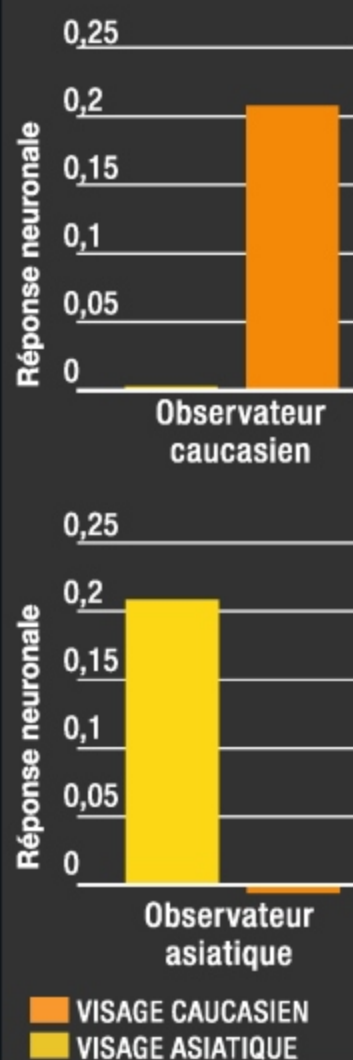
Cet effet, observé dans toutes les cultures, dès l'âge de 5 ans, est rapide et puissant : si on divise arbitrairement une classe d'élèves en deux groupes (les jaunes face aux rouges) et qu'on donne aux enfants la possibilité de distribuer des récompenses, ils avantagent systématiquement leur groupe par rapport à l'autre. Ils accepteront même de recevoir moins de récompenses s'ils ont la certitude d'en obtenir, par ce biais, davantage que l'autre groupe, dans lequel ils avaient pourtant de nombreux amis quelques minutes avant l'expérience. L'important est donc que son groupe ait davantage que les autres, quoi qu'il arrive.

SHI HUI HAN INSTITUTE FOR BRAIN RESEARCH, PEKING UNIVERSITY/JOURNAL OF NEUROSCIENCE - JACQUES-PHILIPPE LEYENS





### Des réactions très contrastées



SOURCE: JOURNAL OF NEUROSCIENCE



**JACQUES-PHILIPPE LEYENS**  
Professeur émérite de psychologie à l'université de Louvain

*C'est en prenant conscience du raciste qui sommeille en nous que nous parviendrions à nous en affranchir*

Quitte à faire souffrir l'autre groupe? L'indifférence à la souffrance des étrangers a perdu de son mystère depuis qu'a émergé, dans les années 2000, le concept "d'infrahumanisation" sur lequel Jacques-Philippe Leyens a beaucoup travaillé: les personnes d'un groupe étranger sont inconsciemment perçues comme moins humaines que celles de son propre groupe. C'est-à-dire considérées comme moins intelligentes, moins susceptibles d'éprouver des sentiments complexes comme l'amour, la honte, l'admiration, etc. Un effet scientifiquement démontré en mesurant, par exemple, le temps mis par une personne pour associer un sentiment évolué au visage d'un membre de son endogroupe ou d'un exogroupe. Plus ce temps est long, plus

cela signifie qu'il a fallu un effort cognitif pour accorder au visage projeté un caractère humain.

Moins humain que nous, l'étranger suscite donc moins d'empathie. Des expériences en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), menées par une équipe chinoise (ci-contre), révèlent qu'une personne blanche, voyant un visage blanc piqué par une aiguille, activera davantage dans son cerveau les circuits de la douleur partagée que si le visage vu est celui d'un Asiatique. Et vice versa: le cerveau d'un Asiatique réagira beaucoup plus à la vue de son compatriote piqué qu'à celui d'une personne caucasienne.

Il en est de même pour la résonance sensorimotrice, traduisant l'empathie, qui est beaucoup moins présente lorsque le visage est supposé appartenir à un membre d'un exogroupe. Signe, en outre, que cette "infrahumanisation" n'est pas spécifique à un continent. *"Mais les gens ne se rendent pas compte qu'ils infrahumanisent"*, souligne Jacques-Philippe Leyens. Ils peuvent donc s'affirmer en toute sincérité non racistes tout en considérant inconsciemment l'autre comme moins humain qu'eux.

**▶ AVOIR BEAUCOUP D'AMIS N'EMPÊCHE PAS D'ÊTRE RACISTE**

Par ailleurs, des psychologues américains ont montré que plus une personne possède un fort réseau social, plus elle infrahumani-

nise ceux qui n'en font pas partie, sans doute parce que le besoin de nouer de nouveaux contacts est moins prononcé chez elle. Prenez une personne seule et une autre accompagnée d'un ami. La seconde acceptera davantage que l'on traite un détenu suspecté de terrorisme comme un animal.

Ce résultat se révèle cohérent avec d'autres études qui montrent que plus la cohésion et l'altruisme entre les membres d'un même groupe sont forts, plus ils s'accompagnent de comportements de rejets vis-à-vis des groupes extérieurs, les groupes soudés ayant plus tendance à considérer les autres comme moins humains qu'eux.

Faut-il pour autant penser que le racisme est inévitable? Au contraire, insiste Jacques-Philippe Leyens: *"C'est en prenant conscience du raciste qui sommeille en nous que nous parviendrions plus facilement à nous en affranchir."*

Emmanuel Monnier

### Aller plus loin

- *Sommes-nous tous racistes? Psychologie des racismes ordinaires*, par Jacques-Philippe Leyens, éd. Mardaga, 2012.
- Le site de la Commission nationale consultative des droits de l'homme : [www.cncdh.fr](http://www.cncdh.fr)
- Retrouvez les références des publications citées dans cet article sur notre site : [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com) (rubrique "Numéro en cours : en savoir plus").



«GRATIFIANT». Faut-il croire que les Françaises ont nettement plus besoin de détente que leurs voisines ? Il doit y avoir de ça. «C'est l'équation liée au bien-être fonctionné, analyse On est telle

poursuit-elle. Les best-sellers portent sur les jardins, ou encore, comme M. Coloriages, sur des pièces de mode.

Votre esprit se détend »

Dominique, enseignante, adepte du coloriage

retour au papier qui fait oublier les écrans

Hachette Loisirs compte déjà à son actif 18 livres écoulés à 500.000 exemplaires dès le premier, 100 Coloriages anti-stress, sorti en mai 2012. Marabout Larousse Pratique et bien d'autres maisons d'édition possèdent leur collection. Le chemin avait été

les sites de vente en ligne, les Rainbow Loom sont nommés. Des porte-clés, quelques une coque de téléphone et... un maillot de bain. En juillet, une robe en Rainbow Loom à

## Succès des coloriages pour adultes Colorier est-il vraiment bon contre le stress ?

Vous l'avez sans doute déjà remarqué en serpentant dans les rayons des librairies ou en prenant le train : de plus en plus d'adultes se mettent au coloriage, une activité jusque-là dévolue aux enfants. Pourquoi un tel succès ? Les éditeurs d'albums de coloriage ne cessent de clamer qu'il est dû à un effet relaxant de cette activité. Est-ce vrai ? Colorier a-t-il de réels effets

physiologiques ? *« De manière générale, tout loisir où il n'y a pas d'enjeux, qui nous sort du sérieux, nous vide l'esprit et nous éloigne de nos tracas quotidiens, est un facteur de détente. Or le coloriage permet tout cela ; donc, oui, il relaxe »,* commente Jacques Fradin, médecin à l'Institut de médecine environnementale (IME), à Paris.

De fait, le coloriage est déjà utilisé depuis plusieurs années en art-thérapie, une méthode de psychothérapie visant à stimuler, avec l'aide d'un coach et toutes sortes d'activités artistiques (musique, sculpture...), la créativité d'une personne, pour traiter, par exemple, l'anxiété ou la dépression. *« En raison de sa créativité restreinte, le coloriage est une sorte de mini-art-thérapie, du moins concernant son impact sur le stress »,* poursuit Jacques Fradin.

Au niveau de la recherche, plusieurs travaux menés en 2012 et 2014 ont bien mesuré un effet relaxant de cette activité. Mais comme ces études



CAMILLE LEFRANÇOIS  
Chercheuse en neurosciences à l'IME

*Le cortex pré-frontal, sans doute sollicité, régule les circuits neuronaux du stress*

ont été publiées dans des revues «pro-art-thérapie, difficile d'imaginer que leurs conclusions aient pu être différentes...

En revanche, fait plus intéressant, l'une d'entre elles avait comparé, en 2005, les effets relaxants

de trois pratiques «artistiques» les unes par rapport aux autres : le coloriage libre, le coloriage de quadrillage et le coloriage de mandalas, ces dessins géométriques dans des cercles utilisés dans l'hindouisme pour la méditation. Et il est apparu que les mandalas l'emportaient haut la main : ils ont réduit l'anxiété de 34 %, contre 27 % pour le coloriage de quadrillage. Le coloriage libre, lui, a un effet quasi nul, sans doute à cause de l'angoisse de la page blanche qui vient contrer l'éventuel effet apaisant du dessin.

Comment le coloriage



### Le rappel des faits

Depuis peu, le coloriage pour adultes fait fureur en France, en Espagne, au Canada, aux États-Unis... Selon une étude de l'institut GfK, le marché de ces ouvrages a connu un net succès en 2014, avec plus de 150 titres – un seul en 2012 ! – et 1,7 million d'exemplaires écoulés. Les éditions Hachette Pratique, pionnières dans l'Hexagone, sortent, à elles seules, une ou deux nouveautés par mois.





pourrait-il agir sur notre cerveau pour réduire le stress? Aucune étude n'a exploré cette question.

### C'EST BON AUSSI POUR LA CONCENTRATION

*"On peut penser que cette pratique sollicite sûrement la région impliquée dans la créativité et le contrôle de nos gestes: le cortex préfrontal. Or cette aire, à l'avant du cerveau, régule les circuits neuro-naux du stress (amygdale, hippocampe...)", suggère Camille Lefrançois, chercheuse en neurosciences à l'IME. Outre son effet sur le stress, le coloriage pourrait aussi accroître la concen-*

*tration. Ainsi, une étude a montré, en 2010, que des personnes gribouillant – et donc coloriant – alors qu'elles écoutent une liste de noms, en retiennent 29 % de plus!*

*Mais il ne faut pas se leurrer: si le coloriage pour adultes a si bien pris, ce n'est pas seulement à cause de ses possibles effets physiologiques: "C'est aussi parce que c'est une activité facile d'accès. Financièrement, mais aussi psychologiquement. Comparée à d'autres loisirs comme la musique ou le sport, elle ne nécessite pas de pré-acquis", précise Jacques Fradin.*

**Kheira Bettayeb**

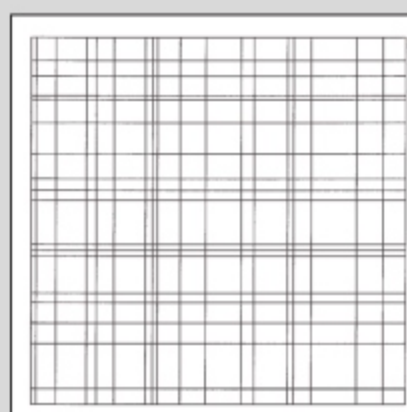
## Tous les coloriages n'ont pas le même effet



### COLORIAGE DE MANDALA

# - 34 %

C'est la baisse de l'anxiété constatée après 20 minutes de coloriage de ces motifs inspirés de la méditation hindouiste.



### COLORIAGE DE QUADRILLAGE

# - 27 %

Lorsque les personnes testées colorient un quadrillage, la baisse de l'anxiété est de 27 %.



### COLORIAGE LIBRE

# 0 %

Aucune baisse de l'anxiété dans l'exercice du coloriage libre, sans doute à cause de l'angoisse de la page blanche.



...liquez-vous le climat de défiance  
... France?

### Mise en garde

Cette vaccination avait pourtant été recommandée en novembre 2013 par le HCSP, après deux avis négatifs. A la suite de

Deux bébés sont décédés après avoir été vaccinés contre la gastro-entérite. Le Haut Conseil de la santé publique va réexaminer ses recommandations dans les prochains jours.

### De quoi sont morts les deux nourrissons vaccinés ?

En 2012 et 2014, deux bébés sont décédés après avoir été vaccinés contre la gastro-entérite. L'un avait reçu une injection

# Mort de deux bébés suite à une vaccination

## Mais comment sont évalués les vaccins ?

Le calendrier vaccinal, établi par le ministère de la Santé, distingue deux types de vaccins. D'abord ceux, historiques, contre la diphtérie, le tétanos et la poliomyélite (combinés en une seule injection, le DTP), qui ont toujours été obligatoires (la non-vaccination est passible d'une amende

et d'une peine d'emprisonnement). Les autres, eux, ne sont que recommandés : les médecins sont encouragés à les proposer, mais les patients peuvent les refuser. Pour fixer ces recommandations (qui ne signifient d'ailleurs pas que les vaccins recommandés soient moins utiles que les obligatoires), le ministère s'appuie sur une structure d'expertise : le Haut conseil de la santé publique (HCSP), avec son Comité technique des vaccinations (CTV), composé de 20 experts médicaux ainsi que de représentants des agences rattachées au ministère (ANSM, Institut de veille sanitaire, INPES, etc.) et d'autres institutions concernées.

Sur quels critères ce comité technique base-t-il ses choix ? Tout d'abord, sur les caractéristiques épidémiologiques des maladies : pour qu'un vaccin soit recommandé en France, il faut que la maladie y sé-



visse. Ainsi, la fièvre jaune n'étant pas présente en métropole, le vaccin n'est recommandé qu'en Guyane.

Pour la poliomyélite, certes elle a disparu du territoire national, mais le vaccin reste obligatoire car l'OMS l'a inscrit dans son programme mondial d'éradication de la maladie.

### JUSTIFIER LES BÉNÉFICES

Autre critère, sans doute le plus important mais aussi le plus délicat à évaluer : la balance bénéfices/risques. La maladie doit être assez fréquente et potentiellement mortelle ou invalidante pour que la vaccination se justifie en évitant de nombreux décès ou complications graves. Les experts doivent ainsi évaluer chaque vaccin selon les données dont ils disposent.

Ainsi, les vaccins contre la coqueluche, première cause de décès par infection bactérienne chez le nourrisson de moins de 3 mois, ou contre les méningites à pneumocoques, qui tuent 10 % des personnes atteintes et laissent des séquelles neuropsychiques chez 50 % d'entre elles, sont recommandés. Avec des effets indésirables rares et généralement bénins, la balance bénéfices/risques est ici clairement en faveur de la vaccination.

Plus équivoque : le cas de la tuberculose. En raison d'effets secondaires plus fréquents que pour les autres vaccins (et parce qu'il est moins efficace), il n'est recommandé que pour les enfants les plus à risque (nés en Ile-de-France, en

## Le rappel des faits

Le 31 mars, l'ANSM révélait que deux vaccins contre des rotavirus responsables de gastro-entérites (RotaTeq et Rotarix) avaient provoqué, depuis leur commercialisation en France (2006 et 2007), **47 cas d'invagination intestinale** chez des nourrissons, dont 2 fatales. En novembre 2013, le HCSP avait pourtant émis un avis favorable à leur généralisation. Cet avis est en cours de réévaluation.





< Les deux vaccins ayant provoqué des décès avaient reçu des avis contradictoires du CTV.

Guyane ou de parents issus de pays à forte endémie).

La situation est plus équivoque encore pour les vaccins contre les rotavirus RotaTeq et Rotarix. En 2006 et 2010, le CTV avait émis un avis défavorable à leur généralisation, mettant en avant à la fois le risque – certes faible mais existant – d’invagination intestinale aiguë, et le peu de décès dus à ces infections (par ailleurs évitables par la prescription de solutés de réhydratation et, dans les cas les plus sévères, une hospitalisation). En 2013, il avait changé d’avis, considérant que ces vaccins permettaient tout de même de réduire de 80 % le taux d’hospitalisation. Mais avec les deux décès rendus publics récemment, la balance bénéfices/risques devrait à nouveau pencher en leur défaveur.

Coralie Hancock

ni de l'homme

aissés seuls à la maison en l'absence de leurs maîtres, les chiens californiens pourront désormais échapper à la dépression. Une chaîne de télévision, baptisée comme il se doit DogTV, vient en aide à ces animaux. Lancée à San Diego, elle propose des émissions de dix minutes censées

par Orange TV. Ce nouveau service, réservé aux abonnés\*, pourrait potentiellement intéresser huit millions de spectateurs à quatre en France.

Concept américain

ette chaîne, créée au 12, propose des émissions de dix minutes censées

uits pour chiens pèse environ milliards de dollars.

angoisse de la séparation

Né à New York, cet ancien animateur radio élevé en Israël a consacré près de cinq ans à vérifier la

## Arrivée de DOGTV en France

# Et pourtant, le chien ne voit pas comme nous

“C’était un soir, après dîner. J’étais allongé sur le tapis, je somnolais... Je n’étais pas de très bon poil! Mon chien était dans mon fauteuil, il regardait la télévision...” En écrivant ces lignes, Raymond Devos ne s’attendait certainement pas à ce qu’un jour, les chiens aient leur propre chaîne de télévision. Au programme : des compagnons à quatre pattes en situation de relaxation, stimulation ou dressage.

Ces effets présumés laissent les spécialistes du comportement canin perplexes... Car, hormis un cadrage à “hauteur de chien”, rien ne permet de différencier les images diffusées de

celles d’un programme télévisé classique. Or la perception visuelle du chien est spécifique et peut différer d’une espèce à l’autre.

### NI ROUGE NI VIOLET

De façon générale, un chien ne visualise pas un objet à plus de 6 mètres, n’est sensible qu’à un spectre de couleurs limité (il ne voit ni le rouge ni le violet) mais il est capable de percevoir beaucoup plus d’images par seconde que nous : environ 90 contre 16. “Des études sérieuses seraient nécessaires afin de déterminer les conditions très précises de fréquence d’images, d’éclairage et de contraste qui permettraient au chien

d’établir une concordance entre l’image et ce qu’elle représente”, explique Dominique Autier-Derian, vétérinaire comportementaliste et éthologue. “Ils pourraient mettre des singes à la place des chiens, ce serait la même chose, avance même Bertrand Deputte, éthologue émérite de l’École nationale vétérinaire d’Alfort; par ailleurs, ce qui fait plaisir à un chien peut terroriser un autre.” Enfin, si l’idée d’occuper son chien pendant une courte absence peut être bonne, le roi du flair reste avant tout un animal social qui a besoin d’interactions réelles!

Alexandra Pihen

## Le rappel des faits

Depuis avril, DOGTV, une chaîne destinée aux chiens créée en 2013 aux Etats-Unis, est accessible sur le bouquet payant d’Orange. Elle propose des vidéos censées diminuer le stress des chiens restés seuls à la maison.



△ Couleurs, éclairage, contrastes, fréquence... : les programmes de DOGTV ne sont pas adaptés à la vue du chien.



Le député Guillaume Garot a présenté, hier, un rapport proposant des solutions nationales et locales contre le gaspillage alimentaire. La grande distribution est notamment visée.

**Une trentaine de propositions**  
Le député PS de la Mayenne, Guillaume Garot, l'affirme : « L'alimentation n'est pas une marchandise comme les autres. Il faut tout faire pour ne plus jeter. C'est un scandale éthique et aussi une question de pouvoir d'achat. » Le gas-

tion d'une agence nationale contre le gaspillage alimentaire, pour « aider à lever les verrous administratifs ».

« Interdiction de jeter »  
Parmi les mesures phares, le rapport préconise de légiférer, avec l'« interdiction de jeter » pour la grande

Le g  
en F  
20  
par  
cha  
doi

L'ancien ministre  
Guillaume Garot  
a remis son rapport.

Il voudrait aller jusqu'à  
une interdiction

n'est qu'une première étape  
Organiser la logistique

les pistes pour lutter contre le gaspillage alimentaire. Des tonnes de déchets sont jetés

« Les bonnes volontés ne suffisent plus »  
gaspillage alimentaire, le député PS de la Mayenne a rendu, hier, son rapport  
Le Fol et Ségolène Royal. Il plaide pour une loi favorisant des actions concrètes.

## Lutte contre le gaspillage alimentaire

# Ce sont les foyers qui jettent le plus de nourriture

Pour atteindre son objectif de réduire de moitié, d'ici à 2025, les quelque 5,5 millions de tonnes de résidus alimentaires envoyés à la poubelle chaque année en France, le gouvernement entend inciter producteurs et distributeurs à changer de comportement. Un premier pas louable, mais si l'on se penche sur les chiffres, on

voit que c'est à l'intérieur même des foyers que se produit le plus grand gaspillage, et il y aurait plus encore à gagner à changer le comportement des particuliers. « Selon nos estimations, chaque Français jette en moyenne 32 kg de déchets alimentaires chaque année, analyse Antoine Vernier, chargé de mission Prévention et gestion des déchets à l'Ademe, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. Avec 66 millions d'habitants, les ménages gaspillent trois fois plus que les commerces et la grande distribution. Or nos études montrent qu'il suffit d'appliquer quelques gestes simples pour réduire de moitié le gaspillage dans les familles. »

Au programme : n'acheter que ce dont on a besoin, cuisiner en fonction du nombre de convives, garder les restes pour les cuisiner, congeler ce qu'on ne peut pas consommer dans les temps, ou encore bien conserver les aliments pour qu'ils ne se gâtent pas...

Anne Debroise

### Le rappel des faits

**Le 14 avril**, l'ancien ministre de l'Agro-alimentaire Guillaume Garot a rendu au gouvernement un rapport pour lutter contre le gaspillage alimentaire. Celui-ci préconise notamment d'aménager les délais de consommation (définis par l'Etat et les producteurs), mais aussi d'interdire aux grandes surfaces de jeter les produits alimentaires invendus, et de les obliger à brader ou donner les aliments proches de la date de péremption.



**Marchés**  
400 000 t/an



**Production agricole**  
453 000 t/an



**Industrie agroalimentaire**  
600 000 t/an



Poissons,  
Viandes

4%



Produits  
laitiers

3%



Plats  
préparés

2%



Produits  
sucrés

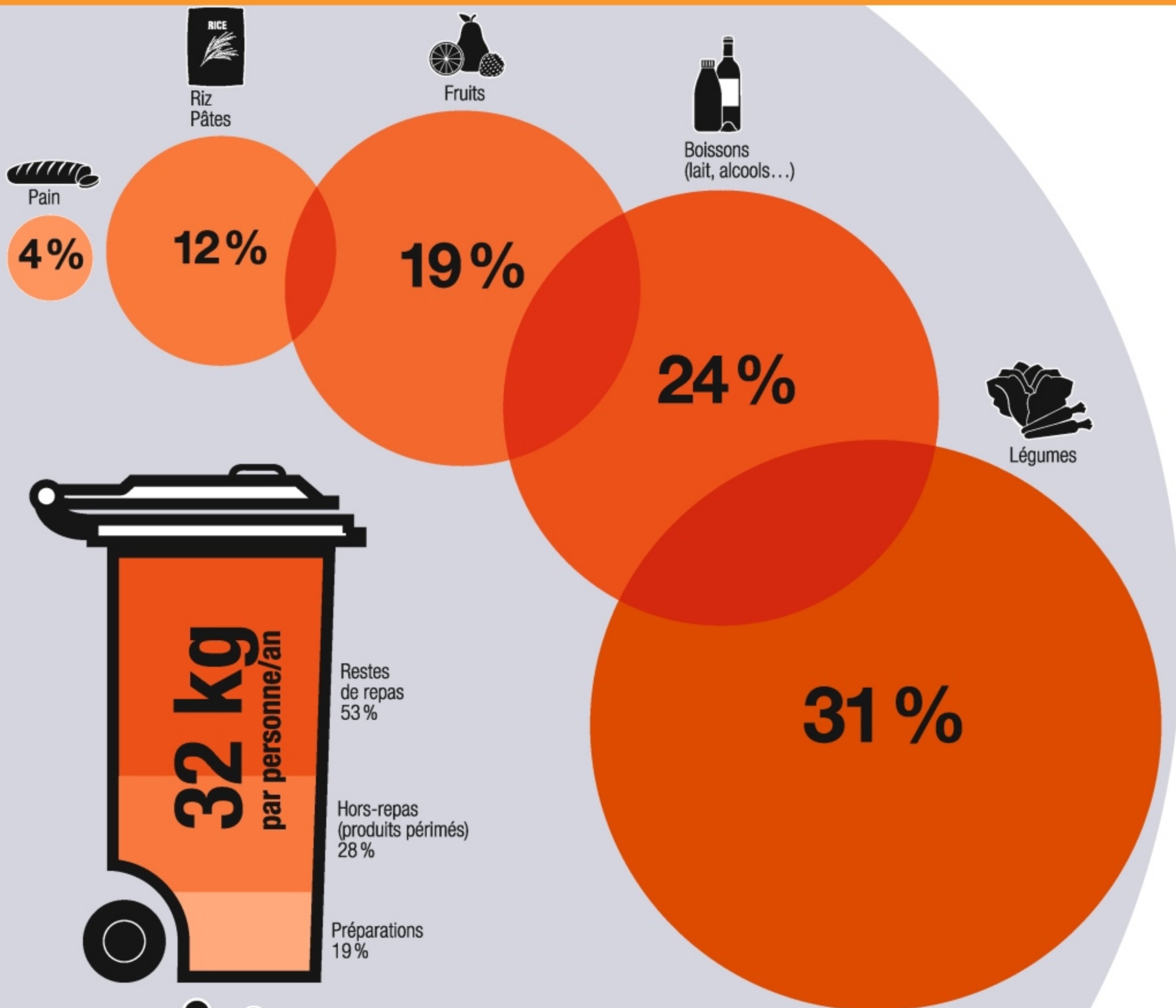
1%


**32 kg par Français en 2014**

C'est la quantité de denrées que chacun d'entre nous a jetée à la poubelle l'an dernier. Composée principalement de restes de repas (53 %) et pour moitié de fruits et légumes (19 % et 31 %), ce gâchis dépasse, au niveau national, les 2 millions de tonnes annuelles.

SOURCES : ADEME - RAPPORT DE GUILLAUME GAROT



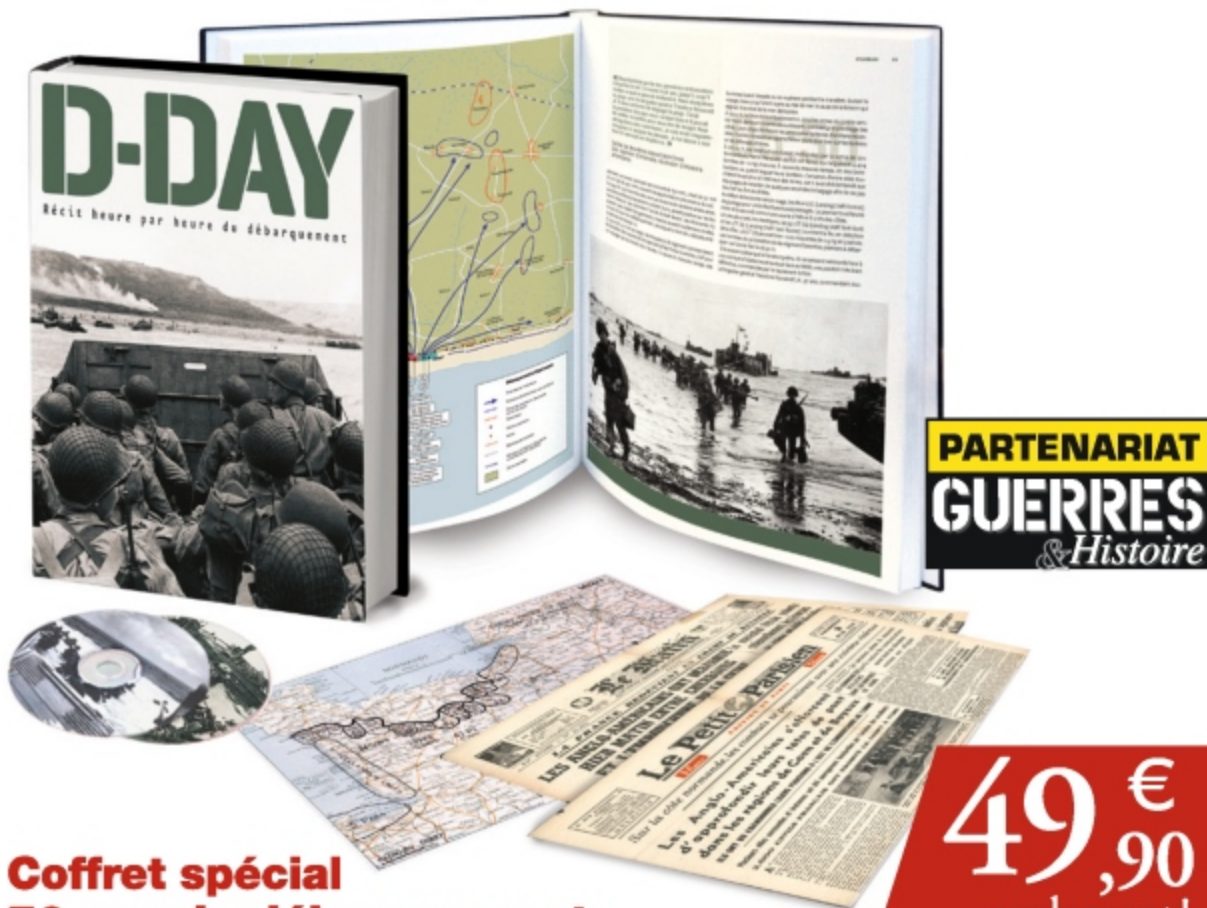


  
**Foyers**  
**2212 000 t/an**

  
**Commerces et  
grande distribution**  
**750 000 t/an**

  
**Restauration**  
**1 080 000 t/an**





**PARTENARIAT**  
**GUERRES**  
& Histoire

**49,90 €**  
seulement!

**FRAIS D'ENVOI OFFERTS**

### Coffret spécial 70 ans du débarquement

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

#### Coffret D-Day

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



**NOUVEAU**

### Un classique du XVI<sup>e</sup> siècle!

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

**Thermomètre de Galilée**  
**20 €**

DIAMÈTRE : 30 MM. HAUTEUR : 24 CM.

## 14 ROBOTS À CONSTRUIRE!



**S'anime**



**Avance  
sur l'eau**



**Marche  
à 4 pattes**

Avec 2 niveaux de difficulté, ce kit ultra-complet permet de créer 14 robots différents, tous animés avec un moteur fonctionnant à l'énergie solaire.

**Robot solaire Roll-E 14 en 1 - 24,90 €**

195 PIÈCES À ASSEMBLER. BATTERIE SOLAIRE. DIM APPROX. ROBOT : 15 x 12 x 12 CM. FABRICANT INPROSOLAR.



**Vidéo explicative  
sur notre site web!**



### L'architecture, c'est simple!

Que nous ont laissé les architectes romains? Savez-vous identifier un voussoir? Qu'est-ce que la « technique du voile » en architecture? Comment articuler les styles Art Déco et Art Nouveau? Qui fut le créateur des premiers gratte-ciel?

**3 minutes pour comprendre  
les 50 plus grands principes et  
styles en Architecture - 18 €**

AUTEUR : EDWARD DENISON. DIM. 19 x 24 CM. 160 PAGES. ÉDITIONS LE COURRIER DU LIVRE.











# TOUS MYOPES

- LES RAISONS D'UNE ÉPIDÉMIE
- LES NOUVEAUX TRAITEMENTS

À LA  
UNE

C'est une épidémie sans précédent. Après l'Asie, des méta-analyses américaine et européenne révèlent que la myopie touche désormais tous les continents. Une personne sur quatre dans le monde voit flou. Or l'hérédité n'explique pas tout... Les chercheurs s'accordent aujourd'hui pour pointer une exposition insuffisante à la lumière naturelle. Alors, faudra-t-il dorénavant passer plus de temps dehors ? Oui, mais pas seulement... De nouvelles pistes de prévention et de traitement sont d'ores et déjà à l'étude. **Coralie Hancock** et **Muriel Valin** ont enquêté.

PAPER BOAT CREATIVE/GETTY IMAGES



**L**es chiffres sont tombés au mois de mars dernier: notre continent compte aujourd'hui 227,2 millions de myopes, soit 30,6 % de la population. Cette proportion dépasse même les 47 % parmi les 25-29 ans. Imaginez... C'est presque un jeune sur deux.

Et la France se situe pile dans ces deux moyennes.

*Science & Vie* s'est procuré le détail de cette étude, la toute première grande méta-analyse européenne consacrée au sujet, menée sur plus de 60 000 personnes dans 12 pays, et l'a étudiée de près. Les chiffres sont sans appel: le monde est en train de devenir myope. Ce trouble de la vision, qui se définit par une bonne vision de près et une mauvaise vision de loin (voir ci-dessous), est en train de s'étendre de manière vertigineuse.

Un peu comme si, pris de vitesse par une accélération de l'histoire, nos yeux n'avaient pas réussi à suivre le rythme.

## Qu'est-ce que la myopie ?

Ce mot (qui vient du grec *muôps* et signifie "courte vue") désigne un trouble de la réfraction qui se traduit par une vision floue de loin. L'œil étant un peu trop long (la distance entre la cornée et la rétine est plus importante que la normale), l'image d'un objet éloigné va se former en avant de la rétine. L'importance du trouble se mesure en dixièmes (2 à 4/10: myopie moyenne; moins de 1/10: myopie forte), qui correspondent à l'acuité visuelle et se mesurent en fonction de la taille des lettres lues chez l'ophtalmologue. Les dioptries (entre -1 et -6 dioptries, la myopie est faible à moyenne, au-delà, elle est forte) correspondent à la puissance du verre correcteur.

Les premiers à sonner l'alerte furent les pays d'Asie, dès le début des années 1990. Dans certains pays, comme la Chine, l'expansion de la myopie a pris des proportions totalement inédites: plus de 80 à 90 % de la jeune génération rencontrent des difficultés pour voir de loin.

Puis ce fut au tour des États-Unis de s'inquiéter: les myopes y représentaient environ 25 % de la population dans les années 1970; ils sont plus de 40 % aujourd'hui!

Et voilà que l'Europe, à son tour, est touchée.

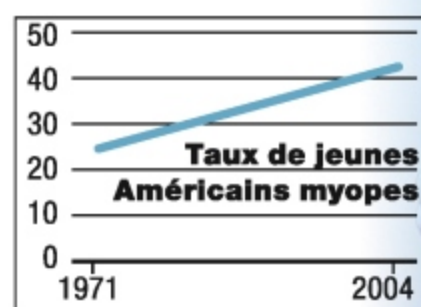
Certains auront l'impression d'avoir pressenti une telle situation. Il nous suffit d'être un peu attentifs pour remarquer que la population des "porteurs de lunettes" a gonflé ces dernières années, notamment sur les photos de classe... Pourtant, "*en France, la déclaration des défauts de la vision n'est pas obligatoire, ce qui complique toute évaluation statistique*", explique Gilles Renard, de la Société française d'ophtalmologie. Résultat, l'impression était restée diffuse... jusqu'à cette méta-analyse européenne.

### TOUTE L'ESPÈCE HUMAINE CONCERNÉE

C'est un fait, l'Europe, elle aussi, est en train de devenir myope. Même si ses habitants ne le seront sûrement jamais autant que ceux du continent asiatique, qui présentent une plus grande susceptibilité génétique à cette affection...

Pour en savoir plus, nous sommes allés interroger Cécile Delcourt, épidémiologiste à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), en charge de l'étude sur la partie française. "*Ces résultats, tout surprenants qu'ils puissent paraître, viennent quantifier une évolution dont nous, chercheurs, nous doutions déjà*", explique-t-elle. *Sauf que personne, jusqu'ici, n'avait pu*

**41 %  
DES JEUNES  
ADULTES  
AMÉRICAINS  
SONT MYOPES**



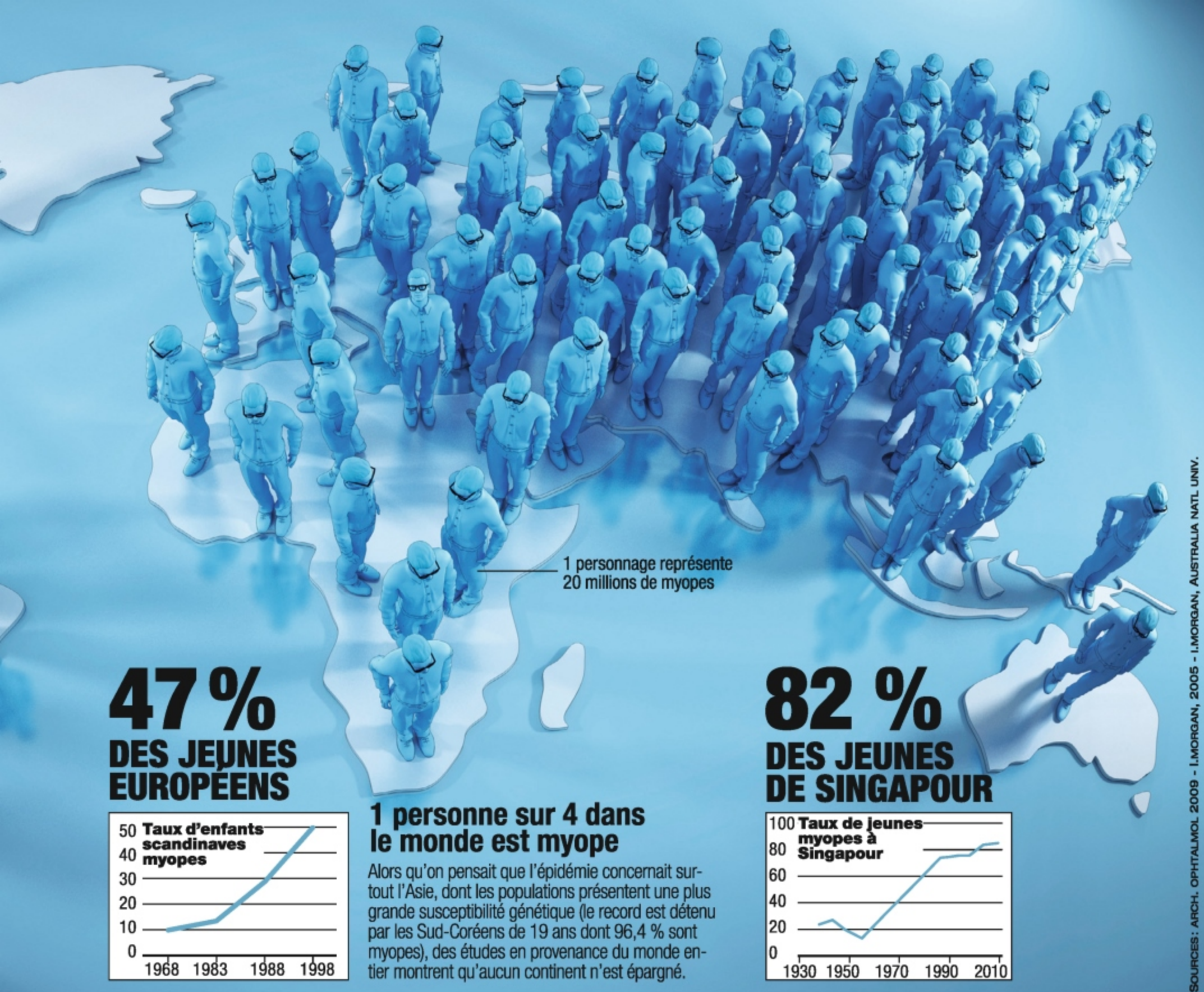
*l'estimer en Europe, faute de données regroupées. Avec cette analyse, on voit sans conteste que la myopie est en pleine progression, notamment parmi les nouvelles générations. La prochaine étape, ce sera de mesurer cette évolution dans le temps et de comprendre ce qui se passe, pour voir notamment si cette épidémie va continuer*". Cécile Delcourt est en train de soumettre de nouveaux résultats sur ce sujet.

Il faut dire que l'avalanche de chiffres a pris une dimension totalement inédite à l'échelle de la planète. Jamais aucun trouble de la vision n'avait touché jusqu'ici une population aussi large en termes de tranches d'âge et de répartition géographique.

C'est toute l'espèce humaine qui est concernée. Et qu'elle devienne majoritairement myope pourrait représenter







À LA UNE

une étape évolutive dans son histoire, sans que nul ne puisse encore en déceler les conséquences à terme...

### UNE MYOPIE DE PLUS EN PLUS FORTE

Les causes de cette incroyable flambée? Il y a un peu plus d'un an, nous avions déjà rencontré les spécialistes qui pointaient du doigt les bouleversements récents de nos modes de vie, et plus particulièrement le peu de temps passé dehors dans la prime jeunesse (voir S&V n° 1159, p. 82). Ces experts, que nous avons réinterrogés, et d'autres viennent encore confirmer ces hypothèses, nouvelles études à l'appui (lire article suivant).

Or, même si ce défaut visuel a la possibilité d'être bien corrigé dans la plupart des cas, il n'est pas anodin, loin de là. Symboliquement, d'abord: la myopie manifeste une diminution

de notre accès au monde, une perte de la faculté à en voir les détails. Il s'agit là d'un rapport très particulier à la réalité, qui n'induirait cependant pas un rapport cognitif particulier, les (rares) études menées ne démontrant jusqu'ici rien de tel...

Mais sa généralisation cache un problème bien plus grave. Car dans cette fameuse étude européenne, un autre chiffre émerge de manière moins nette, mais pourtant préoccupante. C'est celui du nombre d'Européens fortement myopes, c'est-à-dire au-delà de -6 dioptries (voir encadré), qui est désormais de 20,1 millions. *"Cette catégorie de myopes est en augmentation, surtout en Asie"*, explique Alexandra Roos, responsable R&D de la myopie chez Essilor, qui travaille depuis trois ans à Singapour, pays où 15 % des jeunes adultes sont fortement myopes.

*"Pour nous, chercheurs, tout se joue là. Il faut ralentir cette évolution en urgence, car les personnes fortement myopes sont exposées à un risque de complications visuelles autrement plus graves que la simple myopie, au point de conduire à la cécité"*, poursuit-elle. De fait, au-delà d'un certain niveau, les myopes ont davantage de risques de développer des pathologies graves de l'œil (rétinopathies, décollement de la rétine, glaucome...).

Jusqu'où ira cette épidémie? La courbe a-t-elle déjà atteint un maximum ou va-t-elle continuer à pointer vers le haut? Saura-t-on contrôler un jour artificiellement l'épidémie? Pour les chercheurs, il est grand temps de se pencher sur la question afin de mieux cerner les mécanismes de la myopie... et se donner une chance de l'endiguer.

M.V.



# LES RAISONS D'UNE ÉPIDÉMIE MONDIALE

*Si le monde devient myope, ce ne peut être par hasard. Or, de toutes les causes possibles, l'une d'elles paraît déterminante : nos yeux pâtiraient gravement du manque d'exposition à la lumière du jour. Explication.*

On en est donc là : à ses dépens, notre organe de la vision, si précieux pour appréhender le monde, semble être devenu le symbole du grand décalage entre nos existences contemporaines et nos organismes façonnés par des centaines de milliers d'années d'évolution.

Car si notre quotidien n'a plus beaucoup de points communs avec celui de nos lointains ancêtres chasseurs-cueilleurs, nous n'en partageons pas moins un passage obligé : celui de la maturation de notre système visuel au cours des premières années de notre vie.

Tous les petits humains, lorsqu'ils naissent, sont dotés d'une très mauvaise vision. Grand flou, champ visuel restreint... Il faut des semaines, des mois et même des années pour que la petite balle ronde qu'est l'œil d'un nourrisson "s'aplatisse" légèrement, et que la vision s'affine.

Un ophtalmologiste vous expliquera que la myopie est due à un œil "trop long", autrement dit "trop aplati" (voir le schéma p. 55). Lorsqu'un myope regarde un objet plus ou moins lointain, les images ne se forment pas sur sa rétine, mais un peu en avant de celle-ci. Comme si les dimensions de la salle de projection étaient trop importantes et que le film se retrouvait projeté en avant de l'écran.

Le point de bascule se situe en moyenne autour de 6-8 ans : c'est généralement à cet âge-là que la myopie est dépistée ; la situation peut s'aggraver au cours des années suivantes.

La question que pose l'épidémie mondiale de myopie est donc celle-ci : pourquoi les yeux d'un nombre toujours plus impressionnant d'humains deviennent-ils "trop longs" ?

## ON NE VIT PLUS ASSEZ DEHORS

Depuis une quinzaine d'années, les chercheurs du monde entier se mobilisent pour répondre à cette question.

Ils s'intéressent à nos gènes, évidemment, puisque le risque de devenir myope est influencé par notre bagage héréditaire. Mais l'ADN ne peut pas expliquer à lui seul l'explosion récente des cas un peu partout sur la planète (lire l'encadré p. 57).

Ils se demandent aussi si ce n'est pas le temps que passent les enfants le nez collé sur leurs cahiers ou devant un écran qui leur abîme les yeux. Si l'hypothèse n'est pas écartée, elle non plus ne semble cependant pas à même d'expliquer l'ampleur de l'épidémie (lire aussi p. 57).

Alors ? Les études épidémiologiques récentes permettent de faire la part des choses. Et une autre hypothèse est en train de s'imposer à grand renfort d'expérimentations : l'épidémie

## Pourquoi le manque de lumière naturelle rend myope

Plusieurs études récentes ont démontré l'existence d'un lien entre le temps passé en plein air – donc le niveau d'exposition à la lumière du soleil – et la croissance anormale de l'œil, responsable de la myopie. Tout se joue au niveau de la rétine.

### 1 Peu de lumière, c'est moins de photorécepteurs actifs...

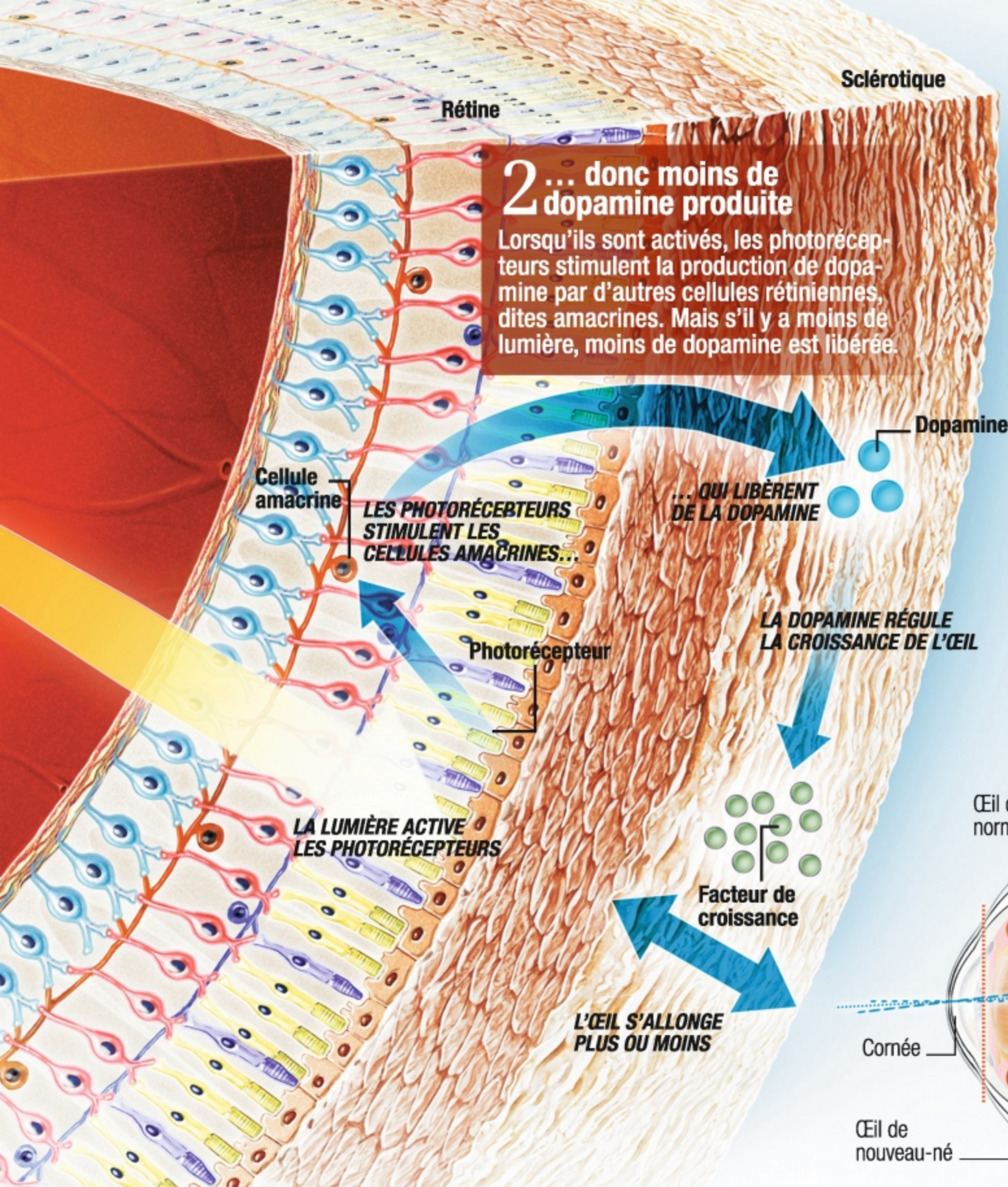
Lorsqu'on passe moins de temps dehors, la quantité de lumière naturelle qui atteint notre rétine est limitée. Ce qui active moins de photorécepteurs (des cellules rétiennes sensibles à la lumière).

de myopie serait très fortement corrélée au temps passé en plein air. Tous les travaux menés sur ce trouble de la vision convergent en ce sens.

Donald Mutti, à l'université d'Etat de l'Ohio (Etats-Unis), fut le premier à fournir des résultats solides en 2007. A partir de l'étude d'une cohorte d'enfants américains, il a démontré que le risque de devenir myope pour un enfant dont les deux parents le sont déjà chute de 60 à 20 % s'il passe plus de deux heures par jour dehors.

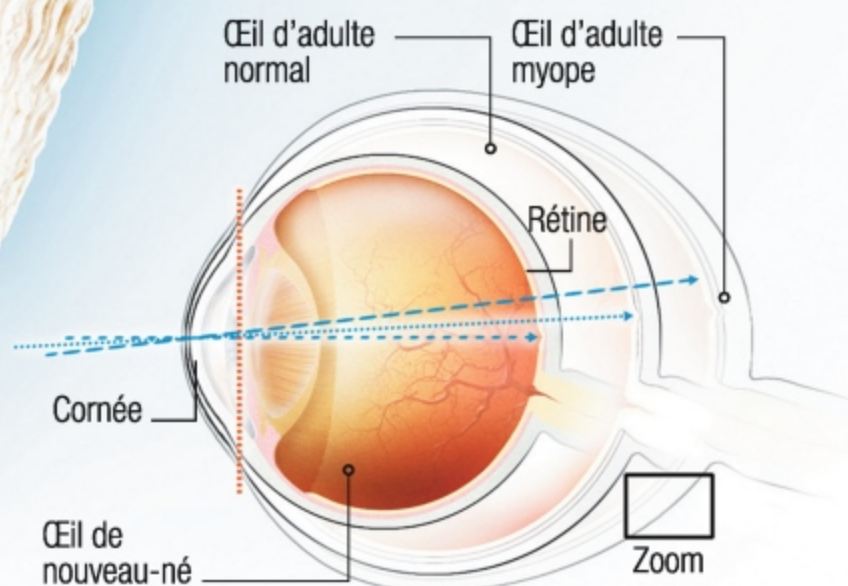
L'équipe de Ian Morgan (université de Canberra) s'est quant à elle intéressée aux enfants d'origine asiatique vivant à Sydney (avec, dans ce groupe, un taux de myopie de 3,3 %) ou à Singapour (taux de myopie de 29,1 %), et partageant un profil génétique et un régime alimentaire communs.





### 3 Résultat : l'œil s'allonge et devient myope

Par un mécanisme qui n'a pas encore été élucidé, la dopamine régule l'expression de gènes impliqués dans la croissance de l'œil. Une production réduite de dopamine est donc associée à une elongation de l'œil, responsable de la myopie.



À LA UNE

Et ses résultats vont dans le même sens : tandis qu'à Singapour, les enfants passent à peine trente minutes par jour à l'extérieur, les jeunes Asiatiques élevés à Sydney profitent, eux, de deux heures dehors en moyenne.

Idem en Europe. L'équipe de Jeremy Guggenheim (université de Cardiff, Grande-Bretagne) a montré en 2012 que les élèves anglais qui, entre 8 et 9 ans, passent peu de temps à l'extérieur ont 40 % de risques en plus d'être dépistés myopes entre 11 et 15 ans, par rapport aux enfants restés plus souvent dehors.

Une méta-analyse regroupant les résultats de sept études concluait la même année que sur une semaine, chaque heure supplémentaire passée dehors réduit de 2 % le risque de devenir myope.

Reste une question à élucider : par quel(s) mécanisme(s) la durée du temps passé en plein air influence-t-elle le risque de myopie ?

#### UN EFFET PROTECTEUR DU SOLEIL

Premier constat : ce n'est pas lié à l'activité physique. Les chercheurs ont comparé des groupes de sportifs pratiquant soit dans un gymnase, soit en extérieur... Et là encore, le fait de s'entraîner dehors a fait la différence sur le taux de myopes recensés dans chaque groupe.

La réponse se trouverait en réalité dans les effets causés sur notre corps par la lumière naturelle du soleil.

La couleur de celle-ci pourrait jouer un rôle. En 2013, l'équipe de Chi Luu (université de Melbourne) a montré sur le poulet – l'un des modèles les

plus utilisés pour comprendre la myopie – que la lumière rouge favorise la progression de la myopie, tandis que la lumière bleue la freine. Or, souligne le chercheur, *“la lumière artificielle générée par les lampes classiques, à filament de tungstène, contient de manière prédominante des longueurs d'onde rouges ; elle pourrait donc jouer un rôle dans l'apparition de la myopie, tandis que la lumière naturelle, qui contient certes des longueurs d'onde rouges, mais aussi des bleues, pourrait contrebalancer cet effet délétère de la lumière artificielle”*.

Mais le mécanisme le plus étayé pour l'instant se concentre plutôt sur l'intensité de la lumière du soleil. En 2013, le Danois Klaus Trier et le Chinois Dongmei Cui (centre ophtalmologique Zhongshan, Canton)



ont démontré, en suivant 235 petits Danois myopes, qu'il existe un effet saisonnier dans la progression de la myopie, les enfants étant plus exposés à la lumière du jour en été qu'en hiver (en particulier aux latitudes élevées), mais également plus enclins à rester dehors lorsque les températures sont plus clémentes.

Et l'effet est chiffré : la myopie des enfants suivis l'hiver (durant lequel la quantité cumulée de lumière du jour était en moyenne de 1 681 heures) a progressé de 0,32 dioptrie, et leur œil s'est allongé de 0,19 mm, tandis que ceux suivis l'été (au cours duquel la lumière du jour était présente 2 782 heures) ont connu une augmentation de leur myopie de seulement 0,26 dioptrie, et une élongation de l'œil de 0,12 mm.

Biologiquement parlant, tout serait une affaire de dopamine. *"C'est un neurotransmetteur dont la synthèse est régulée par la lumière : plus elle est intense, plus la rétine sécrète de dopamine*, explique Regan Ashby, chercheur à l'université de Canberra. *Or, cette molécule freine la croissance de l'œil. Nous avons même montré que, lorsqu'on bloque l'action de la dopamine, les effets protecteurs de la lumière sur la myopie ne se font plus sentir."*

A l'inverse, l'injection de dopamine, ou de substances mimant son effet, a permis de stopper la progression de la myopie chez les poulets.

Pour la plupart des scientifiques interrogés, l'hypothèse d'un déficit

en dopamine est bien la plus avancée pour expliquer cette épidémie de myopie (voir l'infographie). Le temps passé sur des cahiers ou devant des écrans ne serait donc responsable que de façon indirecte...

Est-ce une piste pour juguler l'épidémie ? Pas si simple. En raison de ses effets secondaires potentiels (troubles du comportement), personne n'envisage de prescrire de la dopamine aux enfants pour les empêcher d'avoir une mauvaise vue.

### DES ESSAIS CLINIQUES CONCLUANTS

Plusieurs solutions sont toutefois envisagées pour faire face à l'épidémie, la prévenir, la guérir ou simplement la freiner (lire les pages suivantes).

La solution idéale, bien sûr, serait d'inciter les enfants à jouer en plein air, surtout dans les pays de l'Est asiatique, où la pression scolaire est telle qu'ils n'ont même plus le temps de rester dehors. Cette solution serait même très efficace !

Dans un essai clinique mis en place entre 2009 et 2012 par Ian Morgan à Canton (Chine), environ 1 000 enfants issus de 11 établissements scolaires devaient rester quarante-cinq minutes supplémentaires dans la cour d'école. Les scientifiques ont ensuite comparé le nombre de myopes dans ce groupe et dans les écoles qui n'avaient pas changé leur emploi du temps. *"Nos résultats préliminaires suggèrent une réduction d'environ 25 % des nouveaux cas de myopie"*, se félicite le chercheur australien, également



△ Augmenter la luminosité des salles de classe pourrait-il limiter l'apparition de nouveaux cas ? C'est ce qu'un essai clinique tentera bientôt de déterminer.

professeur associé au centre ophtalmologique Zhongshan de Canton.

A Taïwan, un essai clinique à moindre échelle, dont les résultats ont été publiés en septembre 2013, a quant à lui obtenu une diminution de 50 % des nouveaux cas de myopie, simplement en encourageant les enfants à passer la récréation à l'extérieur.

Ian Morgan est cependant conscient qu'il sera difficile de forcer les écoliers à lever le nez de leurs cahiers, livres et ordinateurs pour passer plus de temps dehors. Il prévoit de mettre en place dès septembre un nouvel essai clinique, qui tentera de déterminer si le fait d'étudier dans une salle de classe spécialement conçue pour être entre 30 et 60 fois plus

G. BONNAUD/SUD OUEST/PHOTOPQR/MAXPPP - I. MORGAN



**IAN MORGAN**

Chercheur à l'université de Canberra et au centre ophtalmologique Zhongshan de Canton

*En incitant les élèves chinois à passer 45 minutes de plus dehors chaque jour, nous avons réduit d'environ 25 % les nouveaux cas de myopie*





lumineuse qu'une salle conventionnelle permettrait de limiter l'apparition de nouveaux cas.

Ironie de l'histoire, en 1886, l'ophtalmologiste allemand Hermann Cohn soupçonnait déjà le manque de lumière dans les salles de classe de favoriser la myopie. Plus tard, entre 1900 et 1930, de nombreuses écoles furent construites de façon à ce qu'un pan de mur de chaque classe soit remplacé par des fenêtres qui puissent être ouvertes. Et en 1944, le ministère du Travail britannique mit en place des normes de luminosité dans les écoles.

Mais vingt ans plus tard, alors que la population scolaire grandissante nécessitait de construire de plus en plus d'établissements et que, dans le même temps, les origines génétiques de la myopie étaient mises en avant, ces normes ont peu à peu été oubliées. En Floride, une loi a même imposé un temps, pour augmenter l'efficacité de l'air conditionné, de construire des écoles sans fenêtre ! A la lumière de ces nouvelles connaissances, il semble que cela fut un véritable crime... pour nos yeux !

Coralie Hancock

## Trois autres facteurs potentiels de la myopie

### Trop d'heures passées à regarder "de près" ?

Il y a 400 ans, l'astronome Johannes Kepler rendait déjà responsable de sa myopie le temps passé sur ses livres. Par la suite, les chercheurs ont longtemps soupçonné la myopie d'être la conséquence d'une trop forte sollicitation du mécanisme d'accommodation, qui permet à l'œil de faire la "mise au point" sur l'image regardée, ce qui augmenterait la pression intraoculaire et allongerait l'œil. Sauf qu'aucune étude scientifique n'a jamais réussi à démontrer un lien de cause à effet entre l'un et l'autre. *"Difficile de croire que c'est l'accommodation en elle-même qui favorise la progression de la myopie"*, résume l'ophtalmologiste danois Klaus Trier.

Une deuxième explication, actuellement discutée, pourrait faire le lien entre vision de près et myopie : la "défocalisation périphérique" – le mécanisme qui se met en place lorsque nous observons un objet proche de nous, tandis que les autres objets à proximité restent flous – stimulerait l'élongation de l'œil. Quelques rares essais cliniques ont montré qu'il était possible de limiter la progression de la myopie en augmentant la correction en périphérie grâce au port de lunettes bifocales (lire p. 61). Mais la défocalisation ne suffit pas à expliquer la flambée des cas.

### Des mutations génétiques ?

Le risque de devenir myope serait multiplié par 3 si un seul parent l'est déjà, et par plus de 6 si les deux sont touchés. Une importante étude publiée en 2013 est parvenue à identifier 22 gènes différents impliqués dans la myopie, dont 20 étaient jusqu'alors inconnus. Pour autant, les scientifiques estiment que le profil génétique n'explique qu'une part limitée des cas. Surtout, l'intervalle de temps dans lequel l'épidémie s'est manifestée est beaucoup trop court pour que des mutations génétiques se répandent aussi largement.

### Une carence en vitamine D ?

Pas assez de lumière, peut-être, mais surtout pas assez de la fameuse vitamine synthétisée grâce aux rayons du soleil ? Les arguments en faveur de cette hypothèse proviennent de deux études menées par Donald Mutti (université d'Etat de l'Ohio, Etats-Unis). La première avait montré que des variants génétiques du gène VDR, codant pour le récepteur de la vitamine D, étaient associés à la myopie ; la seconde, que les jeunes adultes myopes possédaient un taux de vitamine D circulante (dans le sang) 20 % inférieur à celui de jeunes adultes non myopes. Mais l'hypothèse ne se vérifie pas dans les tests menés sur l'animal. *"Ceux chez qui on provoque artificiellement la myopie n'en sont pas protégés lorsqu'on leur apporte une supplémentation en vitamine D"*, argue Regan Ashby, chercheur à l'université de Canberra. Surtout, ajoute-t-il, *"si les expériences menées sur les poulets ont montré que la lumière pouvait les protéger de la myopie, la lumière utilisée dans ces expériences était dépourvue de rayons ultraviolets"*. Or, ce sont eux, et seulement eux, qui induisent la synthèse de vitamine D.



# LES 5 NOUVELLES PISTES POUR TRAITER LA MYOPIE

*Si profiter davantage de la lumière du jour semble être le plus sûr moyen d'endiguer l'épidémie de myopie, l'ampleur du phénomène impose désormais de trouver de nouvelles pistes de prévention et de traitement. Alors que depuis plus de vingt ans, les lasers étaient considérés comme la seule alternative, la recherche connaît aujourd'hui une effervescence inédite. Lampes, lentilles, lunettes... Certaines sortent à peine des laboratoires, quand d'autres sont déjà disponibles. Voici les 5 pistes principales.*



## Des lentilles de nuit arrivent à stopper son évolution

L'orthokératologie, voilà une méthode qui pourrait bien s'imposer. Son principe ? Une lentille rigide fabriquée sur mesure est posée sur l'œil durant la nuit pour aplanir légèrement la cornée et compresser mécaniquement certaines cellules.

Un léger remodelage qui, au final, contrecarre l'effet de la myopie de façon transitoire chez les adultes, qui peuvent alors se passer de leurs lunettes ou lentilles pendant la journée avant que l'œil ne reprenne sa forme initiale, entre quinze et vingt heures plus tard.

Et qui doivent donc renouveler l'opération chaque nuit...

Pour les enfants, en revanche, les lentilles de nuit ouvrent des perspectives à plus long terme : les porter pourrait ralentir la progression de leur myopie !

### **Leur efficacité est déjà démontrée**

Plusieurs études ont en effet montré que l'utilisation de ces lentilles permettrait de freiner une évolution galopante de manière très efficace. Ainsi, en suivant 100 enfants de 6 à 10 ans à

Hong Kong, entre 2010 et 2012, des chercheurs ont montré que les lentilles d'orthokératologie avaient permis de réduire la progression de leur myopie de 43 %, comparé au port de lunettes classiques. Des données confirmées depuis par une méta-analyse publiée en mars 2015. Quant au risque d'infection – souvent cité pour limiter leur utilisation –, il ne serait finalement pas supérieur à celui des lentilles souples portées en journée.

Et à moyen et long termes ? Les premiers retours d'expérience

seraient très bons, comme en témoigne Adrien Sarfati, l'un des premiers ophtalmologistes français à avoir utilisé cette technique : "Des enfants traités en 2002 pour une myopie de -2 dioptries ont réussi à stabiliser leur vue jusqu'à aujourd'hui, alors que leur profil génétique les destinait plutôt à devenir très myopes."

Aujourd'hui, des études sont en cours pour s'assurer de la pérennité de la méthode. Et des chercheurs travaillent aussi à améliorer la géométrie des lentilles dans l'espoir de



# Des lampes ultrapuissantes pourraient la prévenir



Les études menées sur l'animal le prouvent : augmenter l'intensité lumineuse dans la pièce où ils sont élevés prévient l'apparition de la myopie et limite sa progression. Dès lors, pourquoi ne pas imaginer des lampes capables, en éclairant mieux nos intérieurs, de préserver nos yeux ? Le problème, c'est que les scientifiques ne sont pas encore parvenus à déterminer la dose de lumière nécessaire. *"Tout ce que l'on*

*sait, c'est que l'effet préventif se situe probablement au-dessus de 1 000 ou 2 000 lux, alors que dans les maisons, l'intensité lumineuse est plutôt de l'ordre de 300 à 500 lux",* indique Ian Morgan, de l'université de Canberra.

## Des LED de 100 000 lux

Malgré ces lacunes dans la connaissance scientifique, le chercheur n'a pas attendu et travaille d'ores et déjà à la conception d'une lampe antimyopie. *"Son éclairage LED peut générer jusqu'à 100 000 lux, ce qui est probablement plus que nécessaire ; mais elle ne sera commercialisée que si nous prouvons son efficacité pour*

*prévenir la myopie",* explique-t-il. Le groupe Philips, lui, commercialise déjà une lampe de bureau IntelliWin *"scientifiquement conçue pour prévenir la myopie"*. Néanmoins, en l'absence de tests cliniques prouvant son efficacité, les scientifiques interrogés par S&V se sont révélés sceptiques. Quant aux lampes utilisées pour lutter contre la dépression saisonnière, certaines émettent 10 000 lux. *"Ce qui pourrait suffire même si, remarque Ian Morgan, ce sont des lampes que l'on regarde, et non des lampes d'éclairage."* Là encore, aucun test clinique n'a été mené pour juger de leur efficacité. **C.H.**

## ENCORE TRÈS EXPÉRIMENTAL

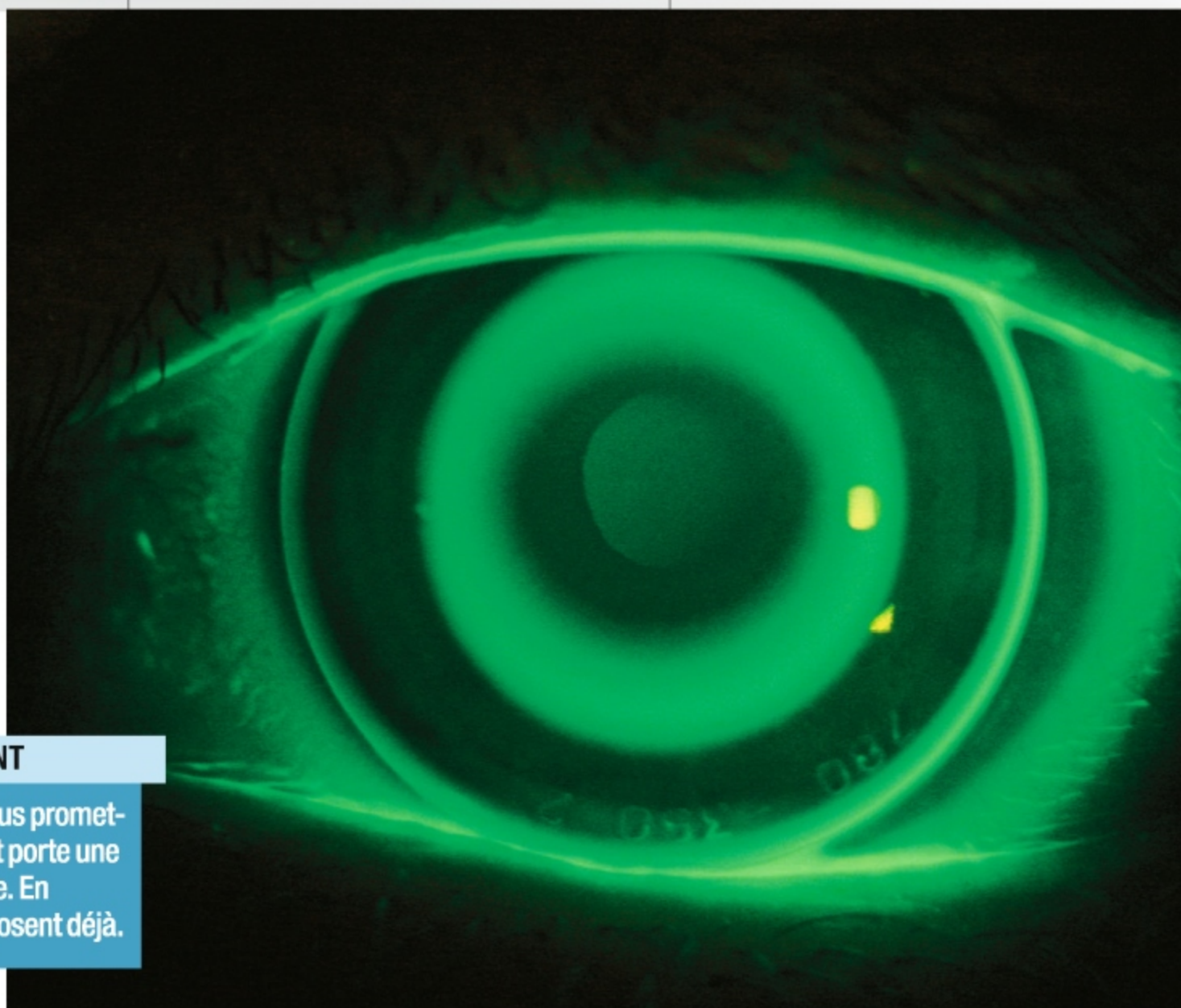
Ces lampes, aujourd'hui utilisées en luminothérapie, pourraient constituer une piste pour lutter contre la myopie, mais sans aucune certitude.

pouvoir freiner encore mieux l'évolution de la myopie... et, peut-être un jour, de la faire régresser.

En attendant, les États-Unis et l'Asie commencent à adopter largement l'orthokératologie. En Europe, se sont les Pays-Bas qui se trouvent en pointe : près de 70 000 personnes y auraient déjà recours. En France, ces lentilles de nuit font encore figure d'exception : seules 1 500 paires sont vendues chaque année. **M.V.**

## EN PLEIN DÉVELOPPEMENT

C'est l'une des solutions les plus prometteuses. Chaque nuit, le patient porte une lentille qui remodèle sa cornée. En France, 150 praticiens la proposent déjà.



O. DROESHAUT/REPORTERS-REA - A. CALOSS/ESA FOR MYOPIA

À LA UNE





**LES ESSAIS SONT EN COURS**

Bénéfices et risques d'un tel traitement ne sont pas entièrement établis. Mais des collyres sont actuellement en cours de tests.

## Un collyre vise à enrayer sa progression

Quelques gouttes de collyre dans chaque œil et... vous y voyez clair. Science-fiction? Hélas, oui: aujourd'hui, aucun traitement pharmacologique ne permet de guérir la myopie. En revanche, certains semblent efficaces pour limiter sa progression.

Parmi eux, le plus avancé est l'atropine. Dans l'étude ATOM1 publiée en 2006 et menée pendant deux ans sur 346 enfants à Singapour, ceux ayant reçu de l'atropine dosée à 1 % ont vu leur myopie progresser de seulement -0,28 dioptrie, contre -1,20 dioptrie chez les enfants ayant reçu un placebo. En raison de ses effets secondaires importants (l'atropine bloque l'accommodation, obligeant les enfants à porter

des lunettes pour voir de près, et dilate la pupille, faisant entrer plus de lumière dans l'œil, ce qui provoque un éblouissement), les chercheurs ont tenté de réduire la concentration du traitement (étude ATOM2 de 2012) et montré qu'un dosage de l'atropine à 0,01 % était, certes, moins efficace (-0,49 dioptrie), mais présentait beaucoup moins d'effets secondaires à court terme.

### On manque de recul

Par ailleurs, ce faible dosage limitait l'effet rebond (la myopie progressait plus vite après l'arrêt du traitement) observé avec un dosage plus fort.

Aussi, même si le recours à l'atropine est relativement populaire en Asie, et

même si une méta-analyse publiée en 2011 par la collaboration Cochrane concluait qu'elle était l'intervention la plus efficace, comparativement aux autres dispositifs utilisés, l'ophtalmologiste danois Klaus Trier prévient: "On manque de recul sur les possibles effets à long terme: la pression intra-oculaire pourrait être augmentée, la rétine être endommagée par le trop-plein de lumière et si l'atropine entre dans la circulation sanguine, elle pourrait agir sur le système nerveux central et avoir des effets délétères sur l'apprentissage." "En France, le dosage le plus faible est à 0,3 %, ce qui est probablement encore trop, et surtout il ne bénéficie pas

d'autorisation de mise sur le marché pour cet usage, indique Vincent Daien (Inserm/CHU de Montpellier). A ma connaissance, aucun médecin n'en prescrit."

Au Danemark, Klaus Trier a développé une autre molécule, la 7-méthylxanthine, qui, en 2008, selon ses essais de phase 2, a permis de réduire de 50 % la progression de la myopie (-0,23 dioptrie/an chez les enfants traités contre -0,52 dioptrie chez les autres). L'Agence de médecine danoise a donc autorisé les participants à continuer le traitement (sous forme de comprimés). Mais aucun essai de phase 3 permettant de le valider définitivement et de le commercialiser dans d'autres pays n'est prévu. **C.H.**



# Des lunettes à double foyer freinent son aggravation

En Asie, mais aussi depuis peu en France, il est désormais possible d'acheter chez son opticien des lunettes spécialement conçues pour ralentir la progression de la myopie chez les enfants. Des verres correcteurs qui, d'un fabricant à l'autre, obéissent à des principes différents.

Premier parti pris: la "défocalisation périphérique", c'est-à-dire le flou dans lequel se trouvent, en vision de près, les objets situés en périphérie lorsque l'œil se focalise sur un objet situé dans le champ visuel central. Elle induirait l'élongation de l'œil, et donc la myopie. Pour contrer cette défocalisation périphérique, une correction sup-

plémentaire est ajoutée à la périphérie des verres. En 2010, l'équipe de Padmaja Sankaridurg (Institute for Eye Research de Kensington, Australie) a montré que ce type de verres permettait, chez les enfants de 6 à 12 ans, et dont l'un des parents au moins est myope, de réduire la progression de la myopie (-0,68 dioptrie chez eux, contre -0,97 chez ceux portant des lunettes conventionnelles).

## Deux types de verres

Dans la foulée, la firme allemande Carl Zeiss a commencé à commercialiser ces verres sous le nom de Myovision. Tandis que le français Essilor développait deux types de corrections: les premières, commercia-

lisées depuis 2010 sous le nom de Myopilux Plus, sont des verres progressifs qui limitent l'accommodation, une correction supplémentaire étant ajoutée dans leur partie inférieure. Une étude, publiée en 2004 et menée pendant trois ans sur 469 enfants, a montré qu'ils permettent de réduire de 38 % la progression de la myopie.

En vente depuis l'été 2014, les Myopilux Max sont, eux, des verres bifocaux (c'est-à-dire à double foyer) auxquels est ajouté un prisme qui limite la

convergence des yeux (autrement dit, les enfants louchent moins lorsqu'ils lisent de près). Mais la validation large et indépendante de l'efficacité de ces dispositifs reste à faire. Ophtalmologiste au CHU de Montpellier, Vincent Daien reconnaît que "ces nouveaux verres sont très intéressants, mais les études ont pour l'instant été réalisées sur des enfants asiatiques, dont les facteurs de risque de myopie sont probablement différents de ceux des enfants caucasiens". **C.H.**

## LES INDUSTRIELS LES PROPOSENT DÉJÀ

Ces lunettes sont déjà en vente mais les tests portent surtout sur l'Asie. Leur efficacité sur les jeunes Européens reste à démontrer par des études plus larges.







DISPONIBLE ET EN COURS D'AMÉLIORATION

Plus de 50 000 Français se font opérer tous les ans : cette technique, qui se simplifie, sera de moins en moins agressive pour l'œil.

## Des lasers permettent de l'opérer très précisément

Suite à une intervention au laser, près de 45 % des patients connaissent des troubles postopératoires (sécheresse oculaire, halos, éblouissements) jusqu'à trois mois après l'intervention, indique l'Agence américaine du médicament, qui a publié en octobre dernier les résultats d'une évaluation menée depuis 2009.

Pour contrer ces effets, deux pistes sont envisagées. La première, pratiquée depuis quatre ans, repose sur le laser Smile (Small Incision Lenticule Extraction). Un seul laser permet de mener à bien l'opération – contre deux successifs pour une intervention classique. Concrètement, il découpe un petit lenticule dans l'épaisseur de la cornée, que le chirurgien retire ensuite manuellement. *“Les nerfs sont*

*plus épargnés, ce qui limite les risques d'altération de la sensibilité cornéenne, et donc de sécheresse”,* commente Gilles Renard, de la Société française d'ophtalmologie.

Deuxième dispositif : un laser femtoseconde, qui utilise des longueurs d'onde dans l'ultraviolet au lieu de l'infrarouge actuellement. *“La précision de la découpe promet d'être plus fine, de l'ordre de 1 à 2 micromètres au lieu des 5 à 10 actuels. La récupération des yeux serait donc encore plus rapide”,* prédit Damien Gatineau, spécialiste de la chirurgie réfractive à la Fondation Rothschild. Les tests sur les animaux ayant donné de bons résultats et les tests cliniques devant démarrer sous peu, cette technologie pourrait arriver sur le marché dans moins de cinq ans. **M.V.**

## Quelques idées reçues sur la myopie...

**Lire dans une pièce mal éclairée rend myope.**  
Faux. L'œil se fatigue plus, mais ne deviendra pas pour autant myope. Chez les myopes, par contre, dans l'obscurité, la pupille des yeux se dilate et la vue de loin est moins bonne.

**Dormir avec une lampe allumée ou une veilleuse rend myope.**

Faux. Une étude américaine de 1999 l'avait laissé croire. Mais ses résultats ont depuis été remis en cause et personne n'a pu montrer un tel lien.

**Ne pas porter de lunettes ou être sous-corrigé aggrave la myopie.**

Vrai. Des études cliniques ont montré qu'un œil sous-corrigé ou non corrigé devient plus myope que s'il avait été bien corrigé. D'où l'importance, surtout chez les enfants, des contrôles de correction réguliers, pour corriger la vue au mieux.

**La myopie protège de la presbytie.**

Faux. Certains myopes devenus presbytes vers 45 ans voient de près sans lunettes... à condition d'avoir retiré leur correction de loin. Logique : l'œil d'un presbyte accommodant derrière la rétine, l'acuité visuelle de près est moins bonne. S'il est également myope, l'image de près se forme au bon endroit par compensation. La myopie ne supprime pas la presbytie, elle en atténue les effets, et seulement chez certains myopes (entre -2 et -4 dioptries). Au-dessus ou en dessous, l'effet de compensation n'est pas parfait.

**L'alimentation influe sur la myopie.**

Douteux. Le rôle des vitamines, notamment E et D, a été suspecté d'influencer l'évolution de la myopie. Mais aucune étude n'a encore pu statuer de manière précise.

**Les myopes sont des personnes plus calmes et aux QI plus élevés.**

Douteux. Rien n'a pu être mis en évidence sur la personnalité des myopes. Plusieurs études (notamment à Singapour en 2014) semblent montrer que des enfants myopes auraient en moyenne un niveau de QI plus élevé que les autres. Des résultats à confirmer. Aucun lien de cause à effet n'a pu être établi pour l'expliquer.

A consulter : les chiffres de la prévalence de la myopie en Europe et aux États-Unis ; l'étude australienne sur le rôle de la lumière dans sa progression ; et la méta-analyse Cochrane de 2011.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com



# & Science découvertes

CRATÈRES SIBÉRIENS

64

MÉSON B

67

PLUTON

70

HÉRÉDITÉ

80



✓ **UN ÉTRANGE CRATÈRE  
DANS LE PERMAFROST**  
Ce trou de 80 m de dia-  
mètre et 100 m de pro-  
fondeur a été découvert  
en juillet 2014 dans la  
péninsule de Yamal,  
au nord de la Sibérie.





# L'énigme des **cratères** **sibériens**

Que cachent les étranges cratères apparus subitement en Sibérie ? **Yves Sciama** a enquêté : il pourrait s'agir d'éruptions de méthane, libéré par la fonte du permafrost. Une inquiétante nouvelle pour le climat...

**C'**est une sorte de triangle des Bermudes arctique, dont proviennent des informations rares, alarmantes et pas toujours vérifiables. La péninsule de Yamal, toundra désertique du nord de la Sibérie, a commencé à défrayer la chronique l'été dernier avec la découverte fortuite d'un mystérieux cratère aux dimensions impressionnantes : 80 m de diamètre pour 100 m de profondeur !

Chute de météorite ? Essai d'armes secrètes ? Les premières photos ont alimenté les hypothèses les plus folles. Mais aujourd'hui, l'énigme résonne surtout avec une menace souvent évoquée par les spécialistes du climat : la "bombe méthane".

Car le permafrost, le sol glacé de la Sibérie, piège de façon très abondante ce redoutable gaz à effet de serre beaucoup plus réchauffant que le CO<sub>2</sub> – et très explosif. Il le stocke sous la forme d'une étrange glace inflammable, les clathrates, que le réchauffement climatique menace de faire fondre, au risque de provoquer une réaction en chaîne incontrôlée : plus de réchauffement, donc plus d'émissions de méthane, donc encore plus de réchauffement...

D'où l'inquiétude des experts : ce trou serait-il le premier

impact observé de la "bombe méthane" ? Ou une anecdotique curiosité géologique locale, comme il en existe beaucoup sous ces latitudes extrêmes ?

Conséquence de la pauvreté actuelle de la science russe, ce cratère n'a fait l'objet que de deux expéditions scientifiques. Dont seule la seconde, en novembre 2014, a permis de descendre dans le cratère pour y réaliser un premier échantillonnage et quelques mesures géophysiques.

*"Nous avions prévu trois visites en 2015 : en avril, à la fonte des neiges ; cet été, et en septembre. Mais les deux premières ont déjà été annulées"*, déplore Marina Leibman, à l'Institut de la cryosphère terrestre, de l'Académie des sciences russe. Difficile donc, avec si peu d'informations, d'estimer l'ampleur exacte du phénomène. Sur tout qu'en étudiant des milliers d'images satellites de la région, Vasily Bogoyavlensky, de l'Institut de recherche sur le pétrole et le gaz, explique avoir découvert une vingtaine d'autres cratères plus petits...

Pour Marina Leibman, l'une des rares spécialistes à s'être

## Contexte

Le rôle du permafrost (sol glacé des hautes latitudes) est primordial dans la machinerie climatique. Il stocke en effet 1 700 Gt de carbone, sachant que la quantité que l'humanité peut émettre sans dépasser le seuil de 2 °C de réchauffement est de 1 000 Gt. On estime que si rien n'est fait, 150 Gt seront relâchées dans l'atmosphère au cours du siècle à venir par le sous-sol arctique.



→ rendue deux fois sur place, la seule certitude, au vu du degré d'érosion très rapide du trou, est que le phénomène date de "deux ou trois ans tout au plus". Et d'avertir: "Dans cette région nuageuse et plongée dans l'obscurité la moitié de l'année à cause de la nuit polaire, les images satellites sont rarement exploitables." Or, ces trous évoluent rapidement en lacs: "Ils se remplissent de neige, puis d'eau

A partir de là, les avis divergent. Si, en l'absence de trace de combustion, Vasily Bogoyavlensky parie tout de même sur une explosion, dont les signes auraient pu s'effacer, Marina Leibman estime que les trous seraient dus à des dégazages brutaux, des sortes d'éruptions projetant des fragments de sol à des dizaines de mètres. "Les hydrates de méthane du permafrost ont été déstabilisés par le

ont observé les cratères, il est évident que le réchauffement va accentuer le phénomène, et qu'il faut mettre en place un suivi. "Il nous faudrait des drones, moins chers que les hélicoptères, indique Marina Leibman. Mais nous ne disposons pas des moyens financiers nécessaires."

## UNE ZONE HORS DE CONTRÔLE

Cela pourrait-il déclencher la bombe climatique que certains redoutent? David Archer, spécialiste de la cryosphère, s'est efforcé d'évaluer combien de méthane il y avait dans le plus grand de ces trous, en partant de l'hypothèse qu'il faut environ 10 atmosphères de pression pour faire sauter une épaisseur de 30 m de sol gelé. Résultat? Environ 3 t. Il faudrait donc selon lui 20 millions de trous pour amorcer la bombe. "L'avenir du climat durant ce siècle dépend donc encore beaucoup plus des combustibles fossiles que du méthane arctique", conclut-il.

Ce que confirme une vaste revue de la littérature mondiale parue dans *Nature* en avril. Pour Ted Schuur, qui l'a coordonnée, "la majorité des études récentes montrent, au cours des prochaines décennies, plutôt une accélération lente et continue de la libération de méthane qu'un emballement".

De quoi pousser un ouf de soulagement. Reste qu'il n'est guère rassurant que cette immensité soit sans surveillance scientifique, alors que c'est une des régions du globe qui se réchauffent le plus rapidement...

## Le méthane des mers arctiques s'échappe aussi

**C'est l'équivalent océanique des cratères sibériens: d'énigmatiques colonnes de bulles de méthane s'élèvent depuis le fond du Pacifique Nord. Repéré par hasard par des pêcheurs puis analysé par une équipe d'océanographes américains en décembre dernier, ce gaz provient d'hydrates de méthane océaniques profonds (environ 500 m), qui se désagrègent sous l'effet du réchauffement de l'océan. Un risque climatique leur est aussi associé puisque, selon le spécialiste David Archer, à peu près autant de méthane est piégé dans les fonds marins aux hautes latitudes que dans le permafrost. Autre point commun: on ignore l'étendue du phénomène et depuis quand il se manifeste. Autant dire que les spécialistes ne manqueront pas de sujets de recherche dans les années à venir.**

et de sédiments, les bords s'effritent et, en très peu de temps, on ne voit plus rien", explique la chercheuse. Le risque d'être passé à côté d'autres cas n'est donc pas négligeable, car la région est mouchetée de petits lacs.

Mais revenons à notre cratère. Que s'est-il passé? Vasily Bogoyavlensky, Marina Leibman et la grande majorité des spécialistes s'accordent pour dire que l'origine du phénomène est bien liée au réchauffement, les étés 2012 et 2013 ayant connu des températures exceptionnelles (5 °C au-dessus de la moyenne). Et il est bien lié au méthane.

réchauffement, d'environ 1 °C en profondeur, et ont commencé à fondre. Leur volume a alors été multiplié par 16! Le méthane sous pression s'est donc accumulé sous la surface glacée, jusqu'à faire sauter le couvercle", explique la chercheuse.

Au-delà de cette querelle, de nombreuses questions subsistent sur ce processus d'accumulation de méthane: aurait-il rempli des cavités préexistantes, générées par la fonte du permafrost? Et pourquoi ici plutôt que là? Et surtout: jusqu'où les choses peuvent-elles s'accroître et dégénérer? Pour la plupart des chercheurs russes qui

A consulter : le site Internet d'un réseau scientifique consacré à l'étude du permafrost.



**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com



# Méson B0

## La particule qui relance le rêve

Une anomalie vient d'être détectée par le LHC. Premier signe d'une nouvelle physique tant attendue ? Ou énième espoir sans suite ? Derrière la grande prudence des experts, **Mathieu Grousson** a senti poindre une vraie excitation.



^ Le LHC, l'accélérateur géant du Cern, a redémarré en avril avec une énergie jamais encore atteinte.

**P**our l'heure, ce n'est encore qu'un frémissement, un petit grain de sable, peut-être une facétie du hasard... Bref, pas grand-chose.

Mais ce "pas grand-chose" mérite qu'on s'y arrête. C'est le premier signe d'espoir en provenance de l'infiniment petit que les physiciens des particules aient reçu depuis longtemps. A ce jour, c'est leur

meilleure chance de renouveler notre vision de la matière. Et c'est en ce sens le seul grain à moudre pour le LHC.

Car alors que l'accélérateur géant de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (Cern) vient de redémarrer après dix-huit mois d'arrêt pour travaux, disons-le franchement : l'ambiance est plutôt morose parmi les spécialistes de la matière élémentaire.

Il y a bien eu, en 2012, l'éclatante découverte du boson de Higgs, qui a permis de parachever la validation du modèle standard, l'actuelle théorie des particules élémentaires et de leurs interactions. Mais depuis, plus rien. La faute au Higgs, désespérément conforme aux prévisions.

Pourtant, les spécialistes de l'Univers élémentaire sont persuadés que nombre des questions auxquelles ils n'arrivent pas à répondre depuis plusieurs décennies sont le signe indubitable qu'une physique radicalement nouvelle reste à découvrir. Une physique qui, justement, devait se faire jour au LHC sous la forme de particules inconnues.

Sauf qu'après trois années de fonctionnement du colosse genevois, l'existence de ces particules ne dépasse toujours pas le cadre de la feuille de papier où les théoriciens leur ont donné naissance...

Mais voici que l'espoir renaît ! Le résultat annoncé en mars dernier par la collaboration LHCb, du nom d'un des quatre détecteurs du LHC,

### Enjeux

Afin de tester le modèle standard de la physique des particules, le LHC, le puissant accélérateur de particules du Cern, a redémarré début avril. Avec 6,5 téraélectronvolts, l'énergie des protons lancés dans son anneau de 27 km a quasiment doublé par rapport à 2011-2013. Pendant trois ans, deux faisceaux de protons circuleront en sens inverse 24 heures sur 24, donnant lieu à 600 millions de collisions par seconde.



est un peu technique. Les analyses portent sur la désintégration d'une particule, nommée méson  $B_0$ , en quatre particules filles: un kaon et un pion (deux particules appartenant au vaste bestiaire du modèle standard que l'on obtient en associant les quarks par deux, voir jargon) et une paire muon-antimuon (le muon étant une sorte de cousin obèse de l'électron).

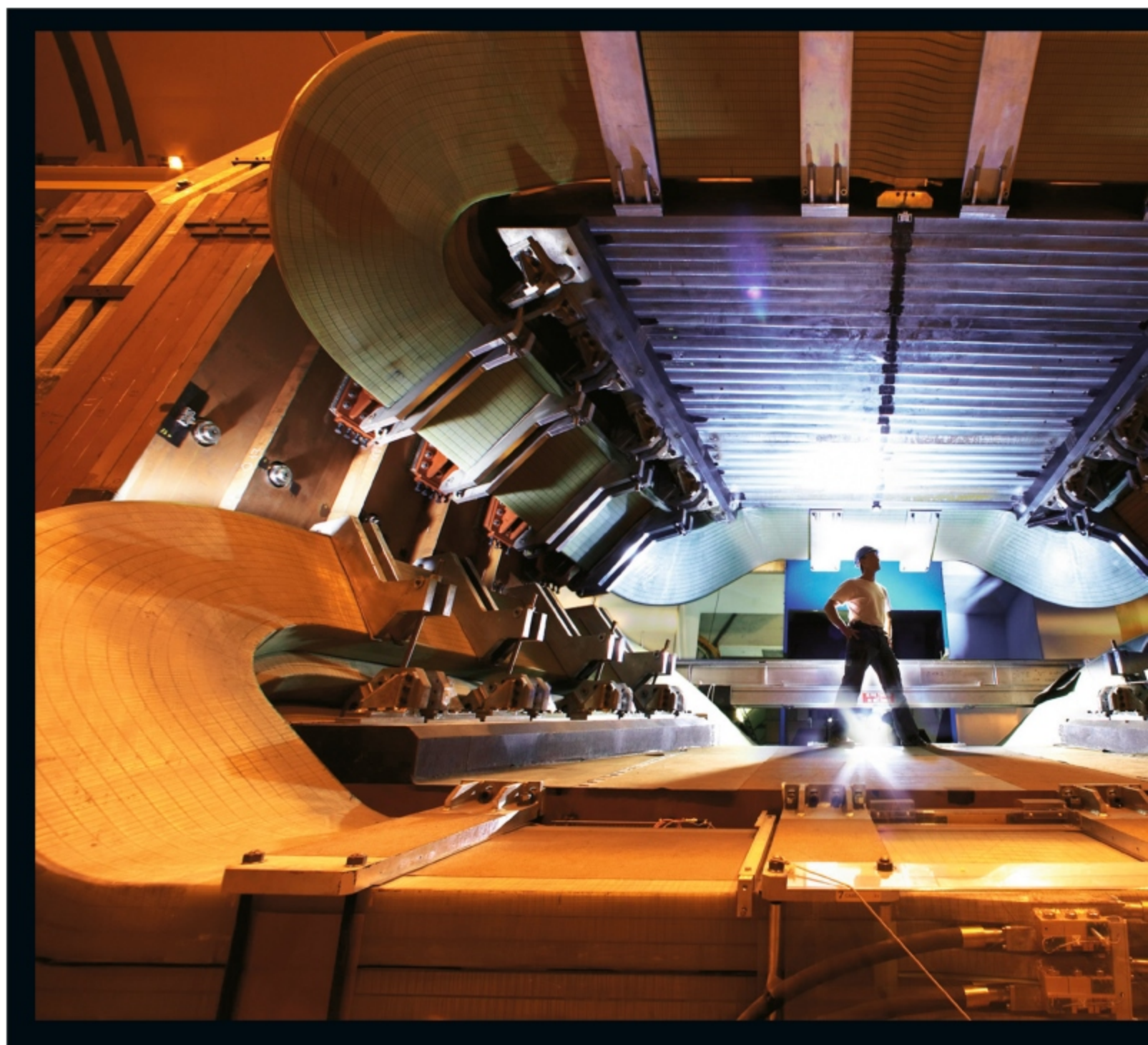
### INCOMPATIBLE AVEC LE MODÈLE STANDARD

Plus précisément, ces analyses portent sur un paramètre abscons appelé  $P_5'$ , obtenu en combinant des informations sur les directions de vol de ces quatre particules et mesuré en fonction de l'énergie des paires muon-antimuon détectées. Résultat: une observation incompatible avec les prédictions issues du modèle standard. Ainsi, pour deux valeurs de l'énergie de la paire muon-antimuon,  $P_5'$  se révèle plus grand que prévu (voir le graphique p. 69).

Une différence qui, comme chaque fois qu'on en observe une, est potentiellement une fenêtre qui s'entrouvre sur une nouvelle physique.

Mieux, alors qu'une petite différence avait déjà été observée dans les données enregistrées en 2011, l'ensemble des données prises entre 2011 et 2013, soit trois fois plus, confirme cet écart tout en le creusant un peu plus.

D'après ces résultats, il y a une chance sur mille pour que cette observation résulte d'une fluctuation statistique plutôt que d'un véritable effet physique. Cela semble laisser peu de place au hasard, mais l'histoire de la physique des



### Jargon

Les constituants élémentaires de la matière sont les **quarks**. Au nombre de six, ils s'assemblent par deux ou trois pour former des particules composites (la plupart instables), dont la plus connue est le **proton**. Le **méson** est une autre de ces particules composites.

particules regorge d'anomalies de ce type, qu'une plus grande quantité de données a par la suite dégonflées. Si bien qu'une découverte n'est validée que si le risque de faux positif est inférieur à un sur un million.

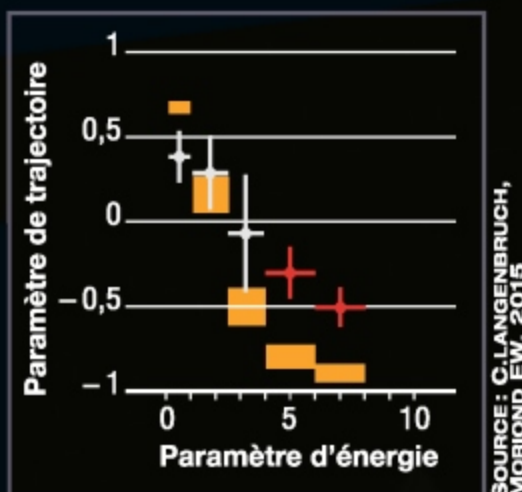
Derrière cette prudence affichée, on sent pourtant que l'excitation est là, palpable. Comme nous le confie Marie-Hélène Schune, responsable du groupe LHCb au Laboratoire de l'accélérateur linéaire, à Orsay, *"le LHCb a une longue histoire de tueur de fluctuations, mais là, celle que nous observons est confirmée pour deux valeurs de l'énergie de la paire muon-antimuon. Il est certes beaucoup trop tôt pour crier 'hourra', mais il est*

*en même temps difficile de refréner un sourire!"*.

Jean Orloff, théoricien au Laboratoire de physique corpusculaire, à Clermont-Ferrand, confirme: *"La mesure est très propre, je pense que l'écart va persister."* D'autant que cet écart s'ajoute à quelques autres observés dans d'autres canaux de désintégration, certes statistiquement peu significatifs, mais qui, tous ensemble, commencent à constituer un tout cohérent.

Sauf qu'il y a aussi un problème du côté des théoriciens, dont les prédictions sont elles-mêmes entachées d'incertitudes. Les équations du modèle standard, qui décrivent la désintégration du méson  $B_0$ , sont en effet





SOURCE : C. LANGENBRUCH, MORIOND EW, 2015

■ Valeurs théoriques  
✦ Valeurs mesurées

**Le méson B0 ne s'est pas désintégré comme prévu**  
Le détecteur LHCb (à gauche) a enregistré une anomalie dans la désintégration du méson B0 : la relation entre les trajectoires des particules générées et leurs énergies ne correspond pas à la théorie (en rouge sur le graphe).

redoutablement difficiles à résoudre. Résultat, *“il y a actuellement un débat entre plusieurs groupes de théoriciens sur la réalité de l'écart entre le résultat observé et sa prédiction théorique”*, indique Diego Guadagnoli, au Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de physique des particules.

*“Cela mérite une étude approfondie, estime Sébastien Descotes-Genon, directeur du Laboratoire de physique théorique d'Orsay. Pour autant, s'il est trop tôt pour affirmer que nous sommes face à un signe non ambigu d'une nouvelle physique, il y a clairement quelque chose qui ne colle pas avec les calculs menés dans le cadre du modèle standard.”*

D'où, d'ores et déjà, des travaux théoriques pour tenter d'interpréter l'anomalie comme une manifestation d'une physique inconnue. La voie la plus avancée en ce sens consiste à considérer que l'effet observé serait lié à l'existence d'une nouvelle particule non standard, qui agirait sur le processus de désintégration via les fluctuations du vide quantique.

### UNE NOUVELLE INTERACTION ?

Pour certains, cette nouvelle particule, baptisée Z', serait le médiateur d'une nouvelle interaction fondamentale aux contours, pour l'heure, mal définis, qui viendrait s'ajouter aux trois autres s'exprimant dans l'infiniment petit.

Pour d'autres, *“il pourrait s'agir d'une particule composite constituée de particules élémentaires très massives, membre d'une nouvelle famille qui s'ajouterait alors aux trois générations connues”*, précise Sébastien Descotes-Genon.

Chose frappante : ces ajouts vont plutôt à rebours

de la plupart des théories proposées pour dépasser le modèle standard, qui tendent à unifier l'ensemble des phénomènes microscopiques dans un cadre unique.

*“C'est vrai que l'on aimerait bien disposer d'une théorie du tout dont les équations tiennent sur un tee-shirt, reconnaît Diego Guadagnoli. De ce point de vue, un Z' n'est pas très sexy !”* *“Mais si la nature est ainsi, nous ne pouvons pas fermer les yeux...”*, ajoute, philosophe, Jean Orloff.

Pour l'heure, l'anomalie du LHCb n'est pas grand-chose.

Mais les théoriciens vont désormais vérifier si les effets propres à la physique du modèle standard ont été correctement pris en considération, tandis que les expérimentateurs vont analyser les nouvelles données enregistrées depuis avril, observer en détail d'autres désintégrations cousines, et même rechercher des traces directes de ce mystérieux Z' dans leurs détecteurs.

Bref, dans les mois qui viennent, ce “presque rien” va occuper beaucoup de place.

A consulter : le site en français le plus complet sur le LHC ; le site de la collaboration LHCb.

A voir : les transparents de la présentation de l'anomalie.

**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com





### **Le contexte**

Pluton est une boule de 2 300 km de diamètre (2/3 de notre Lune) qui gravite au-delà de Neptune, au bord d'un nuage de petits corps : la ceinture de Kuiper. En 2006, celle qui était la 9<sup>e</sup> planète du système solaire a été requalifiée en planète naine.



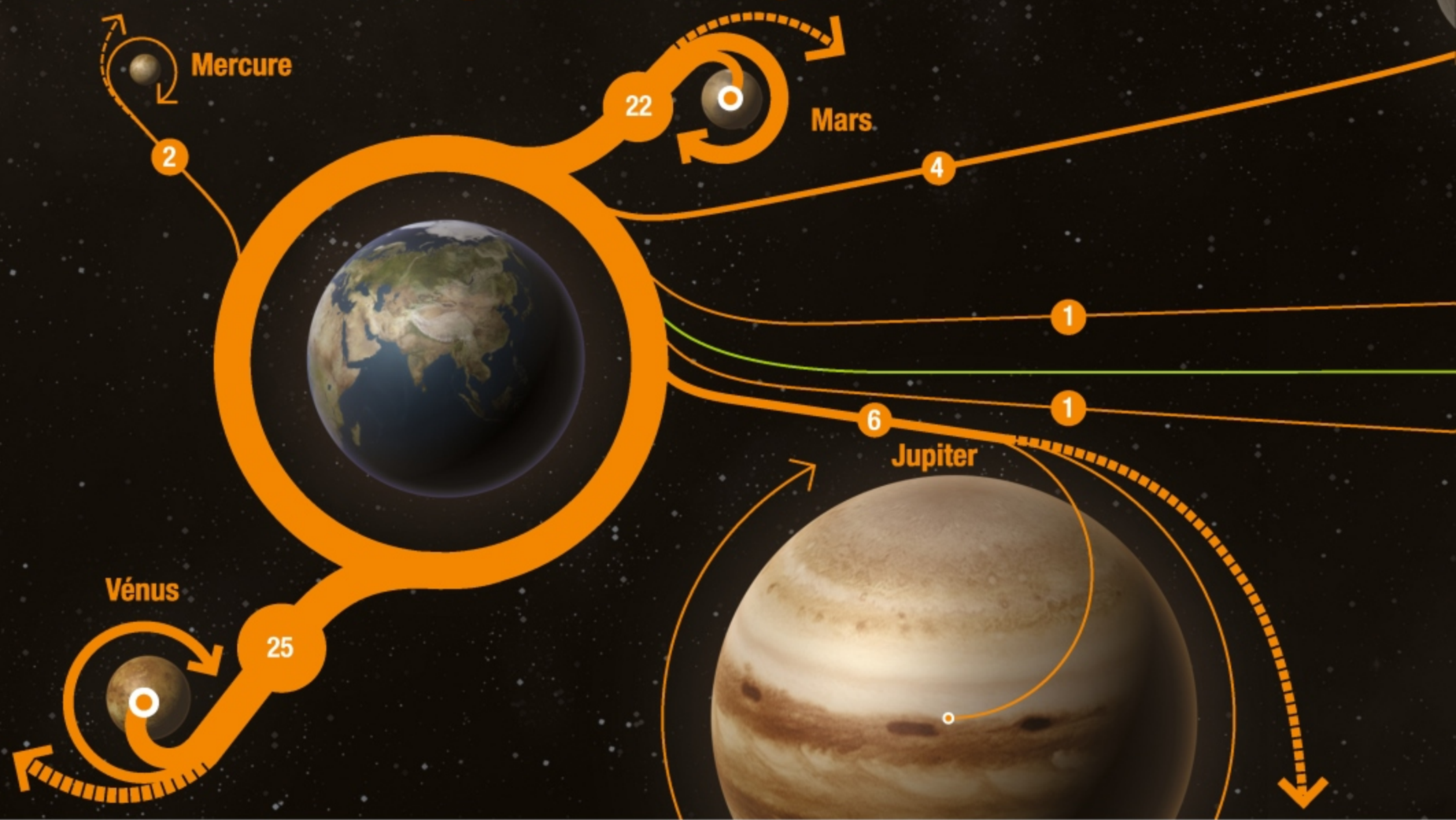
# Pluton

## A l'assaut du dernier monde

C'est le dernier territoire encore inexploré de notre système solaire. Le 14 juillet, après neuf ans de voyage, la sonde *New Horizons* dévoilera enfin à quoi ressemble Pluton ! En attendant, **Mathilde Fontez** revient sur 7 missions pionnières : de Mercure à Neptune, elles montrent que les sondes ont toujours réservé des surprises...



## Pluton : la dernière "planète" à explorer



**D**ans quelques semaines, ce petit point de lumière, ces quelques pixels deviendront un véritable lieu !", se réjouit Alan Stern. Le responsable de la mission *New Horizons*, comme les dizaines d'astronomes et d'ingénieurs qui s'occupent depuis près de vingt ans de la petite sonde, procèdent aux dernières vérifications : ils testent leur détecteur radar, corrigent la trajectoire, répètent les procédures

de traitement des données. Et savourent le moment.

Car le 14 juillet prochain, après avoir parcouru 4,8 milliards de kilomètres en neuf ans et demi – c'est la sonde la plus rapide de l'histoire –, *New Horizons* atteindra son but : elle va passer à 12 500 km de Pluton, la photographier et l'analyser.

Le moment est historique. Nous allons enfin voir à quoi ressemble la dernière planète

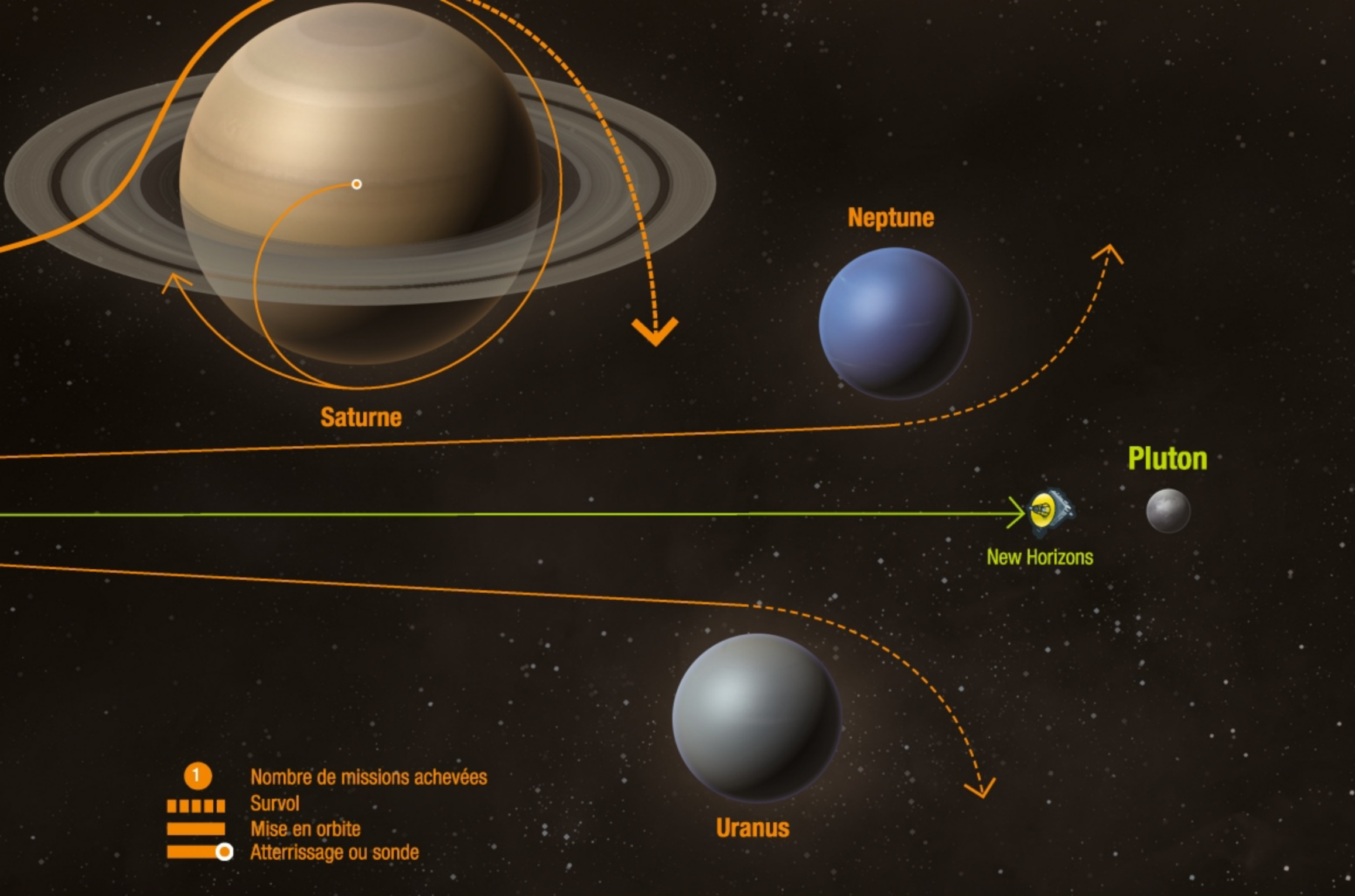
de notre système solaire. Car toutes les autres ont eu leur mission ! De Vénus à Jupiter, les sept sœurs de la Terre ont été visitées, photographiées, étudiées. Et même arpentées pour certaines (voir infographie). *Mariner*, *Venera*, *Viking*, *Pioneer*, *Voyager*... Dès les années 1970, les sondes lancées par les États-Unis et l'URSS ont visité l'une après l'autre toutes les planètes qui gravitent autour du Soleil.

Seule Pluton est restée inexplorée. Et le fait qu'en 2006 la petite rocheuse ait été déchue de son titre de planète pour se voir catégoriser parmi les planètes naines ne gâche en rien l'événement. C'est bel et bien le dernier monde qui va enfin se dévoiler. Le seul encore vierge de toute exploration humaine. Le dernier panorama de notre système solaire.

### Ce que l'on sait déjà sur Pluton

A partir de la douzaine de clichés pixellisés qu'ils ont pu prendre à distance, les astronomes n'ont pu dresser qu'un portrait approximatif de la petite rocheuse : elle a cinq lunes, dont l'une si grande, Charon, qu'elle la détourne de sa trajectoire. Sa surface est assez claire mais ponctuée de taches rouge sombre, et elle est composée majoritairement d'azote, avec des traces de méthane et de dioxyde de carbone. Son cœur pourrait être assez chaud pour maintenir une couche d'eau souterraine sous forme liquide. Elle a une fine atmosphère, un système complexe de saisons, probablement des vents, des brumes et des nuages...





Et c'est en replongeant dans les missions pionnières que l'on peut le mieux pressentir l'intensité du moment à venir.

### ON S'ATTEND À ÊTRE SURPRIS

Rappelez-vous. 1974 : la surface floue de Mercure se matérialise sous la forme d'un paysage lunaire constellé de cratères. 1976 : la surface de Mars, ses vallées et ses deltas creusés par l'eau surgissent. 1979 : les somptueux tourbillons de Jupiter apparaissent. 1980 : ce sont la finesse et l'étendue des anneaux de Saturne. 1986 : l'étrange brume d'Uranus. Et en 1989, ce sont les milliers de volcans de Vénus et les paisibles nuages blancs sur fond bleu de Neptune que l'on découvre.

Les membres de ces grandes explorations du passé se le rappellent comme si c'était hier. "J'ai eu ce sentiment écrasant,

comme si j'étais debout sur le navire du capitaine Cook dans le golfe d'Alaska. Nous allions dans des endroits où personne n'était jamais allé. Nous étions des explorateurs", écrivait, il y a un an, Tom Spilker, à propos la mission Voyager.

Que nous réserve l'espace, cette fois ? A quoi ce nouveau monde va-t-il ressembler ? Sa surface sera-t-elle recouverte de glaces ou poussiéreuse et désolée, constellée de cratères d'impact ? Ou bien découvrira-t-on une comète géante : une boule de glace sale laissant derrière elle une traînée de gaz sublimés. "Ou simplement, un paysage que l'on n'a pas imaginé", ajoute Alan Stern. On s'est tellement trompé... Il faut s'attendre à être surpris."

La grande leçon est qu'il faut y aller pour comprendre. C'est en étudiant de près la géologie des

rocheuses et des lunes, les anneaux et les atmosphères tourmentées des géantes gazeuses que l'on a pu détailler la machinerie planétaire, reconstituer l'histoire du système solaire...

Avec *New Horizons*, les astronomes vont mettre un premier pied dans la ceinture de Kuiper, cette gigantesque nuée de petits corps qui orbite à 4,5 milliards de kilomètres de la Terre. "Pluton est l'archétype de ces objets primitifs, sans doute les mieux préservés depuis la naissance de notre système", explique Cathy Olkin, membre de la mission à l'université Boulder.

*New Horizons* enverra ses cartes postales au compte-gouttes neuf mois durant. En attendant, voici les images et les souvenirs des sept missions pionnières. Savourons le moment. Après 36 ans, les Terriens redeviennent des explorateurs.



# 1974

## ***Il y a plein de cratères sur Mercure***

*“Les premières images de Mercure ressemblaient à celles obtenues depuis la Terre, raconte Robert Strom, l'un des membres de la mission Mariner 10. Puis on a commencé à distinguer des taches brillantes, les détails de la surface...”* Le 29 mars 1974, pour la première fois, l'humanité découvre Mercure. Après avoir frôlé Vénus, la sonde américaine *Mariner 10* s'approche à 703 km de la première planète du système solaire et photographie une surface constellée de cratères de toutes les époques, détectant une fine atmosphère aux vents rapides et un champ magnétique. *“En quelques heures, nous en savions plus qu'après des siècles d'observation terrestre.”*



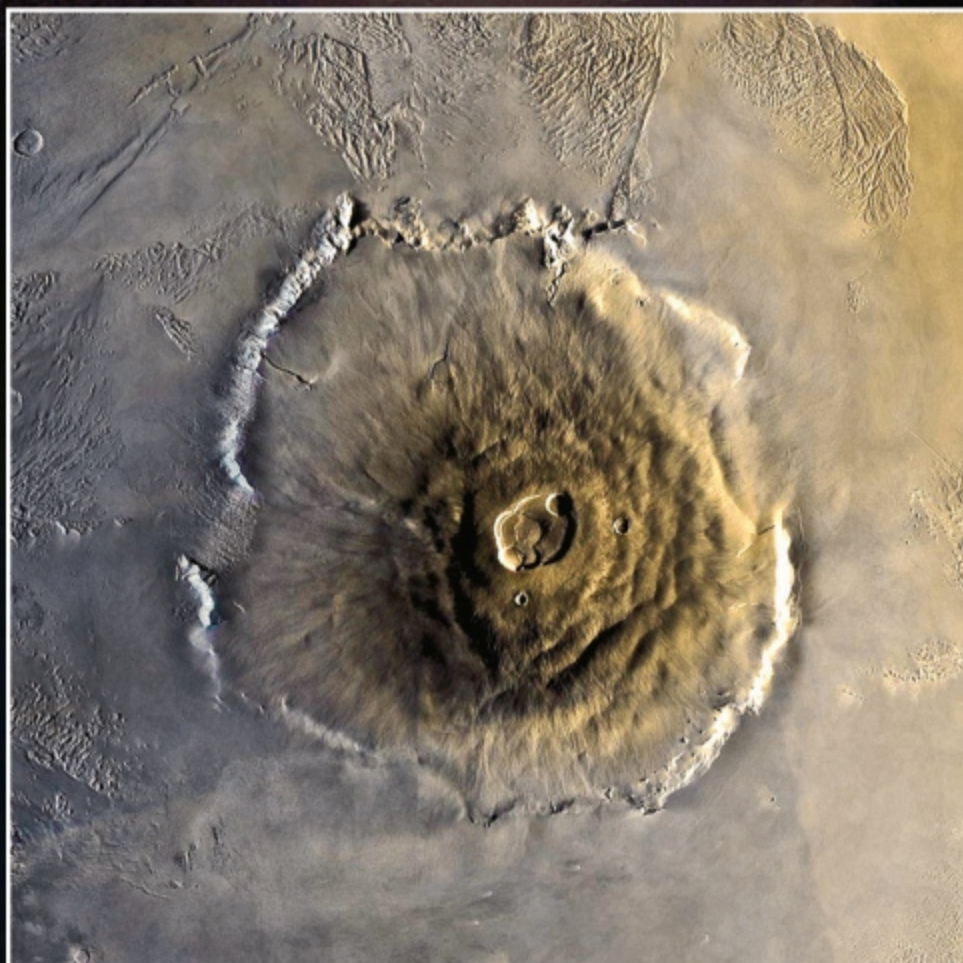




1976

## *Mars a bien pu être habitable*

Lentement, les images apparurent sur les écrans : des roches, un panorama, l'horizon martien. Puis vinrent les couleurs : rouge, orange, brun. Dix ans plus tôt, les missions Mariner avaient déjà dressé les premières cartes, dévoilé les cratères et les volcans... mais c'est avec les sondes *Viking* que l'on découvre la Planète rouge dans toute sa splendeur, en couleur et en relief. *"On n'avait qu'une idée très vague de ce à quoi pouvait ressembler la surface, se rappelle Gentry Lee, l'un des membres de la mission. Était-ce comme un désert terrestre ? Y avait-il du sable ? De la poussière ?"* La mission dévoile de nombreuses structures qui semblent formées par de l'eau liquide : des vallées, des deltas... laissant penser que le désert glacial pourrait avoir été habitable.

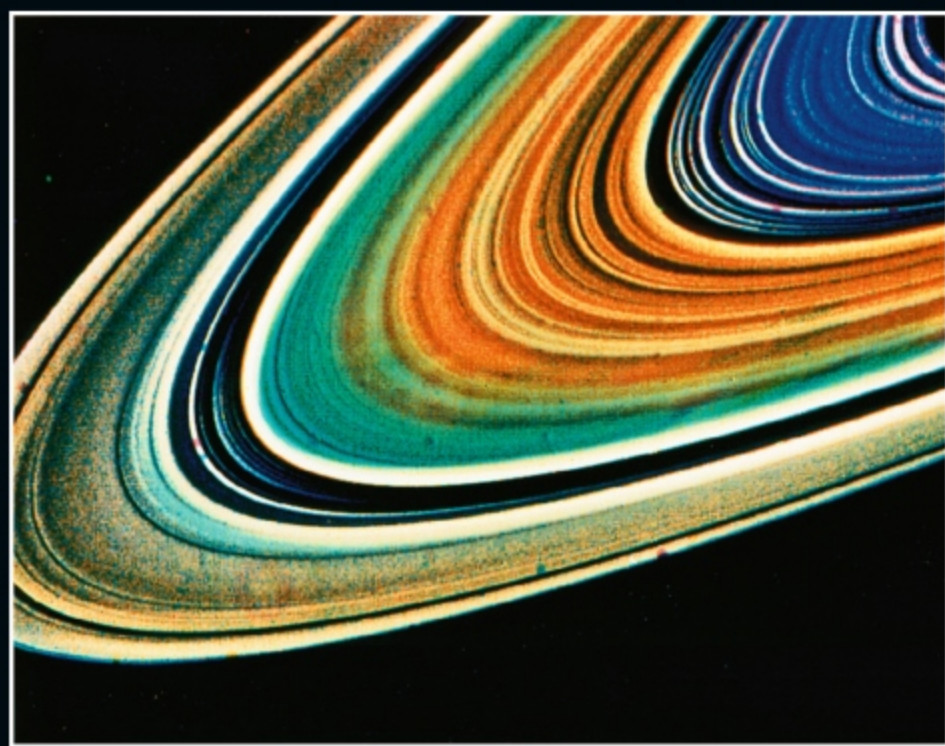
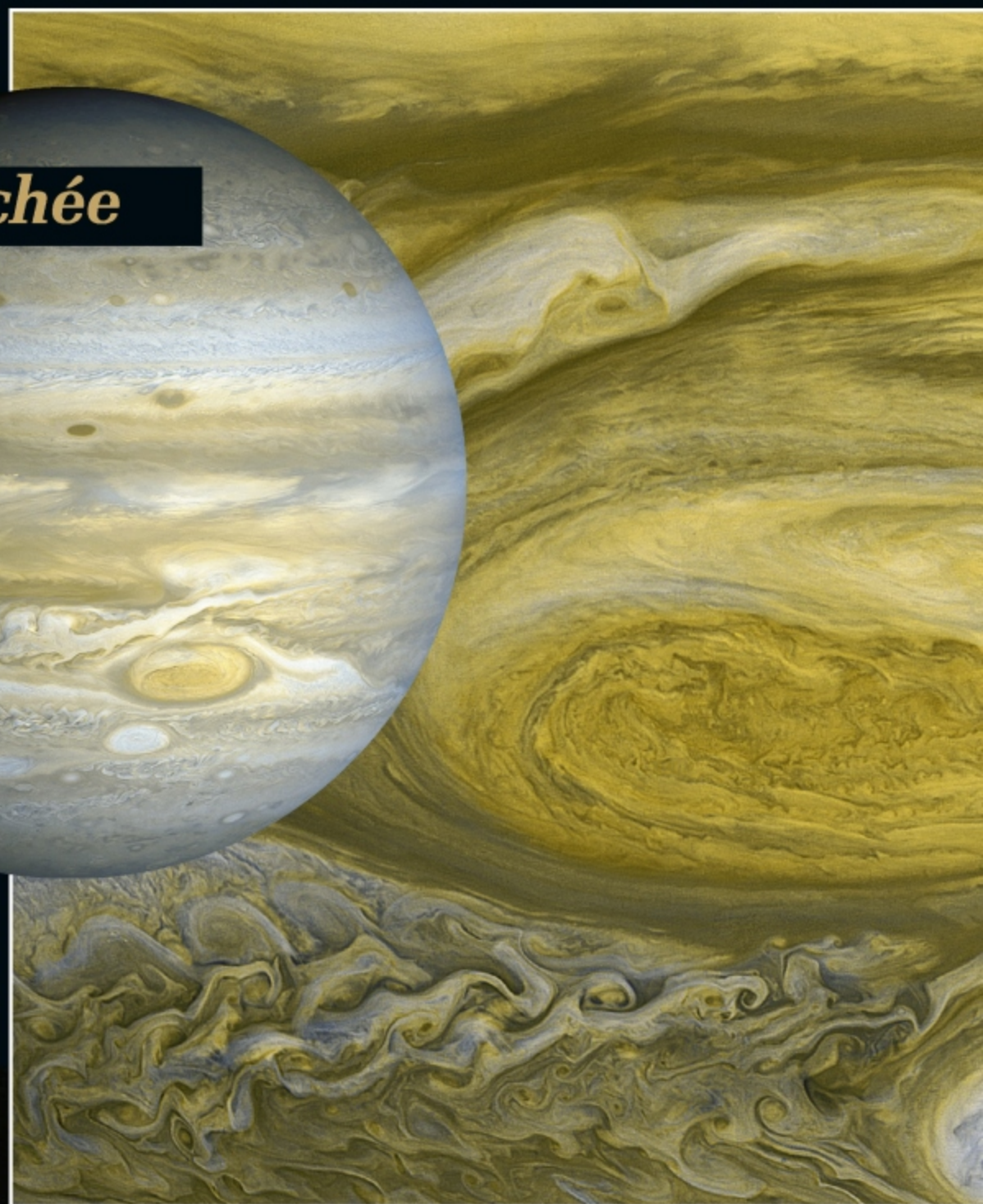
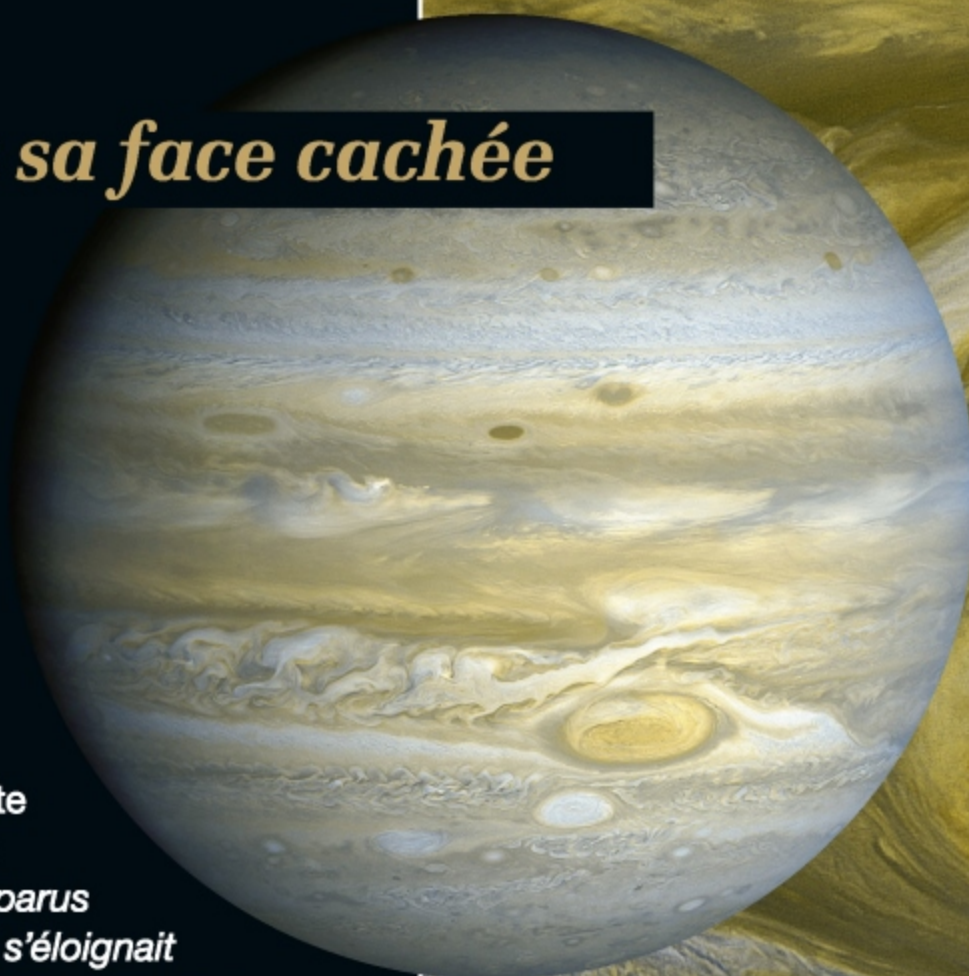




1979

## Jupiter dévoile sa face cachée

Une tempête de 25 000 km de longueur qui tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre : on détaille enfin la grande tache rouge, découverte par Cassini au XVII<sup>e</sup> s. Le 5 juillet et le 5 mars, les sondes Voyager s'approchent l'une après l'autre de la géante. "C'est le 4 mars qu'on a eu notre plus grande surprise : la découverte des anneaux, raconte Edward Stone, l'un des responsables de la mission. Ils sont apparus par hasard, alors que Voyager 1 s'éloignait de Jupiter et photographiait sa face nocturne."

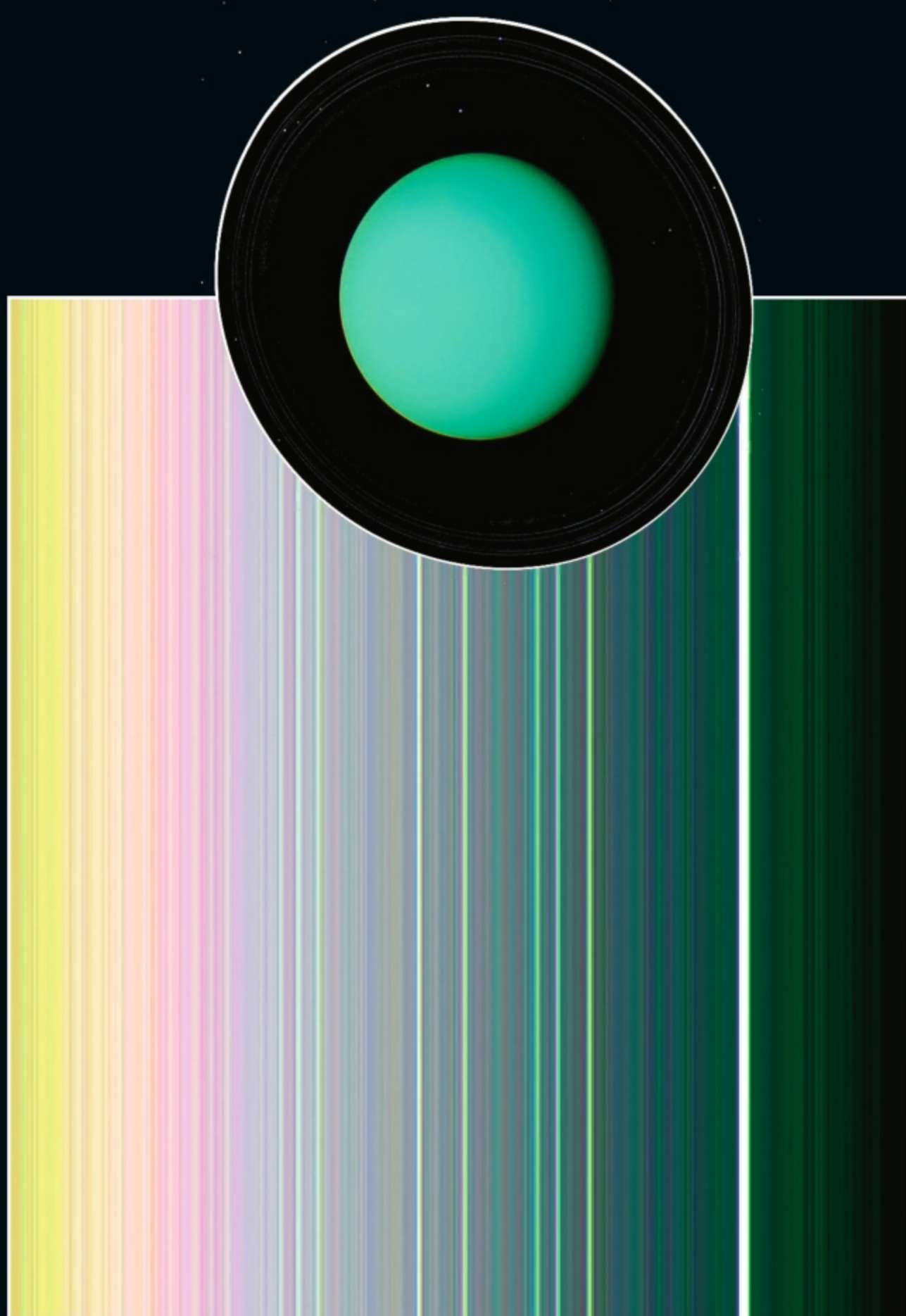
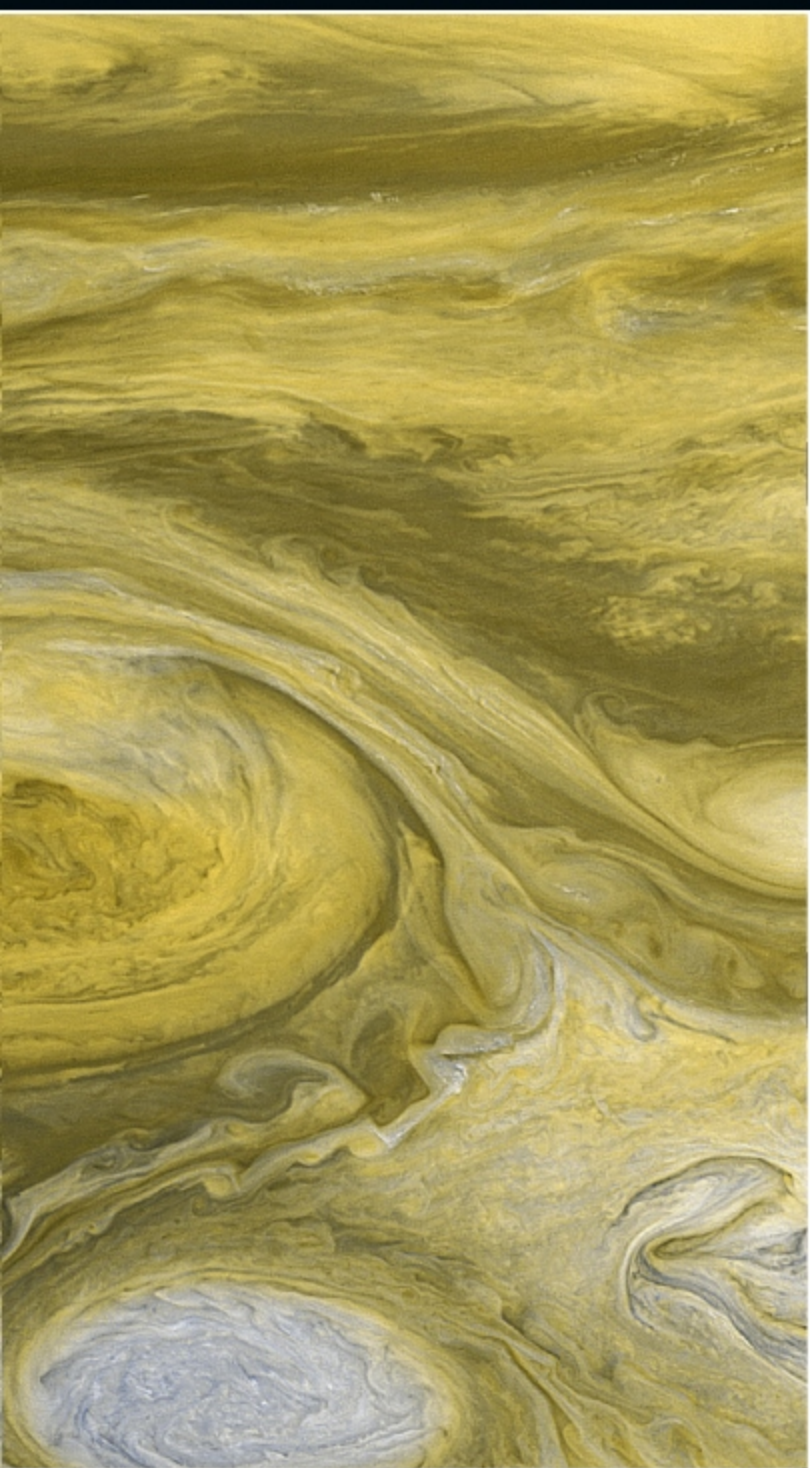


1980

## Les secrets des anneaux de Saturne

"Je devais surveiller mes données mais je ne parvenais pas à me détacher de l'écran, se rappelle Bill Kurth, l'un des membres de la mission. Nous voyions Saturne grossir lentement, les détails apparaître..." En novembre 1980, Voyager 1 atteint la géante, suivie par Voyager 2 en août 1981. Et l'on découvre son atmosphère torturée : des vents de 500 km/h, une tempête de 12 000 km. Et, surtout, l'extraordinaire complexité des anneaux : on en comptait quatre, ils sont une centaine, tous différents. "Des particules de poussière ne cessaient de frapper les sondes, alors qu'elles traversaient des zones supposées vides!"





# 1986

## *Une brume opaque sur Uranus*

Le 24 janvier 1986, *Voyager 2* atteint la planète la plus étrange du système solaire : Uranus orbite en effet à l'envers et de biais. *"Elle nous a caché ses secrets jusqu'à ce que nous soyons juste sur le pas de sa porte !"*, réagissait dans nos colonnes Bradford Smith, qui coordonnait l'imagerie de la sonde (S&V n° 822, p. 24). Uranus se révèle être une boule bleu-vert parfaitement uniforme : elle se dissimule sous une brume d'hydrocarbures qui semble monter du pôle pour recouvrir toute sa surface. Augmentant les contrastes, les astronomes parviennent cependant à distinguer les nuages qui s'allongent en dessous, sur des milliers de kilomètres.

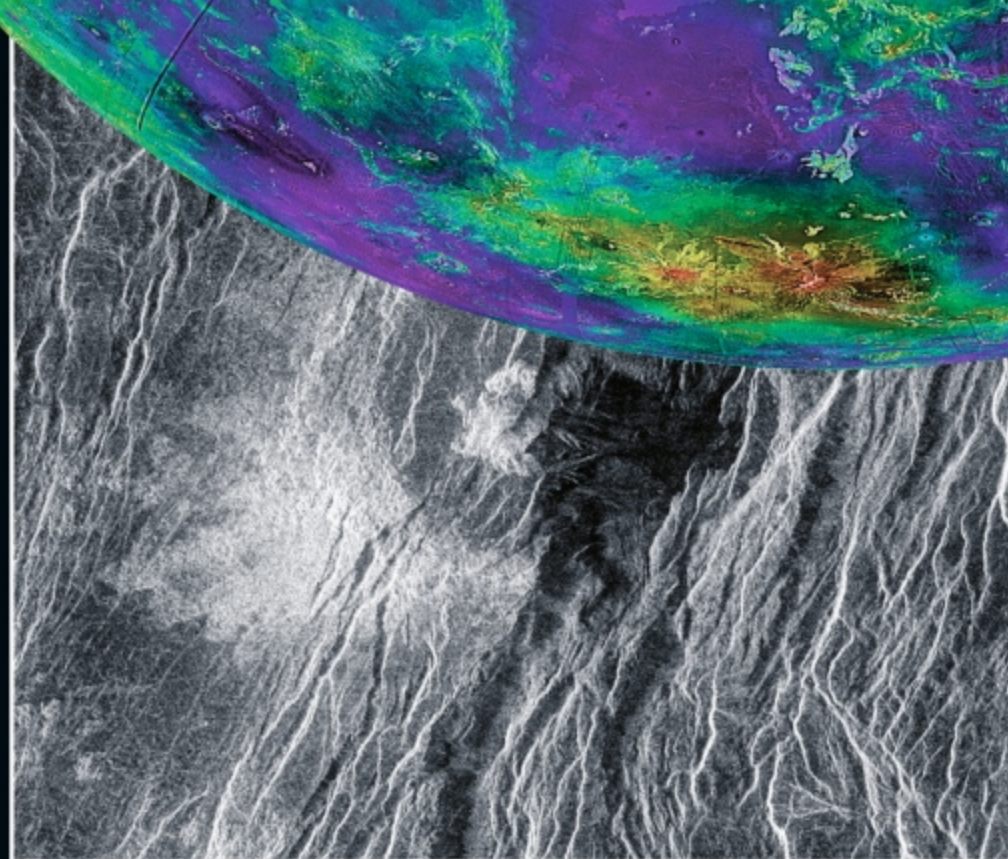
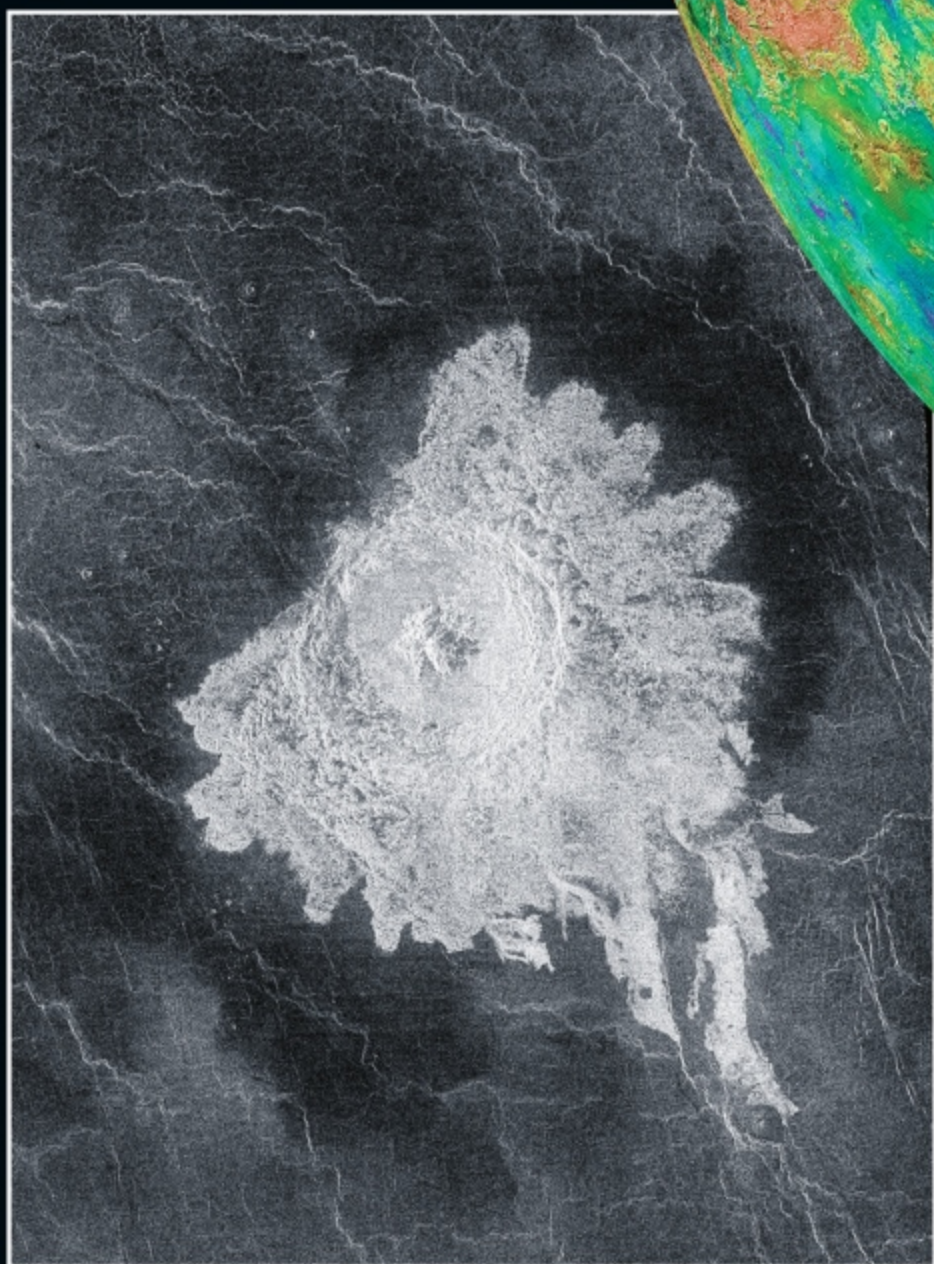
JPL/NASA



1989

## Des milliers de volcans sur Vénus

*"Il y a des volcans partout, la surface de la planète a été totalement remodelée par des flots de lave!", s'exclamait à l'époque Steve Saunders, l'un des membres de la mission. Vénus, pourtant la plus proche voisine de la Terre, pourtant la première planète visitée par un engin spatial, en 1962, a tardé à se dévoiler. Il faut attendre 1989 pour que la sonde américaine *Magellan*, armée d'un radar, perce son épaisse couche de nuages et révèle sa surface: une succession de chaînes montagneuses séparées par d'immenses canyons. Partout, des failles, des fractures, des coulées de lave témoignent d'une activité géologique intense.*



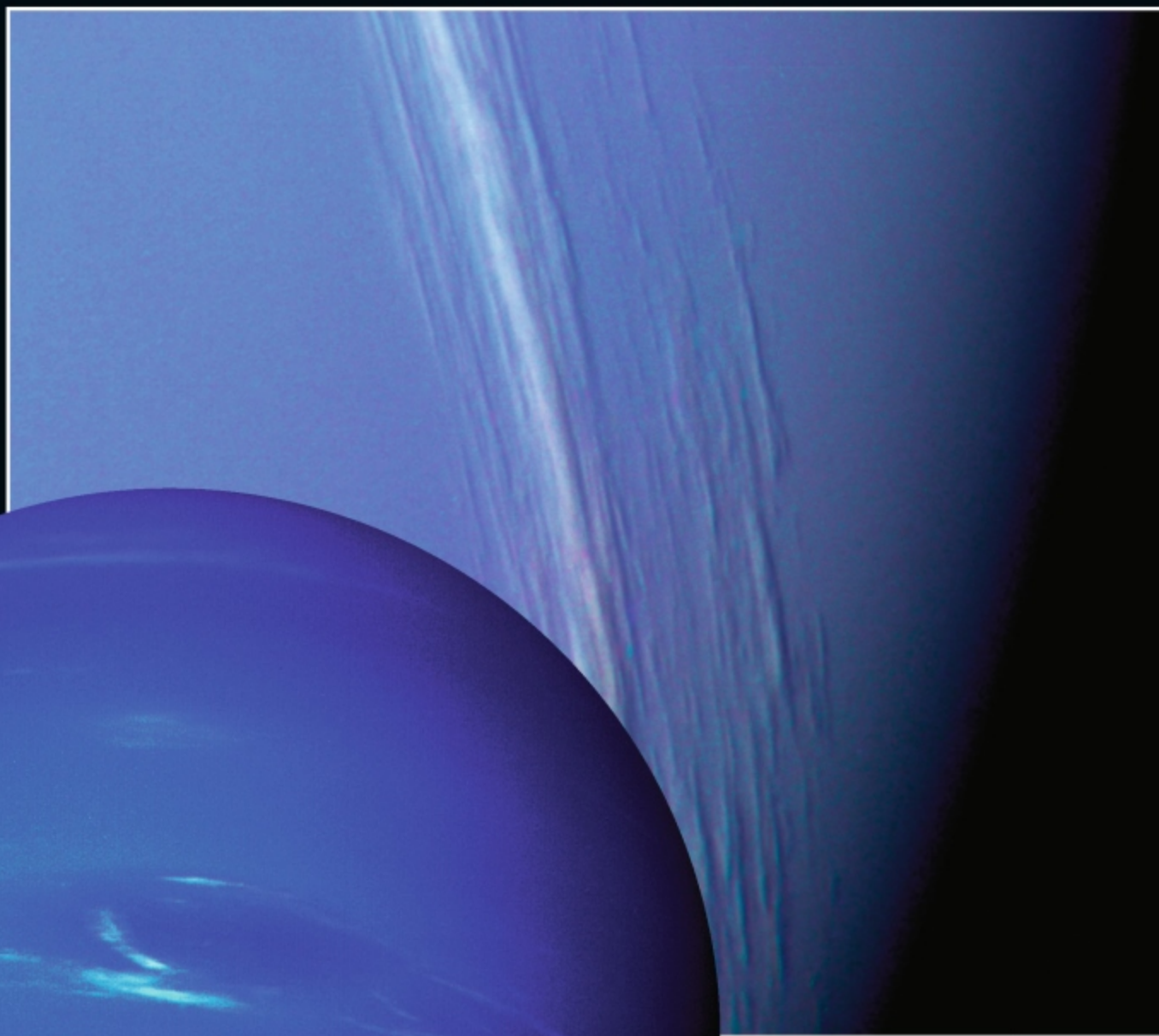




# 1989

## *Neptune se révèle toute bleue et tourmentée*

*“Bleue comme la Terre!”, se sont exclamés les membres de l’équipe Voyager en dépouillant les images. Le 29 août 1989, douze ans et quelque 7 milliards de kilomètres après son lancement, Voyager 2 atteint la dernière des géantes et dévoile une atmosphère colorée par le méthane et incroyablement tourmentée. Neptune est couverte de nuages et ses vents soufflent jusqu’à 2000 km/h. “Compte tenu de sa distance par rapport au Soleil, on s’attendait à une planète peu active, se rappelle Suzanne Dodd, l’une des membres de la mission. Et on a découvert une dynamique atmosphérique incroyable!”*



A voir : toutes les photos ramenées par les missions d'exploration.  
A lire : le journal de bord d'Alan Stern, responsable de *New Horizons*.




**EN  
SAVOIR  
PLUS**

[science-et-vie.com](http://science-et-vie.com)



✓ **UNE HÉRÉDITÉ PAS SEULEMENT GÉNÉTIQUE**  
Nos gènes... mais aussi tout un microbiote, des cellules souches et des biomolécules qui portent les traces de notre vécu : voilà ce que nous léguons à notre descendance.



De l'ADN

Des cellules souches

Des bactéries

Des ARN, des enzymes...



**Cellules souches,  
microbiote,  
enzymes...**

# Nous transmettons bien plus que de **l'ADN**

Il n'y a pas que les gènes : le fœtus hérite aussi de microbes, d'enzymes, de cellules souches... essentiellement issus de la mère ! Pour **Elsa Abdoun**, voilà de quoi redéfinir notre conception de l'hérédité.

**L**a recette semblait si simple : "Prenez, au hasard, un exemplaire de chacune de vos 23 paires de chromosomes ; faites la même chose avec une personne du sexe opposé ; fusionnez le tout et attendez."

Sur le papier, faire un bébé est moins complexe que préparer un quatre-quarts. Du moins si l'on en croit les "lois de l'hérédité" révélées au XIX<sup>e</sup> siècle

par Gregor Mendel et ses célèbres croisements de pois de différentes formes et couleurs. Ces expériences suggéraient en effet que tous nos caractères résultent d'une simple addition des gènes de nos parents. Une idée qui s'est imposée tout au long du XX<sup>e</sup> siècle, et a participé à forger une certaine idée du lien familial.

Sauf qu'aujourd'hui, nous savons que nous ne léguons pas que de l'ADN à nos enfants : nous saupoudrons aussi leur organisme de nombreux constituants du nôtre, qui modifient leurs caractères...

Ces dix dernières années, les biologistes ont d'abord découvert l'importance cruciale, dans la transmission héréditaire, de biomolécules aux propriétés

dites "épigénétiques", qui modulent l'expression des gènes dans chacune de nos cellules (lire l'encadré p. 84).

Notre microbiote, cette communauté de bactéries vivant en symbiose avec nous, principalement dans nos intestins, et exerçant une influence considérable sur nombre de nos caractères, apparaît quant à lui activement transmis de la mère à l'enfant durant l'accouchement et l'allaitement, voire dès la grossesse (lire p. 83).

## DES EFFETS PROTECTEURS

Enfin, une dernière voie émerge depuis peu, avec la découverte que les cellules souches de la mère colonisent durablement l'organisme de sa descendance (lire p. 85).

A quoi bon marquer le corps de nos enfants de toutes ces empreintes ?

Les raisons sont multiples. La transmission de molécules épigénétiques pourrait représenter un moyen de préparer sa progéniture à son futur environnement. Ces trois dernières

## Contexte

L'étude de l'hérédité est, depuis près d'un siècle, dominée par la génétique mendélienne. Cette discipline se concentre sur les caractères transmis à notre descendance *via* nos 23 paires de chromosomes et les dizaines de milliers de gènes qu'ils portent. Jusqu'à récemment, l'ADN était le seul matériau biologique héritable jugé d'intérêt.





Le microbiote maternel (ici, des lactobacilles) est essentiel au bon développement du nouveau-né.

→ années, des études ont ainsi démontré que la progéniture de souris cocaïnomanes est plus résistante aux effets addictifs de la cocaïne, ou que celle de souris soumises à des fibroses du foie développe des cellules hépatiques plus résistantes à cette maladie; elles ont aussi

## La construction biologique de l'enfant se poursuit bien après la fécondation

montré que la descendance de souris ayant appris à avoir peur d'une odeur acquiert cette méfiance de façon innée.

La transmission du microbiote maternel servirait, en colonisant très tôt les intestins de l'enfant, à protéger ce dernier

des infections par d'autres microbes, néfastes ceux-là.

Le rôle des cellules souches n'a, quant à lui, pas encore été identifié. Pour l'instant, la présence de ces cellules n'a été corrélée qu'à un risque plus élevé de maladies auto-immunes. Ce qui ne veut pas dire qu'elles en sont forcément responsables: elles pourraient, au contraire, participer à la réparation des organes abîmés par ces pathologies.

Certains chercheurs font également l'hypothèse que ces cellules souches auraient un rôle "éducatif", en aidant au développement des corps encore immatures du fœtus et du nouveau-né, ou qu'elles protégeraient la descendance des infections, en augmentant la diversité génétique des

organismes, et donc leur capacité à se défendre.

Ces matériaux biologiques sont donc chacun transmis pour des raisons différentes. Mais tous, à l'arrivée, influencent les caractères physiologiques, voire physiques et même psychologiques, de nos enfants. A côté des gènes, qui déterminent en grande partie nos caractères, il est donc une part non négligeable de notre legs à la génération suivante qui obéit à des règles, et suit des chemins très différents de ceux de la génétique. Ce qui bouleverse la notion d'hérédité.

### UN LEGS D'ABORD MATERNEL !

Première nouveauté majeure: la découverte du rôle prépondérant de la mère, qui est la seule à transmettre bactéries et



## Bactéries: la mère transmet les siennes durant la grossesse, l'accouchement et l'allaitement

Des dizaines, des centaines de milliards... la mère transmet une quantité considérable de bactéries à son enfant. Ce microbiote, qui varie selon les individus et influence nombre de nos caractères, physiques et psychologiques, joue un rôle indispensable au bon fonctionnement de notre organisme (métabolisme, immunité...).

Or, ces dernières années, les chercheurs se sont aperçus que, loin d'être une contamination involontaire, cette transmission était programmée, et surtout essentielle au bon développement du nouveau-né.

Ainsi, lors d'un accouchement par voies naturelles, le bébé est exposé à deux microbiotes maternels (vaginal et intestinal), qui vont rapidement coloniser ses propres intestins. Et il semble que le corps de la mère développe des mécanismes particuliers pour optimiser la transmission de ce microbiote à sa descendance.

Une étude publiée en 2012 a ainsi montré que le microbiote vaginal s'enrichit en lactobacilles (des bactéries bénéfiques pour l'organisme) à la fin de la grossesse. Et d'autres études révèlent qu'en cas de césarienne, alors que le microbiote du nouveau-né

doit se construire à partir de bactéries trouvées dans son environnement, il existe un plus grand risque que l'enfant développe certaines maladies (obésité, asthme, diabète...).

### Une période cruciale

Le lait maternel contient lui aussi une grande diversité de bactéries. Lesquelles ne seraient pas là par hasard : au moment de la lactation, des cellules immunitaires traverseraient la barrière intestinale pour y récupérer des bactéries et les transporter jusqu'aux glandes mammaires !

Enfin, alors que les médecins ont longtemps cru que le liquide amniotique

était stérile, de récentes études indiquent que des bactéries pourraient, par le même mécanisme de transport immunitaire, être transférées au fœtus *via* le placenta.

Certes, la mère n'est pas la seule à façonner le microbiote de son enfant. Avec le temps, ce dernier va s'enrichir en puisant dans son environnement. Cependant, *"celui qui arrive le plus tôt, alors que les organes et le système immunitaire sont encore en plein développement, semble le plus important"*, affirme Jörn-Hendrik Weitkamp, chercheur en pédiatrie à l'université Vanderbilt (Etats-Unis).

## Il l'a dit

*"Chaque œuf contient donc, dans les chromosomes reçus de ses parents, tout son propre avenir, les étapes de son développement, la forme et les propriétés de l'être qui en émergera", écrivait le biologiste François Jacob dans **La Logique du vivant** en 1970, alors que la génétique était reine.*

cellules souches. Une conception *"qui renverse l'une des idées fondamentales de la génétique mendélienne : la symétrie entre les contributions du père et de la mère"*, rappelle Staffan Müller-Wille, professeur d'histoire et de philosophie des sciences à l'université d'Exeter (Angleterre). Même si une étude très récente menée sur la souris suggère que, chez l'enfant, les gènes du père pourraient avoir une plus grande importance que ceux de la mère (lire l'encadré p. 86).

Ces nouvelles transmissions révèlent également que les parents contribuent à la construction de leur enfant bien au-delà du très symbolique moment de la fécondation. Car les cellules sexuelles, spermatozoïdes et ovules, emmagasinent de

l'information épigénétique tout au long de leur vie. Ainsi, nous commençons à empiler les briques qui façonneront nos futurs enfants avant même la puberté, quand le sexe opposé présente moins d'intérêt qu'un BN ou qu'une corde à sauter, et même encore plus tôt... lorsque nous ne sommes encore qu'un fœtus !

Et la construction, brique par brique, de l'enfant continue, pour la mère, après la fécondation, puisqu'elle transmet ses microbes et ses cellules souches durant la grossesse, l'accouchement et l'allaitement. Foteini Hassiotou, biologiste à l'université d'Australie-Occidentale et spécialiste du sujet, n'en revient toujours pas : *"N'est-ce pas incroyable que l'on puisse*

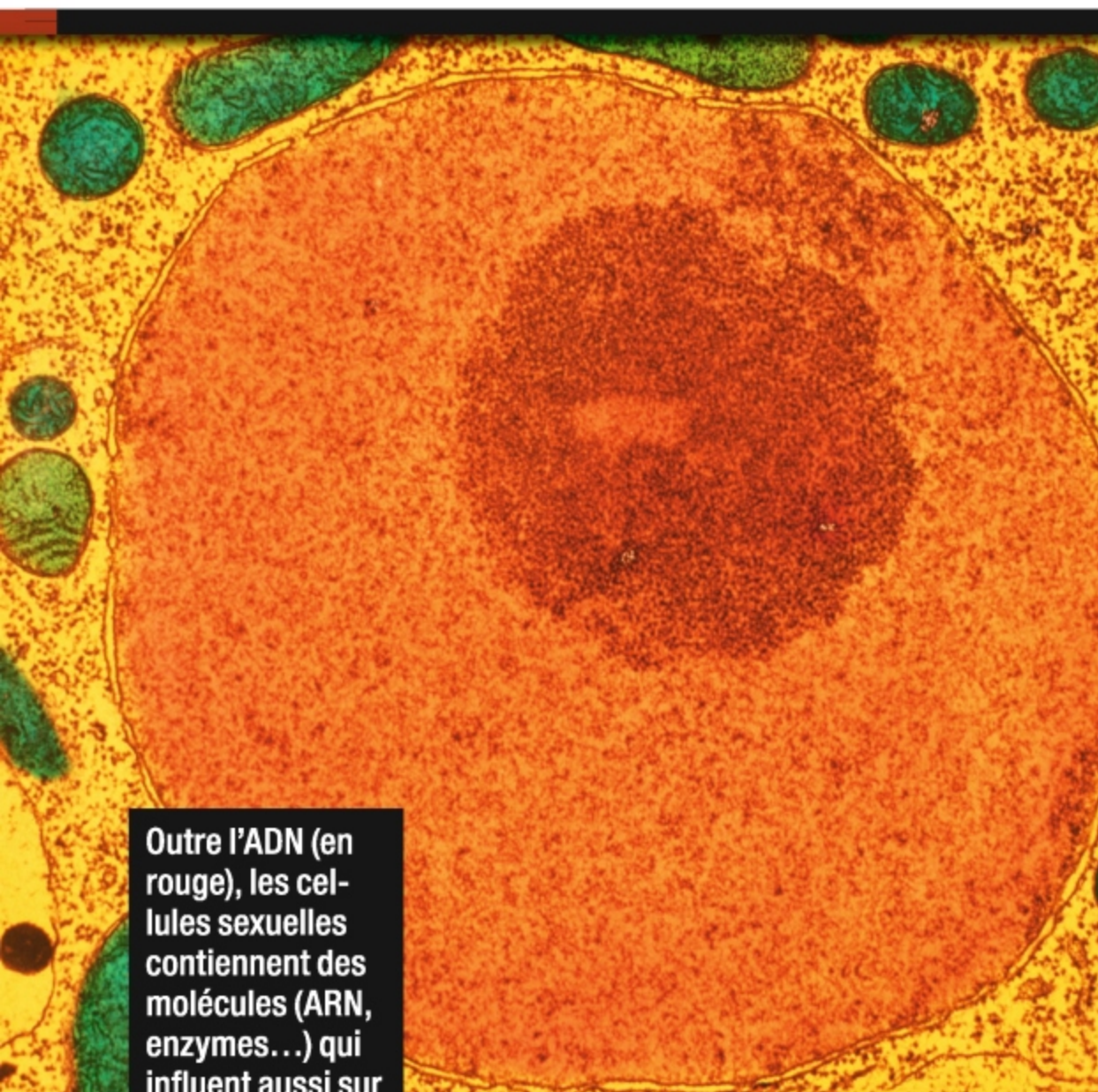


STAFFAN MÜLLER-WILLE

Historien et philosophe des sciences à l'université d'Exeter

*Ces nouvelles transmissions renforcent l'hérédité biologique, mais aussi culturelle*





Outre l'ADN (en rouge), les cellules sexuelles contiennent des molécules (ARN, enzymes...) qui influent aussi sur la descendance.

## ARN, enzymes: les deux lèguent les leurs à la

Des protéines aux ARN, les cellules sexuelles contiennent, en plus de l'ADN, des centaines de molécules différentes. Leur concentration, leur forme et leur répartition cellulaire varient en fonction de l'environnement et influencent l'expression de nos gènes. C'est ainsi que notre vécu agit durablement sur nos caractères.

Les chercheurs savaient déjà que ces molécules étaient transmises à l'enfant, mais ils pensaient que leurs caractéristiques spécifiques, issues du vécu

de chaque parent, s'effaçaient après la fécondation, et n'avaient donc aucune influence sur la génération suivante.

De nombreuses études sur la souris suggèrent cependant, depuis vingt ans, que les expériences des parents peuvent bel et bien influencer le développement biologique des enfants. Ce qui signifie que les informations portées par ces molécules ne sont pas totalement effacées lors de la fécondation.

Par exemple, des souris mâles ayant subi un stress durant l'enfance

→ *transférer de l'information biologique à son enfant même après sa naissance?*

Enfin, la transmission de ces nouveaux matériaux héréditaires a une particularité fondamentale: contrairement à celle de l'ADN, cette hérédité dépend de nous, de notre vécu, de nos choix.

Ainsi, les molécules épigénétiques modulent l'expression de nos gènes, et donc de

ceux de nos enfants, en fonction de l'environnement dans lequel nous avons nous-mêmes évolué. Cet environnement, de même que notre alimentation, influence également notre microbiote... donc celui de nos enfants. Résultat: certains de leurs caractères dépendent de notre propre vécu.

Par exemple, dans le cas du microbiote, une étude suggère que le lait des femmes obèses

ou en surpoids serait, par sa composition bactérienne spécifique, plus protecteur contre l'obésité que celui des femmes minces. Cette transmission aurait donc un effet sur la descendance à l'opposé de ce que suppose l'hérédité génétique, qui veut qu'une femme porteuse de gènes de prédisposition à l'obésité ait tendance à les transmettre à ses enfants, et à favoriser chez eux le développement de la même maladie.

A l'inverse, les femmes atteintes de diabète durant leur grossesse transmettraient un microbiote altéré qui pourrait favoriser l'apparition de cette maladie chez leurs enfants: dans ce cas, la transmission liée à d'éventuels gènes de prédisposition serait renforcée.

Les cellules souches, enfin, sont plus ou moins transmises selon que la mère choisit



“

ANDRÁS PÁLDI  
Chercheur au  
Généthon d'Evry

*La génétique de Mendel ne suffit pas à expliquer les maladies héréditaires complexes*

BIOPHOTO ASSOCIATES/BSIP - A. PÁLDI - S. FRASER/SPL/CORBIS



## parents cellule-œuf

transmettent des troubles comportementaux et métaboliques à leur descendance. Et ce *via* des molécules appelées micro-ARN, présentes dans leurs spermatozoïdes. Quand ces micro-ARN sont injectés dans les spermatozoïdes de mâles non stressés, leur descendance développe les mêmes perturbations.

Quelques études suggèrent l'existence d'un tel mode de transmission au sein de notre espèce : ainsi, les enfants d'hommes ayant consommé régulièrement du tabac auraient plus de risques de développer des troubles métaboliques.

d'allaiter ou non – même si les conséquences sur les caractères développés par l'enfant n'ont, ici, pas encore été identifiées.

Cette spécificité amène Staffan Müller-Wille à conclure que *“ces modes de transmission renforcent non seulement l'hérédité biologique, mais aussi l'hérédité culturelle”*.

### UN RETOUR À L'AVANT-MENDEL

Procréer ne signifie donc plus simplement passer le relais entre maillons insignifiants d'une lignée génétique millénaire. Nous pouvons influencer sur ce que nous léguons aux générations futures. Ce qui implique des responsabilités nouvelles, en particulier en ce qui concerne la santé de nos enfants. Un point sur lequel *“la génétique classique prêtait comme seule responsabilité le choix du partenaire”*, ➔



Dès la grossesse, les cellules souches maternelles s'intègrent à l'organisme de l'enfant... et s'y détectent toujours à l'âge adulte.

## Cellules souches : ce sont celles de la mère qui profitent au fœtus

Dans le cœur ou dans la tête, nous avons tous un peu de notre mère en nous. Au sens propre du terme. Le corps pourrait contenir jusqu'à des centaines de milliers de cellules directement issues du corps de la femme qui lui a donné naissance, et dotées de son génome.

L'importance de cette transmission a été démontrée en 1999, quand des cellules maternelles ont été retrouvées dans le sang de nombreux adultes en bonne santé. Avant d'être détectées dans le cœur et les muscles d'enfants, puis, en 2008, dans le thymus, les poumons, le pancréas, le foie, la thyroïde et la peau de fœtus humains.

Les chercheurs savent aujourd'hui que, durant la grossesse, plusieurs types cellulaires passent dans le liquide amniotique *via* le placenta : des cellules immunitaires, qui ne coloniseront pas durablement le corps de l'enfant, mais aussi des cellules souches, capables de se transformer en tous les tissus de l'organisme, et donc de s'intégrer durablement dans ceux du fœtus.

Ce phénomène n'a pas été retrouvé chez toutes les personnes étudiées, mais *“les techniques de détection sont limitées ; toutes les grossesses pourraient être concernées”*, estime Petra Arck, chercheuse en obstétrique et gynécologie

à l'université de Hambourg. Les taux de cellules retrouvées sont très variables selon les tissus et les individus, mais ont déjà atteint près de 1 % des cellules d'un pancréas !

En 2007, des chercheurs ont également démontré la présence de cellules souches dans le lait maternel. Ce sont *“jusqu'à 30 % des milliards de cellules du lait maternel ingérées par le nourrisson chaque jour”*, affirme Foteini Hassiotou, à l'université d'Australie-Occidentale. L'an dernier, cette biologiste a confirmé, chez la souris, que les cellules souches pouvaient traverser les intestins du nouveau-né et coloniser durablement ses organes.



→ rappelle Moshe Szyf, spécialiste d'épigénétique à l'université McGill (Montréal).

Contribution supérieure de la mère à la constitution biologique de l'enfant, transmission de caractères acquis... L'hérédité telle que la révèlent ces nouvelles transmissions biologiques diffère beaucoup de celle qu'implique la seule génétique mendélienne.

## L'ADN du père plus important que celui de la mère ?

**Petite consolation pour les pères : leurs gènes pourraient avoir plus d'influence sur nos caractères que ceux légués par les mères ! C'est en tout cas ce que suggère une étude américaine menée sur des souris, publiée en mars dernier. Ses auteurs ont découvert que, dans le cerveau, le foie, les reins et les poumons des rongeurs, les copies paternelles des gènes étaient en moyenne 1,5 fois plus actives que celles provenant de la mère. Ce déséquilibre, dont l'éventuelle fonction biologique n'est pas connue, a été retrouvé chez toutes les lignées de souris testées. Raison pour laquelle Fernando Pardo-Manuel de Villena, qui a dirigé les travaux, pense que ce processus est valable chez tous les mammifères. Donc chez l'humain.**

Mais en réalité, *"c'est un retour à de très vieilles idées"*, affirme Staffan Müller-Wille. Ainsi, *"jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les gynécologues, mais aussi les éleveurs, avaient bien conscience que les deux sexes contribuaient différemment aux caractères développés par leur descendance"*, poursuit-il. Surtout, à l'époque, l'idée que nos propres expériences façonnaient notre progéniture était acceptée par de nombreux scientifiques, parmi lesquels, notamment, un certain Charles Darwin...

L'avènement de la génétique mendélienne, au début du XX<sup>e</sup> siècle, a cependant balayé

ces idées. *"Elle s'est imposée car on souhaitait alors un modèle simple de l'hérédité"*, analyse Russell Bonduriansky, spécialiste de l'évolution à l'université de Nouvelle-Galles du Sud (Australie). *"Les généticiens ont toujours su qu'il y avait d'autres facteurs que l'ADN, mais ils ont préféré simplifier"*, confirme Staffan Müller-Wille. Résultat : *"S'est*

*propagée l'idée selon laquelle le développement embryonnaire était un processus autonome commandé par le programme génétique, les parents jouant uniquement le rôle de coquille"*, raconte Russell Bonduriansky.

Mais cette approximation a fait son temps. *"On a appris énormément de choses avec la génétique, mais on a atteint un plafond"*, juge Andràs Pàldi, chercheur au laboratoire Généthon d'Evry. *Les groupes sanguins ou la couleur des yeux peuvent être décrits sans difficulté par la génétique mendélienne, mais ce n'est pas le cas pour la majorité des mala-*

*dies héréditaires complexes. D'ailleurs, la plupart des chercheurs travaillant sur les maladies psychiatriques étudient aujourd'hui l'épigénétique."*

### UN MODÈLE PLUS COMPLEXE

Aujourd'hui, un nouveau modèle d'hérédité, plurielle, semble donc émerger, fondé sur des transmissions culturelle, comportementale, génétique... mais aussi cellulaire, microbiologique et épigénétique. Certes, *"le génotype a toujours bien plus d'influence sur les caractères d'un individu que les expériences de ses parents"*, rappelle Oliver Rando, spécialiste d'épigénétique à l'université du Massachusetts (Etats-Unis). Mais le fait est que les gènes agissent rarement seuls. *"Les lois de Newton étaient très efficaces pour expliquer le monde qui nous entoure, mais elles ont quand même fini par être considérées comme un cas particulier de la théorie de la relativité d'Einstein. La génétique mendélienne devra, de la même façon, s'intégrer dans une théorie plus large de l'hérédité"*, prédit Andràs Pàldi.

Les scientifiques décideront de la meilleure manière de s'approprier ces nouvelles données. Quant aux parents, ils connaissent maintenant le secret de cette recette millénaire qu'ils suivent sans même y penser : pour réaliser cet extraordinairement complexe mille-feuille qu'est l'organisme humain, il faut ajouter un savant mélange de tous les meilleurs ingrédients.

A consulter : les références des principales publications citées dans l'article.

**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com

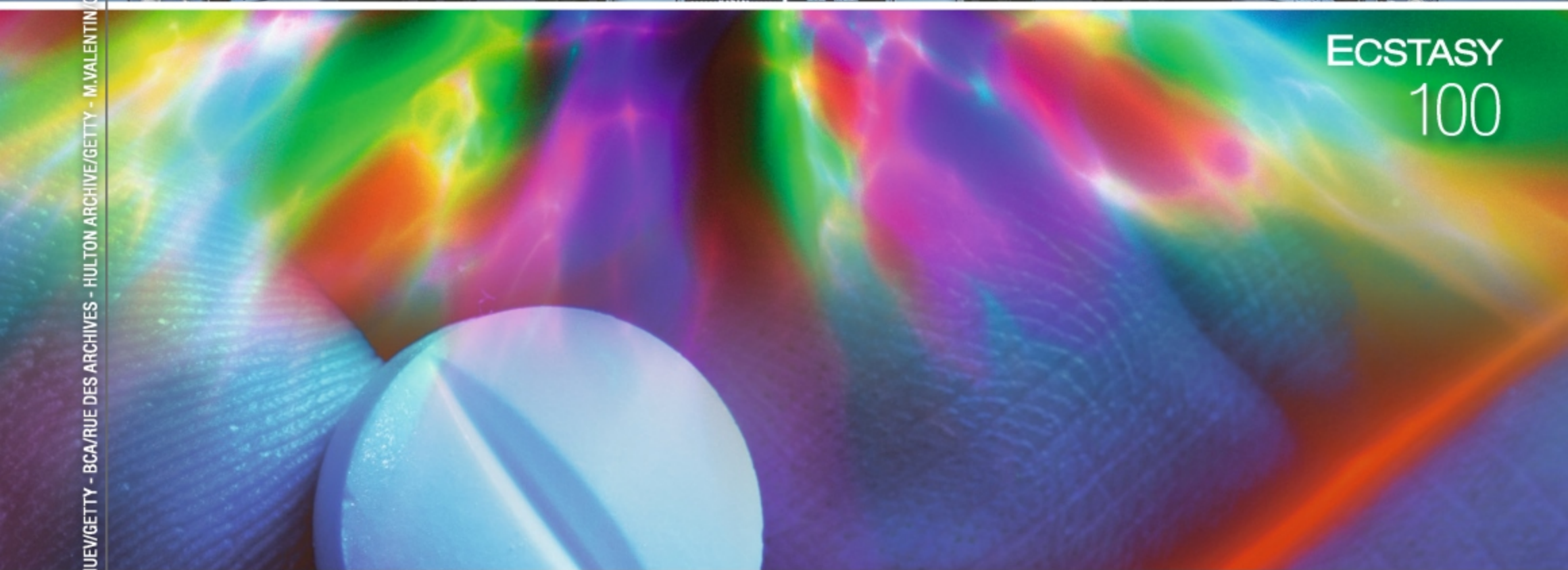


# & Science techniques

PILOTAGE  
88



ECSTASY  
100



CLONE VOCAL  
104







Faut-il encore  
un **pilote**  
dans **l'avion** ?





Le dramatique accident de l'Airbus A320 de la compagnie Germanwings au mois de mars a remis à l'ordre du jour la question de l'automatisation totale du pilotage des avions civils. La fin annoncée des équipages humains ? Pas si simple... **Vincent Nouyrigat** nous explique pourquoi.

### Le contexte

Signe d'une mondialisation galopante, le trafic aérien progresse chaque année de 5 % : le nombre de vols devrait doubler d'ici à 2030 ! Cette envolée exige de former dans la décennie à venir plus de 500 000 pilotes – surtout en Asie. Un défi considérable qui fait craindre un manque de compétences et un surcroît d'accidents. A moins de se passer de pilote...



# ACCIDENTS: DES ERREURS HUMAINES, OUI...



**Vol Barcelone-Düsseldorf, Germanwings**  
24 mars 2015

L'A320 a atteint son altitude de croisière: le commandant sort du cockpit, confiant les commandes au copilote, Andreas Lubitz... qui commande à l'ordinateur de vol la descente de l'appareil (900 m/min). L'opération suicide s'achève à 700 km/h contre un massif des Alpes. 150 morts.

**Vol Taipei-Kinmen, TransAsia Airways**  
4 février 2015

Pendant le décollage, à environ 400 m d'altitude, une alarme dans le cockpit signale l'extinction du moteur droit de cet ATR 72. Dans un lapsus fatal, l'équipage bloque alors l'injection de carburant du moteur... gauche. Les tentatives de redémarrage échouent. Sans poussée, l'appareil retombe dans un fleuve après avoir heurté un viaduc. 43 morts, 15 survivants.



**Vol Kuala Lumpur-Pékin, Malaysia Airlines**  
8 mars 2014

En vol, le transpondeur et les systèmes de communication du Boeing 777 sont volontairement désactivés. L'avion finit sa course dans l'océan. Détournement, coup de folie, malaise? 229 disparus.



**Vol Rio-Paris, Air France**  
1<sup>er</sup> juin 2009

En traversant une zone orageuse, du givre se forme autour des capteurs de vitesse de l'A330. Les pilotes ne comprennent plus la situation et perdent toute coordination. Ils cabrent l'appareil sans savoir qu'ils le font décrocher: l'alarme retentit 74 fois mais n'est pas prise en compte. L'avion s'abîme dans l'Atlantique. 228 morts.



## ... MAIS LES PILOTES ÉVITENT AUSSI LE PIRE



### **Vol Bilbao-Munich, Lufthansa**

5 novembre 2014

Arrivé à son altitude de croisière, l'Airbus A321 entame un inexplicable piqué: l'ordinateur de bord a mal interprété les données de capteurs pris par le givre. Le commandant (16000 h de vol) s'évertue à relever le nez de l'appareil en débranchant certains automatismes. Et parvient à rectifier la trajectoire au bout de 30 min.

### **Vol Antananarivo-Paris, Air France, 27 février 2012**

L'Airbus A330 traverse une cellule orageuse. Il essuie des turbulences si violentes que le pilote automatique se désengage – il n'est pas conçu pour traiter de telles valeurs d'incidence et de roulis. Pendant une quarantaine de secondes, le commandant bataille pour conserver l'attitude et la poussée de l'avion qui commençait à piquer...



### **Vol Singapour-Sydney, Qantas, 4 novembre 2010**

Un des moteurs de cet A380 explose 4 min après le décollage, endommageant une partie de l'aile, le réseau d'injection en kérosène, des commandes de vol et le système de contrôle d'un autre réacteur. 54 messages d'alerte s'allument dans le cockpit! Avec sang-froid, les pilotes analysent pendant 50 min ces pannes une par une, tandis que l'avion tourne au-dessus de l'aéroport. Atterrissage réussi.



### **Vol New York-Charlotte, US Airways**

15 janvier 2009

Les 2 moteurs de l'A320 s'éteignent 1 min 30 après le décollage: ils ont aspiré un groupe d'oies sauvages. Le commandant estime qu'il est impossible de se reposer sur la piste et indique calmement: "Nous allons le faire dans l'Hudson." Chesley Sullenberger réalise un bijou d'amerrissage forcé sans disloquer l'appareil.



E.FOUDROT/REUTERS - PHILIPPINE NAVY/AFP - BRAZILIAN NAVY/AFP - DR - A.DEDERT/EPA/MAXPPP - G.HERSHORN/REUTERS - V.PRAKASH/REUTERS - G.HORCAJUELO/EPA/MAXPPP



**L**es faits semblent désormais avérés : profitant de l'absence du commandant de bord, le copilote du vol 9525 reliant Barcelone à Düsseldorf se barricade dans le cockpit. Désormais seul aux commandes, il précipite alors son Airbus A320, et ses 149 autres occupants, contre une montagne des Alpes-de-Haute-Provence. Un crash volontaire, perpétré par un pilote dépressif...

Ce drame, vécu le 24 mars dernier, aurait pu rester cantonné à la rubrique des faits divers impensables. Le crash de l'A320 de la compagnie Germanwings n'est pourtant pas une anomalie : il s'inscrit dans une longue série d'accidents aériens troublants, entre coups de folie, erreurs manifestes, manœuvres incompréhensibles ou désespérées.

## LE FACTEUR HUMAIN

*"L'analyse des crashes récents montre que l'avion était intègre et navigable avant l'impact, signe d'une perte de contrôle de l'équipage", lance Patrick Magisson, pilote sur A320 et enquêteur accident. Une statistique circule d'ailleurs avec insistance dans les milieux aéronautiques : au cours de la dernière décennie, environ 70 % des accidents ont été liés à une erreur humaine.*

Et si, à l'heure de la révolution des drones (voir *S&V* n° 1160), les pilotes étaient désormais de trop ? Et si ces professionnels au prestige indéniable n'avaient plus leur place dans le cockpit ? Pour plus de sécurité, ne serait-il pas temps de monter à bord d'avions tout automatisés ?

## En vol, les pilotes ne prennent les commandes que pendant 7 minutes

Embarquer à bord de drones... Autrement dit : confier sa vie et celle de ses proches à un logiciel, éventuellement reconfiguré par un technicien situé à l'autre bout de la Terre, comme pour les robots militaires actuels. La perspective fait instinctivement frémir.

Sauf que, à y regarder de plus près, le degré d'automatisme déjà présent dans les avions de ligne est tout simplement stupéfiant (voir ci-contre). Dans une série d'entretiens menés au début de l'année à l'université Duke (Etats-Unis), des pilotes de Boeing et d'Airbus dernier cri déclaraient saisir les commandes tout au plus sept minutes par vol.

C'est que tous ces algorithmes ont permis de sécuriser considérablement l'enveloppe de vol des aéronefs modernes, empêchant les manœuvres trop risquées, assurant plus de stabilité et de précision. Comme l'explique Jean-Michel Roy, pilote d'essai pour Airbus, *"maintenir à*

Depuis dix ans, 70 % des accidents seraient liés à une erreur humaine

*la main une altitude précise pendant plusieurs heures serait exténuant, voire impossible pour un opérateur humain : dans les zones de trafic dense, où la séparation verticale entre avions est réduite à 1 000 pieds (300 mètres),*

### Au décollage...

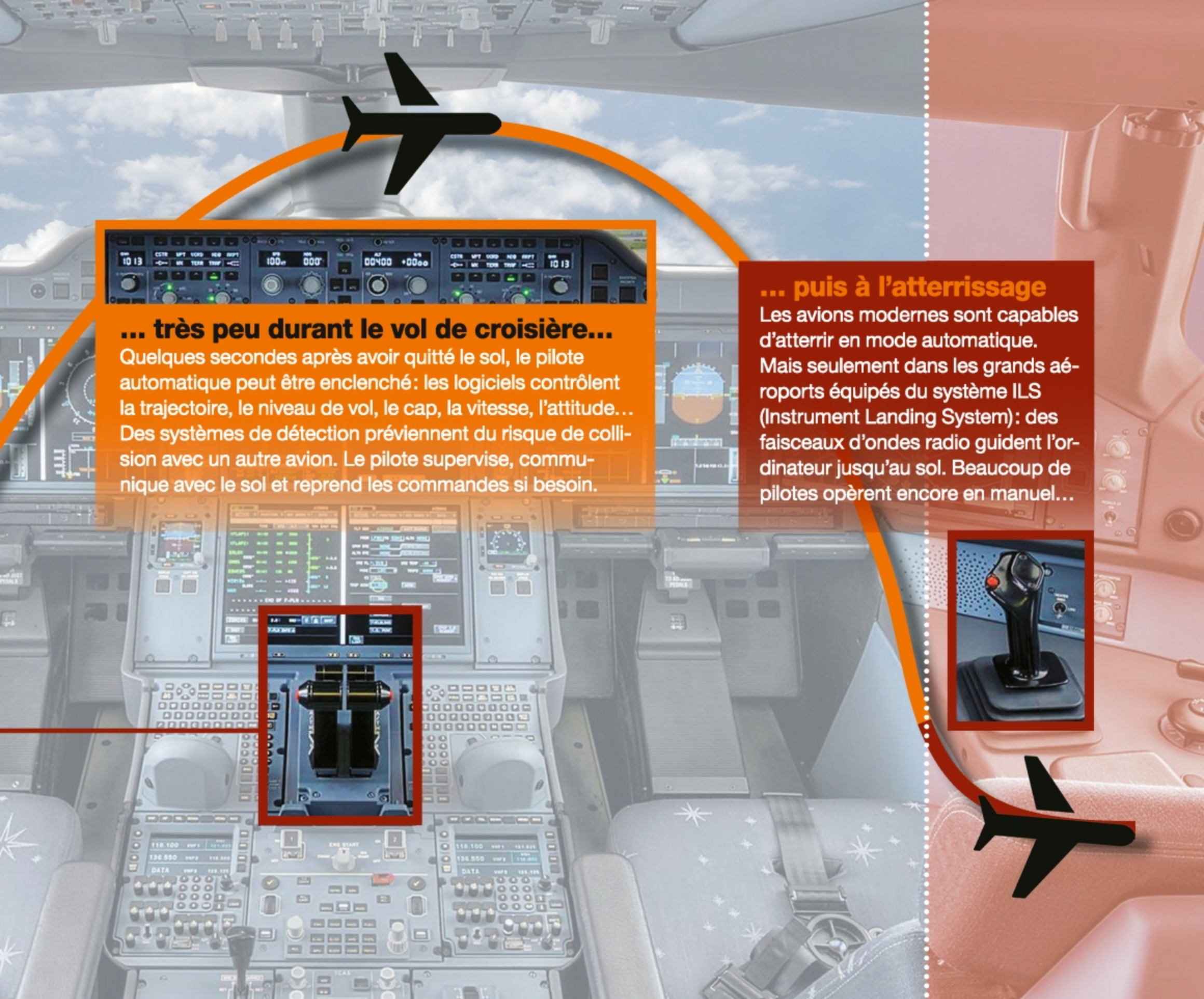
Dans cette phase délicate, les pilotes sont aux commandes : ils gèrent le régime des moteurs, les trajectoires latérale et verticale de l'appareil. L'équipage peut aussi décider d'interrompre la manœuvre.

*le pilote automatique est en fait obligatoire".*

De même, relève Alexander Stimpson, chercheur au Humans and Autonomy Lab (université Duke), *"le pilotage manuel n'est pas autorisé quand l'atterrissage se fait dans des conditions de faible visibilité".*

Décollage et atterrissage automatiques sont devenus le lot quotidien d'innombrables drones civils et militaires, dont certains affichent une envergure proche de celle d'un avion de ligne. Depuis deux ans, l'armée américaine n'hésite d'ailleurs plus à faire apponter ses appareils sans pilote





### ... très peu durant le vol de croisière...

Quelques secondes après avoir quitté le sol, le pilote automatique peut être enclenché: les logiciels contrôlent la trajectoire, le niveau de vol, le cap, la vitesse, l'attitude... Des systèmes de détection préviennent du risque de collision avec un autre avion. Le pilote supervise, communique avec le sol et reprend les commandes si besoin.

### ... puis à l'atterrissage

Les avions modernes sont capables d'atterrir en mode automatique. Mais seulement dans les grands aéroports équipés du système ILS (Instrument Landing System): des faisceaux d'ondes radio guident l'ordinateur jusqu'au sol. Beaucoup de pilotes opèrent encore en manuel...



sur porte-avions. “Cette manœuvre est considérée comme l’une des tâches les plus difficiles à accomplir pour un être humain, alors que pour un ordinateur doté de capteurs performants, ce n’est pas grand-chose!”, soutient David Hyunchul Shim, roboticien en ingénierie spatiale à l’Institut coréen des sciences.

### VERS UNE MAÎTRISE TOTALE

“Le fait est que les hommes ne peuvent gérer des événements qui se déroulent en moins de 100 millisecondes, précise le roboticien, alors qu’un algorithme est capable de prélever

et de corriger des échantillons à haute fréquence. Un capteur sait également sentir les variations d’attitude d’un avion de quelques fractions de degré, performance hors de portée d’un pilote. Les pilotes humains sont en réalité très mauvais pour résoudre les équations différentielles nécessaires au calcul du point d’atterrissage en fonction de la vitesse, de l’altitude, du poids de l’appareil, des conditions de vent...”

Stephen Rice, professeur en aéronautique à l’Institut de technologie de Floride, enfonce le clou: “Les ordinateurs

sont bien plus rapides dans le traitement de l’information et sont susceptibles d’accomplir des centaines de tâches en parallèle, au lieu de deux ou trois pour un humain. Surtout, les logiciels ne connaissent pas de problèmes de vigilance, de mémoire ou de fatigue, et ne sont sujets ni à la panique ni au stress” – ils ne violent pas non plus les règles... et ne se suicident pas.

Pourtant, rien ne change: les pilotes sont toujours aux commandes. Connues pour leur conservatisme à toute épreuve, les autorités aéronautiques ignoreraient-elles





→ l'écart flagrant entre l'homme et la machine ?

En tout cas, dans les laboratoires, certains chercheurs travaillent dans le sens d'une automatisation complète des vols.

Lors d'une grande conférence de robotique qui s'est tenue à Chicago en septembre dernier, David Hyunchul Shim présentait le premier pilote robotisé Pibot : équipé de bras mécaniques et d'un système d'analyse d'images, ce robot encore un peu gauche multiplie les vols en simulateur. *"Il pourrait faire voler n'importe quel avion de façon autonome, sans aucune modification du cockpit"*, se félicite le roboticien à propos de cette curiosité de laboratoire.

Plus sérieusement, depuis les attentats du 11 septembre 2001, le constructeur Boeing planche sur un "système de pilote automatique non interruptible". En cas de prise de contrôle de l'avion par des terroristes ou un pilote malveillant, un logiciel – activé à bord ou à distance –

△ Pibot, le premier pilote robotisé, est testé en Corée : équipé de bras mécaniques et d'un système d'analyse d'images, il s'adapte à tous les cockpits.

prendrait les commandes pour conduire de façon autonome l'avion jusqu'à l'aéroport le plus proche. Une hypothèse revenue sur le devant de la scène après le crash de la Germanwings. *"Nous avons obtenu un brevet en 2006 pour ce concept"*, reconnaît un porte-parole de Boeing.

Autre programme qui remet en question les équipages humains : la Nasa et le géant américain de l'avionique Rockwell Collins envisagent des vols cargo avec un seul pilote dans le cockpit, au lieu de deux actuellement – avant les pro-

## Le trafic aérien mondial exige plus de garanties de sécurité qu'un vol de drone

grès de l'informatique et des communications, les équipages pouvaient compter jusqu'à cinq hommes. Avec l'intention ici de supprimer un lourd salaire et d'anticiper les pénuries de pilotes à venir.

Un seul pilote ? Voilà qui ressemble étrangement à la toute dernière étape avant l'automatisation totale. Car un véritable copilote électronique devra pouvoir assister cet homme seul dans les phases de vol les plus intenses et délicates – mauvais temps, trafic intense, panne, atterrissage, etc. Et si l'unique pilote à bord fait un malaise ou entreprend des manœuvres inappropriées ? *"Nous étudions la possibilité de reprendre le contrôle à distance de l'appareil... ou alors l'automatisme à bord pourrait prendre le relais"*, imagine Mickael Matessa, chercheur en cognition chez Rockwell Collins. En clair : selon les défenseurs de ce programme encore théorique, l'ordinateur de bord de la prochaine génération d'avions devrait être capable d'une maîtrise totale.

Depuis 2013, l'industriel britannique BAE Systems fait voler un petit avion de transport (un Jetstream de 19 places) de façon autonome au-dessus de la mer d'Irlande – deux pilotes

D. HYUNCHUL SHIN/RAIS - BAE SYSTEMS - NOTHROP GRUMMAN CORPORATION NAVY - DR





## Ces avions qui volent déjà tout seuls...



△ Ce Jetstream autonome de 19 places est aujourd'hui testé par le britannique BAE Systems au-dessus de la mer d'Irlande.

➤ Décollage, atterrissage et même appontage sont entièrement automatisés sur les drones militaires (ici, le X-47B de la Navy).



à bord assurent pour l'instant décollage et atterrissage. Objectif: convaincre les autorités européennes d'ouvrir l'espace aérien civil aux drones actuels. Ce qui demande de concevoir des logiciels offrant les mêmes garanties de sécurité pour les autres avions et la population au sol qu'un vol piloté classiquement; à savoir, éviter les collisions, les zones de mauvais temps, se dérouter sur un aéroport de repli en cas d'avarie, éviter les habitations lors d'une détresse absolue, etc.

Et donc, bientôt des avions de ligne sans pilote? "Ce n'est pas parce que nous travaillons sur un concept ou une technologie que nous l'introduirons dans un avenir proche au sein de nos appareils", rectifie immédiatement un représentant de Boeing.

Le transport aérien mondial nourrit en effet de toutes autres exigences qu'un vol de drone, aussi sophistiqué soit-il. On parle ici d'avions embarquant une centaine de personnes, hommes, femmes et

enfants lancés à 900 km/h à 10 km d'altitude... C'est dire que la moindre innovation à bord, le plus petit automatisme supplémentaire ne doit en aucun cas compromettre le niveau de sécurité atteint par l'aéronautique – en 2014, seulement un accident pour 4,4 millions de vols.

### ET LES SITUATIONS IMPRÉVUES?

*"L'atterrissage entièrement automatique ne présente pas de difficultés techniques, mais assurer que ce système ne connaîtra une défaillance sur ce composant qu'une fois sur un milliard est extrême-*

*ment difficile",* fait remarquer Thomas Schnell, chercheur en ergonomie à l'université de l'Iowa.

Les progrès spectaculaires de l'intelligence artificielle, les nouvelles capacités d'apprentissage des machines, les capteurs à flux optique inspirés des insectes pour mieux faire voler de petits engins autonomes: toutes ces percées technologiques se heurtent implacablement à l'épreuve des analyses de risques. Au vrai, les maigres statistiques existant sur les drones sont assez épouvantables: l'armée américaine aurait recensé de-



**STEPHEN RICE**

Professeur en aéronautique à l'Institut de technologie de Floride

*Les logiciels traitent plus vite les données et peuvent accomplir des centaines de tâches en parallèle*



# LES QUATRE DÉFIS À RELEVER DU TOUT-AUTOMATIQUE...

## RÉSISTER AUX PIRATAGES

Des objets purement informatiques émettant et recevant des données à l'air libre: une véritable aubaine pour les hackers! Le piratage des drones civils n'est déjà plus qu'une formalité et, en 2011, c'est un engin espion américain qui a même été détourné par l'Iran grâce à une faille dans le système GPS. "Ouvrir un accès aux programmes certifiés d'un avion de ligne revient à ouvrir la boîte de Pandore", estime Denis Bonnet, chez Thales. "Apporter la démonstration qu'une prise de contrôle est improbable n'est pas du tout évident", soupire Georges Welterlin à la DGAC.

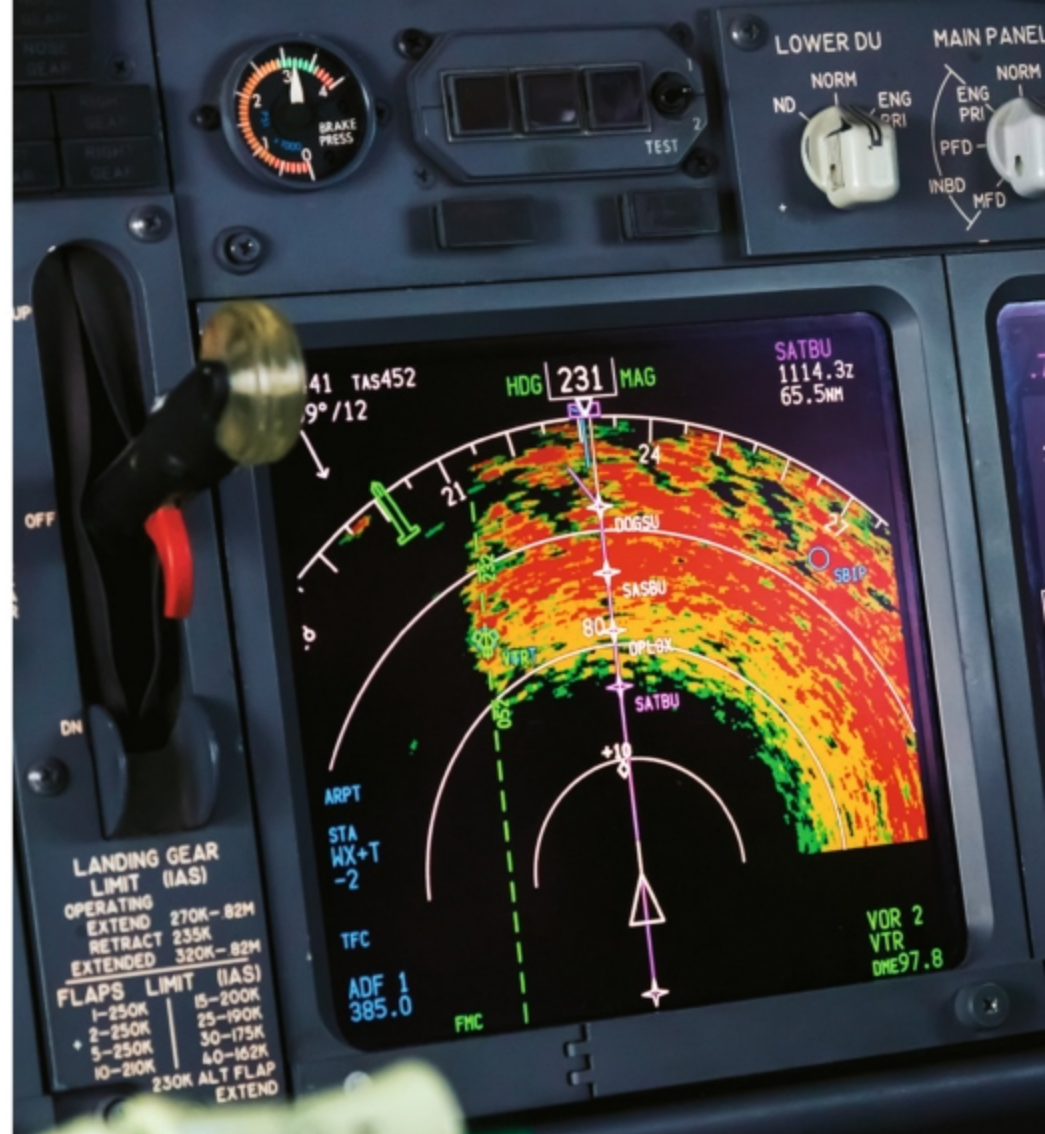
→ puis 2001 plus de 400 crashes de ses drones militaires pour toutes sortes de raisons techniques. Selon différentes évaluations, les appareils sans pilote à bord (et sans passager) connaîtraient un taux d'accident 350 à 5 000 fois plus élevé que l'aviation commerciale!

Or, les quelque 100 000 vols commerciaux qui sillonnent chaque jour la planète ne se déroulent pas toujours dans un ciel limpide. Des orages éclatent, des embouteillages se forment, des capteurs gèlent, des calculateurs défont, des réacteurs calent en vol, les faisceaux d'atterrissage automatique sont parfois déviés, les systèmes anti-

collision émettent des fausses alertes, les communications radio se brouillent, parfois durant des heures... "Les situations critiques où l'informatique ne sait pas comment réagir ne sont pas si rares", souligne Georges Welterlin, responsable de la sécurité à la Direction générale de l'aviation civile (DGAC).

## UNE ABERRATION COGNITIVE

"Le milieu de l'aéronautique parle trop peu des nombreux cas où l'homme rattrape des situations périlleuses, et malheureusement aucune étude statistique n'existe sur le sujet, regrette Frédéric Dehais, neuro-ergonome à l'Institut supérieur de l'aéronautique



## VOIR ET ÉVITER LES OBSTACLES

Les algorithmes doivent repérer et éviter tout type d'obstacle: immeuble, montagne, aéronef, cumulonimbus... "C'est l'un des plus grands défis à relever avant d'intégrer les drones actuels dans l'espace aérien civil, reconnaît le roboticien David Hyunchul Shim. De nombreuses méthodes ont été proposées: détection par laser, radar, signature acoustique. Mais les systèmes les plus prometteurs restent ceux qui imitent la vision humaine." Un domaine encore balbutiant.

et de l'espace (Isae). Songez qu'avant la disparition du Rio-Paris liée au gel des sondes Pitot, plusieurs dizaines d'incidents similaires s'étaient déroulés sans provoquer d'accident: seuls les hommes sont capables de raisonner en univers incertain." Face à des situations imprévues par les concepteurs de l'avion, un pilote en chair et en os n'a pas son pareil pour faire preuve d'initiative, d'adaptation, de créativité... Bref: pour agir hors des procédures prescrites (voir les défis du tout-automatique ci-dessus).

"Le 15 janvier 2009, en amerrissant sur la rivière Hudson après une panne moteur, le



FRÉDÉRIC DEHAIS

Neuro-ergonome à l'Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace

*Seuls les hommes sont capables de raisonner en univers incertain, de s'adapter, d'improviser...*



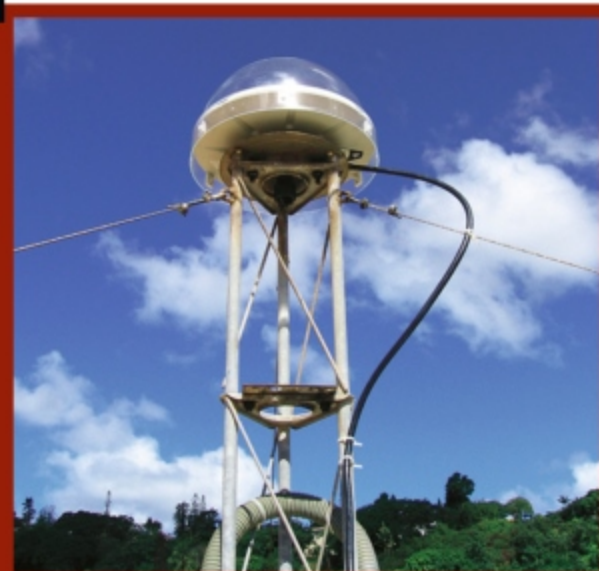


commandant de bord Chesley Sullenberger a littéralement inventé une solution, là où un ordinateur aurait cherché à se poser sur l'aéroport le plus proche et se serait probablement écrasé", remarque Denis Javaux, consultant facteurs humains en aéronautique.

Des projets proposent un transport aérien expurgé des pilotes et de leurs tragiques erreurs ? La belle affaire... "Les ordinateurs de bord cèdent la main aux pilotes quand la situation est dégradée et que les automatismes ne savent plus faire, rétablit Denis Javaux. La situation est d'autant plus délicate que les humains dans les cockpits modernes sont mis en dehors de la boucle de contrôle lorsque les automatismes sont actifs. Ils ont par conséquent une conscience amoindrie de la situation." Le passage brutal d'un rôle monotone de superviseur distant à une situation de crise où il faut agir vite et bien relève de l'aberration cognitive ; les chercheurs parlent "d'effet falaise". "Cela

## COMMUNIQUER EN TEMPS RÉEL

Un vol automatisé dépend d'instructions émises depuis le sol. Or, la couverture des communications est très imparfaite autour du globe (une éruption solaire peut bloquer les ondes radio VHF, un orage atmosphérique dérégler les antennes...), et "le temps de latence des communications renvoyées par les satellites géostationnaires est très long", souligne Nicolas Larrieu, spécialiste des communications aéronautiques.



## FAIRE FACE À L'INATTENDU

A raison de 38 millions de vols par an, les situations les plus improbables peuvent se produire : panne de l'ensemble des moteurs, défaillance de tous les capteurs redondants de vitesse (photo) ou d'incidence, bug d'un logiciel, orage impromptu... "Les machines sont excellentes pour mouliner des données et accomplir des tâches préprogrammées, mais elles manquent cruellement d'adaptation aux situations nouvelles et sont incapables d'improviser des solutions", reconnaît le roboticien David Hyunchul Shim.



## Contrôleurs aériens : une automatisation impossible

**A priori**, le problème n'a rien d'insurmontable : il s'agit d'écrire un algorithme capable de planifier à l'avance les mouvements des avions de ligne en évitant toute collision. Et pourtant, les ingénieurs s'y cassent les dents depuis cinquante ans ! "La navigation aérienne est un système beaucoup plus complexe et exigeant que ne le pensent certains théoriciens", estime Alain Serres, chercheur à l'Ecole nationale de l'aviation civile. Principale difficulté ? La trajectoire réelle des avions est pleine d'imperfections liées à la masse de l'appareil, sa puissance, les incidents éventuels qu'il rencontre et, surtout, la météo qu'il traverse : "Pour anticiper la position d'un avion, il faudrait que les ordinateurs puissent calculer pour chaque couche de l'atmosphère la température au degré près, la pression, la vitesse du vent et son orientation", souligne Pierre Andribet, directeur R&D à l'Agence européenne de navigation aérienne (Eurocontrol). Pour des raisons évidentes de sécurité, la position d'un appareil devrait être simulée à quelques secondes près et les automatismes sont encore loin du compte. Le transport aérien est très différent du trafic ferroviaire qui peut, lui, être arrêté sur-le-champ."



→ revient à ce qu'une voiture autonome vous rende subitement la main à 130 km/h sur une autoroute verglacée, compare Frédéric Dehais. Pour ne rien arranger, en cas d'avarie, les cockpits deviennent alors très bavards, affichant de nombreuses alarmes, y compris celles qui ne sont pas pertinentes... On met en quelque sorte le cerveau humain en situation de

pas une automatisation plus poussée : le besoin actuel est plutôt de repenser l'interface entre l'homme et la machine."

#### REMETTRE LE PILOTE AU CENTRE

Le moment est venu de repenser les commandes informatiques nées il y a une trentaine d'années avec l'Airbus A320. De réconcilier l'homme et la machine au sein des cockpits, et d'en finir avec "le

nous prônons un retour aux fondamentaux : clairement, nous n'avons pas l'intention de remplacer l'homme dans le cockpit." "Le vrai changement de paradigme sera d'instaurer enfin une coopération entre l'homme et la machine, milite Denis Javaux, qui participe à un programme européen sur le sujet. Chacun devra comprendre les intentions de l'autre. Et l'ordinateur adaptera son champ d'action en fonction de la charge de travail rencontrée par l'équipage : c'est de l'automatisation adaptative" (voir l'encadré ci-contre).

Toutes ces évolutions dessinent l'intérieur des avions de ligne pour les trente ans à venir ; il y aura donc encore un pilote dans l'avion. "A plus long terme, il paraît inéluctable que le transport aérien sera totalement automatisé, mais des superviseurs humains resteront toujours dans la boucle, comme c'est le cas aujourd'hui dans les métros automatiques devenus si familiers, suggère René Amalberti, grand spécialiste en risques industriels. De nouveaux métiers aéronautiques, de nouvelles compétences apparaîtront."

Les problématiques de compréhension mutuelle entre l'homme et les logiciels ne se limitent pas au transport aérien. Ces questionnements traversent, ou traverseront bientôt l'ensemble de la société.

Ou comment vivre en bonne intelligence avec l'artificiel.

## A quoi ressemblera le cockpit du futur ?

**Plus naturel, plus intuitif, bref, plus humain. Les recherches menées sur les prochains cockpits accordent une large place aux pilotes. "Nous voulons intéresser l'équipage aux actions des automatismes, et lui en faire mieux percevoir les limites pour qu'il puisse se préparer à reprendre la main, signale Denis Bonnet (Thales). Grâce à la réalité augmentée, le pilotage pourra être aussi plus proche des sensations et des perceptions humaines." Des laboratoires réfléchissent aux moyens de détecter les paramètres physiologiques et comportementaux de l'équipage pour adapter l'action des automatismes. "Ces travaux font appel à l'imagerie cérébrale, complète l'ergonome Mickaël Causse. Maintenir le pilote dans la boucle nécessite de le rendre conscient de tout ce qui se passe, d'attirer son attention comme pourrait le faire un feu de cheminée. En cas d'incident, seules les pannes les plus pertinentes devront apparaître. Et les procédures complexes d'urgence pourront être présentées à l'écran par un avatar numérique du pilote."**

commettre des erreurs." "Les cockpits actuels rendent les manœuvres faciles plus faciles et les manœuvres difficiles plus difficiles", résume Thomas Schnell.

La statistique des 70 % perd alors tout son sens. "Décidément, appuie Christian Berth, spécialiste des commandes de vol à l'université technique de Berlin, les erreurs humaines pointées du doigt dans les crashes ne justifient

sumum d'orgueil qui consistait à mettre le pilote de côté et à considérer que seul l'automate était bon", soutient le pilote Patrick Magisson.

"Notre conviction est qu'il faut repartir sur de nouvelles bases et remettre l'équipage au centre du système", estime Denis Bonnet, responsable de l'innovation chez l'équipementier Thales Avionics. Ce que Jean-Michel Roy confirme : "Chez Airbus,

A lire : la présentation des différents projets de recherche ; des sites pour tout comprendre du cockpit.

**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com





# GRANDS PORTRAITS DE SCIENTIFIQUES

**AURÉLIE LUNEAU**

**CHAQUE SAMEDI À 11H**

**DU 11 JUILLET AU 29 AOÛT**

Hélène Langevin, la physique nucléaire en héritage

André Brahic, superstar !

Michel Serres, l'enchanteur du monde nouveau

Brigitte Senut, la fièvre des fossiles

Joël Leibowicz, l'âme de la physique statistique

Dr Eliane Gluckman, le cordon de la vie

Aline Raynal-Rocques, la fine fleur de la botanique

Marie-Claude Bomsel, pour l'amour des animaux

Une émission à écouter, réécouter et podcaster sur [franceculture.fr](http://franceculture.fr)

en partenariat avec

**SCIENCE & VIE**









# Ecstasy

## Un nouveau délire de médecins ?

Après le LSD, il y eut l'ecstasy. En vain... Or, des psychiatres l'envisagent cette fois, contre le stress post-traumatique. Sérieux ? **Emmanuel Monnier** a voulu vérifier.

**D**ix ans après, ils ne baissent pas les bras. "Ils" ? Ce sont une poignée de psychiatres qui, regroupés pour la plupart au sein de la MAPS (Multidisciplinary Association for Psychedelic Studies) s'efforcent encore de convaincre que les drogues psychédéliques comme la MDMA (l'ecstasy) peuvent jouer un grand rôle en psychiatrie.

En 2005, nous nous étions déjà fait l'écho d'expériences singulières, aux Etats-Unis, mesurant la capacité de cette molécule controversée à soulager les patients très angoissés. Les premiers résultats étaient prometteurs, avec des améliorations notables enregistrées.

Et puis... plus rien. Certes, au compte-gouttes, d'autres études ont été conduites. Mais aucune n'a convaincu la communauté médicale d'ajouter la MDMA à son arsenal thérapeutique.

Dix ans plus tard, l'espoir semble pourtant intact. Et c'est au tour d'une équipe de l'université de Cardiff (Royaume-Uni) d'affronter l'hydre réglementaire qui s'oppose toujours à toute recherche scientifique dans ce domaine. "Nous n'at-

tendons plus que l'aval du comité d'éthique", annonce Ben Sessa, psychiatre associé à cette université, fatigué de devoir encore convaincre que la MDMA est sans danger lorsqu'elle est consommée sous contrôle médical.

Son équipe doit recruter d'ici à janvier 2016 24 patients (principalement des vétérans de l'armée britannique) souffrant de stress post-traumatique (voir Jargon). Le fonctionnement de leur cerveau sera analysé sous IRM fonctionnelle, la moitié recevant 125 mg de MDMA (l'équivalent d'un comprimé vendu sous le manteau), les autres un placebo. "Notre hypothèse, c'est que les patients sous MDMA vont avoir des réactions de peur plus réduites, face à un stimulus menaçant, que ceux qui n'ont reçu qu'un placebo", explique Ben Sessa.

Ce qui devrait se traduire par une activité cérébrale réduite dans l'amygdale, la région du cerveau qui régule les conditionnements de peur.

### Enjeux

Le syndrome de stress post-traumatique affecte, selon les études, jusqu'à 10 % de la population au cours de la vie (hors pays en état de guerre). Les militaires sont particulièrement touchés : jusqu'à 18 % pour les Américains revenant d'Afghanistan ou d'Irak. Or la MDMA, molécule active de l'ecstasy, pourrait décupler l'effet des thérapies existantes.



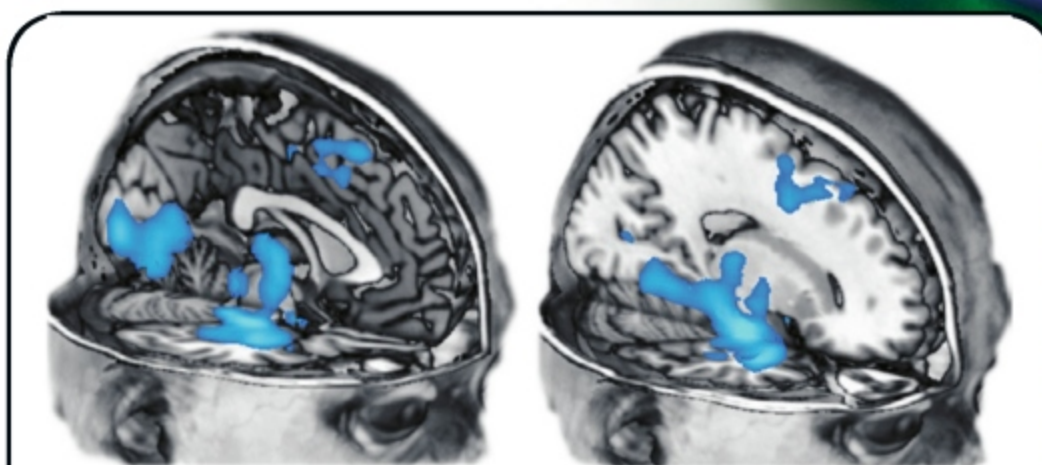
→ En parallèle, l'équipe s'attend à observer davantage d'activité dans les structures impliquées dans la socialisation et l'empathie. "Notre étude est donc destinée à mettre au jour des mécanismes; nous ne chercherons pas dans quelle mesure l'état du patient s'améliore", précise le chercheur britannique.

## CONTOURNER LE DÉBAT

Cette approche purement biologique est habile. Car elle contourne, sous des allures de recherche fondamentale, la question clé de la place que la médecine clinique est prête aujourd'hui à accorder aux drogues psychoactives dans son arsenal thérapeutique. Un débat qui traîne depuis maintenant un demi-siècle.

Moins de dix ans après la découverte des propriétés hallucinogènes du LSD (en 1943), les psychiatres ont utilisé cette substance, y voyant une porte pour accéder à des parties enfouies ou refoulées de la psyché, susceptible de traiter désordres anxieux, troubles obsessionnels compulsifs, dépression ou alcoolisme.

Mais avec le mouvement hippie, des millions d'Américains se mettent à consommer des substances hallucinogènes. Abus et accidents poussent le gouvernement américain, en 1966, à déclarer le LSD illicite. Son utilisation à des fins de recherche est si sévèrement réglementée que les psychiatres l'abandonnent et le remplacent, dans les années 1980, par une molécule moins connue mais encore légale: la MDMA (3,4-méthylènedioxy-méthamphétamine). Son effet est moins intense. Mais elle provoque un état de relaxa-

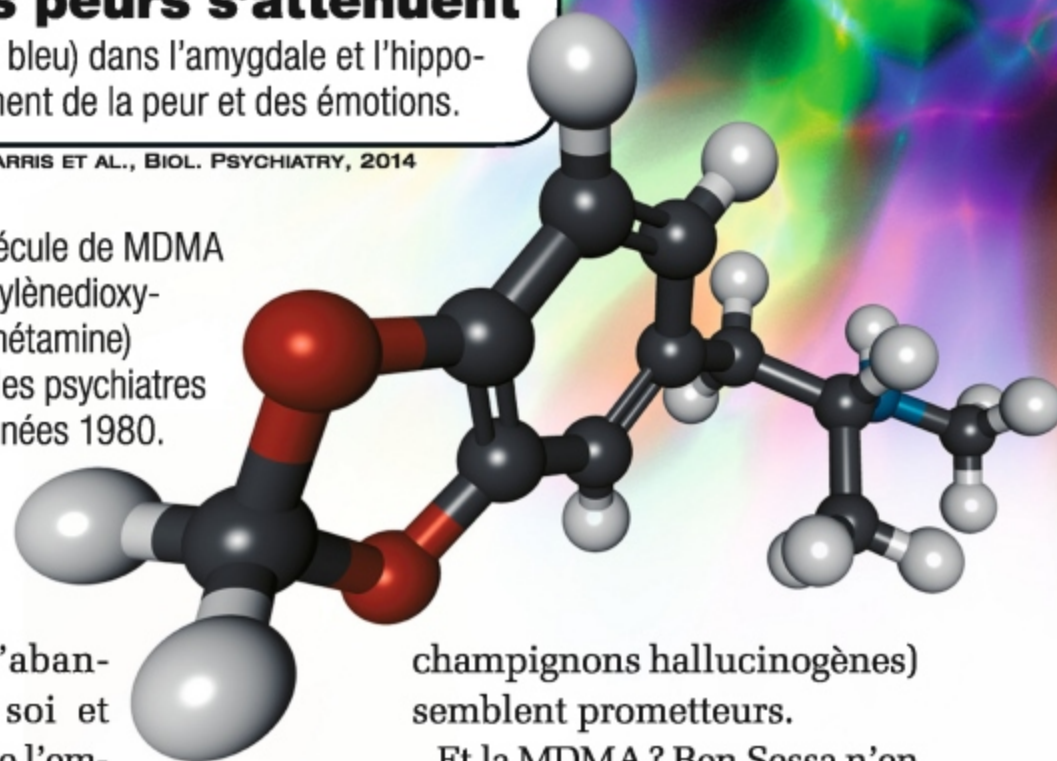


## Sous ecstasy, les peurs s'atténuent

L'activité cérébrale diminue (en bleu) dans l'amygdale et l'hippocampe, régions liées au traitement de la peur et des émotions.

SOURCE: D'APRÈS ROBIN L. CARHART-HARRIS ET AL., BIOL. PSYCHIATRY, 2014

> La molécule de MDMA (3,4-méthylènedioxy-méthamphétamine) intéresse les psychiatres dès les années 1980.



tion, d'abandon de soi et augmente l'empathie, ce qui en fait un outil prometteur en psychothérapie, où le lien entre patient et thérapeute est primordial.

*Bis repetita*: comme le LSD, la MDMA est vite détournée de son usage médical et fait des ravages, sous le nom d'ecstasy, dans les soirées. Elle est classée comme stupéfiant, la grande majorité des psychiatres y renoncent.

A-t-on jeté le bébé avec l'eau du bain? C'est ce que s'efforcent, encore et toujours, de démontrer les psychiatres de la MAPS. Depuis 2005, ils disposent d'arguments un peu plus solides. Ils ont démontré que le cannabis pouvait agir comme un antidépresseur. Les tests en cours à l'université de New York et à l'université John Hopkins pour soigner l'angoisse de patients atteints de cancers avec la psilocybine (molécule active des

champignons hallucinogènes) semblent prometteurs.

Et la MDMA? Ben Sessa n'en démord pas: se priver de cette molécule serait absurde tant elle paraît être l'outil parfait pour augmenter l'effet des thérapies destinées aux patients traumatisés. Elle agit sur une courte durée (de 2 à 5 heures); elle réduit la dépression, l'anxiété et la peur en augmentant les taux de sérotonine. Elle accroît l'empathie en facilitant la libération d'ocytocine. En augmentant les taux de dopamine et de noradrénaline, elle aurait un effet stimulant. De quoi aider le thérapeute à faciliter le rappel, dans un cadre émotionnel plus serein, des souvenirs traumatisants.

Alors pourquoi les promoteurs de la MDMA médicale n'ont-ils pu convaincre leurs pairs? Force est de constater qu'en la matière, le serpent se mord la queue. Les études menées en double aveugle (substance vs placebo) l'ont

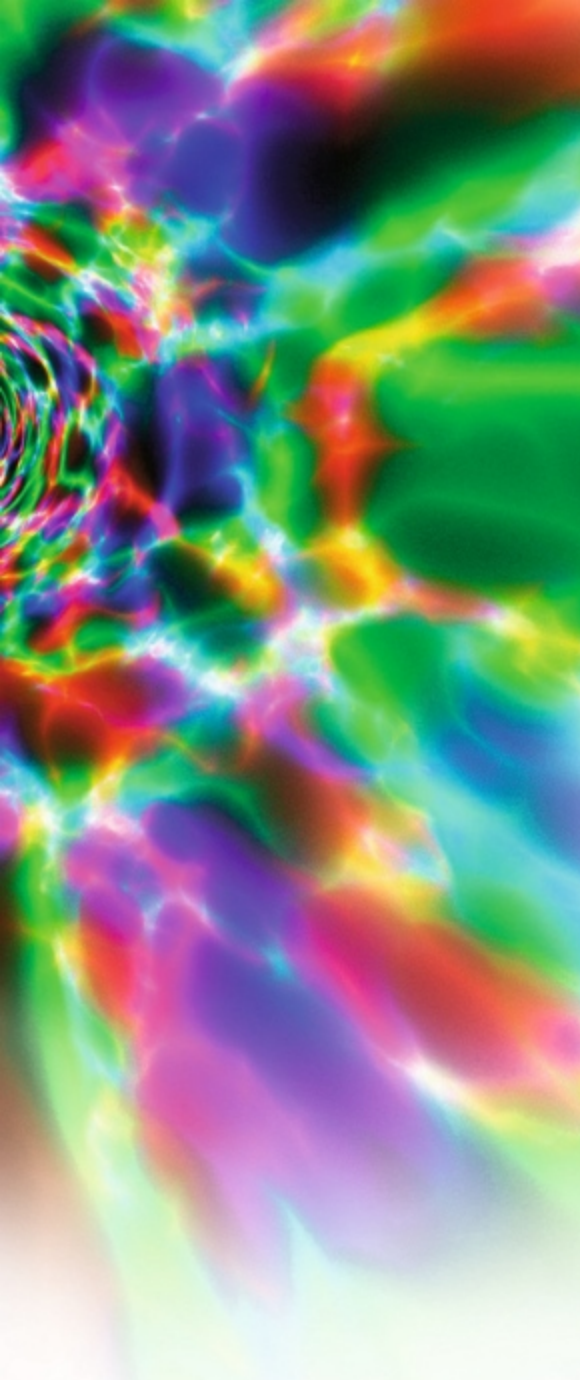
## Jargon

### Le syndrome de stress post-traumatique

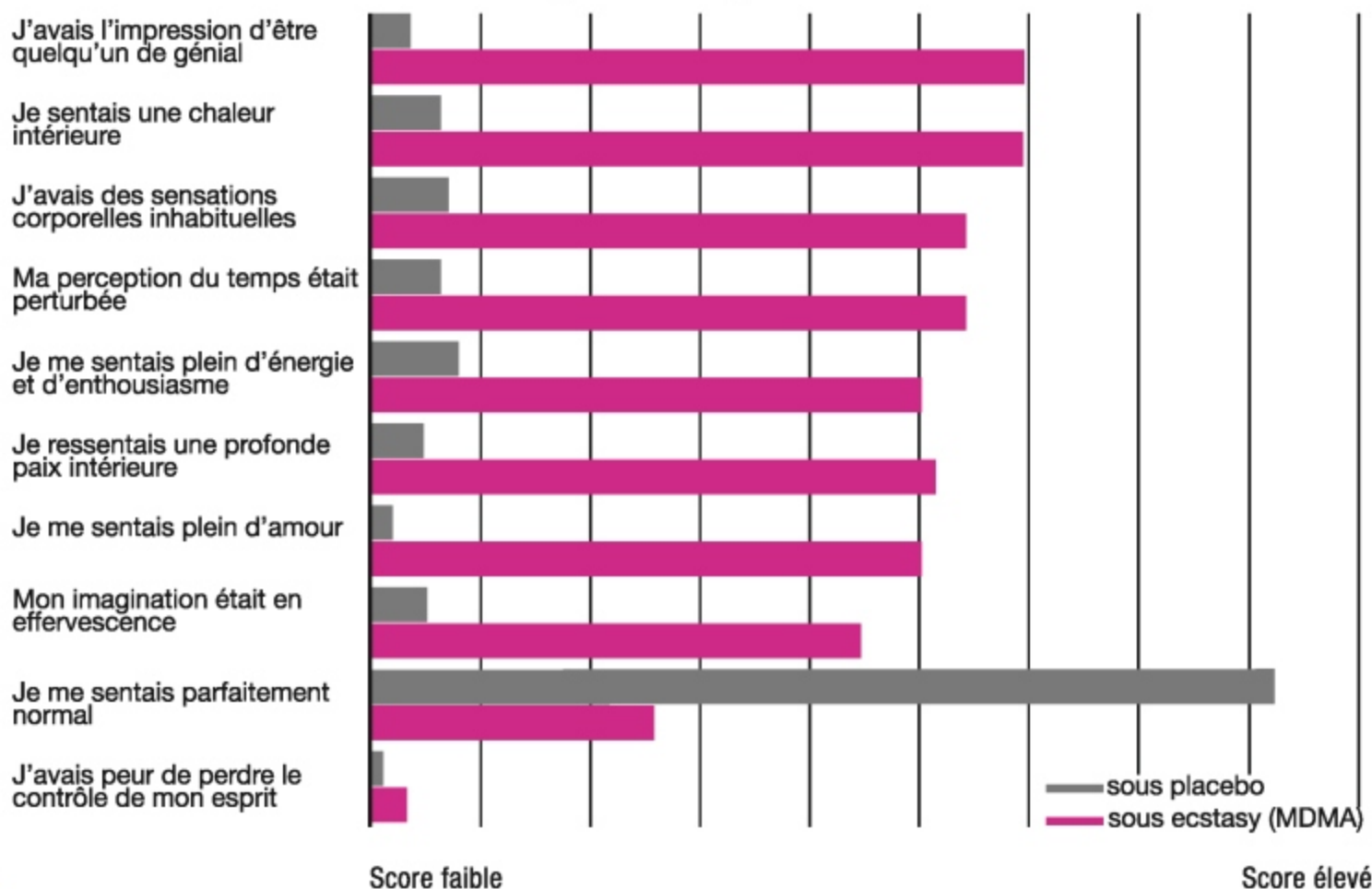
est un trouble psychiatrique sérieux causé par un événement traumatique (agression, viol, accident...), dont le souvenir surgit régulièrement sous forme de flash-backs. Troubles du sommeil, cauchemars, instabilité psychologique, dépression, anxiété peuvent s'installer durant des années.

R. CARHART-HARRIS/CENTRE FOR NEUROPSYCHOPHARMACOLOGY, IMPERIAL COLLEGE LONDON - SHUTTERSTOCK - MEHAU KULYK/SPL/CORBIS - M. KONTE



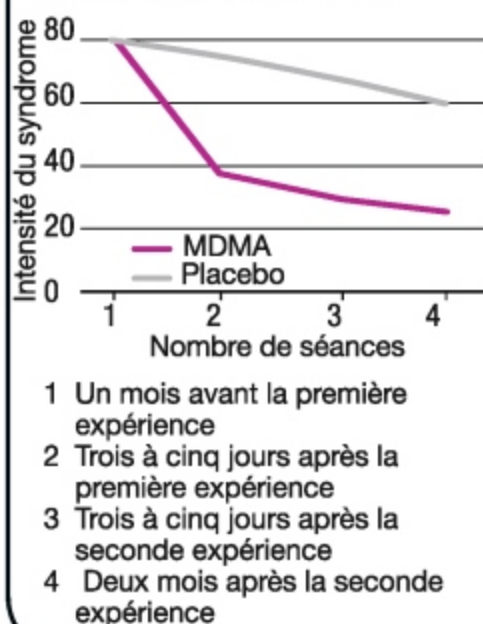


## Voici les sensations qu'elle procure



SOURCE: D'APRÈS ROBIN L. CARHART-HARRIS ET AL., BIOL. PSYCHIATRY, 2014

### Elle fait chuter l'intensité du stress



SOURCE: MICHAEL C. MITHOEFER ET AL., JOURNAL OF PSYCHOPHARMACOLOGY, 2010

été sur un nombre trop réduit de patients pour prouver quoi que ce soit: à peine vingt personnes pour la première, publiée en 2010 par le psychiatre américain Michael Mithoefer. Douze pour une autre, publiée en 2013 par des confrères suisses, qui avouent n'avoir pu observer de résultats statistiquement significatifs. "D'autres études sont actuellement en cours en Australie, au Canada, en Israël

et aux Etats-Unis, mais elles restent très réduites. Il faudrait que l'effet soit testé sur des centaines, des milliers de patients", reconnaît Ben Sessa.

Car empiler les petites études ne remplace pas un essai à grande échelle. Encore faudrait-il une volonté politique pour sortir du bricolage et financer de coûteux essais cliniques. Or, en face, d'autres experts ont beau jeu de rappeler que si ces substances sont illicites, c'est parce qu'elles présentent certains risques.

### ARGUMENTS POLITIQUES

Andrew Parrott, psychopharmacologue à l'université de Swansea (Royaume-Uni), rappelle par exemple que la MDMA, quelques jours après l'ingestion, peut susciter un sentiment de dépression, d'anxiété, des insomnies et un manque d'appétit. Il met aussi en avant les effets secondaires répertoriés – raideur de la mâchoire, difficultés à marcher,

crises d'angoisse... Et s'inquiète des déficits cognitifs observés chez les consommateurs réguliers d'ecstasy.

Mais l'argument massue est ailleurs: faire de l'ecstasy un véritable médicament, n'est-ce pas envoyer aux jeunes qui la consomment en soirées le signal – erroné – qu'elle serait sans danger? Les arguments politiques brouillent vite la logique scientifique. Et c'est dommage. Car un seul point, pour l'heure, fait encore consensus: démontrer l'utilité des substances psychédéliques en psychiatrie n'est possible que si elles sont étudiées, comme n'importe quel médicament, sur de grandes cohortes de patients, indépendamment des querelles portant sur leur usage récréatif. Moins de politique, en somme, et plus de science. Les vétérans hantés par leurs souvenirs ne s'en porteront que mieux. En espérant que, cette fois, les recherches ne feront pas pschitt...

A consulter :  
l'étude de 2010 ;  
l'expérience du  
psychiatre Ben  
Sessa ; le site  
de l'observatoire  
français des  
drogues et des  
toxicomanies.

EN  
SAVOIR  
PLUS

science-et-vie.com



## Synthèse vocale

# On va pouvoir **ressusciter** **la voix** de Marilyn Monroe

Nos GPS le prouvent : les objets parlent depuis longtemps. Mais voici que de nouveaux algorithmes pourraient désormais cloner la voix humaine, jusqu'à faire "parler les morts". **Emmanuel Monnier** est allé vérifier ce qu'il en était. Il en est revenu troublé par les utilisations potentielles.





Imaginez que cet article, celui-là même que vous commencez à lire, soit lu à haute voix par une machine. *A priori*, vous vous attendez à entendre une voix monotone, synthétique, impersonnelle, quand bien même elle aurait un timbre approchant celui de la voix humaine, comme celle d'un GPS indiquant "tournez à gauche"... Pour crédible que soit cette voix, il lui manquera une chaleur, une fluidité qui fait toute la différence avec la voix humaine.

Eh bien, détrompez-vous!

Nous avons fait le test à la rédaction. Nous avons contacté Voxygen, une société spécialisée dans la synthèse vocale, fondée en 2011 à partir des

anciennes compétences du Cnet (Centre national d'études des télécommunications), devenu Orange Labs. Pourquoi cette société? Parce que les ingénieurs de Voxygen se targuent d'avoir mis au point des algorithmes de vocalisation qui font entrer la synthèse vocale dans une nouvelle ère. Autant en avoir le cœur net.

Nous n'avons pas été déçus! Le résultat est bluffant. Mais surtout, là où nous imaginions un simple gadget vocal, il est apparu que la possibilité de fabriquer une voix humaine plus vraie que nature ouvrait des perspectives touchant aussi bien au cinéma qu'à la médecine, au patrimoine qu'aux services secrets (lire les encadrés).

Jugez-en par vous-même en allant sur notre site. Difficile de faire la différence avec une voix humaine: respiration, élocution, intonations, chaleur, tout y est.

Certes, demander à un ordinateur de lire un texte n'a rien de nouveau: l'horloge parlante en était le premier stade. Banques, assurances et grands magasins disposent aujourd'hui de

^ Marilyn, De Gaulle, la Callas... Les nouvelles applications de synthèse vocale permettent de rendre la parole à toute personne disparue, de façon aussi crédible que... dérangeante.

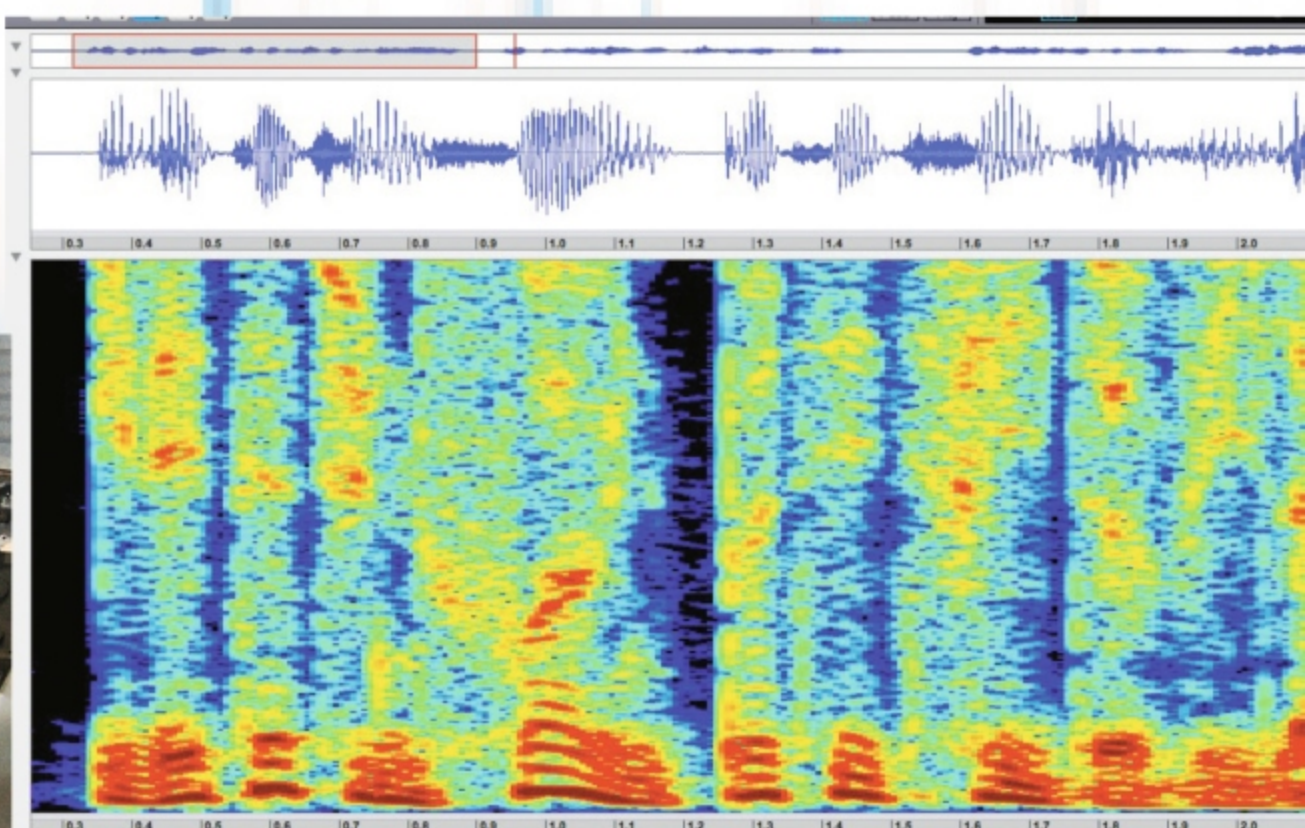
### Contexte

Automobiles, objets connectés, magazines, logiciels scolaires d'aide à l'apprentissage de la lecture et de l'écriture... les objets de notre quotidien vont être de plus en plus nombreux à parler avec une voix de synthèse reproduisant la qualité de la voix humaine.



## UN CLONE VOCAL AUSSI VRAI QUE NATURE

Les ingénieurs de l'Ircam ont capturé la signature sonore de la voix d'André Dussollier pour la cloner (ci-contre) grâce à de complexes algorithmes mathématiques.



^ La distribution des fréquences sonores pour chaque phonème prononcé (consonnes et voyelles), caractéristique de la voix d'André Dussollier,...

→ serveurs vocaux qui répondent automatiquement.

Mais les algorithmes de Voxygen le prouvent : aujourd'hui, un seuil est en train d'être franchi. Les machines commencent à pouvoir imiter, à volonté, n'importe quelle voix humaine, voire créer des voix *ex nihilo*. Au point que vous pourriez demander à la machine de lire cet article... avec la voix de Nicolas Sarkozy ou de François Hollande. Ou la vôtre !

Ces perspectives donnent le vertige. *"Les gens ne réalisent*

*pas la portée identitaire d'une voix : on est vraiment touché, émotionnellement, par une voix humaine"*, rappelle le fondateur de Voxygen, Thierry Moudenc.

Et pour cause : chaque voix est unique. Quand l'air traverse les cordes vocales et les fait vibrer, des turbulences, des contractions imparfaites des muscles créent un ensemble de "défauts" qui lui donnent une première coloration : voix soufflées, rauques... L'air traverse ensuite le conduit vocal (larynx et bouche) dont la géométrie favo-

rise certaines fréquences, donnant à la voix son timbre particulier. Enfin, la façon de parler ajoute encore à sa spécificité : vitesse du débit, intonations plus ou moins mélodieuses...

Tous ces "traits de caractère" d'une voix, les logiciels de synthèse les plus récents savent désormais les reproduire.

Or la tâche est extrêmement difficile : pour que la lecture de longues phrases variées "sonne" comme une voix humaine, il faut obtenir les bonnes intonations. *"La voix monte sur*

## ➔ Grâce aux nouvelles technologies de synthèse vocale, il sera bientôt

### ➔ Faire revivre des voix disparues

Quelques heures d'archives sonores suffisent aux algorithmes de synthèse actuels pour lire n'importe quel texte avec l'intonation et le timbre typiques d'une personne disparue, célèbre ou non. Et les techniques en développement pourront bientôt se satisfaire de

quelques minutes d'enregistrements de la voix à ressusciter, en transférant ses caractéristiques à une voix de synthèse générique.

### ➔ Créer une prothèse vocale

La société Voxygen teste actuellement, en milieu hospitalier, sur une soixantaine de patients ayant perdu leur voix, un

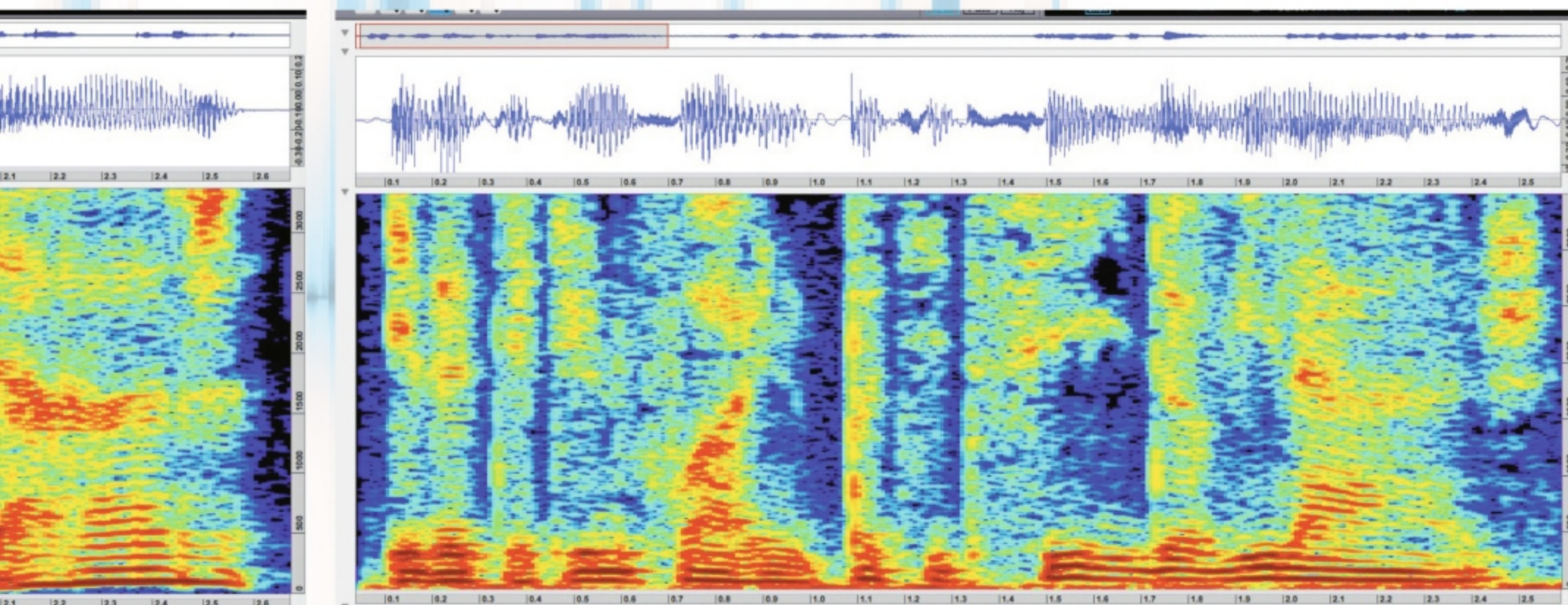
prototype de clonage vocal au moyen d'une simple tablette tactile : le texte tapé est lu avec leur vraie voix. Cette prothèse nécessite de sauvegarder, avant l'opération (ablation d'une tumeur...), la voix du patient, qui doit donc prononcer plusieurs milliers de phrases. *"Nous travaillons actuellement très dur pour réduire la durée de ces*

*enregistrements et accélérer l'interactivité de la tablette"*, confie Thierry Moudenc, de Voxygen.

### ➔ Mieux communiquer avec les malades d'Alzheimer

*"Les médecins se sont rendu compte que les personnes souffrant de la maladie d'Alzheimer*





^ ... est reproduite ici quasiment à l'identique par le synthétiseur vocal, rendant le "clone" et l'original indiscernables.

une question ou avant une virgule, par exemple, explique Thierry Moudenc. Avant, pour obtenir les bonnes intonations, on déformait une voix préalablement enregistrée. Mais comme personne ne savait modéliser parfaitement un signal de parole, le résultat était dégradé." Des voix à mi-chemin entre l'humain et l'ordinateur.

"Depuis le début des années 2000, on a changé d'approche", poursuit ce pionnier de la synthèse vocale de nouvelle génération. Au lieu de se contenter de quelques fragments enregis-

trés et déformés tant bien que mal pour reproduire le coulé naturel de la parole, des algorithmes dits "d'apprentissage automatique" s'appuient sur des milliers d'enregistrements de la voix à reproduire, et y décèlent, par analyse statistique du signal sonore, toutes les inflexions naturelles. Avec des enregistrements audio suffisamment consistants, Voxygen est déjà capable de reproduire la voix de n'importe qui.

### UNE ABSTRACTION NUMÉRIQUE

"C'est ce qui donne la meilleure qualité sonore aujourd'hui, la voix la plus naturelle, la plus riche, la plus humaine", observe Nicolas Obin, de l'Institut de recherche et coordination acoustique/musique (Ircam). Et, d'ici quelques années, les spécialistes de la synthèse vocale promettent, avec un traitement du son en temps réel, de pouvoir chanter un karaoké avec la voix d'Elvis. Ou de parler au téléphone avec un timbre plus convaincant ou séducteur. Ou la voix d'une célébrité...

Autant de prouesses dont les plus récentes avancées de l'Ircam offrent un avant-goût. Quand Nicolas Obin a fait écouter à André Dussollier un texte

lu par son clone vocal, l'acteur a non seulement été saisi par la ressemblance, mais a reconnu "de petites nuances que je n'aurais pas faites moi-même. C'est troublant. C'est même inquiétant, quand on imagine tout ce qu'on peut faire avec ça..."

Mais les chercheurs vont déjà plus loin, et savent se passer des longues heures d'enregistrement de la voix à "cloner".

Leurs algorithmes ont ainsi permis à Jamel Debbouze d'intégrer la voix de Louis de Funès dans *Pourquoi j'ai pas mangé mon père*, son film sorti en avril. Dans le documentaire *Juger Pétain*, qui sera diffusé cette année, la voix chevrotante, reconnaissable entre mille du maréchal Pétain a été recréée, comme s'il s'expliquait aujourd'hui de vive voix. Enfin, ultime résurrection vocale due aux machines de l'Ircam: la voix de Marilyn Monroe, ingénue et sensuelle, dans le film *Marilyn*, de Philippe Parreno.

L'exploit est d'autant plus notable qu'il y a seulement cinq ans, recréer artificiellement la voix d'une personne restait impossible. "Nous avons essayé, reconnaît Nicolas Obin, mais la qualité était vraiment trop mauvaise →

## Jargon

Le **phonème** est la plus petite unité distinctive du langage oral : consonne ou voyelle. Associées, elles forment des syllabes, groupes élémentaires de phonèmes prononçables dans un flux d'air continu. La **fréquence** à laquelle vibrent les cordes vocales (hauteur), la vitesse d'élocution et l'énergie donnent la **prosodie** ; le **timbre** (résonances, imperfections...) finissant de donner à la voix son caractère unique.

## possible de...

reconnaissaient jusqu'au bout la voix de leur entourage. D'où l'idée de concevoir un système qui dicterait automatiquement des consignes, comme 'prends tes médicaments', avec la voix du conjoint, quand celui-ci n'est pas là ou qu'il est nerveusement épuisé", projette Thierry Moudenc, spécialiste de la synthèse vocale.



## ➔ Il sera aussi possible de...

### ➔ Inventer des chimères vocales

*"Quand on manipule des abstractions numériques, on peut faire ce qu'on veut, comme mélanger deux voix pour créer des hybrides", s'amuse Nicolas Obin, à l'Ircam... qui a obtenu la voix qu'aurait un humain s'il avait les cordes vocales d'un lion!*

### ➔ Améliorer sa propre voix

*Vous souhaitez enrichir votre voix, trop nasale, ai-grette, pas assez étoffée? Les logiciels de synthèse vocale pourraient vous aider. "On peut changer à volonté l'expressivité, produire une voix ressentie comme joyeuse ou énervée", annonce Nicolas Obin.*

### ➔ Usurper une identité

*Faux discours d'un dirigeant, que l'on entend prononcer un texte qu'il n'a jamais lu, incrustation de personnages absents dans un enregistrement produit lors d'un procès, canulars téléphoniques, usurpations d'identité... les perspectives ouvertes par la synthèse vocale*

*dans le monde de la triche paraissent aussi riches que celles de la retouche d'images. "Quand les systèmes de synthèse auront été améliorés au point de créer à volonté des voix indiscernables de la voix réelle, aucun expert ne pourra faire la différence entre les voix, vraie et artificielle", pronostique Nicolas Obin.*

➔ *pour une grande production cinématographique."*

Pour ramener à la vie ces voix disparues, les spécialistes de l'Ircam, dirigés par Axel Roebel, ont, plutôt que de "réassembler" des fragments de voix originales, utilisé des enregistrements d'acteurs. De puissants algorithmes ont alors modifié les fréquences et les durées de chaque phonème prononcé par ces derniers pour obtenir, dans un cas, le timbre de Pétain, dans l'autre, la prosodie de Marilyn. Et ce n'est que la première étape d'un processus qui vise à se passer totalement des enregistrements!

L'idée: *"Au lieu de découper un enregistrement en petits morceaux pour les recoller différemment, on réalise une abstraction numérique de ce qu'est une voix",* explique Nicolas Obin.

Des algorithmes sont aujourd'hui capables, à partir de milliers de voix différentes, de définir une voix "moyenne" totalement synthétique. Cette voix moyenne ou, dans le cas de l'Ircam, celle initiale de l'acteur, peut alors être transformée à volonté grâce à des algorithmes

dit à "réseaux neuronaux profonds" en tout autre voix "cible", en lui appliquant des "filtres en fréquences" caractéristiques de ladite voix. Chaque phonème est en effet caractérisé par un ensemble de fréquences, amplifiées ou atténuées: le filtre en fréquences. Dont les valeurs varient selon le phonème qui le

A terme, chacun pourrait téléphoner en se faisant passer pour un autre

précède ou celui qui le suit (une syllabe est prononcée différemment selon sa place dans le mot ou la phrase) et la personne qui parle. Or, quelques minutes d'enregistrement suffisent à établir les filtres en fréquences – sa signature sonore.

La méthode est, cependant, d'une grande complexité mathématique. Et les résultats sont encore perfectibles: l'oreille distingue encore sans peine la voix originale de son imitation. *"On a de grandes difficultés à reproduire des voix soufflées, avec du bruit, des*

*voix craquées, rauques, cassées... toutes ces imperfections, liées à des comportements turbulents ou chaotiques de l'air, qui donnent le grain d'une voix",* souligne le chercheur.

Mais les progrès sont rapides et l'intérêt énorme, car cette technologie, une fois maîtrisée, permettra de s'affranchir de toute limite. *"Google, IBM, Apple... les grands acteurs du monde numérique investissent massivement dans ce domaine",* observe Nicolas Obin. L'invasion des clones et autres re-

venants vocaux est imminente.

Nous qui partions vérifier l'efficacité d'une innovation technique, nous revenons avec une révolution en germe, dont toutes les implications ne sont pas encore mesurables. Car d'ici peu, nous entendrons des voix sans savoir si elles sont réelles ou pas. Comme un bastion de notre identité tombant dans le domaine public. Bientôt, n'importe qui pourra se faire oralement passer pour quelqu'un d'autre. Que ce soit pour de rire, ou pour des raisons moins avouables.



A écouter: cet article lu par les voix de Voxygen et le clonage de la voix d'André Dussollier.

A suivre: un cours d'une heure sur la synthèse vocale sur le site de l'Ircam.

**EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com



# 100 QUESTIONS\*100 RÉPONSES pour mieux vivre le printemps 2015



**NATURE &  
ENVIRONNEMENT**

**CORPS & SANTÉ**

**LES QUESTIONS DE LA VIE, LES RÉPONSES DE LA SCIENCE**

**En vente actuellement**



NOUVELLE CROISIÈRE D'EXCEPTION

# Entre Cuba & Jamaïque

AU CŒUR DE LA MER DES CARAÏBES LA NATURE PARADISIAQUE !



**Science&Vie vous invite à la découverte, la fête et la détente lors de cette croisière autour des plus belles îles des Caraïbes.**

Découvrez la Havane et son atmosphère indescriptible où persiste le décor des années 60 (cigares, voitures américaines et nonchalance). Déambulez dans les ruelles de Cienfuegos et son architecture unique, classée au patrimoine mondial ou profitez du sable fin et des eaux turquoise de l'île encore vierge de la Juventud.


Les accords joyeux du mambo et du cha-cha vous accompagneront dans cette rencontre avec l'âme cubaine. Cette croisière d'exception vous fera visiter la Jamaïque, inexplorée, terre inconnue et préservée du tourisme, elle vous surprendra.

Une expérience unique que nous vous invitons à vivre à deux, en famille ou entre amis pour des moments inoubliables sous le soleil des Caraïbes.

## 4 départs possibles

du 21 au 29 décembre 2015	du 25 janvier au 2 février 2016	du 1 <sup>er</sup> au 9 février 2016	du 14 au 22 mars 2016
------------------------------	------------------------------------	---	--------------------------

## LES POINTS FORTS DE VOTRE CROISIÈRE SCIENCE&VIE

- Un itinéraire riche, original et de toute beauté
- Un tarif spécial lecteurs
- Un bateau à taille humaine
- 4 dates de départ à la meilleure saison dans les Caraïbes
- 4 excursions inoubliables incluses
- Un directeur de croisière francophone 

## VOTRE TARIF SCIENCE&VIE est TOUT COMPRIS et SANS SURPRISE ! Il comprend :

• Le transport aérien Paris / La Havane/ Paris sur vols spécial ou régulier • Les taxes aériennes (65 € à ce jour) et les taxes de port (128 € à ce jour) • L'hébergement à bord dans la catégorie de cabine choisie • La pension complète (petit déjeuner, déjeuner, dîner) et l'eau en carafe, le vin, thé ou café pendant les repas à bord du dîner du 1<sup>er</sup> jour au petit déjeuner du dernier jour • Le forfait boissons au déjeuner et dîner - vin sélection Celestyal Cruises ou boissons non alcoolisées • Toutes les activités et animations à bord • Les ateliers, spectacles, et jeux proposés par l'équipe Celestyal Cruises • Le port des bagages à l'embarquement et au débarquement • Les pourboires au personnel de bord • Les services d'un directeur de croisière francophone Celestyal Cruises • Un accompagnateur francophone dédié durant votre croisière • Un forfait 4 excursions • Un déjeuner le jour du débarquement.



**9 jours / 8 nuits**  
à partir de  
**3 367€**  
**TOUT COMPRIS !**  
Inclus : vols,  
pension complète,  
boissons...  
Prix TTC /pers. en cabine  
double pont Poseidon.

**PLACES LIMITÉES,  
RÉSERVEZ VITE !**

Havana, Varadero, MATANZAS, SANTA CLARA, CAYO LARGO, ISLA DE LA JUVENTUD, Maria la Gorda, Cienfuegos & Trinidad, CAYO SANTA MARIA, CAYO GUILLERMO, CAYO COCO, CIEGO DE AVILA, SANCTI SPIRITUS, CAMAGÜEY, LAS TUNAS, HOLGUIN, BAYAMO, GUANTANAMO, SANTIAGO DE CUBA, Jamaica, Montego Bay, MONTEGO BAY, JAMAICA, KINGSTON.



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

RENSEIGNEMENTS & RESERVATION AU :

**01 41 33 59 59**

Du lundi au vendredi de 9h à 18h (prix d'un appel local)

En précisant

LE NOM DE  
VOTRE MAGAZINE



**VOTRE BATEAU : LE CELESTYAL CRYSTAL**

400 membres d'équipage pour prendre soin de 800 passagers !  
A leur disposition : une splendide piscine abritée, une gastronomie  
savoureuse, une magnifique salle de spectacle.

Pour recevoir **sans engagement** la documentation, retourner ce bulletin à : Science&Vie Voyages - Croisière Cuba - CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9 CR15CUD

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] Ville \_\_\_\_\_

Téléphone : [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] E-mail : \_\_\_\_\_

☐ J'accepte d'être informé(e) des offres commerciales du groupe Mondadori France et de celles de ses partenaires.

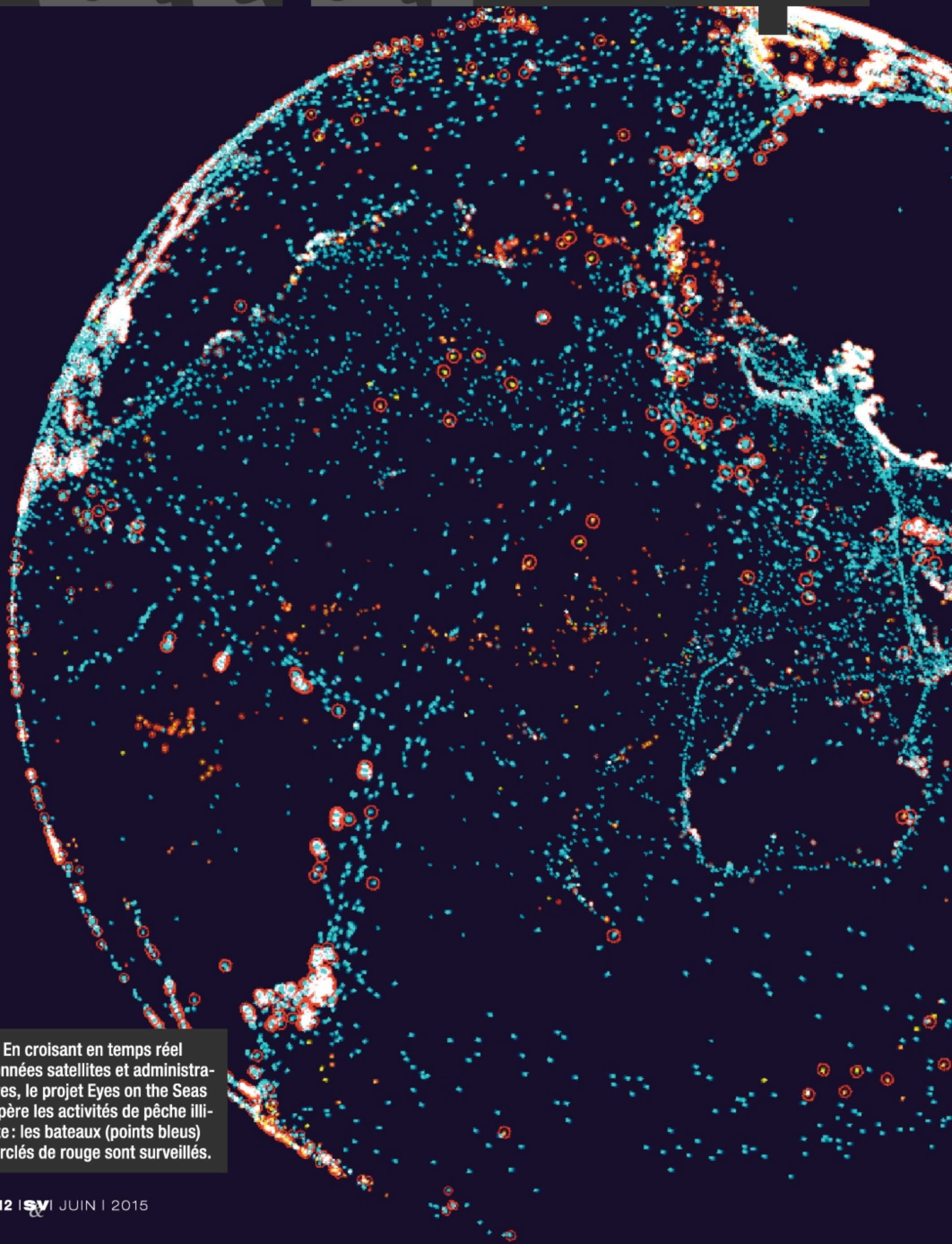
Avez-vous déjà effectué une croisière ? ☐ Oui ☐ Non

**SCIENCE & VIE**

**Rivages du Monde**

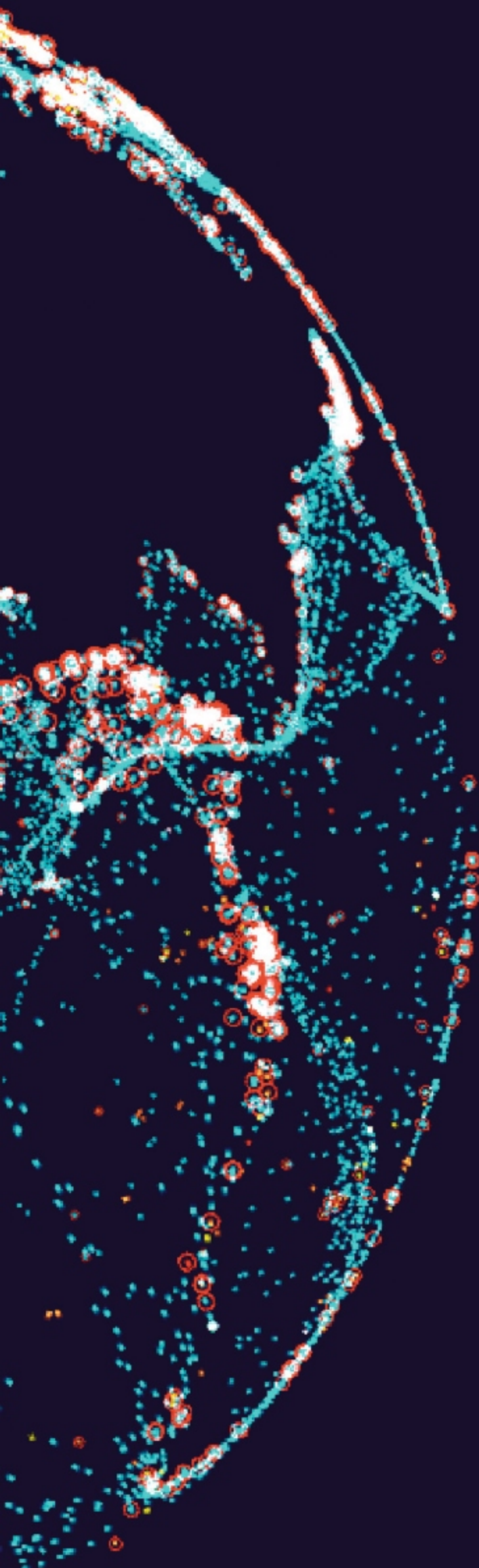
Cette croisière est organisée en partenariat avec Rivages du Monde. Science&Vie est une publication du groupe Mondadori France Siège Social : 8 rue François Ory - 92 543 Montrouge Cedex. Conformément à la loi "Informatique et Liberté" du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus 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. Credits photo : Istock, Rivages du Monde.





^ En croisant en temps réel données satellites et administratives, le projet Eyes on the Seas repère les activités de pêche illégale : les bateaux (points bleus) cerclés de rouge sont surveillés.





HARWELL (ANGLETERRE)

# La pêche illégale va être traquée par satellite

Et si les satellites devenaient les pires ennemis des braconniers de la mer? Le système Eyes on the Seas, conçu par l'ONG The Pew Charitable Trusts et la société britannique Satellite Applications Catapult, permet de récolter et de croiser en temps réel des données de sources multiples – images satellites, données sur les navires de pêche, coordonnées des zones de pêche et des réserves marines – afin de repérer les navires soupçonnés de pêche illégale. Par exemple, lorsqu'un bateau pénètre dans une zone interdite ou éteint son transpondeur AIS, obligatoire pour les navires de plus de 300 tonnes, le système de surveillance virtuel lance une alerte. Celle-ci est ensuite

analysée par des experts, qui, en cas d'activités vraiment suspectes, préviennent les autorités compétentes de l'Etat concerné. *"Avec ces données, les pays peuvent prouver que tel navire opérait à telle heure dans sa zone économique exclusive et peuvent engager des poursuites judiciaires"*, note Daniel Pauly, spécialiste des ressources marines à l'université de Colombie-Britannique, à Vancouver (Canada). Le système Eyes on the Seas ne couvre pour l'instant que les eaux entourant l'île de Pâques, l'archipel des Palaos ou les îles Pitcairn. Mais d'autres données devraient bientôt être recueillies, ce qui permettra d'étendre la surveillance à d'autres zones de pêche. **C.G.**





OAKLAND (ÉTATS-UNIS)

## Des briques imprimées en 3D climatiseront naturellement les maisons

C'est en s'inspirant des anciens systèmes d'évaporation d'eau, utilisés bien avant l'invention de la climatisation, que l'agence de design américaine Emerging Objects a conçu la Cool Brick. Fabriquée grâce à une imprimante 3D, elle permet de construire des murs qui refroidissent de manière passive les maisons dans les pays chauds. Le principe : ses trous aux motifs géométriques assurent l'aération, tandis que la céramique microporeuse absorbe de l'eau qui, au contact de l'air chaud extérieur, s'évapore en le refroidissant. L'efficacité de ce prototype dépend bien sûr de la taille du mur et de la quantité d'eau introduite.

L.B.



QUAY VALLEY (CALIFORNIE)

## Le train sous vide entre en phase de tests

Ça y est ! Le premier prototype d'Hyperloop verra bien le jour en 2016. Hyperloop ? Il s'agit du nouveau mode de transport collectif à très grande vitesse, à mi-chemin entre l'avion et le train, imaginé par l'entrepreneur à succès Elon Musk (Tesla, SpaceX...). Ses "wagons" en forme de capsules aérodynamiques circulent sur des rails dans des tubes sous basse pression qui limitent les frictions. Ils pourront être propulsés jusqu'à 1 220 km/h par un champ magnétique produit par des moteurs à induction. Mais c'est un prototype moins rapide qui sera d'abord testé en Californie, sur seulement 8 km, ce qui ne lui permet de monter qu'à 320 km/h, soit l'équivalent du TGV Est. De quoi, tout de même, pour Hyperloop Transportation Technologies, optimiser l'ergonomie des capsules, des tubes et des stations d'embarquement. A terme – au mieux d'ici dix ans –, l'ambition est de rallier Los Angeles de San Francisco (600 km) en une demi-heure... soit moitié moins qu'en avion actuellement.

E.T.A.



WASHINGTON

# L'armée américaine veut prédire les cyberattaques

La branche Internet du département de recherches avancées de l'Armée américaine veut anticiper les cyberattaques. Pour ce faire, elle lance le programme Cause (Cyber-attack Automated Unconventional Sensor Environment), qui va analyser d'énormes quantités de données sur le Web (blogs, chats, médias sociaux...) pour y repérer les comportements suspects et en déduire les probabilités d'attaque plusieurs jours ou semaines à l'avance. Ainsi, un groupe d'individus se renseignant sur des systèmes de sécurité informatique, qui achèterait un logiciel de piratage, serait identifié et surveillé. Cause sera cependant inefficace contre les attaques venant de l'intérieur de l'organisation visée. S.F.

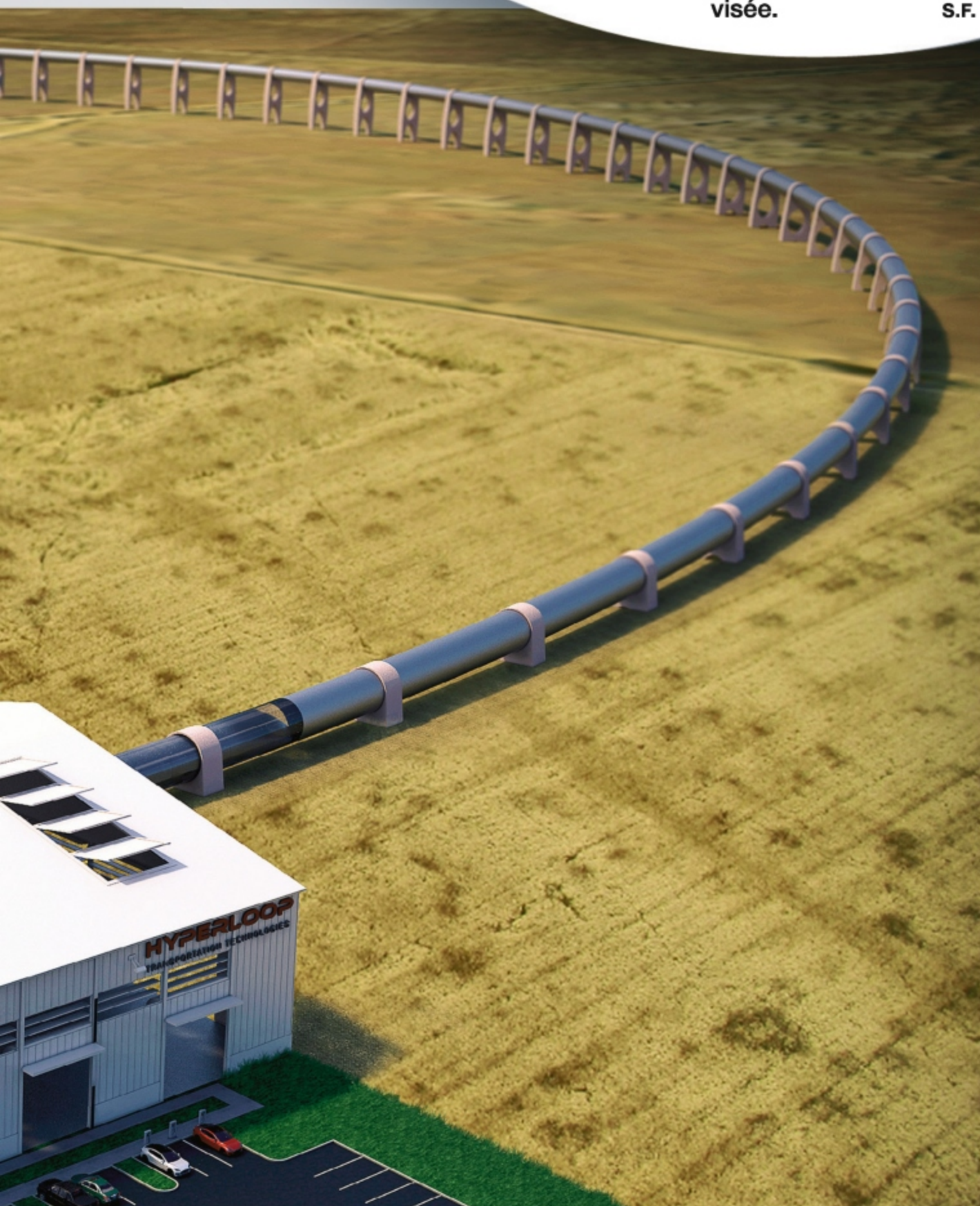
## Idée neuve



### "NOUS RÉPARERONS LES BÉTONS FISSURÉS GRÂCE À DES BACTÉRIES"

Virginie Wiktor, chercheuse à l'université technologique de Delft (Pays-Bas)

"Nous avons développé un système de réparation des fissures du béton ainsi qu'un béton qui s'autorépare en y incorporant des bactéries, annonce Virginie Wiktor. Dans le cas des réparations, une solution contenant des bactéries et leurs nutriments est vaporisée sur les fissures. Pour le béton qui s'autorépare, elles sont intégrées à sa préparation en même temps que le ciment." Dans les deux cas, les bactéries, en digérant les nutriments, produisent du carbonate de calcium, ce qui colmate les fissures. "Ce béton autoréparant n'est pas plus cher à fabriquer qu'un béton traditionnel, précise la chercheuse. En revanche, après quelques années seulement, il est plus avantageux car moins de réparations sont nécessaires. Il est aussi plus respectueux de l'environnement." Non pathogènes, les bactéries utilisées ont été isolées à partir d'échantillons de roches venant d'Espagne et d'un lac alcalin égyptien, deux environnements proches du béton. Le kit de réparation pourrait être commercialisé d'ici un ou deux ans, le béton d'ici deux à cinq ans. L.B.



EMERGING OBJECTS - OMEGABYTE 3D - V. WIKTOR





FALUN (SUÈDE)

## Le premier data center zéro émission sort de terre

L'industrie informatique consomme 2 % de l'électricité mondiale, et le pourcentage dédié à Internet y tient une place croissante : les centres de données se multiplient sur la planète. Et certains ont besoin d'autant d'électricité qu'une ville moyenne pour fonctionner ! Mais la donne pourrait changer. En effet, la Suède se prépare à accueillir le premier data center qui produira plus d'énergie qu'il n'en consommera. Relié au réseau de chauffage urbain de la ville de Falun, à 200 km au nord de Stockholm, cet EcoDataCenter utilisera, l'hiver, la chaleur produite par les serveurs pour alimenter le service de chauffage de la ville. Et inversement... l'été, le réseau alimentera la climatisation des serveurs. Ouverture prévue en mars 2016.

E.T.A.

FRANCE

## Associer cultures hors-sol et aquaculture est à l'étude

Le projet Apiva, conduit par l'Inra, veut relancer une technique ancestrale mêlant aquaculture et hydroponie (culture des plantes hors-sol) : l'aquaponie. Le principe : fournir aux plantes l'engrais nécessaire grâce aux rejets des poissons. La difficulté consiste à trouver le juste équilibre entre espèces et quantité de poissons, et bactéries qui transforment les rejets en nitrates, principaux nutriments des plantes hors-sol. D'ici l'an prochain seront testés un système en eau chaude, avec des tilapias et du basilic, et un autre en eau froide avec des truites et des salades, dans le but d'une exploitation industrielle. E.T.A.



AMSTERDAM

# Ce cargo "à voile" intelligent promet d'optimiser le fret

Le transport maritime rejette un milliard de tonnes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère chaque année. Autant dire que les économies d'énergie sont une question centrale pour ce secteur. Afin de trouver un équilibre entre économie et écologie, le cabinet néerlandais d'architectes navals Dykstra a conçu l'Ecoliner, un cargo hybride associant à ses moteurs diesel quelque 4000 m<sup>2</sup> de voiles. Long de 138 m, ce quatre-mâts est capable de déplacer plus de 8000 t de fret à 18 nœuds. Il peut optimiser la force du vent en orientant ses mâts et en déroulant automatiquement la surface de voile adéquate pour économiser du carburant. Mieux encore, à l'aide d'un système de localisation par satellite et d'un suivi météo, il empruntera le parcours le plus approprié en fonction des vents et des courants. A la clé, des économies de temps et de carburant pouvant aller jusqu'à 50 %. En attendant de trouver un armateur, les voiles sont testées sur le *Faucon maltais*, un yacht de luxe. M.S.



Rendez-vous en...  
**2115**

## DES LOGICIELS CONÇUS AUJOURD'HUI FONCTIONNERONT ENCORE DANS 100 ANS

Si la plupart des programmes informatiques sont obsolètes au bout de quelques années, c'est parce qu'ils reposent sur l'utilisation de codes informatiques tiers spécifiques et des formats de données qui, disponibles au moment de leur création, sont ensuite rapidement remplacés par d'autres. Gênant pour les particuliers, coûteux pour les entreprises, catastrophique pour les responsables des installations stratégiques. Prenant le taureau par les cornes, la Darpa (l'Agence américaine de défense militaire) a donc décidé de développer de nouvelles techniques de programmation pour que les logiciels puissent fonctionner cent ans ! Pour cela, elle vient d'initier le projet Brass (Building Resource Adaptive Software Systems). Il vise à concevoir des concepts informatiques qui permettront à un programme d'analyser son propre objectif et ses besoins (par exemple, écrire quelque chose en mémoire), les ressources dont il dispose (comment est organisée la mémoire de la machine sur laquelle il tourne) et de se réécrire partiellement, ou d'ajuster ses propres paramètres pour fonctionner dans n'importe quel environnement (un vieux système d'exploitation ou un tout récent). Ainsi codé, votre bon vieux jeu de solitaire sera encore utilisable sur une machine en 2115 ! S.F.



CALIFORNIE

# Des planeurs pourraient rendre l'énergie éolienne accessible à tous

Parmi les nombreux projets fous, ballons ou drones solaires pour transmettre Internet, que teste aujourd'hui Google dans l'atmosphère, voici le dernier-né, Makani. Sous la carlingue de ce planeur conçu à l'origine par la start-up spécialisée dans l'énergie éolienne Makani Power, que Google a rachetée en 2013, se cache en réalité une éolienne d'un nouveau genre. Cet avion, qui a une envergure d'environ 25 m, est en effet équipé dans sa dernière configuration de huit hélices et de turbines électriques. Il sera arrimé au sol, comme un cerf-volant, par des câbles qui conduiront l'énergie vers une station d'accueil. Une fois lâché dans le ciel, Makani dessinera de larges cercles entre 140 m et 310 m d'altitude, actionnant ses huit hélices qui enverront jusqu'à 600 kilowatts vers la terre.

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

Pourquoi le corps stocke-t-il l'énergie sous forme de graisse? Dort-on vraiment mieux quand on est bercé?...

128

## A lire / à voir

Le Mobilier national dévoile ses artisans dans une exposition à Paris; un web-doc à propos de la traque publicitaire sur Internet; le festival "Futur en Seine" de l'innovation numérique.

132

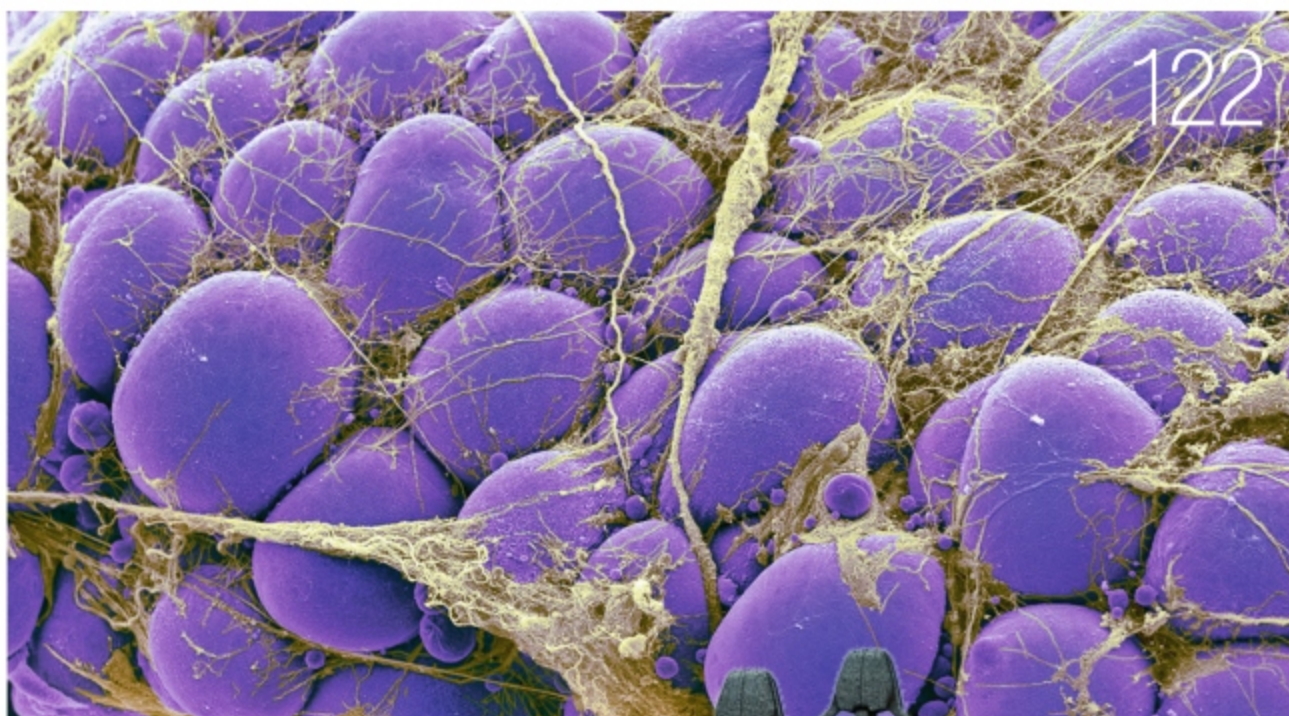
## Technofolies

L'hydroptère pour filer sur l'eau; le vélo qui prévient des dangers de la route; un capteur peut vérifier la qualité de l'air chez soi...

136

## Il y a... 110 ans

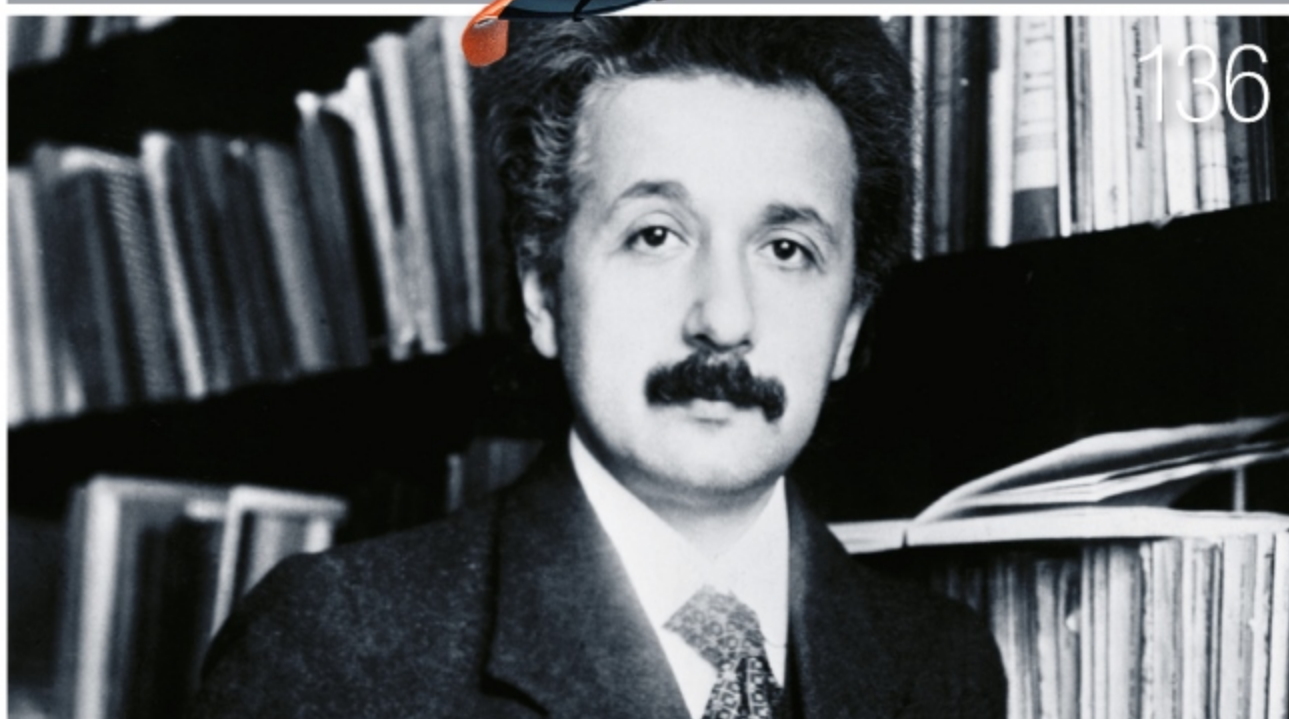
30 juin 1905: Albert Einstein publie les résultats de sa recherche qui fonde la théorie de la relativité restreinte, révolutionnant l'espace et le temps.



122



134



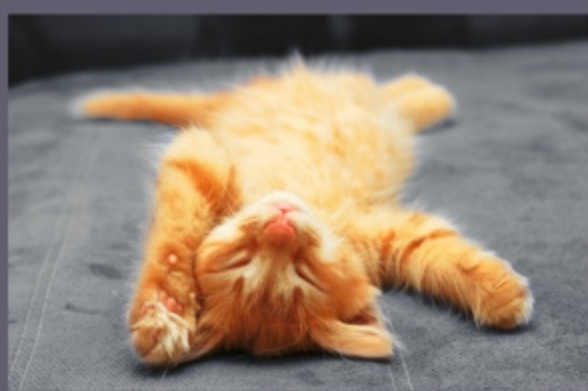
136

S. GRCHMEINER/SPL/PHANIE - WWW.QUADROFOIL.COM - HULTON ARCHIVE/GETTY



### **LES FUMEUSES ONT PLUS SOUVENT DES JUMEAUX**

En moyenne, il semble que la cigarette réduise la fertilité. Mais une étude récente suggère que, en fonction des gènes qu'elles portent, les femmes qui fument pourraient voir leur risque de grossesse gémellaire multiplié par 5, 7, voire 9! "American Journal of Hum. Bio.", avril 2015.



### **LES CHATS SOUFFRENT AUSSI DE LA POLLUTION INTÉRIEURE**

Les PBDE, perturbateurs endocriniens présents dans les meubles et la poussière, interviendraient dans l'apparition d'hyperthyroïdie chez 10% des chats. Optez pour des meubles récents (la réglementation est plus restrictive depuis 10 ans)! "Env. Sci. Technol.", avril 2015

### **UNE HEURE EN PLUS DE SOMMEIL DOPE LE DÉSIR FÉMININ**

Les chances qu'une femme ait des relations sexuelles avec son partenaire augmentent de 14% si elle a dormi une heure de plus la nuit d'avant, un bon sommeil stimulant le désir sexuel. L'étude a été réalisée auprès de 171 étudiantes. "J. Sex. Med.", mars 2015

## **CONSOMMER DES INSECTES NE SERAIT PAS SANS RISQUES POUR LA SANTÉ**

L'Anses (agence sanitaire française) a analysé les risques associés à la consommation d'insectes: ils peuvent être chimiques (venins, notamment), physiques (dus aux parties dures de l'insecte, comme le dard), mais aussi liés à la méconnaissance des conditions d'élevage et des allergènes contenus dans ces nouveaux aliments. En attendant la mise en place de normes et d'un encadrement adapté, l'Anses recommande la prudence aux consommateurs prédisposés aux allergies, et invite à ne pas consommer d'insectes crus. "Anses", février 2015

## **LES MOTEURS DE RECHERCHE AMÈNENT À SURESTIMER SA CULTURE**

"Je ne sais qu'une chose, c'est que je ne sais rien." Socrate aurait probablement été moins modeste s'il avait eu accès au wi-fi... Des chercheurs américains ont démontré que la quête d'informations à l'aide d'un moteur de recherche donnait l'impression inconsciente de posséder beaucoup plus de connaissances que ce que l'on sait réellement, même sur un sujet totalement indépendant de celui "googlé". Cet effet serait dû à l'accès très aisé et immédiat à une quantité quasi infinie d'informations, qui obscurcit la ligne que nous traçons inconsciemment entre ce que nous savons et ce que nous pouvons savoir. "Journal of Experimental Psychology: General", mars 2015



VITA KHORZHEVSKA/SHUTTERSTOCK - TWIN DESIGN/SHUTTERSTOCK - EMILIO SCOTI/LOOKATSCIENCE - JAVIER LARREA/AGE FOTOSTOCK





## LE RIZ À L'HUILE EST MOINS CALORIQUE QUE LE RIZ À L'EAU!

Diviser par deux les calories apportées par le riz, c'est possible: il suffit d'y ajouter de l'huile! C'est ce qu'affirment des chimistes sri-lankais, qui ont testé l'impact de 38 modes de cuisson différents sur l'assimilabilité de cette céréale. La recette la plus efficace est toute simple: ajouter à l'eau de cuisson 2 cuillères à café d'huile par bol de riz puis le laisser au réfrigérateur pendant au moins 12 heures. L'huile va entraîner, durant le refroidissement, la formation, à l'extérieur des grains bouillis, d'un amidon dit résistant, qui ne sera pas attaqué par les enzymes digestives de l'intestin et se comportera donc comme une fibre plutôt que comme une source d'énergie. La réduction calorique obtenue lors du test était de 15% mais pourrait atteindre 50% avec d'autres variétés de riz. "American Chemical Society Meeting", mars 2015

### LES APPLIS GRATUITES ONT UN COÛT

Beaucoup d'applications pour smartphones sont gratuites... ou presque. À cause des pubs elles consomment 16% d'énergie en plus, utilisent 22% d'espace de stockage supplémentaire et encomrent plus le réseau (+79%) que les payantes. "ICSE", mai 2015

### LA LUNE N'INFLUENCE PAS LE JOUR DE LA NAISSANCE

Ce n'est pas parce que demain est un jour de pleine lune qu'il faut se préparer pour la maternité! L'analyse d'anciennes données qui suggéraient une corrélation entre pleine lune et hausse des naissances a une nouvelle fois infirmé cette rumeur. "Nurs. Res.", mars 2015

### LA CLIMATISATION EST LE FLEAU DE DEMAIN

À l'approche de l'été, des chercheurs alertent sur le risque écologique lié à la généralisation des climatiseurs. Au Mexique, par exemple, cette tendance pourrait entraîner une augmentation de 83% de la consommation d'électricité de chaque maison d'ici à 2100! "Pnas", avril 2015

## EN ENTRETIEN, LES TICS NERVEUX IMPORTENT PEU

Voix et mains tremblantes, regard fuyant... nombre de candidats à l'embauche sont victimes de leur stress lors de l'entretien. Mais ces symptômes ne donnent pas tous une mauvaise impression au recruteur. En analysant 119 faux entretiens, des Canadiens ont remarqué que la plupart des tics nerveux n'ont aucun impact. Mis à part le fait de buter sur les mots, qui est bel et bien fâcheux, les opinions négatives sont plutôt liées à l'attitude générale du candidat nerveux, qui a tendance à être moins enthousiaste, optimiste ou attentif. C'est donc sur ces points que les anxieux gagneraient à travailler. "Journal of Business and Psychology", avril 2015





# Dort-on vraiment mieux quand on est bercé ?

Question de Alain Berionni, Joux-la-Ville (89)

Oui. Que l'on soit calé dans un hamac en mouvement, assis dans un train ou blotti dans les bras de sa maman, la stimulation rythmique perçue par notre organisme provoquerait une synchronisation des neurones qui favoriserait le sommeil.

En effet, alors qu'en état de veille, nos neurones déchargent à des moments différents les uns des autres, ils se synchronisent pendant le sommeil, entraînant une baisse de la fréquence des ondes cérébrales. *"On suppose donc que le rythme du bercement favorise cette activité naturelle rythmique qui a lieu*

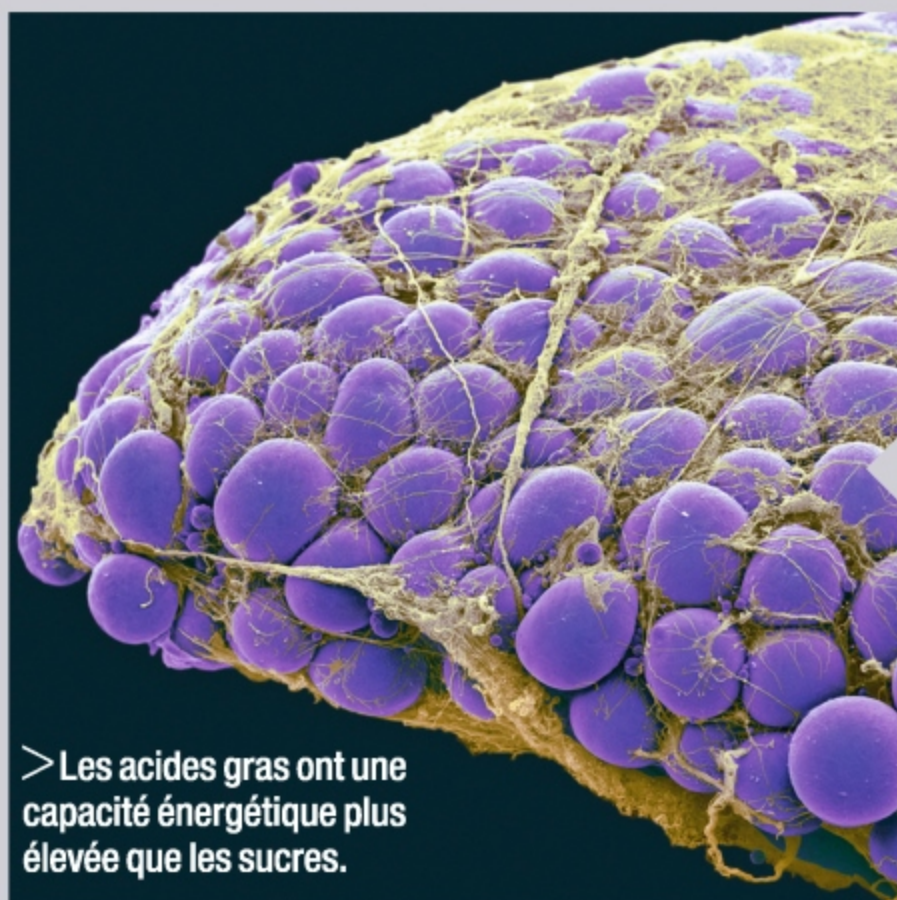
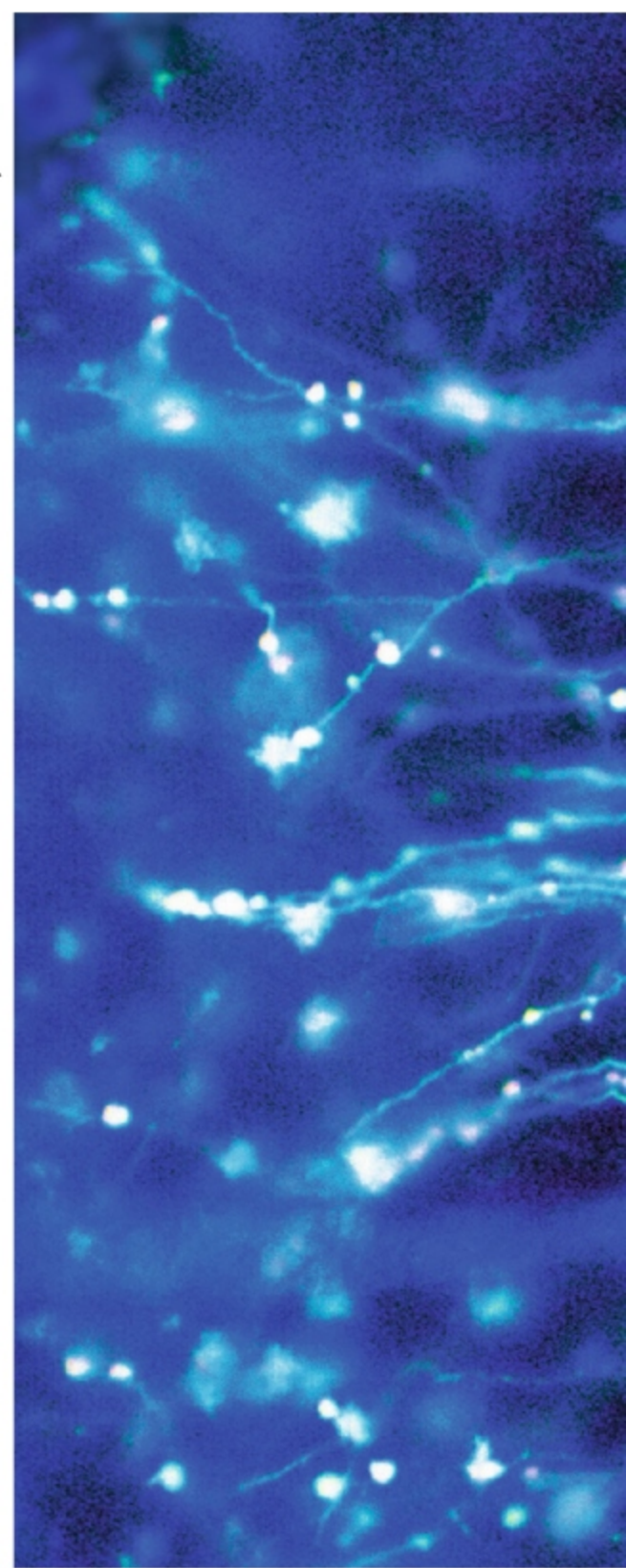
*dans le cerveau pendant le sommeil"*, résume Sophie Schwartz, chercheuse en neurosciences à la faculté de médecine de l'université de Genève, qui a mené des études sur le sujet.

## UN SOMMEIL RÉCUPÉRATEUR

Le mécanisme en jeu n'est pas encore nettement établi. Cette stimulation rythmique serait perçue, en particulier, par le système vestibulaire, organe situé dans l'oreille interne, et impliqué dans la sensation de mouvement et la notion d'équilibre. *"Le mouvement perçu induirait ainsi une synchronisation de l'activité neuronale*

*locale, transmise ensuite à d'autres régions du cerveau, facilitant un passage de l'éveil au sommeil"*, précise la chercheuse.

En tout cas, un bercement doux et régulier aide bel et bien à s'endormir plus vite, avec un sommeil plus récupérateur, pour les bébés comme pour les adultes. Et cela a été démontré en 2011, lorsque les équipes de Sophie Schwartz et Michel Mühlenthaler ont comparé, grâce à un électroencéphalogramme, les ondes cérébrales de dormeurs sur un lit stable, puis sur un lit animé d'un léger balancement. **H.G.**



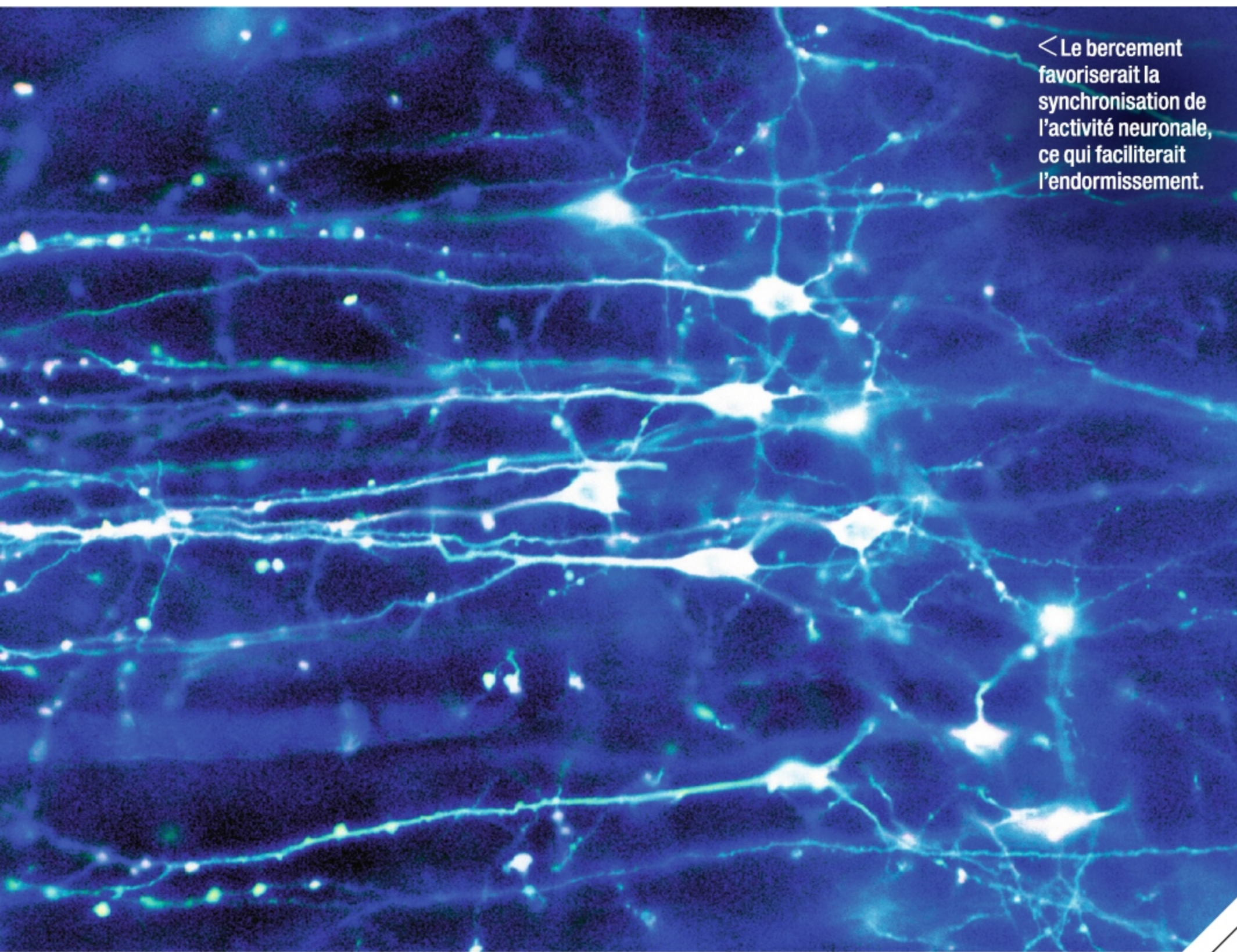
> Les acides gras ont une capacité énergétique plus élevée que les sucres.

## Pourquoi le corps stocke-t-il l'énergie sous forme de graisse ?

Question de K. Boxberger, Burgbrohl (Allemagne)

*"Le corps libère de l'énergie à partir des graisses, mais aussi des sucres, répond Etienne Lefai, du département Alimentation humaine à l'Inra. Ce duo est essentiel au bon fonctionnement de l'organisme."* Les cellules graisseuses captent et emmagasinent les lipides pour assurer des fonctions vitales (résistance au froid, activation des défenses immunitaires...). Les sucres, stockés dans le foie ou les cellules musculaires, permettent, eux, de libérer rapidement de l'énergie sous forme de glucose, notamment entre les repas. *"Les acides gras, précise Etienne Lefai, ont une capacité énergétique plus élevée, mais les mobiliser nécessite plus de temps."* Sans graisses, pas de marathon; mais sans sucres, impossible de courir le 100 mètres! **A.P.**





< Le bercement favoriserait la synchronisation de l'activité neuronale, ce qui faciliterait l'endormissement.



## Une bouture vit-elle autant de temps que la plante originelle ?

Question d'André Legrand, Biévène (Belgique)

Ni plus ni moins : une bouture a la même espérance de vie et les mêmes besoins que la plante initiale. Clone de la plante mère, elle est génétiquement identique à cette dernière. Si un clone vieillit prématurément chez les espèces animales, en raison de l'arrêt précoce du développement cellulaire, *"ce n'est pas le cas pour les végétaux : le nombre de divisions des cellules embryonnaires d'une plante est illimité"*, note Williams Moore, ingénieur forestier et gérant de la formation L'atelier de l'arbre. Qu'importe que le bouturage ait été réalisé naturellement ou de manière artificielle. Les racines de la bouture pousseront et celle-ci pourra débuter sa croissance. D'ailleurs, de nombreuses plantes vendues en pépinière et jardinerie proviennent d'un simple bouturage.

F.C.



# Quel est le mécanisme qui permet à la queue du lézard de repousser ?

Question de Thomas Arknuright, Paris 16<sup>e</sup>

Le petit reptile réalise cet exploit grâce à des cellules souches qui peuvent, en près de soixante jours, régénérer son membre disparu en fabriquant tous les tissus qui composent sa queue: muscles, cartilage, nerfs... (voir infographie).

Une équipe de biologistes de l'université d'Etat de l'Arizona, aux Etats-Unis, dirigée par Elizabeth D. Hutchison, a montré l'année dernière que cette

régénération mobilise pas moins de 326 gènes, activant de multiples mécanismes de réparation et de développement tissulaires.

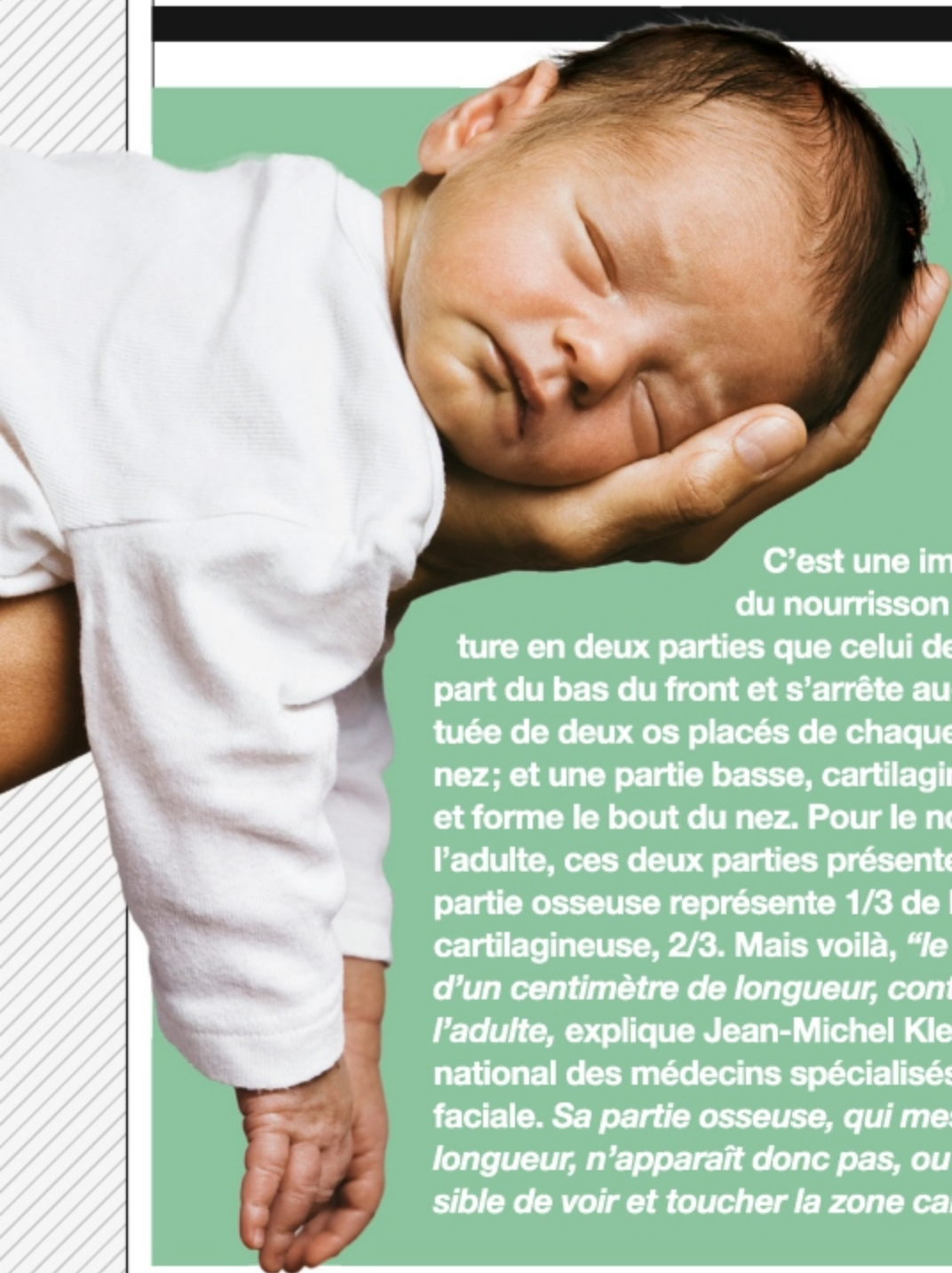
## UNE PISTE POUR L'HOMME

Ce processus biologique, qui permet au lézard de perdre volontairement sa queue, afin de distraire un éventuel prédateur et d'avoir ainsi le temps de fuir, intéresse fortement les chercheurs. En effet, ces gènes, qui inter-

viennent dans des voies conservées chez les vertébrés – y compris chez l'homme –, pourraient être des cibles de choix dans le développement de stratégies de médecine régénérative pour les tissus humains comme les muscles, le cartilage, ou même la moelle épinière!

Une telle régénération d'appendices existe aussi chez un certain nombre d'autres vertébrés, comme

la salamandre (qui peut régénérer sa queue ou même un membre entier) ou le poisson-zèbre (sa nageoire caudale). Mais en tant qu'amniotes (vertébré dont le fœtus est protégé par un sac amniotique), les lézards sont plus proches de nous d'un point de vue évolutif. Mieux comprendre leur processus de régénération pourrait donc mener à des thérapies plus adaptées. **K.B.**



## Pourquoi le nez des bébés est-il mou ?

Question de D. Steinberg, Fontenay-le-Fleury (78)

C'est une impression trompeuse. Le nez du nourrisson a exactement la même structure en deux parties que celui de l'adulte: une partie haute, qui part du bas du front et s'arrête au-dessus des narines, constituée de deux os placés de chaque côté de la ligne médiane du nez; et une partie basse, cartilagineuse, qui prolonge l'os nasal et forme le bout du nez. Pour le nourrisson comme pour l'adulte, ces deux parties présentent les mêmes proportions: la partie osseuse représente 1/3 de la longueur du nez; et la partie cartilagineuse, 2/3. Mais voilà, "le nez du bébé mesure moins d'un centimètre de longueur, contre plusieurs centimètres chez l'adulte, explique Jean-Michel Klein, président du Syndicat national des médecins spécialisés en ORL et chirurgie cervico-faciale. Sa partie osseuse, qui mesure en moyenne 2 à 3 mm de longueur, n'apparaît donc pas, ou presque, alors qu'il est possible de voir et toucher la zone cartilagineuse, de 4 à 6 mm". **K.B.**

## Comment

Question de Marie-Domini

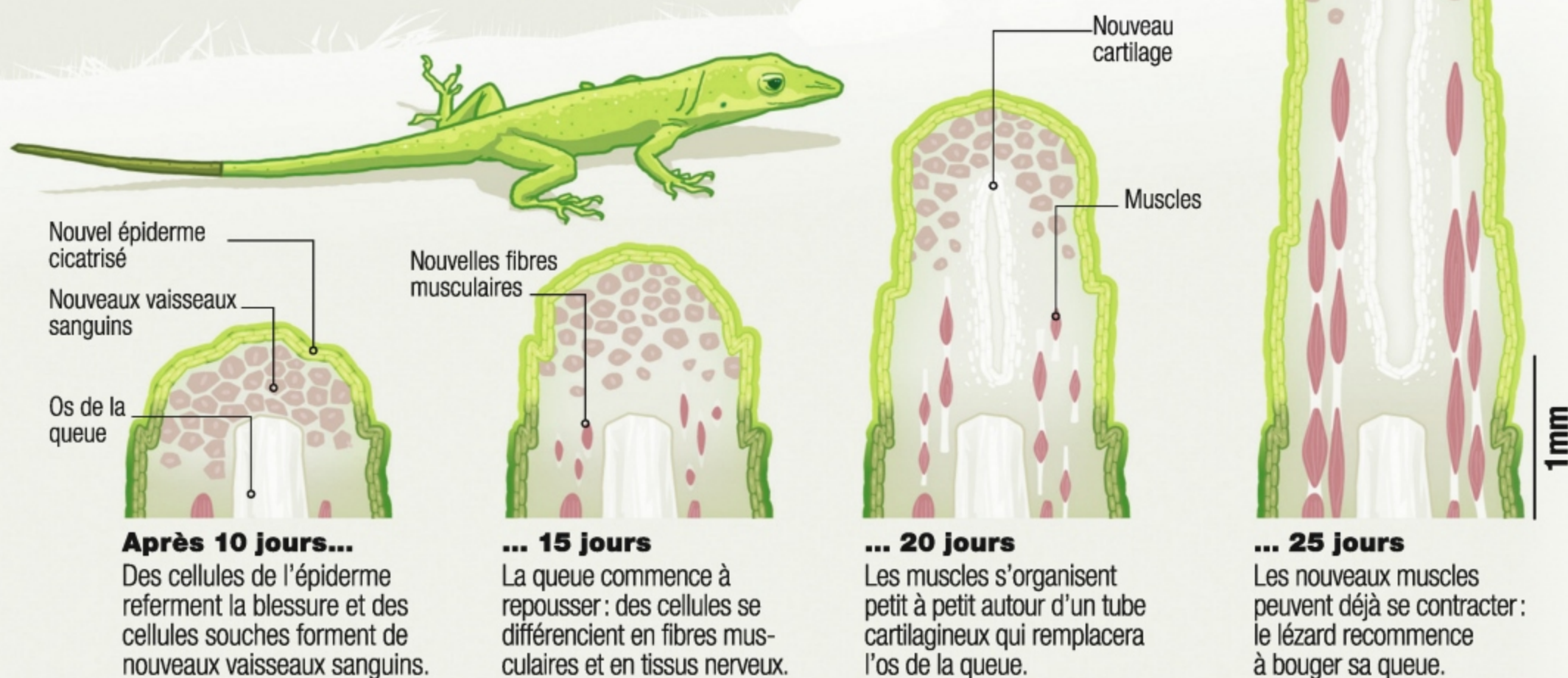
"Des dizaines de théories existent, mais aucune n'est convaincante", répond Thierry Lodé, biologiste à l'université de Rennes et spécialiste de la sexualité animale.

Rappelons d'abord que, à proprement parler, la femme est la seule femelle mammifère à posséder des seins, c'est-à-dire une accumulation de cellules graisseuses autour des glandes mammaires. Chez les autres mammifères, la poitrine est réduite à de simples mamelons et ne prend du volume qu'au moment de la lactation. Ce n'est donc pas dans l'allaitement



## Les cellules souches situées dans la queue vont se différencier en muscles, cartilage et vaisseaux sanguins

Certaines cellules souches, dites "satellites", se trouvent dans les muscles du lézard. Sous l'effet des signaux chimiques libérés quand il perd sa queue, ces cellules vont migrer et se multiplier au bout de l'appendice, où elles se différencieront en muscles et en cartilage. D'autres cellules souches renouvellent, elles, la peau et les vaisseaux sanguins.



## explique-t-on que la femme ait des seins ?

que Matte, Gatineau (Québec)

qu'il faut chercher la fonction des seins humains.

Où alors ? Parmi les théories avancées, l'une d'elles stipule que les seins proéminents d'une femme signaleraient, par les réserves de graisses qu'ils contiennent, un meilleur accès aux ressources alimentaires. Dans une étude de 2013, des chercheurs ont ainsi montré que les hommes en situation de précarité alimentaire, ou n'ayant pas encore mangé, étaient plus attirés par les gros seins que les hommes riches, ou venant de finir un repas.

Mais comme le souligne Thierry Lodé, "toutes les

explications partent de l'hypothèse selon laquelle les hommes sont attirés par les gros seins : les pressions sélectives auraient donc favorisé l'augmentation du volume mammaire. Or, si c'est peut-être le cas dans nos civilisations occidentales, ce n'est pas vrai dans toutes les populations humaines."

### PEUT-ÊTRE LIÉ À LA BIPÉDIE

La théorie la plus médiatisée est sans doute celle développée en 1967 par Desmond Morris dans son ouvrage *Le singe nu*. Selon ce zoologue anglais, l'apparition de la bipédie chez

les premiers hominidés se serait accompagnée d'un changement de position sexuelle, les animaux quadrupèdes pratiquant la levrette tandis que l'homme bipède préférerait la position du missionnaire. Avec un inconvénient pour le mâle : dans cette position, il n'est plus stimulé par la vision des fesses de sa partenaire. D'après Desmond Morris, les seins auraient alors pris du volume pour rappeler les fesses de leurs ancêtres quadrupèdes.

Une théorie qui, selon Thierry Lodé, présente plusieurs faiblesses : "Outre le fait qu'elle est invérifiable,

on ne sait rien de la sexualité de nos ancêtres. S'il est possible que la bipédie a favorisé la position du missionnaire, le bonobo la pratique également."

Enfin, si les seins ont indéniablement un caractère sexuel, leur fonction de séduction n'est pas évidente : dans le règne animal, ce sont les mâles qui tentent de convaincre par leurs atouts les femelles de s'accoupler avec eux, et non l'inverse. Selon le biologiste, "les seins étant très innervés, et donc érogènes, les caresses augmentent les chances d'obtenir le consentement de la femme".

C.H.



# Un serpent venimeux peut-il être foudroyé par son propre venin ?

Question de Lucas Foures, Woimbey (55)

Cela dépend des espèces. Sur les quelque 3500 dénombrées, certaines sont immunisées contre leur propre venin, d'autres non. *"Il existe des espèces immunisées contre plusieurs venins, comme le cobra royal [photo], qui se nourrit d'autres espèces de serpents, note Nicolas Vidal, chercheur au Muséum national d'histoire naturelle. On ignore cependant tout des réactions en jeu."* Rémi

Ksas, éleveur de serpents pour VenomWorld, imagine la possibilité d'une auto-immunité spécifique de chaque individu à son propre venin: *"On sait que chaque serpent possède un venin légèrement différent. Cette particularité laisse la possibilité d'une auto-immunité au cas par cas. Malgré tout, aucune étude n'est venue le*



*confirmer ou l'infirmer."* Et ce pour une raison simple: *"La libération du venin est une action consciente et séparée de la morsure. Si un serpent se mord par inadvertance, ce sera à sec."* B.C.

## Pourquoi certains accords musicaux sonnent-ils faux ?

Question de R. Lefebvre, Bruxelles

*"Cette question fait l'objet d'un vif débat depuis plusieurs siècles, répond le mathématicien grenoblois Frédéric Faure, qui étudie les liens entre la musique et les maths. Certains scientifiques pensent que cela est surtout dû à notre culture, et serait donc appris, quand pour d'autres, cela découlerait d'une aptitude innée nous permettant d'analyser les accords [notes émises simultanément]. Cette capacité, essentielle pour comprendre la voix humaine, ferait en sorte que notre cerveau perçoive comme naturellement justes les harmo-*

*niques existant dans la voix, et comme faux, les autres."*

Cette dernière thèse remonte à l'Antiquité. Les mathématiciens grecs Euclide et Pythagore observèrent que les accords jugés agréables, que l'on retrouve dans la voix humaine, sont ceux dont le rapport entre leurs fréquences (nombre de vibrations produites dans un temps donné) est égal à une fraction simple, comme 1/1, 2/1, 3/2, 4/3... *"Ainsi, un intervalle de notes ayant un rapport de fréquences égal à 19/13 ou à 27/14 sonnera faux",* précise Frédéric Faure.

Pourtant, certains travaux indiquent, au contraire, que c'est surtout notre éducation musicale qui serait en cause. Ainsi, une étude publiée en 2013 suggère que l'on trouve moins désagréables les accords que l'on a déjà entendus, et qu'on peut apprendre à trouver consonants des sons jugés à la base dissonants. Ce qui va dans le sens de la thèse d'Arnold Schönberg, un compositeur célèbre pour sa musique atonale très dissonante, qui clama que la dissonance était une question de convention, et que nous pouvions apprendre à l'aimer en nous y habituant.

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

SHUTTERSTOCK



Offre spéciale ***Profitez de 46% de réduction !***

# Abonnez-vous à Science & Vie

**59,90 €** seulement  
au lieu  
de 112,20 €.

et recevez la

# Clé USB 32 GO

**1 an d'abonnement  
+ 4 hors-séries  
+ 2 éditions spéciales**



Soit  
**46%**  
de réduction



**Vos données vous accompagnent dans tous vos déplacements !  
Stockez plus de 96 h de vidéos, 8 000 chansons, 16 000 photos !**

# 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 numéros + 4 hors-séries + 2 éditions spéciales )  
**+ la clé USB 32GO EMTEC pour seulement 59,90€**  
 au lieu de ~~112,20 €~~ **soit 46 % de réduction**



819 375

☐ **Je préfère seulement m'abonner à Science & Vie**  
pour 1 an (12 n° + 4 HS + 2 ES) pour **55,90€** au lieu de  
~~91,40 €~~ (prix kiosque) **soit 38 % de réduction**

819 383

☐ **Je commande seulement la clé USB 32 GO**  
pour **29 €** et je joins à mon courrier le règlement  
total de ma commande

819 391

➤ **Voici mes coordonnées :**

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : .....

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

Code Postal :      Ville :

Tél :      Gràce 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 (ou une Mondadori)

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


 Date et signature obligatoires

Entity 1	Entity 2	Entity 3	Entity 4	Entity 5	Entity 6	Entity 7	Entity 8	Entity 9	Entity 10	Entity 11	Entity 12	Entity 13	Entity 14	Entity 15	Entity 16	Entity 17	Entity 18	Entity 19	Entity 20	Entity 21	Entity 22	Entity 23	Entity 24	Entity 25	Entity 26	Entity 27	Entity 28	Entity 29	Entity 30	Entity 31	Entity 32	Entity 33	Entity 34	Entity 35	Entity 36	Entity 37	Entity 38	Entity 39	Entity 40	Entity 41	Entity 42	Entity 43	Entity 44	Entity 45	Entity 46	Entity 47	Entity 48	Entity 49	Entity 50	Entity 51	Entity 52	Entity 53	Entity 54	Entity 55	Entity 56	Entity 57	Entity 58	Entity 59	Entity 60	Entity 61	Entity 62	Entity 63	Entity 64	Entity 65	Entity 66	Entity 67	Entity 68	Entity 69	Entity 70	Entity 71	Entity 72	Entity 73	Entity 74	Entity 75	Entity 76	Entity 77	Entity 78	Entity 79	Entity 80	Entity 81	Entity 82	Entity 83	Entity 84	Entity 85	Entity 86	Entity 87	Entity 88	Entity 89	Entity 90	Entity 91	Entity 92	Entity 93	Entity 94	Entity 95	Entity 96	Entity 97	Entity 98	Entity 99	Entity 100
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

Les 3 chiffres au dos de votre CB

\*Prix public et Prix de vente en librairie. Offre valable pour un 1er abonnement Euré en France métropolitaine jusqu'au 31/08/15 et dans la limite de

stocks disponibles. Je peux acquérir séparément chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4.30 €, chacun des hors-série au prix de 4.95€ et chacune des Editions Spéciales au prix de 5.95€ et la clé USB au prix de 29€. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement à

de nous écrire en indiquant vos coordonnées.

Science & Vie - TSA 10005 8 rue François Ory 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

C1173



**NOUVEAU !** Recevez  
la version numérique  
**OFFERTE** avec votre  
abonnement papier !



Disponible sur  
KiosqueMag.com

\*Prix public et Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 31/08/15 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquérir séparément chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,30 €, chacun des hors-série au prix de 4,95€ et chacune des Editions Spéciales au prix de 5,95€ et la clé USB au prix de 29€. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données vous concernant. Il vous suffit de nous écrire en indiquant vos coordonnées.  
Science & Vie - TSA 10005 8 rue François Drr 92543 Montrouge cedex RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €



*Exposition "L'esprit et la main"*

# Le Mobilier national dévoile ses artisans

Le Mobilier national est un mythe à lui tout seul, la caverne d'Ali Baba de la République, le témoin vigilant de nos arts décoratifs depuis plus de quatre siècles...

Quelle autre institution peut se targuer de disposer de quelque 100 000 objets ancrés dans l'histoire nationale, et d'une élite d'artisans consacrée à leur conservation?

Ce patrimoine inestimable, propriété de tous, se laisse voir dans les palais de l'Etat, lors d'expositions... Mais pour la première fois, ce sont les doigts de fée chargés de son entretien que le Mobilier national met en lumière, occasion unique de découvrir les techniques et les subtils tours de main de ceux qui font vivre les ors de la République.

Tapissiers, menuisiers et autres bronziers sortent enfin de l'ombre: les voilà, les vraies têtes d'affiche de l'exposition "L'esprit et la main" montée à la prestigieuse Galerie des Gobelins.

Si le parcours commence par un aperçu classique – mais toujours bluffant – des réserves et de leurs trésors, il révèle toute son originalité avec ses reconstitutions des sept ateliers de restauration du Mobilier national: lustrerie-bronze, ébénisterie,

menuiserie en sièges, tapisseries, tapis, tapisserie d'ameublement et de décor.

Chaque espace déploie ses outils, des plus ancestraux (ciseaux à bois, épingles...) aux plus modernes (image 3D), ses documents de travail – parfois rédigés à la plume deux siècles plus tôt – et ses matières premières données à toucher. Des vidéos présentant les techniques et les artisans complètent l'ensemble.

## DE PRÉCIEUX SAVOIR-FAIRE

Surtout, chaque jour, dans deux à six ateliers, les maîtres de la restauration dévoilent eux-mêmes les secrets de leur savoir-faire, au travail, outils en main.

Au fil des questions et des gestes, on découvre les défis techniques propres à chaque atelier, des pièces emblématiques, les anecdotes qui émaillent le quotidien de ces métiers peu communs...

Les experts du mobilier contemporain détaillent l'usage et le vieillissement des différents types de mousse (pour les fauteuils).

Leurs collègues de l'ébénisterie évoquent les particularités des réalisations de chaque époque, telle la sophistication des meubles en marqueterie Boulle, dont les matériaux variés vieillissent mal ensemble.

En tapisserie, on comprend l'infinie patience, l'extraordinaire précision dont il faut faire preuve pour remplacer les fils de trame d'un tapis époque Louis XV éventré.

On plonge ainsi dans les méandres de la restauration et de la conservation... dont on perçoit les limites: jusqu'où retoucher? Quels objets seront seulement stabilisés, quels autres seront solidifiés et repris?

Chaque tapis, chaque canapé est analysé: sa rareté et sa fonction déterminent un classement (muséal ou d'usage), qui influera à son

^ v Les sept ateliers de restauration, dont ceux d'ébénisterie et de tapisserie, ont été reconstitués; les experts y travaillent sous les yeux des visiteurs.



V. LEROUX/MOBILIER NATIONAL ET MANUFACTURES DES Gobelins, DE BEAUVAIS ET DE LA SAVONNERIE





tour sur le niveau d'intervention. Lequel se fera toujours avec les techniques employées à l'époque de la réalisation de l'objet. Pas moins de 1 500 pièces sont ainsi traitées chaque année.

Et ces professionnels passionnés ne se contentent pas de préserver l'histoire de notre pays. Au-delà de cette mission emblématique, le

Mobilier national est également un creuset de création particulièrement apprécié des designers pour sa connaissance des matériaux, sa maîtrise des savoir-faire et sa force d'innovation. En effet, ses artisans ne craignent pas de tester nouvelles technologies et nanomatériaux pour enrichir leur palette.

Emilie Rauscher



#### ► L'esprit et la main

► Jusqu'au 17 janvier 2016, de 11 h à 18 h, sauf les lundis; fermeture d'été du 1<sup>er</sup> août au 18 sept.

► Galerie des Gobelins, 42, avenue des Gobelins, 75013 Paris.

► Visites-conférences les samedis à 14 h 30 et 16 h.

► Plein tarif: 6 €; réduit: 4 €.

► <http://tinyurl.com/ksoqnnu>

#### WEBDOC

##### ► Do not track

► De Brett Gaylor

► <https://donot-track-doc.com/fr/fr/79nord/>



Nul besoin d'être inscrit sur un réseau social pour être traqué sur le Net: des dizaines d'entreprises répertorient le temps que vous passez sur chacune des pages visitées, les liens sur lesquels vous cliquez, le lieu où vous vous trouvez... Et revendent ces informations à des annonceurs publicitaires. Issu d'un regroupement international de journalistes spécialisés et d'experts d'Internet, *Do not track* en livre une démonstration personnalisée au fil de 7 épisodes, mis en ligne du 14 avril au 9 juin. Chacun détaille, avec vos propres données, les techniques de profilage des entreprises numériques, et propose des outils pour protéger sa vie privée sur le Web.

F.L.

#### FESTIVAL

##### ► Futur en Seine

► Du 11 au 21 juin en Ile-de-France

► [www.futur-en-seine.paris](http://www.futur-en-seine.paris)



C'est le rendez-vous annuel de l'innovation numérique en France. Organisé par Cap Digital depuis 2009, "Futur en Seine" propose des démonstrations de prototypes, plateformes numériques et "applis", ainsi que des ateliers et conférences grand public mobilisant chercheurs, start-up et grands groupes industriels. Au programme cette année: robots, plateformes de santé connectée, imprimantes 3D, éclairage intelligent, capteurs cérébraux et drones. Tandis que les conférences aborderont la cartographie 3D de l'espace public ou encore le contrôle du Net sur l'économie culturelle. Une mine d'idées et de découvertes pour les esprits branchés.

F.L.



# 24h LE MANS

## AU CŒUR DE

Les courses d'endurance, par les contraintes qu'elles imposent, constituent un véritable incubateur de technologies. Que dire alors des mythiques 24 Heures du Mans qui ajoutent à la recherche de performances celle d'efficacité et de fiabilité.

**Pour gagner les 24 H, il faut être performant, sobre et fiable.**



mancelle a vu naître, en plus de 90 ans, nombre d'innovations qui ont changé la vie des automobilistes. Et c'est loin d'être fini.

Pour mieux répondre aux problématiques – écologiques et économiques – de notre époque, le règlement des 24 Heures a autorisé le recours à l'hybride dès 2009. Mais c'est en 2014 qu'a eu lieu la véritable rupture. Cette année-là a été imposée une quantité d'énergie

précise par tour. L'objectif ? Mettre la maîtrise de la consommation au cœur des efforts des constructeurs. De fait, les concurrents de la catégorie prototypes (LM P1) doivent composer avec environ 4,6 litres/tour pour les moteurs essence et 3,75 litres/tour pour les diesels. Sachant que ce chiffre varie de façon inversement proportionnelle à la puissance du système hybride. Car parallèlement à cette bride sur la consommation, le règlement laisse une liberté totale sur les choix technologiques. Et les constructeurs ne se sont pas privés, ils ont chacun suivi leur propre voie.

**S**avez-vous que lorsque vous freinez, c'est une innovation éternelle aux 24 Heures du Mans qui permet à la voiture de s'arrêter avant qu'il ne soit trop tard ? Les freins à disques, qui ont donné la victoire de l'épreuve à une Jaguar Type C en 1953, équipent aujourd'hui la quasi-totalité des modèles qui circulent sur la route. Véritable banc d'essai grandeur nature, la course

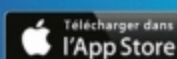
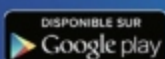
### LES 24 H DU MANS PRATIQUE

**DATE :** 13 - 14 juin, départ de la course 15h  
**BILLETS :** 75 € (essais + course), gratuit pour les moins de 16 ans

**RENSEIGNEMENTS**  
[www.24h-lemans.com](http://www.24h-lemans.com)



**APPLICATION  
24 HEURES DU MANS**



**Audi R18 E-Tron Quattro**

### AUDI R18 E-TRON QUATTRO

Depuis son arrivée en 2000, la marque aux anneaux a remporté 13 fois l'épreuve. La dernière évolution de la R18 utilise un 4.0 V6 turbo diesel (558 ch). Le système hybride repose sur une roue à volant d'inertie qui stocke



**Le moteur électrique entraîne les roues avant lors des accélérations**

et restitue l'énergie du freinage à un moteur électrique (272 ch) placé sur les roues avant.

### PORSCHE 919 HYBRID

Le constructeur, 16 fois vainqueur de l'épreuve par le passé, a fait son retour l'année dernière avec un 2.0 4 cylindres en V turbo essence (500 ch), doté de deux systèmes de récupération d'énergie. Le premier stocke l'énergie au freinage, le second récupère celle dégagée par les gaz d'échappement. L'électricité alimente un moteur (400 ch) placé sur le train avant.



**Porsche 919 Hybrid**



# L'INNOVATION

Les batteries sont installées au plus bas pour le centre de gravité

Greffé sur le V4, un système récupère l'énergie des gaz d'échappement

## 3 QUESTIONS À...



**VINCENT BEAUMESNIL,**  
DIRECTEUR  
PÔLE SPORTS  
À L'ACO

**Pourquoi l'épreuve des 24 Heures du Mans est-elle si propice à l'innovation ?**

■ Car c'est aujourd'hui la seule compétition automobile qui ne tombe pas dans la standardisation réglementaire. Certaines compétitions imposent des critères techniques tellement restrictifs que toutes les voitures finissent par se ressembler.

**Le règlement 2014 a-t-il atteint son objectif ?**

■ Absolument. On a lancé un défi technologique extrêmement dur à relever aux constructeurs. Grâce à leur travail, ils ont livré, sur la piste, des performances supérieures à nos attentes, des économies de carburant de l'ordre de 30 % et un niveau de fiabilité très impressionnant !

**N'aviez-vous pas peur de pénaliser le spectacle ?**

■ C'était une de nos préoccupations. Nous avons donc veillé à ce que le règlement ne détériore pas le niveau de performance des voitures. Il fallait aussi éviter que les pilotes conduisent à l'économie. En 2014, les voitures ont roulé plus vite que l'année d'avant, preuve que l'objectif est atteint.

La chaîne cinématique hybride de la Porsche 919



**Toyota TS040 Hybrid**

### TOYOTA TS040 HYBRID

La tenante du titre du championnat d'endurance (WEC) est propulsée par un 3.7 V8 essence atmosphérique épaulé par un système de récupération d'énergie sur chaque essieu. L'énergie est stockée dans un supercondensateur qui la restitue à deux moteurs électriques, un sur chaque essieu. La puissance totale dépasse les 1 000 ch.

### NISSAN GT-R LM NISMO

Nouvelle arrivante dans le pré carré des LM P1, la marque japonaise innove avec une traction moteur avant. Le 3.0 V6 essence biturbo est ainsi positionné devant le

pilote et entraîne les roues avant. Le système hybride repose ici sur une roue à inertie qui restitue l'énergie sous forme, non pas d'électricité, mais d'une force mécanique directement aux roues. L'ensemble délivrerait une puissance supérieure à 1 200 ch !

Le 13 juin prochain, avant le départ, chaque écurie - en LM P1 mais aussi LM P2, LM GTE Pro et Am - sera persuadée d'avoir la technologie pour remporter cette 83<sup>e</sup> édition. Au-delà du résultat final, on sait déjà qu'ici se seront dessinées les technologies qui feront rouler nos voitures de demain. ■



**Nissan GT-R LM Nismo**



# Le vélo qui prévient des dangers de la route

Voici le Valour, premier deux-roues qui vous alerte dès qu'il détecte un danger dans votre angle mort. Des capteurs à ultrasons sont intégrés dans le moyeu arrière, de telle sorte que si vous tentez de virer de bord alors qu'un véhicule s'apprête à vous dépasser, le guidon vous alerte illico: il déclenche des vibrations au niveau d'une des deux poignées du vélo pour indiquer le côté où le danger se profile.

Conçu par une start-up canadienne, Vanhawks, ce vélo en

fibre de carbone d'un peu plus de 7 kg est également capable de vous indiquer votre chemin. Il suffit pour cela de le connecter *via* Bluetooth à une application dédiée installée sur votre smartphone. Des diodes lumineuses situées des deux côtés du guidon s'illuminent alors afin de vous indiquer quelle direction prendre: à gauche, à droite... Enfin, une dernière application vous permet d'améliorer



vos trajets d'une fois sur l'autre grâce aux nombreux capteurs intégrés dans le châssis (accéléromètre, gyroscope, capteur

de vitesse...), afin de vous aider, par exemple, à éviter les nids-de-poule.**E.T.-A.**

Prix : à partir de 1 140 €. Rens. : [www.vanhawks.com](http://www.vanhawks.com)

> La tête du boîtier se place sur une clef et la tourne selon les indications de l'appli.



## Un accordeur de guitare sans fausses notes

Accorder son instrument n'est pas forcément une mince affaire pour tout le monde. Le Roadie, créé par Band Industries, se propose de le faire pour vous. Grâce à une application dédiée à charger sur votre smartphone, cet appareil, préalablement emboîté sur une des clefs de la guitare, écoute le son produit par la corde jouée et l'accorde automatiquement, comme il faut. Le Roadie vous dira aussi quand il est temps de changer vos cordes.

M.S.

Prix : 90 €. Rens. : [www.roadietuner.com](http://www.roadietuner.com)





< Le Valour informe sur les angles morts et peut aussi indiquer la direction à prendre, entrée sur votre smartphone.



Si les capteurs détectent un véhicule arrivant de l'arrière, le guidon vibre du côté du danger. Les LED servent à se diriger.

## LE COIN DES PROTOTYPES

### Un robinet écolo qui fait couler l'eau en spirale

Simin Qiu, étudiant au Royal College of Art de Londres, a imaginé un tout nouveau type de robinet qui permettrait de faire des économies d'eau tout en apportant une touche d'originalité. Oubliez l'écoulement rectiligne classique de votre robinet : ce projet dénommé Swirl fera couler l'eau de façon esthétique, sous forme de délicates spirales. Le dispositif repose simplement sur deux turbines installées à l'intérieur de l'objet, chacune faisant tourner l'eau dans un sens différent. Ce n'est pas tout : si l'on en croit les simulations réalisées par l'étudiant, ce système réduirait le débit, permettant ainsi d'économiser 15 % d'eau par rapport à un robinet classique. Un moyen élégant de lutter contre le gaspillage. **S.D.**

Rens. : <https://www.behance.net/gallery/22614295/Swirl>



## La table de ping-pong tout en carton

La Tennino est une table de ping-pong entièrement composée de pièces cartonnées. Conçue par les designers allemands de Kickpack, cette table de jeu tient dans une mallette (88 x 47,5 x 10 cm, pliée) et mesure 163 x 90 x 77 cm quand elle est sur pied (contre 274 x 152,5 x 76 cm pour une table de ping-pong classique). Il suffit de quelques minutes pour la monter soi-

même et commencer une partie dans un petit appartement. Tout est compris : quatre raquettes en carton, un filet et un tableau de score réalisés dans le même matériau, plus deux balles en mousse. **M.S.**

Prix : 60 €.

Rens. : <http://kickpack-shop.de>





# L'hydroptère pour filer sur l'eau

Cet étrange véhicule nautique biplace est doté d'un moteur électrique qui actionne une hélice à l'arrière. A une vitesse inférieure à 12 km/h, il se comporte comme un bateau hors-bord. Mais au-delà de ce seuil, les quatre ailes plongées dans l'eau (ou foils), en aluminium renforcé, s'élèvent dans les airs sous l'effet de la portance, transformant l'engin en hydroptère. La réduction des frottements facilite alors l'accélération et améliore l'efficacité énergétique, avec une vitesse de pointe de 30 à 40 km/h.

Le constructeur slovène Quadrofoil a porté ses efforts sur le système de direction afin d'offrir un modèle maniable. Le conducteur dispose ainsi d'un volant qui oriente les foils pour tourner : à 35 km/h, le véhicule vire de bord avec un rayon de 7 mètres seulement.

Silencieux, non polluant et formant très peu de vagues, ce scooter des mers volant a une autonomie de 50 à 100 km selon le modèle. Pour une sécurité maximale, il est insubmersible et a été conçu pour ne pas se retourner. **O.L.**

Prix : à partir de 15 000 €.   
 Rens. : <https://quadrofoil.com>



## La glacière qui s'autogonfle

Constatant qu'une glacière souple est certes pratique mais peu efficace pour maintenir longtemps son contenu au frais, Quechua a eu l'idée d'ajouter à son modèle Arpenaz 26L Compact Fresh

une isolation... par l'air ! Deux valves (comme sur les matelas de camping) lui permettent en effet de s'autogonfler avant usage. Alliée à un tissu maintenant la fraîcheur à l'intérieur et à un revêtement qui renvoie le rayonnement solaire à l'extérieur, cette innovation rend la glacière 60 % plus efficace qu'un modèle rigide, tout en étant deux fois plus légère (1 kg). **L.B.**

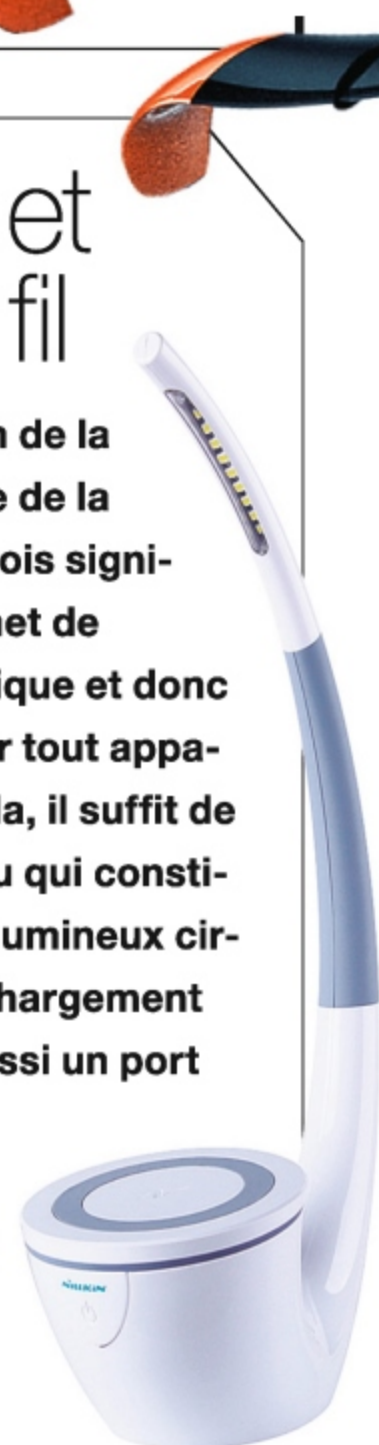
Prix : 40 €.   
 Rens. : [www.quechua.fr](http://www.quechua.fr)



## A la fois lampe et chargeur sans fil

La lampe de chevet à LED Phantom de la société chinoise Nillkin est équipée de la technologie Qi (comme le mot chinois signifiant "énergie naturelle"). Elle permet de transmettre, par induction magnétique et donc sans fil, de l'énergie pour recharger tout appareil électrique compatible. Pour cela, il suffit de poser ce dernier sur le petit plateau qui constitue le pied de la lampe. Un témoin lumineux circulaire s'allume, indiquant que le chargement est en cours. La lampe possède aussi un port USB pour recharger les appareils non compatibles. La durée de vie de sa LED est de 50 000 heures. **S.F.**

Prix : 50 euros   
 Rens. : <http://www.nillkin.com/english/proshow.asp?>





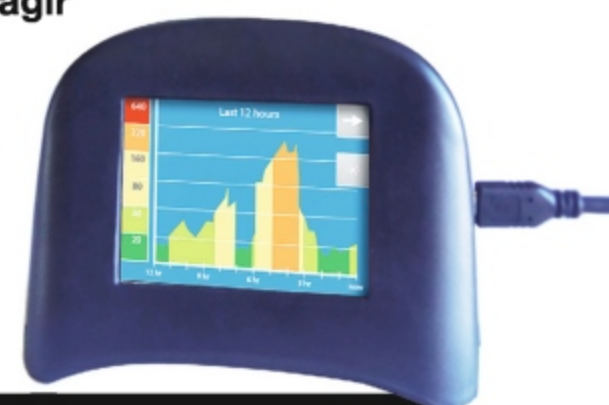


< Grâce à son moteur électrique, cet engin est silencieux et ne pollue pas.

## Ce capteur vérifie la qualité de l'air chez soi

**Comment connaître précisément la qualité de l'air que l'on respire chez soi ? Le capteur Speck, développé par l'Institut de robotique de l'université Carnegie Mellon, permet de suivre la concentration en particules fines de l'air de votre intérieur. L'écran indique instantanément quand ces particules, qui peuvent se loger dans les poumons et aggraver certaines maladies respiratoires ou cardiovasculaires, atteignent des seuils dangereux pour la santé. L'intérêt est aussi de voir l'impact de nos actions sur ces niveaux et d'agir en conséquence pour les réduire, en aérant, installant des filtres à air ou en modifiant nos habitudes. H.G.**

Prix : 184 €. Rens. : [www.specksensor.com](http://www.specksensor.com)



## Voici le "skate" sans "board"

Les Sidewinding Circular Skates sont un nouveau mode de déplacement inventé par l'entreprise américaine Hammacher Schlemmer. Les pieds posés sur des plates-formes intégrées à deux roues de 25 cm de diamètre, l'utilisateur adopte, pour avancer, une trajectoire sinueuse en balançant alternativement ses pieds d'avant en arrière, à l'image de la technique utilisée sur un skateboard à deux roues (wave-board).

L'intérêt ? Pouvoir circuler sur des surfaces meubles, telles que les

pelouses, et échapper aux défauts des terrains accidentés en offrant, par l'intermédiaire des grandes roues, une surface au sol

et un rayon de courbure plus importants. A.P.

Prix : 92 €. Rens. : [www.hammacher.com/Product/87067](http://www.hammacher.com/Product/87067)

✓ Deux roues comme sur un wave-board, mais en guise de planche, une plate-forme à l'intérieur de chaque roue.





30 juin 1905

# Einstein révolutionne l'espace et le temps

Lorsqu'il envoie, le 30 juin 1905, son manuscrit à la revue allemande *Annalen der Physik*, Albert Einstein a conscience d'avoir fait "un grand pas". A 26 ans, ce modeste employé du Bureau des brevets de Berne, en Suisse, n'est plus un inconnu. En mars, il a remis en cause le caractère ondulatoire de la lumière. En mai, il a expliqué que des grains de pollen, plongés dans un liquide, virevoltaient sans cesse à cause de l'agitation thermique des molécules du liquide. Einstein se consacre dès lors à la question qui l'obsède depuis dix ans : "Peut-on courir après un rayon lumineux et le rattraper?"

Dans ce cas, que verrait-on ? Sa réponse va bouleverser notre vision du monde.

Maxwell, un demi-siècle auparavant, avait montré que la lumière était une onde électromagnétique, qui avançait à environ 300 000 km/s. Mais par rapport à quoi ? Il ne le précisait pas, comme si cette vitesse avait un caractère absolu.

## DANS LES PAS DE GALILÉE

Or Galilée, quatre siècles plus tôt, avait souligné le caractère relatif de toute vitesse. Ce qui peut se traduire ainsi : si un voyageur marche à 5 km/h dans un train qui avance à 100 km/h, sa vitesse par rapport au quai est de  $100 + 5 = 105$  km/h.

D'un autre principe-clé découlait qu'un voyageur assis derrière des rideaux fermés ne peut savoir si le train est immobile ou roule à vitesse constante par rapport au quai. S'il lâchait un objet, il le verrait dans les deux cas tomber à la verticale. Les physiciens appelaient "repère galiléen" tout système de mesure en mouvement rectiligne uniforme ; et ils postulaient que les lois de la physique, exprimées dans n'importe lequel de ces repères, gardaient la même forme. Mais "rectiligne uniforme" par rapport à quoi ? Existait-il un espace immobile qui pourrait servir de repère absolu ? Depuis Newton, on en était convaincu.

Comment le mettre en évidence ? Grâce à la lumière. Puisqu'elle était une onde, il lui fallait un support pour se propager. Une substance immobile, ou "éther", supposée emplir l'espace et que les objets traversaient, y compris la Terre autour du Soleil. La vitesse d'un rayon lumineux par rapport à l'éther devait donc être plus ou moins grande selon qu'on la mesurait dans le sens de déplacement de la Terre ou dans l'autre, puisqu'à cette vitesse s'ajoutait, ou se retranchait, celle de la Terre. Beaucoup s'échinaient à détecter cet infime décalage. En vain. Selon Einstein, si tous avaient échoué, c'était

## SCIENCE&VIE en parlait déjà... PAR FIORENZA GRACCI

### 1934 LES ANTI-EINSTEIN À L'ATTAQUE

Un résultat "véritablement déconcertant" : la vitesse de la lumière, base de la relativité générale, pourrait en fait être variable ! "Les anti-relativistes en ont pris aussitôt avantage pour ressortir la vieille hypothèse du vent d'éther", relate S&V. Trente ans après avoir été gravées, les lois de la relativité restent difficiles à accepter. S&V n° 205

LA VITESSE DE LA LUMIÈRE EST-ELLE VARIABLE ?

Par S. HUGLIÉVITTE

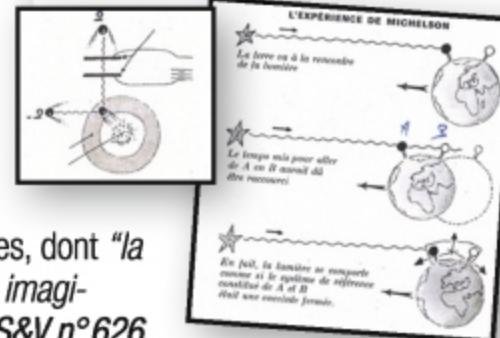
Les théories relativistes d'Einstein ont eu pour point de départ les célèbres expériences (1) effectuées par le physicien américain Michelson depuis 1881, et qui tendaient à démontrer que la vitesse de la lumière est une constante universelle, c'est-à-dire une grandeur indépendante du temps et de la vitesse de la source ou du récepteur, c'est-à-dire une grandeur absolue. C'est ce qui a permis de fonder la relativité restreinte, et de faire une autre révolution scientifique, celle de la relativité générale.



FIG. 6. — VOICI LE TUBE À VIDE DE UN MILLE DE LONG (1.000 MÈTRES), QUI A SERVI AUX DERNIÈRES EXPÉRIENCES DE MICHELSON ET DE SES SUCCEPTEURS

### 1964 VOYAGER PLUS VITE QUE LA LUMIÈRE ?

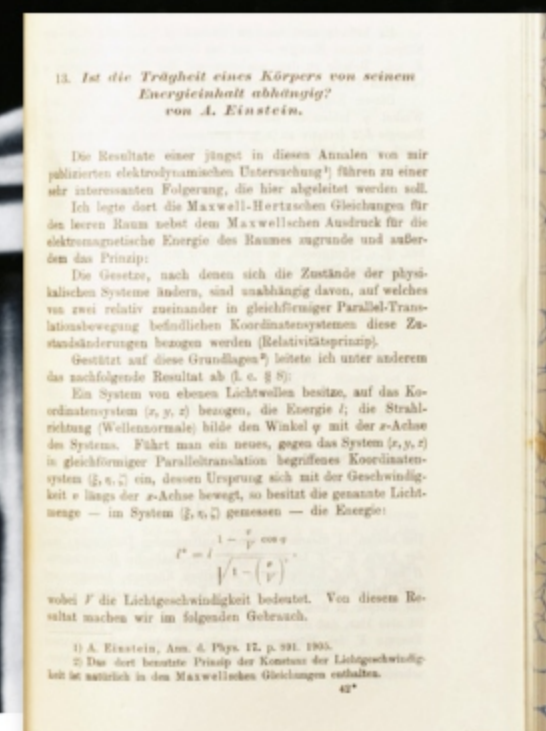
"La vitesse de la lumière tombe comme une limite agaçante" vis-à-vis de "l'envolée interplanétaire" dont on rêve à l'époque. Sauf à imaginer les tachyons, des particules compatibles avec les lois d'Einstein, qui se déplacent plus vite que la lumière : "Des mobiles voguant bien au-delà de 800 000 km/s." Ces entités, qui arrivent avant d'être parties, dont "la masse au repos est réelle et l'énergie imaginaire", restent tout à fait théoriques. S&V n° 626







< V Deux mois après son article retentissant dans la revue *Annalen der Physik* du 30 juin 1905, Einstein précise sa théorie que résume sa fameuse équation :  $E = mc^2$ .



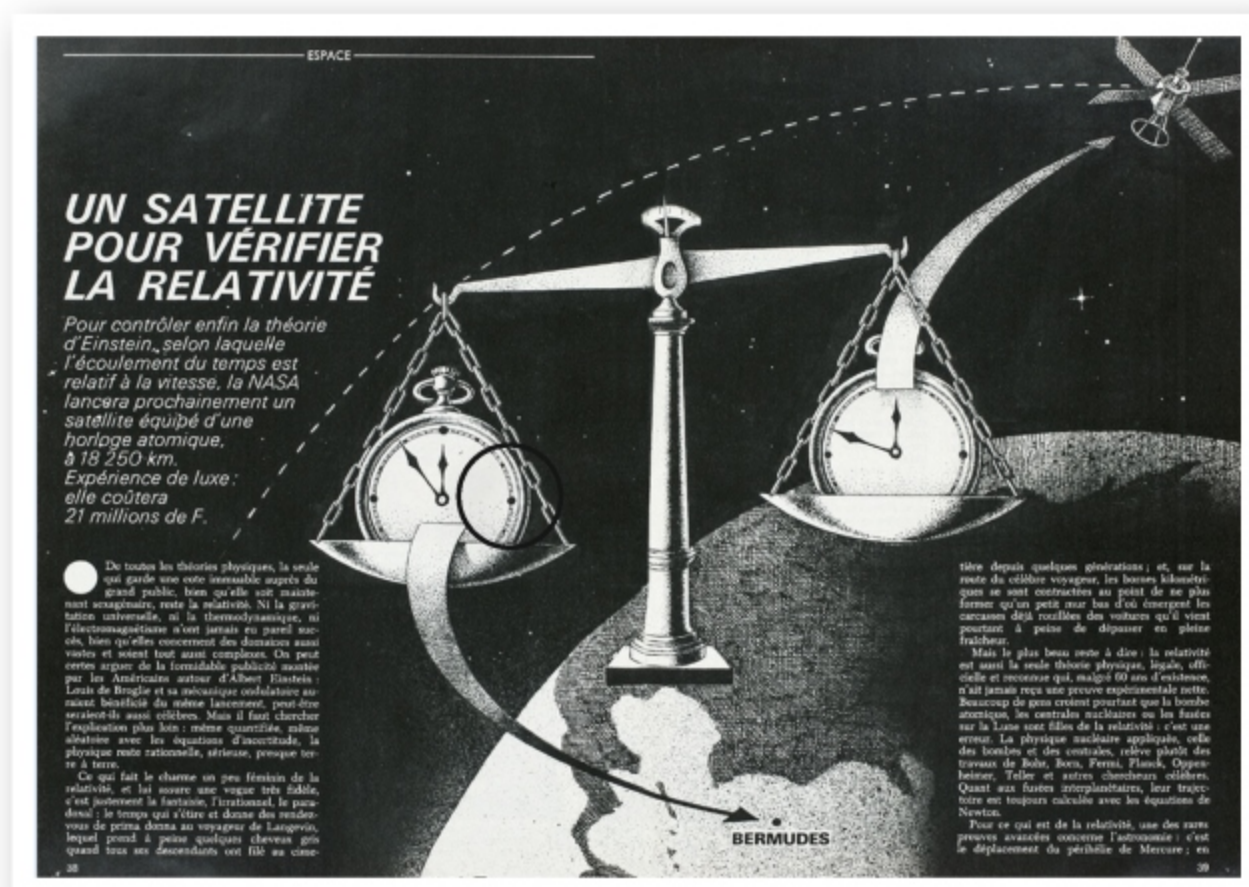
parce que la lumière se déplace toujours à la même vitesse, quel que soit le repère galiléen. En ajoutant la vitesse de la lumière à celle de la Terre, on obtiendrait toujours... la vitesse de la lumière. Impossible?

C'est là qu'Einstein va avoir une idée de génie. Il comprend que la distance parcourue durant 1 seconde par le voyageur qui marche dans le train n'est pas la même suivant qu'elle est mesurée dans le train ou sur

le quai. La clé réside dans l'acte de mesure lui-même.

Pour mesurer une longueur, à l'intérieur du train, depuis le quai, il faut noter, sur une règle disposée sur les rails, à quelles graduations ses deux extrémités

correspondent en un même instant. Donc il faut avoir pu s'échanger un signal – lumineux, par exemple – entre les deux événements. Que se passe-t-il si ce signal se déplace toujours à une même vitesse finie?



## 1976 DES HORLOGES ATOMIQUES VALIDENT LA RELATIVITÉ

Enfin, la relativité restreinte s'apprête à être vraiment vérifiée. "Astronomes et physiciens se sont mis d'accord avec la Nasa pour mettre en orbite un satellite équipé d'une horloge atomique d'une précision incroyable qui va trancher le paradoxe relativiste le plus célèbre : est-il vrai que deux observateurs mobiles l'un par rapport à l'autre ne peuvent garder la même heure sur leur montre?", annonce S&V en juin 1976. La réponse est oui, la mission est un succès. **S&V n° 706**



→ Calculs à l'appui, Einstein démontre que deux événements simultanés dans le train se dérouleront avec un léger décalage s'ils sont observés des rails, le signal ne mettant pas, à cause du mouvement du train, le même temps pour parvenir à l'observateur. L'horloge à bord du train ne bat donc plus au même rythme que celle des rails. Et la mesure des longueurs en est modifiée puisqu'elle s'appuie sur la simultanéité.

Dans son article, *De l'électrodynamique des corps en mouvement*, Einstein calcule comment longueurs et durées se transforment lorsqu'un même événement est mesuré dans des référentiels en mouvement uniforme les uns par rapport aux autres.

Il ignore que ces formules ont déjà été écrites par Henri Poincaré. Mais il en comprend parfaitement les implications : dès lors qu'on impose à la lumière une vitesse constante, vi-



ARCHIVES LAROUSSE/BRIDGEMAN IMAGES

^ En 1898, Henri Poincaré remettait déjà en question l'idée de temps et d'espace absolus : la théorie de la relativité commençait à émerger.

tesse maximale d'une information pour aller d'un point à un autre, espace et temps cessent d'être indépendants. Il n'existe ni temps ni espace absolus, mais un "espace-temps" propre à chaque référentiel. Et l'on ne passe plus d'un référentiel galiléen à un autre en additionnant les vitesses. Il faut utiliser une "transformation de Lorentz", qui raccourcit les longueurs dans la direction du mouvement, tandis que les se-

condes battent plus lentement dans l'horloge propre à l'objet qui se déplace.

### UNE "CHRONOGÉOMÉTRIE"

Einstein en dégagera une conséquence : si un objet émet ou absorbe de l'énergie, sa masse (ou plutôt son inertie) décroît ou augmente d'une quantité proportionnelle : *"La masse est une mesure directe de l'énergie contenue dans les corps."* Une relation qu'il écrira, en septembre 1905,  $E=mc^2$ .

Il nommera sa théorie "relativité", qualifiée dix ans après de "restreinte", une fois qu'il aura baptisé "générale" la théorie expliquant comment cette matière-énergie déforme l'espace-temps par sa seule présence.

Ses héritiers comprendront que cette théorie, *in fine*, peut se reconstruire à partir du simple postulat selon lequel *"il existe des points de vue équivalents sur le monde"*. Plus qu'une théorie de ce qui serait relatif, elle pose le cadre de ce qui ne l'est pas. Elle décrit la géométrie de l'espace-temps au sein duquel les événements se déroulent. Elle est une chronogéométrie, intégrant nécessairement toutes les lois physiques. Au point qu'il est quasi impossible d'imaginer qu'une expérience puisse un jour entrer en contradiction avec elle !

Einstein, en ce 30 juin 1905, savoure plus modestement le plaisir d'avoir enfin répondu à la question qui le taraudait. **Emmanuel Monnier**

## SCIENCE&VIE en parlait encore

### 2000 EINSTEIN RESTE INDÉPASSABLE

Deux expériences auraient mesuré des ondes lumineuses à 600 000 km/s et 99 millions de km/s ! Après enquête, *"les deux phénomènes paradoxaux ne sont que des tours de prestidigitations dissimulés, avec plus ou moins de finesse et de bonne foi, derrière la complexité d'un dispositif expérimental. Aucune particule de lumière ne s'est déplacée plus vite que la lumière"*. Einstein reste "indépassable". **S&V n° 997**



### 2011 ET SI C'ÉTAIT VRAI ?

*"Ils ont été les premiers sidérés par leurs calculs : en faisant voyager d'anciens neutrinos à travers la croûte terrestre, les physiciens du détecteur Opera ont mesuré une vitesse supérieure à celle de la lumière de... 7,4 km/s !"* L'onde de choc traversant la science se dissipera quelques mois plus tard lorsque les vérifications pointeront une erreur de calibrage des horloges employées ! **S&V n° 1130**



à lire en intégralité dans **Les grandes archives** [www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)





Une autre idée du légume

AGENCE DUPRESNE CURRIER SCARLETT Suggestion de présentation.



“Légumes pour couscous lentement  
cuisinés aux épices douces...”

**Une extraordinaire palette de saveurs !”**



Achetez en ligne sur [www.cassegrain.com](http://www.cassegrain.com)

POUR VOTRE SANTÉ, MANGEZ AU MOINS CINQ FRUITS ET LÉGUMES PAR JOUR. [WWW.MANGERBOUGER.FR](http://WWW.MANGERBOUGER.FR)





LE GOÛT À LA  
FRANÇAISE

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