

# SCIENCE & VIE

OCTOBRE 2010 N° 1117 MONDADORI FRANCE

**BLÉ**  
ALERTE  
À LA ROUILLE  
NOIRE

**IMAGERIE**  
VOIR LE MAL  
AVANT LE MAL

AU CŒUR DE L'ADN

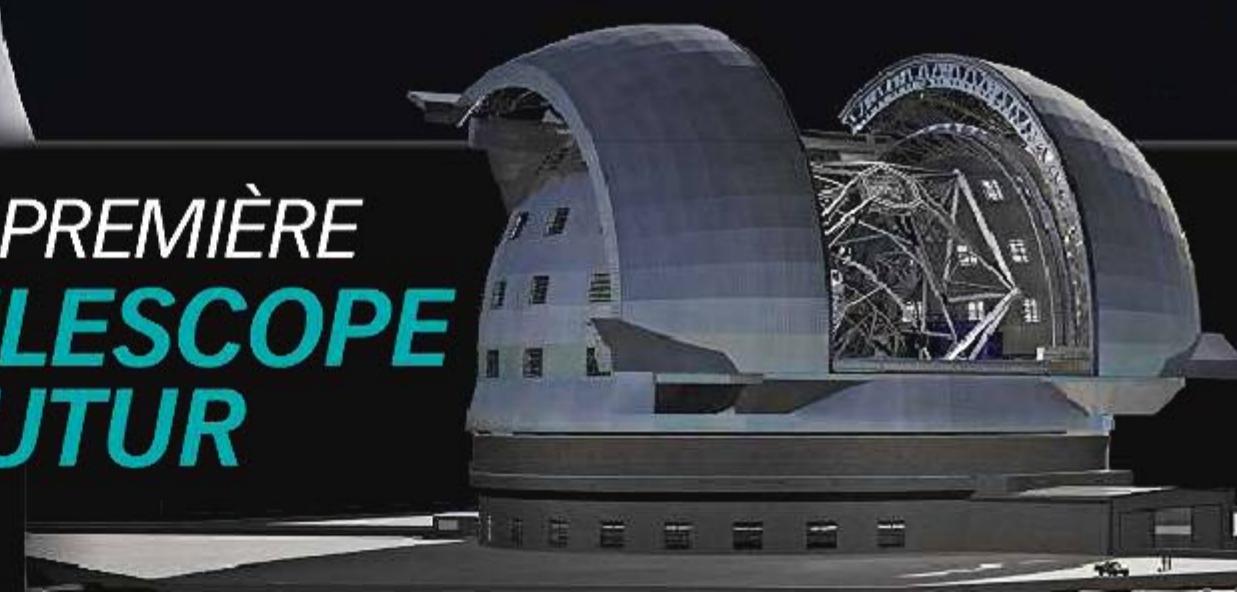
On a découvert  
un nouveau  
**code**  
génétique!

**ALZHEIMER**  
L'ÉPIDÉMIE  
SURESTIMÉE

T 02578 - 1117 - F: 4,20 €



AVANT-PREMIÈRE  
**LE TÉLESCOPE  
DU FUTUR**



# Héros (sans famille)

Groupe VOLKSWAGEN France s.a. - R.C. Soissons B 602 025 538 - N



## Nouveau Touran. Pour les vrais héros d'aujourd'hui.

**121g de CO<sub>2</sub> = 4,6l/100 km<sup>(1)</sup> = 100 € de Bonus Ecologique<sup>(2)</sup>**

C'est en gardant à l'esprit votre bravoure que Volkswagen a conçu son nouveau Touran.

Que ce soit en version 5 ou 7 places, retrouvez la légendaire exigence de qualité et de sécurité Volkswagen : finitions intérieures, ESP/ABS dernière génération, 7 airbags de série... Et pour parfaire le tout : 39 rangements pour répondre à tous les besoins de la famille, toit ouvrant panoramique<sup>(3)</sup> et nouveau Park Assist<sup>(3)</sup> (le créneau se réalise automatiquement le long du trottoir ou à la perpendiculaire). Consommation réduite, confort, sécurité, technologie, en somme tout l'esprit Volkswagen sans aucun sacrifice.

## Gamme Nouveau Touran. A partir de 16 950 €<sup>(4)</sup>

Volkswagen recommande

(1) Cycle mixte sur Touran 1.6 TDI 105 BM. (2) Selon Décrets 2007/1873-2009/1581. (3) De série ou en option suivant modèle et finition. (4) Prix TTC conseillé au tarif du 10/08/10 du Nouveau Touran 'Trendline' 1.2 TSI 105, déduction faite de la prime à la casse VW portée à 1500 € TTC (sur Nouveau Touran neuf rejetant jusqu'à 155 g de CO<sub>2</sub> pour mise au rebut véhicule de 8 à 10 ans et incluant +2500 € TTC de reprise Argus™). Reprise de votre ancien véhicule aux conditions générales de l'Argus™ (en fonction du cours de l'Argus™ du jour de reprise, du kilométrage, des éventuels frais de remise en l'état standard et abattement de 15% pour frais et charges professionnels déduit). Pour véhicules hors cote Argus™, reprise 2500 € TTC. Offre réservée aux particuliers en France métrop. non cumulable,

# Héros (avec famille)



**Das Auto.**

valable pour toute commande du 01/09/10 au 30/10/10 dans réseau participant (cf : [volkswagen.fr](http://volkswagen.fr)). Modèle présenté : Nouveau Touran 'Carat' 1.6 TDI 105, option peinture métallisée (515€ TTC) / jantes Oakland (464€ TTC) / projecteurs bi-xénon (1320€ TTC), au prix TTC conseillé de **26 599€**, prime à la casse Volkswagen et reprise Argus™ incluses. Consommation mixte / urbaine / extra-urbaine (l/100 km) : 5,1 / 6,3 / 4,5. Rejets CO<sub>2</sub> (g/km) : 134. Consommations mixtes / urbaines / extra-urbaines de la gamme Nouveau Touran (l/100 km) : de 4,6 à 6,8 / de 5,5 à 8,9 / de 4,1 à 5,6. Rejets CO<sub>2</sub> (g/km) : de 121 à 159. **Das Auto : La Voiture.**



L'histoire nous enseigne le bon goût. Notre brasserie est née en 1664 et perpétue depuis la tradition du savoir-faire brasseur.

# LE GOUT À LA FRANÇAISE



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

# Avant-propos



On l'avait identifié deux siècles plus tôt, sans y prêter trop d'attention. L'acide désoxyribonucléique (ADN) semblait bien impliqué dans les mécanismes de l'hérédité, mais personne n'avait la moindre idée de la manière dont cette substance aussi simple pouvait procéder. Nous en étions encore là en 1951, lorsqu'un certain Francis Crick fit la connaissance de James Watson. Deux ans plus tard, ils perçaient ensemble les mystères de la double hélice d'ADN et mettaient en lumière son principe, extraordinairement efficace, de réPLICATION. A compter de ce jour, il ne fit plus de doute à personne que les gènes contenus dans l'ADN commandaient la fabrication des protéines, et de la manière la plus simple et univoque qui soit: un gène = une protéine. Le dogme de la biologie moderne s'imposait. Ainsi, percer les secrets des uns, c'était tout savoir sur les autres. Et le vivant n'allait pas tarder à livrer en bloc ses ultimes secrets. Dans la foulée, les découvertes s'enchaînent. Celle de l'ARN de transfert, puis celle de l'ARN messager. On apprend à isoler les gènes, à effectuer des coupes dans la longue chaîne moléculaire de l'ADN, à en insérer des bribes dans d'autres organismes. En 1990, la biologie voit se succéder la mise en évidence d'un gène du cancer, le premier essai de thérapie génique sur l'homme (même si le résultat restera controversé) et l'annonce conjointe par Bill Clinton et Tony Blair du projet de déchiffrage de l'intégralité du génome humain. Une première ébauche en sera effectivement livrée dix ans plus tard.

Mais le bel enthousiasme qui a prévalu dans la deuxième partie du xx<sup>e</sup> siècle n'y est déjà plus tout à fait. Les progrès thérapeutiques escomptés ne sont pas au rendez-vous et il se murmure que le dogme en vigueur va devoir être revu et corrigé. Ne serait-ce que parce les gènes s'avèrent bien moins nombreux que les protéines qu'ils sont censés déterminer... "L'ADN, un brin décevant" titrons-nous ici même il y a une dizaine d'années. Mais voici qu'à la croisée de l'informatique et de la biologie, des chercheurs viennent d'entrevoir un nouveau code. Caché au cœur de l'ADN, il sera bien plus difficile à déchiffrer. Mais cette fois, il pourrait bien s'agir du code secret de la vie. **S&V**

# L'ADN Un brin complexe...

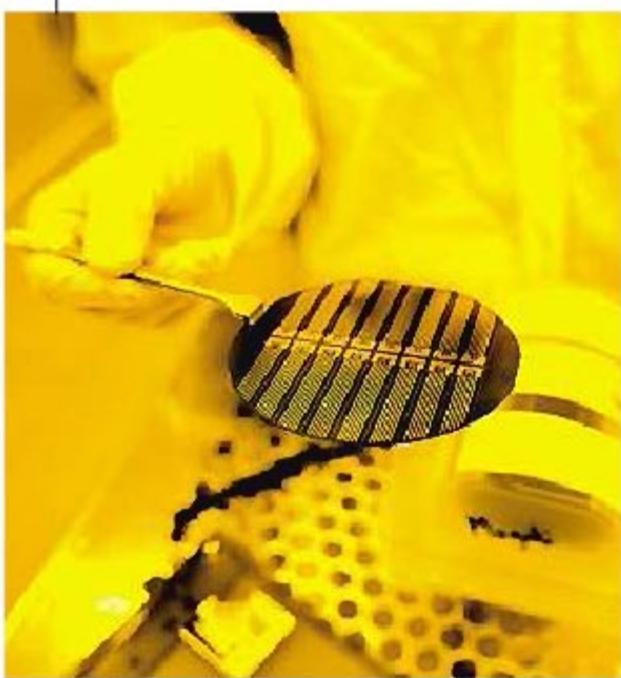
N°  
1117

&gt; OCTOBRE 2010

44

Le CO<sub>2</sub> attaque les organismes marins

32  
*Ils apportent le courant au monde microscopique*

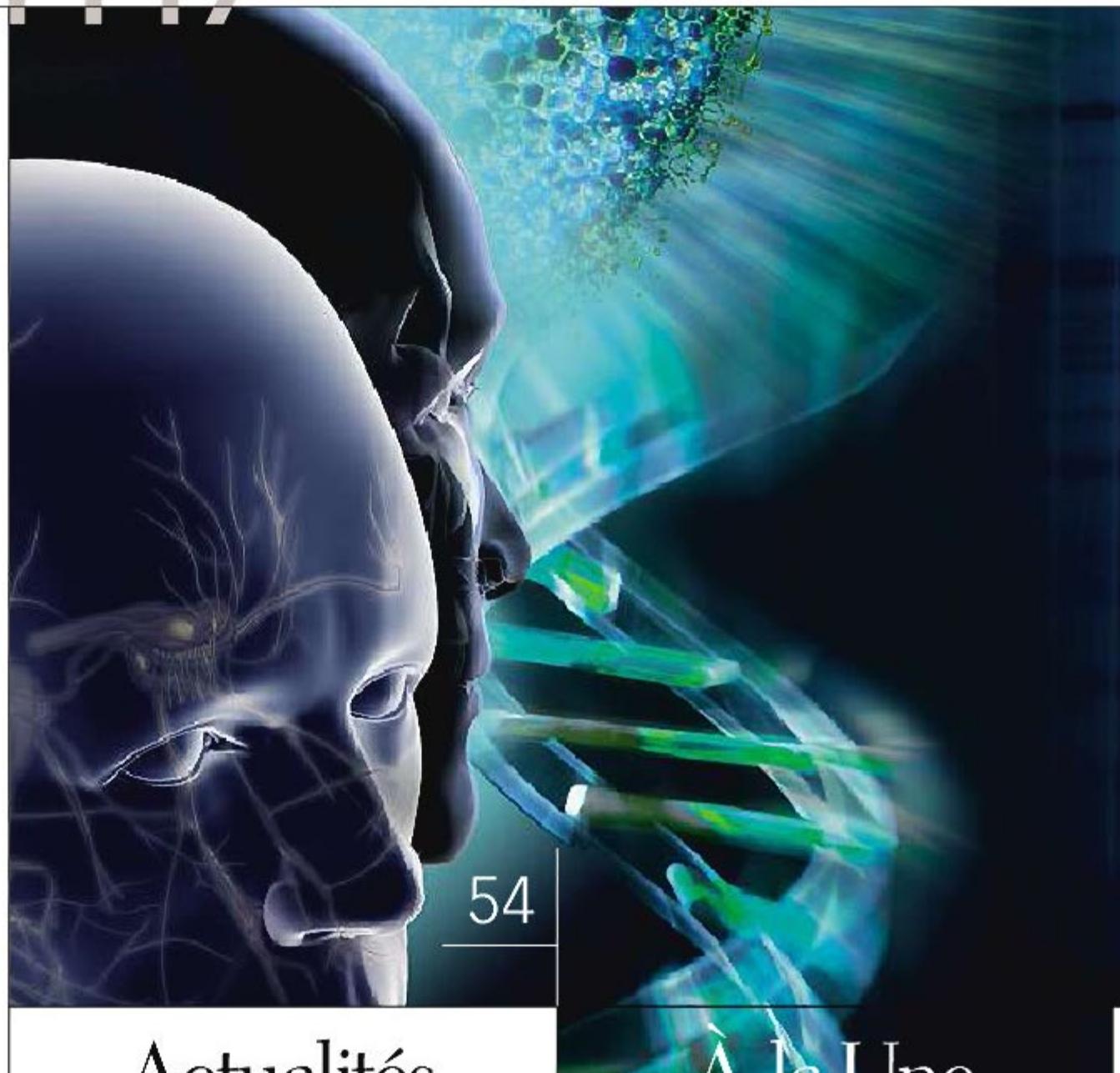


09

**FORUM**  
Réactions, critiques, remarques... nos lecteurs prennent la plume.

14

**ILS L'ONT FAIT**  
Retour en images sur les derniers événements scientifiques.



## Actualités

54

## À la Une

20

**EN DIRECT DES LABOS**  
La Lune se rétrécit!; Les australopithèques utilisaient déjà des outils, etc.

32

**L'EXPLOIT**  
**Ils apportent le courant au monde microscopique.** Le premier "micro-supercondensateur" va alimenter des "objets intelligents".

36

**PLANÈTE TERRE**  
*Environnement*  
40 % du phytoplancton ont disparu depuis 60 ans; Le CO<sub>2</sub> attaque les organismes marins, etc.

46

**Médecine**  
Le cancer peut se détecter dans l'haleine qu'on expire; Un anneau préviendrait les naissances prématurées, etc.

52

**Technos**  
Un capteur solaire pourrait tripler le rendement, etc.

## SCIENCE & VIE

1 rue du Colonel-Pierre-Avia  
75503 Paris Cedex 15

Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67

E-mail : svmens@mondadori.fr

Recevez *Science & Vie* chez vous. Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp. 51 et 72-73. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 08, ou par Internet sur [www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com).

Un encart abonnement est jeté sur les exemplaires de la vente au numéro : diffusion France métropolitaine, Suisse et Belgique. Un encart "Editions Atlas" est jeté sur les exemplaires de toute la diffusion abonnée France métropolitaine. Un encart "AG2R" est jeté sur les exemplaires d'une partie de la diffusion abonnée France métropolitaine. Un encart "Robert Four-Tapisserie d'Aubusson" est jeté sur les exemplaires d'une partie de la diffusion abonnée France métropolitaine. Un encart VPC est jeté sur les exemplaires de toute la diffusion abonnée France métropolitaine.



94 *Le fabuleux E-ELT en avant-première*



136  
*Le "stop&start" gagnant en rapidité*

## Science & Vie d'aujourd'hui

74 LE BLÉ N'EST PLUS À L'ABRI DE LA ROUILLE NOIRE  
Un fléau millénaire que l'on croyait éradiqué depuis les années 1990 menace à nouveau les récoltes. Au grand dam des agronomes.

80 ALERTE À L'ÉPIDÉMIE DE COURTS-CIRCUITS  
Depuis l'interdiction d'utiliser le plomb dans les circuits électroniques, des dysfonctionnements en série menacent nos appareils, de la simple montre au satellite...

86 ET SI LA MALADIE D'ALZHEIMER N'EXISTAIT PAS ?  
Sa définition reste vague. Aussi, des voix s'élèvent aujourd'hui pour contester la réalité de cette affection.

## Fondamental

94 Télescope : le fabuleux E-ELT en avant-première.  
L'European Extremely Large Telescope ouvrira en 2018 l'ère des télescopes supergéants, qui pénétreront plus profondément dans l'espace et le temps. Une épopée technologique aux multiples enjeux.

108 Imagerie : voir le mal avant qu'il se déclare devient possible. Les progrès de l'imagerie médicale sont devenus tels qu'ils permettent de plonger au cœur de l'organisme pour détecter et soigner de multiples pathologies.

114 Biodiversité : ce qui vit dans la mer a été recensé. Après dix ans d'efforts, un programme international vient de répertorier l'extraordinaire diversité marine. Bluffant.

## En pratique

122 Q & R  
Peut-on vraiment produire des nombres au hasard ; Pourquoi a-t-on envie de manger du chocolat quand on n'a pas le moral ?, etc.

128 LE POINT SUR...  
L'airbag

135 TECHNOFOLIES  
Spécial automobile.  
A l'occasion du Mondial de l'automobile, panorama des dernières innovations.

142 À LIRE / À VOIR / .NET  
Tous sur les livres, expositions, films, sites web, etc., de l'actualité des sciences. Et toujours "le ciel du mois".

150 NOS 3 QUESTIONS À...  
Un chercheur répond à nos questions. Ce mois-ci, la préhistorienne Marylène Patou-Mathis.

# En faire plus pour vous, c'est vous faire dépenser moins.<sup>(1)</sup>

## FORFAIT 2H POUR LE MOBILE

- 2h d'appels tous opérateurs
- SMS/MMS illimités 24/24
- Internet, Mails 24/24 et TV 3G+  
(3G+ jusqu'à 500 Mo/mois)

Soit l'équivalent de  
**14€90**/mois

## Bbox

- Internet illimité jusqu'à 20 Méga
- TV : plus de 100 chaînes incluses



Vivez une expérience TV unique  
avec la Bbox. Découvrez sa nouvelle  
interface encore plus fluide  
sur [bouguesetelcom.fr](http://bouguesetelcom.fr)

Soit l'équivalent de  
**29€90**/mois

## Tout-en-un **ideo** forfait mobile + Bbox

**44€80**/mois<sup>(2)</sup>

Réalisez jusqu'à plusieurs centaines d'euros d'économies  
chaque année en découvrant les Tout-en-un ideo<sup>(3)</sup>:

- 3106 (appel gratuit depuis un fixe)
- 610 magasins Club Bouygues Telecom
- [bouguesetelcom.fr](http://bouguesetelcom.fr)

**Bouygues**  
Telecom



(1) Par rapport à un forfait 2h Bouygues Telecom (Classic avec l'option Internet et Mails 3G+ 24/24 ; Evasio ; iPhone) avec engagement (hors version éco) et une offre Bbox Internet – TV – Téléphonie fixe souscrits séparément.

(2) ideo est une offre indissociable au tarif de 44,80 €/mois. Les prix de 14,90 € et 29,90 € sont uniquement fournis à titre d'exemple. Autre équivalence possible : 30,90 €/mois pour le forfait mobile et 13,90 €/mois pour la Bbox soit 44,80 €/mois.

(3) Engagement 24 mois (Engagement 12 mois : +6 €/mois). Box : accessible selon éligibilité de votre ligne fixe (TV en zone dégroupée). Frais de résiliation fixe et dépôt de garantie du décodeur : 49 € chacun. Débit descendant théorique 512 Kbit/s IP à 20 Mbit/s ATM (16,6 Mbit/s IP). TV SD débit minimum de 3,6 Mbit/s IP.

En France métropolitaine. Communications hors n° courts, spéciaux. Illimités à usage privé entre 2 individus. Avec mobiles et messagerie compatibles. Internet et Mails pour le mobile : pour optimiser l'accès à Internet de tous, le débit des utilisateurs procédant à des échanges de données très élevés (plus de 500 Mo/mois) sera réduit, TV compris. Modem et VOIP interdits. Paramétrage et couverture 3G+ sur bouguesetelcom.fr

Voir conditions dans le document « Les Tarifs » en magasin. Bouygues Telecom S.A. au capital de 616 661 789,28 €. 397 480 930 RCS Paris. Siège social : 32 avenue Hoche - 75008 PARIS.



## Alerte météoristique

Dans votre article sur le défi fou du solaire spatial du numéro 1114, vous ne mentionnez pas l'éventualité de collisions météoriques. Le risque est-il minime ?

C. Gryzka, St-Alban-Leysse (73)

**S&V** Le risque est bien réel, et c'est un problème suivi de près par l'industrie spatiale pour les panneaux des satellites déjà en orbite. Selon une estimation publiée en 2009 par la Nasa, on dénombrerait en orbite autour de la Terre plus de 19000 objets d'un diamètre

supérieur à 10 cm, 500000 d'un diamètre compris entre 1 et 10 cm, plusieurs dizaines de millions d'un diamètre inférieur à 1 cm. Le tout d'origine naturelle (micrométéorites) mais aussi humaine (débris issus de la désintégration volontaire ou non de satellites, vestiges de lancement...). Ces débris peuvent causer d'importants dommages en raison de leur vitesse de déplacement (de 8 à 10 km/s): ainsi, explique le Cnes, une sphère d'aluminium d'un diamètre de 1 mm lancée à 10 km/s a la même énergie cinétique qu'une boule de

pétanque lancée à 100 km/h. Les débris les plus petits érodent les surfaces et pourraient ainsi dégrader à terme le rendement des panneaux solaires. Des débris de 0,01 à 1 cm peuvent aussi causer des dégâts importants, comme ce fut le cas sur les panneaux solaires du télescope *Hubble*. L'impact d'un objet plus gros pourrait même engendrer la destruction d'un satellite. La probabilité est certes faible mais pas nulle comme l'a montré la collision le 10 février 2009 d'un satellite américain *Iridium* avec un satellite russe *Cosmos* hors service. Mais l'essentiel des débris est concentré sur l'orbite basse (moins de 2000 km), très loin de l'orbite géostationnaire où les stations solaires seraient déployées. L'énormité même des stations laisse augurer d'une bonne résistance mécanique aux impacts possibles.



## La bonne heure de l'horloge moléculaire

Dans le numéro 1115, p. 20, vous expliquez que les organismes pluricellulaires sont apparus 1,5 milliard d'années plus tôt que prévu. Une telle erreur ne remet-elle pas en cause toutes les méthodes de datation ? *Henri Verdurant* (75)

**S&V** La découverte de fossiles de 2,1 milliards d'années au Gabon bouscule la chronologie actuelle du vivant. Les datations étaient-elles erronées ? Pour estimer l'apparition de la vie pluricellulaire, les scientifiques disposent de deux méthodes de datation : les fossiles et l'horloge moléculaire qui se réfère au rythme des mutations de l'ADN. Concernant les fossiles, les chercheurs dépendent du hasard. Jusqu'ici, les plus anciennes faunes connues étaient celles d'*Ediacara*, vieilles de 560 millions

d'années. L'horloge moléculaire estimait, elle, l'émergence de la vie pluricellulaire à 600 à 700 millions d'années – ce qui était assez cohérent. Faut-il recaler cette horloge et réévaluer son pas ? Pas sûr, car nul ne sait si les organismes gabonais ont eu une descendance... Ils peuvent en effet représenter une forme de vie originale qui n'a pas survécu jusqu'à nous. Les individus dont nous sommes les lointains descendants pouvant n'être apparus qu'il y a 600 millions d'années, comme le présume l'horloge moléculaire.

A vos claviers !  
A vos stylos !



1 500 € À GAGNER

Si écrire un texte de fiction vous tente... Voici l'occasion de vous lancer !

Ecrivez une nouvelle, que votre imagination vous porte vers les larmes, le rire, le sourire ou le frisson... La nouvelle sélectionnée par le jury sera publiée dans *Nous Deux* en mai 2011 et son auteur recevra un prix d'un montant de 1 500 euros.

### Pour participer

Envoyez avant le 31 décembre un texte de fiction entre 8 et 15 pages dactylographiées, en deux exemplaires, à

**Nous Deux,  
Concours de la nouvelle  
1, rue du Colonel-Pierre-Avia  
75503 Paris Cedex 15**

Ajoutez une attestation indiquant que vos textes sont inédits, une autorisation de publication et une courte notice biographique. Aucun manuscrit ne sera renvoyé. Règlement et informations au 0146484343.

### Précisions

- Dans l'article "Moteur plasma, objectif Mars en 39 jours" p. 98 du n° 1115, Elisa Cliquet nous précise que la puissance des réacteurs nucléaires ayant déjà volé était au maximum de 5 kW en puissance électrique.
- Dans le même article, le moteur Vulcain est alimenté par deux ergols, l'hydrogène et l'oxygène, et non l'oxygène seul comme nous l'avons écrit p. 103 du n° 1115.
- P. 94 du n° 1116, les cellules souches sont extraites de la moelle osseuse, non de la moelle épinière.



Imaginez une nouvelle capsule  
pour votre machine espresso

Sara Lee Coffee & Tea France SNC - 383 885 746 RCS Bobigny.



Goûtez à la différence.

Compatible avec les machines à café Nespresso®.\*

\*Marque appartenant à un tiers n'ayant aucun lien avec Sara Lee Coffee & Tea France.





## Téléportation quantique

Dans le S&V d'août 2010 (p. 52), vous écrivez qu'Einstein avait raison de dire qu'aucune information ne permet de dépasser la vitesse de la lumière. Mais qu'en est-il du phénomène de "téléportation quantique"?

Fabien Kerbouci (Internet)

**S&V** Vous avez raison de souligner que deux particules quantiques produites simultanément peuvent garder un lien: la perturbation de l'une induit instantanément une perturbation de l'autre. Pourquoi alors ne pas utiliser cette

propriété pour téléporter instantanément des informations à distance? Il suffirait, par exemple, de préparer un système corrélé de deux photons de polarisation opposée : l'acte de mesure de la polarisation de l'un – donnant par exemple le résultat +1 – oblige l'autre à adopter une polarisation –1. Imaginons alors que deux individus se séparent avec, chacun, un des photons corrélés dans une boîte quantique. Grâce à une heure et un code convenus d'avance, l'un peut exécuter sa mesure (+1 signifie qu'il rentre, –1 qu'il reste), l'autre

n'ayant qu'à mesurer la valeur de son photon pour connaître immédiatement cette décision, même si des milliards d'années-lumière les séparent. Il y a cependant un hic: du fait du caractère probabiliste de la mécanique quantique, il est impossible à l'émetteur de décider de la valeur de sa mesure. Le récepteur ne peut donc en retirer aucune information... Cette impossibilité d'utiliser le phénomène de corrélation quantique pour communiquer est même un théorème: le "théorème de non-communication".

# SCIENCE & VIE

Une publication du groupe

**MONDADORI FRANCE**

PRÉSIDENT: Ernesto Mauri

#### RÉDACTION

1, rue du Colonel-Pierre-Avia,  
75503 Paris CEDEX 15.  
Tél.: 01 46 48 48 - Fax: 01 46 48 4867  
E-mail: [svmens@mondadori.fr](mailto:svmens@mondadori.fr)

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION  
Matthieu Villiers,  
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF  
Matthieu Villiers

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS  
Philippe Chambon, Hervé Poirier,  
Grégoire Bouillier (édition)

DIRECTRICE ARTISTIQUE  
Yvonne Diraison

CHEFS DE RUBRIQUE  
Cécile Bonneau (physique),  
Valérie Greffoz (astronomie),  
Caroline Tourbe (médecine)

RÉDACTEURS  
Boris Bellanger, Germain Chambost,  
Vincent Nouyrigat, Emilie Rauscher,  
Muriel Valin

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE RÉDACTION  
Jean-Luc Glock

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION  
Catherine Robert

MAQUETTISTES  
Valérie Samuel-Charrier (1<sup>re</sup> maquettiste),  
Elisabeth de Garrigues

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

DOCUMENTATION  
Marie-Anne Guffroy

CORRESPONDANTE AUX ETATS-UNIS  
Sheila Kraft, 11655, Caracas Boulevard,  
Boynton Beach, Florida 33437, Etats-Unis,  
tél.: (00) 1 561 733 9207;  
fax: (00) 1 561 733 7965

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO  
E. Abdoun, S. Adida, S. Aubin, E.-T. Aymé,  
L. Blancard, B. Bourgeois, R. Brillaud,  
S. Brunier, V. Buron, O. Capronnier, P. Carril,  
G. Cirade, M. Corniou, M. Cygler,  
O. Donnars, V. Etienne, L. Farcy, S. Fay,  
L. Ferry, L. Giraud-Coudière, P. Grumburg,  
E. Haentjens, E. Hamonou, C. Hancock,  
M. Hubert, R. Ikonikoff, M. Kargoat,  
M. Kontente, F. Lassagne, E. Lecomte,  
M. Martin, D. Maume, M.-C. Mérat,  
A. Poncet, C. Poisson, B. Rey, P. Richard,  
J.-M. Sabatié, M. Saemann, R. Sanchez

#### DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE  
Jean-Luc Breysse

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ  
Vincent Cousin

#### DIFFUSION

site: [www.vendezplus.com](http://www.vendezplus.com).

DIRECTEUR DIFFUSION  
Jean-Charles Guérault

RESPONSABLE DIFFUSION MARCHÉ  
Siham Daassa

#### MARKETING

DIRECTEUR MARKETING  
Sébastien Petit

RESPONSABLE MARKETING  
Claire Leprovost

CHARGÉE DE PROMOTION  
Michèle Guillet

ABONNEMENTS  
Nathalie Carrère

#### PUBLICITÉ

DIRECTEUR EXÉCUTIF DE MONDADORI  
FRANCE PUBLICITÉ  
Valérie Camy

DIRECTRICE COMMERCIALE  
Francesca Colin  
DIRECTRICE DE PUBLICITÉ  
Valérie Leclère

DIRECTEUR DE CLIENTÈLE  
Lionel Dufour

DIRECTRICE DE CLIENTÈLE  
Virginie Commun

CHARGÉE DE PLANNING  
Sylvia Apodaca

TRAFIC  
Véronique Alex

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

FABRICATION  
Gérard-Laurent Greck, Alexandra Millet  
(chefs de fabrication)

FINANCE MANAGER  
Géraldine Pellerin-Faux

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL  
Marie-Ange Dezellus de Narbonne  
([mariange.dezellus@mondadori.fr](mailto:mariange.dezellus@mondadori.fr))

EDITEUR: Mondadori Magazines France

Siège social: 48, rue Guyemer  
92865 Issy-les-Moulineaux Cedex 9

Président et directeur de la publication:  
Jean-Luc Breysse

Actionnaire principal :  
Mondadori France SAS

IMPRIMEUR: Mondadori Printing S.p.A.,  
Via Luigi e Pietro Pozzoni, 11  
24034 Cisano Bergamasco (Bergamo)

N° ISSN: 0036-8 369  
N° DE COMMISSION PARITAIRE:  
0210 K 89294. Tarif d'abonnement légal:  
1 an, 12 numéros: 42,80 €; 1 an,  
12 numéros + 4 HS: 52,80 €.  
DÉPÔT LÉGAL octobre 2010

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS  
Par Internet: [relations.clients@mondadori.fr](mailto:relations.clients@mondadori.fr)  
par téléphone: 01 46 48 49 00 (de 9 h à  
12 h et de 13 à 17 h 30, mercredi et  
vendredi, 16 h 30), par courrier: service  
abonnements, 1, rue du Colonel-Pierre-  
Avia, 75503 Paris Cedex 15.  
Vous pouvez aussi vous abonner sur  
<http://www.kiosquemag.com>  
Etats-Unis et Canada: Express Mag,  
8155, rue Larrey, Anjou (Québec),  
H1J 2L5. Tél.: 1 800 363-1310 (français)  
et 1 877 363-1310 (anglais); fax: (514)  
355-3332. Suisse: Dynapresse, case postale  
1211, Genève 1.  
Belgique: Excelsior Publications,  
PB 23, Poste 6, 1050 Bruxelles.  
Tél.: 02 62614 26.  
Autres pays: nous consulter.

#### À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre  
abonnement, envoyez-nous l'étiquette  
collée sur votre dernier envoi. Les noms,  
prénoms et adresses de nos abonnés sont  
communiqués à nos services internes et  
organismes tiers contractuellement avec  
S&V sauf opposition motivée. Dans ce cas,  
la communication sera limitée au service  
des abonnements. Les informations  
pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou  
de rectification dans le cadre légal. Les  
manuscrits non insérés ne sont pas rendus.  
Sachez que la rédaction ne reçoit que sur  
rendez-vous. Copyright 1989 Science & Vie.

#### À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS  
Par courrier: 1, rue du  
Colonel-Pierre-Avia  
75015 Paris. Par mail:  
[sev.lecteurs@mondadori.fr](mailto:sev.lecteurs@mondadori.fr)

COMMANDE D'ANCIENS  
NUMÉROS ET DE RELIURES  
Carole Zaragoza,  
tél.: 01 46 48 47 18

OJD

PRESSE  
PAYANTE

2008



# LA JOIE COMMENCE PAR

La nouvelle BMW 520d Touring brille dans toutes les catégories. À commencer par son design, alliance unique de beauté et de dynamisme. Grâce aux technologies BMW EfficientDynamics, elle possède le rendement énergétique le plus performant de sa catégorie en développant 184 ch pour seulement 135 g de CO<sub>2</sub>/km et 5,1 l/100 km. Enfin, à l'instar de son coffre dont la capacité varie de 560 à 1 670 litres, elle adapte son espace intérieur pour vous permettre d'accueillir vos proches et de partager avec eux cette sensation unique de confort.

## NOUVELLE BMW 520d TOURING.

**BMW EfficientDynamics**  
**Moins d'émissions. Plus de plaisir.**

Prix TTC maximum conseillé au 1<sup>er</sup> juin 2010 de la BMW 520d Touring Confort avec option peinture métallisée.  
Consommation de la nouvelle BMW 520d Touring en cycle mixte : 5,1 l/100 km. CO<sub>2</sub> : 135 g/km.



Nouvelle  
BMW Série 5  
Touring

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

Le plaisir de conduire

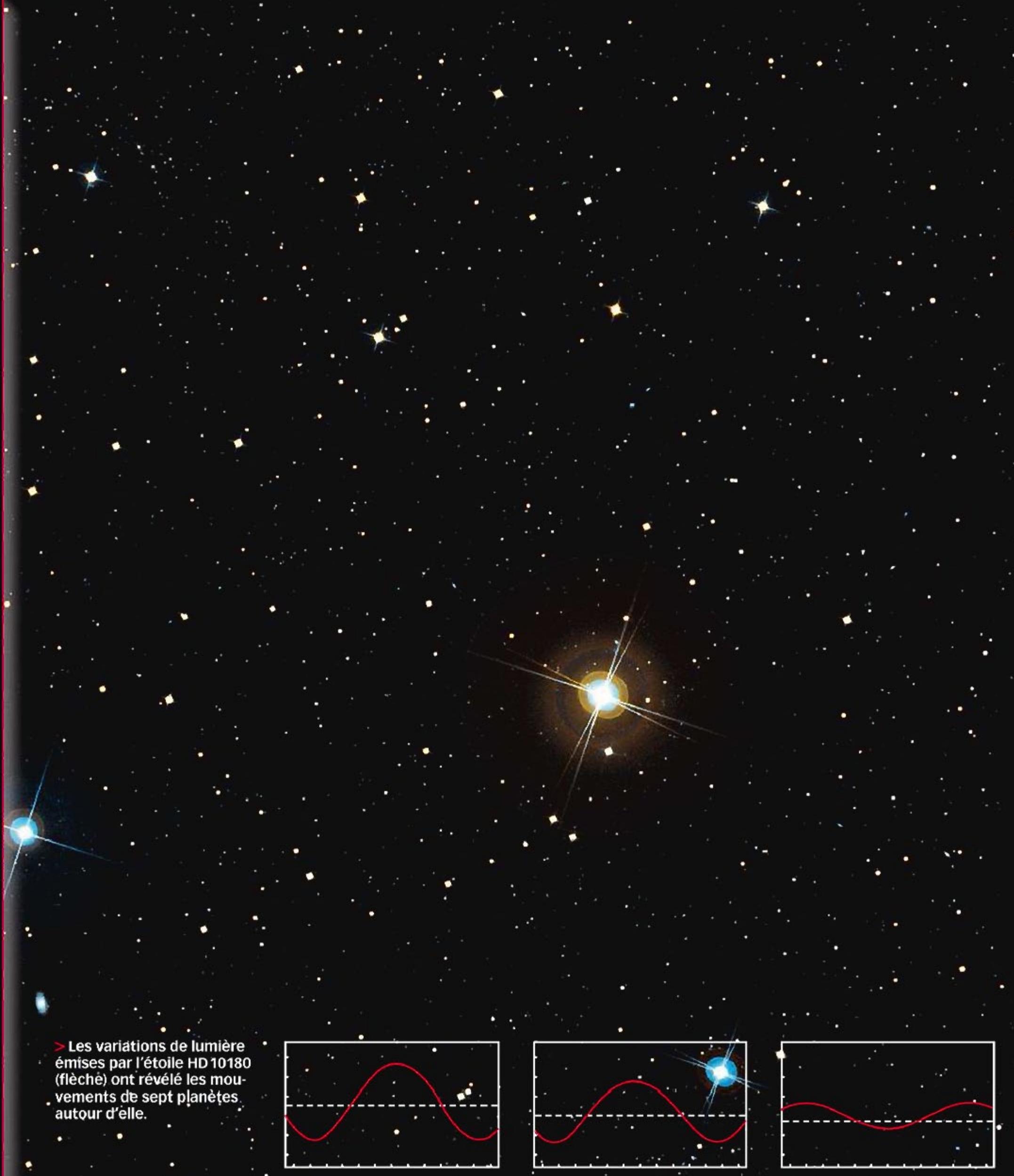


# UN COUP DE CŒUR.

BMW 520d Touring Confort

44 750 €

# Ils l'ont fait...



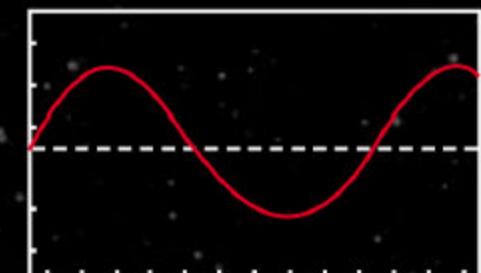
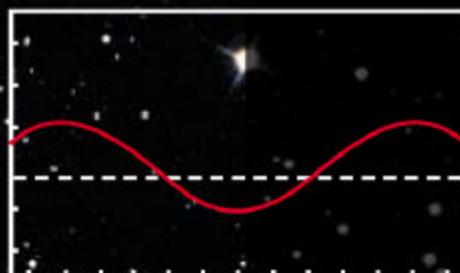
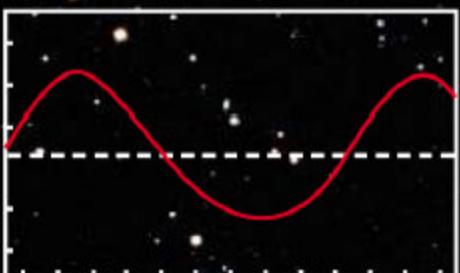
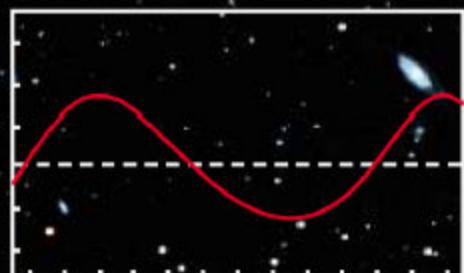
> Les variations de lumière émises par l'étoile HD 10180 (flèchée) ont révélé les mouvements de sept planètes autour d'elle.

# LE PREMIER SYSTÈME SOLAIRE SEMBLABLE AU NÔTRE A ÉTÉ IDENTIFIÉ



*Observatoire de La Silla (Chili), 24 août. Cinq, et sans doute sept! Sept planètes orbitant autour d'une étoile semblable au Soleil, HD 10180, à 127 années-lumière d'ici. Après six ans d'observation à l'aide du plus sensible de tous les instruments chasseurs d'exoplanètes, le *Harps* de l'Observatoire de la Silla (Chili), une équipe d'astronomes vient de découvrir un système solaire aussi varié que le nôtre, le premier du genre. Varié car il contient, d'une part, cinq planètes du genre Neptune, des gazeuses faisant de 13 à 25 fois la masse terrestre, d'autre part, si les observations se confirment, une planète comparable à Saturne (65 masses terrestres)... et surtout une planète de type terrestre: 1,4 fois la masse de la Terre, soit la plus petite rocheuse jamais dénichée! Une Terre très chaude certes, car située 50 fois plus près de son étoile que nous – les autres planètes n'orbitant d'ailleurs pas plus loin que la distance de Mars au Soleil. Mais ce qui a ému les chercheurs c'est que le système a l'air stable: les planètes sont réparties selon une configuration analogue à celle de notre système solaire. De quoi confirmer et enrichir les modèles actuels, et se dire que finalement nous ne sommes pas si uniques.*

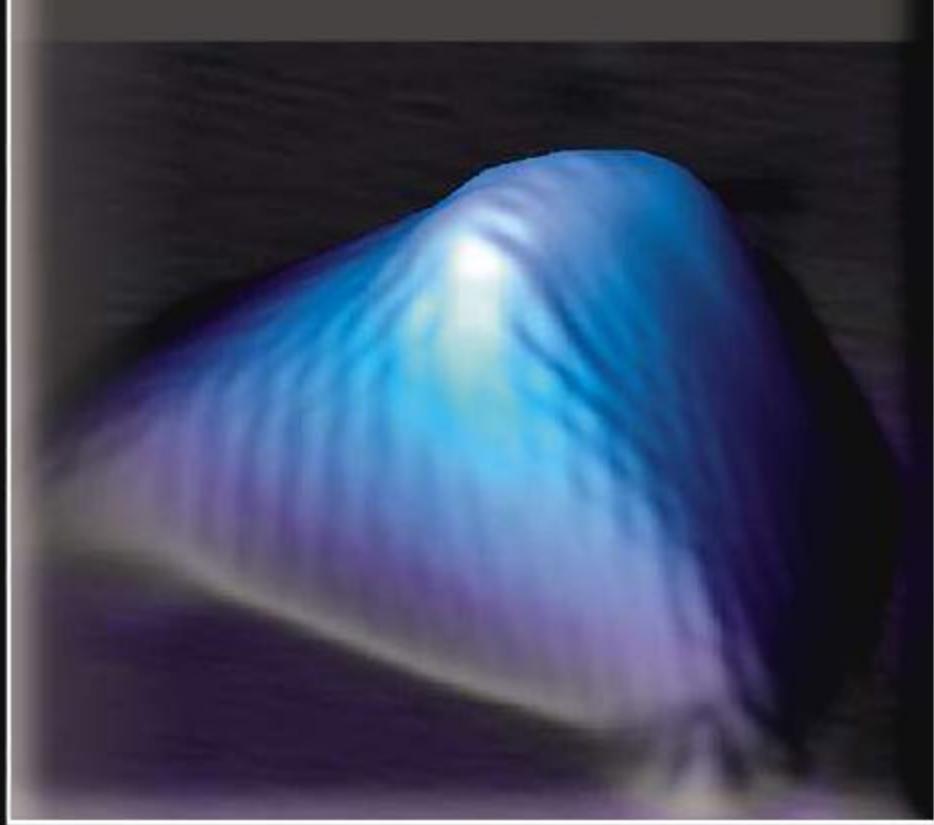
R.I.



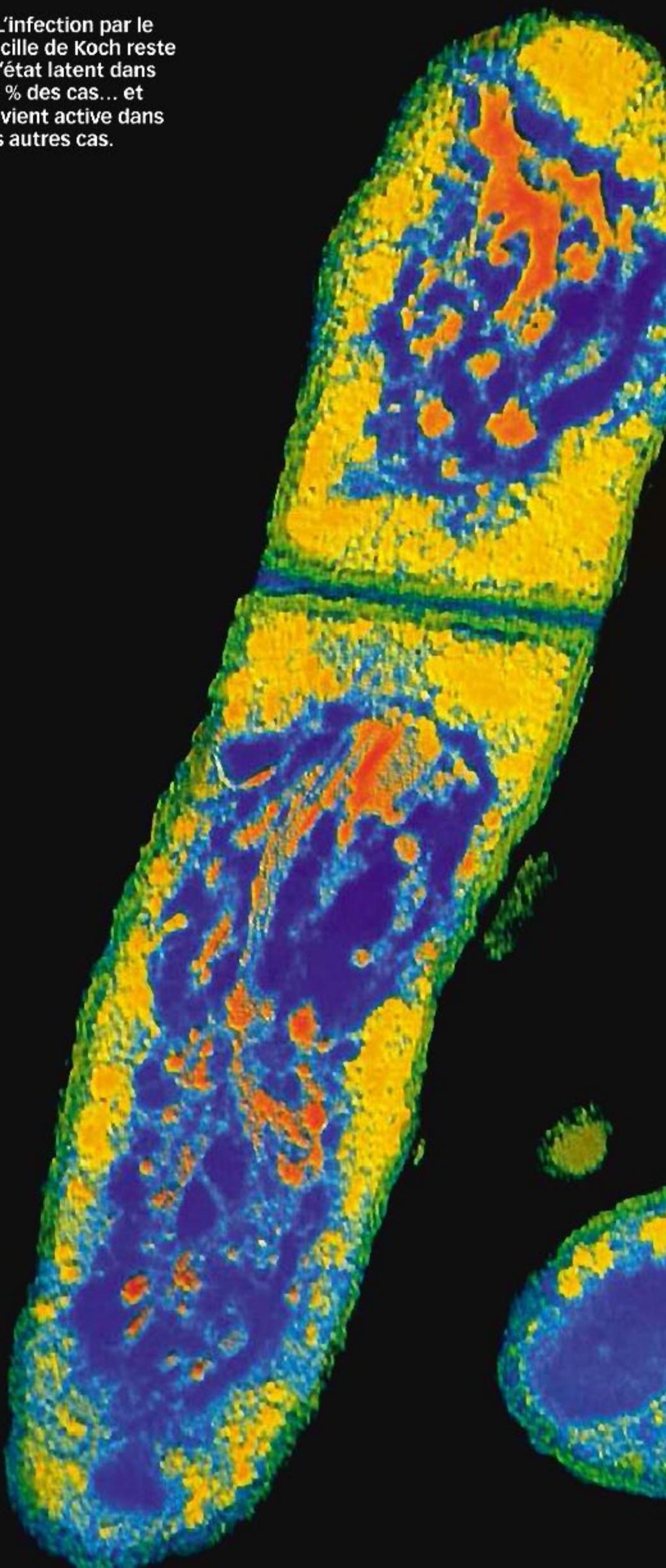
# Ils l'ont fait...

## UN CHAMP MAGNÉTIQUE RECORD VIENT D'ÊTRE OBTENU DANS UNE BOSSE DE GRAPHÈNE

Université de Californie (Etats-Unis), le 30 juillet. Des chercheurs américains et espagnols viennent de créer un pseudo-champ magnétique de 300 teslas, soit 10 millions de fois le champ magnétique terrestre. C'est le plus puissant jamais obtenu en laboratoire. En produisant des bosses de quelques nanomètres sur une surface de graphène, un cristal de carbone pur, les physiciens ont observé que les électrons s'y comportent exactement comme s'ils étaient soumis à un très intense champ magnétique! Une nouvelle propriété du graphène qui devrait trouver des applications dans l'électronique. M.H.



> L'infection par le bacille de Koch reste à l'état latent dans 90 % des cas... et devient active dans les autres cas.



## DU WHISKY UTILISÉ COMME SOURCE DE BIOCARBURANT

Edimbourg, le 17 août. Après deux années de recherche, l'équipe de Martin Tangney, directeur du Biofuel Research Centre vient de déposer un brevet pour un nouveau carburant biologique qui pourrait être utilisé tel quel dans des voitures ordinaires. Ce biocarburant est produit à partir de deux sous-produits émanant de la fabrication du whisky : le "pot ale", résidu retrouvé au fond de l'alambic de première distillation et la drèche, obtenue à l'issue du brassage de l'orge.

An.P.



# UN TEST SANGUIN POUR PRÉDIRE LA GRAVITÉ DE LA TUBERCULOSE



Londres, le 19 août. Réussir à repérer et à traiter en priorité les 10 % de personnes infectées par la tuberculose qui développeront une forme grave: voici l'espoir des chercheurs du Medical Research Council à Londres. Alors que dans 90 % des cas, l'infection par le bacille de Koch reste "latente", les autres personnes infectées souffrent d'une forme active de tuberculose, qui cause deux millions de décès par an. Or rien ne permet aujourd'hui de prédire cette évolution avant qu'une radio pulmonaire ne révèle les premiers dommages de la maladie.

Les chercheurs ont comparé les gènes de personnes infectées par les formes actives et latentes de la tuberculose et ceux de personnes non infectées. Et ils ont découvert une "signature génétique", combinant les niveaux d'activité de 400 gènes, présente chez toutes les personnes atteintes de forme active, contre seulement 10 à 20 % des sujets atteints de la forme latente. Décelable dans un simple échantillon sanguin, elle pourrait permettre de traiter en priorité les personnes "à risque". Reste tout de même à s'assurer qu'elle est bien corrélée au développement ultérieur de la maladie.

M.Co

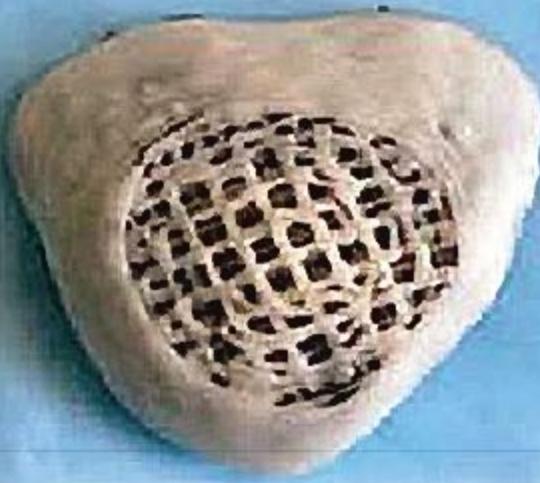
# Ils l'ont fait...



## UN CARTILAGE A ÉTÉ RÉGÉNÉRÉ *IN VIVO*

New York, le 7 août. Des chercheurs de l'université de Columbia sont parvenus pour la première fois à régénérer des cartilages articulaires d'épaules de lapins *in vivo*. Après avoir excisé le bout de l'humérus, ils l'ont remplacé par une structure en hydroxyapatite, minéral qui compose les dents et les os. Celle-ci était traversée par des microcanaux contenant une solution de protéines appelées facteurs de croissance, qui attirent certaines cellules de l'organisme vers la greffe, et les poussent à évoluer en cartilage. Grâce à cette méthode, qui évite les problèmes de rejets, les lapins ont récupéré leurs capacités de locomotion en moins de deux mois. Un formidable espoir dans la lutte contre l'arthrose. E.A.

Structure en hydroxyapatite



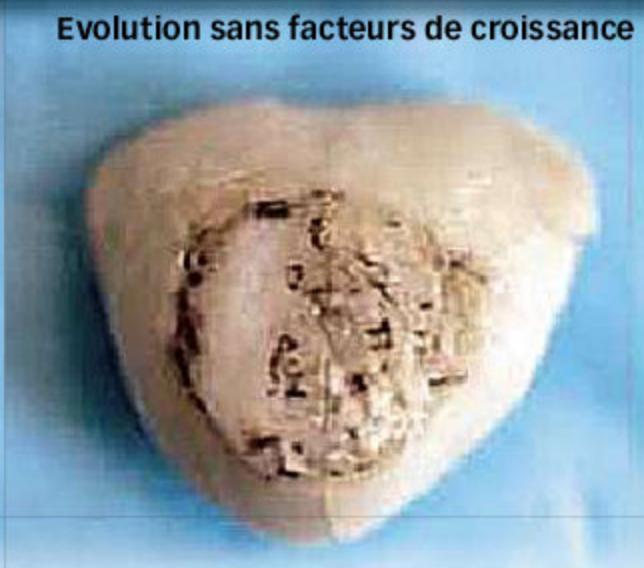
# L'EAU D'UN GLACIER ÉVACUÉE POUR ÉVITER UNE CATASTROPHE



Glacier de Tête Rousse, massif du Mont-Blanc (France), 25 août. Des travaux titaniques ont débuté pour vider une poche de plus de 65 000 m<sup>3</sup> d'eau, menaçant d'inonder la vallée de Saint-Gervais. C'est au mois de juillet, lors d'une opération de contrôle, que des glaciologues ont découvert l'existence de cette nappe grâce à des mesures RMP (résonance magnétique des protons). Utilisée pour la détection d'aquifère, cette méthode trouve ici une application novatrice. La situation est exceptionnelle, car l'eau contenue dans les glaciers se vidange habituellement par ruissellement. Or, au glacier de Tête Rousse, les chenaux naturels ont gelé et l'eau n'a pu s'évacuer. A l'aide d'une pelle araignée (une pelleteuse adaptée à la montagne) et de forets thermiques, une quinzaine de personnes vide progressivement la cavité au centre du glacier. "Les travaux sont très délicats à mener. En tant que scientifiques, nous assistons l'équipe technique pour les aider à forer puis à pomper, tout en anticipant les risques", précise Christian Vincent, chercheur au Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'Environnement (LGGE) de Grenoble, qui conduit les études sur le glacier depuis septembre 2009. "La cavité a une capacité de 25 000 m<sup>3</sup>. Nous espérons qu'il existe des chenaux communiquant qui nous permettront de vider les 40 000 m<sup>3</sup> restant", ajoute-t-il. Un travail risqué et de longue haleine qui prendra plus de deux mois, à raison de 150 m<sup>3</sup> par heure.

M.H.

Evolution sans facteurs de croissance



Evolution avec facteurs de croissance



Articulation saine (pour comparaison)



# actualités

PLANÉTOLOGIE

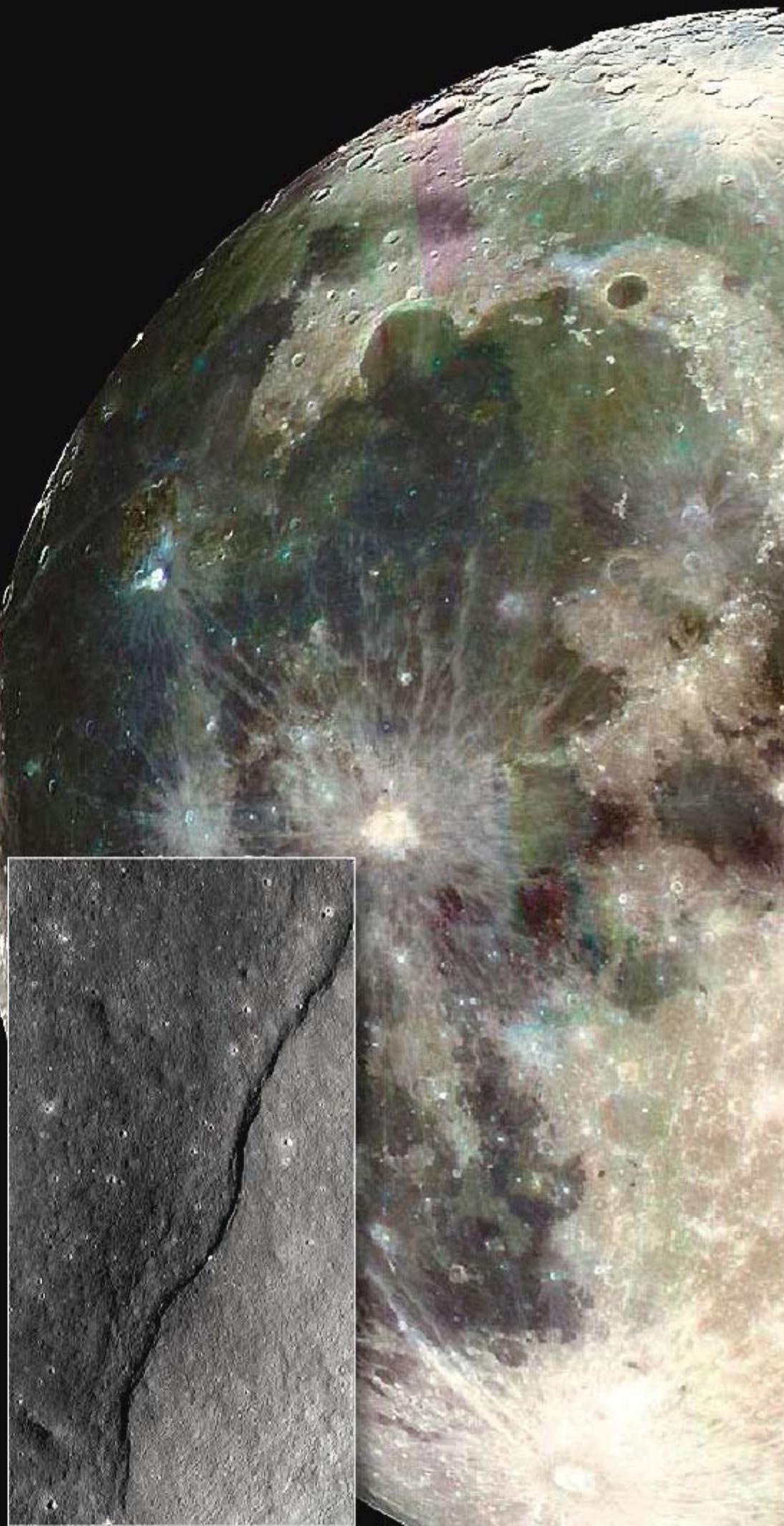
## La Lune se rétrécit !

Le rayon lunaire aurait diminué d'une centaine de mètres. Une hypothèse connue, qui vient d'être étayée par les observations d'une sonde.

Ce sont de petits escarpements de quelques dizaines de mètres de hauteur. Vus du dessus, ils serpentent à la surface de la Lune sur quelques kilomètres. Ces 14 "failles de compression", qui viennent d'être repérées grâce à la sonde *Lunar Reconnaissance Orbiter*, lancée en juin 2009, sont discrètes... mais ne laissent guère de place au doute : la Lune se marbre de boursouflures, parce qu'elle rétrécit.

Les missions Apollo, dans les années 1970, avaient déjà décelé de tels motifs près de l'équateur de la Lune. Mais ces nouvelles observations se répartissent sur toutes les latitudes. En outre, l'excellente résolution des images (entre 50 cm et 2 m par pixel), montre que les failles sont très peu abîmées par des impacts de météorites, et qu'elles traversent des cratères préexistants de moins de 50 m de diamètre. Des indices qui ont permis à l'équipe menée par Thomas Watters, du Smithsonian Institute, à Washington, d'évaluer l'âge

des déformations à moins d'un milliard d'années. La Lune (née il y a 4,5 milliards d'années) a donc rétréci dans un passé récent, et rétrécit sûrement en ce moment même ! Aucun risque cependant qu'elle disparaîsse sous nos yeux : son rayon (1 737 km) n'aurait diminué que d'une centaine de mètres au cours du dernier milliard d'années. D'ailleurs, l'idée que la Lune se contracte n'est pas une surprise pour les chercheurs. L'astre se refroidit nécessairement depuis sa formation. Mais le fait-il à partir d'une boule presque totalement fondu, ou dotée d'un gros noyau solide ? La petite taille de ces nouvelles failles plaiderait plutôt pour la deuxième solution. Ceci dit, "*pour comprendre l'évolution plus ancienne de la Lune, il faudrait maintenant d'autres types d'indices, par exemple à l'aide de sismographes distribués à sa surface*", avance Bernard Foing, responsable scientifique de la mission lunaire Smart-1 à l'ESA. C.B.



>▲ Ces "failles de compression" de quelques dizaines de mètres de hauteur témoigneraient du rétrécissement de notre satellite.

## PHYSIQUE

### **LES STALACTITES LIVRENT LE SECRET DE LEURS FORMES**



*Rides, ondulations, pointes dédoublées, formes tordues... les stalactites ne sont pas tous des cônes parfaits. Deux chercheurs de l'université de Toronto (Canada) ont étudié leur formation en conditions contrôlées. Résultat: plus que la température ambiante et la vitesse d'écoulement des gouttes, c'est la composition de l'eau (chargée ou non d'impu-  
retés) et le mouvement de l'air environnant qui conditionnent leur morphologie.*

M.H.

## PALÉOGÉNÉTIQUE

### **De l'ADN viral très ancien protégerait de maladies**

De l'ADN de virus létaux a intégré, il y a plusieurs millions d'années, les génomes de nombreuses espèces de vertébrés, qui sont aujourd'hui insensibles à l'infection par ces virus. Des chercheurs américains ont ainsi montré que le génome humain contient des séquences provenant d'un ancêtre du virus de la maladie de Borna, qui tue les chevaux et les moutons. De l'ADN provenant d'un vieux parent du virus Ebola, létal chez l'homme, a quant à lui été découvert dans le génome de chauves-souris, non touchées par la maladie. Ainsi, les séquences d'ADN virales pourraient protéger les espèces qui les portent des pathologies associées aux virus dont elles proviennent. Pour Anna Marie Salka, une des auteurs de l'étude, "c'est probablement parce qu'il confère cet avantage que l'ADN viral a pu persister dans ces espèces". Cette protection avantagerait aussi les virus, qui pourraient alors plus facilement se répandre, via des populations "réservoirs" de porteurs asymptomatiques. Reste maintenant à comprendre le mécanisme à la base de cette protection. E.A.

## ÉTHOLOGIE

# Synchroniser les naissances favorise le bébé mangouste

Chez les mangoustes rayées, 64 % des mères d'une même tribu donnent naissance à leurs petits la même nuit... même lorsqu'elles se sont accouplées à une semaine d'intervalle ! Pour Sarah Hodge, de l'université d'Exeter (Grande-Bretagne), cette synchronisation s'explique par la compétition entre nouveau-nés. En effet, les petits nés un ou plusieurs jours avant les autres risquent

d'être tués par les autres femelles, tandis que s'ils naissent après, ils ont du mal à rivaliser avec leurs aînés pour la quête de la nourriture. Les femelles capables de synchronisation, dont la descendance est plus apte à survivre, auraient donc été sélectionnées au cours de l'évolution. Mais on ignore encore comment elles peuvent ainsi accélérer ou retarder l'accouchement. An.P.

> Les mères qui pratiquent la synchronisation des naissances donnent aux nouveau-nés une meilleure chance de survie.



## PALÉONTOLOGIE

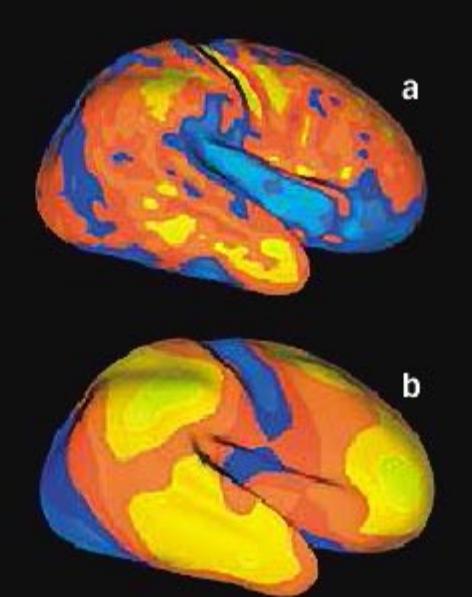
# Les australopithèques utilisaient déjà des outils

Il y a 3,39 millions d'années, les australopithèques, ces premiers hominidés auxquels Lucy est apparentée, utilisaient déjà des outils de pierre pour retirer la chair et extraire la moelle des os d'ongulés et de bovidés. C'est ce que suggère la découverte, dans des dépôts volcaniques du nord-est de l'Ethiopie, de deux os portant des marques caractéristiques. Les plus anciennes traces connues d'utilisation d'outils par les hominidés étaient jusqu'alors datés 800 000 ans plus tard que ces os retrouvés par Shannon McPherron et ses collègues, du Max Planck Institute (Allemagne). Les chercheurs ont pu attribuer leur usage aux australopithèques, seuls hominidés présents dans la région à cette période. En revanche, les traces ne permettent pas de savoir si ces outils de pierre ont été façonnés par leurs soins ou s'ils les ont trouvés tels quels dans la nature. C.H.

## NEUROBIOLOGIE

# La croissance du cerveau est un reflet de l'évolution

Pour savoir comment le cerveau de l'homme a évolué depuis son dernier ancêtre commun avec le macaque, il y a 25 millions d'années, il suffit d'observer le développement du cerveau d'un



▲ Les zones du cerveau qui grandissent le plus (jaune et orange) entre un nouveau-né et un adulte (a) sont les mêmes qu'entre un singe et un homme (b).

enfant depuis sa naissance. C'est l'étonnante conclusion à laquelle est parvenue l'équipe de Jason Hill, de l'université Washington à Saint Louis (Missouri). En comparant les scanners cérébraux de 12 enfants nés à terme avec ceux de 12 jeunes adultes, les biologistes ont constaté que la croissance du cortex n'était pas uniforme. Les cortex temporal latéral, pariétal et frontal croissent deux fois plus que les autres au cours de l'enfance. Or le rapprochement avec des scanners de macaques révèle que ce sont quasiment ces mêmes régions, responsables de fonctions mentales supérieures comme le langage ou le raisonnement, qui se sont le plus développées au cours de l'évolution du cerveau humain. M.-C.M.



#### ÉTHOLOGIE

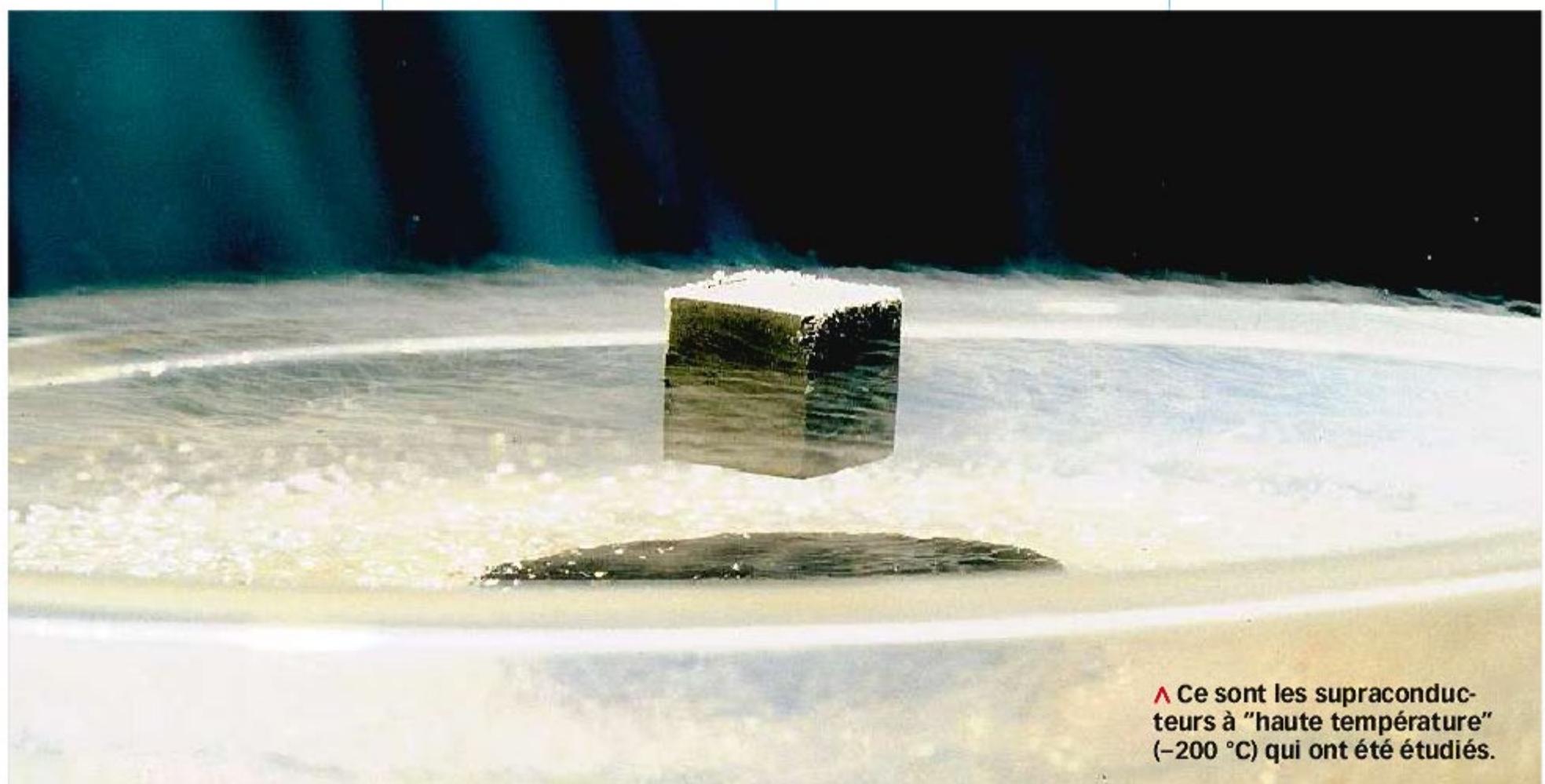
## POUR S'ACCOUPLER PLUS VITE, CET INSECTE MISE SUR LA PEUR DES FEMELLES

*Une nouvelle stratégie d'accouplement a été mise en évidence par des chercheurs de l'université de Séoul: les mâles de l'espèce de punaises amphibiées Gerris gracilicornis alertent leurs prédateurs pendant la parade nuptiale, afin que les femelles acceptent plus vite la copulation. Ils frappent la surface de l'eau, ce qui attire les poissons et effraie les femelles. Pressées d'en finir, celles-ci découvrent ainsi leur appareil génital, caché sous un bouclier anatomique protecteur.* E.A.



universcience présente

The poster features a man walking past a large red banner with white text. The banner reads "vite" (fast) and "es sciences & de l'industrie". Below the banner, the exhibition title is written in large, bold, black letters: "EXPO DÉCOUVERTE SCIENCE FICTION". The text "AVVENTURES CROISEES" is also visible. The date "21 OCT > 3 JUILLET 2011" is prominently displayed. A small note at the bottom left says "RÉSERVATION CONSEILLÉE SUR WWW.UNIVERSCIENCE.FR". Logos for "SCIENCE & Vie", "L'EXPRESS", "le Parisien", "OKAPI", "Syfy", and "INTER" are at the bottom right.



▲ Ce sont les supraconducteurs à "haute température" (-200 °C) qui ont été étudiés.

## PHYSIQUE

# Les supraconducteurs doivent leurs performances à leur structure fractale

Les supraconducteurs, ces matériaux exceptionnels capables de transporter le courant électrique sans la moindre résistance, ont peut-être livré une part de leurs secrets à Michela Fratini et son équipe de l'université La Sapienza de Rome...

Ce sont plus exactement les supraconducteurs à "haute

### > REPÈRES

En 1911, de l'hélium liquide, à -269 °C, est synthétisé pour la première fois. On remarque alors que le mercure perd toute résistivité électrique à cette température. En 1986, les supraconducteurs à "haute" température critique (-196 °C) sont découverts. Mais on est toujours aujourd'hui, à la recherche des supraconducteurs à température ambiante.

B.PIERCE/TIMELIFE PICTURES/GETTY IMAGES

température", qui fonctionnent typiquement à -200 °C (contre -260 °C pour les supraconducteurs classiques), les plus prometteurs en termes de technologie, qui ont fait sensation dans la capitale italienne. En effet, en étudiant aux rayons X un échantillon du cuprate  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ , une céramique de cuivre et d'oxygène que l'ajout d'atomes d'oxygène rend superconductrice, l'équipe a remarqué que les atomes surnuméraires ne s'arrangent pas au hasard à l'intérieur du matériau : ils adoptent une structure fractale ! Les fractales, bien connues des mathématiciens, sont ces figures géométriques dont le motif principal se retrouve à plusieurs échelles de taille. Le plus célèbre exemple de fractale dans la nature est ainsi la côte bretonne. Ses grands golfes sont morcelés de golfes plus petits, eux-mêmes

contenant de nombreuses criques, etc. Pour l'instant, impossible d'expliquer le lien entre cette structure et la supraconductivité du matériau. Mais selon Antonio Bianconi, un des membres de l'équipe, il est clair que l'explication est à chercher de ce côté ! En effet, deux échantillons de fractalités différentes (l'un reproduisant le motif jusqu'à une échelle de 400 micromètres l'autre jusqu'à 180) présentent des températures de supraconducteur différentes (-241 et -233 °C) !

### UN AVENIR INDUSTRIEL ?

La découverte est de bon augure. D'une part pour les industriels, car elle pourrait peut-être permettre d'augmenter la température de fonctionnement du supraconducteur (une étape nécessaire au développement d'applications d'un coût abordable,

dans le transport d'électricité notamment). D'autre part pour les théoriciens, car si le mécanisme à l'œuvre dans la supraconducteur à basse température est bien compris (dans le mercure ou le plomb par exemple), celui qui se cache derrière le phénomène de supraconducteur à haute température reste pour l'heure totalement inaccessible !

Cependant, quelques spécialistes émettent des réserves sur l'étude des Italiens. Car on savait déjà que les propriétés du matériau étaient améliorées lorsque les atomes d'oxygène se disposaient de manière ordonnée. Or ici, la fractalité semble certes favoriser la supraconducteur, mais elle ne permet toujours pas de l'expliquer. Si un pas a été franchi, on ne détient pas encore la clé qui libérera les supraconducteurs de leur prison de glace.

B.R.

JE SUIS GIULIETTA  
ET JE SUIS FAITE DE LA  
MÊME MATIÈRE QUE LES RÊVES.



Alfa Giulietta Diesel 105 ch à partir de **269 €/mois\***

LOA sur 48 mois (bonus écologique de 500€ déduit). Jusqu'au 31/10/10. 1<sup>er</sup> loyer de 4 549 €. Montant total : 26 122 €

Technologies de série pour un contrôle et une sécurité optimisés : ESP, système Alfa DNA, Q2 électronique. Espace intérieur et confort maximisés grâce à un schéma de suspensions innovant. Émissions de CO<sub>2</sub> à partir de 114 g/km et performances accrues grâce aux nouvelles motorisations turbo.

**SANS CŒUR, NOUS NE SERIONS QUE DES MACHINES.**

*Giulietta*



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



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

\*Exemple pour une Alfa Giulietta Impulsive 1.6 JTDM 105ch + peinture blanche extra série (300 €) au prix remisé de : 23342,60 €, soit une remise de 707,39 € du prix catalogue du 2/06/2010. Option d'Achat finale : 8 930 € ou reprise de votre véhicule suivant engagement sous conditions de votre Distributeur. Coût total en cas d'acquisition : 26 122 €. Montants exprimés TTC, hors prestations facultatives. Assurance facultative DI(A) 14 €/mois, ce montant s'ajoute au loyer. Dans le cadre de votre financement, vous disposez d'un délai de rétractation. Offre en location avec option d'achat sur 48 mois et 80 000 km réservée aux particuliers dans le réseau Alfa Romeo participant. Sous réserve d'acceptation du dossier par FL Auto, SNC au capital de 8 954 580,86 €, 342 499 126 RCS Versailles. Siège social : 6 rue Nicolas Copernic, 781 90 Trappes. Modèle présenté : Alfa Giulietta Impulsive 1.6 JTDM 105ch équipée en option de jantes 17" design sport, étriers de freins rouge, jupes latérales sport et peinture blanche extra série : tarif remisé au 2/6/10 : 24 991,61 €. 48 loyers mensuels de 417,36 €. Assurances facultatives DIA : 14,99 €/mois en sus du loyer. Option d'achat finale : 9 112,37 €. Consommation mixte : 4,4l/100 km. Émissions de CO<sub>2</sub> : 114g/km.

**On en repartie**

## Toutankhamon était-il atteint d'anémie ?

Les conditions de la disparition du pharaon ne sont peut-être pas totalement élucidées. En février dernier (voir *S&V* n° 1111, p. 20), une publication supervisée par Zahi Hawass, du Conseil suprême des antiquités égyptiennes, attribuait sa mort à la conjonction d'une crise de paludisme, d'une fracture et d'une dégénérescence osseuse. Mais aujourd'hui, Christian Timmann, de l'Institut Bernhard-Nocht pour les maladies tropicales de Hambourg, propose une "intéressante et plausible addition à la palette de pathologies potentielles" du jeune roi, selon l'équipe de Zahi Hawass : Toutankhamon aurait pu être atteint d'anémie falciforme, ou drépanocytose. Cette maladie génétique sanguine est fréquente dans les zones de paludisme car, en déformant les globules rouges, elle offre une certaine protection contre le parasite. Mais elle peut aussi causer des lésions osseuses... comparables à celles altérant le pied gauche de la momie. De nouvelles analyses génétiques pourraient permettre de trancher la question. Il semblerait qu'elles soient en cours.

E.R.



L'utilisation de cellules souches embryonnaires humaines pose un problème éthique

## BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

# Cellules souches induites et embryonnaires sont proches

Les cellules souches humaines "induites" obtenues par modification génétique de cellules différencierées adultes seraient finalement très similaires aux cellules souches embryonnaires. En analysant 39 lignées de cellules différentes, des chercheurs américains n'ont ainsi mis en évidence que

quatre gènes exprimés différemment entre ces deux types cellulaires. Certaines liaisons de protéines sur l'ADN (qui modifient son activité), seraient de plus très similaires. Les précédentes recherches mettaient en évidence de bien plus grandes différences, mais les auteurs de l'étude ont

montré qu'elles seraient majoritairement dues à des biais méthodologiques. Reste cependant à tester cette similarité au niveau fonctionnel, pour savoir si les cellules induites pourront, un jour, remplacer les cellules souches embryonnaires dans leurs applications médicales.

E.A.

## ARCHÉOLOGIE

# UN MYSTÉRIEUX SANCTUAIRE GALLO-ROMAIN A ÉTÉ EXHUMÉ

*Un rare temple circulaire, un autre carré, un édifice en "E" et des tombes ont été mis au jour par les archéologues de l'Inrap au nord du Mans. Datant des I<sup>er</sup> et II<sup>e</sup> siècles, ils appartiennent à un étonnant sanctuaire de 2 ha qui a pu recevoir des milliers de pèlerins. Les spécialistes comptent sur les centaines d'objets exhumés, des monnaies d'argent et de bronze, des fibules, une bague d'or, des clés de coffre ou encore des ex-voto en forme d'œil pour comprendre quels dieux y étaient honorés.*



E.R.

**Avec Suivi Conso\*, pas de surprise pour les Chevillon,  
nous leur épargnons  
les cris de papa en plus de ceux de bébé.**



**Quand on souhaite mieux maîtriser ses dépenses d'électricité**

parce qu'on est plus nombreux à la maison, par exemple, c'est le moment de souscrire à Suivi Conso\* de Bleu Ciel d'EDF. Vous bénéficierez d'un suivi de vos consommations et de conseils pratiques pour maîtriser votre budget électricité.

**Contactez votre conseiller EDF Bleu Ciel  
ou rendez-vous sur [edf.fr](http://edf.fr)**



**CHANGER L'ENERGIE ENSEMBLE**

L'énergie est notre avenir, économisons-la !

## ÉTHOLOGIE

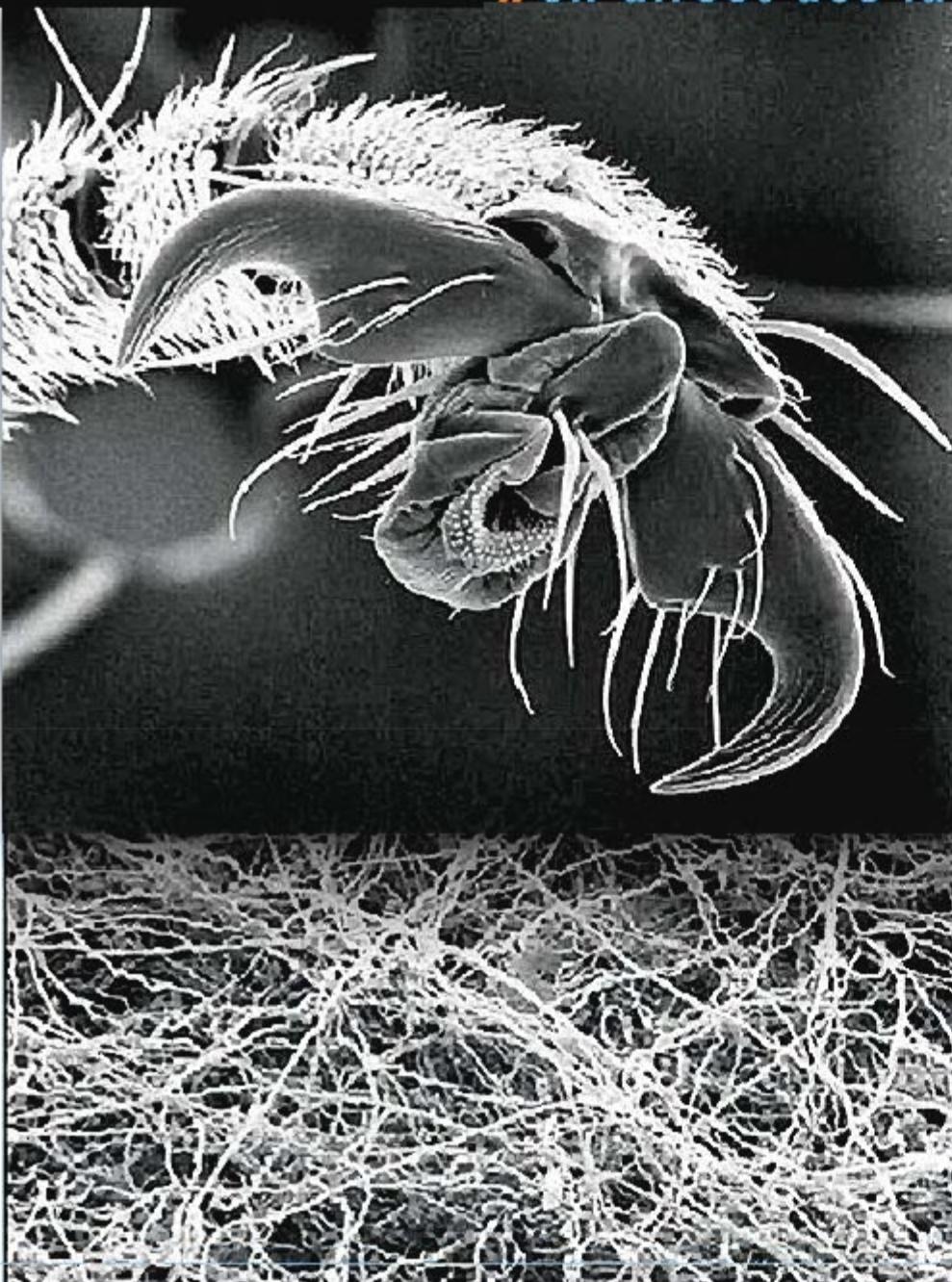
# Une fourmi guyanaise "chasse au Velcro"

En Guyane, une fourmi arboricole du genre *Azteca* utilise une stratégie perfectionnée de chasse collective à grande échelle. Son efficacité repose sur sa capacité à immobiliser des proies de grande taille par effet Velcro. L'équipe d'Alain Dejean de l'UMR-CNRS-Ecologie des forêts de Guyane, a dévoilé chez *Azteca andreae* cette chasse à l'affût spectaculaire : des milliers d'ouvrières se postent en rang serré sur les contours des feuilles de *Cecropia obtusa*,

ou bois canon. La proie qui se pose est assaillie, écartelée. Tout doit aller très vite, surtout s'il s'agit d'un sphinx au vol très puissant. Jusqu'à 8 530 fourmis ont été dénombrées sur un seul arbre. Leur plus grosse prise observée, un criquet, pesait 13 350 fois le poids d'une ouvrière. Pour capturer et maintenir de telles proies, les fourmis crochètent leurs griffes aux poils sous la feuille de *Cecropia obtusa* et s'y fixent tel un Velcro.

S.B.

Les fourmis agrippent leurs griffes au velours de la feuille pour capturer des proies jusqu'à 13 350 fois plus lourdes qu'elles.



## PALÉONTOLOGIE

## CERTAINS CROCODILES DU CRÉTACÉ POUVAIENT MÂCHER

*Pakasuchus kapilimai*, le crocodile que Patrick O'Connor et ses collègues de l'université de l'Ohio ont découvert en Tanzanie, mâchait avant d'avaler. Sa mâchoire, comme celle des mammifères, était pourvue d'une articulation mobile et de canines, molaires et prémolaires. Vivant il y a 105 millions d'années, ce reptile de la taille d'un chat, probablement terrestre, se nourrissait d'insectes et de petits animaux. Une niche écologique dont il a peut-être été chassé par l'expansion des mammifères.

C.H.



## ÉCOLOGIE

## Des bactéries manipulent la physiologie des plantes pour survivre

Les insectes phytophages dont les larves se développent dans les feuilles des arbres garantissent la persistance de points verts dans les feuilles jaunies de l'automne via l'action de bactéries présentes dans leur organisme. Par un mécanisme non encore élucidé, ces dernières manipulent la physiologie de la plante afin qu'elle maintienne sa photosynthèse, augmentant ainsi l'apport d'énergie aux larves d'insectes qui s'en nourrissent. Les bactéries assurent de cette façon le bon développement des larves, et donc leur propre survie.

E.A.



TOUS VOS  
PETITS  
TRAJETS  
SANS UNE  
SEULE  
GOUTTE

TOYOTA FRANCE - 20 bd de la République, 92420 Villecresnes - SAS au capital de 2 123 127 € - RCS Nanterre B 712 034 040 - SAATCHI & SAATCHI



## Nouvelle Toyota Auris Hybride HSD. Rechargez votre énergie.

Croyez-le ou non, lorsque vous conduisez la Nouvelle Toyota Auris Hybride HSD en mode électrique, vous ne consommez pas de carburant<sup>(3)</sup>. Découvrez la Nouvelle Toyota Auris Hybride HSD et ses deux moteurs thermique et électrique sur [toyota.fr/auris](http://toyota.fr/auris).

A partir de **19 900 €<sup>(1)</sup>**  
dont 2 000 € de Bonus Écologique<sup>(2)</sup> sous condition de reprise



**89 g**  
CO<sub>2</sub>/km

**136 ch.**

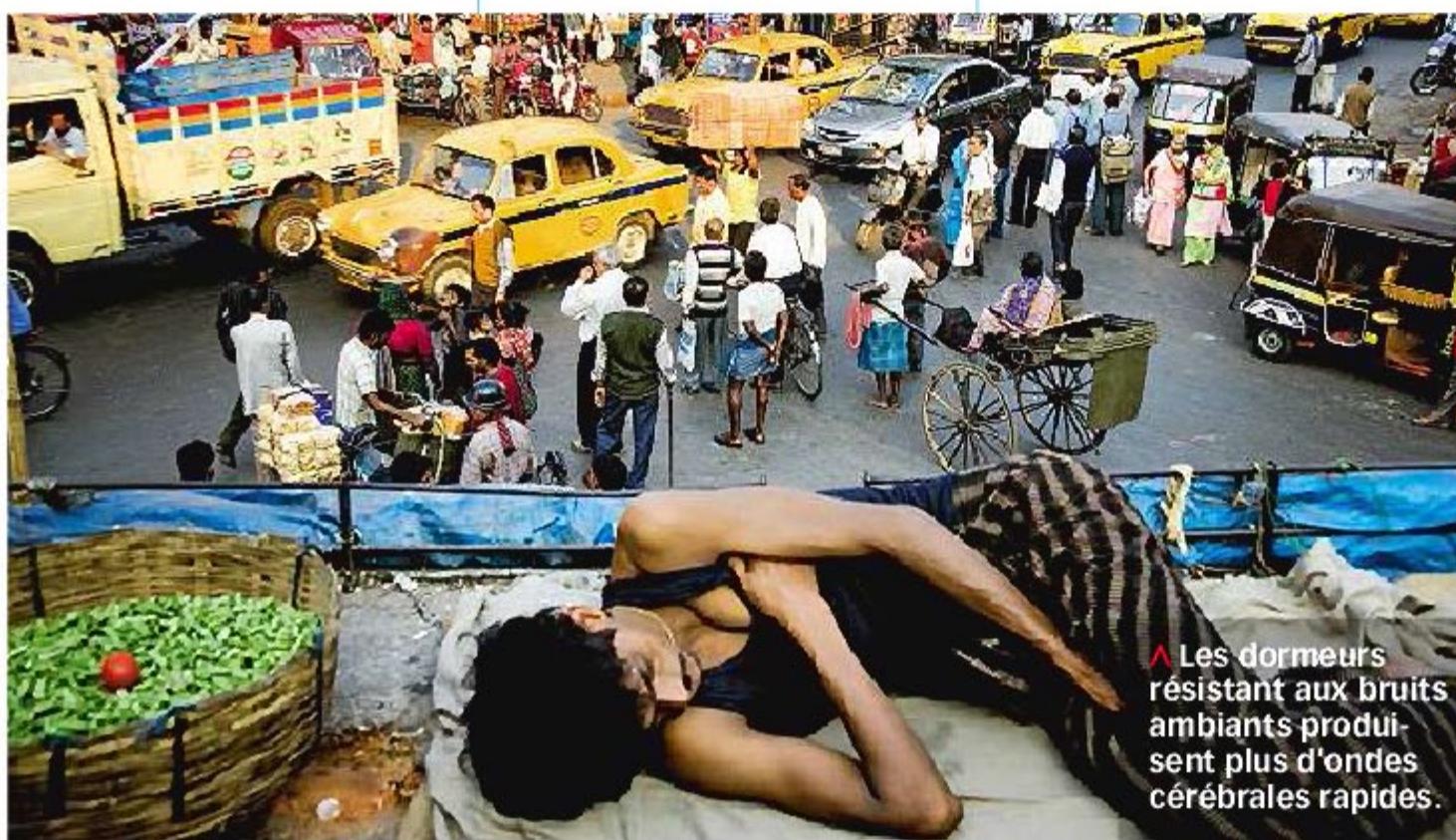
**3.8 L**  
/100 km

Today  
Tomorrow  
Toyota

Consommations L/100 km (Normes CE) : cycle urbain/extr-urbain/mixte de 3,8/3,8/3,8 à 4,0/4,0/4,0. Emissions de CO<sub>2</sub> (Normes CE) : cycle mixte de 89 à 93 g/km (A).

Aujourd'hui, demain

**Modèle présenté** Nouvelle Auris Hybride 136h Dynamic 17'', émettant 93 g/km de CO<sub>2</sub> en cycle mixte, à 20 500 € TTC (1400 € de prime Toyota Reprise de 8-10 ans et 2000 € de Bonus Écologique déduits). (1) Tarif TTC au 04/08/2010 pour une Nouvelle Auris Hybride 136h Dynamic 15'', 1400 € de prime Toyota Reprise 8-10 ans et 2 000 € de Bonus Écologique déduits. 1 400 € TTC : offre de reprise Toyota pour les véhicules de 8 à 10 ans. Offre non cumulable, valable chez les concessionnaires Toyota participants, réservée aux personnes physiques pour un usage particulier pour toute commande d'une Nouvelle Auris Hybride passée du 01/09/2010 au 29/10/2010. (2) 2000 € de Bonus Écologique pour les personnes physiques, pour un véhicule hybride (électricité+essence) émettant moins de 136 g/km de CO<sub>2</sub> en cycle mixte. (3) En fonction de la charge de la batterie et du type de conduite, vous pouvez accélérer et rouler jusqu'à 50 km/h en mode électrique sur 2 km environ.



▲ Les dormeurs résistant aux bruits ambients produisent plus d'ondes cérébrales rapides.

#### PHYSIOLOGIE

## On sait pourquoi certains dormeurs résistent au bruit

Comment certaines personnes arrivent-elles à dormir à poings fermés au milieu d'un bruit assourdissant ? Pour percer ce mystère, des chercheurs de la Harvard Medical School à Boston ont enregistré pendant deux nuits l'activité cérébrale de 12 dormeurs exposés à 14 bruits divers : sonnerie

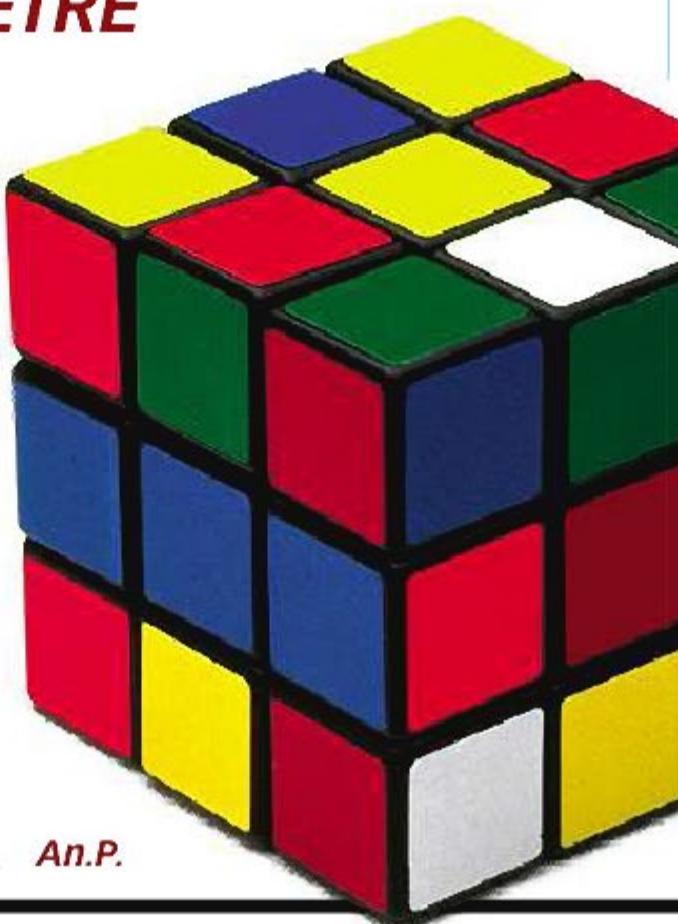
de téléphone, conversation, chasse d'eau, machine à laver, hélicoptère, etc., diffusés par salves de 10 secondes toutes les 30 secondes, d'abord à un niveau de 40 décibels, puis avec une intensité croissante. Ceux qui résistent le mieux aux bruits ambients produisent plus d'ondes cérébrales

rapides, appelées fuseaux du sommeil, engendrés par le thalamus au début de chaque cycle et permettant de passer de l'éveil au sommeil lent profond. Les chercheurs espèrent pouvoir stimuler la production de ces fuseaux chez des personnes ayant des troubles du sommeil. O.D.

#### MATHÉMATIQUES

## LE RUBIK'S CUBE PEUT ÊTRE RÉSOLU EN 20 COUPS !

*Les milliards de milliards de configurations possibles du célèbre casse-tête peuvent être résolues en un maximum de 20 coups ! C'est ce que vient de démontrer une équipe internationale en combinant algorithmes et programmes informatiques. Sachant qu'un quart de tour et un demi-tour valaient un seul mouvement. L'équipe a déjà un autre projet : étudier le Rubik's Cube à 4 cubes par arête !*



An.P.

## En bref...

» **LA CHENILLE AVANCE AVEC SON ESTOMAC ! DES CHERCHEURS AMÉRICAUX ONT DÉCOUVERT QUE SON TUBE DIGESTIF ET SON ENVELOPPE EXTERNE SE MEUVENT DE FAÇON ASYNCHRONE,** le premier ayant un segment abdominal d'avance et amorçant ainsi, à la manière d'un piston, le mouvement d'ensemble de l'animal. C.H.

» **LE SOLEIL PREND UN COUP DE VIEUX.** Une météorite trouvée en Afrique du Nord et constituée d'éléments formés juste après la naissance du système solaire a permis de préciser l'âge du Soleil à 4,5682 milliards d'années, soit près de 2 millions d'années de plus que les précédentes estimations. C.B.

» **L'HOMME DE NEANDERTAL S'ÉTAIT CONSTRUIT UN HABITAT DOUILLET.** Une grotte s'apparentant à une chambre vient d'être exhumée en Espagne. Neandertal s'y serait aménagé des lits avec de l'herbe ainsi qu'une cheminée. An.P.

» **SI LES Araignées MÂLES SONT SOUVENT DE PETITE TAILLE, C'EST QU'ILS Y ONT INTÉRÊT : LÉGERS, ILS PEUVENT FACILEMENT SE DÉPLACER SUR LEUR TOILE ET LA CONSTRUIRE PLUS RAPIDEMENT.** Une sélection ne s'appliquant pas aux femelles, souvent plus grosses que les mâles, puisqu'elles doivent pouvoir enfanté. An.P.

KIA, LE SEUL CONSTRUCTEUR À GARANTIR TOUS SES MODÈLES 7 ANS



# NOUVEAU KIA SPORTAGE

IL FAIT TOURNER LES TÊTES

DESIGN  
QUALITÉ  
GARANTIE  
7 ANS



Garanti 7 ans, le nouveau Kia Sportage allie design, qualité et dynamisme. C'est donc sans surprise que ce crossover fait se retourner toutes les têtes sur son passage. Et non content de plaire aux yeux, il séduit les utilisateurs par ses équipements de haute technologie : toit panoramique, climatisation automatique bi-zone, démarrage sans clé, navigation couleur avec caméra de recul, système audio CD/MP3 avec connexion Bluetooth®. Le Nouveau Kia Sportage peut également être équipé du système ISG Stop&Go qui réduit efficacement les émissions de CO<sub>2</sub> et la consommation de carburant.

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



\* Garantie 7 ans ou 150 000 km (1<sup>er</sup> des deux termes échu) valable pour tous les modèles KIA en France métropolitaine et Corse (hors DOM-TOM) et dans tous les Etats membres de l'UE ainsi qu'en Norvège, Suisse, Islande et à Gibraltar. Hors véhicules utilitaires et véhicules à usage commercial. Consommations mixtes du Nouveau Kia Sportage : de 5,5 à 7,0 L/100 km. Émissions de CO<sub>2</sub> de 147 à 183 g/km. Équipements listés disponibles de série ou en option selon finition. MOTUL

INNOCEAN WORLDWIDE FRANCE - KIA MOTORS FRANCE - 38391529500067 RCS Nanterre



L.VILLERET/DOLCE VITA

< C'est au Laas de Toulouse que David Pech et son équipe ont mis au point leur minuscule batterie à très haute densité.

> Avec ces microsupercondensateurs de quelques micromètres d'épaisseur (ici, au nombre de 16 au centre de la plaque), la voie se dégage pour "l'Internet des objets".

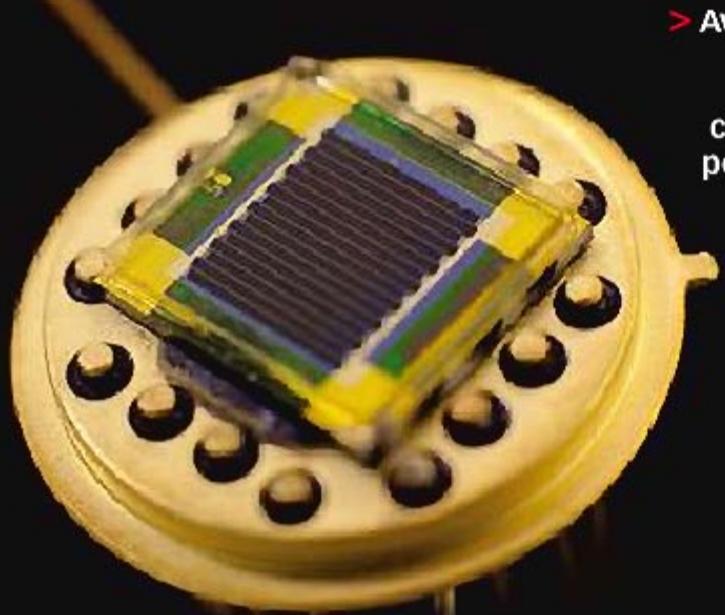
# Ils apportent le courant au monde microscopique

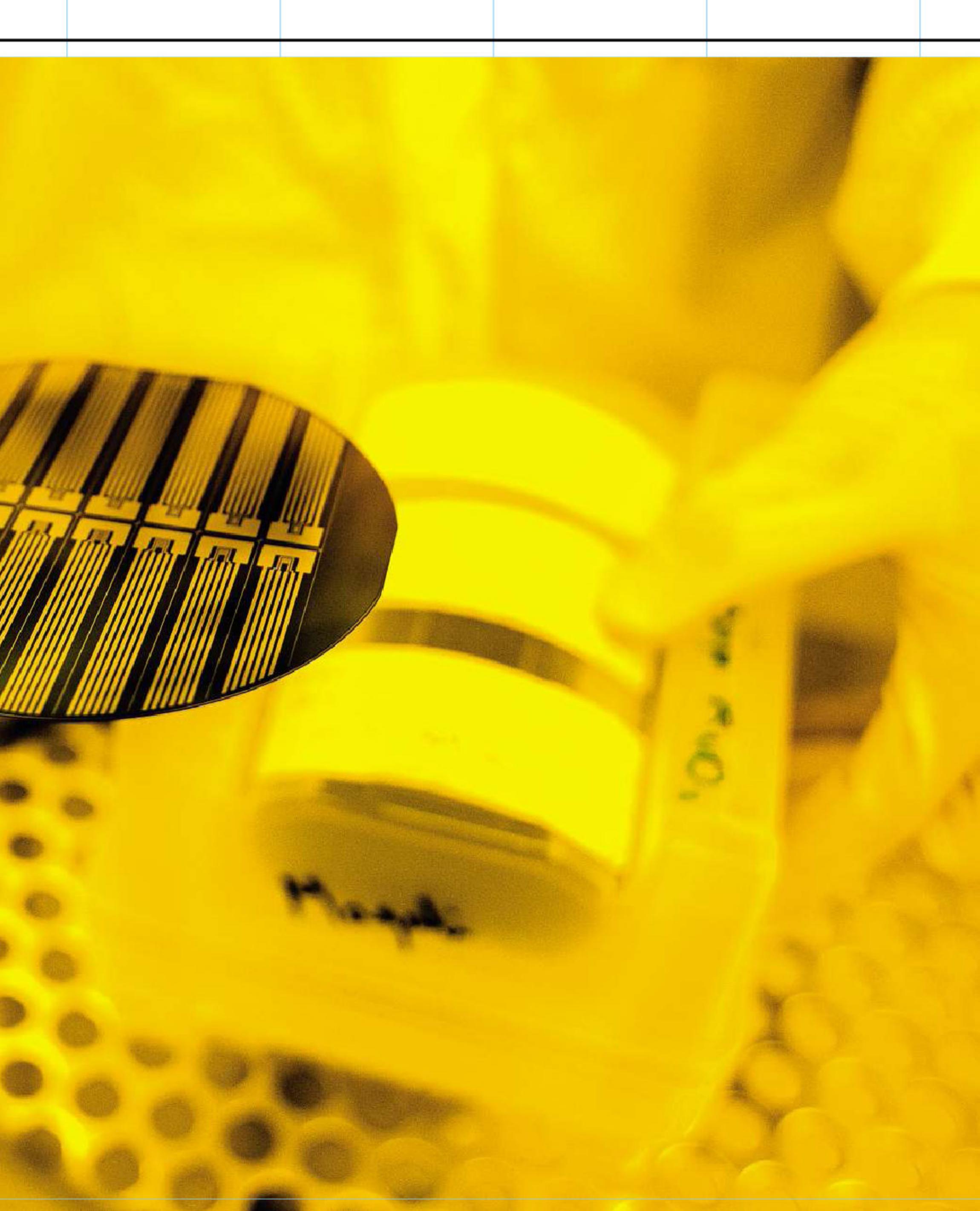
En élaborant le premier "microsupercondensateur", des chercheurs français ont peut-être trouvé la clé pour alimenter en énergie les "objets intelligents".

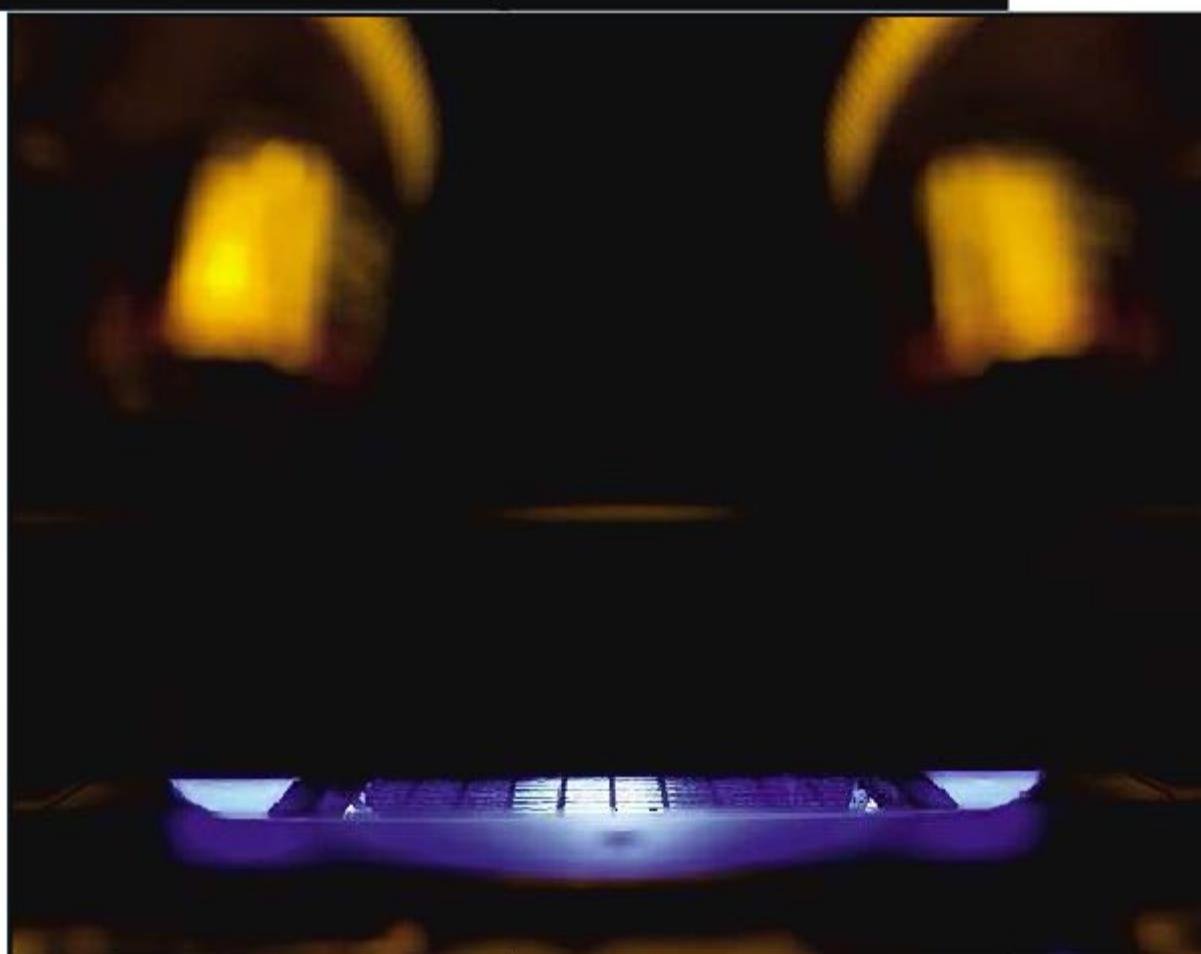
L'engin n'est pas plus grand qu'un ongle et épais d'un centième de millimètre. Pour le distinguer, il faut regarder attentivement sur le banc de mesure, à travers la plaque de verre qui le recouvre. Mais les dimensions lilliputiennes

de ce qu'il convient de nommer un "microsupercondensateur" sont en proportion inverse des espoirs nourris par les chercheurs du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (Laas-CNRS) de Toulouse, qui l'ont mis au point. Car les résultats que viennent de présenter l'équipe de Magali Brunet et David Pech et leurs collègues du Cirimat (Centre interuniversitaire de recherche et d'ingénierie des matériaux), en collaboration avec l'université Drexel de Philadelphie, pourraient en faire la clé de "l'Internet des objets". A savoir rendre →

> Avec ses 5 mm de côté, ce microsupercondensateur peut s'intégrer partout.







◀ Les électrodes sont obtenues grâce à des rayons ultraviolets qui dessinent les motifs sur un support en silicium.

▶ La géométrie des électrodes doit être contrôlée avec précision, car elle contribue aux performances du composant...

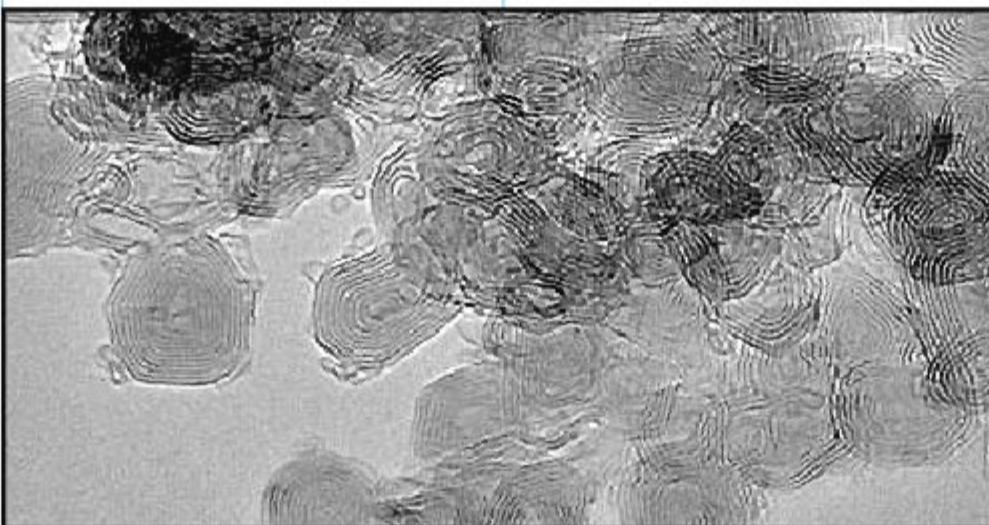
▼...même si ce sont des particules sphériques de carbone qui sont la clé de sa puissance exceptionnelle.



→ l'environnement "intelligent" en intégrant aux objets aussi bien qu'aux êtres vivants des étiquettes électroniques et des capteurs micrométriques relevant pression, température, salinité, pH, vibrations ou tout autre paramètre utile, et échangeant ces informations en temps réels entre eux, aussi bien qu'avec des ordinateurs.

A la clé: l'optimisation des procédés industriels et de la logistique, le suivi détaillé des cultures et de l'élevage, la domotique sans fil, etc. Les plus connus – et les plus simples – de ces systèmes en réseau sont les puces RFID (Identification par radiofréquence), qui associent une antenne et une puce électronique renfermant des informations sur l'objet et susceptibles d'être lues par ondes radio.

Mais pour que "l'Internet des objets" s'installe véritablement, il manque encore à ce réseau de microsystèmes électromécaniques une qualité essentielle: l'autonomie énergétique. Comme le souligne David Pech: "De nombreuses équipes développent aujourd'hui des transducteurs miniaturisés, capables de



*récupérer l'énergie ambiante et de la convertir en électricité, qu'il s'agisse de l'énergie solaire, de la chaleur ou des vibrations. Mais cette énergie est récupérée de manière intermittente.*

#### PROBLÈME D'AUTONOMIE

*Or, dans le cahier des charges d'un réseau de capteurs sans fil autonomes, il faut disposer de l'énergie en continu, et donc pouvoir la stocker, pour ensuite la délivrer avec une puissance importante, sur des durées très brèves, inférieures à la seconde, le tout avec une durée de vie au moins aussi longue que l'objet dans lequel il s'insère.*" Des impératifs tels qu'ils excluent d'emblée les microbatteries, même les plus performantes. Car, à l'instar de leurs analogues macroscopiques, ces

dispositifs qui stockent et délivrent l'énergie grâce à des réactions chimiques souffrent de deux défauts majeurs: elles libèrent leur énergie beaucoup trop lentement (plusieurs minutes, au mieux) et deviennent inutilisables au bout de quelques centaines de cycles de charge. En cause: la lenteur des réactions chimiques, ainsi que leur propension à décomposer peu à peu les électrodes des batteries. Les chercheurs leur ont donc préféré un autre type d'accumulateur électrique: le condensateur, dont le fonctionnement est fondé non pas sur des réactions chimiques, mais sur des déplacements de charges. "L'intérêt des condensateurs, c'est qu'ils stockent les charges à la surface d'un matériau, détaille Patrice

Simon, chercheur au Cirmat et coauteur de l'étude. Il n'y a pas de réaction chimique, c'est juste de l'électrostatique. En théorie, la cyclabilité est donc infinie." Dans leur principe, les condensateurs miniaturisés étudiés par les chercheurs toulousains consistent en un liquide chargé d'ions – des molécules présentant une charge électrique – positifs et négatifs, dans lequel baignent des électrodes larges de quelques micromètres, reliées aux pôles positifs et négatifs d'une source de courant. Pendant la charge de l'appareil, les électrodes, mises sous tension, condensent à leur surface les ions de charge électrique opposée, lesquels sont libérés lors de la décharge, ce qui produit un courant électrique.



Mais les condensateurs stockent l'énergie en surface, quand les batteries le font en volume. Et en perdant ainsi une dimension, ils font de piètres réservoirs, faute d'un nombre suffisant de charges stockables au niveau des électrodes. Un mauvais point pour l'autonomie... Les chercheurs toulousains ont alors réalisé des micro-électrodes en or sur un substrat de silicium, sur lesquelles ils ont déposé une couche de carbone dit "activé": après un traitement chimique, son épaisseur est criblée par un réseau de pores nanométriques, amenant la surface effective à 2 000 m<sup>2</sup> par gramme!

Résultat: ce "microsupercondensateur" présentait une densité d'énergie plusieurs

centaines de fois supérieure à celle des condensateurs ordinaires, atteignant le niveau des microbatteries commerciales (0,01 Wh/cm<sup>3</sup> environ), mais avec 4000 fois plus de puissance délivrée (jusqu'à 20 W/cm<sup>3</sup>) ! Une performance due principalement à la microstructuration du composant: la distance entre les électrodes étant très petite (50 µm), les ions circulent très rapidement d'une électrode à l'autre.

#### **BIENTÔT SUR LES AIRBUS**

La performance était belle, mais pas tout à fait suffisante pour faire carburer l'Internet des objets... Car, comme l'explique Patrice Simon: "Les microsystèmes électromécaniques exigent une récupération d'énergie quasi instantanée, et



► Les particules de carbone, mêlées à un solvant, sont déposées en mince couche sur les électrodes, par l'application d'une tension de 50 V.

donc des cycles de charge et décharge encore plus rapides." Or la longueur du parcours des ions à travers les nanopores du carbone activé limitait la puissance de leur microsupercondensateur. C'est alors que vint l'idée décisive: "Nous nous sommes dit: pourquoi ne pas plutôt utiliser une poudre 'd'oignons de carbone'." Par "oignons", il faut entendre ici des boules sphériques de 4 à 5 nanomètres de diamètre, constituées de feuilles de graphite en couches concentriques. La surface qu'offre cette poudre de nanoboules est inférieure à celle du "carbone activé" (de 500 à 600 m<sup>2</sup> par gramme), mais présente le grand avantage d'être accessible en direct: les charges sont libres de rejoindre ou de quitter la surface des "oignons" sans suivre un long parcours sinueux. David Pech a mêlé les "oignons de carbone" à un solvant, puis déposé ces particules à la surface de rangées d'électrodes en or.

Ce microsupercondensateur d'un nouveau genre a alors été abondamment testé... et a tenu toutes ses promesses. La puissance délivrée s'avère dix fois plus importante que dans leur modèle précédent (de l'ordre de 200 W/cm<sup>3</sup>) ! Et ce, alors que la densité d'énergie stockée reste tout à fait suffisante (0,001 Wh/cm<sup>3</sup>).

Ce microsupercondensateur pourrait bientôt se sentir pousser des ailes: le Laas et Airbus travaillent de concert à des microcapteurs embarqués dans la structure des avions pour y détecter les déformations et les transmettre en temps réel. Les capteurs seraient alimentés par l'énergie de la vibration des ailes... et stockée sous forme électrique dans ces microsupercondensateurs "surgonflés". Avant, un jour, peut-être, de s'insérer dans tous les objets de notre vie quotidienne, les abreuvant d'une source d'énergie puissante et inusable.

François Lassagne

# actualités

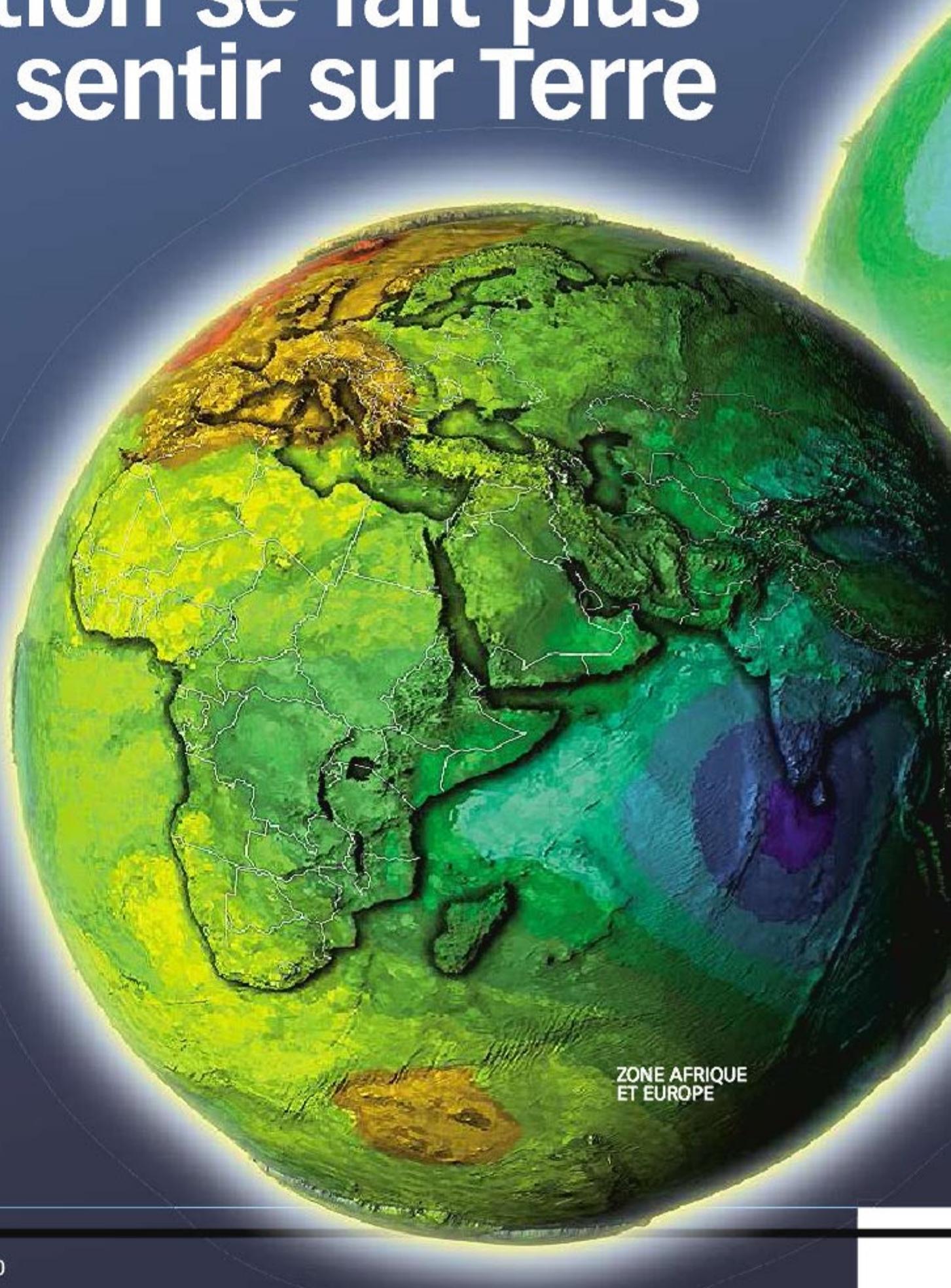
GÉODÉSIE

## On sait exactement où la gravitation se fait plus ou moins sentir sur Terre

La gravitation varie sur la Terre : elle atteint des records d'intensité au sud de l'Inde, et se fait beaucoup moins sentir en Islande ou au nord de l'Australie ! Ces faibles variations, dues à des différences de densité du sous-sol terrestre, viennent d'être mesurées avec une précision inégalée par le satellite européen *GOCE*. Ses 3 paires d'accéléromètres ultraprecis ont mesuré la force de l'attraction terrestre en chaque point de la planète. Des relevés qui se traduisent au final par un "géoïde", c'est-à-dire une image de la Terre telle qu'elle apparaîtrait si sa surface était couverte d'océans parfaitement calmes. Le niveau de la mer pouvant varier de plusieurs dizaines de mètres avec la gravité (qui attire plus ou moins les masses d'eau), c'est ce géoïde qui constitue le repère universel de référence pour les cartographes. Les données de *GOCE* permettront ainsi d'unifier précisément les relevés d'altitude établis dans chaque pays, mais devraient surtout aider à mieux comprendre et mesurer la dynamique des océans (dont les niveaux varient sous l'effet d'autres facteurs comme les courants) et les mouvements de la croûte terrestre. De quoi affiner les modèles climatiques et améliorer la prévision des séismes.

F.L.

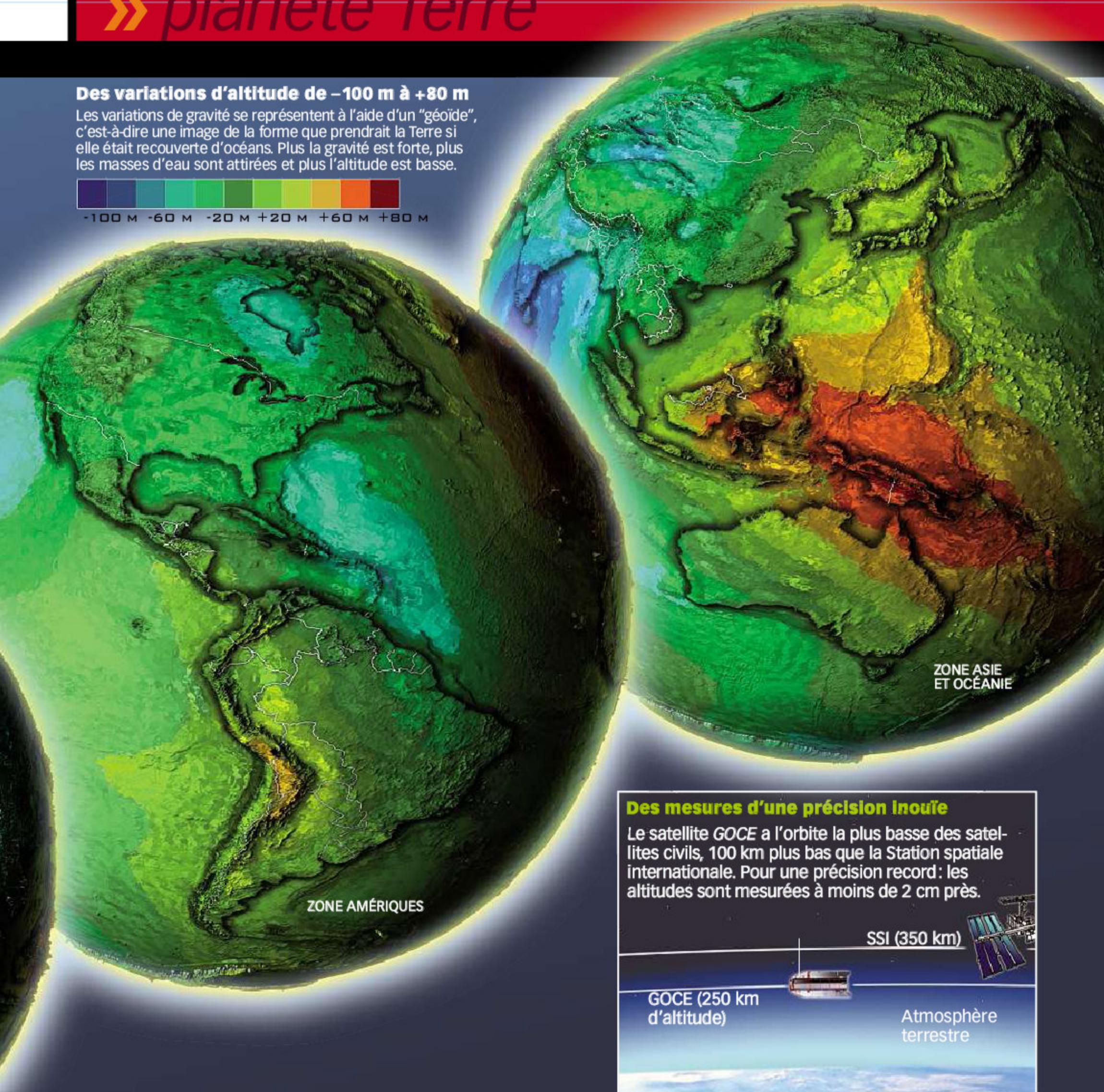
G.CIRADE - E.JULLIEN



# » planète Terre

## Des variations d'altitude de -100 m à +80 m

Les variations de gravité se représentent à l'aide d'un "géoïde", c'est-à-dire une image de la forme que prendrait la Terre si elle était recouverte d'océans. Plus la gravité est forte, plus les masses d'eau sont attirées et plus l'altitude est basse.



### Des mesures d'une précision inouïe

Le satellite *GOCE* a l'orbite la plus basse des satellites civils, 100 km plus bas que la Station spatiale internationale. Pour une précision record: les altitudes sont mesurées à moins de 2 cm près.



**85** mètres: altitude de l'océan au milieu de l'Atlantique Nord et en Asie du Sud-Est (gravité la plus faible).

**-106** mètres: altitude de l'océan au large du sud du Sri Lanka (gravité la plus forte).

**0,2** %: différence de gravité entre l'Everest et le niveau de la mer.

### BIOLOGIE MARINE

## 40 % du phytoplancton ont disparu depuis soixante ans

NASA - V.U./CORBIS - FOTOLIA

En analysant 450 000 données d'observations effectuées entre 1899 et 2008 à travers le monde, des chercheurs de l'université Dalhousie, en Nouvelle-Ecosse, ont montré que la concentration océanique en phytoplancton a progressivement diminué au cours du dernier siècle. De la mesure de la transparence des océans à l'œil nu aux dernières analyses de fluorescence, en passant par les images satellite, les données collectées suggèrent que la masse de phytoplancton mondiale est

aujourd'hui de 40 % inférieure à celle de 1950. Ce bilan inquiète : "Le phytoplancton influence fortement le climat, notamment en captant du CO<sub>2</sub>. Il préserve aussi l'abondance et la diversité des organismes marins qui s'en nourrissent", explique Daniel Boyce, un des auteurs de l'étude.

D'après les chercheurs, la hausse des températures atmosphériques, en réchauffant la surface des mers et des océans, serait un facteur

essentiel de cette disparition. En effet, le phytoplancton vit à la surface des océans pour capter la lumière du soleil, et les substances nutritives qui se trouvent plus en profondeur lui parviennent grâce à des remous créés par le vent. Cependant, avec le réchauffement de la surface des océans, ces remous apparaissent plus difficilement, et le phytoplancton reçoit donc moins des substances nutritives essentielles à sa survie. E.A.

> Le phytoplancton, en captant la moitié du CO<sub>2</sub> émis par l'homme, est un acteur indispensable à l'équilibre planétaire.

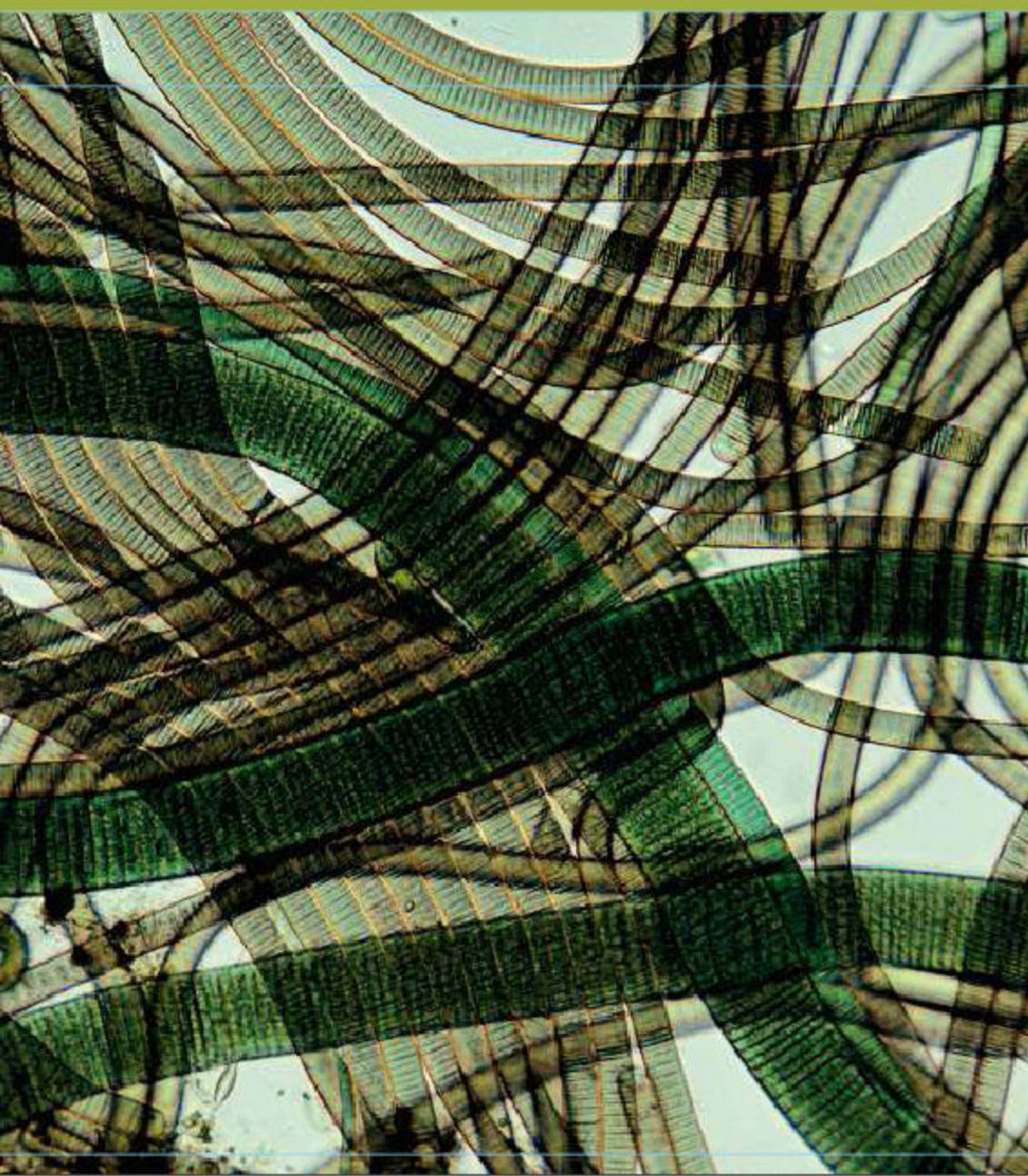


### BIOGÉOCHIMIE

## La forêt amazonienne tire sa richesse... du Sahara

Si la forêt amazonienne est si luxuriante, elle le doit en partie aux tempêtes de poussières du Sahara ! L'extraordinaire biodiversité de la forêt tropicale masque un sol pauvre, notamment en phosphore, un élément crucial pour le métabolisme énergétique des êtres vivants. Or, d'après les analyses du sédimentologue Charlie Bristow de la Birbeck University of London, les sédiments de la dépression de Bodélé, au Tchad, en contiennent de grandes quantités, provenant de leur formation dans l'immense lac Méga-Tchad, asséché depuis un millier d'années. Chaque hiver, l'harmattan (un alizé de nord-est) propulse une centaine de millions de tonnes de ces résidus vers l'Atlantique. 20 % atteignent l'Amazonie, qui reçoit par ce biais entre 8500 et 30000 tonnes de phosphore. Au passage, l'océan profite aussi de cette manne : la production de plancton est stimulée par le phosphore et le fer contenus dans les poussières du désert. Celles-ci jouent donc un rôle majeur dans le pompage du CO<sub>2</sub> atmosphérique, car le phytoplancton, comme les végétaux de la forêt tropicale, s'en nourrit pour fabriquer sa propre matière organique. "Cela fait réfléchir aux conséquences d'un changement dans le régime de vents, ou de l'épuisement des sédiments, dans environ 1000 ans", s'inquiète Charlie Bristow. V.E.

< Riches en phosphore, les sédiments de la dépression de Bodélé, au Tchad, sont apportés en masse par le vent jusqu'en Amazonie.



## AGRONOMIE

### LE RÉCHAUFFEMENT MENACE LES RIZIÈRES

Faut-il craindre une pénurie de riz dans les années à venir? C'est ce que pensent Jarrod Welch, économiste à l'université de Californie, et ses collaborateurs. Leur étude, réalisée pour la première fois en conditions réelles, a été menée sur 227 rizières asiatiques. Elle indique que si une augmentation de la température diurne peut avoir un impact positif sur le rendement du riz (tant qu'elle ne dépasse pas 35 °C), celle des températures nocturnes a un impact négatif, qui l'emporte.

An.P.



[www.nw-science.com](http://www.nw-science.com)



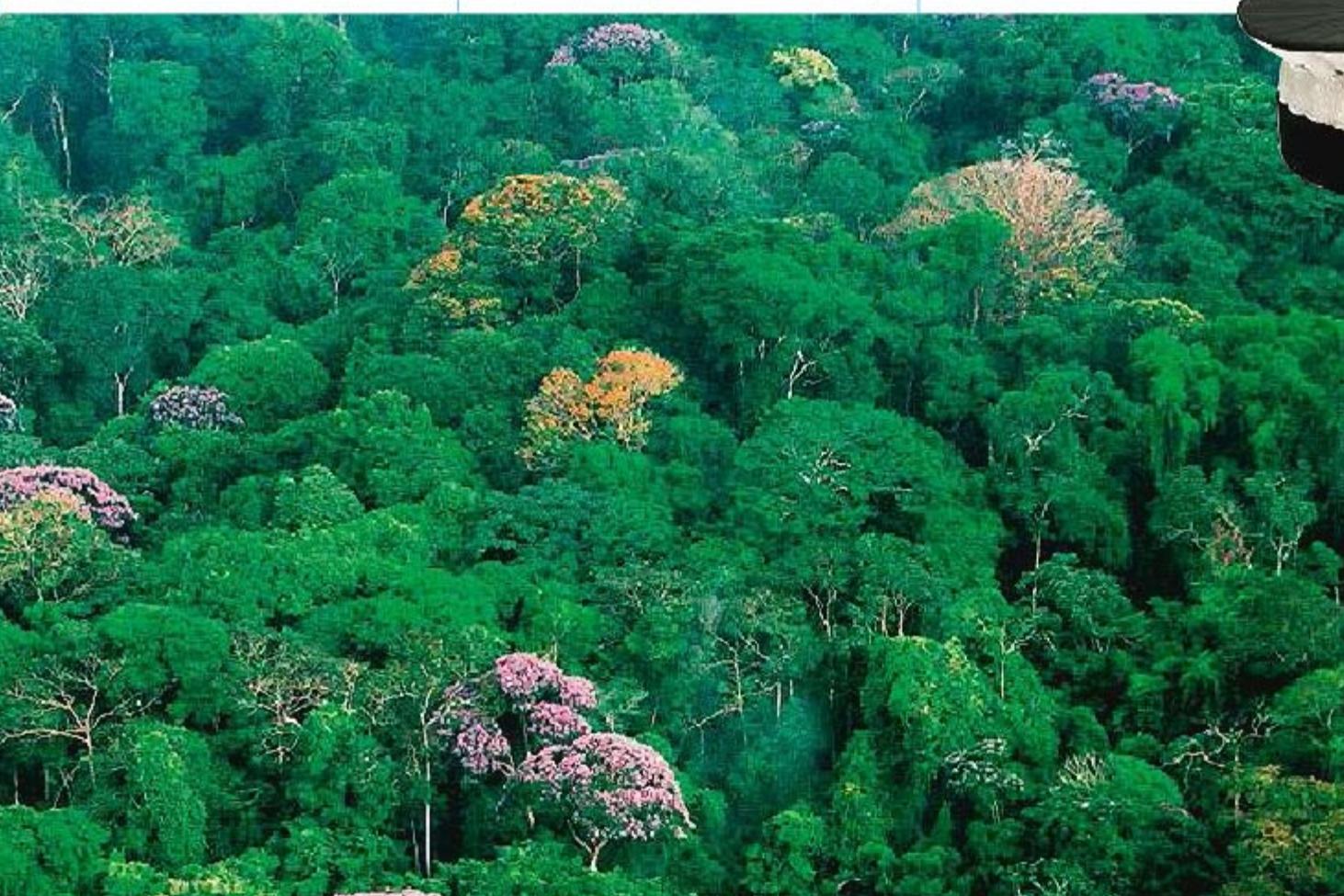
Quelle est donc la véritable nature du "temps"?

Découvrez l'expérience originelle de notre univers vivant

NEW WORLD  
SCIENCE  
Vers une science sans interdits



Un éclairage révolutionnaire sur nos expériences scientifiques  
**Les notions de temps, matière, espace, ...**  
clarifiées pour la première fois sur [www.nw-science.com](http://www.nw-science.com)



*au nom  
de la loi*

## L'Union européenne interdit le bois illégal

Sept ans après le Sommet de la Terre de Johannesburg, l'Union européenne s'apprête à interdire l'introduction sur son territoire de bois abattu de façon illégale. A partir de 2012, les entreprises qui importent du bois sur le marché européen devront être en mesure d'en certifier l'origine sous peine de sanctions sévères. Ce commerce illégal représente 20 à 40 % des échanges mondiaux. La France n'y est pas étrangère, puisqu'elle importe près de la moitié des volumes de bois tropical de l'Union européenne... Cette mesure ambitieuse devrait enrayer la déforestation en transformant durablement l'industrie forestière des pays exportateurs, avec à la clé un impact sur le climat (la déforestation serait responsable de 20 % des émissions de CO<sub>2</sub>). Selon le groupe de réflexion britannique Chatham House, la médiatisation des abus du commerce du bois a déjà fait diminuer de plus de 50 % en dix ans la coupe sauvage dans les principaux pays exportateurs (Brésil, Cameroun et Indonésie), épargnant près de 17 millions d'hectares de forêt et 1,2 milliard de tonnes de CO<sub>2</sub> atmosphérique. E.H.

### ÉCOLOGIE FORESTIÈRE

## L'origine de la diversité tropicale se cache dans le sol

Les arbres tropicaux doivent leur diversité à des organismes inapparents, répartis au niveau du sol. Ces derniers se développent à proximité des arbres adultes et nuisent à la croissance des jeunes pousses issues de la même famille. Ce qui favorise ainsi le développement

d'autres espèces et maintient la richesse de la forêt. "C'est un mécanisme qui s'observe dans d'autres milieux. Les fermiers savent qu'après quelques années la culture de maïs se réduit. C'est parce qu'entre-temps ces organismes se sont développés", précise Scott

Mangan, de l'université du Wisconsin, à l'origine de ces travaux. Reste pour ce chercheur à caractériser les différentes espèces entrant en jeu. Une étape importante qui constituera un atout majeur pour toute démarche de restauration. M.H.

### BIODIVERSITÉ

## LES ÉPINOCHES SONT DES AS DE L'ADAPTATION

Une espèce marine d'épinoches est capable de s'adapter à une baisse de température de 2,5 °C en trois générations. C'est ce qu'ont démontré deux chercheurs en introduisant cette population dans un bassin plus froid que la mer. Une rapidité d'adaptation qui pourrait rassurer quant à certaines conséquences du réchauffement climatique. Sauf que les effets d'une eau plus chaude n'ont pas encore été testés et que les rares poissons ayant survécu à l'épreuve présentaient une faible espérance de vie. An.P.





# open

internet - TV - téléphone + mobile

Avec Open, soyez encore plus proche de vos proches : les appels depuis chez vous vers les 4 mobiles de votre choix sont illimités<sup>(1)</sup>.

**Engagement 12 mois minimum. Livebox en location en sus. Usages en France métropolitaine.**

**Offre soumise à conditions, valable en métropole du 19/08/10 au 20/10/10, sous réserve d'éligibilité technique. Réservée aux particuliers. Conditions et tarifs en point de vente.**

**Internet** : débit IP jusqu'à 20 mégas, selon l'offre détenue. Débit internet dédié de 512 kbit/s jusqu'à 20 Mbit/s en débit descendant et jusqu'à 800 kbit/s en débit remontant avec Livebox compatible. **TV** : débit dédié TV jusqu'à 4 Mbit/s. **Mobile** : sur réseaux et terminaux compatibles. Terminal non compris dans l'offre. **(1) Appels illimités vers 4 n° mobile depuis le téléphone par internet, sauf Open mini.**

orange™

## MÉTÉOROLOGIE

Certains systèmes nuageux s'organisent en nids-d'abeilles qui se réarrangent au gré de pluies synchronisées. C'est ce que viennent de découvrir Graham Feingold de la National Oceanic and Atmospheric Administration (Etats-Unis) et son équipe. Les parois de ces structures sont faites de nuages épais autour d'alvéoles vides. Lorsque la pluie se déclenche, les parois se dissolvent et l'air sur le chemin des gouttes se refroidit, créant des courants descendants. Lorsque ces derniers heurtent la surface de la Terre, ils s'étalent et entrent en



▲ Les alvéoles de ce système nuageux se vident et se remplissent au gré des pluies.

collision les uns avec les autres, produisant cette fois des courants d'air ascendants. En remontant, l'air engendre alors des nuages épais là où précédemment se trouvaient les alvéoles. De cette manière la structure en nids-d'abeilles oscille, les parois étant remplacées par des alvéoles et *vice versa*, et les pluies se synchronisent à travers tout le système nuageux. Le mécanisme ainsi décrypté devrait améliorer la précision des modèles climatiques.

S.F.



## GÉOCHIMIE

## Un volcan canadien sert de machine à remonter le temps

De "jeunes" coulées de lave de l'île de Baffin, dans l'Arctique canadien, viennent d'ouvrir une fenêtre sur l'histoire précoce de la Terre. Emises il y a seulement 62 millions d'années (un battement de cils à l'échelle géologique), elles sont anormalement riches en hélium 3,

un gaz dont l'essentiel s'est échappé du globe depuis longtemps. D'après les analyses du géochimiste Matthew Jackson de la Boston University (Etats-Unis), c'est parce qu'elles proviendraient de la fusion d'un morceau de manteau inchangé depuis 4,5 milliards d'années,

très peu de temps après la formation de la Terre ! Etonnamment, alors que le manteau terrestre a beaucoup évolué depuis cette époque, certaines régions auraient échappé à ces bouleversements géologiques. Ce qui permet aux géophysiciens de remonter le temps. V.E.

## BIOLOGIE DES POPULATIONS

## LES MARMOTTES HIBERNENT MOINS ET PRENNENT DU POIDS

*Dans le Colorado, la population de marmottes à ventre jaune a plus que doublé entre 1976 et 2008. En cause : le réchauffement. Les marmottes hibernent moins longtemps, se reproduisent plus tôt et disposent de plus de temps pour s'engraisser avant l'hiver : leur poids moyen est passé de 3094 à 3433 grammes en trente ans, ce qui favorise leur survie hivernale.*

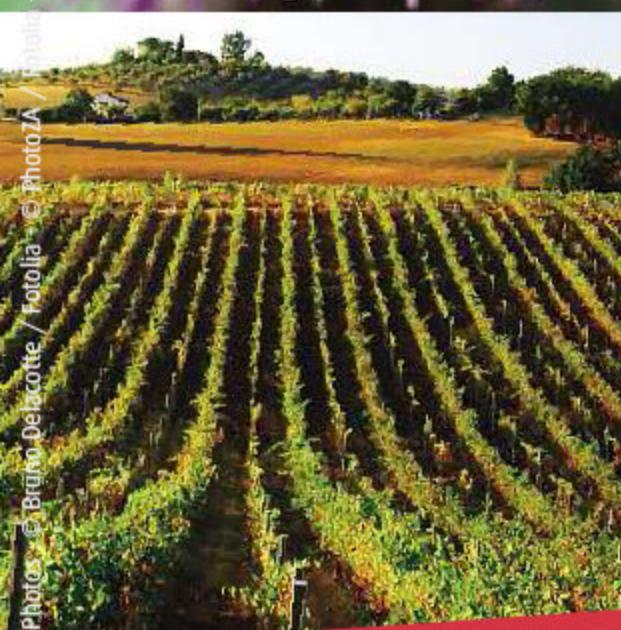
C.H.



# Adaptation au CHANGEMENT CLIMATIQUE

## LE CLIMAT CHANGE EN FRANCE

### Comment s'adapter ?



Le changement climatique est en marche et ses effets seront de plus en plus perceptibles dans les décennies à venir. Il faut s'adapter dès aujourd'hui au climat de demain.

Des experts nationaux ont proposé plus de 200 recommandations d'adaptation au changement climatique sur des thèmes comme la biodiversité, l'eau, l'urbanisme, la forêt...

Aujourd'hui *c'est à vous de participer*  
et de donner votre avis sur ces recommandations  
du 13 septembre au 15 octobre

sur [www.developpement-durable.gouv.fr/adaptation](http://www.developpement-durable.gouv.fr/adaptation)





GLACIOLOGIE

## On sait enfin pourquoi la banquise antarctique s'étend

Avec le réchauffement, les glaciers du pôle Sud ont grandi! Ce paradoxe vient enfin d'être expliqué par des chercheurs américains. Selon eux, la hausse des températures entraîne une évaporation accrue de la surface de l'océan du Sud, et donc une augmentation des précipitations

neigeuses autour de la banquise antarctique. Deux effets refroidissent alors les glaciers: d'une part la neige, réfléchissante, réduit l'absorption d'énergie du soleil par le glacier. D'autre part, elle abaisse la salinité de la surface de l'océan entourant la banquise, ce qui limite la remontée de

chaleur des eaux profondes, plus salées et donc plus denses. La fonte des glaces aurait ainsi été plus lente que leur croissance, aboutissant à une expansion de 90 000 km<sup>2</sup> tous les dix ans depuis trente ans. L'étude prédit cependant une inversion du phénomène au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. E.A.

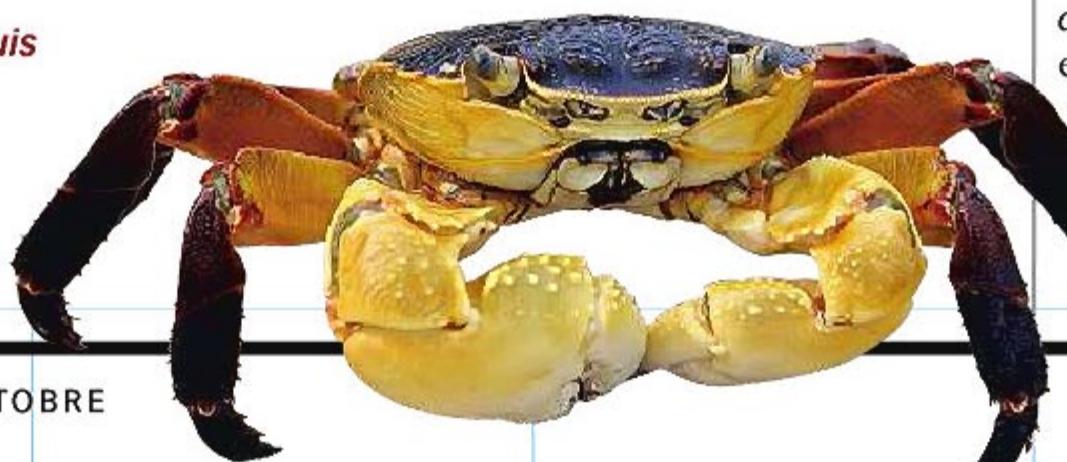
BIODIVERSITÉ

## LE CO<sub>2</sub> ATTAQUE LES ORGANISMES MARINS

*Un fort taux de CO<sub>2</sub>, en rendant l'océan acide, affaiblit les défenses de ses habitants contre les maladies. "L'examen de poissons, crabes, huîtres et crevettes, montre que ces conditions perturbent leur système immunitaire, diminuant ainsi leur capacité à vaincre les infections", explique Louis*

*Burnett du College  
of Charleston (Etats-Unis).*

M.H.



AGRONOMIE

**La nature a créé un nouvel OGM.** Résistant à la fois au glyphosate et au glufosinate, deux herbicides courants, un nouveau colza génétiquement modifié a vu le jour au bord des routes du Dakota du Nord! Sillonnant sur 5 800 km les routes de cet état du *middle west* américain, Cynthia Sagers et Meredith Schafer, biologistes de l'université de l'Arkansas, ont entrepris d'y recenser les plants de colza revenus sauvages. Résultat: 83 % d'entre eux possèdent du matériel transgénique leur conférant une résistance soit au glyphosate, soit au glufosinate. Les chercheuses



▲ Revenues à l'état sauvage, deux variétés de colza OGM se sont hybridées.

ont surtout découvert deux spécimens portant simultanément les deux gènes de résistance. "Aucun colza à double résistance n'a été commercialisé. C'est donc que cette caractéristique est apparue dans la nature, par hybridation entre deux plants transgéniques", explique Meredith Schafer.

Une nouvelle inquiétude pour les agriculteurs, car le colza s'hybride dans la nature avec des mauvaises herbes. C.H.

**SCIENCE & VIE**

**ÉDITION SPÉCIALE AUTO**

# **ÉLECTRIQUES & HYBRIDES**

## **En route pour le XXI<sup>e</sup> siècle**

### **VOITURES HYBRIDES**

**LE BEAU MARIAGE  
DE RAISON**

Meilleur compromis entre le moteur électrique et son homologue à essence thermique, faire danser plus propre et faire évoluer l'automobile hybride est une logique. Le véhicule hybride allie les qualités de ses deux technologies.



Enfin, 170 ans après son invention,  
la voiture électrique va faire ses grands  
débuts l'été prochain sur les routes. Un  
avènement lié à la crise énergétique et  
aux impératifs écologiques, mais aussi à  
des technologies devenues convaincantes.

**L'AN**

**DE LA  
VOITURE  
ÉLECTRIQUE**



**En vente le 29 septembre**

### CANCÉROLOGIE

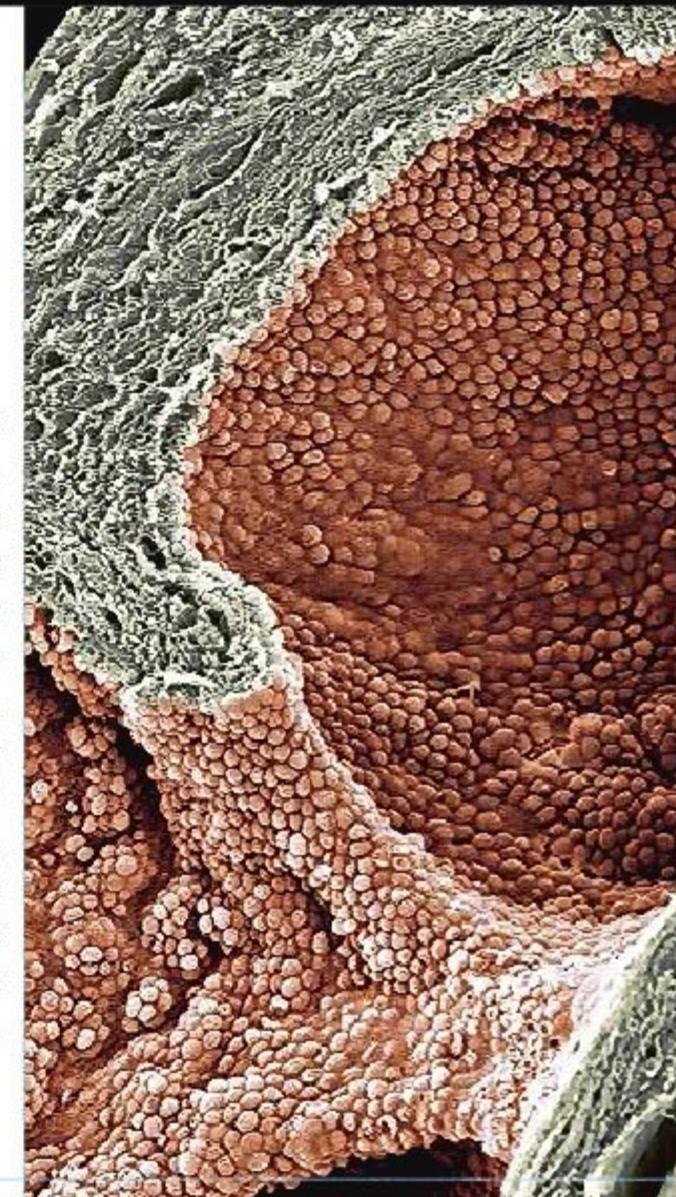
## Le cancer peut se détecter dans l'haleine qu'on expire

Détecter la présence d'une tumeur cancéreuse dans l'air expiré deviendrait possible grâce à un nez artificiel. Des chercheurs d'Haïfa (Israël) ont mis au point une biopuce constituée de nanoélectrodes d'or recouvertes de molécules organiques. Le principe : les cellules tumorales émettent des composés organiques volatils (COV), qui se retrouvent dans le sang, puis dans l'air expiré après échange au niveau des poumons. Véritable signature biochimique de la tumeur,

ces molécules provoquent des modifications transitoires de la résistance électrique des nanocapteurs. L'étude préliminaire réalisée sur une centaine de volontaires est prometteuse. Les signaux émis par les puces permettent de différencier les personnes saines et les patients diagnostiqués – mais non encore traités – pour un cancer du poumon, du sein, du colon ou de la prostate. Une performance que seuls

les chiens étaient capables de réaliser jusqu'à présent, laissant les médecins face aux risques d'une mauvaise interprétation canine. De plus, comparée aux analyses biochimiques classiques, l'apport des nanotechnologies est considérable. A priori plus sensible, plus sélective, plus simple, cette méthode non invasive nécessite d'être optimisée et validée sur une plus large population. o.c.

> Les cellules tumorales (ici, dans la prostate) émettent des COV, qui se retrouvent dans le sang, puis dans l'air expiré.

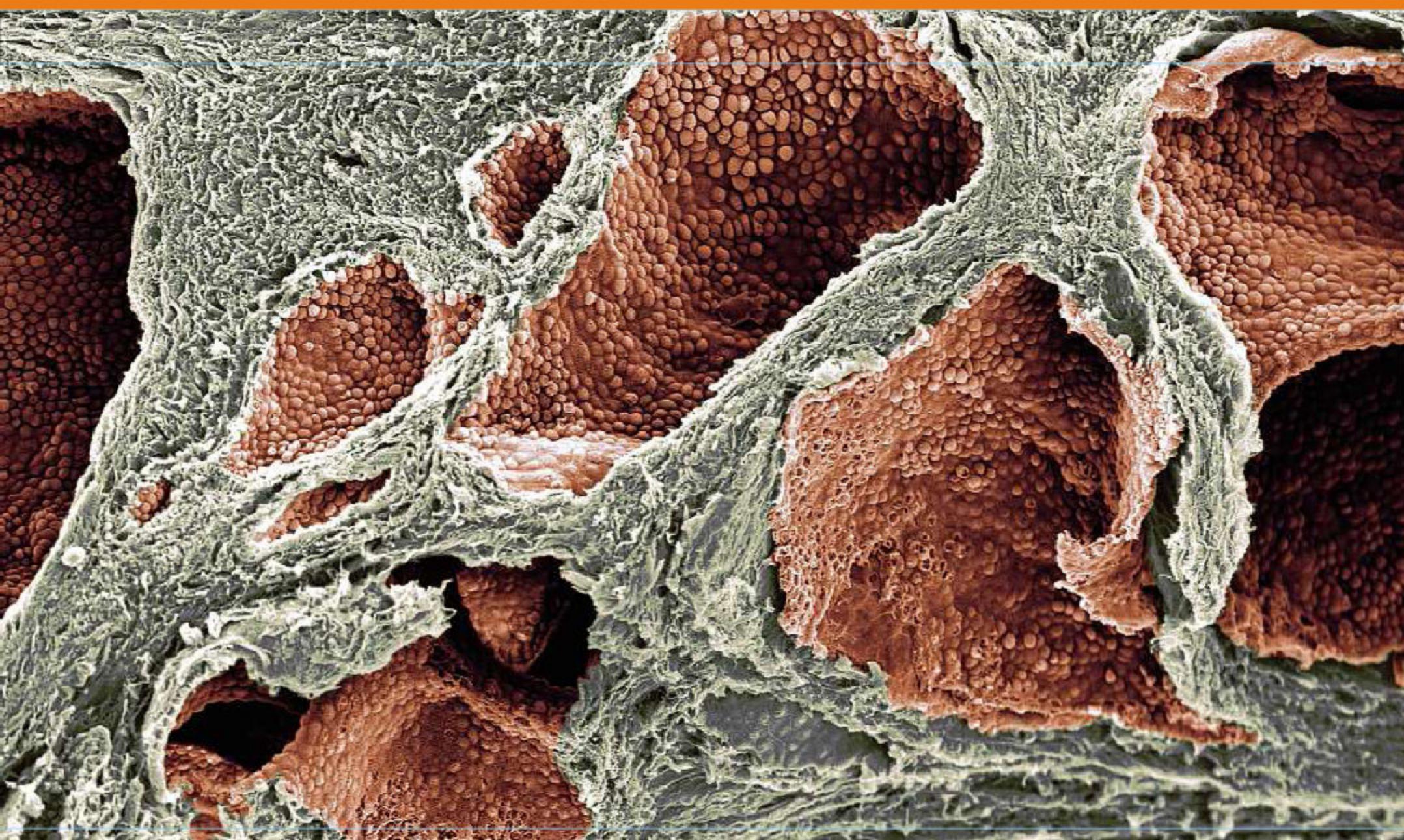


### ENDOCRINOLOGIE

## Grâce aux infrarouges, le contrôle du diabète devient enfin indolore

Le premier dispositif de contrôle de la glycémie à la fois précis et indolore vient d'être mis au point par des chercheurs du MIT (Massachusetts Institute of Technology). De quoi soulager les malades du diabète de type 1 (insulinodépendant) qui, pour prélever leur sang et l'analyser, se piquent le doigt plusieurs fois par jour. L'idée est d'utiliser une technique de laboratoire basée sur la lumière. Grâce à une sonde infrarouge en contact avec le bras, l'appareil mesure le taux de glucose présent juste sous la peau, dans le liquide interstitiel, et en déduit celui contenu dans le sang. Est-ce fiable même si le malade vient d'avaler une boisson sucrée ? Là était toute la difficulté pour les scientifiques car, si le glucose augmente instantanément dans le sang, il met cinq à dix minutes pour passer dans ce fluide interstitiel. Un algorithme complexe a donc été développé pour tenir compte de ce décalage et affiner les mesures. Selon Ishan Barman, l'un des chercheurs concernés : "Les premiers appareils pourraient être commercialisés d'ici cinq à sept ans." Le diabète insulinodépendant représente 10 à 15 % des cas de diabète. Il survient le plus souvent chez un sujet non obèse, avant l'âge de 30 ans. L.B.

< Un appareil équipé d'une sonde infrarouge mesure le taux de glucose présent juste sous la peau et en déduit celui du sang.



P.GILLOOLY/MIT - S.GSCHMEISSNER/SPL/PHANIE - VISUALS UNLIMITED/CORBIS

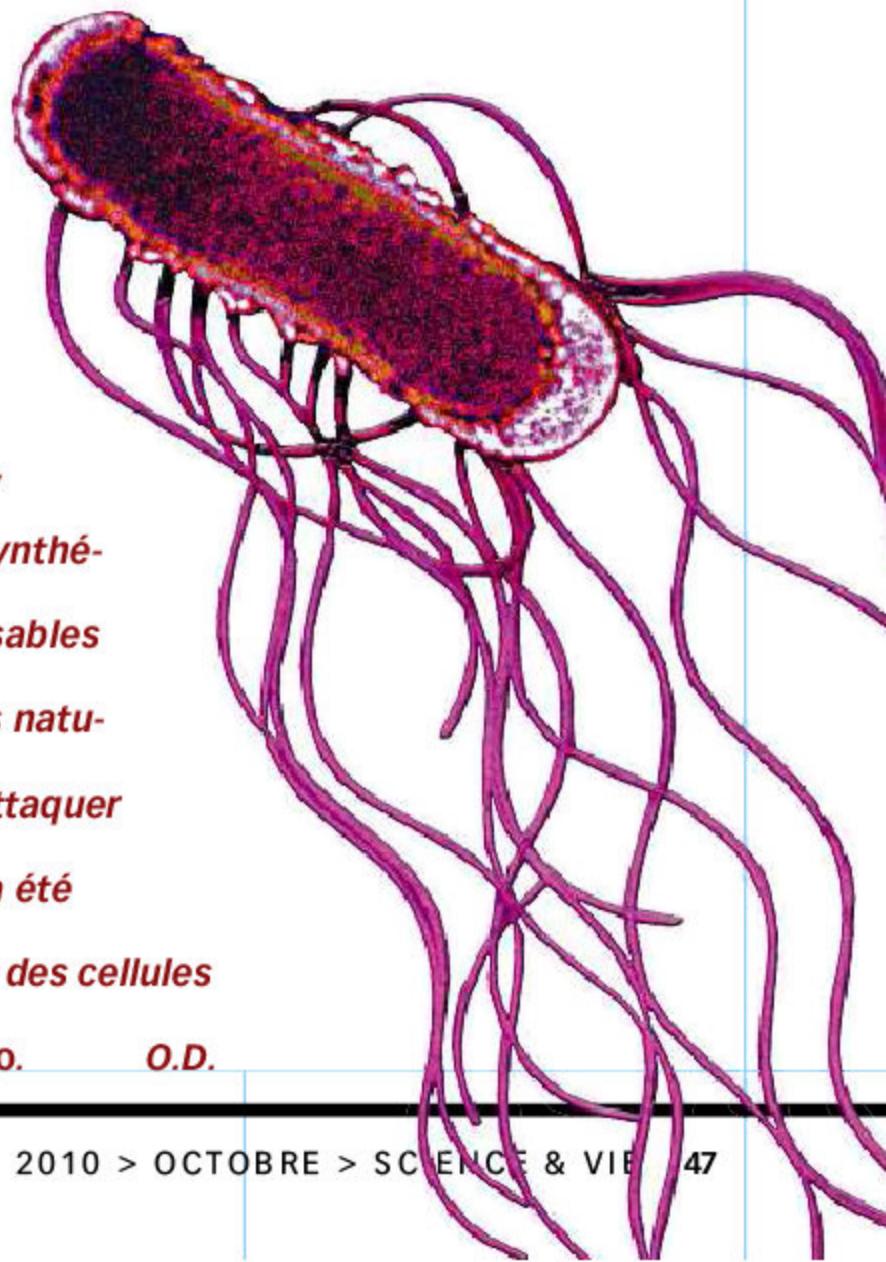
## ERGONOMIE

Des paralysés ont pu communiquer et se déplacer grâce à leur nez. Un appareil mesurant la pression de l'air dans le nez a permis à des paralysés d'utiliser un ordinateur, et à des tétraplégiques de diriger un fauteuil roulant. Développé par des médecins israéliens, le *sniff controller* est composé de deux tubes à insérer dans les narines, reliés à un ordinateur qui enregistre les variations de pression, induites par la respiration ou, pour les patients intubés, par des mouvements du palais. La succession de pressions sert de code pour diriger un curseur d'ordinateur ou un fauteuil roulant. D'autres systèmes existent déjà, comme ceux basés sur les mouvements des paupières, "mais tous les patients n'arrivent pas à les utiliser", explique Lee Sela, une des médecins concernés. E.A.

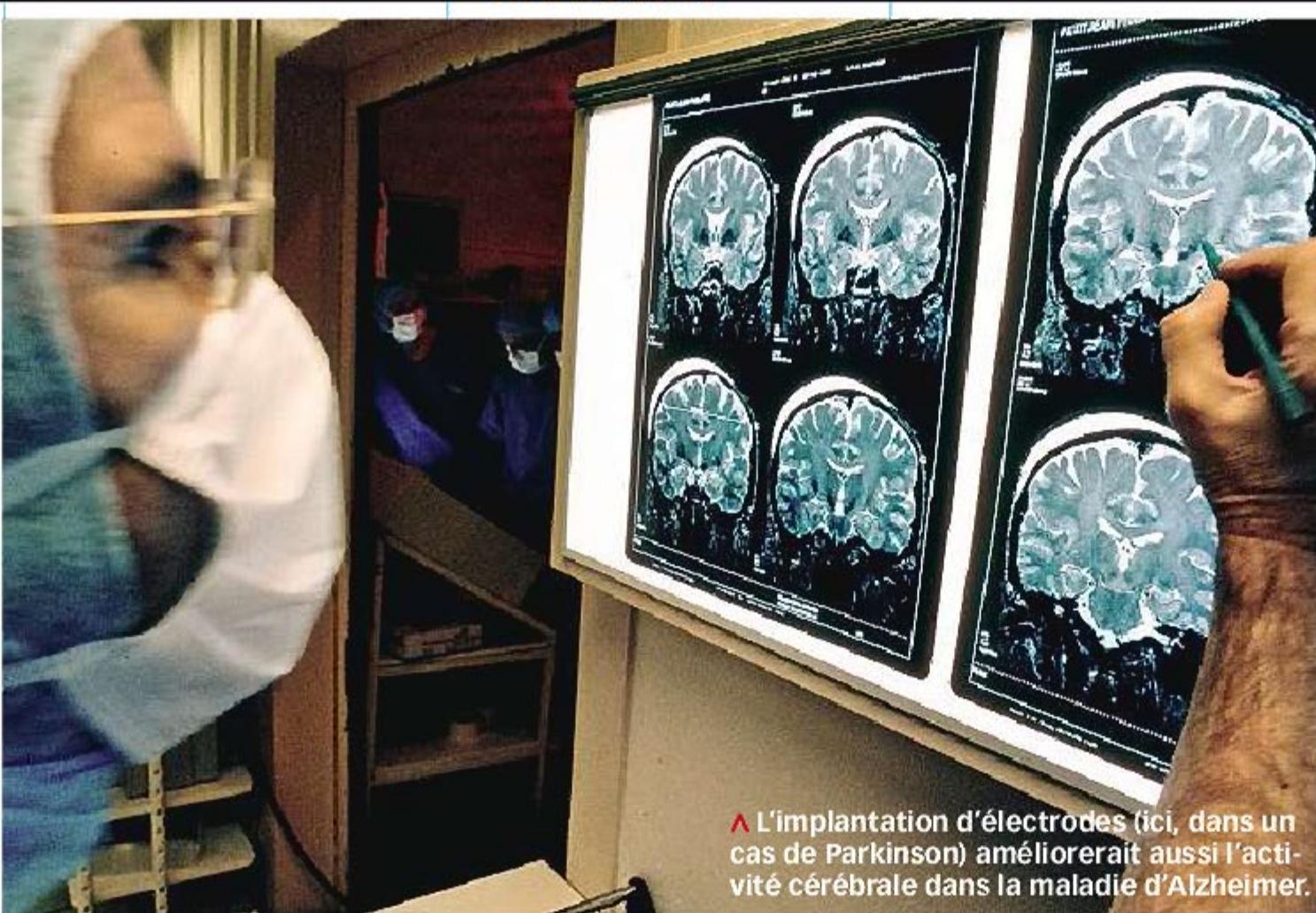
## CANCÉROLOGIE

### **UNE BANALE BACTÉRIE SE RÉVÈLE ANTICANCÉREUSE**

*Tuer des cellules cancéreuses grâce à la bactérie responsable de la salmonellose, c'est l'idée lancée par des médecins de l'Institut d'oncologie de Milan. Les chercheurs se sont rendu compte qu'infectées par des salmonelles, des cellules de mélanome se mettent à synthétiser une protéine qui les rend reconnaissables par le système immunitaire. Les défenses naturelles de l'organisme pourraient alors s'attaquer au cancer et le détruire. Leur hypothèse a été confirmée par une expérience menée sur des cellules cancéreuses de rongeurs cultivées in vitro.*



O.D.



▲ L'implantation d'électrodes (ici, dans un cas de Parkinson) améliorerait aussi l'activité cérébrale dans la maladie d'Alzheimer.

#### NEUROCHIRURGIE

## L'électrostimulation apparaît efficace contre l'Alzheimer

Appliquée dans les cas de maladie de Parkinson, la stimulation électrique cérébrale profonde améliorerait aussi le métabolisme cérébral de patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Andres Lozano, de l'université de Toronto, et ses collègues ont implanté des électrodes dans le cerveau de

six personnes aux premiers stades de la maladie. Objectif: stimuler un amas de substance blanche au centre du cerveau (le fornix) et qui constitue la voie royale de transmission des informations vers l'hippocampe, une structure clé de la mémoire. Chez les six patients testés, l'imagerie cérébrale

montre comment, au bout d'un an, le cerveau parvient à mieux utiliser le glucose, un carburant essentiel, améliorant alors son activité métabolique. Chez trois d'entre eux, elle se trouve associée soit à de meilleures capacités mnésiques soit à un ralentissement du déclin cognitif global. V.B.

#### OBSTÉTRIQUE

## UN ANNEAU PRÉVIENDRAIT LES NAISSANCES PRÉMATURES

*Posé durant trois heures dans le corps de la future mère, un anneau cervical de 50 mm de diamètre, ponctué d'électrodes, inventé à l'université Johns-Hopkins (Baltimore), prédirait le risque d'accouchement prématuré et pourrait "le retarder jusqu'à six semaines", estime Nate Sunwoo, un des inventeurs.*



E.A.

## Ils ont dit

» "LE POTENTIEL DE NDM-1 [LA NOUVELLE BACTÉRIE RÉSISTANTE] À CONSTITUER UN PROBLÈME POUR LA SANTÉ PUBLIQUE DANS LE MONDE EST GRAND, ET UNE SURVEILLANCE INTERNATIONALE EST NÉCESSAIRE." Neil Woodford, Agence de protection de la santé (Londres).

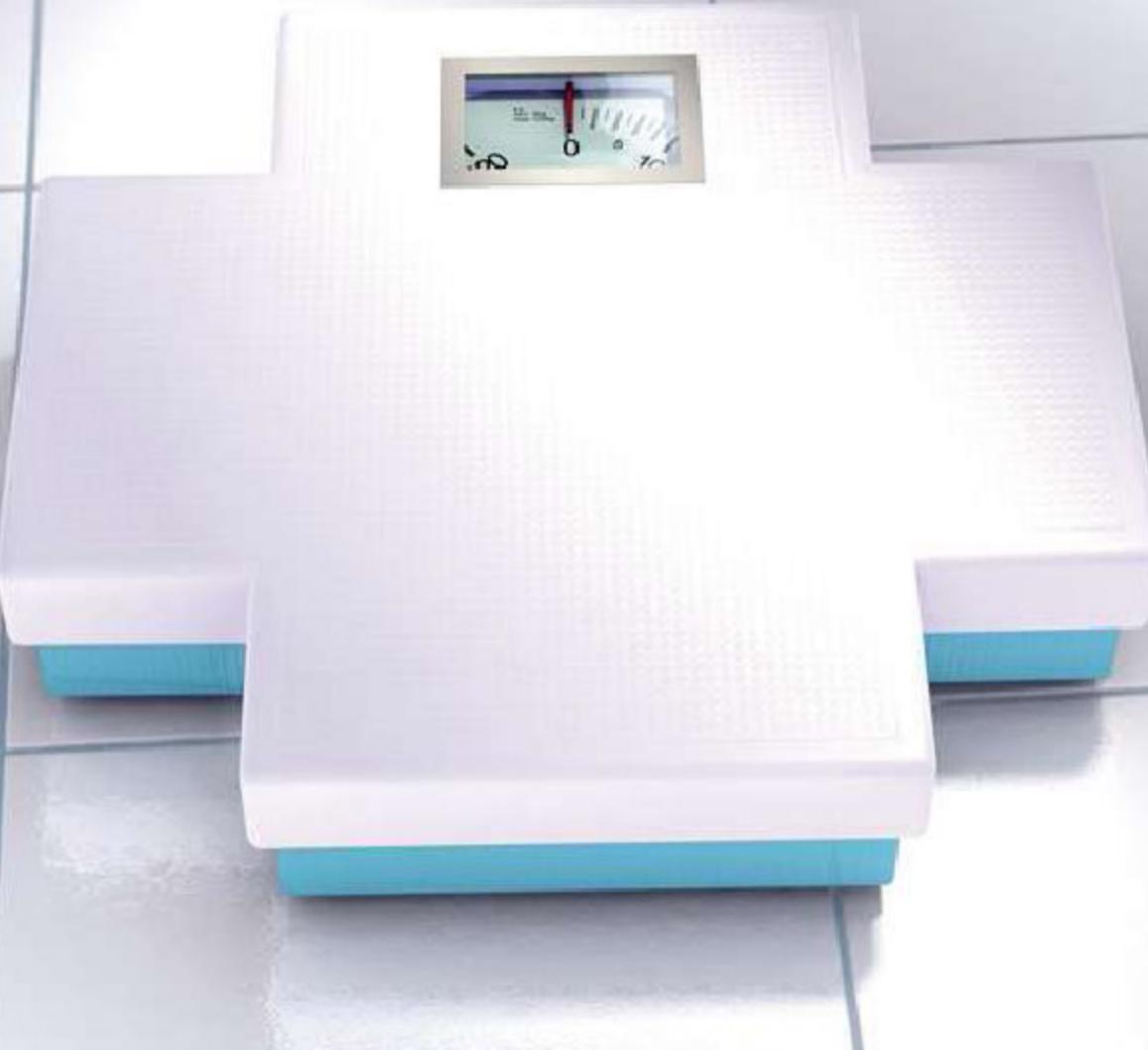
» "IL FAUT CONSIDÉRER LES ANTIBIOTIQUES COMME UN PATRIMOINE THÉRAPEUTIQUE MENACÉ." Jean Carlet, ancien président du Comité technique national des infections nosocomiales et aujourd'hui consultant à l'OMS.

» "IL SERA TRÈS INTÉRESSANT DE SE PENCHER SUR LA FERTILITÉ DES BÉBÉS-ÉPROUVE ET SUR LA SANTÉ DE LEURS FUTURS ENFANTS." Géraldine Viot, généticienne.

» "LES RÉSULTATS DES ÉTUDES [SUR L'ADDICTION AUX DROGUES] SUGGÈRENT UNE COMPLÉMENTARITÉ ENTRE CENTRES D'INJECTION SUPERVISÉS ET TRAITEMENT DE LA DÉPENDANCE." Groupe d'experts réunis par l'Institut national de la santé et de la recherche médicale.

» "LA FRANCE EST L'UN DES PAYS OÙ LE NOMBRE DE MAMMOGRAPHIES PAR FEMME EST LE PLUS ÉLEVÉ. IL Y A DES EFFORTS CONSIDÉRABLES ET LE RÉSULTAT N'EST PAS À LA HAUTEUR." Philippe Autier, médecin au Centre International de recherche sur le cancer.

Perte de poids chez les personnes en surpoids dont l'indice de masse corporelle est supérieur ou égal à 28, en association avec un régime.



# alli®

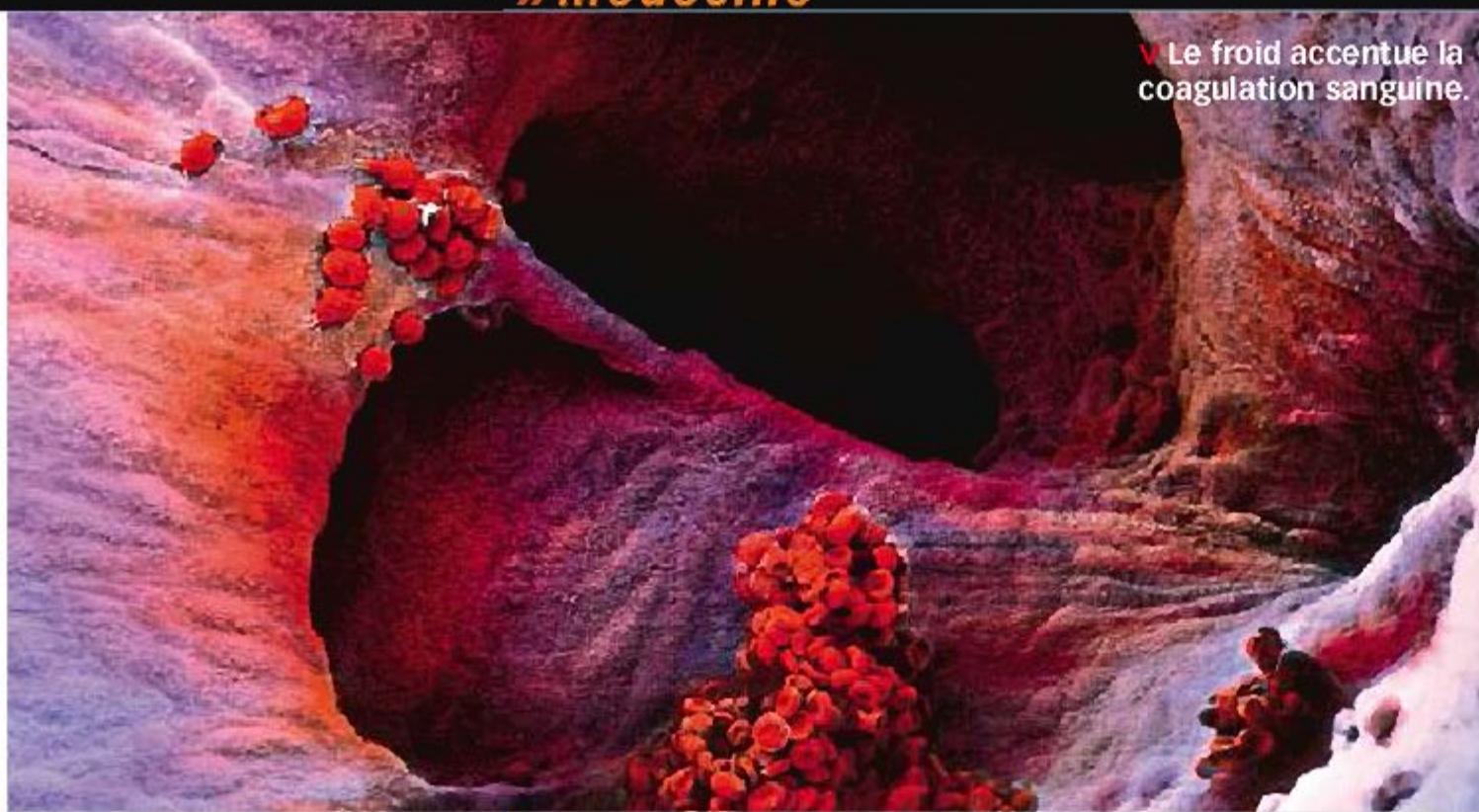
## une solution pour perdre du poids en complément d'un régime

**Médicament, pas avant 18 ans.** alli est indiqué dans la perte de poids en association avec un régime réduit en calories et pauvre en graisses chez les personnes en surpoids dont l'IMC est  $\geq$  à 28. Perte de poids moyenne de 4.4 kg après 6 mois de traitement (durée maximale d'utilisation). **Demandez conseil à votre pharmacien, il vous dira si vous êtes en surpoids ou obèse et si alli vous convient. Ne tardez pas à consulter votre médecin pour bénéficier si nécessaire d'une prise en charge globale et adaptée.** Si vous n'avez pas perdu du poids après avoir pris alli pendant 12 semaines, demandez conseil à votre médecin ou à votre pharmacien. Il pourra être nécessaire d'arrêter de prendre alli. Ne pas utiliser chez la femme enceinte. Contient de l'orlistat. Lire attentivement la notice. Visa GP n°0285G09W111.

Parlez-en  
à votre  
pharmacien

 GSK  
GlaxoSmithKline  
GlaxoSmithKline Santé Grand Public

 Votre pharmacien,  
votre premier conseil santé



## CARDIOLOGIE

## Plus il fait froid... et plus le risque d'infarctus augmente

A chaque degré perdu, le risque d'infarctus du myocarde augmente de 2 %, selon la London School of Hygiene and Tropical Medicine. Le registre national d'admission à l'hôpital pour infarctus (80 000 patients admis entre 2003 et 2006) a été comparé

aux bulletins météorologiques. La chute d'un degré pendant un jour entraîne 200 admissions de plus dans les 28 jours suivant. Si une température plus froide se maintient, le nombre d'infarctus est encore plus élevé. Les personnes atteintes d'une maladie

cardiovasculaire ou de plus de 75 ans sont en première ligne, "sans doute parce qu'elles sont plus sensibles aux changements physiologiques induits par le froid (élévation de la pression sanguine, coagulation, etc.)", explique Krishnan Bhaskaran, coauteur de l'étude. L.F.

## PHARMACOLOGIE

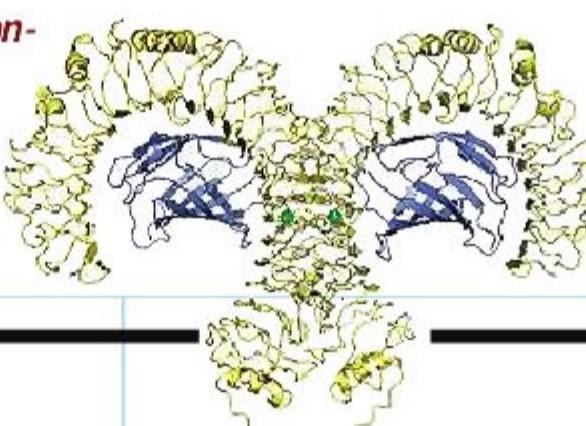
La kétamine pourrait être un bon antidépresseur. Cet anesthésique utilisé en médecine vétérinaire et pédiatrique a permis de soulager dix-huit patients atteints de troubles bipolaires. Ils ont reçu, en plus de leur médication standard inefficace chez eux, deux injections espacées de deux semaines, soit de kétamine, soit d'un placebo. Des chercheurs américains ont alors observé une amélioration de 71 % de l'état mental des patients ayant reçu de la kétamine, dès 40 minutes et jusqu'à trois jours après administration. Le délai d'action des traitements actuels est de plus d'une semaine, durant lequel le risque suicidaire reste élevé. E.A.

## IMMUNOLOGIE

## L'ORIGINE DE L'ALLERGIE AU NICKEL EST ENFIN ÉLUCIDÉE

*L'université de Giessen (Allemagne) vient de révéler que l'allergie au nickel, dont souffrent 5 à 10 % de la population des pays industrialisés, repose sur l'activation d'un seul récepteur cellulaire, le Toll-like receptor 4 (TLR4, ci-dessous), présent à la surface de la peau. Quand les ions nickel se fixent sur le TLR4, une cascade de réactions provoque déman-geaisons, rougeurs et éruptions cutanées.*

M.H.



## Bon à savoir

» LES MOUSTIQUES PRÉFÈRENT LES BUVEURS DE BIÈRE. Consommer régulièrement de la bière de mil accroît le risque de piqûres, selon des chercheurs de l'Institut de recherche en science de la santé (Burkina Faso). Les consommateurs seraient ainsi plus exposés au paludisme.

» LES SOINS PALLIATIFS PEUVENT PROLONGER LA SURVIE en cas de cancer. Des médecins de l'hôpital général du Massachusetts, à Boston, ont ainsi observé une survie moyenne de 11,6 mois pour les patients recevant des soins palliatifs, contre 8,9 mois pour les autres.

» APRÈS UNE FAUSSE COUCHE, MIEUX VAUT NE PAS ATTENDRE pour concevoir à nouveau. Les risques d'un autre incident sont moindres chez les femmes tombant enceintes moins de six mois après. Cette étude écossaise contredit la recommandation de l'OMS d'attendre au moins six mois après une fausse couche.

» LE BOUCHE-À-BOUCHE SERAIT INUTILE POUR RÉANIMER UN MALADE dont le cœur est arrêté. Une étude américaine ne met en évidence aucune différence de taux de survie ou de séquelles des arrêts cardiaques entre patients réanimés soit par massage cardiaque seul soit associé à un bouche-à-bouche.

# ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE

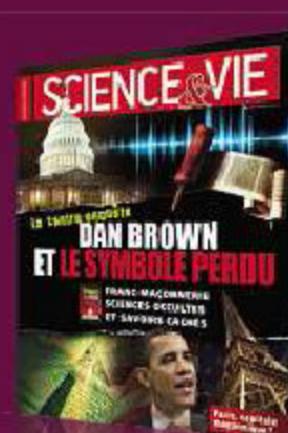
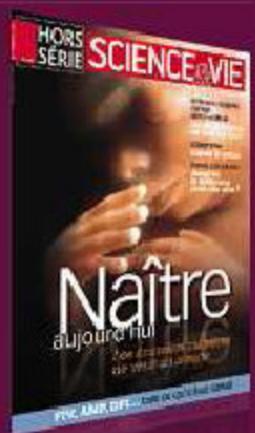
## 1 AN - 18 NUMÉROS

12 mensuels + 4 hors-série + 2 éditions spéciales

(50,40€\*)

(19,60€\*)

(11,80€\*)



SEULEMENT  
**59 €**

Au lieu de ~~111,90 €\*~~

UNE RÉDUCTION  
EXCEPTIONNELLE  
DE PLUS DE

**45%**



## LE CASQUE SANS FIL

(Prix public 30 €)

Le casque audio sans fil est un ensemble émetteur/casque qui est idéal pour une utilisation sur chaîne Hi-fi, téléviseur, ordinateur... sans risque de déranger son voisinage ! Avec sa porté de 30 mètres\*, il vous apporte une excellente écoute partout dans votre demeure ! Il offre une radio FM directement intégrée dans les écouteurs du casque.



L'émetteur peut-être raccordé à la prise casque de n'importe quelle source stéréo, que ce soit audio ou vidéo, tels que télévision, chaîne hi-fi, lecteur DVD, console de jeux, PC, lecteur Mp3/Mp4, Walkman ou toute source audio ayant une prise jack de 3,5 mm, etc.

\*Distance de transmission: jusqu'à 30 mètres sans interférence Nécessite 2 piles AAA (non fournies) pour casque et 2 piles AAA pour l'émetteur (non fournies)

## BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à:  
SCIENCE & VIE – SERVICE ABONNEMENTS – 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA – 75903 PARIS CEDEX 15



C1117A

611327

Oui, Je profite de votre offre exceptionnelle :

Je m'abonne à Science & Vie pour 1 an (12 n° + 4 HS + 2 ES) + le casque sans fil pour 59€ seulement au lieu de ~~111,90 €\*~~ (prix public) soit 45% de réduction

611335

Je préfère seulement m'abonner à Science & Vie pour 1 an (12 n° + 4 HS + 2 ES) pour 55 € au lieu de ~~81,90 €\*~~ (prix kiosque) soit 30 % de réduction

611343

Je commande uniquement le casque sans fil au prix de 30 €\* et je joins à mon courrier le règlement total de ma commande.

Je règle par :

Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie     Carte bancaire

N° \_\_\_\_\_

Expire à fin \_\_\_\_\_

Date et signature obligatoires

Code Crypto \_\_\_\_\_

Les 3 chiffres au dos de votre CB

Voici mes coordonnées :

Nom : \_\_\_\_\_

Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_

Ville : \_\_\_\_\_

Tél : \_\_\_\_\_

Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrons vous contacter si besoin pour le suivi de votre abonnement

E-mail : \_\_\_\_\_

□ Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori)

ABONNEZ-VOUS EN LIGNE SUR LE SITE

**www.kiosquemag.com**

C'EST RAPIDE, PRATIQUE, FACILE ET SÉCURISÉ



ÉNERGIE

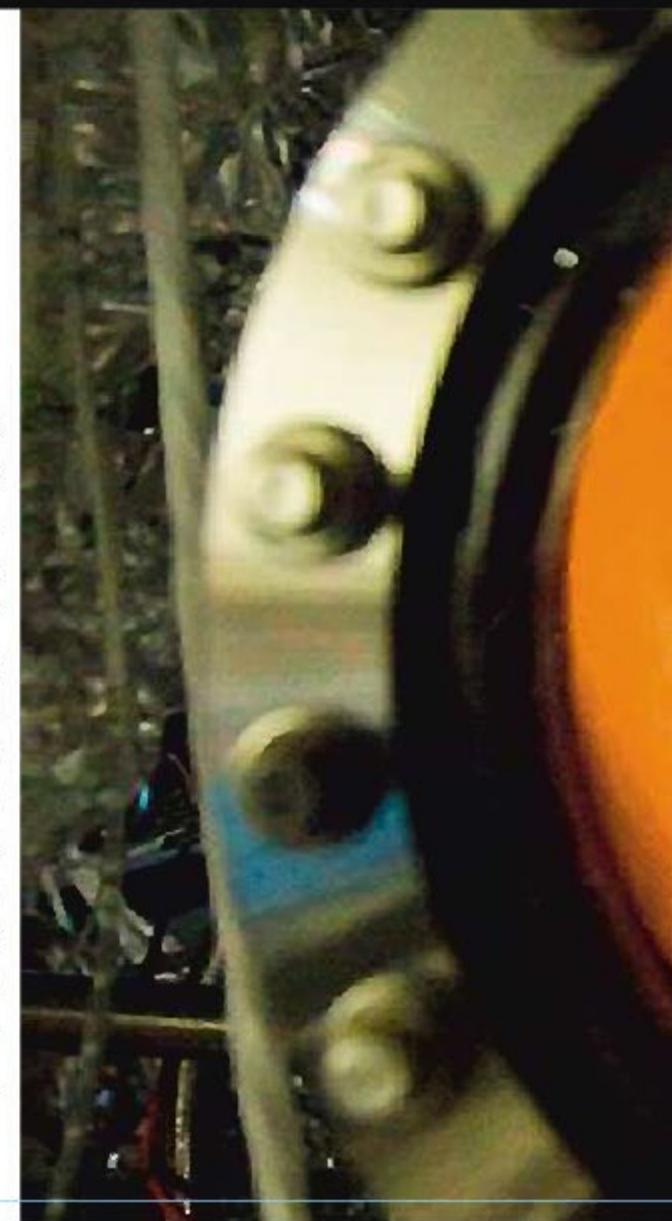
### Un nouveau capteur solaire pourrait tripler le rendement

Ajouter les atouts du solaire photovoltaïque – qui transforme la lumière en électricité – à ceux du solaire thermique (basé sur l'exploitation de la chaleur), tel est l'intérêt d'un nouveau type de capteur développé à l'université de Stanford (Californie) par l'équipe du physicien Nick Melosh. Baptisé Pete (*Photon enhanced thermionic emission* ou "émission thermionique améliorée par photon"), ce dernier est basé, comme les capteurs photovoltaïques classiques, sur un

semi-conducteur (nitre ou arsénure de gallium), mais cette fois recouvert d'une mince couche de césum. Ce traitement particulier permet de porter la température optimale de fonctionnement au-delà de 200 °C, ce qui est assez élevé pour récupérer la chaleur par le biais d'un circuit classique (vapeur sous-pression, avec turbine et alternateur, par exemple). Avec les capteurs standard, en effet, plus de la

moitié de l'énergie solaire est perdue en émission de chaleur dans le matériau, sans toutefois atteindre une température suffisante pour en justifier l'extraction. Si le matériau et le procédé Pete répondent aux attentes, le rendement d'une installation (soit la proportion d'énergie convertie en électricité) pourrait atteindre 60 %, soit le triple du rendement d'une centrale photovoltaïque actuelle. P.G.

> Testé sous vide, ce capteur permet de récupérer à la fois la chaleur et la lumière du soleil pour produire de l'électricité.

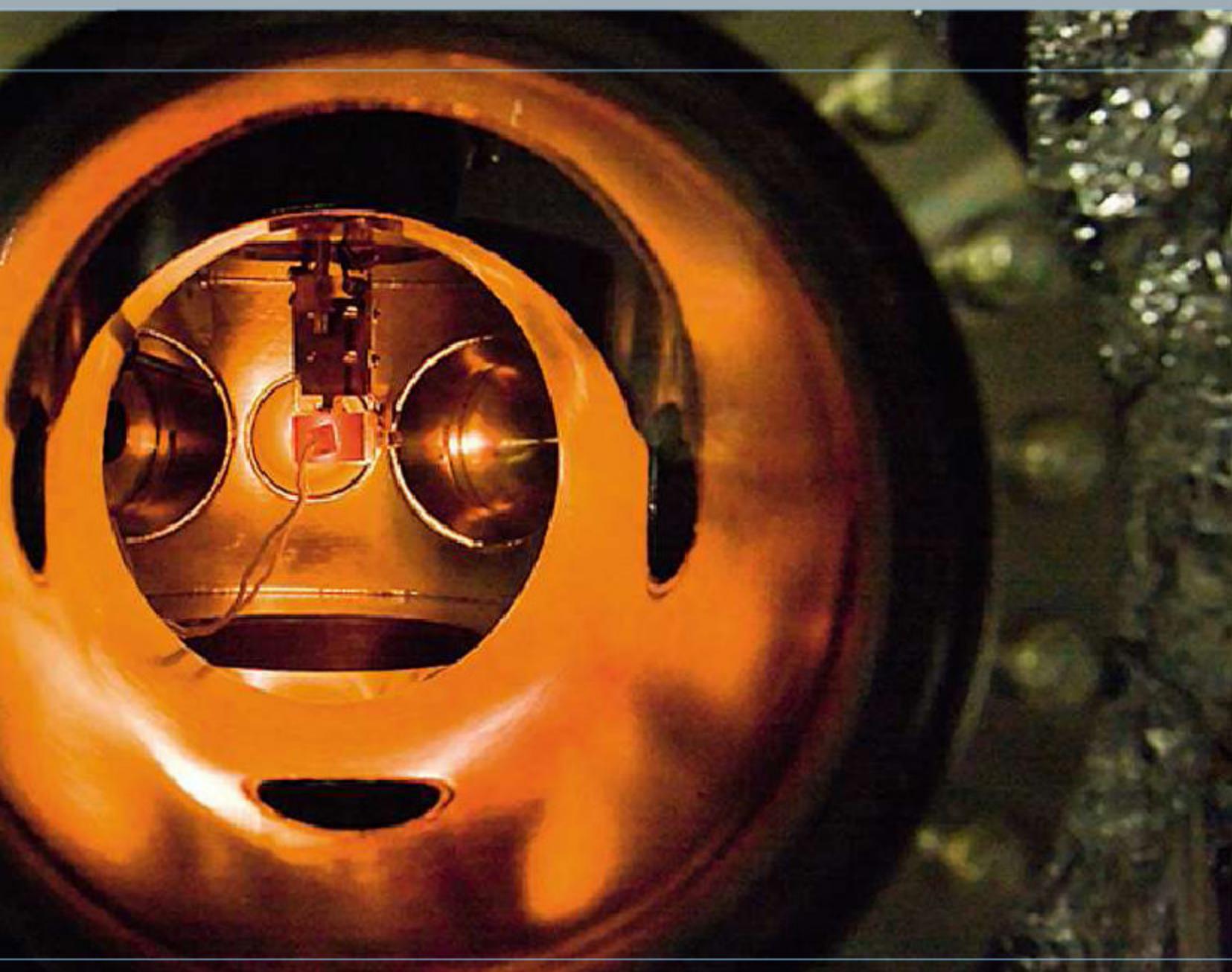


AVIATION

### Cet avion hybride combinera batteries et turbines à gaz

Le concept d'avion de ligne électrique Sugar (*Subsonic Ultra Green Aircraft Research*) Volt, que viennent de présenter conjointement Boeing et la Nasa, après dix-huit mois d'étude, combine batteries et moteurs électriques à hélices avec une assistance par turbine à gaz pour l'autonomie. Bénéfices visés : réduire de 70 % la consommation de carburant et de 55 % la consommation totale d'énergie par rapport à un avion actuel. Le recours à l'énergie électrique permettrait en outre de réduire les émissions sonores. Pour y parvenir, le Sugar Volt est doté d'une voilure à très fort allongement, qui améliorera la portance à haute altitude, tout en favorisant un décollage plus court. L'appareil présenté emportera 154 passagers sur 3500 miles nautiques (6500 km) à Mach 0,8 (980 km/h). Bien sûr, il ne s'agit pour l'instant que d'un avion de papier : aucun prototype n'est à l'ordre du jour. Mais, ce concept préfigure les avions de ligne envisagés à l'horizon du quart de siècle. Ce laps de temps sera nécessaire pour résoudre les problèmes (batterie, poids...) liés à l'adoption d'une motorisation électrique pour les avions de ligne. Rappelons qu'à l'heure actuelle, les seuls avions à propulsion électrique qui ont volé sont des drones ou des monoplaces. P.G.

< L'objectif de l'avion électrique Sugar est de réduire de 55 % la consommation totale d'énergie comparée à un avion actuel.



AUTOMOBILE

## LES VOITURES SE RECHARGERONT BIENTÔT PAR INDUCTION

*Transposer le principe du chargeur à induction, qui existe déjà pour téléphones mobiles, aux voitures électriques, telle est la performance du prototype réalisé par la société américaine Evatran. En garant le véhicule au-dessus d'un bloc posé au sol, les batteries se rechargent sans contact (par induction électromagnétique) via un adaptateur placé sous le capot. Pour concevoir un chargeur suffisamment puissant (7,7 kW) et fonctionnant à 8 cm de distance, les ingénieurs ont modifié la fréquence et les bobines métalliques habituellement utilisées. Mais 10 à 20 % d'énergie sont tout de même perdus lors du recharge... L.B.*



## En bref...

➤ **L'EFFET PIÉZOÉLECTRIQUE, LA GÉNÉRATION D'UN CHAMP ÉLECTRIQUE GRÂCE À LA COMPRESSION ET L'EXPANSION DE MATERIAUX SOLIDES, EST DÉSORMAIS MAÎTRISÉ** à l'échelle nanométrique. En projetant un laser sur un objet de moins de 10 nanomètres, des chercheurs de l'université McGill (Canada) ont réussi à maintenir des charges électriques à sa surface. Soit des perspectives pour alimenter des capteurs et appareils électriques minuscules. S.F.

➤ **TRAVERSER PLUS DE 500 M DE ROCHE**, voilà la performance réalisée par le système de communication MagneLink, dont la principale application est de secourir des mineurs ensevelis. Mis au point par Lockheed, et en cours de certification, il utilise un puissant électroaimant qui engendre des ondes à basses fréquences pouvant transporter voix et messages écrits sous terre. D.M.

➤ **UN NOUVEAU BITUME QUI DÉPOLLUE L'AIR AMBIANT EST À L'ESSAI** dans deux villes allemandes, Erfurt et Fulda. Il contient des pavés recouverts de dioxyde de titane, conçus par la société allemande F.C. Nüdling Betonelemente. Grâce à une action combinée de la lumière, ces derniers éliminent jusqu'à 70 % des émissions d'oxydes d'azote et les transforment en nitrate, en proportion négligeable pour l'environnement. L.F.

à la une



GETTY

# On a découvert un nouveau code génétique!

Le patrimoine génétique de toutes les cellules vivantes est inscrit dans leur ADN. Oui, mais comment font-elles pour interpréter ces informations ? Ce mystère, une équipe de chercheurs vient de l'élucider : ils ont décrypté un mystérieux code de la vie. Un exploit qui ouvre sur une nouvelle compréhension de la nature.

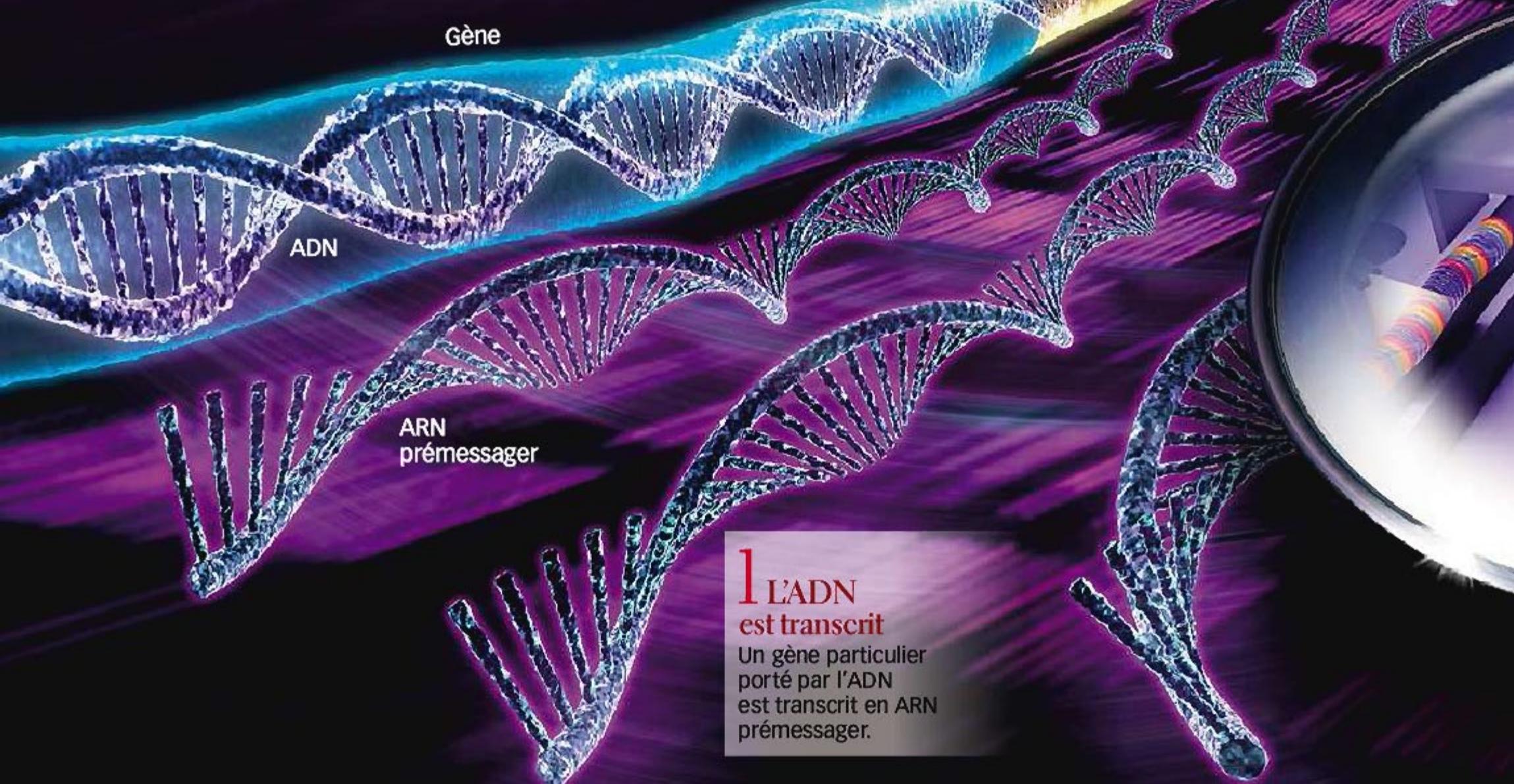
Par Marine Corniou et Emilie Rauscher.  
Dossier coordonné par Philippe Chambon

Imaginez un ouvrage rassemblant toutes vos données personnelles. Imaginez un texte qui soit à la fois manuel d'instructions pour la construction de vos organes, livre d'histoire du périple de vos ancêtres, et fiche médicale qui prédit quelles maladies pourraient vous menacer. Eh bien, ce mystérieux texte existe : il s'agit de votre ADN, cette molécule enroulée au cœur de vos cellules qui concentre votre

patrimoine génétique. Le problème, c'est que la lecture de ce texte ne vous apprendra rien : il est crypté. A l'instar des égyptologues avant Jean-François Champollion, vous vous trouvez en face de signes hiéroglyphiques dont le sens vous échappe. Que signifie l'information génétique ? Comment est-elle codée ? Comment les cellules réussissent-elles à traduire ce texte en instructions claires et précises →

# Une machinerie biomoléculaire utilise un code pour découper le potentiel de l'ADN

A partir d'un seul gène, le corps est capable de concevoir différentes protéines dont l'activité devient spécifique. Il décuple ainsi les possibilités d'action de ses gènes. Pour ce faire, il passe par une étape dite "d'épissage" lors de laquelle l'ARN prémessager porteur de l'information du gène est découpé en morceaux, puis réassemblé. Cette phase obéit aux règles d'un code bien précis, qui étaient jusqu'ici insoupçonnées.



## 1 L'ADN est transcrit

Un gène particulier porté par l'ADN est transcrit en ARN prémessager.

→ pour produire les protéines adéquates au fonctionnement de l'organisme ?

Il aura fallu attendre ces derniers mois pour que ce texte dévoile de nouveaux secrets. Cela grâce à une équipe d'informaticiens et de biologistes canadiens de Toronto, dirigée par les professeurs Brendan Frey et Benjamin Blencowe : en mettant au point un algorithme qui mêle plusieurs alphabets biochimiques et des centaines de clés de cryptage

différentes, ces chercheurs sont parvenus à faire apparaître plusieurs grandes règles de lecture de cette littérature cryptée.

## TROUVER LA CLÉ UNIVERSELLE

Ces travaux marquent une date dans l'histoire de la biologie : le craquage du code secret de la vie, vieux de plusieurs milliards d'années, passe à la vitesse supérieure.

Pourtant, les biologistes avaient annoncé avoir découvert le "code

génétique" depuis longtemps. En effet, dès les années 1960, ils avaient mis la main sur le début de l'algorithme qui donne du sens à la séquence génétique. Ce code est on ne peut plus simple.

L'ADN est écrit avec les combinaisons de seulement quatre "bases" et notées A, T, C et G (voir encadré p. 61). Les protéines, la principale matière qui compose nos cellules, sont écrites dans un alphabet différent constitué, lui, de vingt "lettres",



## 2 L'ARN est modifié

Dans le noyau, l'ARN pré-messager est découpé et réassemblé, selon le "code de l'épissage".

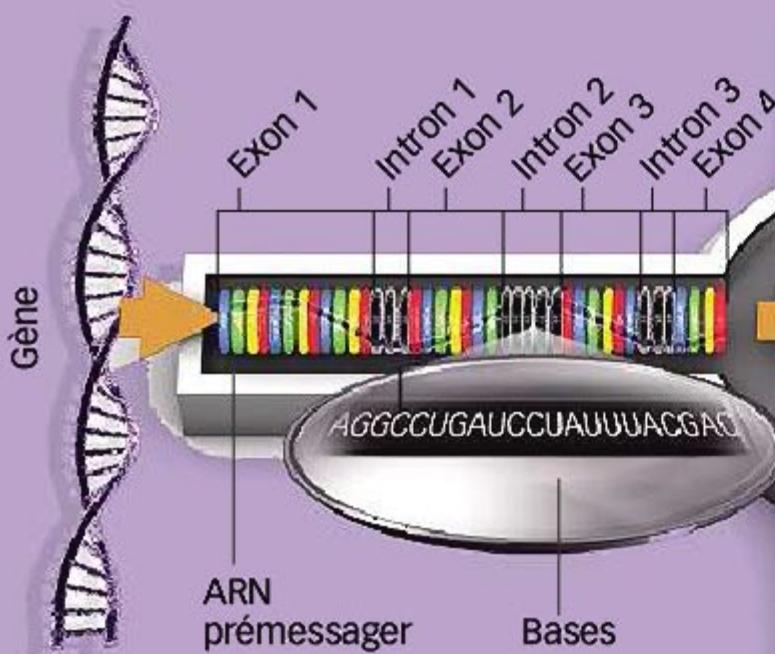
## 3 Au final, l'ARN donne différentes protéines

Dans les cellules, l'épissage de l'ARN se déroule différemment suivant la nature du tissu. Il donne donc, en différents endroits du corps, naissance à des protéines adaptées.

chacune correspondant à un acide aminé. En 1965, les scientifiques réussissent à établir le lien entre ces deux langages : il suffit de grouper les lettres de la séquence d'ADN par trois, chaque combinaison correspondant à un acide aminé particulier à ajouter à la protéine en formation. Et la succession de ces combinaisons, baptisée "gène", commande la production d'une protéine particulière, via l'enchaînement des acides aminés qui →

# Code de l'épissage : voici comment un ARN produit trois protéines différentes

Comment un gène peut-il donner plusieurs protéines différentes selon qu'il est exprimé dans une cellule cérébrale, musculaire ou osseuse ? La réponse se trouve à mi-chemin entre le gène et la protéine finale quand l'information génétique est transportée par l'ARN messager soit une suite de composés chimiques (bases), désignés par les lettres A, U, C et G.



## 1 Un gène est transcrit en ARN

A partir de l'ADN, un gène vient juste d'être copié en ARN prémessager dans le noyau de la cellule. Cet ARN est constitué d'exons (séquences utiles à la fabrication des protéines) et d'introns (séquences porteuses d'instructions de découpage de l'ARN). Dans les introns, l'agencement des bases forme des "instructions" qui guident l'épissage de l'ARN : suppression des introns et choix des exons à conserver.

→ la composent. Grâce à ce fameux code à trois lettres, l'ADN contient les instructions pour fabriquer toutes les protéines. Ce "code génétique" est valable à travers tout le règne du vivant, de la bactérie la plus petite à l'homme en passant par le topinambour. Une clé universelle.

Mais il est vite apparu que ce fameux "code génétique" n'autorisait qu'un déchiffrement fragmentaire. Il n'était qu'une partie d'un code de cryptage bien plus complexe : dans le grand texte de la vie, des pages entières restaient

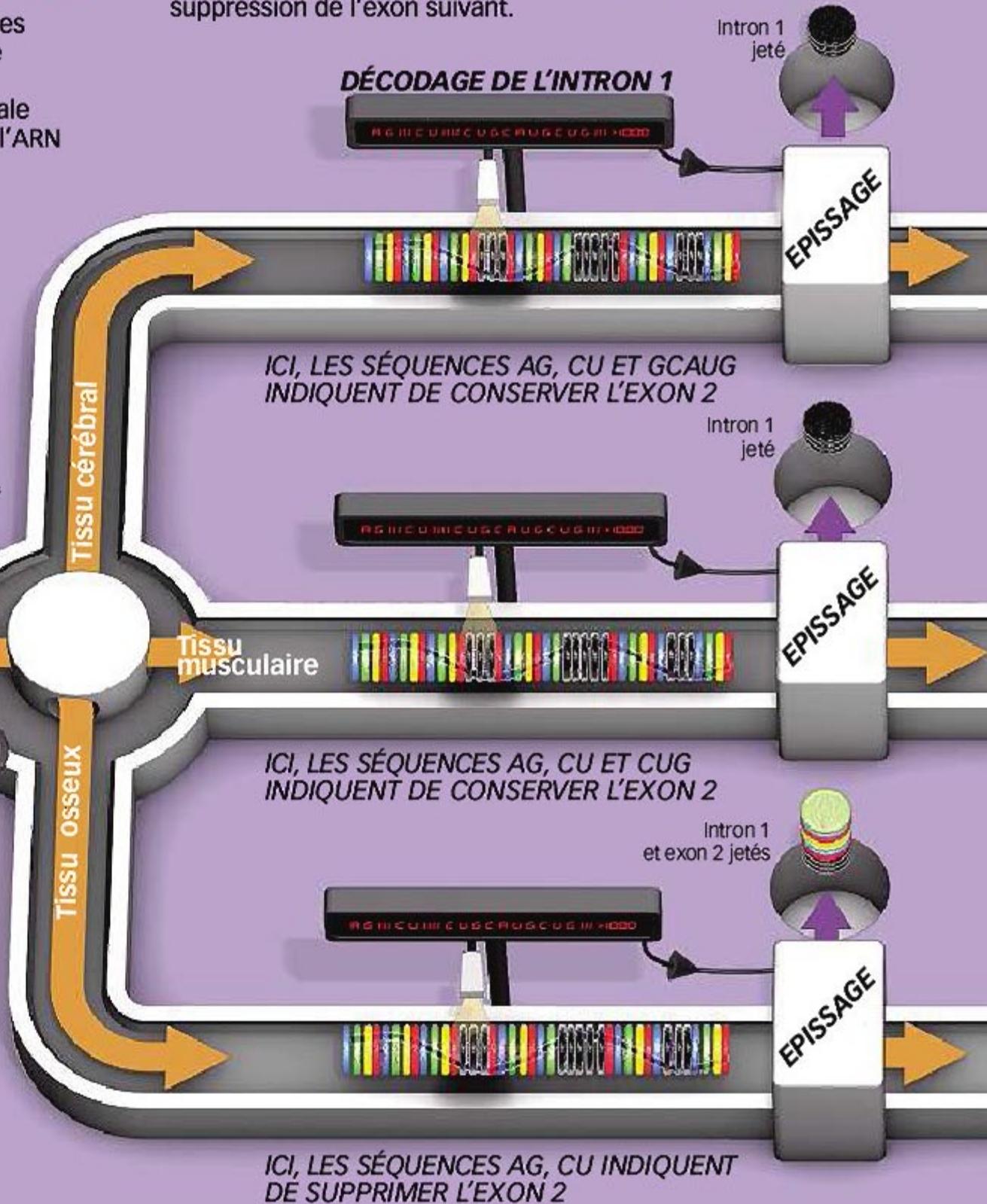
indéchiffrables. Des preuves ? Souvent, surtout chez les organismes complexes, les généticiens se sont avérés incapables de retrouver le texte exact d'ADN à l'origine d'une protéine. Inversement, en considérant une séquence d'ADN, ils n'arrivaient pas toujours à en déduire les protéines produites avec.

## ISOLER LE CHAÎNON MANQUANT

Entre l'ADN et les protéines se cachait donc un autre code qui expliquerait pourquoi, alors que l'ADN ne contient qu'une vingtaine de milliers de gènes,

## 2 Cet ARN prémessager est décodé

Dans chaque tissu (ici : cérébral, musculaire et osseux), la cellule reconnaît, dans la séquence d'un premier intron, des "mots de code" (AG, CU, GCAUG, etc.) qui, selon le tissu, conduisent à la conservation ou à la suppression de l'exon suivant.

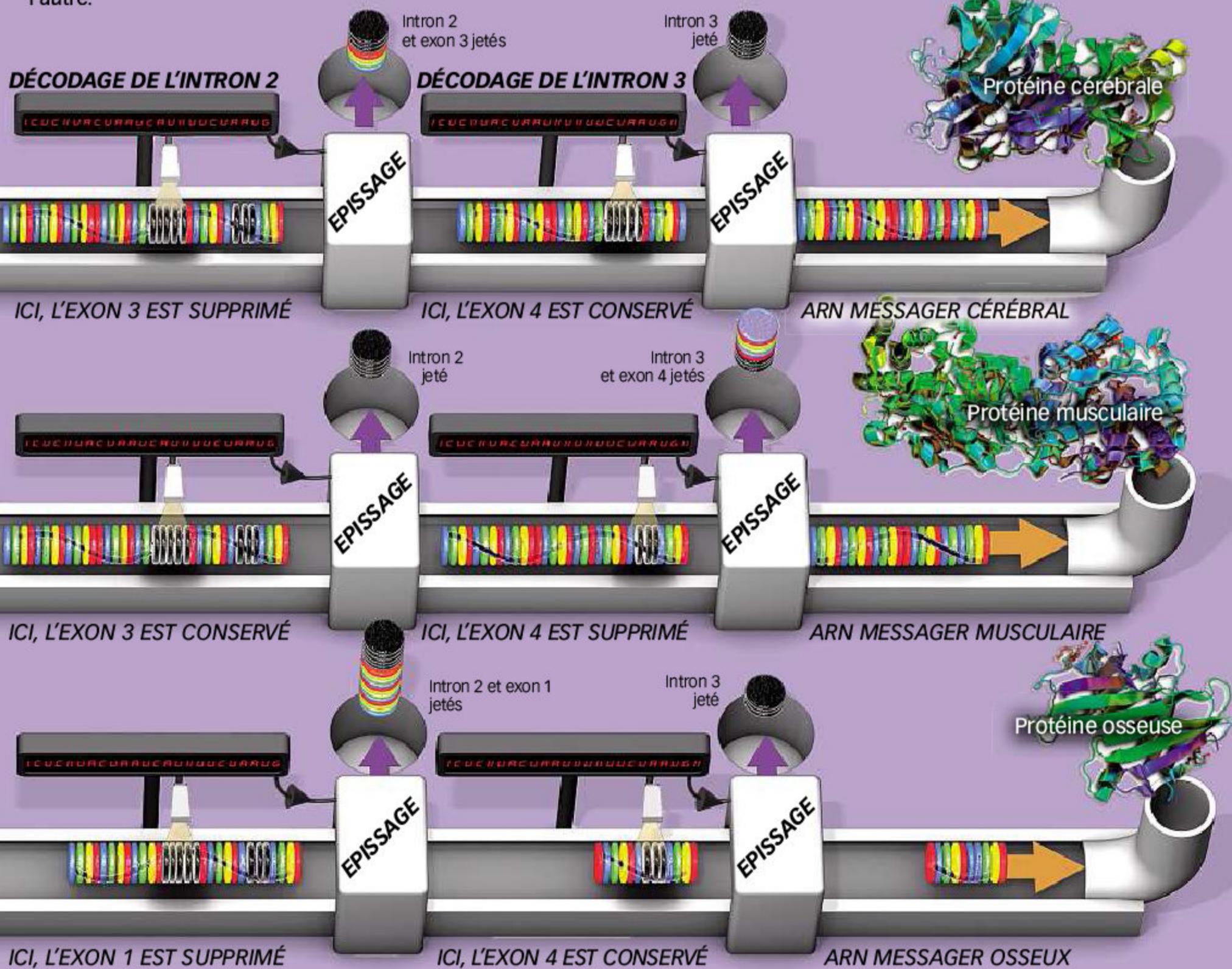


nos cellules en tirent les instructions pour fabriquer des centaines de milliers de protéines différentes.

A ce stade, une seule certitude : ce mystérieux code intervient dans les relations qui se tissent entre trois acteurs principaux : l'ADN, les protéines et... les ARN. Les ARN ? Il s'agit de sortes d'intermédiaires entre l'ADN et les protéines. Plus précisément, les ARN sont des copies de certaines portions de l'ADN, correspondant le plus souvent aux gènes, et c'est avec ces copies que travaille la cellule.

### 3 L'ARN messager se constitue

Intron après intron l'ARN est décodé. Les exons conservés sont raboutés entre eux. Ils forment ensemble une séquence différente d'un tissu à l'autre.



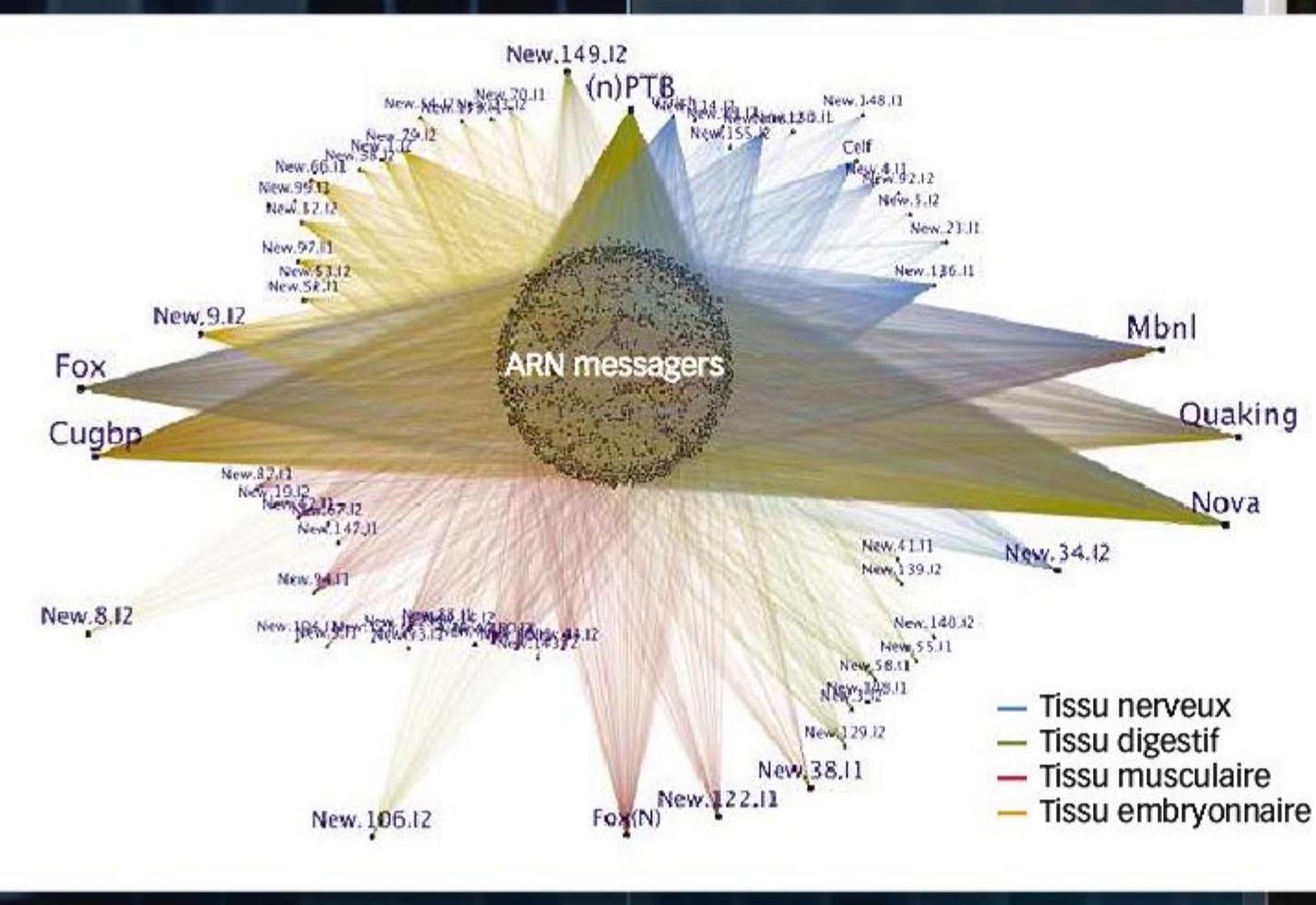
Comme ça, elle n'a pas besoin de découper le document original contenu dans l'ADN. Ces ARN sont donc les "messagers" de l'ADN. On les appelle d'ailleurs des ARN messagers. Or, ces messagers jouent un rôle crucial, comme l'ont découvert peu à peu les biologistes dans les années 1980 : si l'on ne parvient pas à retrouver directement la séquence d'ADN à partir de "sa" protéine, et *vice versa*, c'est de leur faute. Car à partir d'une même séquence d'ADN, la cellule ne produit pas un, mais jusqu'à plusieurs milliers

d'ARN messagers différents : elle découpe en effet le messager initial, la première copie du texte de l'ADN, en fragments plus ou moins longs, elle en détruit certains (introns), en raboute d'autres entre eux (exons)...et ce ne sont pas toujours les mêmes exons qui sont raboutés. Que deviennent les innombrables messagers issus de ce mécanisme appelé "épissage alternatif" ? Simple : chacun va coder pour une protéine distincte. Oui, mais comment la cellule choisit-elle d'épisser un ARN d'une façon plutôt que d'une autre ?

Quelles règles lui dictent l'épissage qui convient dans telle circonstance à tel moment?

A ces questions, les Canadiens apportent de nouveaux indices. *“L'épissage alternatif, confirme Hugues Roest Crollius, de l'Institut de biologie de l'Ecole normale supérieure, on le connaît depuis près de vingt ans, mais on en mesure seulement depuis peu l'étendue. Comprendre comment ce mécanisme est réglé devient donc un challenge majeur.”* D'autant plus qu'en 2008, une publication a révélé →

✓ Les ARN messagers sont épissés grâce à la combinaison de "mots de code" spécifiques à chaque tissu biologique.



> Découvreurs du code de l'épissage, Benjamin Blencowe et Brendan Frey, de l'université de Toronto, marient biologie et informatique.

→ que près de 95 % de nos gènes sont concernés par l'épissage... On comprend dès lors pourquoi les travaux de l'équipe de Toronto sont appelés à faire date. Et Brendan Frey en est bien conscient : "Ces dix dernières années, raconte le bio-informaticien canadien, plusieurs groupes de recherche, dont le mien, ont montré que ce mécanisme générât une diversité de messages génétiques beaucoup plus grande qu'on ne le soupçonnait. J'ai décidé en 2002 de répondre à cette question : 'qu'est-ce qui, dans le code génétique, détermine

cette échelle. Car un peu partout dans le monde, d'autres équipes s'étaient penchées sur certains gènes, et avaient repéré des séquences qui semblaient jouer un rôle dans les opérations, mais aucune loi générale ne se dégageait. "Nous avons injecté dans nos ordinateurs des milliers de ces exemples d'épissage connus pour les quatre types de tissus considérés ainsi que toutes les séquences des ARN concernés", détaille Brendan Frey. L'équipe partait du fait que la cellule trouve ses instructions d'épissage dans les ARN eux-mêmes.

Crolius. Et aux rares mots de code déjà connus sont venues s'en ajouter des cohortes de nouveaux! Rien que pour les quatre tissus considérés, il y en avait des milliers. Lesquels interagissent ensemble – et de façon différente selon le type cellulaire où ils se trouvent! (voir infographies) Ce qui engendre un niveau de complexité inextricable!

Comment démêler cet écheveau et dégager les règles derrière ce formidable moteur de diversité qu'est l'épissage alternatif? C'est ici que la théorie de l'information et la puissance de calcul de l'informatique entrent en jeu. "Nous avons mis au point un algorithme qui a été capable d'identifier quels mots de code fonctionnent ensemble, et de quelle façon. Ce nouveau 'code de l'épissage' peut ainsi être utilisé pour prédire où, selon les tissus, vont se faire les coupures dans les messages", détaille Brendan Frey. Le voici donc enfin, ce nouveau code de la vie, celui qui permet à la cellule de savoir comment épisser les ARN selon son rôle

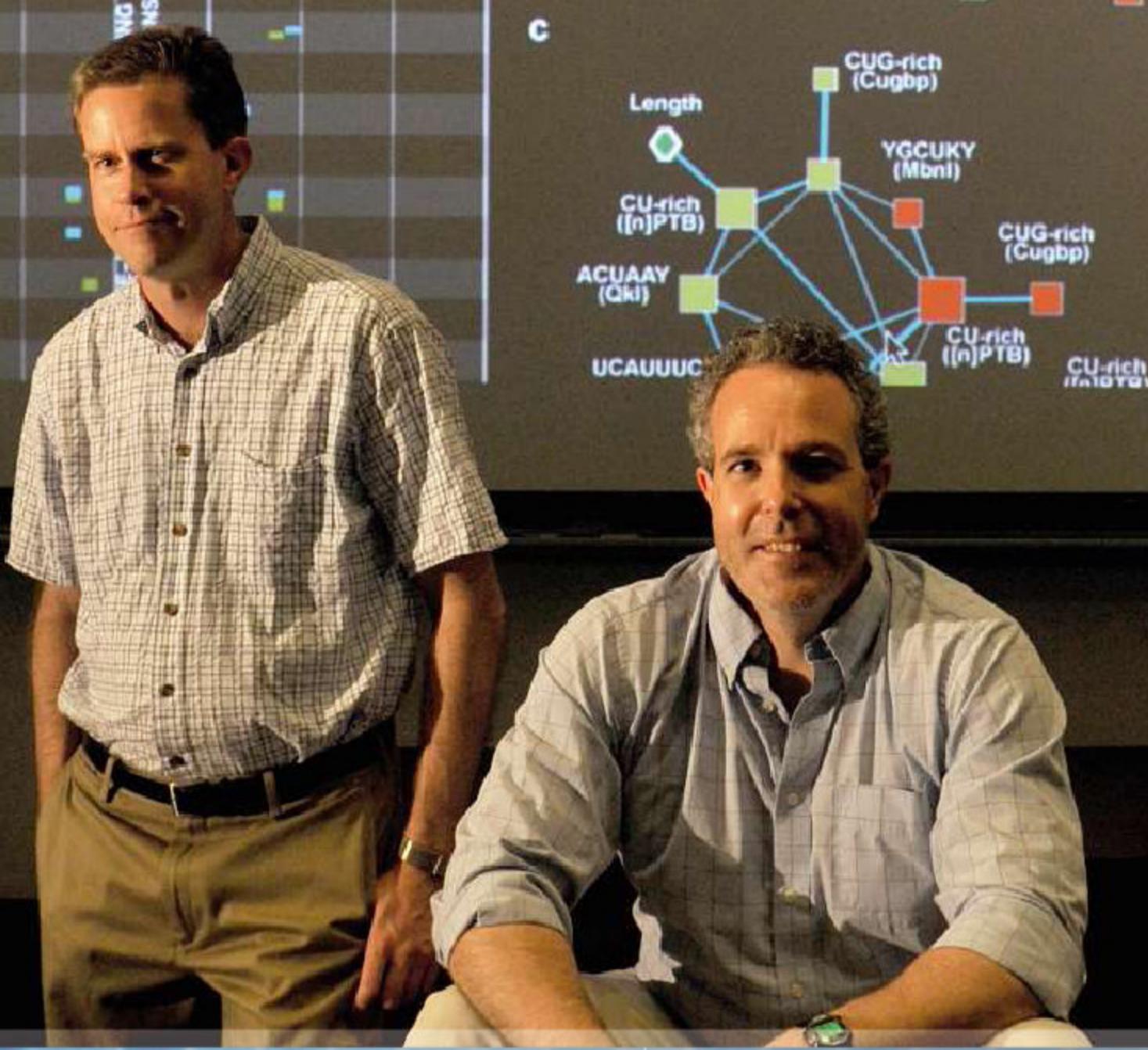
## Avec ce nouveau code, le secret de la diversité du vivant s'éclaire enfin

comment ces divers messagers sont générés?" Mission accomplie! Pour réaliser cette prouesse, l'équipe canadienne s'est focalisée sur quatre tissus de la souris: nerveux, musculaire, digestif et embryonnaire.

Son idée? Compiler dix ans d'informations accumulées sur l'épissage qui n'avaient jamais été mises en relation à

C'est donc dans la séquence des ARN, avant qu'ils ne soient épissés, que des "mots de code" indiqueront à la machinerie cellulaire où elle doit couper, quels fragments garder, ou non, dans le message final. "Ce décryptage se résume à repérer des 'mots' le long de la séquence d'ARN et mettre une signification dessus", explique Hugues Roest

|              |
|--------------|
| Mot[UAAAUG]  |
| Mot[UUGGU]   |
| Mot[UUUAUAA] |
| Mot[GUAAG]   |
| Mot[UGCUU]   |
| Mot[UCAUUUC] |
| Mot[UUAGAA]  |
| Mot[GUUUU]   |
| Mot[UGGGCUU] |



dans l'organisme. C'est grâce à lui que les cellules se distinguent les unes des autres et ajustent leurs comportements aux circonstances. C'est aussi à cause de mauvaises interprétations de ce code qu'elles tombent parfois malades.

#### L'HOMME BIENTÔT DÉCRYPTÉ

Les chercheurs ont aussitôt mis en ligne leur machine à décrypter afin d'aider les confrères du monde entier dans leurs investigations génétiques. Car elle apporte un nouveau regard sur la façon dont les organismes ont pu acquérir leur incroyable diversité, mais aussi, un formidable outil pour étudier les conséquences des dérapages de ce mécanisme délicat (voir p. 66).

GETTY - NATURE, MAY 2010 - K.BEATTY/TORONTO STAR

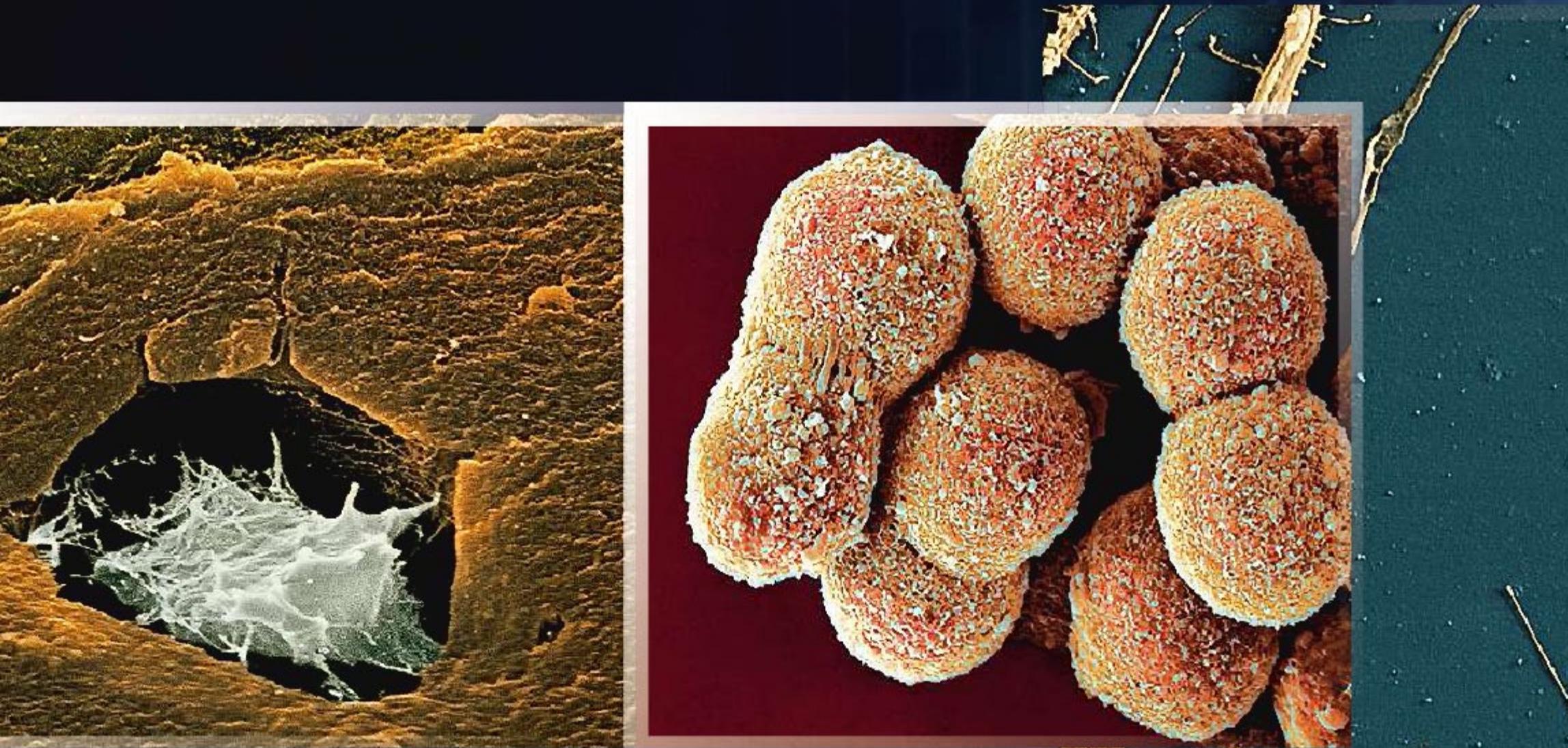
L'équipe canadienne sait qu'elle n'en est qu'au début de son long et ingrat travail de décryptage... Après avoir travaillé sur la souris, il lui faudra transposer ses résultats chez d'autres espèces. "Nous sommes en train d'avancer sur l'humain, annonce Brendan Frey. et nous espérons fournir une première version au printemps 2011." En attendant,

malgré les bons résultats de leur outil de décodage sur le rongeur, "ils ne peuvent prédire avec certitude que 60 % des événements d'épissage alternatif. Cela montre qu'il manque encore des mots de code pour arriver aux 100 %", remarque Joëlle Marie, biologiste moléculaire spécialiste de l'épissage au Centre de génétique moléculaire de Gif-sur-Yvette. Combien y en aura-t-il au final? Personne ne peut le dire. Existe-t-il d'autres niveaux de codages encore insoupçonnés? Sûrement. La vie a eu plusieurs milliards d'années pour complexifier son précieux code génétique et engendrer des millions d'espèces. Chaque nouveau secret percé par ces généticiens dévoile tout un pan de la vie parfois à peine envisagé. C'est le cas avec l'épissage alternatif qui révèle que des séquences d'ADN non traduites en protéine ont leur importance. Quelles surprises réservent alors les 98 % de l'ADN qui ne semblent porter aucun gène? Tel est le prochain niveau de cryptage que les généticiens devront encore craquer.

E.R. ■

## LES MOTS DE LA GÉNÉTIQUE

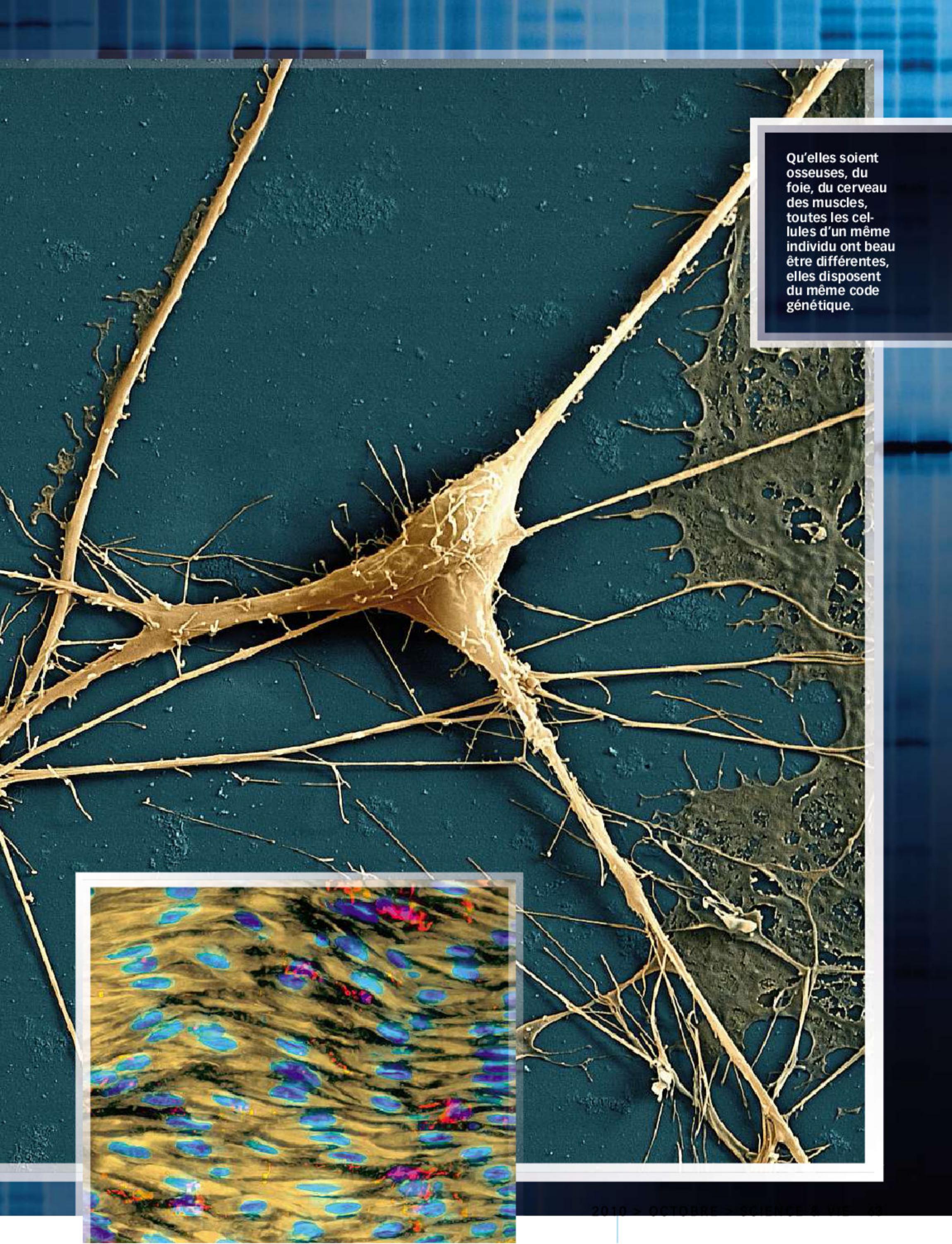
Au cœur de nos cellules, dans leur noyau, est empaquetée en chromosomes une longue molécule en forme de double hélice: l'**ADN** (acide désoxyribonucléique), le support de notre patrimoine génétique. L'ADN consiste en une enfilade de composés chimiques, les **bases** (plus de trois milliards chez l'homme), dont l'ordre (la séquence) a été dévoilé en 2001. Elles sont quatre: l'adénine (**A**), la thymine (**T**), la cytosine (**C**) et la guanine (**G**). L'ADN contient plusieurs types d'informations utilisées par la cellule pour réguler son activité et produire d'autres molécules, les **protéines**. Ces dernières constituent l'essentiel de la matière des cellules et de ses moyens d'action. Elles sont un assemblage réalisé à partir de **20 acides aminés** (composés chimiques en partie synthétisés par la cellule elle-même) et les données qui permettent leur assemblage se trouvent sur certaines portions de l'ADN, appelées **gènes**. Elles ne sont toutefois pas formées directement à partir des gènes, mais via des **ARN** (acides ribonucléiques) qui en sont des copies éphémères. ARN et ADN sont écrits dans le même alphabet, seule la thymine est, dans l'ARN, remplacée par l'uracile. L'ADN est donc transcrit en ARN, qui est alors traduit en protéines.



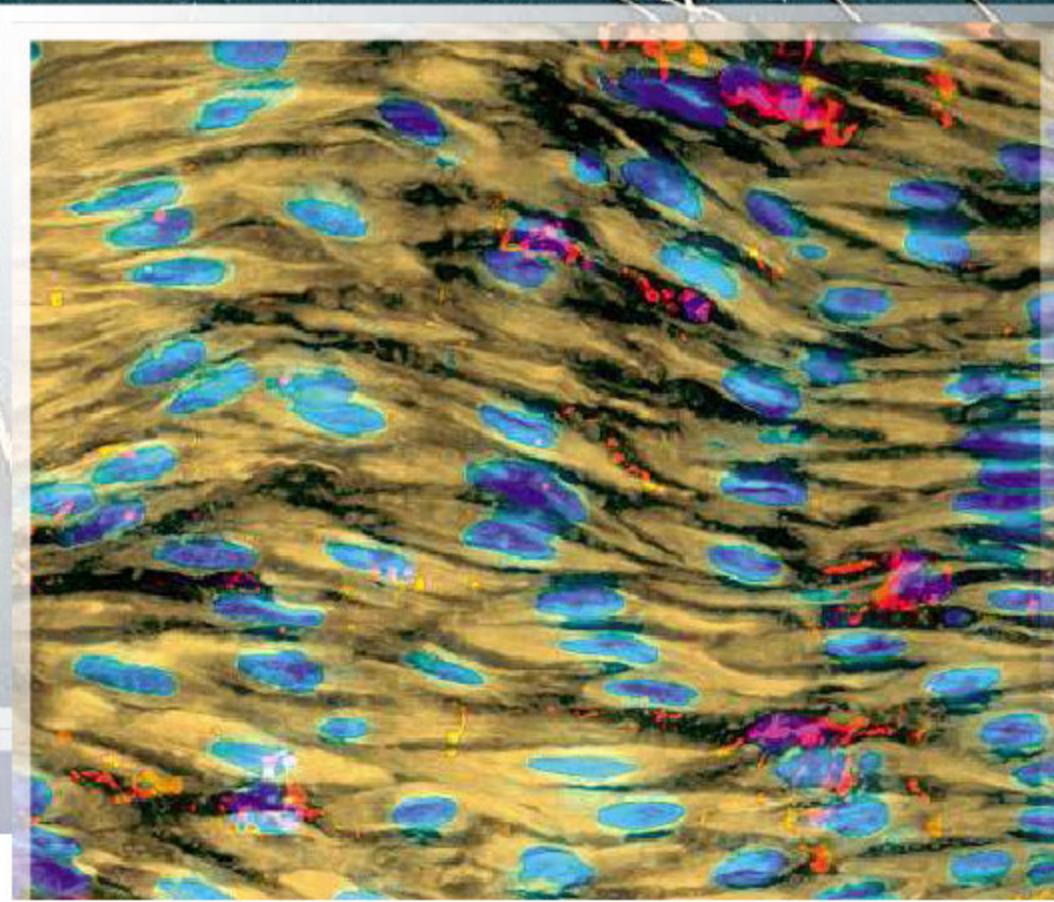
UN CODE POUR...

# COMPRENDRE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

Un ADN commun et pourtant plus de 200 types cellulaires dans notre corps... Comment imaginer qu'une cellule de muscle, de foie ou un neurone – que tout sépare, de leur fonction à leur apparence – disposent des mêmes informations ? "L'épissage alternatif explique en bonne partie ces variations, indique Joëlle Marie, directrice de recherche à l'Inserm. Il est un des moyens utilisés par les organismes 'supérieurs' pour augmenter leur diversité, puisque les combinaisons variables des fragments de messages génétiques produisent des protéines différentes." Comme les instruments d'un orchestre savent quelle section de la partition jouer, nos cellules n'expriment que la fraction de la partition génétique qui les concerne et elles la jouent selon leurs règles – dont le décodage est engagé (voir article précédent). "Mieux connaître le code aidera à mettre en lumière un savoir fondamental concernant la manière dont notre corps fonctionne, et à prédire les mécanismes de régulation qui entrent en jeu selon les tissus", explique Brendan Frey. 95 % de nos gènes étant concernés par l'épissage, "on connaît près de 150 000 messages génétiques issus de seulement 22 000 gènes, pose Hugues Roest Crollius, de l'Institut de biologie de l'Ecole normale supérieure. Un gène génère donc en moyenne huit messages." Certains en font moins, comme celui de la globine (une protéine de l'hémoglobine), et d'autres plus. Le tissu nerveux, l'un des plus complexes, semble être celui qui y a le plus recours : les gènes codant pour les protéines neurexines peuvent chacun donner des milliers de messagers différents.

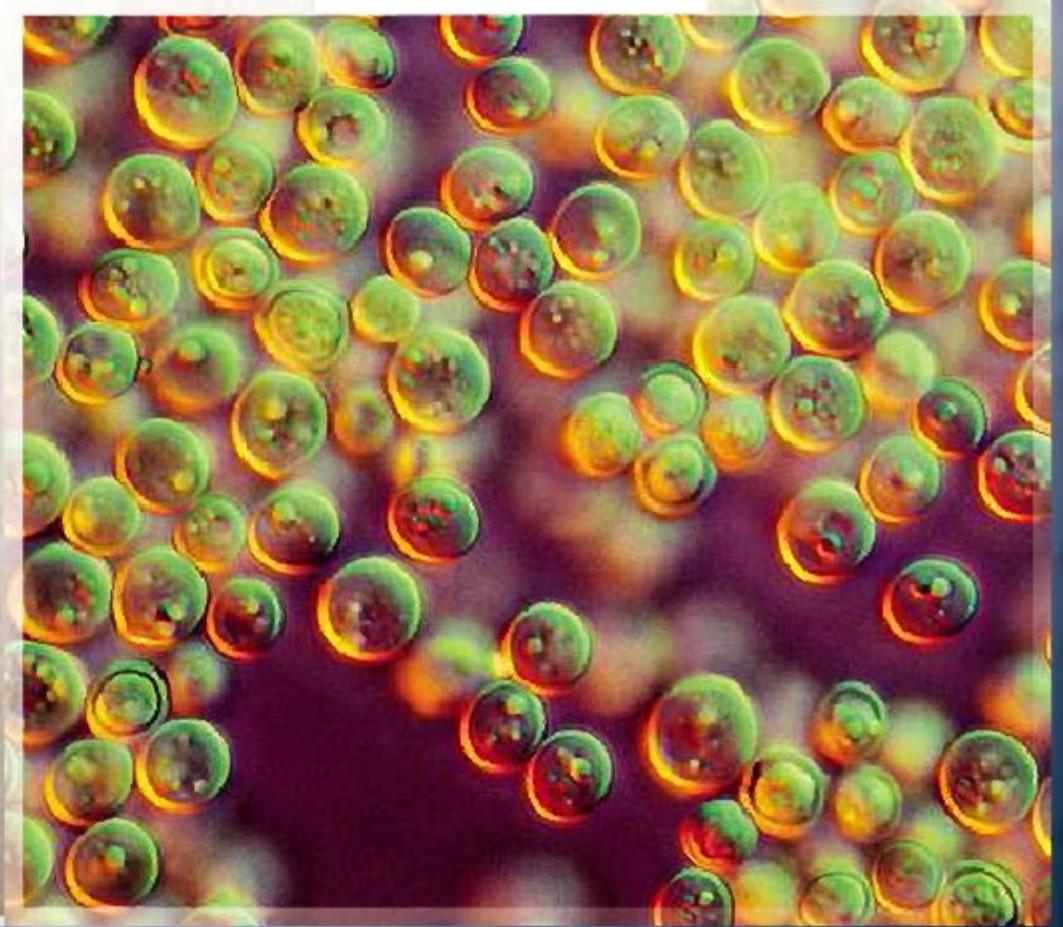
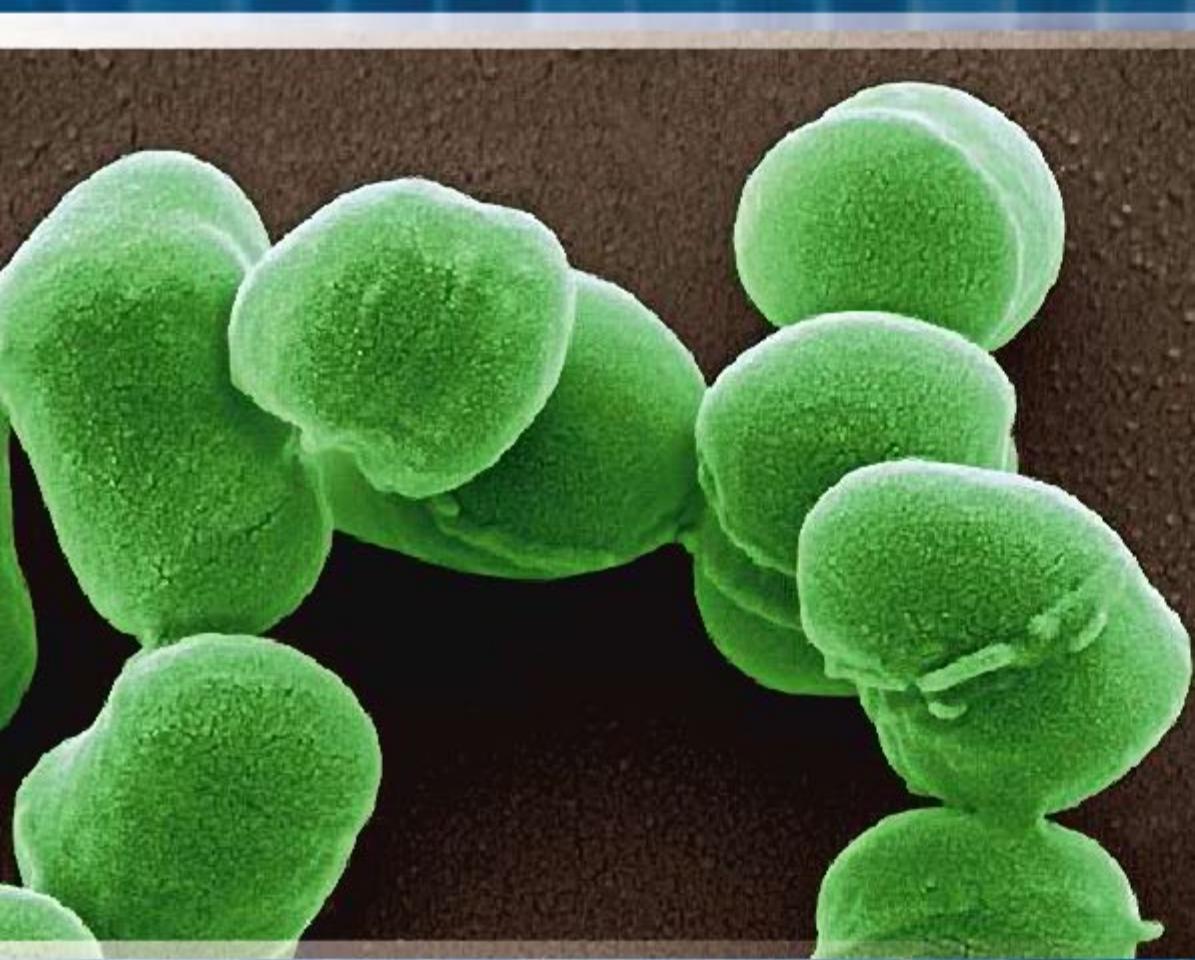


Qu'elles soient osseuses, du foie, du cerveau des muscles, toutes les cellules d'un même individu ont beau être différentes, elles disposent du même code génétique.





Nématode,  
mouche verte,  
bactérie,  
levure ou  
souris : plus  
un animal est  
complexe,  
plus il utilisera  
l'épissage.





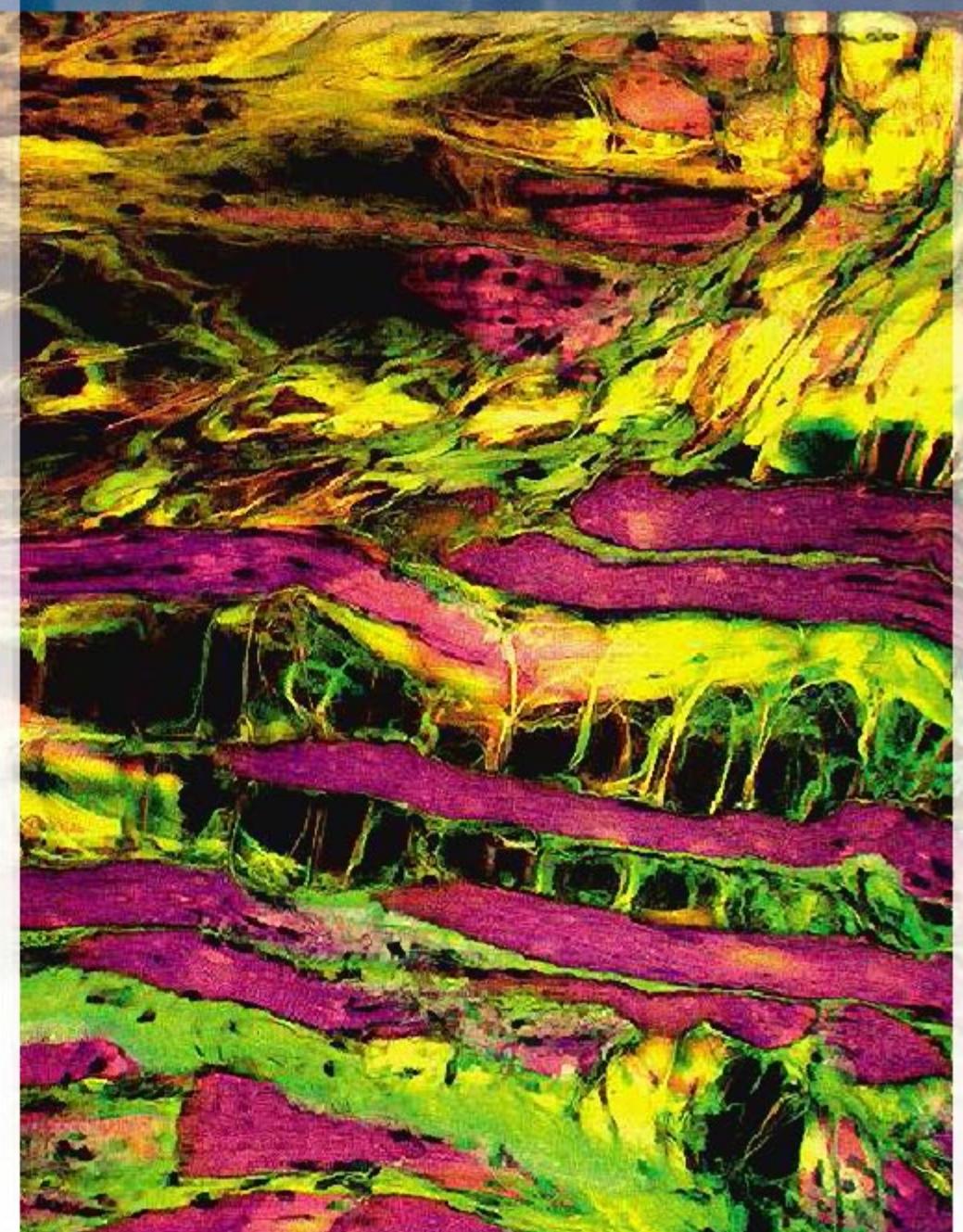
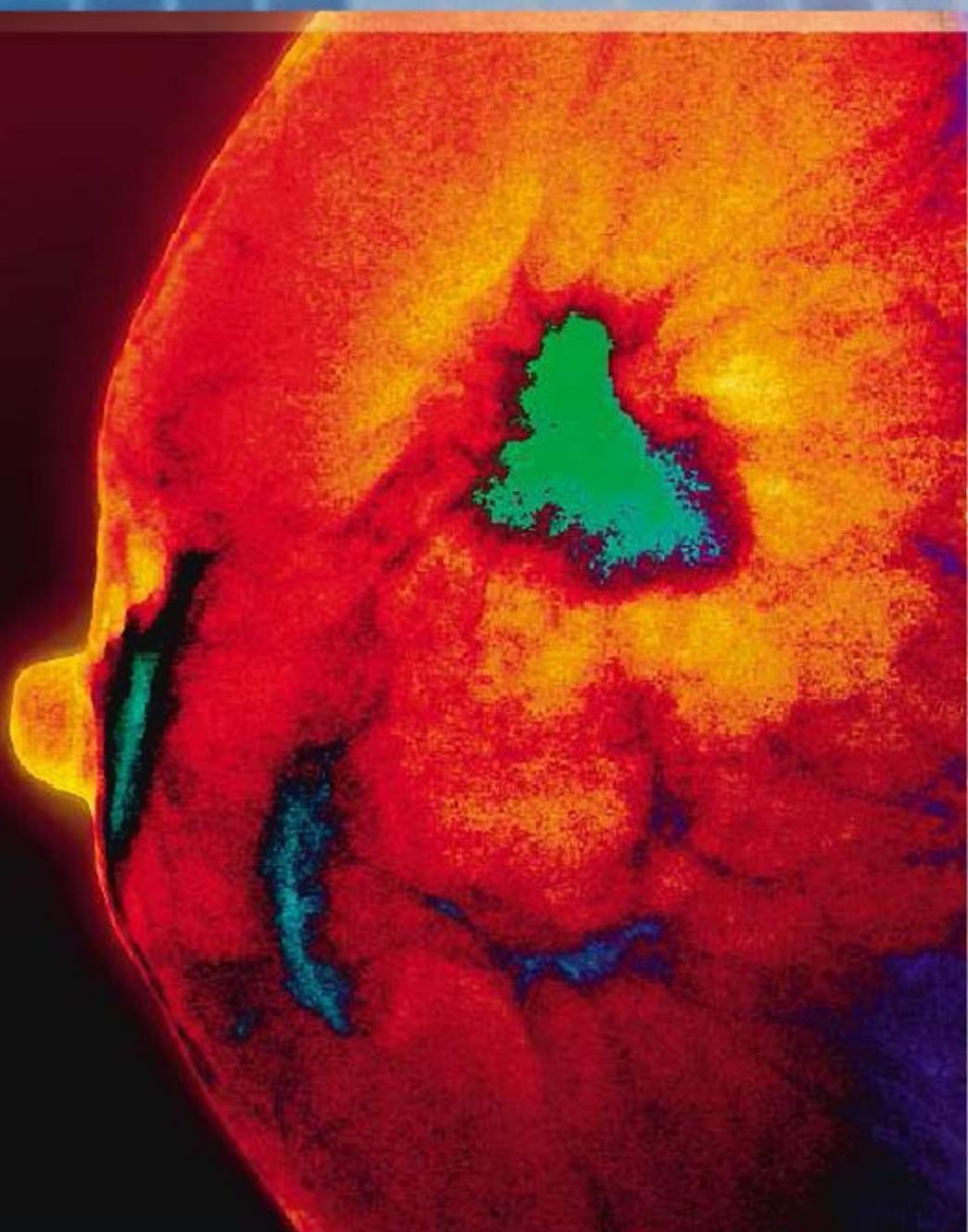
Les chiffres sont parfois embarrassants! Ainsi, l'être humain ne possède guère plus de gènes que le vers *Caenorhabditis elegans* (moins de 22000 contre 19000 gènes). Mais depuis la découverte de l'épissage alternatif, on sait que la complexité d'un organisme ne se mesure pas à son nombre de gènes, comme on a pu le croire. En fait, plus un animal est complexe, plus il a recours à l'épissage, ce qui lui permet, dans une cellule donnée et pour un gène précis, de mettre à l'épreuve de la sélection naturelle différents messagers génétiques. Chez les animaux unicellulaires, ce mécanisme est quasi inexistant: les bactéries ne le connaissent pas et on peut compter sur les doigts d'une main les gènes épissés chez la levure. Chez des animaux pluricellulaires comme le ver et la mouche, l'épissage alternatif est encore anecdo-

*UN CODE POUR...*

## DÉCRYPTER L'ÉVOLUTION DE LA VIE



tique – même si la mouche possède le gène champion de l'épissage alternatif: Dscam, qui, dans le système nerveux, peut engendrer 38000 messages différents! Ce sont les mammifères qui exploitent le mieux cette formidable machine à créer de la diversité. Chez l'homme, 95 % des gènes sont épissés. Ce mécanisme semblant avoir accompagné l'évolution de la vie animale, le décrypter pourrait révéler comment l'homme a pu acquérir sa complexité. "Nous étudions les variations entre les codes de l'épissage de la souris et de l'homme: certaines pourraient expliquer les différences de sophistication d'organes aussi importants que le cerveau", prévoit le Pr Brendan Frey, chef de l'équipe canadienne décodeuse du code de l'épissage alternatif (voir p. 54).



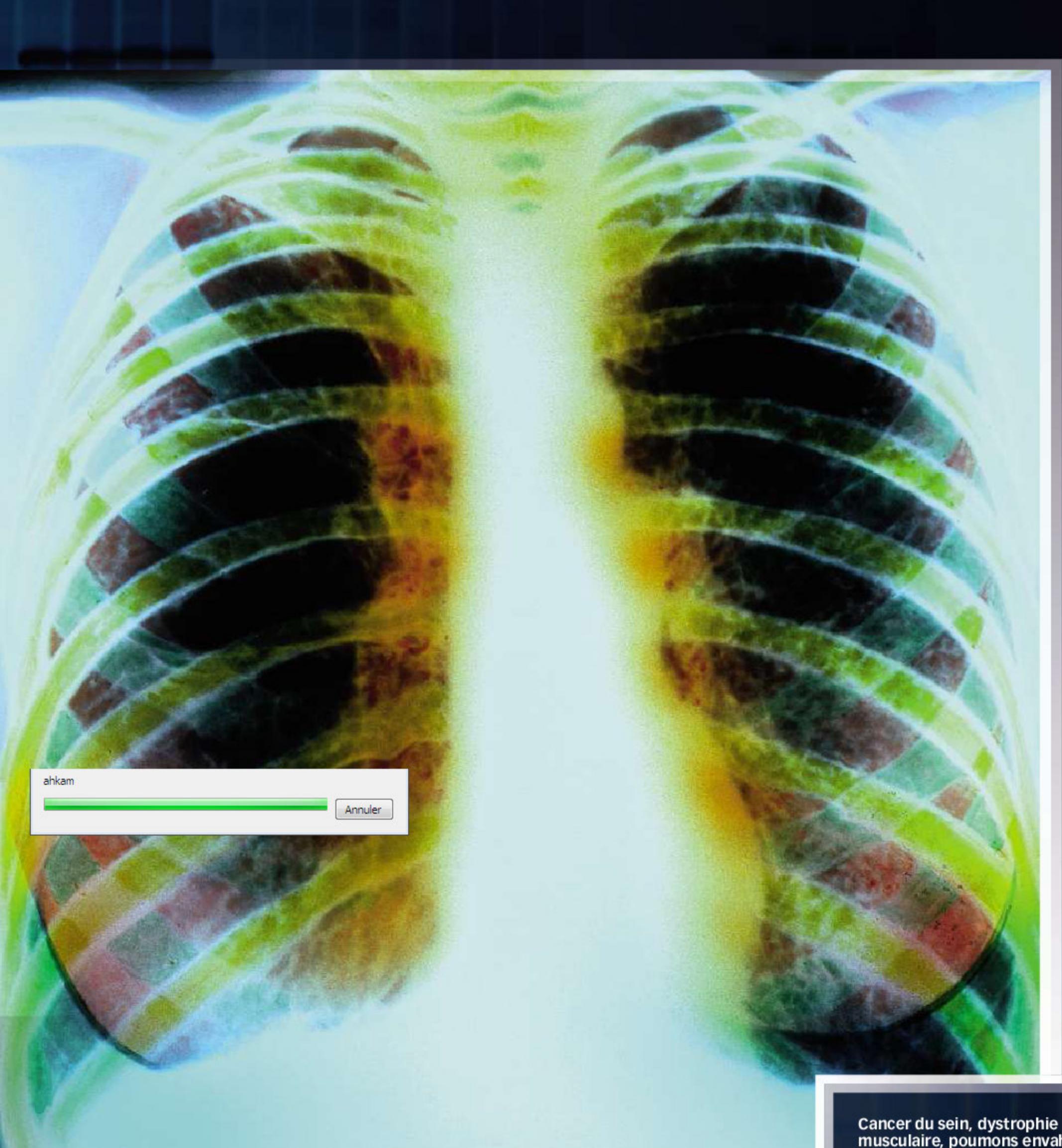
UN CODE POUR...

## DÉCOUVRIR L'ORIGINE DES MALADIES

SPL/PHANIE - SPL/COSMOS

*"Connaître le code derrière l'épissage alternatif peut aider à la compréhension de certaines maladies"*, soulignent France Denoeud et Kamel Jabbari, du Génoscope. En effet, *"nombre de cancers et de maladies génétiques sont liés à des anomalies de l'épissage"*, précise Joëlle Marie, spécialiste de ce mécanisme à l'Inserm. Il était facile d'admettre qu'une mutation survenant dans un gène puisse induire une erreur dans la protéine qu'il code, et donc causer une maladie (myopathie, etc.). Or, l'information portée par un gène n'est pas conservée

*in extenso* dans les messages qu'il engendre : on pouvait penser que seules les mutations modifiant les fragments du message génétique utilisés pour former la protéine auraient une incidence. Mais ce n'est pas le cas : une mutation dans un fragment non conservé peut aussi altérer la bonne formation des protéines... *"En fait, ces mutations peuvent toucher des séquences importantes pour la régulation de l'épissage, qui conditionnent quels fragments du message vont être conservés ou pas"*, explique la directrice de recherche de

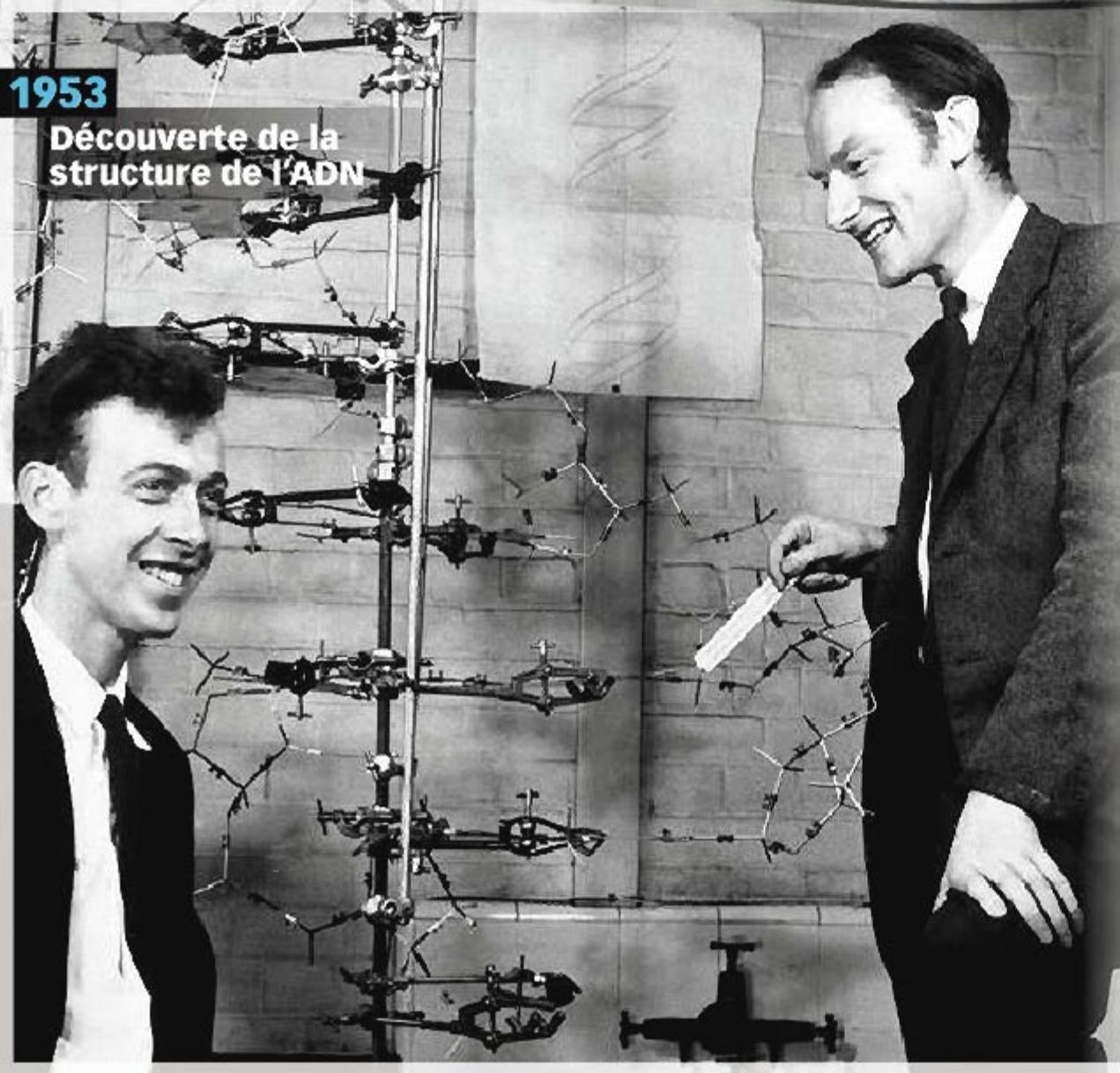


ahkam

Annuler

l'Inserm. De larges pans du message génétique pouvaient donc être oubliés ou ajoutés à tort, provoquant des bouleversements dans la protéine finale. Les travaux canadiens, en aidant à prédire dans un message génétique où sont les "mots de code" importants pour sa bonne mise en forme, permettent de comprendre les effets jusqu'ici injustifiés de certaines mutations et de trouver une origine à des affections encore inexplicées, telles que certaines mucoviscidoses ou des cancers du sein ou de la prostate.

Cancer du sein, dystrophie musculaire, poumons envahis de mucus dans un cas de mucoviscidose... nombre de cancers et de maladies génétiques sont liés à des anomalies de l'épissage.



# Le début d'une nouvelle ère

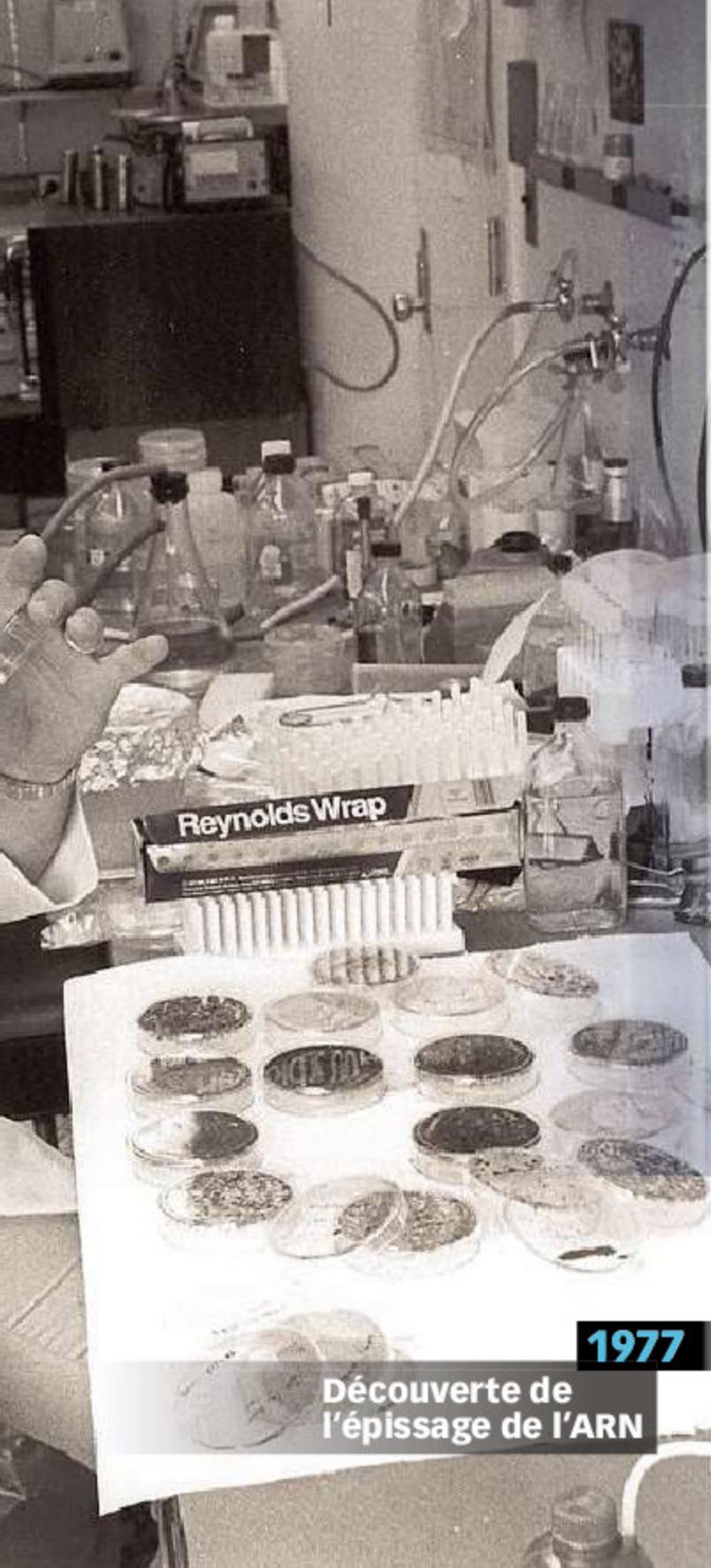
Dans leur quête pour percer les secrets de la vie, les biologistes accumulent d'énormes quantités de données, au risque d'une complexité inouïe. Or, le décryptage du code de l'épissage est un premier pas essentiel pour y voir un peu clair.

La découverte d'un code de l'épissage, comme les biologistes de Toronto nomment leur découverte (voir p. 53), redonne évidemment espoir, car jamais les sciences du vivant n'ont été aussi perplexes devant leurs chances de comprendre la matière vivante dans son ensemble. D'autant que jamais non plus la quantité de données acquise sur la cellule et la multiplicité des acteurs qui l'animent n'a été aussi vertigineuse. Le séquençage

du génome humain l'a confirmé il y a maintenant plus de dix ans : il ne suffit pas de mettre bout à bout les éléments qui composent l'ADN pour comprendre le fonctionnement des organismes et les causes des maladies. «*Ces dernières années, les découvertes se succèdent qui révèlent une complexité inattendue*, explique Michel Morange, professeur de biologie à l'Ecole normale supérieure (ENS) de Paris et historien des sciences. Alors

que dans les années 1960, les biologistes pensaient avoir compris l'essentiel du monde vivant, personne n'oserait en dire autant aujourd'hui".

Il faut dire qu'il y a soixante ans, après avoir découvert la structure de l'ADN, les biologistes étaient convaincus de détenir la clé du mystère de la vie... Tout apparaissait limpide et parfaitement déterminé. Dès 1941, les travaux de deux généticiens américains, Beadle et Tatum, montrent que chaque gène "contrôlait" la fabrication d'une protéine spécifique, cela avant même que la structure en double hélice de l'ADN ne soit connue (en 1953). Cette découverte deviendra le "dogme central" de la biologie moléculaire. "Ce schéma de base, un



**1977**

### Découverte de l'épissage de l'ARN

A.B. BROWN/SPL - R. CARLIN/UMASS MEDICAL SCHOOL

*gène-un ARN messager-une protéine, a permis à la biologie moléculaire d'obtenir des résultats spectaculaires, aussi bien en médecine qu'en biologie fondamentale. Mais ce postulat qui fonctionnait bien chez la bactérie, ne semblait pas s'appliquer aux organismes complexes. On s'est alors aperçu, comme c'est souvent le cas, que l'idée de départ était trop simple*", raconte Jacques Ricard, professeur émérite de biophysique à Paris-VII et membre de l'Académie des sciences.

Depuis, ce dogme n'a cessé d'être ébranlé par les observations. D'abord, en 1977, c'est la découverte, par Philipp Sharp et d'autres, que les gènes des animaux supérieurs sont fragmentés : ils sont composés de



**1993**

### Découverte des micro-ARN

## 60 ANS D'AVANCÉES

En 1953, la découverte de la structure de l'ADN par Crick et Watson (à gauche) donne la certitude que le mystère de la vie sera bientôt élucidé. Le dogme de la biologie est, à l'époque, bien établi : chaque gène inscrit dans l'ADN donne un intermédiaire, l'ARN, qui sert à produire une protéine, le constituant essentiel des cellules. Mais en 1979, Sharp (au centre) montre qu'un même gène peut donner plusieurs ARN (épissage), chacun codant une protéine différente. Dès lors, le dogme s'effondre. Et en 1993, la complexité cellulaire paraît insoudable lorsqu'Ambros (ci-contre) révèle l'immense diversité de minuscules ARN et leur rôle clé dans la régulation de la production de protéines. Aujourd'hui, avec le code de l'épissage, la biologie doit relever le défi d'une nouvelle compréhension du vivant.

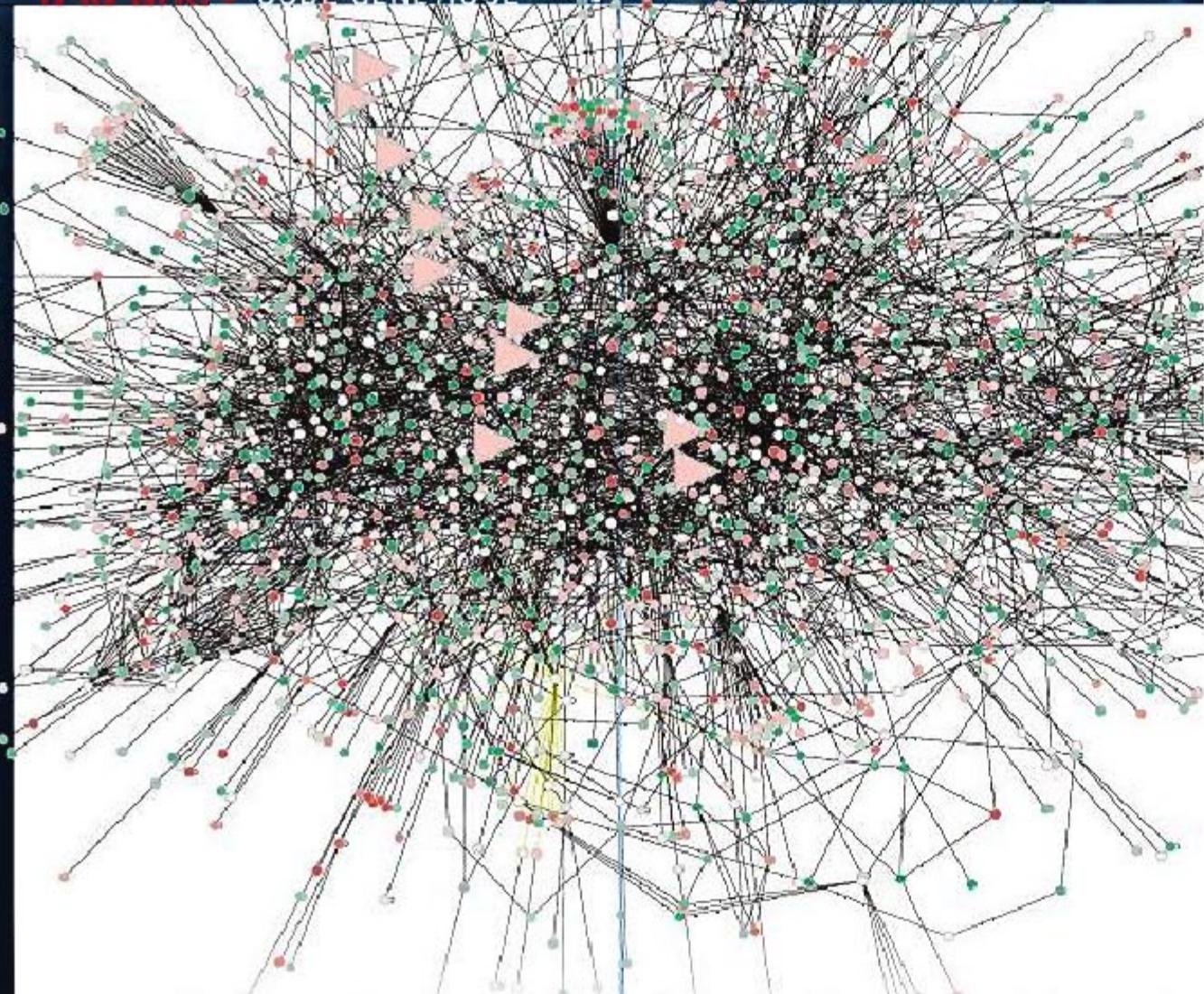
séquences codant pour les protéines (les exons), qui alternent avec d'autres, apparemment inutiles (les introns). Les copies d'ARN subissent donc un "épissage" qui les débarrasse des introns avant d'être traduits en protéines. Or, la façon dont les introns sont éliminés et dont les exons sont assemblés peut varier, si bien qu'un même gène peut donner... plusieurs protéines ! C'est le fameux "épissage alternatif" décrypté par l'équipe canadienne. C'est grâce à lui que notre génome contient moins de 22 000 gènes, alors qu'on lui en supposait d'emblée plus de 100 000.

### IMBROGLIO MOLÉCULAIRE

Ce n'est donc pas le nombre de gène qui fait la complexité des organismes, mais plutôt la façon dont leur expression est régulée. Si l'équipe de Toronto a mis le doigt sur un algorithme capable de décrypter le mécanisme

de cette machine à engendrer de la diversité, il reste bien des zones d'ombre, d'autres niveaux de codage. En particulier, on ignore presque tout des signaux qui donnent l'ordre à la machinerie cellulaire de copier telle ou telle séquence de l'ADN en ARN messager selon une quantité donnée, à un certain "timing" et pendant une certaine durée. Certes, la biologie est parvenue à identifier quelques centaines de protéines chargées de déclencher l'expression des gènes, mais ces facteurs de transcription, dont le premier a été découvert en 1960, ne sont pas les seuls à mener la danse...

Alors que les biologistes sont encore troublés par la découverte de l'épissage, ils se trouvent confrontés à un nouvel imbroglio moléculaire quand ils apprennent, dès les années 1980, que les ARN ne sont pas tous des messagers. Nombre d'entre eux ne sont jamais traduits en protéine (ils →

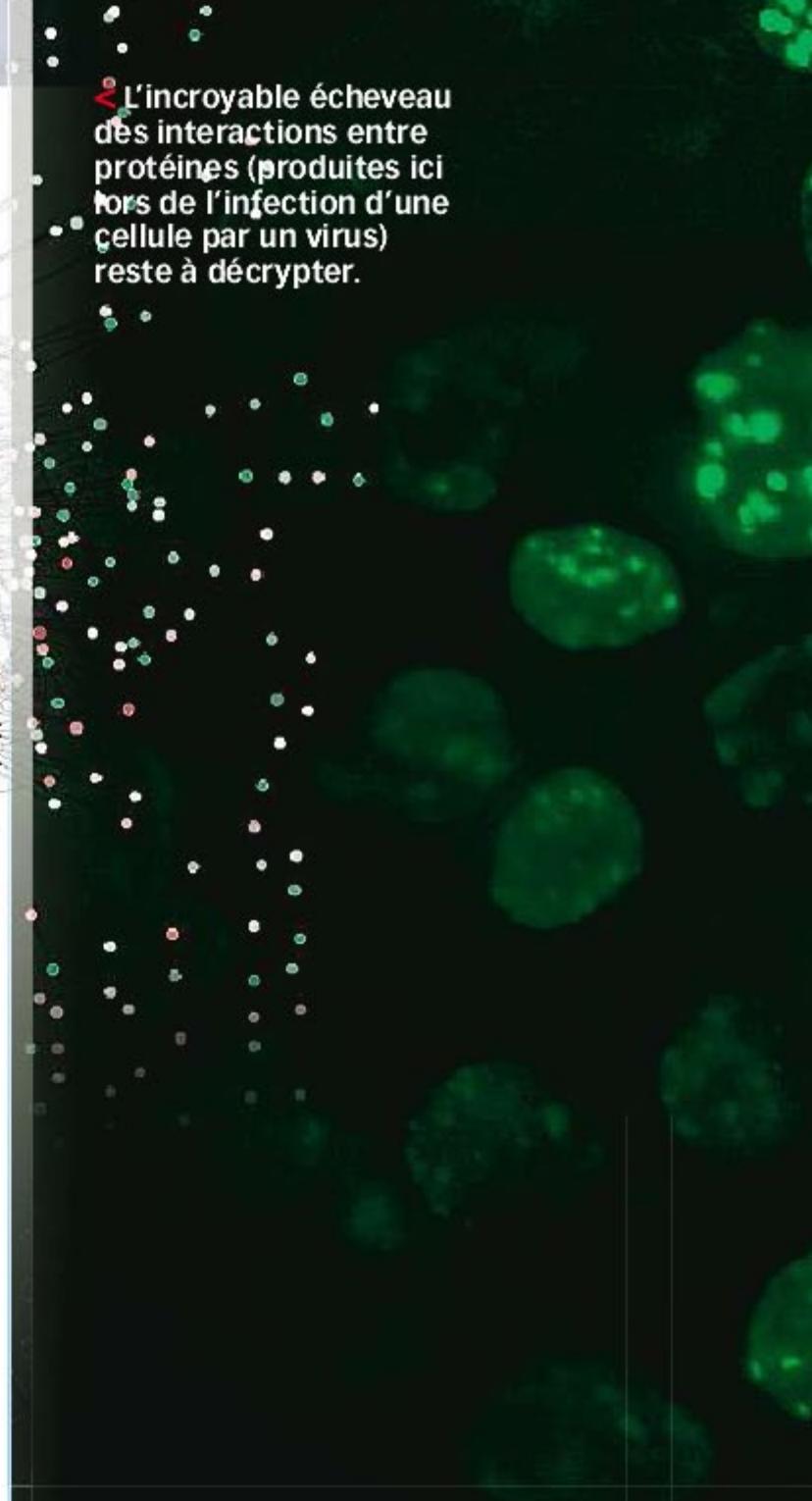


→ sont dits "non-codants"), mais interviennent pourtant directement dans la régulation de l'expression des gènes, dans la synthèse protéique, dans l'élimination des introns, contrôlant ainsi le fonctionnement cellulaire. En fait, seuls 2 % de notre ADN contiennent les séquences nécessaires à la fabrication des protéines. Le reste, longtemps qualifiée d'inutile (on parlait d'ADN poubelle), semble bien participer pleinement au grand bal moléculaire.

*"Chaque protéine, chaque ARN est toujours en contact avec d'autres protéines ou d'autres ARN qui affectent sa stabilité, son activité, sa localisation, ce qui crée une grande complexité. Par exemple, supprimer*

différentes ! Auxquelles s'ajoutent les interactions entre protéines et ADN, protéines et ARN, ARN et ADN, et même ARN et ARN... Comment s'y retrouver ? Pour commencer, dresser l'inventaire le plus exhaustif possible de tous les éléments en jeu et tenter ensuite d'y déceler un peu d'ordre. Après le séquençage du génome, la biologie s'attaque donc à l'inventaire du "transcriptome" (l'ensemble des ARN) et du "protéome" (ensemble des protéines). Ce qui n'offre bien sûr qu'un portrait statique. "Déconstruire un système vivant et étudier indépendamment ses éléments ne suffit pas pour en comprendre le fonctionnement, explique Jacques Ricard. Le tout est

L'incroyable écheveau des interactions entre protéines (produites ici lors de l'infection d'une cellule par un virus) reste à décrypter.



de réseaux complexes, où l'ADN n'est qu'un acteur parmi d'autres. On entre dans l'ère de biologie "systémique". La tâche paraît d'autant plus ardue que de nouvelles observations viennent constamment ajouter de nouveaux degrés de complexité.

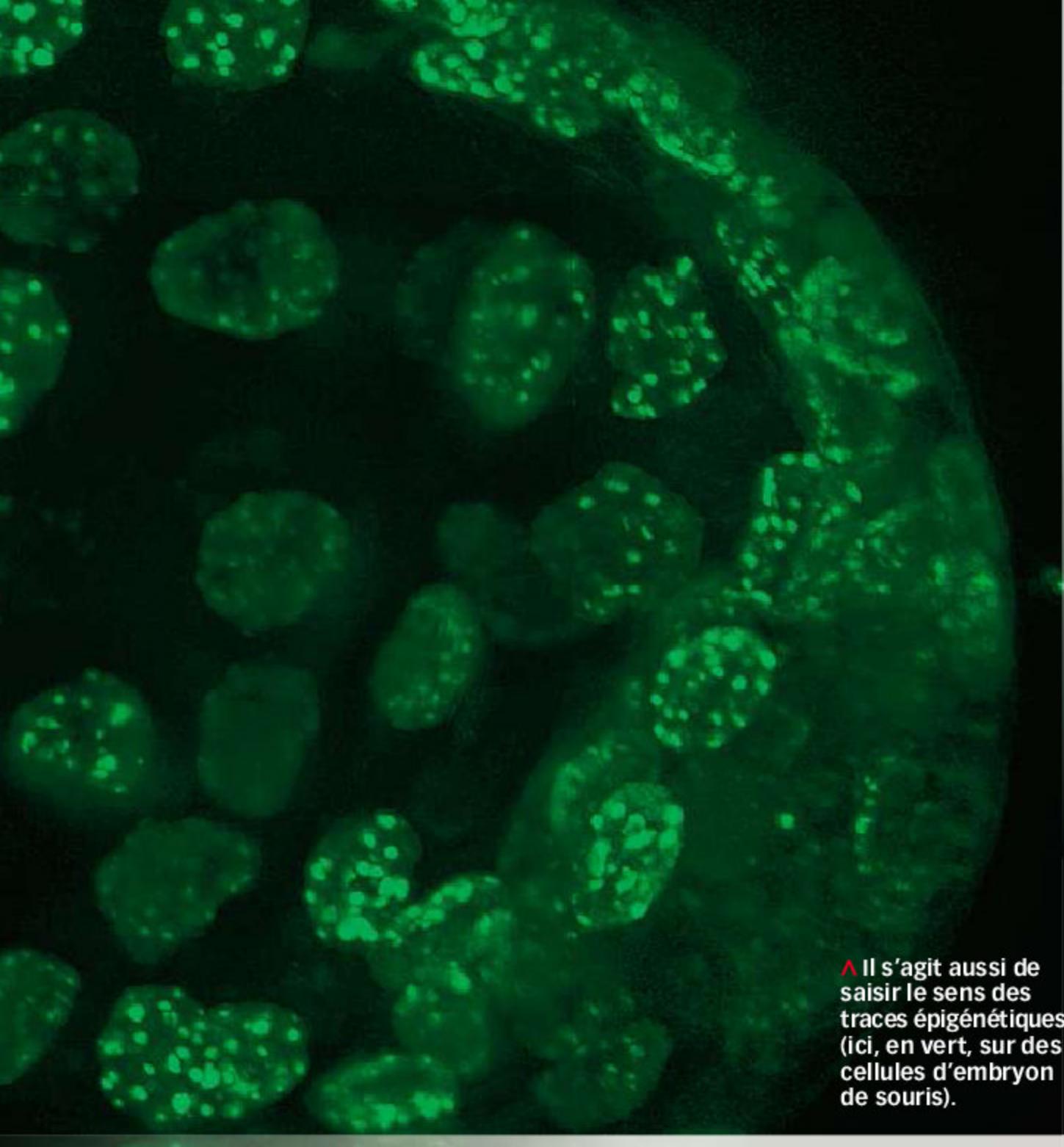
C'est le cas des phénomènes "épigénétiques" par lesquels l'environnement influe sur la régulation des gènes, via des modifications chimiques de l'ADN qui n'affectent pas la composition du code. Décrits pour la première fois dans les années 1970, les scientifiques ne mesurent leur importance que depuis une dizaine d'années observant que ces marques épigénétiques provoquent parfois des maladies, qu'elles sont modulées par nos émotions, notre environnement, et qu'elles se transforment au cours de la vie. De plus, ces modifications épigénétiques se transmettent en partie à la descendance

## A quand un "modèle standard" de la vie, à l'instar de celui des particules ?

une protéine régulatrice ou la moduler avec un médicament, perturbe plusieurs milliers d'interactions, avec des conséquences imprévisibles", explique Thomas Tuschl, spécialiste des ARN à l'université Rockefeller (New York). Au total, dans les cellules humaines les protéines interagiraient entre elles d'au moins 650 000 façons

bien plus complexe que la somme des parties". Il faut donc mener parallèlement l'autre versant de la mission : analyser la dynamique de l'ensemble. En commençant par dresser l'inventaire de "l'interactome", l'ensemble des interactions.

La cellule ou l'organisme est désormais envisagé comme une multitude



▲ Il s'agit aussi de saisir le sens des traces épigénétiques (ici, en vert, sur des cellules d'embryon de souris).

des cellules et des organismes. Et ce n'est pas tout: des chercheurs ont découvert en 2006 que ces phénomènes "épigénétiques" sont eux aussi régulés par de minuscules séquences d'ARN d'un genre nouveau, les micro-ARN, dont l'activité, notamment régulatrice, semble déterminante bien qu'encore mal comprise. Ces micro-ARN dont on ne cesse de découvrir la diversité (eux aussi connaissent l'épissage !) sont particulièrement difficiles à étudier, de par leur taille et leur durée de vie parfois très courte.

Pourra-t-on déceler les codes de l'épigénétique? En existe-t-il d'autres qui guideraient la production et l'activité des micro-ARN? "On ne connaît qu'une petite fraction de la complexité, explique Joaquin Dopazo, chercheur en bio-informatique et génomique au Centre de recherche du Prince Felipe (Valence, Espagne).

*Par exemple, on ne connaît pas plus de 20 % de l'interactome humain.*" Mais pour certains scientifiques, comme Jean-Jacques Kupiec, de l'ENS (Paris), cette biologie "systémique" ferait fausse route : elle court le risque d'obtenir autant de règles qu'une cellule contient de molécules et d'interactions... Ce qui n'apporterait aucun éclaircissement. De même qu'un dictionnaire ne dit rien de la grammaire d'une langue.

#### CHANGER DE PARADIGME

Serait-on alors revenu à la case départ? Le vivant est-il devenu encore plus mystérieux qu'il y a soixante ans? Pas tout à fait. "Si nous reculons, c'est plutôt dans l'illusion d'avoir tout compris", affirme Michel Morange. Mais pour parvenir à y voir clair, la biologie doit changer de paradigme. "Face à l'inondation de données, les biologistes



**"Nous y mettrons du temps, mais nous comprendrons le puzzle"**

JOAQUIN DOPAZO, CHERCHEUR EN BIO-INFORMATIQUE À VALENCE (ESPAGNE)

sont submergés. Leur science n'a jamais été quantitative, et la mentalité doit changer", explique Joaquin Dopazo. Elle doit résolument faire appel aux mathématiques, aux sciences physiques et à l'informatique.

Jacques Ricard reste optimiste: "Après tout, la biologie ne s'explique que par des séries de réactions physiques et chimiques." Joaquin Dopazo, lui aussi, en est convaincu. "Il n'y a pas de magie. Même si l'y a quelques composantes aléatoires, les interactions ne relèvent pas que du hasard. Nous y mettrons du temps, mais nous comprendrons un jour le puzzle." Au point de parvenir à un modèle intelligible du vivant, un peu comme la physique et son fameux modèle standard ont eu raison des mystères de la matière?

Les biologistes peuvent-ils prétendre à découvrir l'équation ultime du vivant, à l'instar d'un Stephen Hawking qui voyait dans le projet de la physique la quête de l'équation ultime de l'Univers? Nul ne peut vraiment l'affirmer et, quoi qu'il en soit, que de connaissances acquises en chemin! Dont chacun d'entre nous profite, via les progrès de la médecine éclairés par ceux de la biologie. M.co.

# COMPLÉTEZ VOTRE COLL

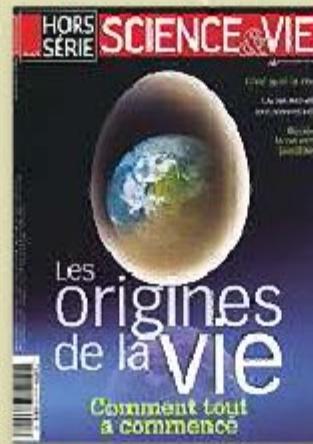
## HORS-SÉRIES

6,00€  
Seulement

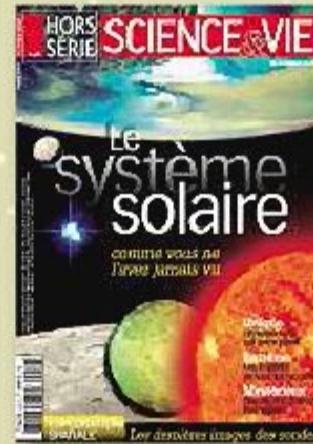
Pour compléter vos connaissances, les hors-séries traitent tous les trois mois d'un grand sujet d'actualité et vous présentent les récentes découvertes.



N°244  
LA MATIÈRE ET SES ULTIMES SECRETS



N°245  
LES ORIGINES DE LA VIE



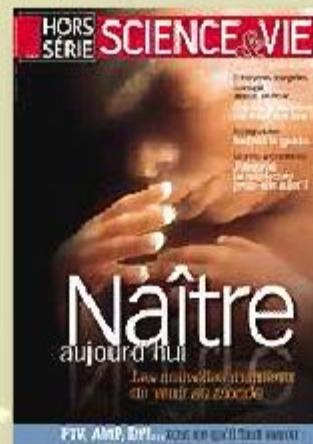
N°246  
LE SYSTÈME SOLAIRE



N°247  
LE SIÈCLE DES ROBOTS



N°248  
LA MORT



N°249  
NAITRE AUJOURD'HUI



N°250  
CE QU'IL RESTE À DÉCOUVRIR



N°251  
CANCER COMPRENDRE PRÉVENIR GUÉRIR

## LA RELIURE DE SCIENCE & VIE



10€

Préservez  
votre collection  
de Science & Vie

## AUTRES ÉDITIONS



N°3  
LA SCIENCE DU VIN.  
Retrouvez les secrets des grands crus et l'essor des vins propres.  
+ Le guide pratique du vin en 100 Questions / Réponses.



N°4  
LE CLIMAT.  
Comment les plus grandes villes mondiales se préparent-elles aux changements ?  
+ un cahier Spécial France : Plan Climat et Carte de France des zones à risques : Sommes-nous prêts ?

8,00€  
Seulement

# LECTION DE SCIENCE & VIE

## MENSUELS



N°1107  
VIE  
EXTRATERRESTRE



N°1109  
LE TEMPS



N°1110  
LE CLIMAT



N°1111  
LES TROUS NOIRS



N°1112  
INTELLIGENCE  
DE LA NATURE



N°1113  
D'OÙ VENONS-  
NOUS?



N°1114  
COMMENT  
LA VIE REPREND  
LE DESSUS



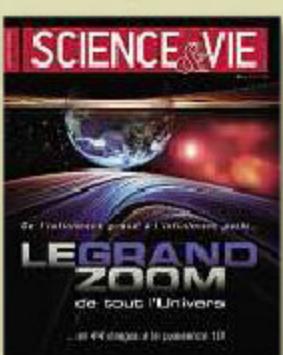
N°1115  
80 INCROYABLES  
VÉRITÉS DE SCIENCE

5,20€  
Seulement

## EDITIONS SPÉCIALES



N°27  
100 ANS  
D'INNOVATION  
AUTOMOBILE



N°28  
LE GRAND ZOOM  
DE TOUT L'UNIVERS



N°29  
AVIATION 2009

6,90€  
Seulement

## VOTRE BON DE COMMANDE

### JE COMMANDÉ MENSUELS SCIENCE & VIE

n° commandé(s) :

QUANTITÉ  x 5,20€ TOTAL

### JE COMMANDÉ HORS-SÉRIES SCIENCE & VIE

n° commandé(s) :

QUANTITÉ  x 6€ TOTAL

### JE COMMANDÉ EDITIONS SPÉCIALES SCIENCE & VIE

n° commandé(s) :

QUANTITÉ  x 6,90€ TOTAL

### JE COMMANDÉ AUTRES ÉDITIONS SCIENCE & VIE

n° commandé(s) :

QUANTITÉ  x 8€ TOTAL

### JE COMMANDÉ LA RELIURE SCIENCE & VIE

Reliure(s) Science & Vie.

QUANTITÉ  x 10€ TOTAL

À RETOURNER SOUS PLI AFFRANCHI AVEC VOTRE RÈGLEMENT À : SCIENCE & VIE  
SERVICE VPC - 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA 75503 PARIS CEDEX 15

611 384

#### → Mes coordonnées :

N° D'ABONNÉ (1 lettre et 7 chiffres) :

NOM :

PRÉNOM :

ADRESSE :

CODE POSTAL :  VILLE :

TÉL. :

Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrons vous contacter si besoin pour le suivi de votre abonnement

E MAIL :

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

#### → Mode de paiement :

chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie



Date d'expiration   Code Crypto

(les 3 chiffres au dos de votre CB)

Date et signature obligatoire

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. Vous êtes susceptible de recevoir des propositions commerciales de notre société pour des produits et services analogues à ceux objet de l'opération. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher la case ci-contre

Science & Vie - Service Abonnements - 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris CEDEX 15 - Excelsior Publications SARCSB 572 134 773 - Capital : 1717 360 €

TOTAL - FRAIS DE PORTS OFFERTS



MONTANT TOTAL  
DE MA COMMANDE

## RESSOURCE ALIMENTAIRE

Par Boris Bellanger

# Le blé n'est plus à l'abri de la rouille noire

Eradiqué dans les années 1990, le champignon de la rouille noire a trouvé le moyen de contourner les défenses dont les agronomes avaient doté le blé pour s'attaquer de nouveau à lui. Et cela avec une virulence accrue : Inquiétude.



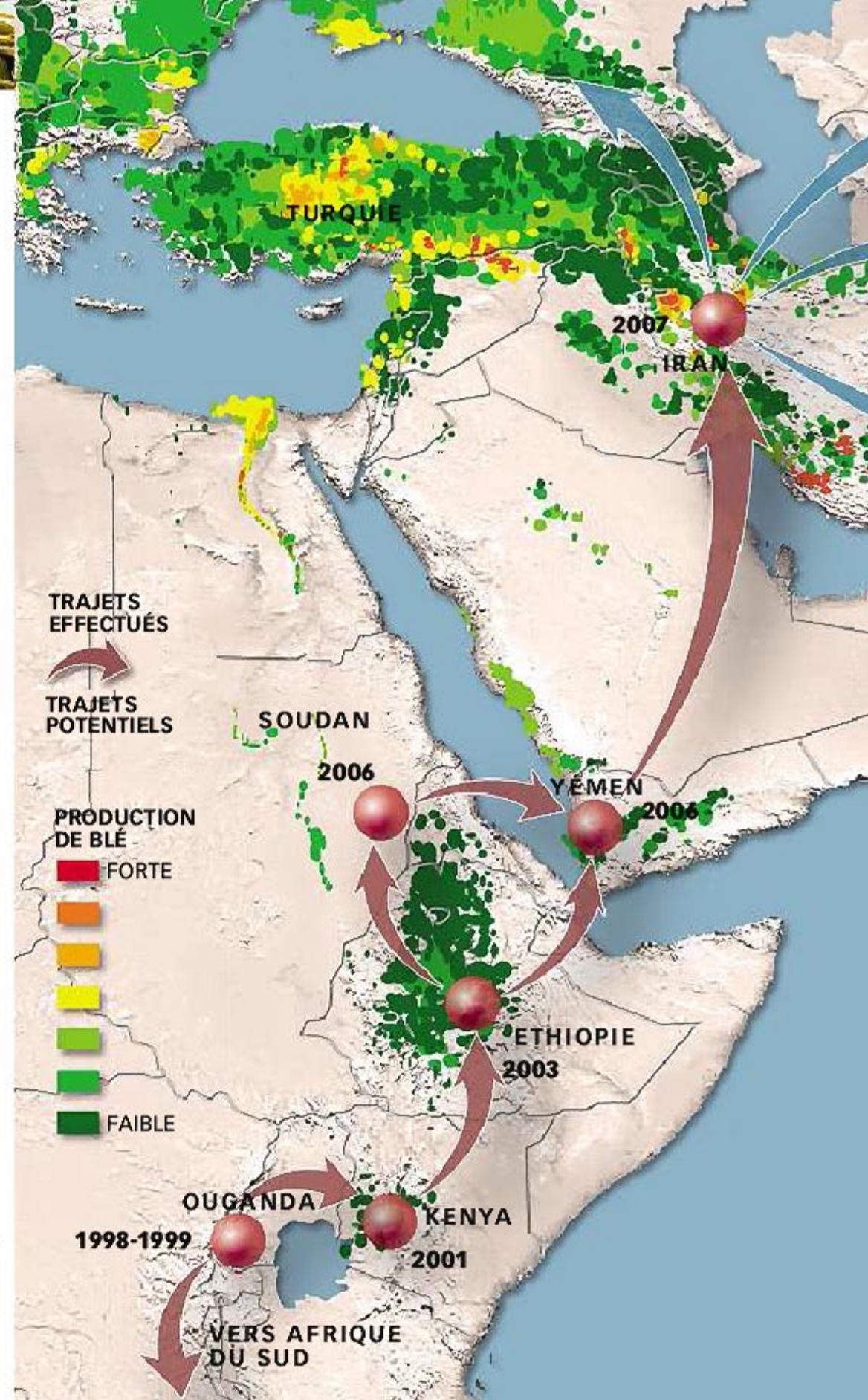
▲ *Puccinia graminis* est un champignon parasite microscopique connu depuis des millénaires comme le fléau du blé.

◀ Sa présence dans les champs est révélée par des pustules rouge brique sur les tiges et les feuilles, autant de spores prêtes à se propager.



**U**ne multitude de pustules de couleur rouge brique sur les tiges et les feuilles. Des grains désespérément vides. Une récolte amputée, voire annihilée. C'est par ces stigmates que *Puccinia graminis* signale qu'il a pris possession d'un champ de blé. Ce champignon parasite microscopique n'est autre que l'agent pathogène de la rouille noire du blé, un fléau redouté depuis des millénaires, mais que la nouvelle génération d'agriculteurs de par le monde a désappris à reconnaître. Et pour cause: la maladie a été considérée comme éradiquée dans les années 1990. Un peu prématurément... Car de graves épidémies de rouille noire sont à craindre de nouveau depuis qu'est apparue, il y a maintenant onze ans, une nouvelle race de *Puccinia graminis*. Identifiée dans des champs en Ouganda, et baptisée Ug99, en référence au lieu et à l'année de sa découverte, elle suscite l'émoi croissant de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) qui a mis sur pied un système de surveillance internationale pour suivre sa progression.

Ce qui inquiète tant chez ce nouveau parasite? Son extrême virulence: Ug99 est capable de contourner les principales défenses érigées par les agronomes en réaction aux épidémies de rouille noire ayant marqué la première moitié du xx<sup>e</sup> siècle. A partir des années 1950, sous l'impulsion de l'agronome américain Norman Borlaug (père de la "révolution verte" et prix Nobel de la paix en 1970), l'identification de variétés de blé naturellement résistantes à la rouille noire est devenue une priorité. La résistance d'autres céréales ou de graminées sauvages proches du blé a également été passée au

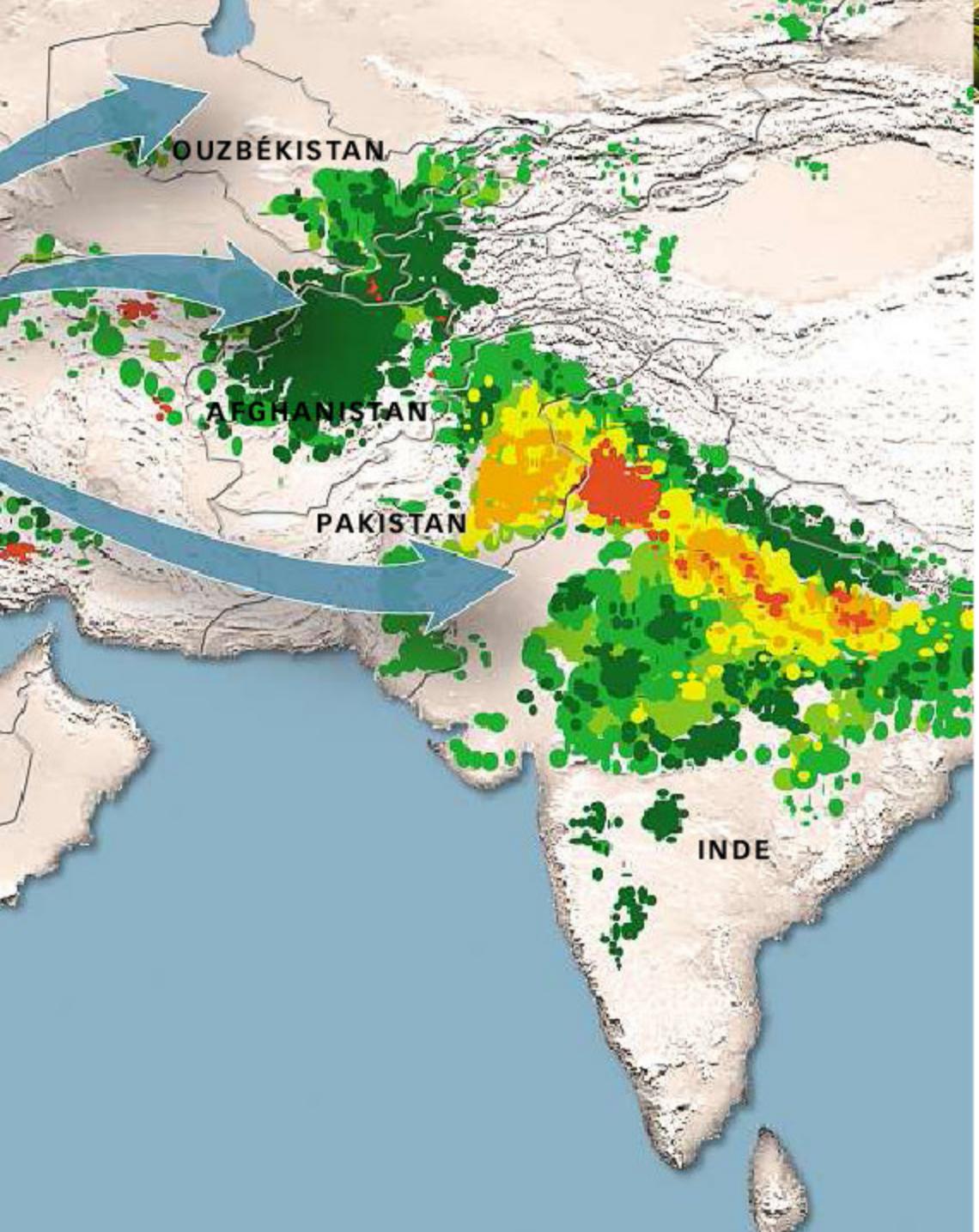


#### > FAITS & CHIFFRES

**690 millions de tonnes** de blé ont été récoltées dans le monde en 2008 et **223 millions d'hectares** consacrés à cette culture, selon la FAO. Les **trois principaux producteurs** sont la Chine (112 millions de tonnes), l'Inde (78 millions de tonnes) et les Etats-Unis (68 millions de tonnes). Le blé représente **44 % des céréales consommées** par l'homme dans le monde et **20 % de la ration alimentaire mondiale**.

crible. En croisant ces différentes sources, les sélectionneurs ont ainsi mis au point des variétés de blé possédant des gènes qui leur confèrent une protection contre les assauts du champignon.

Parmi eux, le gène Sr31, issu du seigle, offrait une défense totale contre les diverses lignées de *P. graminis* existant à l'époque. "Ce gène a donc été utilisé à grande échelle dans le monde entier, raconte Dave Hodson, coordinateur du programme de surveillance internationale de la rouille de la FAO. Il a fourni une résistance contre la rouille noire pendant trente ans, ce qui est exceptionnellement long!" Jusqu'à l'entrée en scène fracassante d'Ug99... Et ce parasite ne s'est pas contenté de faire tomber



## Une migration étroitement surveillée

Ce sont les vents qui, en propageant les spores produites par le champignon baptisé Ug99, sont responsables de ses déplacements. Ainsi, découvert en Ouganda en 1999, le parasite a voyagé jusqu'en Iran, d'où il menace aujourd'hui un quart des surfaces de blé cultivées dans le monde.

le précieux rempart Sr31. "Au total, Ug99 a la capacité de contourner 32 des 50 gènes de résistance à la rouille noire du blé identifiés à ce jour, détaille Ravi Singh, spécialiste des croisements au Centre international d'amélioration du maïs et du blé (Cymmit), une organisation à but non lucratif basée à Mexico, qui développe et distribue des semences. Résultat: on estime que 80 à 90 % des surfaces cultivées en blé dans le monde aujourd'hui sont vulnérables aux attaques d'Ug99. La menace est donc très sérieuse."

### DES CULTURES MONDIALES SANS DÉFENSE

Sans compter qu'en une décennie, le champignon a muté à plusieurs reprises, s'équipant au passage de nouvelles armes. "Le pathogène évolue très rapidement, s'inquiète Dave Hodson. On compte désormais sept variantes dans la lignée d'Ug99, et avec elles d'autres gènes de résistance importants, employés en Amérique du Nord et en Australie, sont

## La rouille noire du blé hante les cultivateurs depuis des millénaires

C'est probablement l'un des combats les plus longs qu'aient eu à mener les agriculteurs. La présence de la rouille noire du blé remonte au moins à l'âge de bronze: des traces de *Puccinia graminis*, le champignon à l'origine de cette maladie, ont en effet été retrouvées dans une jarre ayant contenu du blé il y a plus de 3300 ans! La rouille du blé serait aussi la cause des famines en Egypte et en Israël relatées dans la Bible. "Je vous ai frappés par la rouille", peut-on ainsi lire dans le livre du prophète Aggée, un des textes de l'Ancien Testament. Pendant des siècles, les Romains ont, chaque 25 avril, sacrifié un chien à Robigus, dieu de la rouille, pour qu'il épargne les cultures. Il faut attendre les observations et les expérimentations des botanistes du XVIII<sup>e</sup> siècle pour découvrir que ce fléau est en fait l'œuvre d'un champignon parasite microscopique. On s'aperçoit au passage que celui-ci trouve refuge l'hiver dans l'épine-vinette (*Berberis vulgaris*), un arbrisseau utilisé dans les clôtures. Des campagnes de destruction à grande échelle de cet hôte alternatif du parasite permettent donc de réduire la fréquence des épidémies de rouille aux Etats-Unis et en Europe. Parallèlement, les premières variétés de blé résistant à cette maladie sont mises sur le marché dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Les grandes épidémies de rouille qui touchent les Etats-Unis dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle (en 1935, la rouille détruit un quart de la production du pays) accélèrent le processus de sélection variétale. Avec succès! La rouille noire du blé tombe quasiment dans l'oubli après les années 1990. Mais elle revient aujourd'hui menacer les cultures du monde entier.

tombés." La quasi-totalité des cultures de blé se retrouvent donc aujourd'hui sans défense face au parasite.

Les déplacements d'Ug99 sont donc scrutés de près. Heureusement, ceux-ci sont relativement prévisibles car ils se font... au gré des vents! Chaque hectare de blé infecté par le champignon produit des milliards de spores très légères. Le parasite franchit ainsi les frontières, passant de l'Ouganda au Kenya, puis à l'Ethiopie, au Soudan, au Yémen et jusqu'en Iran. "Jusqu'à présent, nous n'avons pas eu de grosses surprises, les mouvements du parasite sont très bien reliés aux vents dominants, et globalement en accord avec ce que les modèles prévoient", estime Dave Hodson, qui en 2005 avait prédit la sortie d'Afrique du parasite, confirmée en 2006.

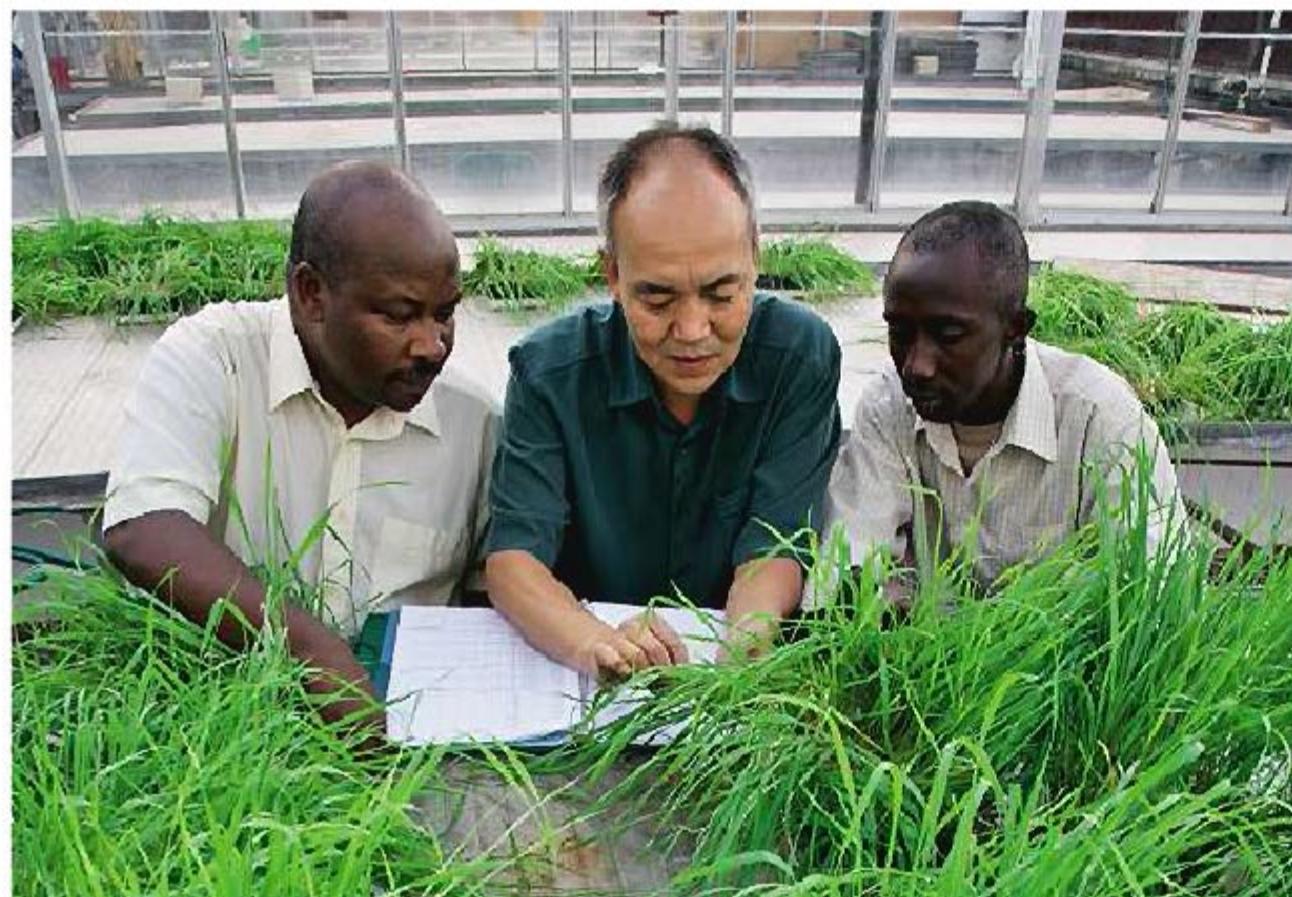
Ensuite? La crainte, c'est que le parasite n'atteigne les grandes zones de production du blé. "Si la maladie s'installe en Iran, où Ug99 a pour l'instant été détecté en faibles quantités, plusieurs mouvements sont possibles: vers l'Asie →



◀ Pour réduire les épidémies, des campagnes d'éradication de l'épine-vinette, arbuste qui sert de refuge hivernal au parasite, ont déjà été menées.



▼ Les agronomes du monde entier sont mobilisés et mettent au point, comme ici aux Etats-Unis, de nouvelles variétés de blés.



▲ Puis, ces semences résistantes à Ug99 sont testées dans des champs au Kenya, où le parasite est présent depuis 2001.

→ du Sud, l'Asie centrale, ou le Caucase", détaille Dave Hodson. L'apparition d'Ug99 en Inde, deuxième producteur mondial, est donc une hypothèse très plausible. "La zone à risque sur le trajet naturel de migration du parasite en Afrique du Nord, au Moyen-Orient et en Asie représente plus de 50 millions d'hectares de blé, juge Ravi Singh. Soit un quart des surfaces cultivées en blé dans le monde, et 20 % de la production totale." De quoi peser sur la sécurité alimentaire de ces pays. Et au-delà...

Pour étayer leurs sombres prévisions, les chercheurs disposent de précédents. "Une souche virulente d'une autre maladie du blé, la rouille jaune, a suivi le même chemin, révèle Ivan Sache, épidémiologiste à l'Inra de Grignon. Partie d'Afrique de l'Est en 1986, elle est arrivée une décennie plus tard en Inde." Outre ces déplacements de proche en proche, le parasite peut silloner la planète, porté par les courants d'altitude. "Le transport atmosphérique de l'agent pathogène

sur des milliers de kilomètres est tout à fait possible, confirme Ivan Sache. D'autant qu'il résiste bien au trajet car il possède un pigment coloré qui limite l'action délétère des radiations UV. Mais de tels événements sont rares et imprévisibles." Là aussi, des précédents existent: en 1969, deux souches de rouille noire du blé auraient ainsi été introduites en Australie en provenance du sud du continent africain, peut-être d'Afrique du Sud!

## UNE CHOSE EST SÛRE: LE PARASITE VA SE DÉPLACER

Afrique du Sud où, justement, deux nouvelles lignées affiliées à Ug99 ont été observées l'hiver dernier par Zak Pretorius, de la Free State University à Bloemfontein, qui dirige un des quatre laboratoires dans le monde habilités à travailler sur le dangereux parasite. "Le champignon dispose désormais d'un nouveau 'hub' pour migrer, indique le phytopathologiste. Il peut aller au Nord, vers la Zambie ou le Zimbabwe, ou encore effectuer un trajet intercontinental via le jet stream. Sans parler de la possibilité offerte aux spores de voyager en avion, sur les vêtements de passagers..." Selon Ronnie Coffman,



résistantes au champignon mutant. Car, pour des raisons économiques, environnementales et de santé humaine, le recours massif aux fongicides, tel que pratiqué en Europe, n'est pas une solution à long terme. “*Au départ, nous avons donc cherché dans le matériel génétique existant, sachant que 10 à 15 % des blés sont encore résistants à Ug99*, explique Ravi Singh. Mais ces résistances reposent sur un gène majeur, et il suffira de quelques années au pathogène pour muter et le contourner.” Une nouvelle approche est donc nécessaire, qui tire les leçons du passé.

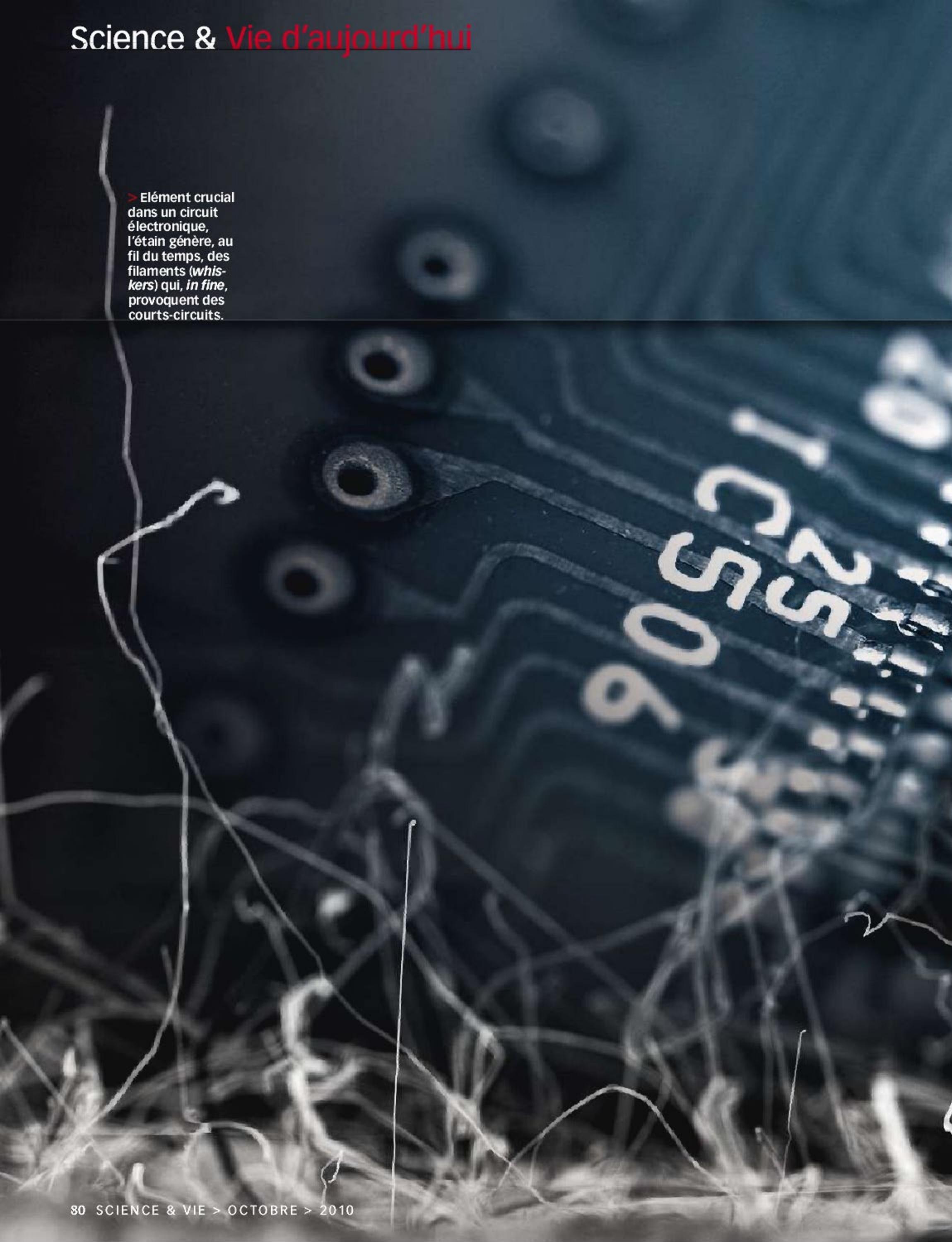
“*On a misé aveuglément sur un seul type de résistance, miraculeuse, critique Ivan Sache. Il faut au contraire diversifier les résistances pour compliquer la vie du parasite !*”

### COMBINER PLUSIEURS GÈNES PROTECTEURS

La nouvelle piste de travail? Les gènes dits mineurs, qui n'empêchent pas le parasite de s'implanter dans les cellules du blé, mais ralentissent sa croissance. “*Individuellement, ils n'offrent qu'une protection partielle, mais en combinant 4 ou 5 d'entre eux, on obtient un haut degré de résistance*, explique Ravi Singh. Résistance théoriquement plus durable. Car la probabilité que le champignon contourne l'ensemble des gènes mineurs à la suite de mutations naturelles est bien plus faible que la probabilité qu'il contourne un seul gène majeur.” Mais la parade ne sera que temporaire, et tôt ou tard, elle cédera inévitablement... “*L'éradication est un mythe*, martèle Ivan Sache. Il faut se faire à l'idée de vivre avec ce parasite.”

Cinq ans après le lancement de la mobilisation générale, de nouvelles variétés de blé résistant à Ug99 sont testées dans des champs au Kenya. La difficulté désormais pour la FAO est de parvenir à convaincre les paysans des pays les plus à risque de se détourner des semences auxquelles ils sont accoutumés pour adopter ces nouvelles variétés. Et ce, alors même que la maladie leur est inconnue. Jusqu'ici...■

> Élément crucial dans un circuit électrique, l'étain génère, au fil du temps, des filaments (*whiskers*) qui, *in fine*, provoquent des courts-circuits.



# RISQUE INDUSTRIEL

Par Vincent Nouyrigat

# ELECTRONIQUE

## *Alerte à l'épidémie de courts-circuits*

Depuis 2006, l'Europe interdit l'utilisation de plomb dans les circuits électroniques... lequel empêche pourtant un mystérieux

"mal de l'étain" de provoquer des courts-circuits ! Des satellites aux montres, quantité d'appareils sont concernés. Si des dysfonctionnements en série ont déjà eu lieu,

tout semble aujourd'hui réuni pour que le fléau se propage...

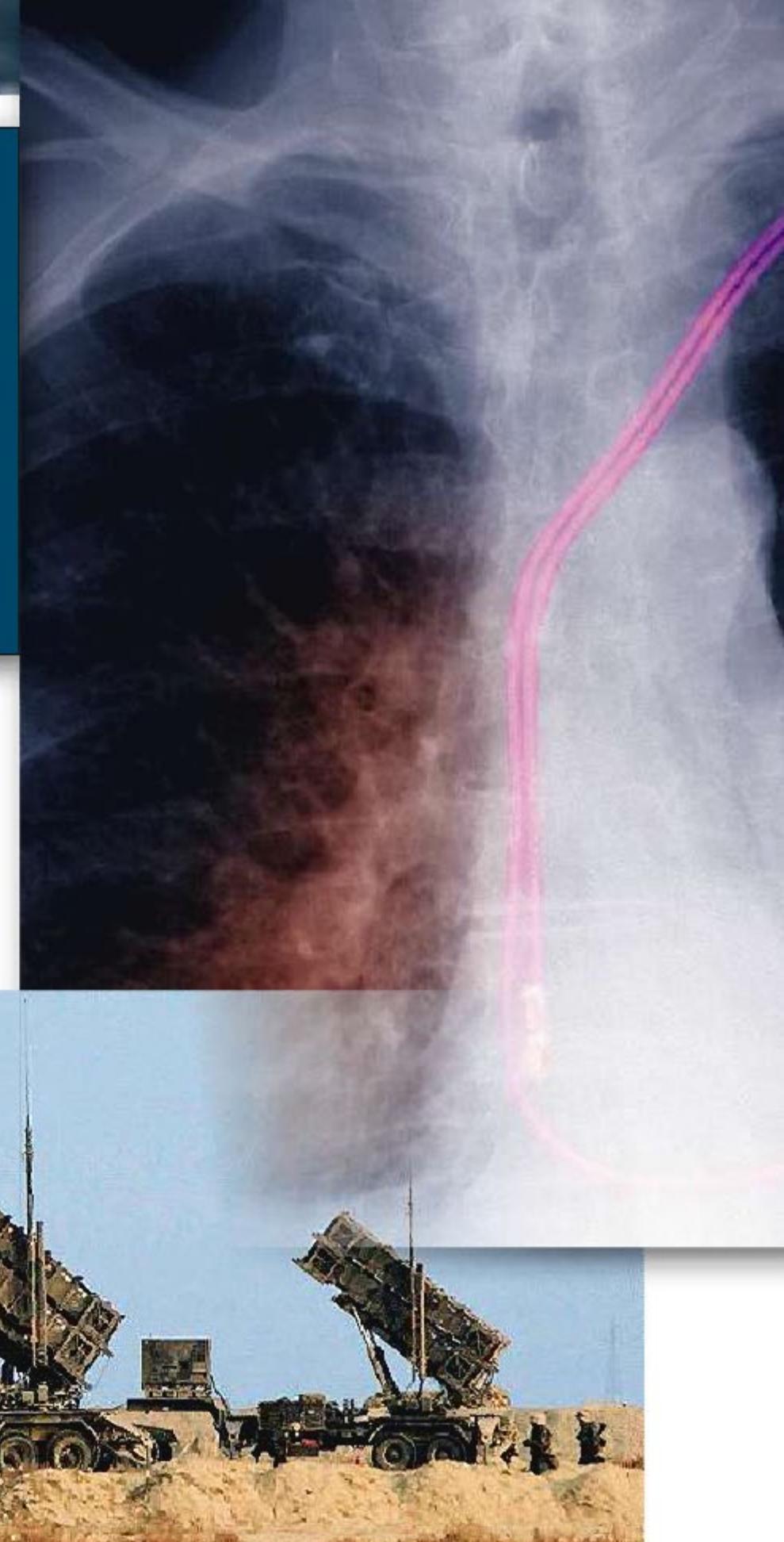
**L**undi 9 avril 2007, centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly (Loiret). Il est 20 h 37 quand les responsables du réacteur numéro 3 constatent la défaillance d'un relais électrique alimentant d'indispensables systèmes de secours. Il s'ensuit alors une série de couacs conduisant à l'arrêt en urgence du cœur atomique ! L'explication de cet incident sérieux ? Après une enquête minutieuse, le verdict tombe : le dit réacteur nucléaire, chef-d'œuvre de sophistication, a en fait été victime d'un court-circuit suite à la formation d'un minuscule filament métallique d'étain entre deux composants électroniques.

Cet étrange épisode est resté, jusqu'à présent, largement méconnu du grand public. Pourtant, ce n'est pas la première fois que sévissait un tel brin d'étain : dans le monde, au cours de ces vingt dernières années, au moins quatre autres centrales nucléaires, huit satellites de télécommunication, plusieurs programmes de missiles, des terminaux téléphoniques ou encore des appareils médicaux ont connu pareilles mésaventures, tournant parfois au désastre ! L'hypothèse a même été évoquée au sujet des récents problèmes rencontrés par le constructeur automobile Toyota sur ses pédales d'accélérateur truffées d'informatique... Eh oui, il s'agit là d'une véritable maladie des circuits électroniques baptisée *whisker*, que l'on peut traduire en français par "moustache" d'étain.



## APPAREIL MEDICAL

En 1986, les autorités sanitaires américaines ont rappelé une série de pacemakers envahis de fils d'étain : les appareils risquaient de s'éteindre ! Même problème, en 1990, sur des capteurs d'apnée.



## Le "mal de l'étain" a déjà frappé

Connue depuis les années 1940, la prolifération de filaments d'étain, ou whiskers, nuisibles aux systèmes électroniques n'est toujours pas maîtrisée. Et le tableau de chasse de ces whiskers est impressionnant : à ce jour, des dizaines de défaillances de missiles, de centrales nucléaires, de satellites, d'appareils médicaux ou de produits de grande consommation ont été recensées.

### MISSILE

Pas moins de six programmes de missiles américains ont été touchés, occasionnant notamment des problèmes de mise à feu. Parmi les victimes, les célèbres missiles antimissiles Patriot, sujets aux courts-circuits durant la guerre du Golfe en 1991.



→ La maladie n'est pas nouvelle. Comme le raconte Henning Leidecker, le grand spécialiste du fléau à la Nasa : "Les premiers cas de whiskers ont été répertoriés durant la Seconde Guerre mondiale, sur la radio d'avions de combat." Or, aussi étonnant que cela paraisse, cette pathologie connue depuis soixante-dix ans reste mal comprise. Et elle inquiète aujourd'hui plus que jamais industriels et scientifiques. Car toutes les conditions sont réunies pour que le fléau prospère...

Pour comprendre, il faut savoir que l'étain est très utilisé pour le revêtement des circuits imprimés et la soudure des terminaisons des composants. Pourquoi ce succès ? Ce métal est abondant, facile à mettre en œuvre, résistant à la corrosion et, bien sûr, conducteur. Son seul défaut est sa fâcheuse tendance à former, au fil du temps, des filaments pouvant atteindre jusqu'à un centimètre de longueur. La plupart restent

cependant cantonnés à un demi-millimètre, ce qui est déjà bien assez, dans le monde ultra-compact de l'électronique, pour établir une connexion aussi fortuite qu'indésirable... La conséquence ? Un court-circuit, le plus souvent anodin car ce mince fil ne résiste guère à un courant de plus de 50 milliampères, mais parfois définitif. Pire, selon Barrie Dunn, chercheur à l'Agence spatiale européenne : "Dans le vide spatial, ces filaments peuvent se vaporiser et créer un arc électrique de plusieurs centaines d'ampères, très redouté des satellites."

### INQUIÉTANTE INTERDICTION DU PLOMB

Si, jusqu'ici, une hécatombe électronique a pu être évitée, on le doit à l'opérateur téléphonique américain AT&T : "Après avoir été victime de whiskers en 1948, ses laboratoires ont alors tenté de mélanger à l'étain chacun des éléments du tableau



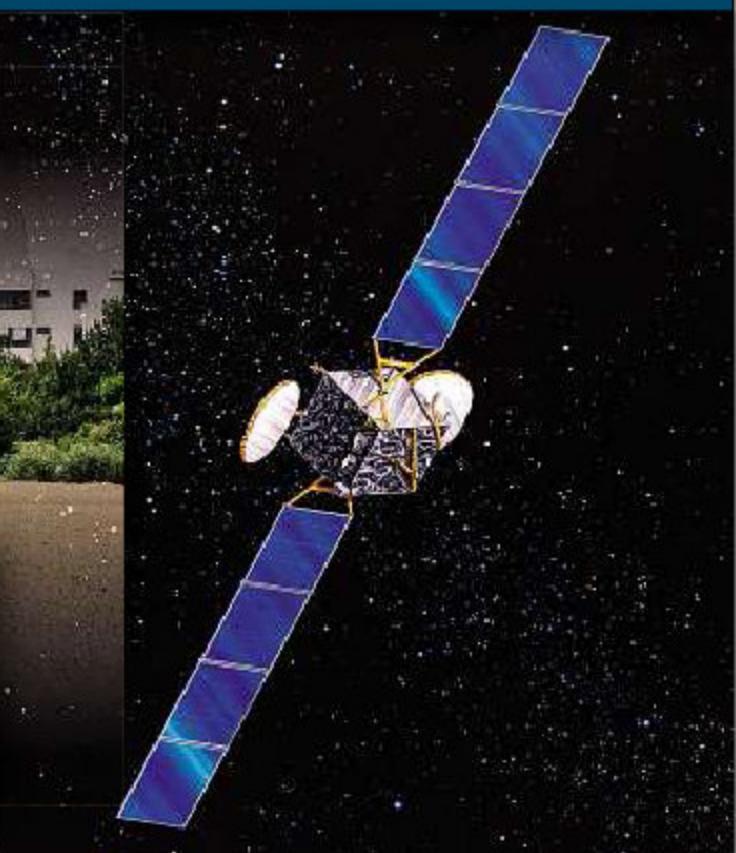
## APPAREIL GRAND PUBLIC

En janvier 2006, Swatch révélait que le tiers de ses montres fabriquées en 2005 présentait des *whiskers*! Pire, 5 % de cette production avait même été victime de courts-circuits... D'où un rappel produit massif.



## SATELLITE

Quatre satellites de télécommunications ont succombé aux *whiskers*, dont *Galaxy IV*, le 19 mai 1998, créant 48 heures de perturbations aux Etats-Unis. Quatre autres satellites ont perdu une partie de leurs fonctions.



## CENTRALE NUCLÉAIRE

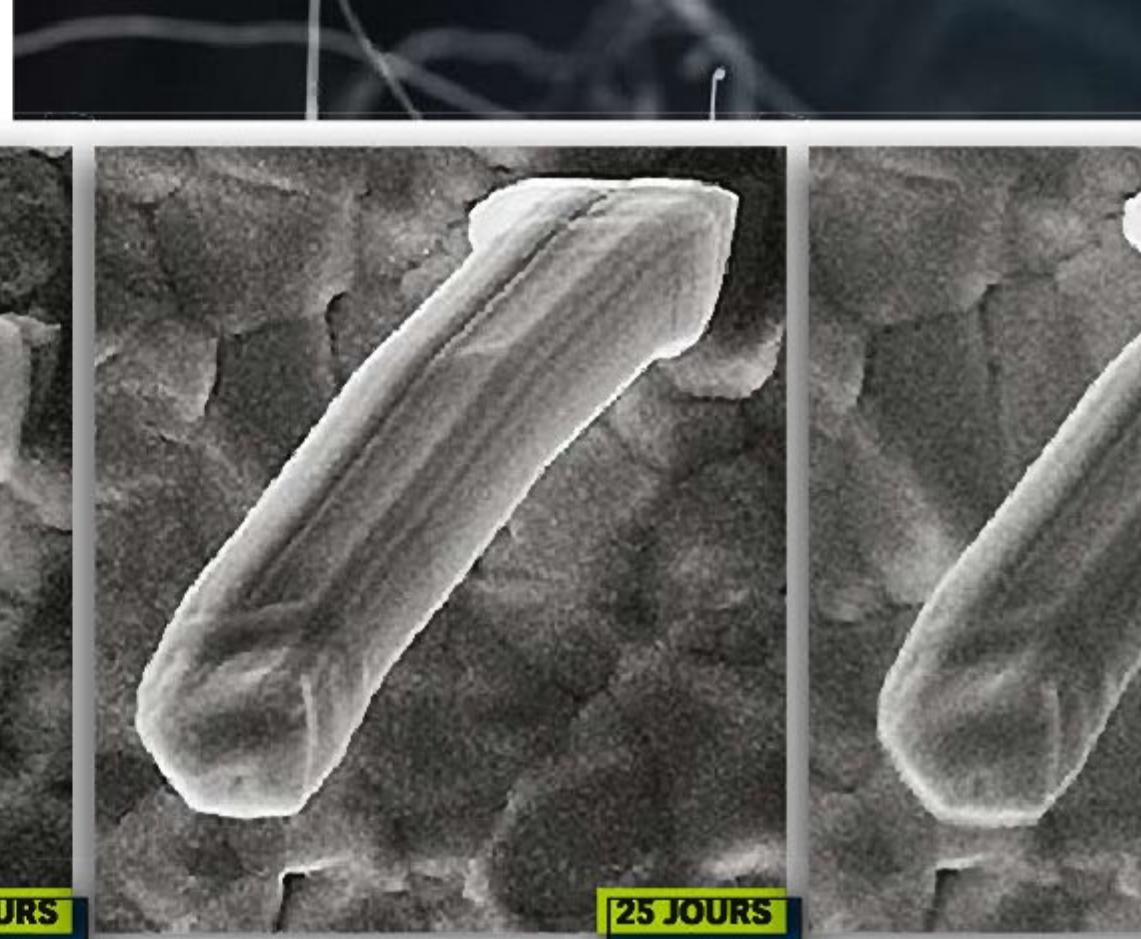
Les *whiskers* ont perturbé la centrale allemande de Dresden (en 1987 et 1997) et, aux Etats-Unis, celle de Duane Arnold, en 1990, celle de South Texas, en 1999, ainsi que celle de Millstone, en 2005. Dernier exemple, en 2007 : la centrale française de Dampierre !

périodique, raconte Henning Leidecker. Après dix ans de tests, il en est ressorti que le plomb parvenait à freiner grandement ce phénomène." Depuis cette époque, toute l'industrie a appliqué cette recette empirique, dont la teneur en plomb varie entre 1 et 40 %. Même si la composition du mélange ne fut pas toujours suffisamment rigoureuse pour éviter les accidents (voir modules), la maladie semblait jugulée...

Seulement voilà : depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2006, une directive européenne interdit l'usage du plomb dans les équipements électroniques. Et tous les autres pays de la planète sont en train de rejoindre ce mouvement. En cause, les risques sanitaires (troubles neurologiques, malformation des nourrissons...) que provoque ce métal lourd autour des décharges de déchets informatiques. Or, si le plomb a déjà pu être retiré de l'essence et des peintures sans que cela pose le moindre problème, sa

disparition des circuits électroniques risque de laisser la maladie de l'étain se propager, exactement comme une épidémie peut repartir lorsqu'on cesse de vacciner. D'autant plus que ces circuits continuent de se miniaturiser, offrant encore plus de possibilités aux funestes moustaches de jeter des ponts... D'où l'urgence de trouver un nouveau remède miracle.

Dès l'annonce de l'interdiction du plomb, les industriels se sont fortement mobilisés pour en savoir plus sur l'origine de ces malencontreuses moustaches d'étain et, après une décennie d'efforts, le voile commence enfin à se lever. Aujourd'hui, de lourds soupçons pèsent sur le cuivre des circuits imprimés que recouvre la couche d'étain. D'après Barrie Dunn : "Le cuivre diffuse par endroits vers l'étain puis réagit avec lui pour former un composé intermétallique ( $Cu_6Sn_5$ ) très volumineux, créant ainsi des efforts de compression au sein de la fine →



13 JOURS

18 JOURS

25 JOURS

## Un whisker pris sur le vif!

Une équipe de chercheurs allemands et américains a pu observer, à l'aide d'un rayon X de 300 nanomètres, les efforts mécaniques à l'origine de la croissance des brins d'étain. Cet exploit, publié en juin 2009 dans *Applied Physics Letters*, a permis d'identifier le principal coupable : le cuivre situé sous la couche d'étain. Hélas, on ne sait toujours pas anticiper la vitesse du phénomène...

→ couche d'étain." (Voir infographie) Les fameux filaments apparaissent alors. "Nous venons même d'en apporter la preuve à l'aide de rayons X ultra-fins!", se félicite Matthias Sobiech, métallurgiste à l'Institut Max-Planck de Stuttgart.

Las, malgré cette belle prouesse technique, le phénomène complet demeure particulièrement insaisissable. De fait, le cuivre – meilleur conducteur – est irremplaçable dans les circuits, et bien d'autres paramètres semblent aussi favoriser la croissance de ces brins, "comme la corrosion, les variations de température ou les vibrations", reconnaît le chercheur allemand. En clair, toutes les conditions – même le vide spatial – paraissent propices à leur apparition! Plus désarçonnant encore, remarque Laurent Cretinon, électronicien au laboratoire de recherche d'EDF: "Un whisker peut se déclarer dans un délai variant de trois semaines à... vingt ans." Telle une menace dormante, prête à se manifester à l'improviste. Selon Thierry Battault, ingénieur qualité de l'agence spatiale française (Cnes): "Tous les cas semblent possibles: il peut y

avoir une longue période d'incubation puis une croissance rapide du fil, ou le contraire!" Bref, résume Joseph Smetana, spécialiste des whiskers chez Alcatel-Lucent: "Il n'existe pas pour l'instant de moyen de déterminer la vitesse de croissance de ces brins ni leur longueur finale." Encore moins le site exact de leur naissance...

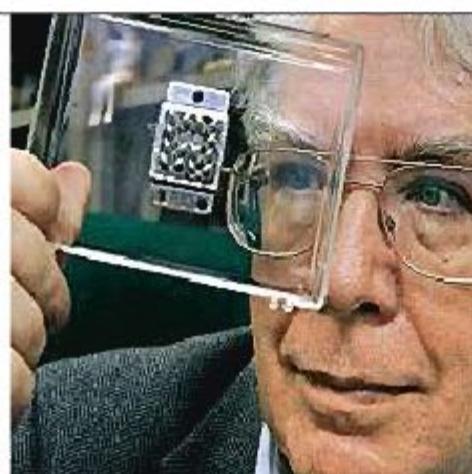
Depuis 2006 et l'interdiction du plomb, les industriels tâtonnent pour écarter le péril qui menace désormais les équipements électroniques. Résultat: entre certaines tentatives de parades plutôt coûteuses, via l'ajout de nickel, de bismuth ou d'argent, et d'autres solutions plus économiques mais alors franchement imprudentes puisque se contentant d'étain pur, "aucune méthode n'apparaît aussi efficace que l'ajout de plomb", constate Joseph Smetana. La maladie n'est donc plus maîtrisée. Raison pour laquelle les secteurs d'activité à haut risque (militaire, aéronautique, nucléaire, médical), où la vie humaine entre en jeu, ont toujours le droit d'utiliser l'ancienne recette.

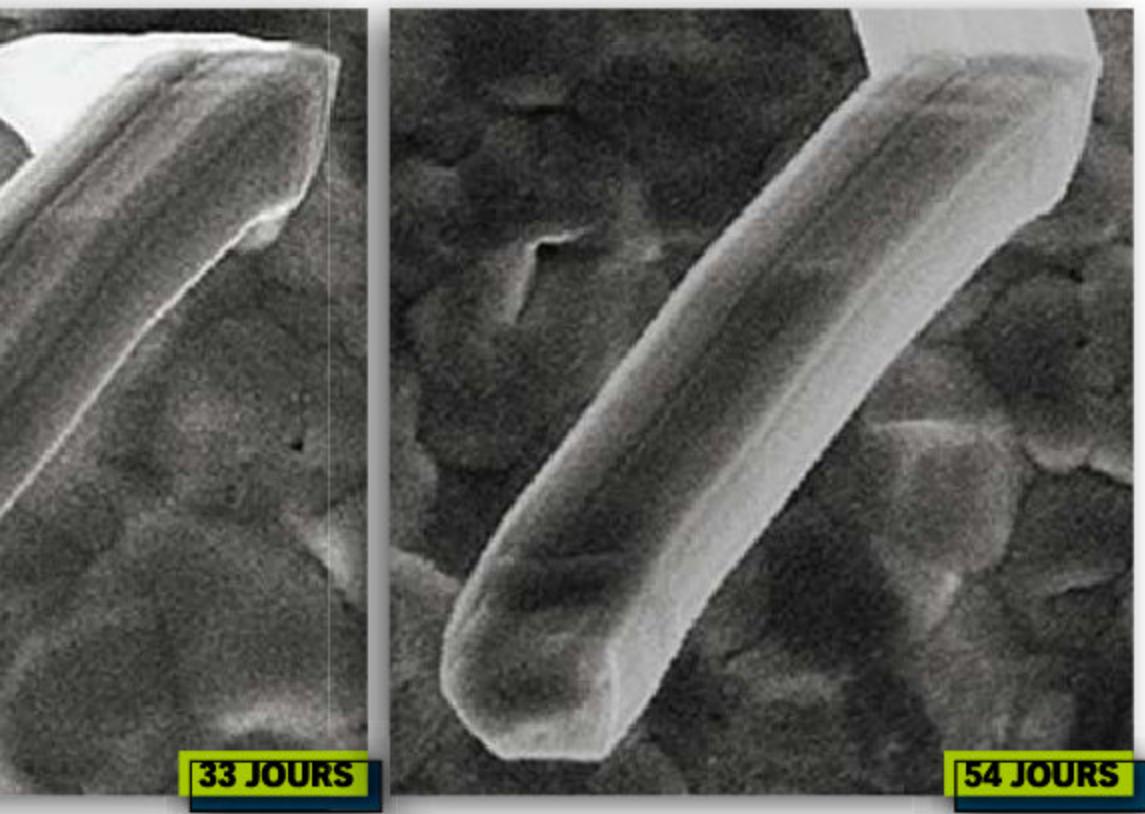
### UNE VÉRITÉ QUI DÉRANGE...

Au vrai, même ces secteurs ne sont pas à l'abri, car comme l'indique Thierry Battault, du Cnes: "Ce sont les produits grand public et leurs très forts volumes qui dictent les règles! Nous ne pouvons plus faire appel uniquement à des fabricants dédiés aux applications critiques." Ainsi, 3 % des lots reçus par la Nasa, bien qu'affublés de tous les certificats de sécurité, ne contiennent, en réalité, guère de plomb. En France, révèle Thierry Battault: "Nous avons repéré par hasard un problème similaire sur l'équipement de cinq de nos satellites..." Désormais, la plus grande prudence est de mise, les composants sont systématiquement retravaillés et certains circuits suspects remplacés, comme dans les centrales nucléaires d'EDF. Avec à l'esprit quelques macabres découvertes, vestiges d'une époque où l'usage du plomb avait fait oublier le risque des whiskers, entraînant alors certaines négligences. Exemple:

**"Les annonces des défaillances électroniques sont rapidement étouffées ou jamais publiées"**

HENNING LEIDECKER,  
INGÉNIEUR EN CHEF À LA NASA





33 JOURS

54 JOURS

la révélation, le 1<sup>er</sup> mars 2006, dans un boîtier défaillant du système de vol de la navette spatiale *Endeavour*, de 100 à 300 millions de fils d'étain !

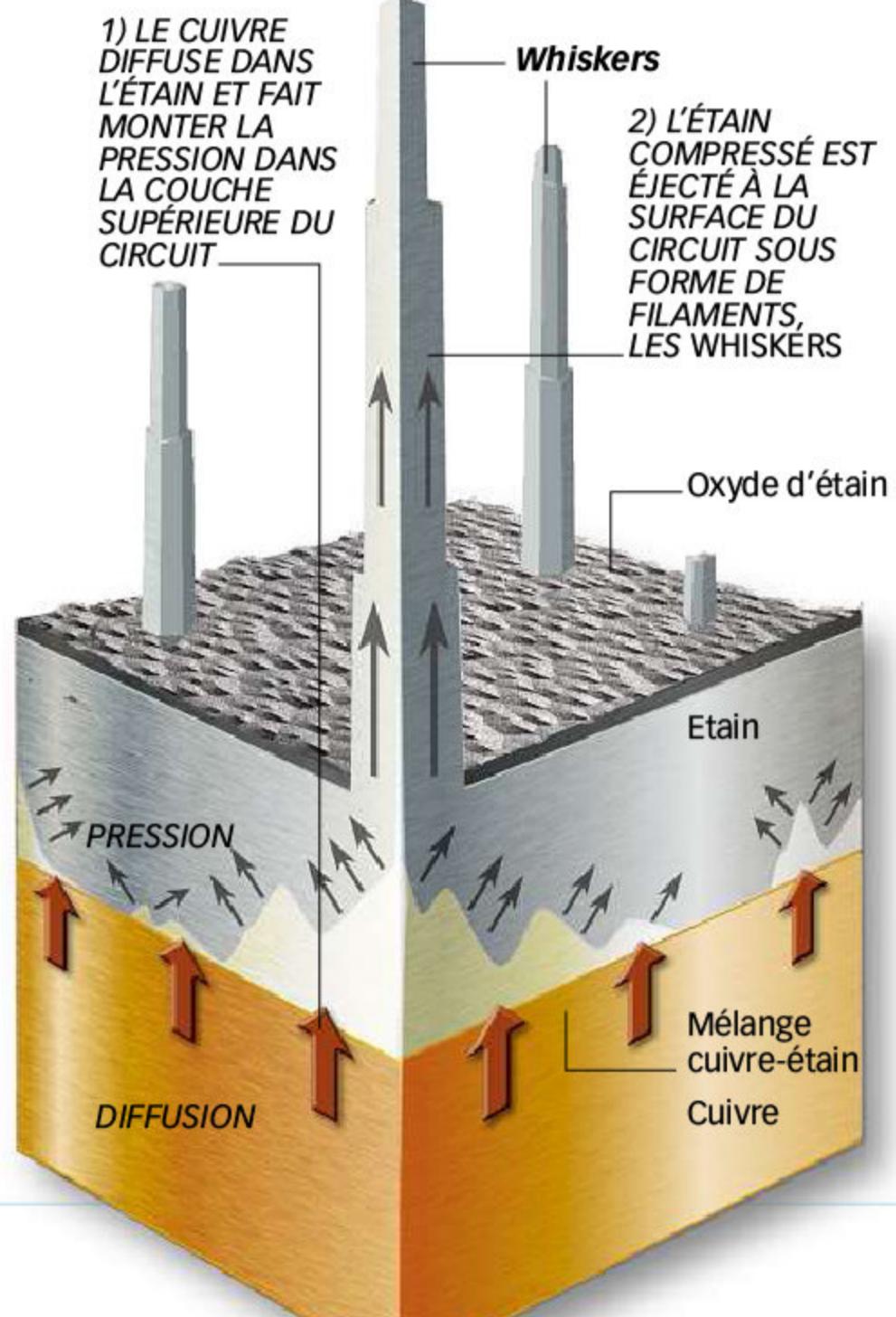
Malgré ces quelques cas spectaculaires, l'inquiétude ne serait-elle pas exagérée alors que, depuis la décision européenne de 2006, aucun désastre électronique n'a fait sensation ? A voir ! Car pour Bob Landman, spécialiste en fiabilité des composants : "Les whiskers représentent une vérité qui dérange, et ces cas-là ne s'ébruitent souvent que par le bouche-à-oreille." Parce que "les annonces de ces défaillances électroniques sont rapidement étouffées ou jamais publiées", renchérit Henning Leidecker. Le spécialiste reçoit ainsi entre trois et cinq sollicitations mensuelles d'industriels (téléphonie, informatique, automobile...) possiblement touchés par des moustaches d'étain, mais sous couvert du plus strict anonymat. Pour ne rien arranger, repérer ce fil, cent fois plus fin qu'un cheveu et noyé parmi d'autres hypothèses (voir encadré), requiert un matériel optique et une luminosité spécifiques : moins de 10 % des cas de *whiskers* seraient correctement identifiés... En ce qui concerne les produits de grande consommation, l'ampleur des défaillances liées à cette maladie reste totalement inconnue, car ils sont jetés avant enquête. "Une telle investigation coûte des milliers d'euros et seuls certains secteurs industriels peuvent s'engager dans ce genre d'étude", commente Henning Leidecker. Bref, la centaine de cas aujourd'hui répertoriée n'est que la partie émergée de l'iceberg !

Au final, entre ignorance du phénomène, tabou et difficulté de détection, il est tentant de voir rétrospectivement en ces brins d'étain la cause de bon nombre de défaillances électroniques inexplicées du dernier demi-siècle. Et il est difficile de ne pas s'inquiéter pour l'avenir. Comme le souligne Joseph Smetana : "La croissance des whiskers se révèle majoritairement dans les produits grand public au bout de cinq à six ans." Le calcul est alors facile à faire : rendez-vous en 2011 ou 2012 pour une éventuelle vague épidémique... ■

## Les autres tares de l'électronique

Lorsqu'il se produit une panne, de nombreuses hypothèses viennent à l'esprit des experts. C'est que, outre les *whiskers*, d'autres pathologies peuvent affecter les matériaux des circuits. Ainsi, l'effet "pop-corn" décrit l'éclatement d'un composant électronique par évaporation de l'eau contenue dans sa coque en résine. Autre exemple : la "peste pourpre", une dégradation mécanique liée au contact entre l'aluminium et l'or dans certains recoins des circuits. Par ailleurs, les composants sont sensibles au passage des rayons cosmiques qui bombardent la Terre, capables de faire basculer l'état d'un transistor de 0 à 1, ou inversement. Une vulnérabilité qui s'accroît avec la miniaturisation des systèmes... Enfin, l'erreur humaine de programmation est un grand classique des défaillances électroniques.

## Un fléau qui naît d'un excès de pression dans l'étain





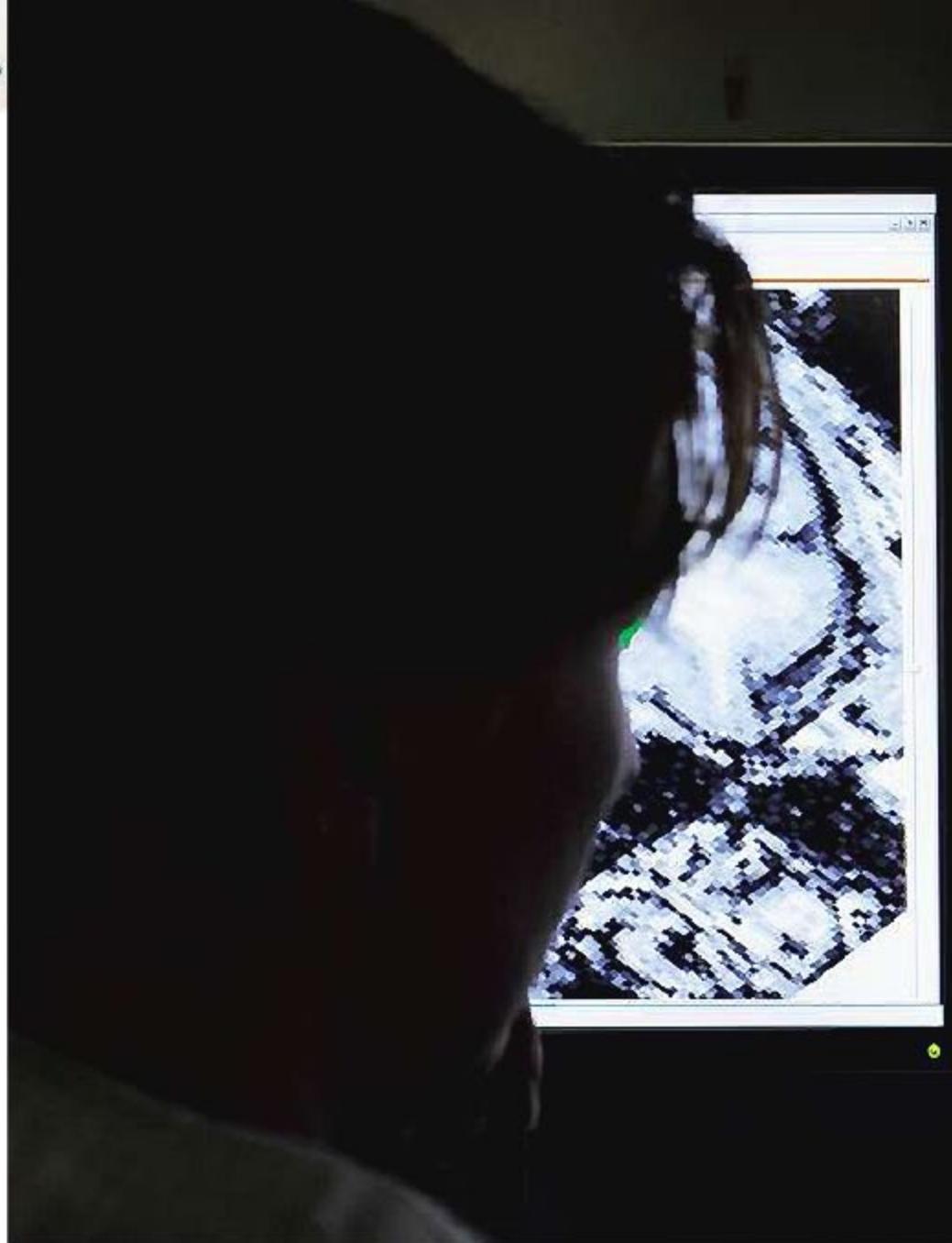


## SANTÉ PUBLIQUE

Par Marie-Catherine Mérat

# *Et si la maladie d'Alzheimer n'existe pas ?*

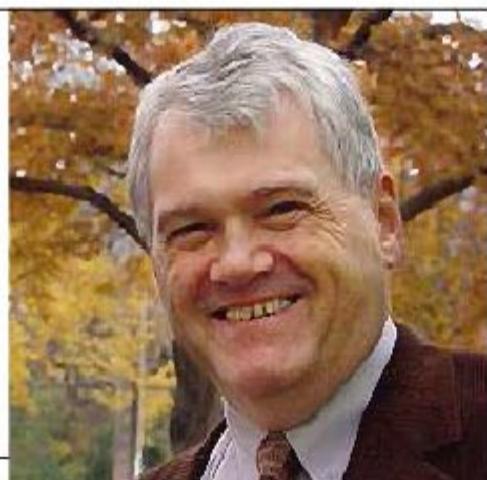
Contours flous, critères diagnostiques ambigus, lésions non spécifiques... Des voix s'élèvent aujourd'hui pour mettre en doute le concept même de maladie d'Alzheimer: il pourrait s'agir de divers troubles liés au vieillissement. Enquête.



**L**es chiffres parlent d'eux-mêmes! Selon un rapport de l'Inserm publié en 2007, en France, plus de 850000 personnes sont atteintes de la maladie d'Alzheimer, soit environ 6 % des personnes âgées de plus de 65 ans. Passé 85 ans, une femme sur cinq et un homme sur quatre sont touchés. Dans le monde, ce sont 24,3 millions de personnes qui seraient affectées, avec près de 4,6 millions de nouveaux cas chaque année, soit un nouveau toutes les sept secondes. C'est sûr, Alzheimer, fléau de nos sociétés vieillissantes, est la maladie neurodégénérative du siècle. Pis, en juillet dernier, des experts mandatés par l'Institut national sur l'âge et l'association Alzheimer des Etats-Unis ont proposé une mise à jour des critères diagnostiques de la maladie qui, s'ils sont retenus, multiplieraient par deux, voire trois, le nombre de malades dans le monde. Pourtant, certains scientifiques, au premier rang desquels le neurologue

**"Il est difficile, sinon impossible, de séparer la maladie d'Alzheimer du vieillissement cérébral"**

PETER WHITEHOUSE,  
NEUROLOGUE



**"Les malades jeunes et âgés ne présentent pas le même tableau pathologique et clinique"**

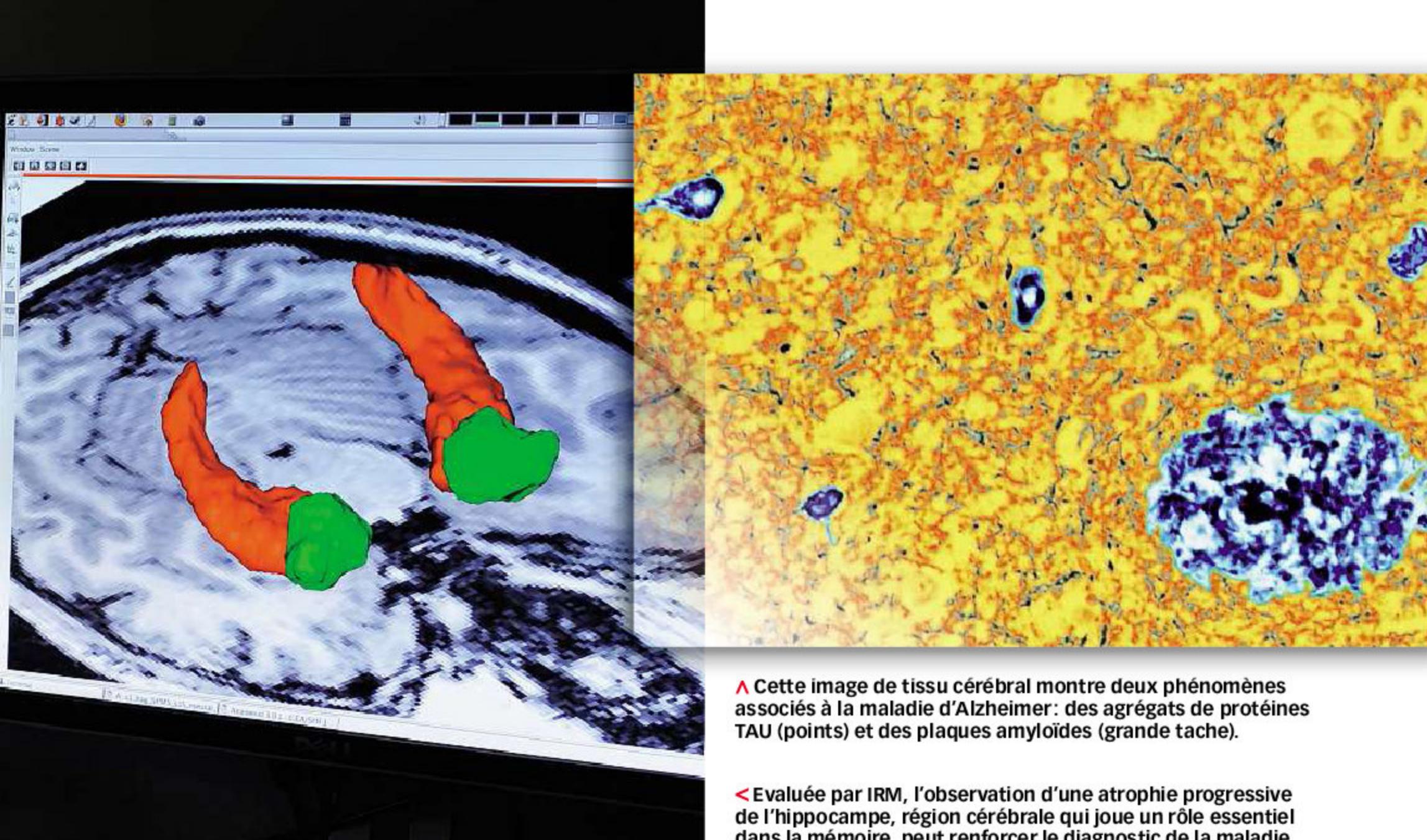
LUC BUEE, CENTRE DE RECHERCHE  
JEAN-PIERRE-AUBERT (LILLE)



Peter Whitehouse, auteur d'un livre au titre éloquent (*Le Mythe de la maladie d'Alzheimer, ce qu'on ne vous dit pas sur ce diagnostic tant redouté*), s'interrogent: le besoin de nouveaux critères n'est-il pas la preuve que l'on ne sait pas bien aujourd'hui ce que recouvre le concept de maladie d'Alzheimer? N'a-t-on pas tendance à confondre cette pathologie précise avec les troubles du vieillissement cérébral? Et, finalement, la maladie d'Alzheimer existe-t-elle vraiment? La position est extrême, provocante et, pour l'heure, minoritaire, mais elle rend néanmoins compte d'une réalité dérangeante: la maladie d'Alzheimer n'est pas une entité bien définie actuellement, et son diagnostic est loin d'être évident.

#### MALADIE D'ALZHEIMER ET DÉMENCE SÉNILE

*"Aloïs Alzheimer doit se retourner dans sa tombe!"* Martial Van der Linden, professeur de psychopathologie et de neuropsychologie clinique à l'université de Liège, qui a traduit en français le livre de Peter Whitehouse, est catégorique: ce que les médecins d'aujourd'hui appellent maladie d'Alzheimer n'est pas la pathologie déterminée par celui qui en fit la première description en 1906. Selon la définition actuelle, l'Alzheimer est une dégénérescence du cerveau qui affecte les fonctions mentales supérieures, notamment la mémoire. Peu à peu, les personnes atteintes perdent la capacité de se souvenir d'événements récents, d'apprendre de nouvelles choses, d'effectuer plusieurs tâches à la fois. Dans leur cerveau, la maladie se manifeste par deux types de lésions,



▲ Cette image de tissu cérébral montre deux phénomènes associés à la maladie d'Alzheimer : des agrégats de protéines TAU (points) et des plaques amyloïdes (grande tache).

< Evaluée par IRM, l'observation d'une atrophie progressive de l'hippocampe, région cérébrale qui joue un rôle essentiel dans la mémoire, peut renforcer le diagnostic de la maladie.

majoritairement situées dans l'hippocampe, puis le cortex : les plaques amyloïdes et les dégénérescences neurofibrillaires. Les premières résultent de l'accumulation d'un fragment de protéine entre les neurones, le peptide bêta-amyloïde ; les secondes, quant à elles, sont formées de protéines anormalement agrégées au sein des neurones, les protéines Tau.

Or, cette définition amène plusieurs objections. D'abord, les troubles de la mémoire n'étaient pas au centre des premières descriptions de la maladie faites par Aloïs Alzheimer il y a plus d'un siècle. Ensuite, on considère aujourd'hui que cette pathologie peut affecter aussi bien des individus jeunes, c'est-à-dire âgés de moins de 65 ans, que des personnes plus âgées, voire très âgées, de plus de 85 ans. Cette deuxième catégorie représentant même la majorité des sujets diagnostiqués. Or, cette acceptation étendue de la maladie ne correspond pas du tout aux cas décrits par Aloïs Alzheimer : ceux-ci appartenaient tous à la catégorie des individus jeunes. La célèbre Auguste D., sa première patiente étudiée en 1906, avait 51 ans ; Johannes F., son second cas, en avait 54. Et même face à ces formes de la maladie que l'on qualifie-rait de précoce aujourd'hui, le neuro-

logue n'était pas certain d'avoir mis au jour un processus pathologique particulier distinct de la démence sénile, une autre pathologie liée au vieillissement.

C'est dans les années 1960 qu'est survenu un tournant conceptuel, sous l'impulsion de scientifiques anglo-saxons qui décident de réunir les deux pathologies – maladie d'Alzheimer présénile et démence sénile – en raison de la similitude des lésions cérébrales provoquées. Désormais, on parle d'Alzheimer à début précoce et à début tardif. *“Les gériatres et les familles se sont également battus pour bannir le concept apocalyptique de démence sénile et faire en sorte que les personnes âgées démentes soient considérées comme des malades à part entière, observe Catherine Thomas-Anterion, neurologue et neuropsychologue au centre hospitalier de Saint-Etienne. Peut-être le diagnostic de la maladie d'Alzheimer est-il un peu large aujourd'hui, mais valait-il mieux prendre en charge un peu trop largement ou pas du tout ?”*

Ce qui est sûr, c'est que l'extension du concept de maladie d'Alzheimer ne fait pas l'unanimité. *“C'est à tort que l'on a intégré la démence sénile à l'Alzheimer car leur tableau clinique n'était pas du tout le même”, →*

#### > FAITS ET CHIFFRES

Le diagnostic de la maladie d'Alzheimer est appliqué à **70 % des cas de démence**. Cela concerne **6 % des Français** de plus de 65 ans. **850 000 personnes** en seraient atteintes, majoritairement des femmes. Près de **225 000 nouveaux cas** apparaissent chaque année. En 2005, une étude estimait à **24,3 millions le nombre de cas de démence dans le monde**, avec près de 4,6 millions de nouveaux cas chaque année, correspondant à **1 nouveau cas toutes les 7 secondes**. Environ **60 %** des cas vivent dans les pays développés.

→ juge Christian Derouesné, professeur émérite à l'université Paris-VI, ancien chef de service de neurologie à l'hôpital de la Salpêtrière. “*Il y a une tendance forte à diagnostiquer de plus en plus de gens alors que cela n'est pas toujours justifié*, observe pour sa part Rudolph Castellani, neuropathologiste à l'université du Maryland. Selon moi, la démence sénile existe en dehors de la maladie d'Alzheimer”. Certains vont même plus loin, à l'instar de Peter Whitehouse, qui n'hésite pas à remettre en cause l'existence même de la maladie, y compris dans ses formes précoces: “*Il est difficile, sinon impossible, de séparer le processus que l'on appelle aujourd'hui maladie d'Alzheimer du vieillissement cérébral*”, affirme-t-il.

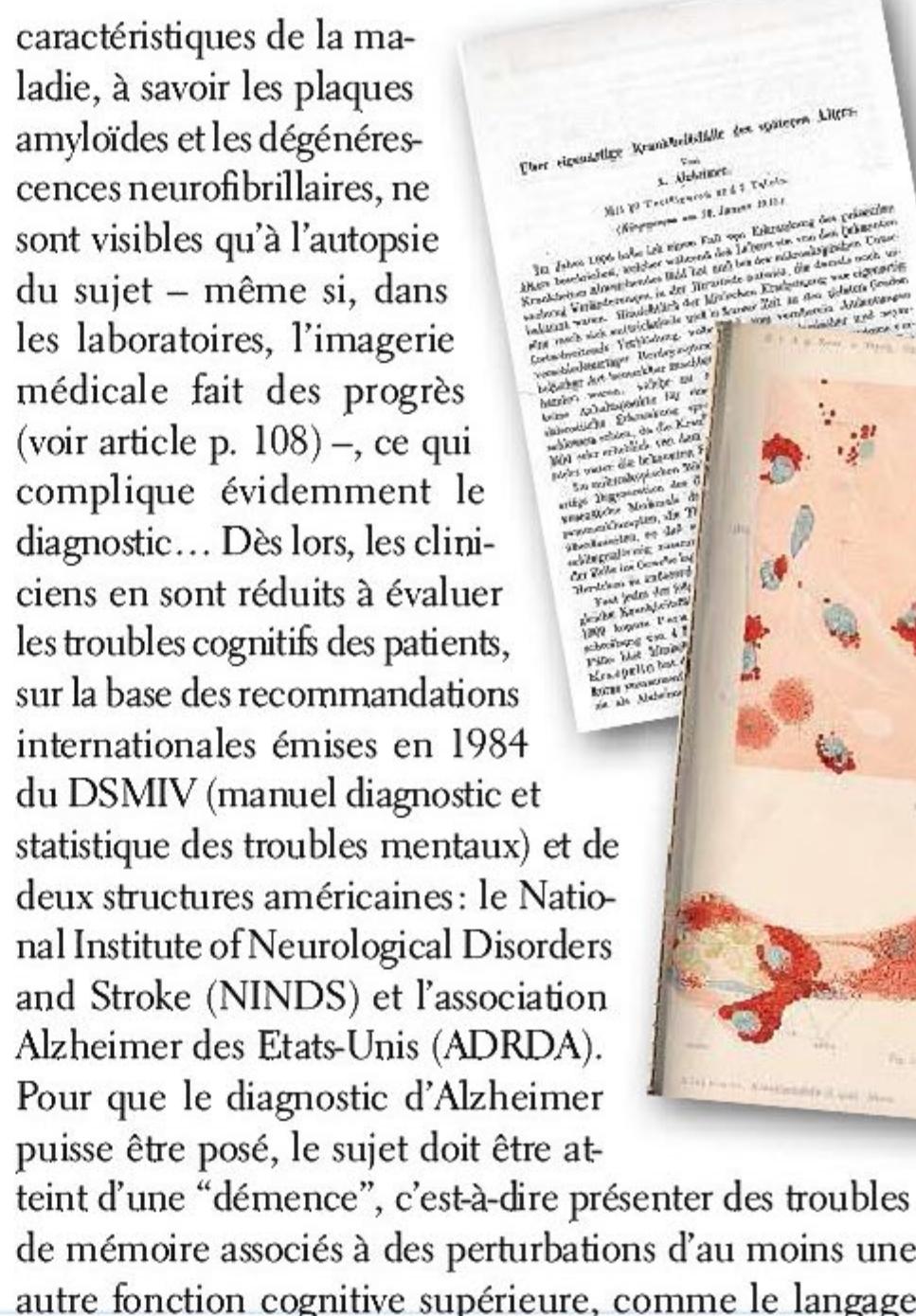
Qu'en est-il vraiment? Ces réserves ont-elles un véritable fondement scientifique? Une chose est sûre, et les neurobiologistes l'admettent volontiers, “*les malades jeunes et âgés ne présentent pas du tout le même tableau pathologique et clinique*”, atteste Luc Buée, responsable de l'équipe Maladies neurodégénératives et mort neuronale, au centre de recherche Jean-Pierre-Aubert (Lille), sans pour autant remettre en question l'existence de la maladie. Chez les patients les plus jeunes, les troubles du langage, de la réalisation des gestes et de la reconnaissance des objets et des visages sont caractéristiques. Chez les plus âgés en revanche, ce sont les troubles de mémoire qui prédominent. Or comment les attribuer à coup sûr à une maladie d'Alzheimer et pas à d'autres pathologies du vieillissement?

## 30 % D'ERREURS DE DIAGNOSTIC...

De fait, comme le reste du corps, le cerveau vieillit et peut donc présenter plusieurs pathologies associées. “*Nous n'avons pas les moyens en clinique de dire: vous, c'est une vraie maladie d'Alzheimer, vous pas*, reconnaît Catherine Thomas-Anterion. Les personnes âgées ont survécu aux accidents cardiovasculaires, aux AVC, certaines sont traitées pour l'hypertension, le diabète, etc., et l'on voudrait extraire chez elles la substantifique moelle de la maladie d'Alzheimer? C'est impossible!, tranche Luc Buée. Il faudrait pouvoir les diagnostiquer dès les premiers signes de la maladie.”

Le flou qui entoure le concept de maladie d'Alzheimer se retrouve au niveau du diagnostic. En 2000, une étude américaine menée par le neuropsychologue Oscar Lopez évaluait à 30 % les erreurs de diagnostic engendrées par les critères diagnostiques internationaux. Certes, c'était il y a dix ans, mais les recommandations internationales n'ayant pas changé depuis, tout porte à croire que ce chiffre reste élevé aujourd'hui. “*En appliquant ces critères, on inclut beaucoup de gens qui n'ont pas la maladie d'Alzheimer, mais une autre forme de démence*”, confirme Christian Derouesné.

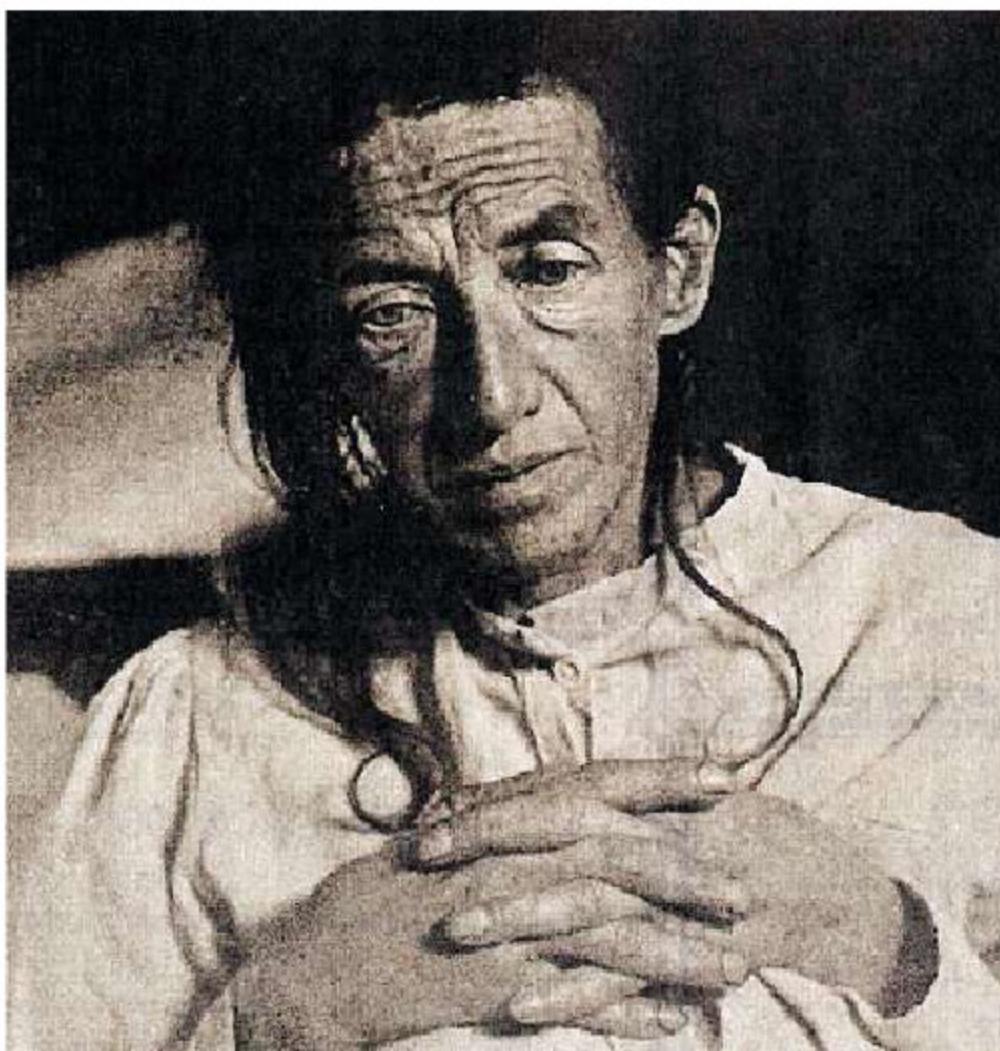
Mais au fait, de quels critères s'agit-il exactement? Ils sont essentiellement cliniques, car les lésions cérébrales





◀ Une équipe Inserm à Lille effectue des recherches pour freiner l'accumulation de la protéine Tau dans le cerveau.

▼ Auguste D. fut la première patiente du Dr Alzheimer. En autopsiant son cerveau, il observa les anomalies types de la maladie : plaques et enchevêtrements neurofibrillaires.



◀ Aloïs Alzheimer lui-même n'était pas convaincu d'avoir identifié un processus pathologique particulier distinct de la démence sénile. Certaines de ses observations, décrites dans ses travaux au début du xx<sup>e</sup> siècle, ont été négligées.

ou la reconnaissance des objets. Ces troubles doivent, en outre, être progressifs et assez sévères pour retentir sur les activités de la vie quotidienne. D'autres examens peuvent néanmoins renforcer ce diagnostic, telle l'observation en IRM d'une atrophie progressive de l'hippocampe, région cérébrale qui joue un rôle clé dans la mémoire.

Or, ces critères sont finalement plutôt flous. "Nous n'avons pas de définition opérationnelle de la maladie. Qu'entend-on par 'retentissement sur les activités de la vie quotidienne' ?

interroge Jean-François Dartigues, coordonnateur du centre de mémoire de ressources et de recherche d'Aquitaine. *On laisse au clinicien et à son expérience le soin d'évaluer cet aspect*". Un médecin généraliste et un neurologue n'auront donc pas la même définition de la maladie, pense-t-il. D'où la nécessité, évoquée en juillet lors d'une conférence internationale sur la maladie d'Alzheimer, de préciser le diagnostic, en ayant notamment recours à des examens biologiques comme la ponction lombaire quand cela est possible.

#### DES SIGNES COMMUNS À D'AUTRES MALADIES

En effet, la ponction permet de doser deux biomarqueurs des plaques amyloïdes et des dégénérescences neurofibrillaires dans le liquide céphalorachidien : le peptide bêta-amyloïde et la protéine Tau. La diminution des peptides bêta-amyloïdes et la hausse des protéines Tau sont le signe que les premiers se sont accumulés dans le cerveau sous forme de plaques et que les seconds sont rejetés par les neurones en dégénérescence. Si elle n'est pas incluse dans les recommandations internationales, cette technique est déjà pratiquée dans certains hôpitaux français. Et les cliniciens sont confiants : davantage utilisée, elle augmentera la précision du diagnostic.

Ce serait oublier que la définition neuropathologique de l'Alzheimer est loin d'être claire. Selon celle-ci, c'est la coexistence de plaques amyloïdes et de dégénérescences →

## Pas de traitement curatif

Il n'existe actuellement aucun médicament capable de ralentir l'évolution des lésions cérébrales dans la maladie d'Alzheimer. Les seuls existants ne traitent pas l'origine du mal mais ses manifestations : les troubles cognitifs et comportementaux.



< Les seuls traitements contre l'Alzheimer agissent sur ses manifestations avec des résultats médiocres.

Il s'agit des anticholinestérasiques et des antiglutamates. Les premiers augmentent la transmission cholinergique, une molécule clé dans la communication entre neurones. Les seconds bloquent les effets néfastes du glutamate, responsable d'une excitation toxique du système nerveux. L'un comme l'autre montrent une efficacité limitée. "Ils ralentissent un peu la détérioration cognitive mais on n'observe aucune amélioration", déplore Luc Buée, responsable de l'équipe Maladies neurodégénératives et mort neuronale au centre de recherche Jean-Pierre-Aubert (Lille). Quant à la prise en charge non médicamenteuse, elle fait appel à un panel de techniques (stimulation cognitive, thérapies psychosociales, motrices, etc.) dont l'efficacité n'a pas toujours été démontrée.

→ neurofibrillaires qui caractérise la maladie. Or, ces lésions ne sont pas spécifiques : on peut en observer dans le cerveau de sujets âgés sains (chez 19 % d'entre eux, leur étendue est même analogue à celle des sujets malades !) ou dans celui de sujets atteints d'un autre type de démence.

### IL EXISTERAIT PLUSIEURS MALADIES D'ALZHEIMER

*A contrario, il n'est pas rare de constater, à l'autopsie d'un sujet diagnostiquée Alzheimer de son vivant, que seules les plaques ou seules les dégénérescences neurofibrillaires sont présentes dans son cerveau. "Cette situation, qui concerne environ 10 % des cas, n'est jamais évoquée dans la littérature. Or elle pose un vrai problème. Ces patients sont-ils atteints d'une forme atypique de maladie d'Alzheimer ou d'une autre pathologie?", s'interroge Christian Derouesné. Et de remarquer qu'en 1911, Aloïs Alzheimer lui-même évoquait le cas de Johannes F., qui ne présentait que des plaques amyloïdes dans son cerveau : "Cette observation a été largement négligée car, selon moi, elle mettait en cause notre définition de la maladie d'Alzheimer."*

Difficile donc, de faire coïncider diagnostic clinique et examen neuropathologique. Au point que l'on finit par se poser la question : qu'est-ce que la maladie d'Alzheimer ? "Vraisemblablement, ça n'existe pas !", répond Christian Derouesné, un brin provocateur. *Il existe des processus pathologiques différents qui se traduisent par une symptomatologie que l'on appelle aujourd'hui maladie d'Alzheimer.*"

Le problème, c'est que ces incertitudes autour des définitions cliniques et neuropathologiques de la maladie se

retrouvent logiquement dans la recherche de ses causes. Plusieurs hypothèses ont été évoquées pour expliquer la survenue de la maladie. Mais l'une a pris le pas sur les autres, au point de concentrer l'essentiel des efforts de la recherche pharmaceutique. Il s'agit de l'hypothèse amyloïde. Selon celle-ci, en fonction de facteurs environnementaux et d'une susceptibilité génétique particulière, certains fragments de protéines, les peptides bêta-amyloïdes, s'accumulerait dans le cerveau, d'abord sous forme de complexes solubles, puis sous forme de dépôts insolubles, les plaques amyloïdes. Lesquelles favoriseraient alors un processus naturel du vieillissement, les dégénérescences neurofibrillaires, qui conduiraient *in fine* à la mort des neurones. "L'industrie pharmaceutique a investi des sommes énormes afin de trouver des médicaments empêchant le dépôt de ces plaques amyloïdes. Elle n'est donc pas prête d'abandonner cette hypothèse", remarque Christian Derouesné. Or, en cherchant à empêcher ce dépôt, on n'est même pas sûr d'améliorer les signes cliniques !" En effet, plusieurs études ont suggéré récemment que les plaques amyloïdes auraient en fait une fonction protectrice en stockant sous forme inerte les véritables fautifs que seraient les oligomères bêta-amyloïdes.

Mais peut-être est-il vain de chercher une cause unique à la maladie d'Alzheimer. Car dans sa forme originelle, elle ne représente sans doute pas elle-même une pathologie unique. "On devrait plutôt parler de syndrome d'Alzheimer", note Luc Buée. Ainsi, il n'existerait pas une, mais plusieurs maladies d'Alzheimer, de la même façon qu'il n'existe pas un cancer, mais de nombreuses formes de cancers. Il aura fallu pas moins d'une soixantaine d'années aux cancérologues pour le mettre en évidence et développer des outils thérapeutiques en conséquence. Espérons que les neurobiologistes seront plus rapides.

universcience présente



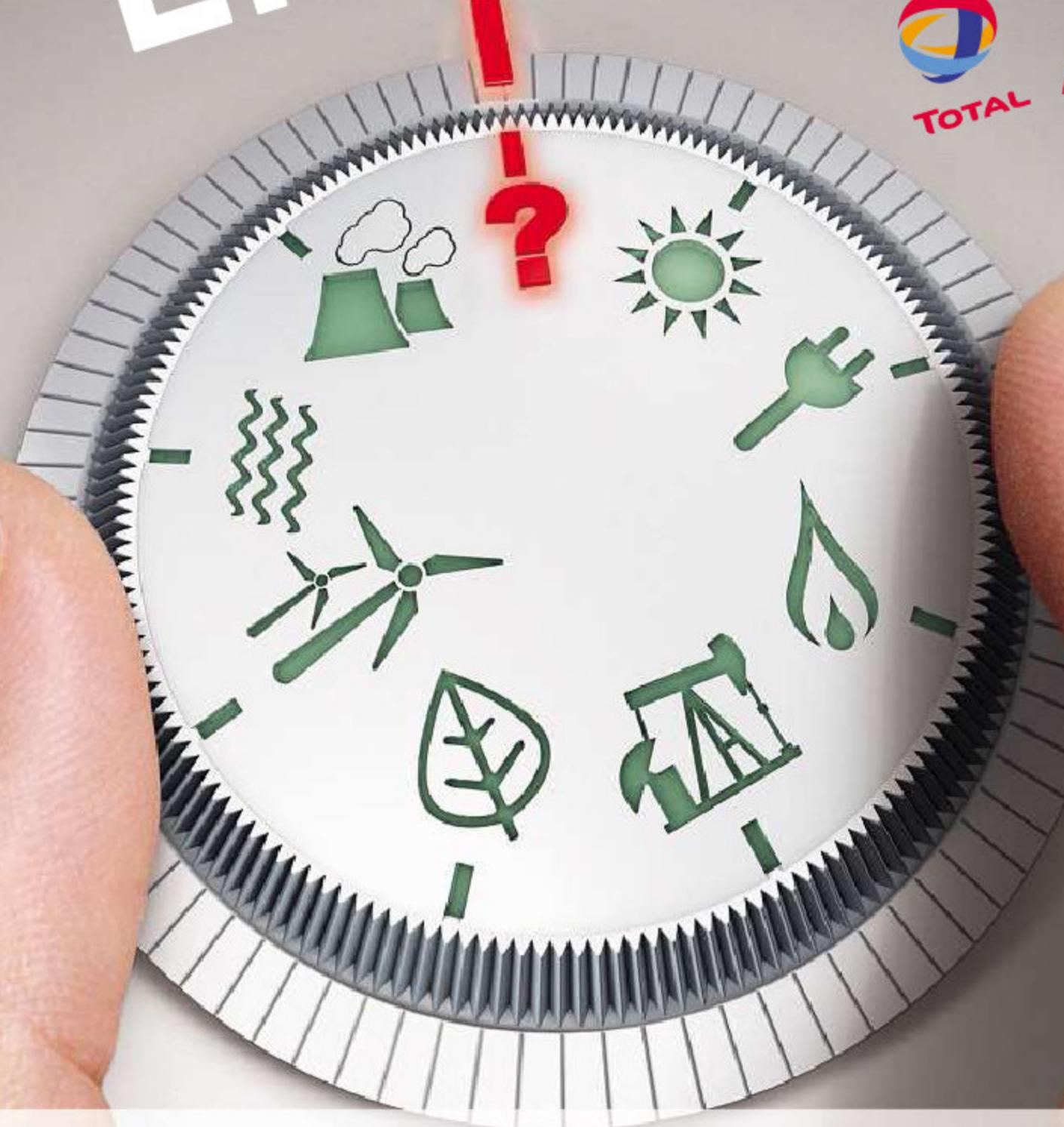
# EXPO ENERGIES

® PORTE DE LA VILLETTÉ / UNIVERSCIENCE.FR

En partenariat avec :



TOTAL AREVA



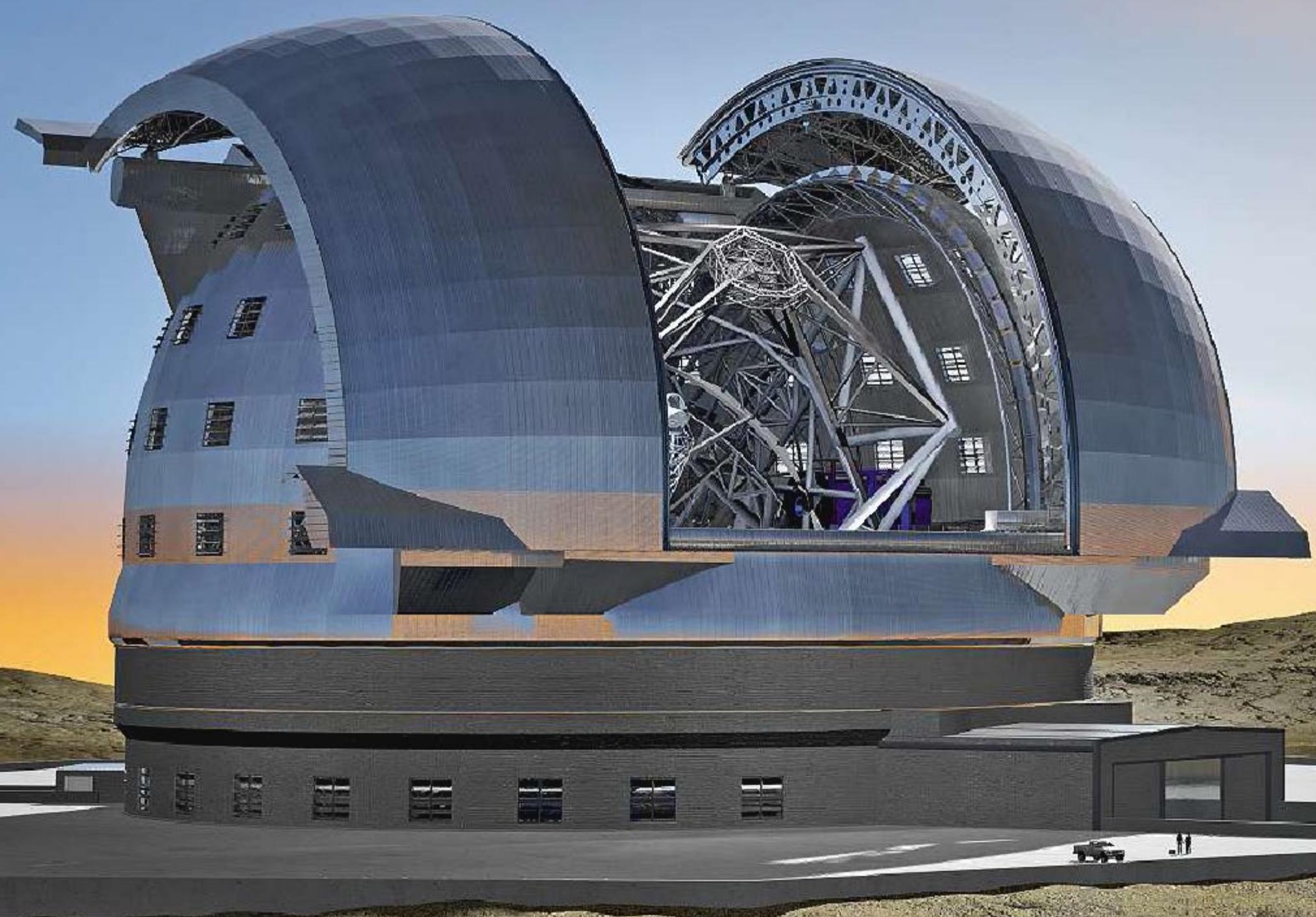
Démographie : nous serons 9 milliards en 2050. Comment garantir alors un accès durable à l'énergie pour chacun d'entre nous ?

Ecologie : face au réchauffement climatique et la nécessité de réduire nos émissions de gaz à effet de serre, quel est le bon mix énergétique ?

Finances : à quel coût produirons-nous les énergies d'avenir ? A quel prix l'achèterons-nous en tant que consommateur ? Comment économiser l'énergie dès à présent ?

International : les pays émergents se développent, les ressources énergétiques inégalement réparties sur le globe, tendent à s'épuiser... le défi est **MONDIAL**

PRENEZ LA MESURE  
DE SON AMPLÉUR À LA  
CITÉ DES SCIENCES ET  
DE L'INDUSTRIE.



**REPÈRES**

Depuis 1990, la taille des télescopes les plus puissants du monde n'augmentait plus. Une quinzaine de géants se partageaient le ciel et les découvertes, épaulés par une armada de télescopes spatiaux. Pour pénétrer plus profondément dans l'espace et le temps, il faut maintenant agir sur la taille des instruments. Avec son projet E-ELT, l'Europe ouvre une nouvelle ère : celle des télescopes supergéants.

# Télescope

## Le fabuleux E-ELT en avant-première

Par Serge Brunier



Imaginez, en haut d'une montagne isolée plus grande que le pic du Midi, au beau milieu du désert le plus aride de la planète, Atacama, un dôme de 100 mètres de diamètre, plus volumineux que la basilique

Saint-Pierre de Rome! Au centre de cette extraordinaire coupole géante, un engin de 5 500 tonnes pilote avec une souplesse et une précision diabolique un miroir parabolique de 42 mètres →

# UN TÉLESCOPE HORS NORME



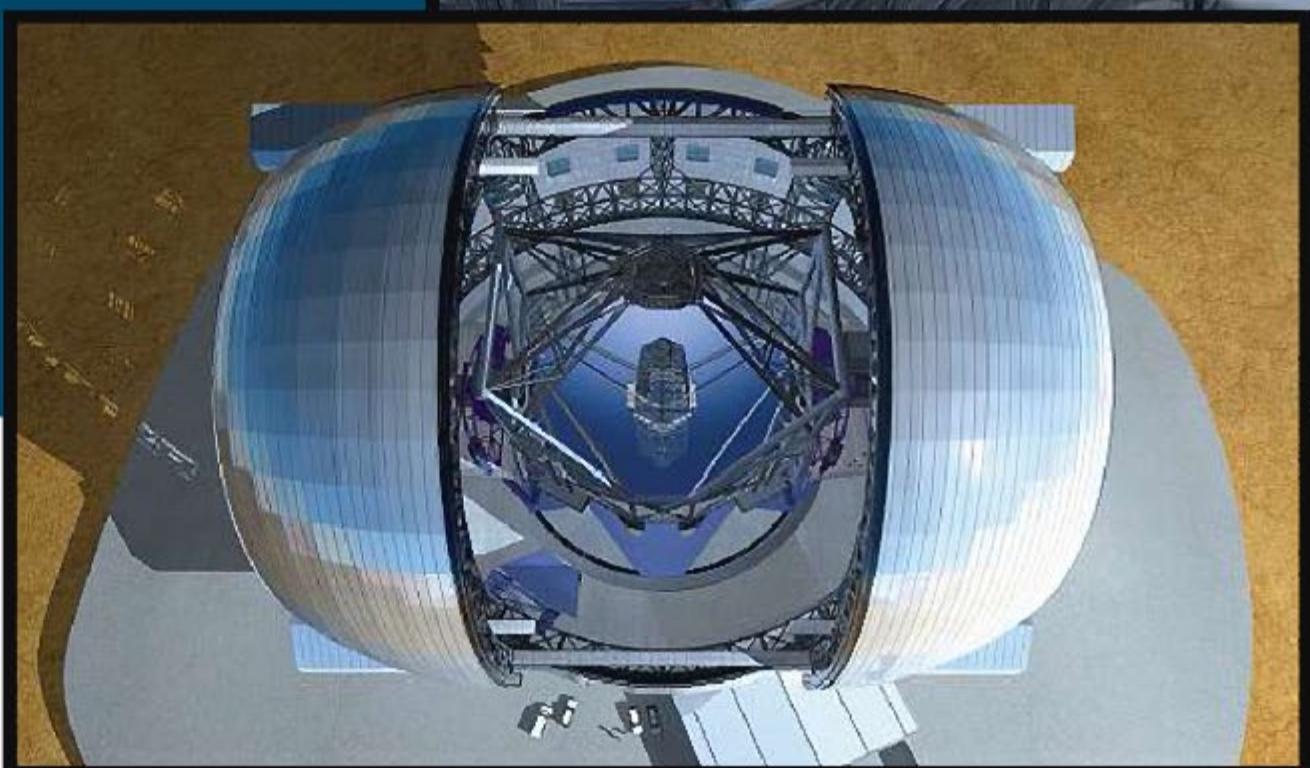
Quel monument! Dans l'air sec et glacial du désert d'Atacama, trônant entre ciel et terre, à 3000 mètres d'altitude, la coupole de 100 mètres de hauteur s'ouvrira tous les soirs, à l'exact moment du coucher du soleil. A l'intérieur, le télescope qui scrutera le ciel sera presque aussi lourd que la tour Eiffel. Sauf que cette structure arachnéenne d'acier et de verre se déplacera avec une légèreté sans égale, au rythme du ballet des étoiles.



▲ Le miroir principal, parabolique, de 42 m et de 1300 m<sup>2</sup>, reflétera la lumière des étoiles les plus pâles.

> Au centre de la coupole, un engin de 5 500 tonnes se déplaçant sur un film d'huile pilote les miroirs.

→ parfaitement poli, capable de refléter la lumière d'étoiles mille milliards de fois plus pâles que la plus faible étoile visible à l'œil nu... Ne cherchez pas, c'est du jamais vu, un tel télescope n'a pas de précédent. Sa taille et sa performance sont d'un ordre de grandeur supérieur à tout ce qui existe aujourd'hui. "Une machine révolutionnaire." "L'œil le plus puissant du monde tourné vers le ciel." "Un progrès unique dans toute l'histoire de l'astronomie, depuis la construction

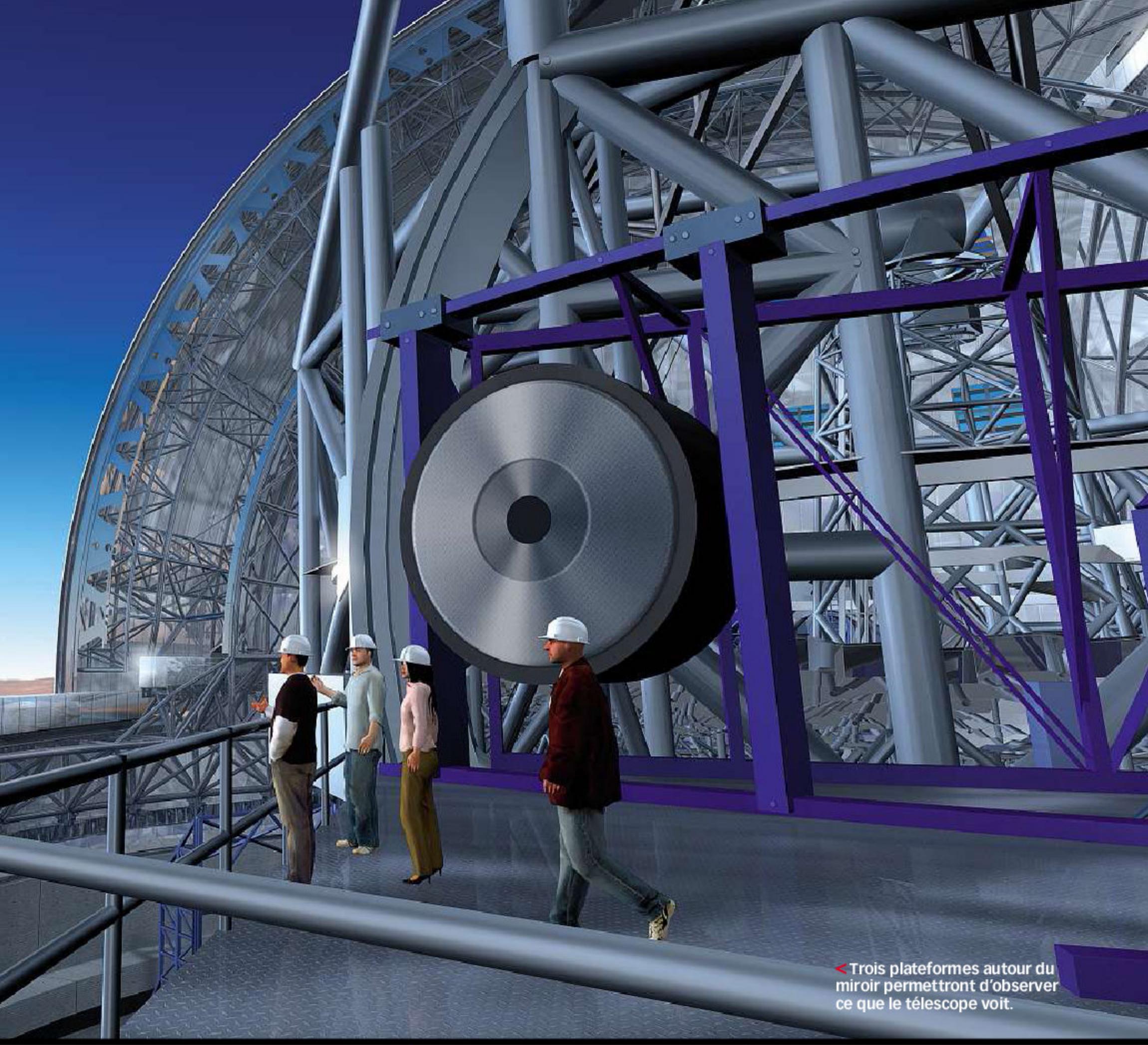


*de la première lunette astronomique par Galilée.*" Les astronomes et ingénieurs européens ne s'en lassent pas. Etourdis par l'ampleur du projet qu'ils ont lancé, ils s'émerveillent des dimensions inédites de ce télescope de tous les records. Ils semblent même surpris

que ce soit la vieille Europe qui ose se lancer dans pareille aventure...

Pour l'instant, cet outil de rêve, baptisé E-ELT (European Extremely Large Telescope), n'existe qu'à travers une représentation tridimensionnelle hyperréaliste (voir ci-dessus et p. 98-99).





< Trois plateformes autour du miroir permettront d'observer ce que le télescope voit.

P.CARRIL - M.KONTENTE

De quoi admirer sous tous les angles le projet que porte l'Observatoire européen austral (ESO), qui regroupe quatorze pays européens, plus le Chili. Le chantier de construction, lui, n'a pas encore été officiellement lancé. "La décision s'appuiera principalement sur le compte rendu de l'examen des plans détaillés, dévoilé à l'automne, explique-t-on au sein de l'organisme européen. Ce compte rendu dira si la machine peut être construite sans risques techniques excessifs."

La majorité de la communauté astronomique internationale est convaincue que le projet va être lancé. La décision devrait intervenir avant la fin de l'année, pour un coût total prévisionnel d'environ un milliard d'euros et une entrée en service prévue pour 2018.

#### ENTRÉE DANS LA "BIG SCIENCE"

Le site retenu a même déjà été annoncé il y a quelques mois: ce sera le sommet de Cerro Armazones, une montagne de 3000 mètres d'altitude,

au cœur du désert chilien d'Atacama (voir S&V n° 1113, p. 34), bien connu des astronomes pour l'exceptionnelle pureté de son atmosphère. D'ailleurs, si l'E-ELT existe, il trônera juste en face du Very Large Telescope (VLT), déjà construit par l'ESO sur la montagne d'à côté. La rupture n'en sera que plus significative: car avec l'E-ELT, c'est dans l'ère de la "Big Science" que les astronomes vont entrer de plain-pied.

*Big Science*: l'expression a été inventée pour qualifier les mégas →

→ projets scientifiques, aux budgets pharaoniques, mobilisant des centaines de laboratoires internationaux, des milliers d'ingénieurs et de chercheurs autour d'une machine unique au monde. Et, jusqu'ici, ces projets à l'échelle planétaire étaient cantonnés à la physique des particules, comme l'accélérateur du Centre européen de recherche nucléaire, le Large Hadron Collider (LHC), ou encore le projet de démonstrateur de réacteur à fusion nucléaire ITER...

L'astronomie, de son côté, ne s'était jamais départie d'une relative modestie, tant dans son mode de fonctionnement régional que dans la nature quasiment artisanale de ses projets. Ainsi, la génération actuelle de télescopes géants compte-t-elle... une quinzaine d'unités, à peu près identiques, coûtant chacune un peu plus de 100 millions d'euros, soit moins du centième du prix de ITER! Et *Hubble* direz-vous, lui qui a coûté près de 10 milliards d'euros? En fait, il ne s'agit pas ici de *Big Science*, car le télescope spatial, clone civil d'un satellite espion américain, a bénéficié de transferts technologiques militaires et spatiaux massifs.

#### UN ARRÊT DANS LA CROISSANCE

Au début des années 2000, lorsque les chercheurs ont commencé à imaginer la future génération de télescopes, il leur a fallu se rendre à l'évidence. Pour voir plus loin dans le ciel des lumières plus faibles avec plus de précision, il leur faudrait construire des télescopes beaucoup plus grands. Et, à l'instar de leurs collègues physiciens, il leur faudrait concentrer les budgets et les moyens, l'astronomie mondiale ne pouvant pas se permettre de s'offrir plus d'un ou deux instruments "supergéants".

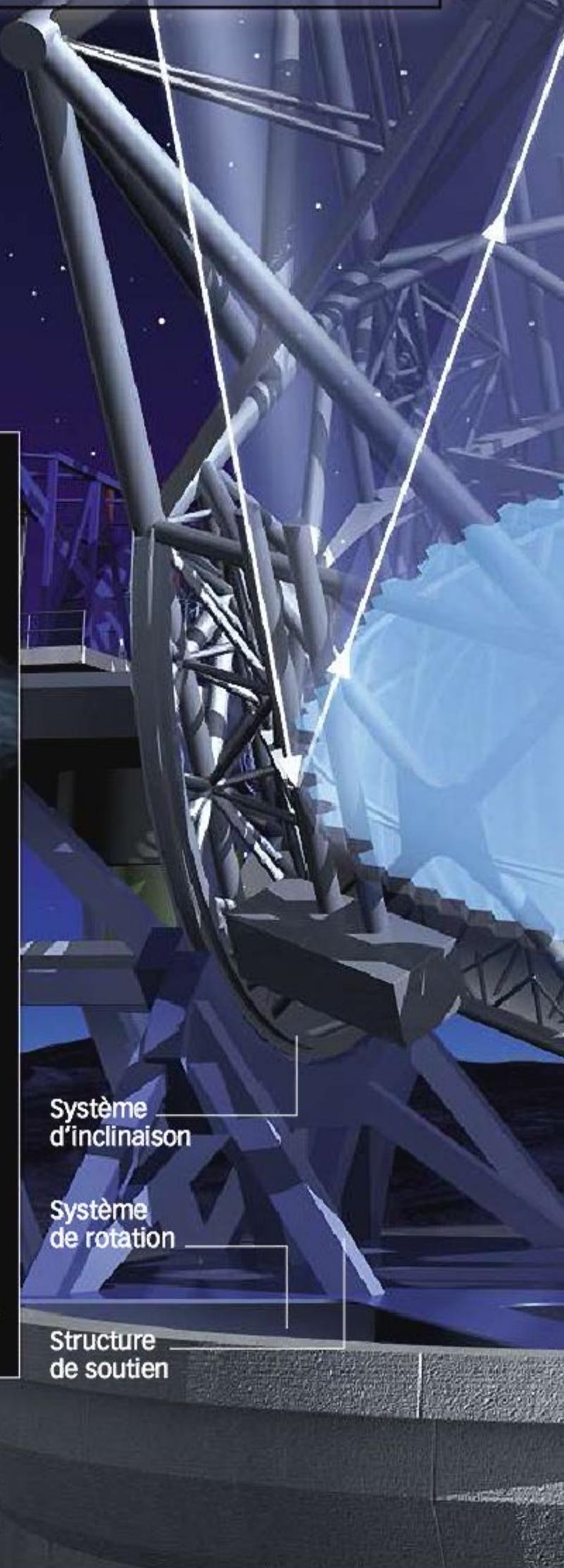
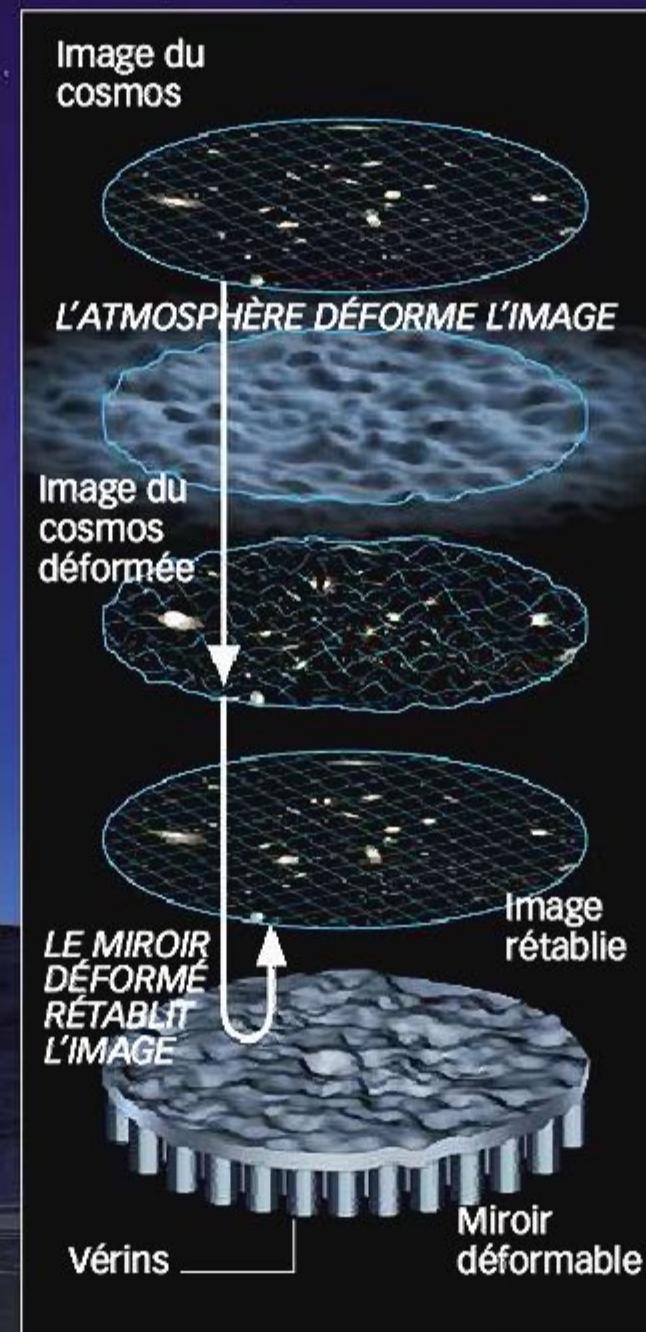
Les règles en la matière sont en effet simples: la puissance d'un télescope est directement fonction du diamètre de son miroir. Depuis Galilée, chaque génération d'ingénieurs et →

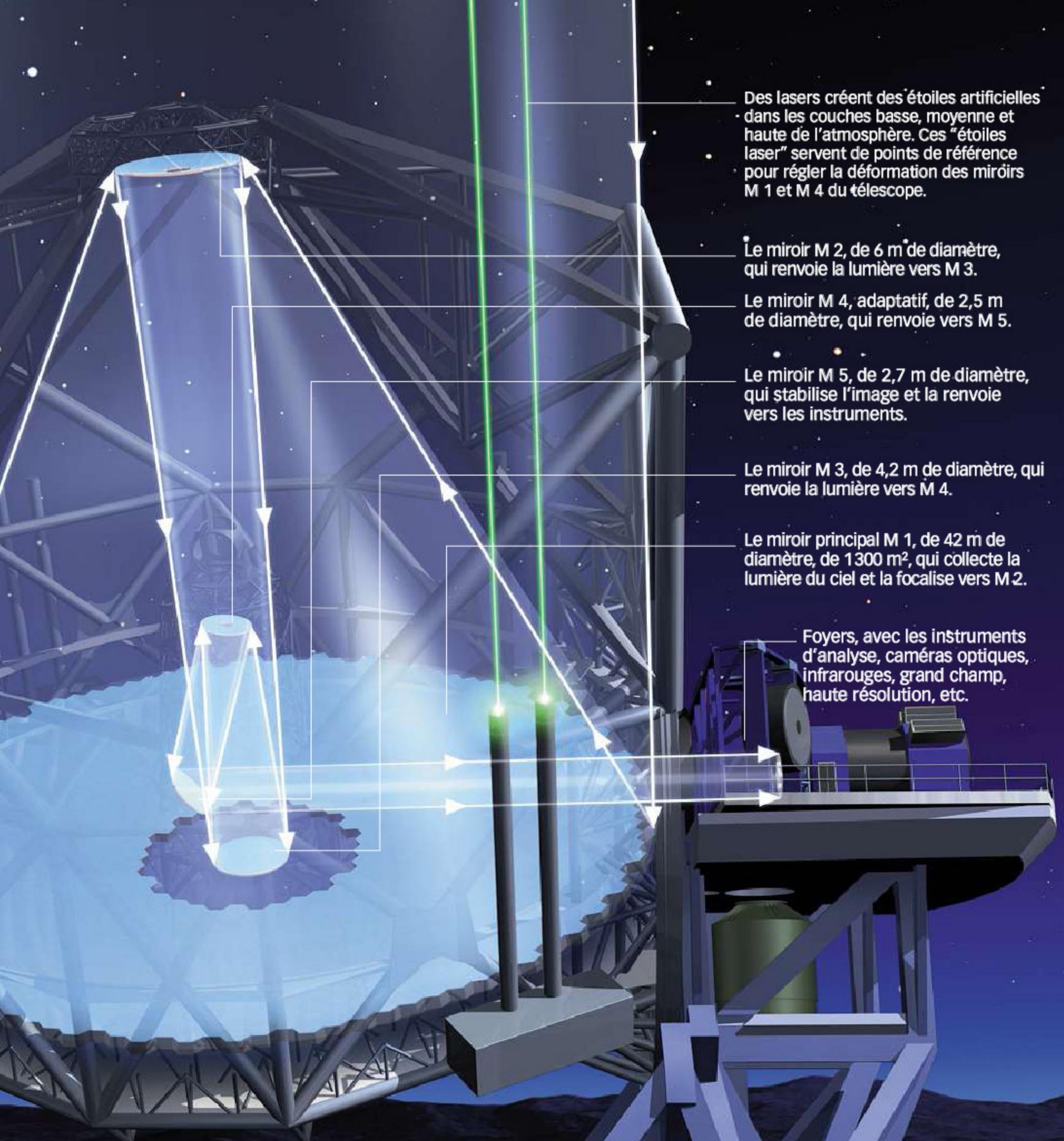
## UNE SUPER OPTIQUE BARDÉE D'ÉLECTRONIQUE

**Si ce n'est sa taille hors norme, l'E-ELT est un télescope comme les autres, ou presque. Son miroir principal, de 42 m de diamètre, est une mosaïque de 984 miroirs hexagonaux de 1,45 m chacun et de 5 cm d'épaisseur. Ultralégers, pesant environ 150 kg chacun, ils seront probablement coulés dans une vitrocéramique, le Zerodur. Une fois renvoyée par les 1300 m<sup>2</sup> de surface optique du miroir principal, la lumière des étoiles est réfléchie par un train de quatre autres miroirs avant d'atteindre l'un des trois foyers du télescope.**

#### L'optique adaptative compense les perturbations atmosphériques

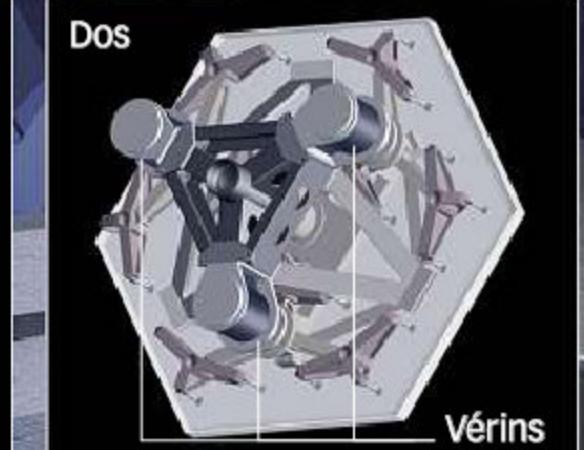
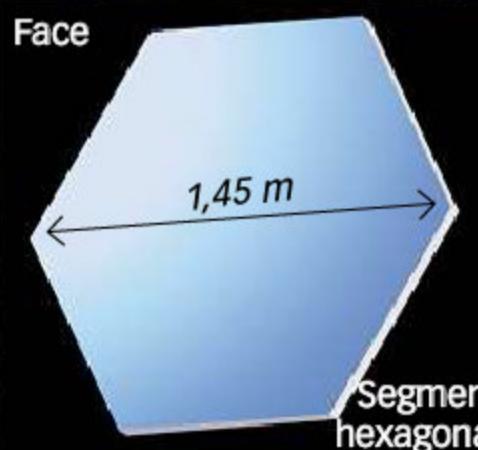
L'atmosphère déforme les images qui la traversent. L'E-ELT corrigera en permanence ces images dégradées, complètement floues. C'est sur le miroir M 4, une fine lame de vitrocéramique de quelques millimètres d'épaisseur, très souple, que l'ordinateur de contrôle appliquera une déformation inverse à celle de la turbulence, afin de la corriger complètement.





### L'optique active maintient la forme parabolique du miroir

Le miroir primaire de l'E-ELT est une mosaïque de 984 miroirs hexagonaux supportée par 30 000 vérins. Ces derniers lui permettent de conserver sa forme parfaitement parabolique en permanence, quelle que soit son inclinaison. Trois mille de ces vérins sont contrôlés par un ordinateur qui commande, plusieurs fois par minute, les infimes corrections de position et d'inclinaison des segments.



Des lasers créent des étoiles artificielles dans les couches basse, moyenne et haute de l'atmosphère. Ces "étoiles laser" servent de points de référence pour régler la déformation des miroirs M 1 et M 4 du télescope.

Le miroir M 2, de 6 m de diamètre, qui renvoie la lumière vers M 3.

Le miroir M 4, adaptatif, de 2,5 m de diamètre, qui renvoie vers M 5.

Le miroir M 5, de 2,7 m de diamètre, qui stabilise l'image et la renvoie vers les instruments.

Le miroir M 3, de 4,2 m de diamètre, qui renvoie la lumière vers M 4.

Le miroir principal M 1, de 42 m de diamètre, de 1300 m<sup>2</sup>, qui collecte la lumière du ciel et la focalise vers M 2.

Foyers, avec les instruments d'analyse, caméras optiques, infrarouges, grand champ, haute résolution, etc.

→ d'astronomes se contentait *grosso modo* de multiplier la taille par deux... Ainsi, en 1900, les plus puissants télescopes du monde mesuraient 1 mètre de diamètre, puis 2,5 mètres en 1925, 5 mètres en 1950, 10 mètres en 1990... Or, en 2010, on en est toujours là, la communauté scientifique internationale disposant d'une grosse douzaine de télescopes mesurant de 8 à 10 mètres. Pourquoi cet arrêt dans la croissance de la taille des instruments?

#### LA NÉCESSITÉ DU CHANGEMENT

Parce qu'au cours des décennies 1980 et 1990, l'astronomie a connu ses deux plus grandes ruptures depuis Galilée : d'abord avec l'invention de la caméra électronique CCD, qui a multiplié par dix la puissance de n'importe quel télescope, et ensuite avec l'accès à l'espace, permettant d'obtenir un autre gain d'un facteur 10 par rapport aux appareils terrestres, handicapés par l'atmosphère turbulente de notre planète – le télescope spatial *Hubble*, dont le miroir ne mesure que 2,4 mètres de diamètre, réussit à concurrencer les géants terrestres actuels de 10 mètres... En sus, les astronomes ont imaginé d'autres astuces, comme la mise en réseau de plusieurs télescopes (voir *S&Vie*, n° 1065, p. 94).

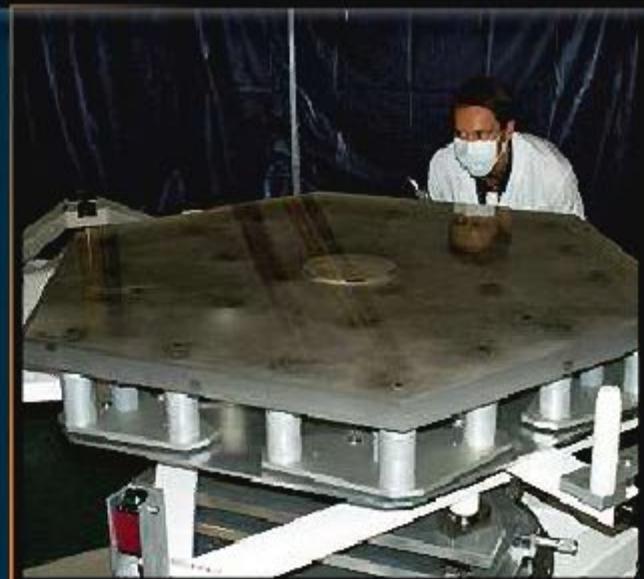
Ces ruptures techniques ont amené des progrès scientifiques prodigieux. C'est bien la génération actuelle d'astronomes qui a découvert les quelque 500 exoplanètes connues et qui a élaboré le modèle décrivant l'évolution de l'Univers à partir du big bang. Mais aujourd'hui, le besoin d'un changement d'échelle se fait de nouveau sentir, car la génération actuelle n'a plus grand-chose à découvrir. Non pas parce que les mystères de l'Univers sont tous révélés, mais simplement parce que les télescopes sont incapables de les résoudre, du fait de leur surface collectrice de lumière trop limitée. Existe-t-il d'autres Terre dans l'Univers? Comment se sont

## UN PARI TECHNOLOGIQUE À TOUS



### Le défi... du chantier

Pour installer 5500 tonnes de très haute technologie en plein désert, il faudra d'abord tracer une véritable autoroute d'une cinquantaine de kilomètres depuis la route "panaméricaine" qui traverse l'Amérique du Sud de part en part, puis la faire grimper à 3000 mètres d'altitude, jusqu'au sommet du mont Armazones, avant d'arrêter celui-ci d'une bonne centaine de mètres pour libérer une plateforme de deux hectares... Un tel chantier a déjà été réalisé pour le mont Cerro Paranal, tout proche, où est juché le Very Large Telescope. Sauf qu'Armazones est plus haut et beaucoup plus raide.



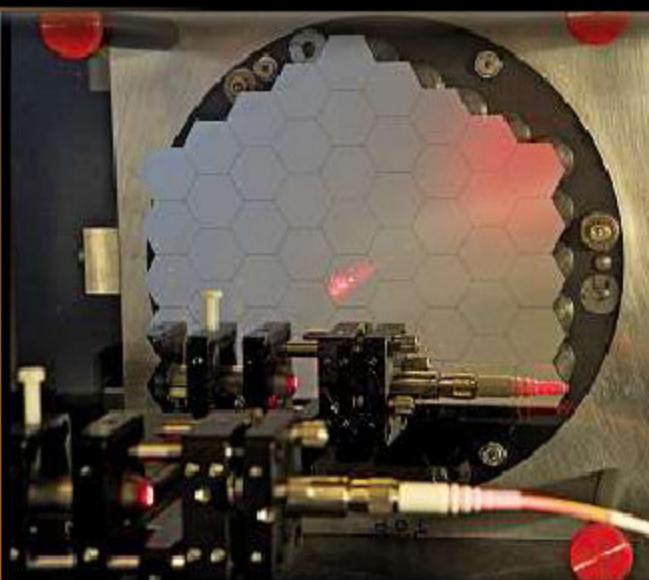
### Le défi... de la fabrication du miroir

La fabrication des 984 miroirs hexagonaux du miroir mosaïque de l'E-ELT est peut-être la gageure du projet. Pas tant la fabrication des miroirs en eux-mêmes : expérimentée, l'industrie optique européenne a les moyens de couler puis de polir avec une précision de 10 nanomètres une surface en vitrocéramique de moins de 2 m<sup>2</sup>. Le problème est le rythme fou de la production : il faudra réaliser ces miroirs à la chaîne, à raison d'un par jour pendant trois ans! Les entreprises spécialisées se préparent à révolutionner leur mode de production. Un prototype, poli par la société Reosc, a été livré à l'ESO cet été.

formées les premières étoiles? Quelle est la nature des énigmatiques matière noire et énergie sombre? Quelle est l'histoire de l'Univers juste après le big bang? Pour résoudre ces énigmes, il faut construire un télescope plus puissant. Or, surprise, ce ne sont pas les Etats-Unis qui ont relevé le gant, mais l'Europe, via l'une de ses plus grandes structures scientifiques.

Pour comprendre le défi fou que représente l'E-ELT, il suffit de le comparer aux plus puissants télescopes actuels. Le record est – déjà – européen : il s'agit de GranTeCan, un instrument espagnol mis en service voici quelques mois à La Palma, aux Canaries, avec un miroir de 10,4 mètres de diamètre. Le miroir de l'E-ELT offrira une surface seize fois plus grande... La

# LES NIVEAUX



## Le défi... de l'optique adaptative

Une première : c'est le télescope entier qui sera "adaptatif", c'est-à-dire capable de corriger en temps réel la turbulence atmosphérique. Pour cela, les opticiens européens vont devoir créer une pièce unique : le miroir M 4 du télescope, une optique de 2,5 mètres de diamètre ne dépassant pas quelques millimètres d'épaisseur, supportée par environ 7000 actuateurs corrigent la turbulence mille fois par seconde... Dans une seconde phase du projet, l'optique adaptative de l'E-ELT comptera 40 000 actuateurs trois fois plus rapides, une technologie qui n'existe pas encore.



## Le défi... de l'optique active

Les dimensions et la masse du télescope E-ELT seront tellement énormes qu'il sera équipé d'un système dit "d'optique active" corrigant, en temps réel, toutes les flexions et les lentes déformations dues, par exemple, au vent ou aux forces exercées par l'inclinaison de la machine, tournant sur son axe vertical ou horizontal. L'échelle du système à mettre au point donne le tour : le seul miroir primaire sera soutenu et équilibré par 30 000 supports mobiles qui en contrôleront et en corrigent la forme à chaque seconde.



## Le défi... du traitement informatique

Pour gérer les optiques actives et adaptatives, l'E-ELT devra être doté d'un système d'intelligence artificielle capable de contrôler en temps réel sa forme, à quelques dizaines de nanomètres près, en fonction des conditions d'environnement du télescope (vent, pression, humidité et turbulence atmosphérique) et des flexions et déformations mécaniques et optiques qu'il subit. Pour gérer ce flux d'informations et de commandes, la puissance de calcul des ordinateurs de l'E-ELT devra être des milliers de fois plus importantes que celle dont disposent les télescopes géants actuels !

masse mobile de Grantecan est de 500 tonnes. E-ELT sera plus de dix fois plus lourd ! Par surcroît, afin de garantir un suivi rigoureux des astres, ce géant de 50 mètres de haut devra déplacer les 160 tonnes de son miroir principal avec une précision de quelques dizaines de nanomètres...

Comment un tel engin est-il seulement envisageable ? Après cinq

années d'études de faisabilité, le conseil scientifique de l'ESO a bien conscience des risques technologiques inhérents à la *Big Science*.

### 984 MIROIRS HEXAGONAUX

Le LHC est tombé en panne le lendemain de sa mise en service en raison d'un défaut de fabrication, et ceci plus d'un an durant. Quant à ITER, le coût

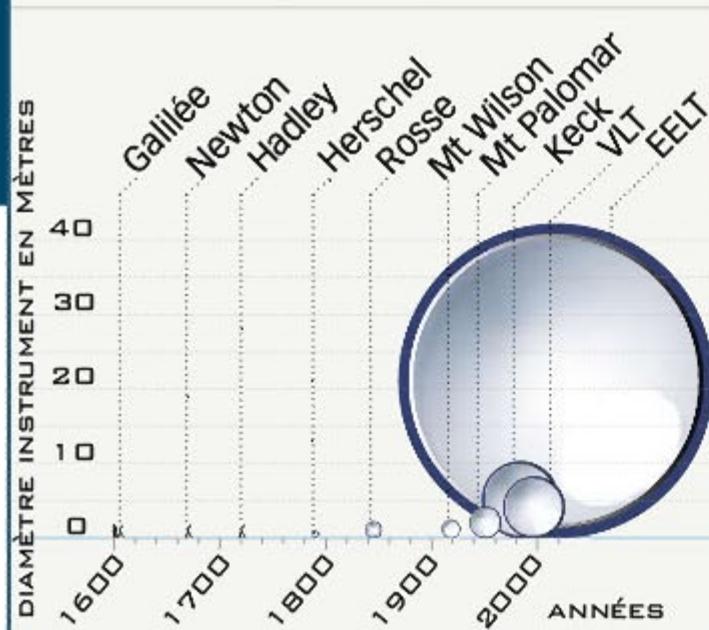
de fabrication de cette installation pilote a été multiplié par trois en dix ans...

Paradoxalement, la pièce maîtresse du télescope, son âme, sa raison d'être ne donne pas de sueurs froides aux ingénieurs. Car la technique choisie pour construire le spectaculaire miroir de 42 mètres de diamètre est déjà maîtrisée par les opticiens : il s'agit de juxtaposer 984 miroirs hexagonaux de 1,45 m →

# UNE PUISSANCE D'OBSERVATION RÉVOLUTIONNAIRE



## Le saut quantitatif du passage à l'E-ELT n'a pas de précédent



La taille des télescopes double à chaque génération. E-ELT marque une rupture unique, comme l'illustrent ces images d'une galaxie spirale identique à notre propre

Voie lactée, située à 400 millions d'années-lumière. La première la montre telle qu'on l'observait en 1950, avec le télescope du mont Palomar, la seconde avec le Very

un miroir par jour pendant trois ans, alors que le rythme de livraison pour les hexagones du miroir de Grantecan n'était que de deux par mois !

La *terra incognita* que constitue l'entrée de l'astronomie dans la *Big Science*, c'est ce changement d'échelle inédit. Multiplier par quatre le diamètre du miroir, c'est multiplier d'un facteur 10 les volumes et les masses. L'un des défis de la construction est d'ailleurs de pouvoir mesurer, puis compenser les fantastiques torsions que subit la machine lorsqu'elle tourne, ainsi que les effets du vent ou des microséismes sur les mouvements de l'ensemble. Les astronomes ont cependant l'habitude de prendre en compte tous ces phénomènes parasites avec ce qu'ils appellent "l'optique active". Henri Boffin, astronome de l'ESO, ne pense pas le défi insurmontable : "Nous

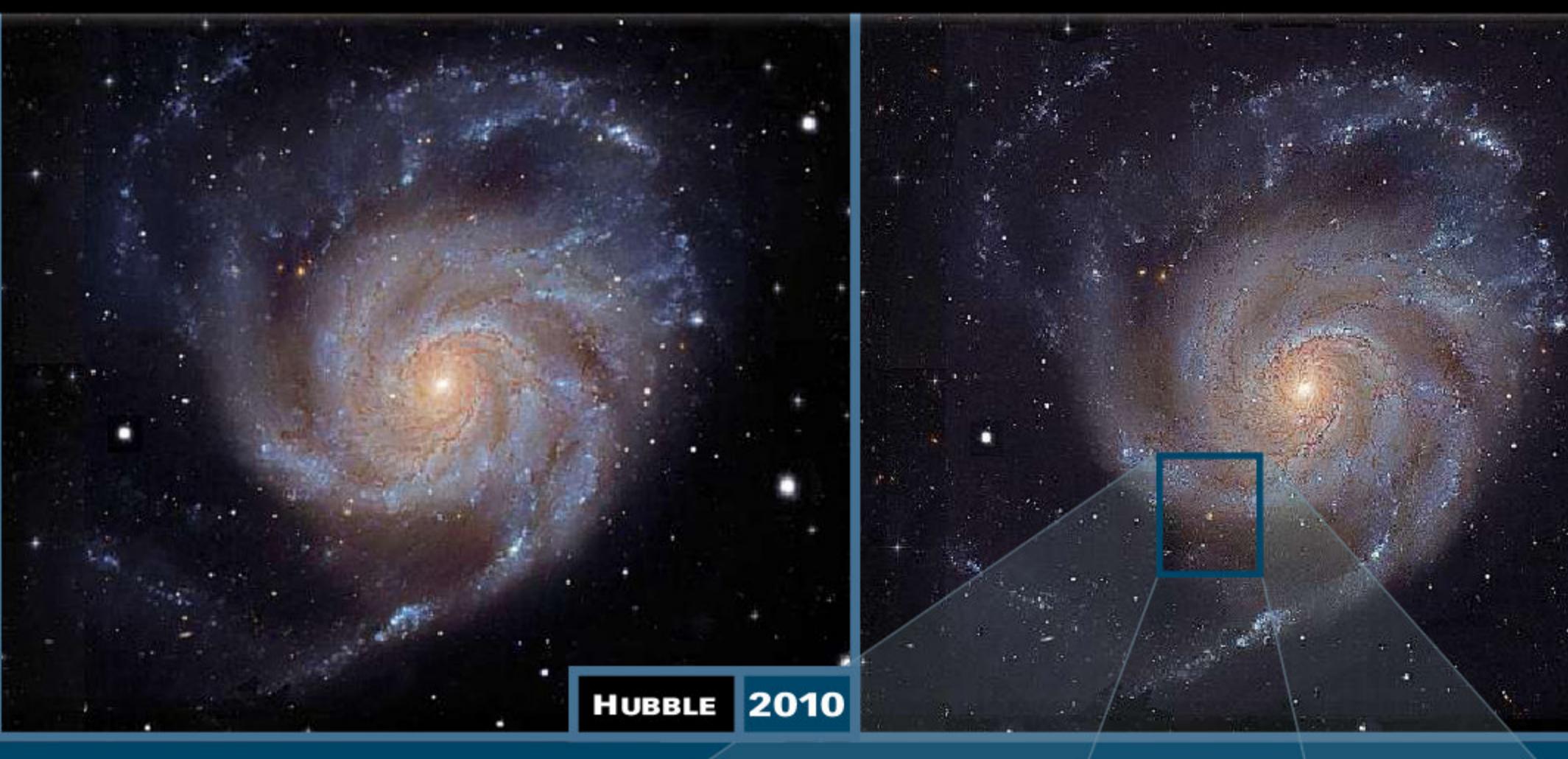
→ de côté, chacun contrôlé en temps réel par ordinateur afin qu'il suive la course des astres dans le ciel tout en formant continuellement avec ses voisins une surface parabolique, proche

Ce futur chef-d'œuvre, quoique mis en concurrence dans toute l'industrie européenne, ne devrait pas échapper aux opticiens allemands et français ; avec la production des éléments de vitrocéramique dévolue à l'entreprise allemande Schott, située à Mainz, et le polissage des miroirs par Reosc, située à Saint-Pierre-du-Perray, non loin de Paris. Reosc, un département de Sagem, a déjà produit les optiques de sept des quatorze plus grands miroirs du monde. L'ESO lui a donc logiquement confié l'étude

## Tel le roseau de la fable, le véritable secret de l'E-ELT sera sa souplesse

de la forme sphérique, de presque 1300 m<sup>2</sup>. Cette même technique en mosaïque a déjà été exploitée pour le télescope Grantecan, mais avec seulement 36 miroirs à synchroniser.

de faisabilité de ceux de l'E-ELT, qui mettent les ingénieurs devant un défi radicalement nouveau, étant donné le rythme effarant de production... Car il faudra à Schott et Reosc produire

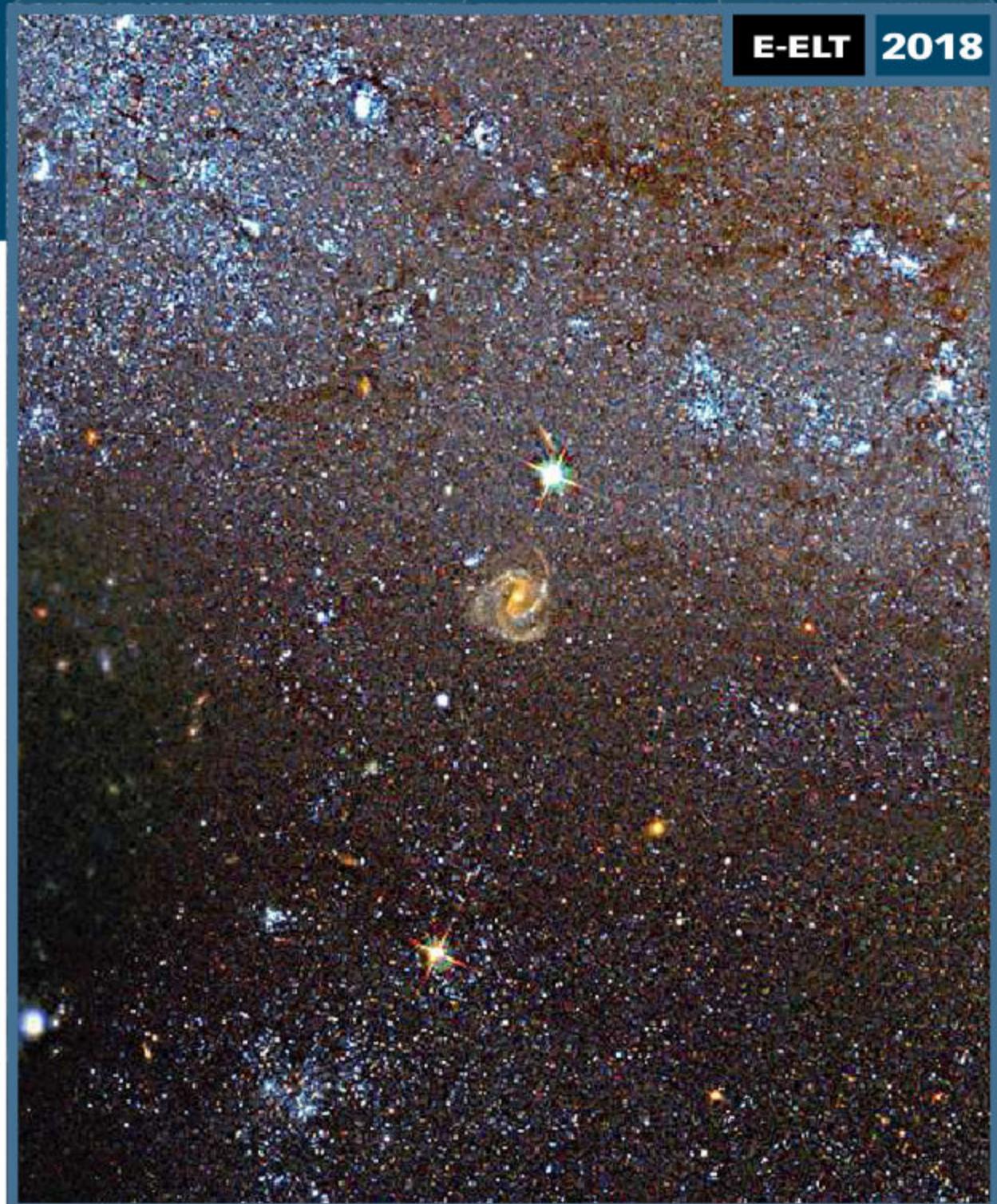


Large Telescope et une caméra CCD, la troisième avec le télescope spatial *Hubble* et la dernière avec l'E-ELT qui offre mille fois plus de détails qu'en 1950 et quinze fois plus que *Hubble*.

avons déjà l'expérience des très hautes précisions optiques, grâce au mode interférométrique du VLT, qui mélange la lumière de télescopes situés à des dizaines de mètres les uns des autres, et nous pouvons étudier les effets du vent sur les antennes de radiotélescopes existantes, plus grandes encore que l'E-ELT."

#### LE PREMIER TÉLESCOPE ADAPTATIF

L'enjeu décisif est en fait ailleurs: "Ce sera le premier télescope adaptatif", résume Henri Boffin. Pour comprendre, il faut savoir qu'en parallèle de l'optique active, les astronomes expérimentent depuis une vingtaine d'années ce qu'ils appellent "l'optique adaptative": alors que la première technique se concentre sur les tensions subies par la machine, la seconde, inventée conjointement par les opticiens astronomes et militaires, →



→ revient à corriger en temps réel les turbulences de l'atmosphère terrestre. Le principe consiste à appliquer la correction sur un petit miroir mince, déformé plusieurs centaines de fois par seconde par un réseau de minuscules actuateurs – moteurs commandés par un ordinateur, lequel donne ses instructions après avoir analysé la turbulence atmosphérique sur une image d'étoile ou sur une étoile artificielle dessinée dans le ciel par un puissant laser.

### LES CAPRICES DE L'ATMOSPHÈRE

Cette optronique de l'extrême, une spécialité française, a été défrichée depuis les années 1980, entre autres laboratoires par l'Office national d'études et recherches aérospatiales (Onera). Et c'est Cilas, une PME orléanaise qui a déjà fourni la plupart des miroirs adaptatifs des télescopes géants japonais Subaru, européens VLT et américains Gemini, qui, sans surprise, s'est vu confier par l'ESO une étude sur l'optique adaptative de l'E-ELT. Sauf que l'engin doit être prévu, dès sa conception, pour épouser cette technique. Le dispositif ne sera plus un "accessoire" installé derrière le télescope, comme cela reste le cas jusqu'ici, mais sera directement intégré au télescope, via des miroirs relais de 2,5 mètres de diamètre (voir p. 101). Une première. Ainsi, tel le roseau de la fable, le véritable secret de l'E-ELT sera sa souplesse : l'instrument n'offrira pas de résistance au vent, aux microséismes, à la turbulence atmosphérique, il s'y adaptera continûment, au rythme fou de la vibration de sa myriade de miroirs.

Car cette rupture technologique s'accompagne d'exigences vertigineuses sur la vitesse d'adaptation des miroirs aux caprices de l'atmosphère : plus le télescope est puissant, plus son optique adaptative doit être précise. Henri Boffin explique : "Des optiques adaptatives actuelles, →

## DES OBJECTIFS SANS PRÉCÉDENT

### Voir les premières galaxies

L'objectif premier de l'E-ELT, sans l'ombre d'un doute, est la découverte et l'étude des toutes premières étoiles et galaxies, nées quelques centaines de millions d'années après le big bang, voici plus de 13 milliards d'années.

### Découvrir d'autres Terre

La luminosité unique de l'E-ELT en fera une formidable machine à étudier les exoplanètes. Dans dix ans, il sera probablement le seul instrument suffisamment sensible pour étudier en détail d'éventuelles autres Terre.

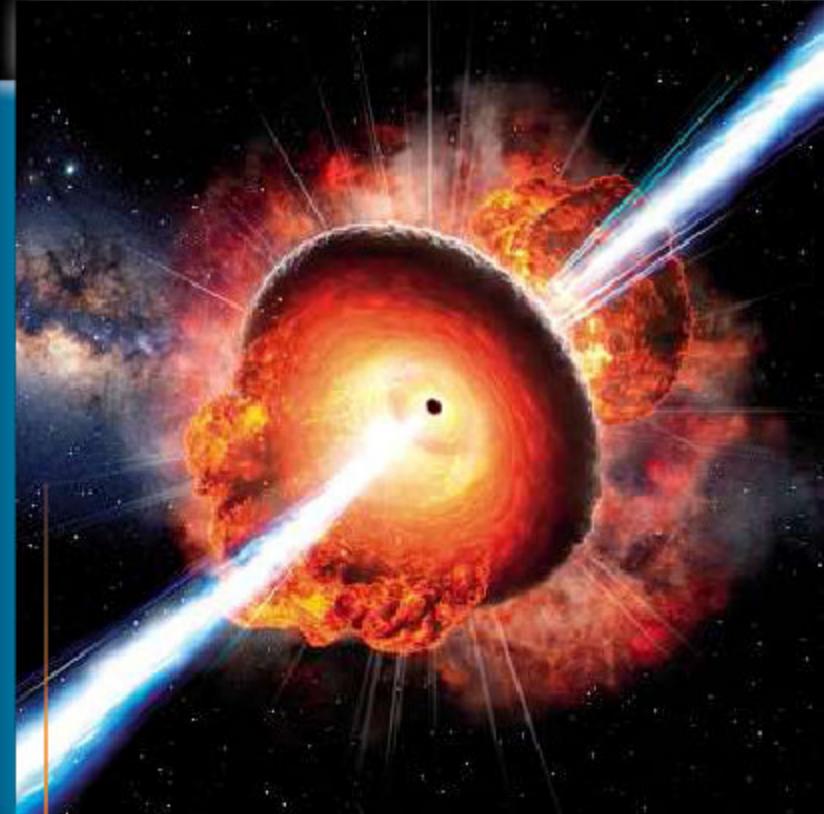


## Percer le secret de la formation des étoiles

Comment se forment les étoiles ? Comment s'entourent-elles d'un cortège de planètes ? La naissance des étoiles est cachée par des nuées gazeuses épaisses, que la sensibilité infrarouge du géant permettra enfin de percer.

## Tomber sur une surprise

Découvrir l'inimaginé, au fond, c'est ce dont rêvent les astronomes. Mais c'est rare. En 1929, le télescope du mont Wilson a découvert l'expansion de l'Univers. En 1998, la génération "Hubble et VLT" a révélé une forme d'énergie inconnue, "l'énergie noire", qui accélère l'expansion. A partir de 2018, que découvrira l'E-ELT ?



## Observer les violences du cosmos

L'extraordinaire sensibilité de l'E-ELT va lui permettre de photographier les événements les plus violents de l'Univers, comme les supernovae, les trous noirs géants ou les pulsars, à raison de dizaines de milliers d'images par seconde... Il va aussi permettre de filmer la course des étoiles autour d'un trou noir, filant à un dixième de la vitesse de la lumière.



# LE FLEURON D'UNE NOUVELLE GÉNÉRATION

## Des télescopes partenaires...

L'E-ELT verra les astres comme nous, c'est-à-dire dans le domaine visible du spectre électromagnétique, ainsi que dans l'ultraviolet et l'infrarouge. Il sera secondé par d'autres instruments sensibles à des longueurs d'onde lui étant inaccessibles. Du fait de son diamètre de miroir et de la longueur d'onde qu'il observera, il restera néanmoins plus sensible et plus précis, d'au moins un ordre de grandeur, que ces autres instruments géants.

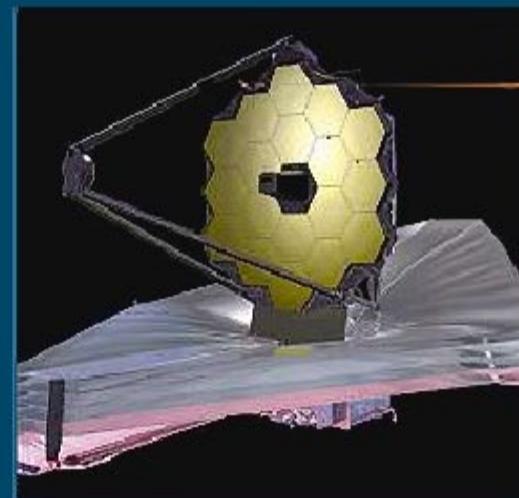


**SKA**

Le Square Kilometre Array sera, vers 2025, un immense radiotélescope virtuel de 1 km<sup>2</sup> de surface d'antenne, observant des longueurs d'onde de quelques centimètres à plusieurs mètres. SKA sera capable de détecter les nuages d'hydrogène précurseurs des toutes premières galaxies, lesquelles seront ensuite observées en détail par l'E-ELT.



**James Webb**



Dès 2014, le télescope spatial amérino-européen *James Webb* (JWST) sera le successeur de *Hubble*. Doté d'un miroir de 6,5 m de diamètre, sensible à l'infrarouge, il offrira néanmoins des images dix fois moins nettes que l'E-ELT!

→ qui comptent, comme Naco, sur le VLT, 180 actuateurs corrigéant la turbulence 500 fois par seconde, nous allons passer sur l'E-ELT à... 6000 ou 7000 actuateurs corrigéant 1 000 fois

prodige actuellement hors de portée technologiquement.

Un autre défi consistera à coordonner toutes ces commandes. Si la canalisation d'un tel flux d'informa-

avec quoi on travaille pour le moment, confie-t-on à l'ESO. Cela dit, si les instruments sont complexes, les consortia qui les conçoivent ont une très grande expérience en la matière." Et le dernier défi consistera, bien sûr, à construire le télescope tout en haut d'une montagne escarpée, isolée en plein désert (voir p. 100). Pour que les astronomes puissent un jour dire que du haut de Cerro Armazones, 13,7 milliards d'années nous contemplent...

Face à un projet d'une telle ampleur, l'observatoire européen,

## La révolution de l'astronomie est en marche et l'Europe marche en tête!

par seconde!" Et il est d'ores et déjà prévu pour la seconde génération d'instruments de l'E-ELT l'utilisation de 40 000 actuateurs corrigéant l'image 3 000 fois par seconde, un

tions est ingérable aujourd'hui, de nouveaux logiciels et des processeurs plus puissants sont à l'étude. "Les volumes de données sont de plusieurs ordres de grandeur plus grands que ce

## *...et des projets concurrents*

L'E-ELT ne sera pas le seul télescope "supergéant" du xxie siècle. Face à l'Europe, deux consortiums internationaux, à majorité américaine, se sont constitués autour de deux grands projets, le GMT (Giant Magellan Telescope) et le TMT (Thirty Meter Telescope). Quoique très impressionnantes sur le papier, ni l'un ni l'autre ne pourront en réalité rivaliser avec le supergéant européen. La surface de leurs miroirs, qui définit leur puissance, sera respectivement trois fois et deux fois plus petite que celle de l'E-ELT, manière de dire que l'Europe aura, lors de la mise en service de son géant, une génération d'avance sur la concurrence...



### Alma

Actuellement en cours de construction pour une entrée en service en 2011, ce réseau international de 66 antennes de 12 mètres s'installe progressivement sur le plateau de Chajnantor, à 5000 m d'altitude, dans les Andes chiliennes. Le réseau Alma observera les ondes millimétriques et submillimétriques, situées au-delà de la perception optique de l'E-ELT.



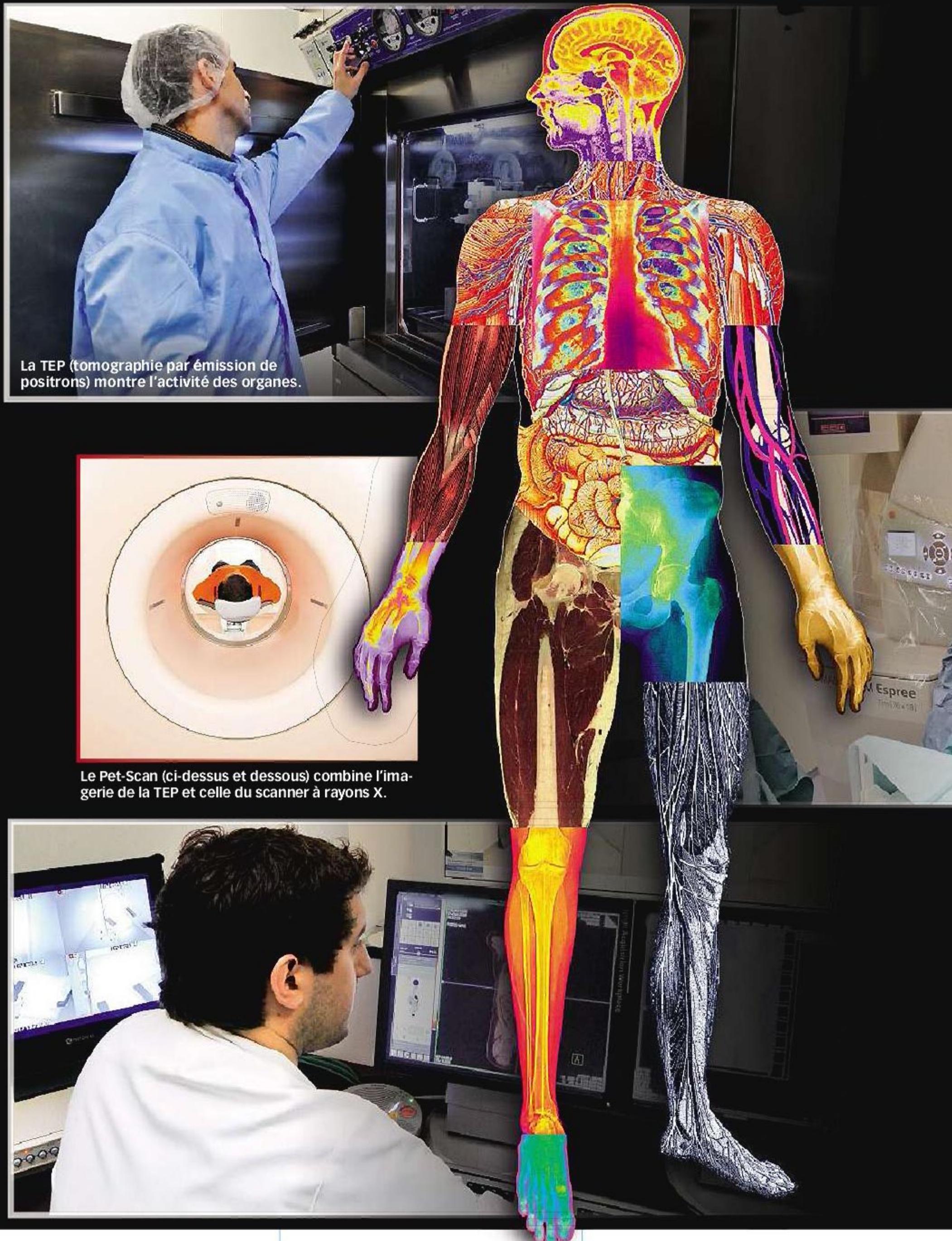
### GMT

Lancé par un pool d'universités américaines en collaboration avec l'Australie et la Corée, ce projet est le plus "modeste" des trois. L'engin, de 24 m de diamètre, sera constitué de sept miroirs de 8,4 m chacun. Le Giant Magellan Telescope (GMT) sera installé en bordure du désert d'Atacama, et observera donc le même ciel que l'E-ELT. Comme ses deux concurrents, il vise une entrée en service en 2018.



### TMT

Les Américains, avec le Canada, le Japon, la Chine et l'Inde, ont lancé le TMT (Thirty Meter Telescope) l'an dernier, en supposant que le miroir de 30 mètres de leur géant écraserait la concurrence. Quoique deux fois moins lumineux que l'E-ELT, le TMT lui ressemble, avec son miroir mosaïque constitué de 492 segments de 1,4 m. Installé à 4200 m, au sommet du volcan Mauna Kea, à Hawaï, il aura accès au ciel boréal, tandis que l'E-ELT et le GMT observeront le ciel austral.



**REPÈRES**

Voir l'intérieur du corps sans l'ouvrir, un vieux rêve de la médecine. Elle n'y parvient qu'à partir de 1895, lorsque Wilhelm Röntgen invente la radiographie. Depuis, les techniques d'imagerie médicale n'ont cessé de progresser. Et aujourd'hui, grâce à des marqueurs radioactifs et des appareils toujours plus puissants, les médecins peuvent diagnostiquer au plus tôt, suivre l'évolution des maladies et évaluer l'efficacité des traitements.

# Imagerie

# Voir le mal avant qu'il se déclare devient possible

Par Marine Cygler

Rendre le corps si transparent qu'il serait possible d'y voir toutes ses maladies avant même qu'elles ne se déclarent, pour peu que le médecin chausse les bonnes lunettes, ce n'est plus un songe. Depuis déjà une vingtaine d'années, les techniques d'imagerie médicale connaissent un véritable essor, rendant toujours plus visibles des dysfonctionnements aussi discrets que menaçants. Sachant que quel que soit l'outil utilisé par les chercheurs, il existe deux stratégies pour visualiser les prémisses d'une maladie. Deux approches qui se partagent la vedette dans les laboratoires. La plus directe consiste à faire ressortir sur l'image la zone endommagée en ciblant les particularités

biologiques de la maladie, comme l'accumulation de plaques amyloïdes dans le cerveau de patients atteints de démence. A l'inverse, l'autre stratégie consiste à faire apparaître à l'écran le tissu sain et à en déduire par défaut que les zones non visibles ou moins visibles sont celles qui sont touchées par la pathologie.

Toujours plus précises, les armes à la disposition des chercheurs sont nombreuses, depuis l'imagerie par résonance magnétique (IRM), la tomographie par émission de positrons (TEP) et son précurseur, la scintigraphie, le Pet-Scan ou encore la fluorescence. L'IRM repose sur la modification de l'orientation des atomes de l'organisme soumis →



L'IRM (imagerie par résonance magnétique) fournit des images anatomiques très fines.



La scintigraphie est le précurseur de la TEP.

→ à un fort champ magnétique et fournit ainsi des images anatomiques très fines. La TEP et la scintigraphie proposent des images de l'activité des organes grâce au rayonnement émis par des traceurs radioactifs injectés dans la circulation sanguine. Le Pet-Scan combine quant à lui l'imagerie nucléaire de la TEP et la bonne vieille imagerie du scanner à rayons X. Ainsi, la TEP démasque les processus métaboliques anormaux quand le scanner les localise au mieux.

### DES OUTILS PLUS FINS

Mais si les machines utilisées pour la TEP et la scintigraphie semblent désormais être parvenues au sommet de leur art, les avancées les plus spectaculaires sont réalisées sur les traceurs, ces petites molécules radioactives qui peuvent se lier spécifiquement à différents composants du vivant.

A l'origine de cette course effrénée, le succès de la TEP en cancérologie. Aux Etats-Unis, au début des années 1990, des scientifiques montrent qu'il est possible de démasquer facilement, en une vingtaine de minutes, des métastases cancéreuses dans le corps entier en utilisant une nouvelle technique. Celle-ci utilise la gourmandise des cellules tumorales pour le glucose. En injectant une molécule proche du glucose rendue radioactive, le FDG (fluoro-désoxyglucose), les médecins débusquent les cellules malignes trahies par leur

## Aujourd'hui, l'enjeu concerne surtout les produits "traceurs" de maladies

appétit. Une méthode aujourd'hui devenue classique dans les hôpitaux. "Désormais, les médecins demandent aux chercheurs de leur fournir des outils plus fins", déclare Bertrand Tavitian, responsable de l'équipe Nouveaux traceurs au service hospitalier Frédéric-Joliot du CEA. →

## MALADIES NEURODÉGÉNÉRATIVES

TECHNIQUES D'IMAGERIE IRM, TEP

TRACEURS Des centaines en développement

STADE DE RECHERCHE Préclinique, clinique

En avril dernier, des scientifiques français ont réussi à visualiser la distribution du sodium dans le cerveau humain de sujets sains grâce à l'IRM. Une prouesse due à la puissance des machines, car le signal émis par cet atome est vingt fois plus faible que celui de l'hydrogène. L'intérêt de cette cartographie cérébrale ? L'accumulation de sodium dans l'axone du neurone, là où progresse l'information nerveuse, est impliquée dans nombre de maladies neurodégénératives. Accéder aux teneurs en sodium ouvre la voie à une meilleure compréhension des processus de dégénérescence des neurones dans des maladies comme la sclérose en plaques, l'épilepsie ou la maladie d'Alzheimer. Cependant, pour cette dernière, c'est vers la TEP que se tourne le regard des

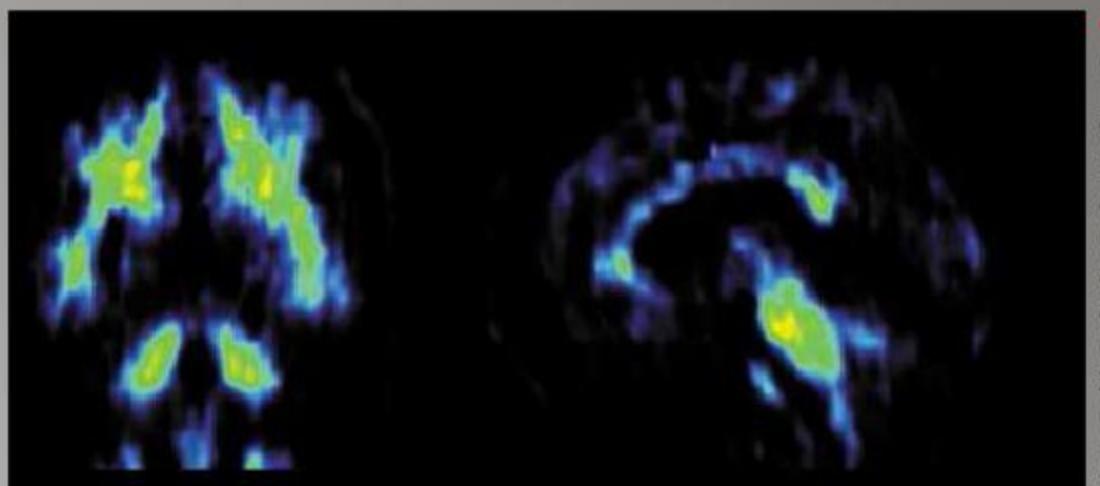
scientifiques. A l'aide du grand nombre de traceurs à l'étude, ils espèrent détecter des processus moléculaires silencieux et signes précoces de la maladie. Un enjeu de taille puisque plus de la moitié des neurones meurt avant que les premiers signes cliniques de la maladie d'Alzheimer n'apparaissent. Déjà, un essai clinique en cours aux Etats-Unis évalue un traceur, le AV-45, qui rend visible en TEP les plaques amyloïdes, l'une des deux lésions associées à la maladie d'Alzheimer. La seconde lésion, la dégénérescence neurofibrillaire, reste pour le moment orpheline de traceur. Autre axe de recherche : visualiser l'inflammation qui accompagne la disparition des neurones grâce à un traceur, le DPA 714, en cours d'essai clinique en Australie. Si ces techniques d'imagerie sont

*"En imagerie, la pratique clinique a été l'un des principaux moteurs des nouvelles recherches fondamentales"*, ajoute-t-il. L'idée s'est imposée que les applications de la TEP pourraient s'élargir en découvrant de nouvelles molécules radiomarquées qui pourraient se lier aux neurones malades,

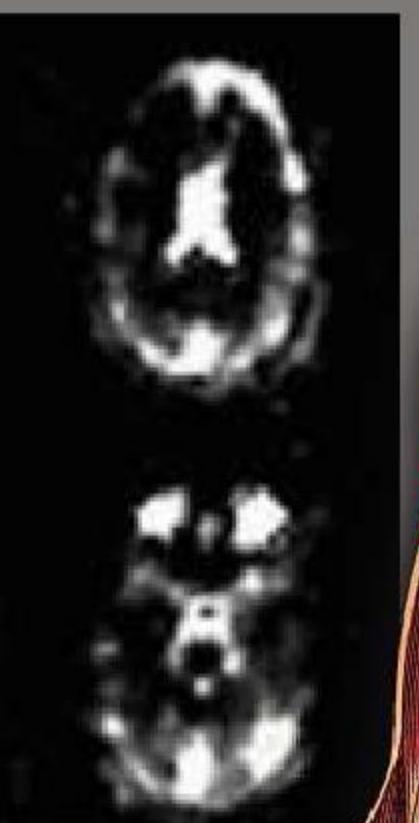
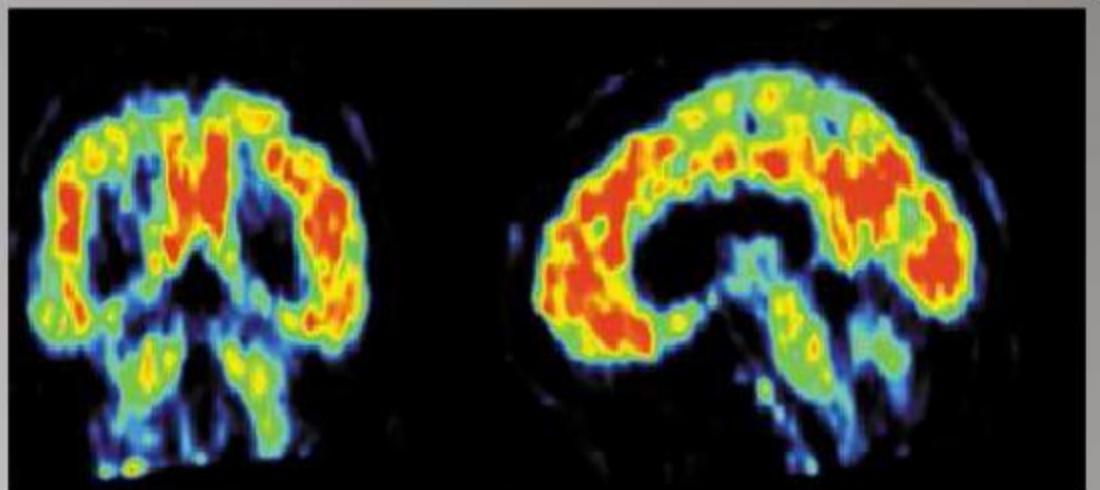
aux vaisseaux ou aux cartilages endommagés... Toutes les disciplines peuvent donc potentiellement espérer bénéficier de la TEP. Des centaines de traceurs sont en cours de test en laboratoire, mais des années devront s'écouler avant que les premiers essais sur l'homme ne

puissent commencer. *"Il nous faut d'abord montrer que ces traceurs ne sont pas nocifs, comme c'est le cas pour les médicaments, même si les doses que nous utilisons sont près d'un million de fois inférieures"*, explique Bertrand Tavitian. Encore faut-il que ces nouveaux traceurs s'avèrent réellement utiles en clinique. Voir est une chose, obtenir des informations exploitables en est une autre. C'est tout l'enjeu de ces recherches.

Du côté de l'IRM, c'est la puissance des machines fournissant des champs magnétiques toujours plus intenses qui permet de traquer d'autres atomes que le seul hydrogène, comme le sodium, largement présent dans le cerveau et impliqué dans les maladies neurodégénératives. Elle pourrait →



< Le tracéur AV-45 permet de visualiser les plaques amyloïdes (en rouge), associées à la maladie d'Alzheimer (en haut un sujet sain).



▲ Mesurer la distribution de sodium dans le cerveau, grâce à l'IRM, permet de révéler nombre de maladies neurodégénératives.



autorisées à l'usage sur l'homme, la question du dépistage de cette maladie encore incurable se posera ouvertement. Faudra-t-il proposer un examen prédisant l'arrivée de la maladie d'Alzheimer dans les dix années à venir, alors qu'il n'existe aucun traitement? Une certitude:

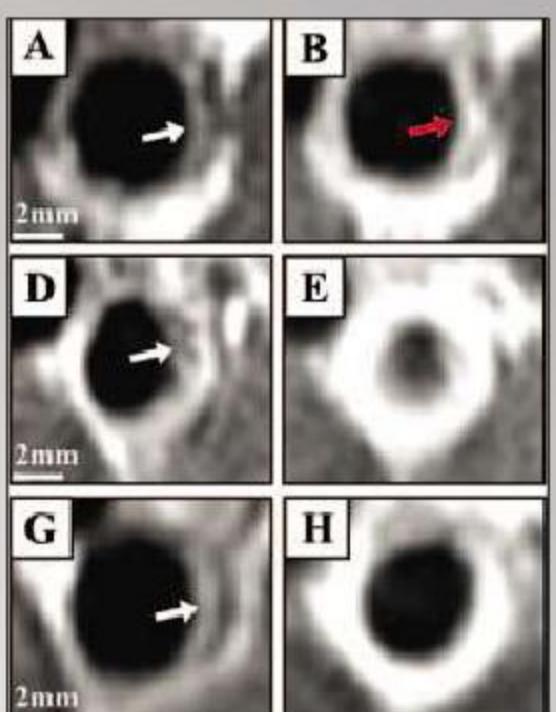
cette imagerie permettra de mieux comprendre l'évolution de la maladie et d'évaluer en temps réel l'effet de futurs médicaments neuroprotекторs. Encore faudrait-il que diminuer ces seules lésions du cerveau ait des effets sur les symptômes des malades, ce qui reste à prouver.

## MALADIES DU CŒUR

**TECHNIQUE D'IMAGERIE IRM**

**AGENT DE CONTRASTE** Gadolinium

**STADE DE RECHERCHE** Préclinique



Si la plupart des plaques d'athérome, ces dépôts graisseux dans la paroi interne des artères, ne sont pas dangereuses, certaines peuvent cependant se briser, entraînant la formation d'un caillot qui peut provoquer un infarctus du myocarde par obstruction d'une artère. Visualiser les plaques d'athérome des artères du cœur, malgré leur petite taille et la circulation sanguine environnante, reste donc un challenge pour la

< Le gadolinium révèle (en E et H) les plaques d'athérome risquant de se briser dans les artères du cœur.

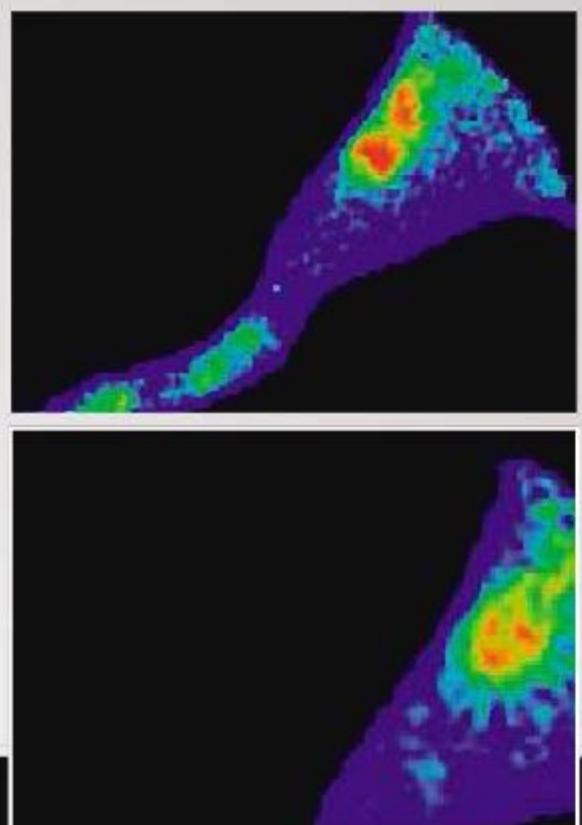
cardiologie. En mai dernier, des chercheurs de l'université de Boston ont cependant réussi à démasquer des plaques à grand risque de rupture, dites vulnérables, grâce à l'injection d'un produit de contraste de l'IRM, le gadolinium. Les scientifiques ont découvert que cet élément chimique se fixait particulièrement dans les zones d'inflammation, correspondant aux plaques dangereuses. D'autres recherches expérimentales développent de nouveaux traceurs radioactifs visibles en TEP qui ciblent les macrophages. Ces cellules de l'inflammation sont en effet particulièrement nombreuses aux alentours des plaques instables. Toutes ces recherches sont encore au stade de l'expérimentation animale.

# MALADIES DU CARTILAGE

TECHNIQUE D'IMAGERIE Scintigraphie

TRACEUR  $^{99m}\text{Tc-NTP}$  15-5

STADE DE RECHERCHE Préclinique



Manifestation de l'arthrose, la destruction du cartilage d'une articulation ne peut être visualisée par une image radiologique classique qu'à un stade avancé de la maladie. L'équipe Inserm U990 de Clermont-Ferrand a heureusement mis au point une substance qui contient un composé chimique, un ammonium quaternaire, qui se fixe en grande quantité sur le cartilage quand il est sain. A l'inverse, il sera présent en moindre

**< Le traceur se fixe sur le cartilage sain (en rouge). En bas en moindre quantité en présence d'arthrose.**

quantité dès les débuts de l'altération de ce tissu dense et élastique. A l'image, le cartilage sain est lumineux, celui qui se dégrade l'est moins. Le secret du  $^{99m}\text{Tc-NTP}$  15-5 ? Il est capable de se lier spécifiquement aux protéoglycans, des protéines supports des glucides du cartilage. Cette technique, dont l'utilité a été prouvée sur des modèles animaux de l'arthrose, promet la possibilité d'un suivi précis de patients à risque comme les sportifs, mais aussi, quand l'arthrose est diagnostiquée, d'évaluer son extension. Enfin, voir précisément l'articulation ouvre la voie au suivi des essais de médicaments protecteurs du cartilage.

→ aussi saisir le phosphore ou le fluor, mais leur concentration dans l'organisme est si faible que leur détection reste encore très délicate. Une situation qui devrait évoluer bientôt. L'intensité du champ magnétique est aujourd'hui comprise entre 0,1 et 3 teslas. Mais déjà, des appareils expérimentaux atteignent 11 teslas.

## IRM CONTRE PET-SCAN

D'un côté les machines, de l'autre les agents de contraste qui augmentent artificiellement le signal grâce à leurs propriétés magnétiques. Les recherches visent à rendre les agents

*plus actives et soutenues qu'il existe une obligation légale de proposer aux patients une méthode d'imagerie non irradiante quand il y a le choix*", rappelle Patrick Cozzone, directeur du Centre de résonance magnétique biologique et médicale à l'hôpital de La Timone (Marseille).

Or, déjà, l'IRM corps entier est aujourd'hui en compétition avec le Pet-Scan pour la détection de métastases car l'IRM les repère sous forme de taches claires sans irradiation, alors que le Pet-Scan utilise doublement la radioactivité : celle du traceur pour l'examen

## Encore faut-il que les équipements soient mis à la portée des patients

de contraste utilisés actuellement plus spécifiques des tissus ou des lésions en modifiant légèrement leur structure initiale (en ajoutant un regroupement d'atomes, par exemple). "Les recherches en IRM sont d'autant

TEP et ensuite celle des rayons X pour le scanner. Reste que pour que cette course à l'image bénéficie aux patients, la France doit continuer à équiper son territoire de machines qui restent très onéreuses. ■



# CANCERS

TECHNIQUES D'IMAGERIE TEP, scintigraphie, IRM, fluorescence

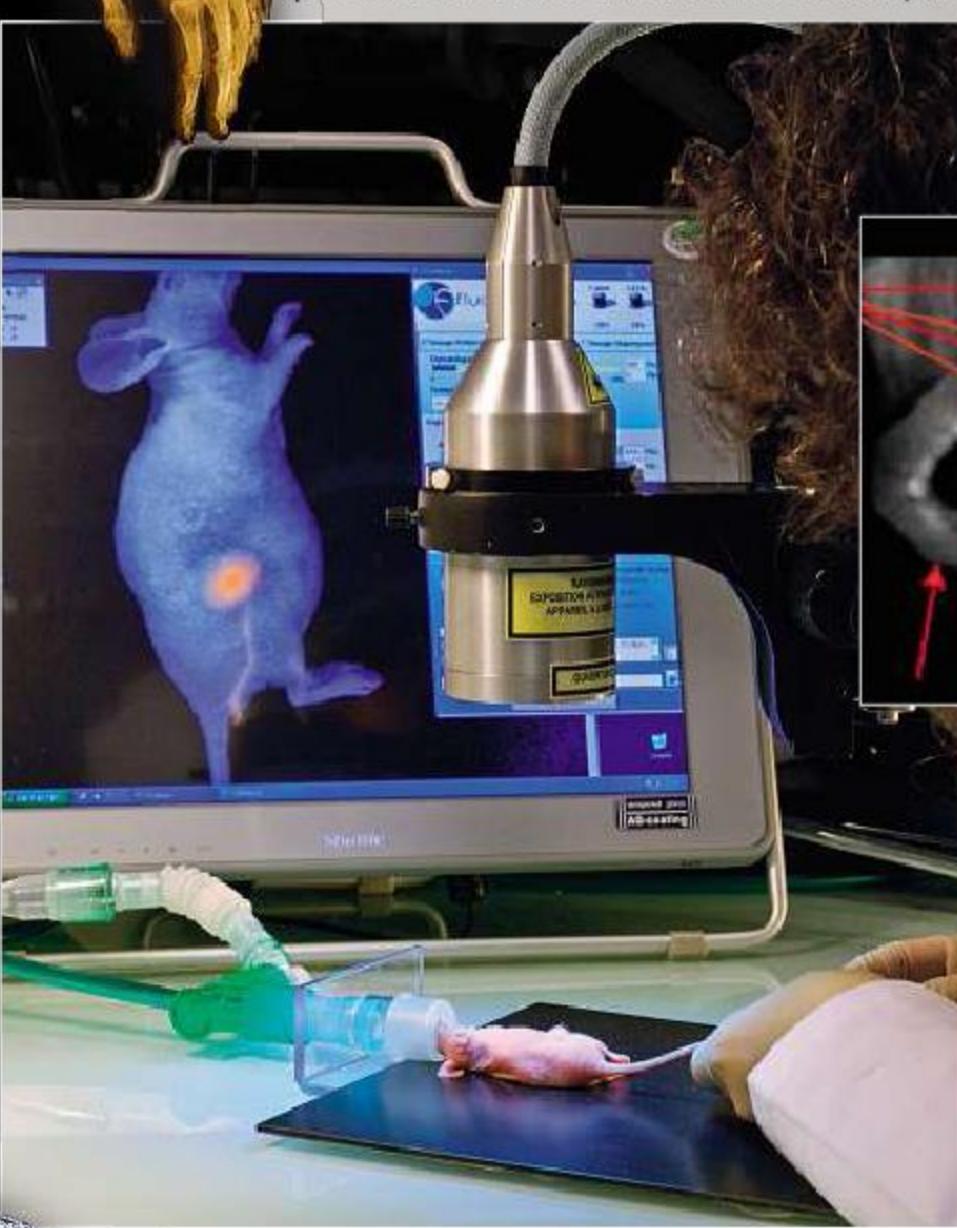
TRACEURS Des centaines en développement

STADE DE RECHERCHE Préclinique, clinique

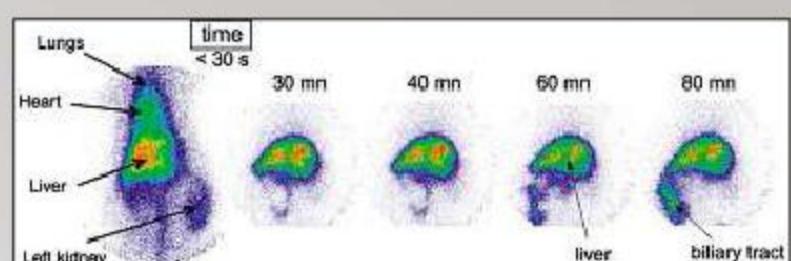
Pour diagnostiquer, bien sûr, mais aussi soigner un cancer, l'imagerie est devenue un allié indispensable. En mars dernier, une publication d'une équipe française annonçait l'arrivée d'un nouveau radiomarqueur pour l'imagerie scintigraphique du foie, le Lactal. Ce traceur se fixe spécifiquement sur le foie en bonne santé et fait "briller" les zones indemnes. Lorsque l'une des tumeurs cancéreuses s'est logée dans l'organe, des zones sombres apparaissent à l'image. Un tel traceur, déjà existant au Japon et en Corée, mais inadapté aux normes européennes (il contient notamment un dérivé du cyanure), manquait en Europe. L'image peut également s'inviter au bloc opératoire pour guider les gestes du chirurgien en se basant sur la fluorescence : à Grenoble, la société Fluoptics a mis au point un système imparable pour traquer les métastases, aussi petites soient-elles, et ce directement sur la table d'opération.

Sachant que l'œil d'un chirurgien chevronné ne voit pas en deçà du millimètre, les scientifiques se sont attelés à trouver une technique

qui rend visibles les métastases inférieures à 500 micromètres. Les cellules cancéreuses sont marquées avec un agent qui émet de la fluorescence quand il est éclairé avec de la lumière infrarouge. Equipé d'une lampe infrarouge, le chirurgien peut ôter tous les foyers tumoraux en préservant au mieux les tissus sains. Les premiers essais cliniques sont programmés courant 2011. Enfin, l'imagerie sert aussi à suivre en temps réel l'efficacité d'une chimiothérapie. Aujourd'hui, la médecine nucléaire révèle en effet les mécanismes moléculaires anormaux, signes d'une activité tumorale. Deux signatures tumorales sont désormais repérables : l'angiogenèse, c'est-à-dire la formation de nouveaux vaisseaux sanguins par les tumeurs, et l'apoptose, une forme particulière de mort cellulaire que vise à induire la chimiothérapie. Pour vérifier qu'un traitement provoque bien l'apoptose des cellules cancéreuses, les chercheurs ont mis au point un traceur qui se fixe sur des molécules cellulaires uniquement lorsqu'elles se situent à l'extérieur des cellules. Or, la dispersion de ces molécules à l'extérieur est le signe de la mort cellulaire, la concentration du traceur dans l'organe établit donc la preuve que le traitement fonctionne.



▲ La fluorescence (grâce à une lampe infrarouge) permet de voir des tumeurs inférieures à 500 micromètres dans l'intestin d'un rat.



▲ Le Lactal se fixe sur le foie en bonne santé et fait briller les zones indemnes (en rouge).

< *Kiwa hirsuta* Kiwa. Ce crabe "yéti" vit dans l'océan Pacifique.

▼ *Crassota sp.* Cette méduse a été découverte dans l'océan Arctique.



On a longtemps cru qu'une grande partie des mers était **REPÈRES** quasiment vide de faune et de flore. Mais depuis les années 1970, les biologistes ont constaté que presque toutes les régions des océans, des abysses aux pôles, regorgent d'organismes vivants, la plupart inconnus. Après dix ans d'effort, le programme international Recensement de la vie marine, qui est en train de s'achever, prend pour la première fois la mesure de ce riche univers.



# Biodiversité

## Ce qui vit dans la mer a été

Par Rafaële Brillaud

Qui vit dans la mer? C'est à cette question faussement simple qu'ont tenté de répondre pas moins de 2700 scientifiques du monde entier. De l'Antarctique à l'océan Indien, de la pointe sud de la Patagonie à la mer Baltique, ils ont sondé sans relâche les eaux de vingt-cinq régions marines emblématiques du globe, de la surface jusqu'aux plaines

abyssales. Le colossal programme international Recensement de la vie marine (*Census of marine life* en anglais), lancé en 2000, avait pour ambition de réaliser un inventaire complet des espèces. Il s'achève ce mois-ci, les résultats définitifs devant être présentés en grande pompe le 4 octobre au sein de la Royal Institution of Great Britain à Londres.

Dans chacune des régions considérées, il a fallu choisir un certain nombre de zones restreintes représentatives et y faire le décompte systématique des espèces croisées, au besoin grâce à des prélèvements, voire à des analyses génétiques, avant d'extrapoler ces données à toute la région. En parallèle, tout ce qui était déjà connu a été →

# 250000 espèces comptabilisées

Tel est le nombre d'espèces que la vaste campagne de recensement, menée pendant dix ans, a répertoriées dans toutes les mers du globe, sans compter les micro-organismes...

## recensé



▲ *Clione limacina*. On trouve ce papillon de mer aux deux pôles.

▼ *Chauliodus sloani*. Ce poisson-vipère vit dans un quart des eaux mondiales.



## Les poissons 12 %

**Chionodraco hamatus.** Ce "poisson des glaces" évolue dans l'Antarctique.



## Les algues 10 %

L'algue rouge "Platoma" a été localisée sur des îles proches de l'Australie.



→ rassemblé. "La majeure partie des données était dispersée ou inutilisable en dehors d'un niveau très local, explique Patricia Miloslavic, de l'université Simon-Bolivar, au Venezuela, responsable d'une des études régionales. Le recensement a amené de l'ordre dans le chaos."

### 5600 ESPÈCES DÉCOUVERTES

Quelques chiffres ont déjà été dévoilés... Ainsi, plus de 250 000 espèces ont été répertoriées, hors microbes marins, dont 5 600 nouvelles au moins, les eaux australiennes et japonaises s'étant de loin montrées les plus riches en nombre d'espèces, contrairement aux eaux canadiennes. Le classement des espèces par grandes catégories donne ensuite la première place

aux crustacés, devant les mollusques et les poissons, ce podium se fondant sur le nombre d'espèces, et non sur leur abondance ou leur biomasse (voir page ci-contre). Le recensement a par ailleurs mis en valeur toute une série de faits notables insoupçonnés. Personne ne se doutait que les eaux des pôles Nord et Sud se partagent plus de 235 espèces communes en dépit des 11 000 kilomètres qui les séparent (voir p. 120)... Que la Méditerranée renferme le plus d'espèces invasives (600), venues pour la plupart de la mer Rouge via le canal de Suez... Que l'espèce que l'on est susceptible de croiser dans le plus grand nombre de régions en dessous de 2 000 mètres est un poisson-vipère (voir p. 115). →

# Les crustacés arrivent en tête

Le recensement a permis de classer la vie marine en une dizaine de grands types. Les crustacés (crabes, homards, crevettes, krills, etc.) arrivent en premier, avec 19 % du nombre d'espèces, suivis des mollusques (calmars, pieuvres, limaces, etc.) avec 17 %, des poissons et requins (12 %), des algues et autres organismes semblables à des plantes (10 %), à égalité avec les protozoaires. Viennent ensuite les annélides (7 %), les cnidaires (5 %), les plathelminthes (3 %) et les échinodermes (3 %). A côté des "autres invertébrés" (5 %), les "autres vertébrés", qui regroupent les espèces les plus familières (baleines, phoques, oiseaux marins, tortues, morses), ne dépassent pas les 2 % des espèces recensées.

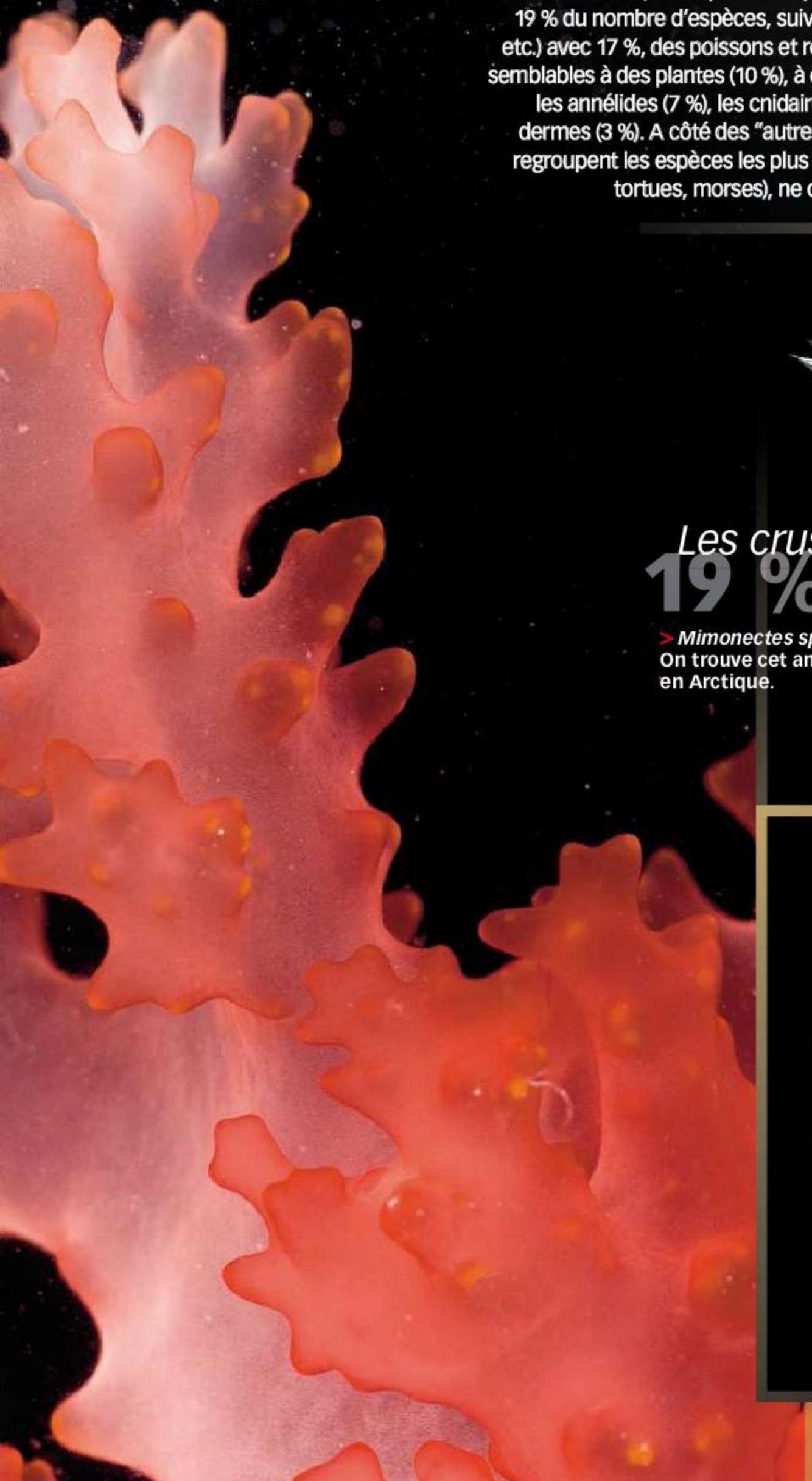
Les crustacés  
**19 %**

> *Mimonectes sphaericus*.  
On trouve cet amphipode  
en Arctique.



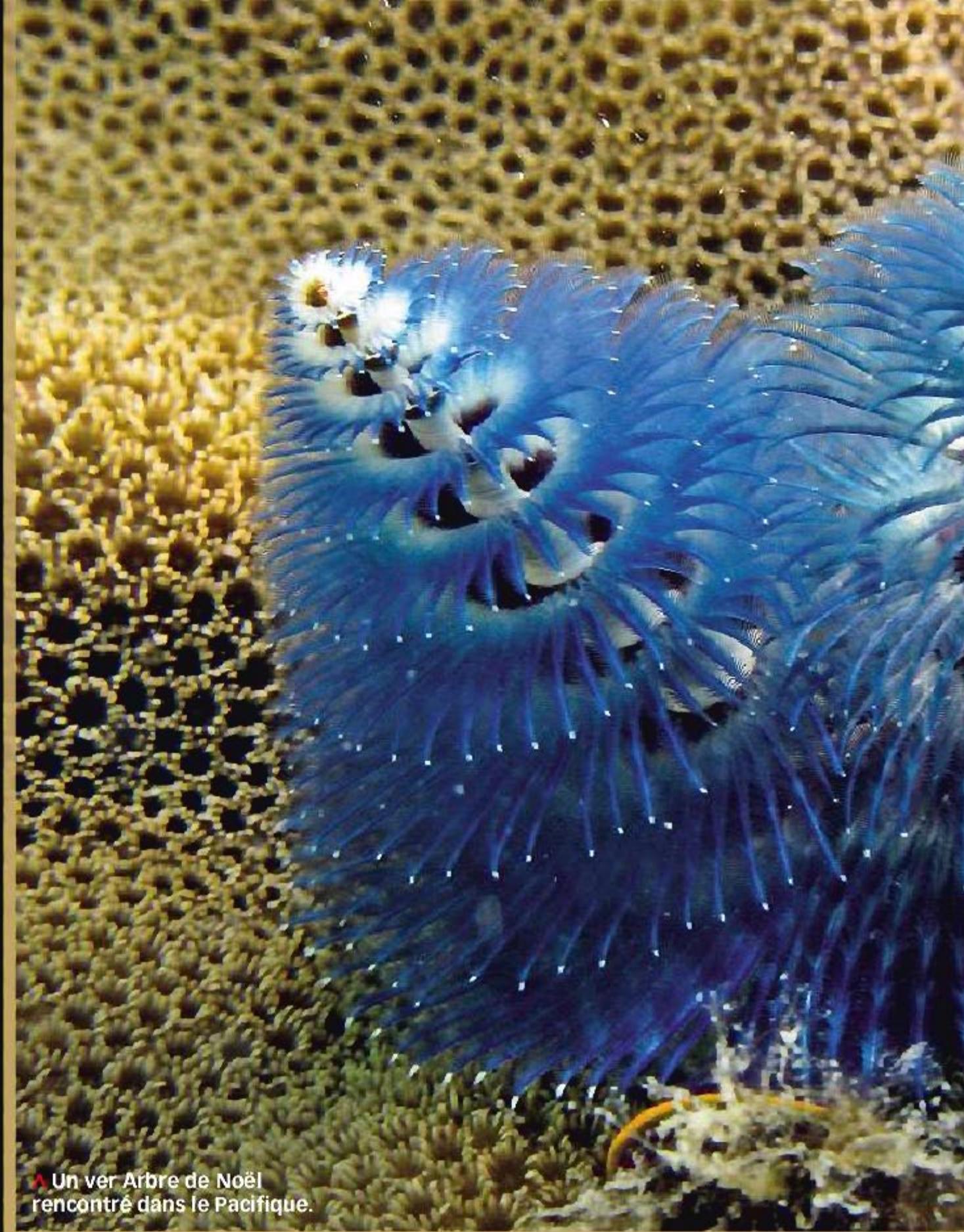
Les mollusques  
**17 %**

> *Megaleledone setebos*.  
Cette pieuvre vit dans  
les eaux australes.



→ Le travail laisse néanmoins un goût d'inachevé. "Pour chaque espèce décrite, il en existe au moins quatre autres qui n'ont pas encore été découvertes", assènent les responsables du programme. La part des espèces échappant à notre connaissance atteint en effet 70 % pour le Japon et plus de 80 % pour l'Australie. L'univers des très grandes profondeurs reste ainsi largement inconnu (voir encadré ci-dessous), tout autant que celui des microbes, qui contient à lui seul plus d'un milliard d'espèces (voir p. 121) ! "Ce n'est pas un constat d'échec, assure Nancy Knowlton, de l'Institut Smithsonian, une des responsables du projet. L'océan est simplement si grand, qu'après dix années de travail intensif, nous en avons seulement un aperçu, bien que parfois détaillé."

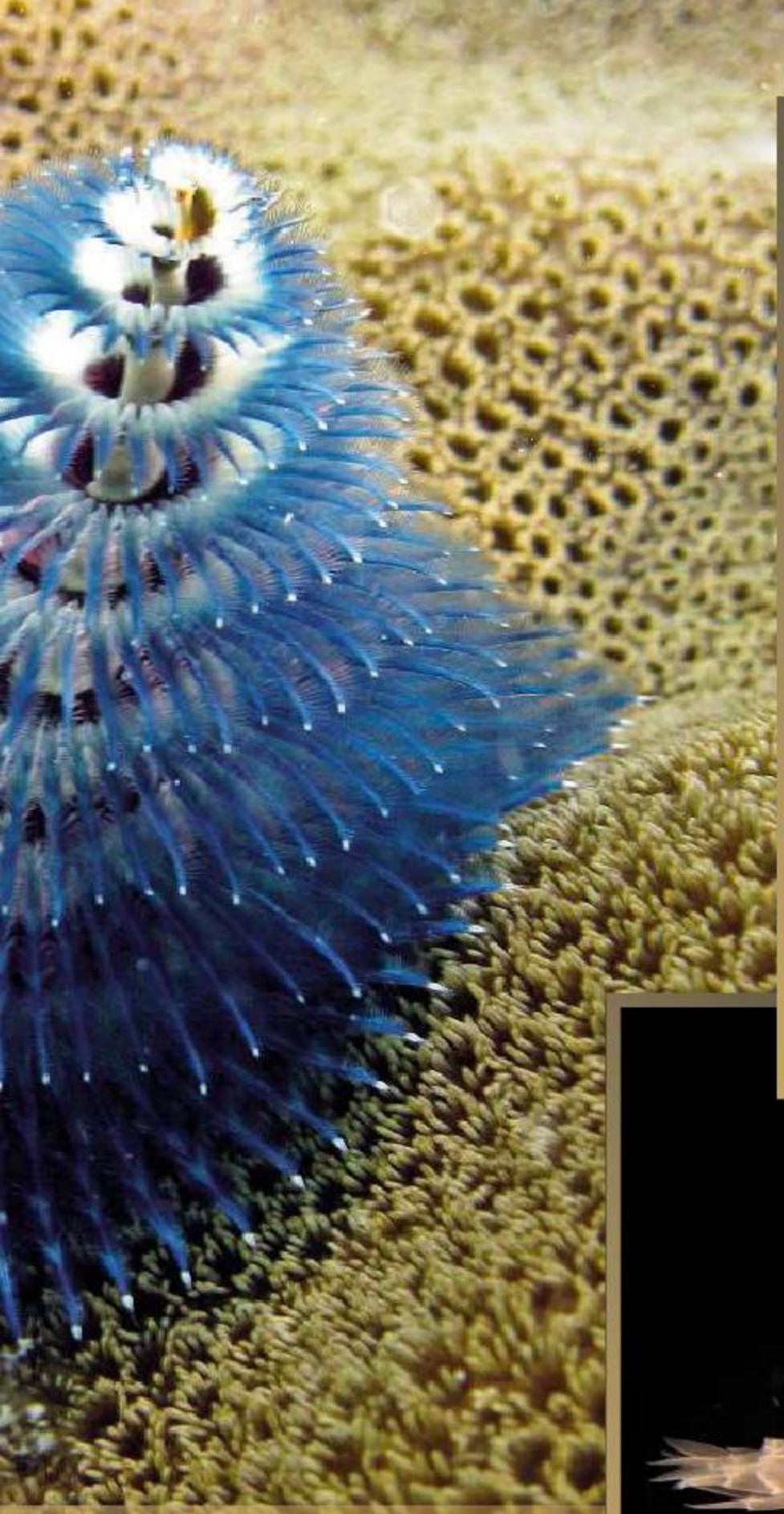
Le nouvel inventaire de référence de la biodiversité marine permet ainsi d'afficher une certitude : à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle, les océans, couvrant plus de 70 % de la surface de notre planète bleue, demeurent un territoire largement méconnu. Leur exploration ne fait que commencer. ■



## Des abysses étonnamment peuplés

Après 210 expéditions dans l'obscurité glaciale des abysses, les scientifiques ont recensé 17 650 espèces. Mais cet univers est tellement difficile à explorer que la plupart des organismes collectés représentent des espèces nouvelles. Tel ce magnifique petit crustacé doré ou cet animal étrange appartenant au genre *Neocyema*, tous les deux observés dans les profondeurs de l'Atlantique.





▼ *Hydatinidae gen. sp.*, un gastéropode repéré au large du Japon.



▲ *Epimera*. Un crustacé présent sur la péninsule antarctique.



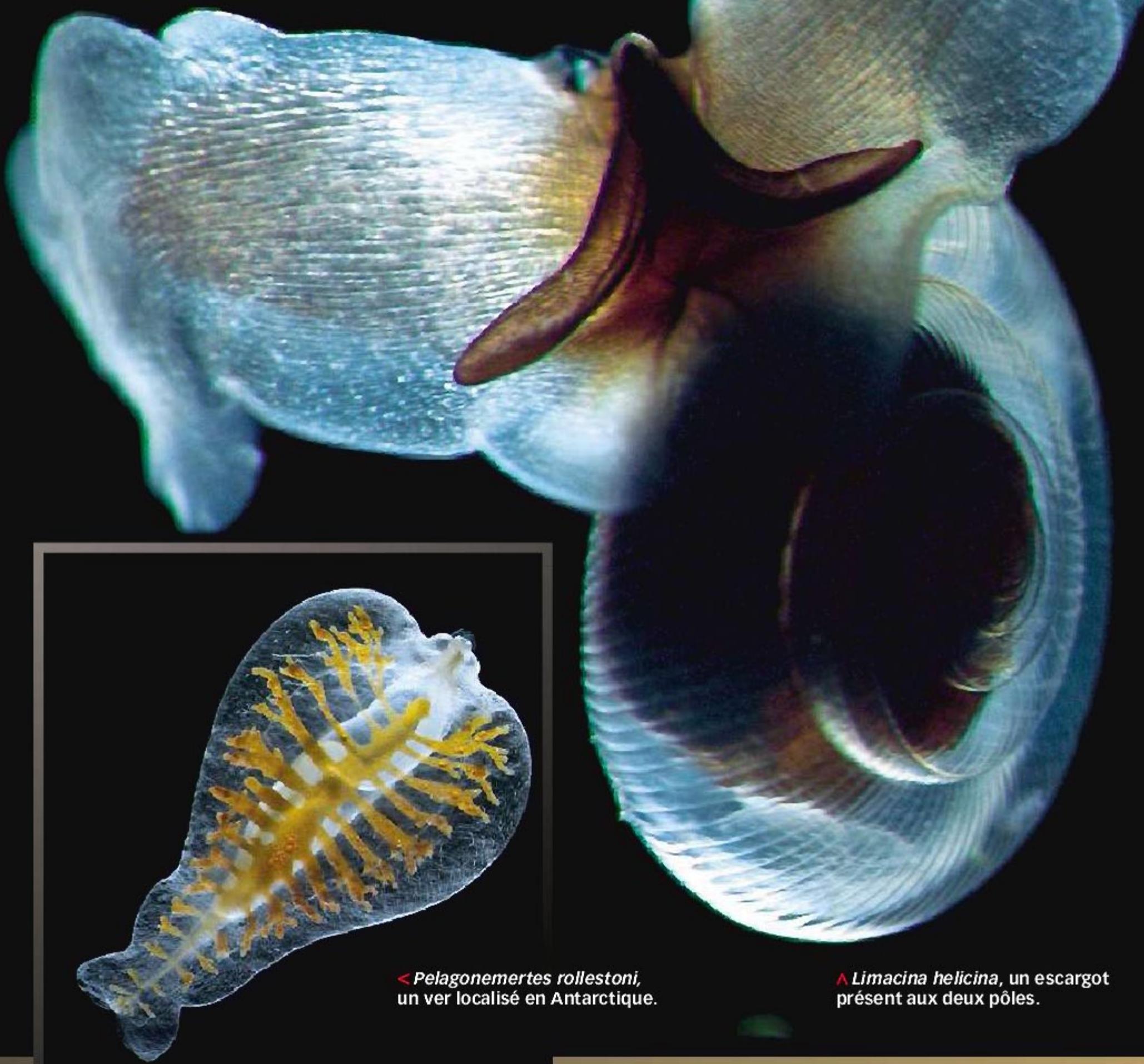
< ▲ Ce crustacé doré et cet animal orange, appartenant à de nouvelles espèces et pas encore baptisés, ont été observés dans l'Atlantique.

## Un réservoir de nouvelles espèces

Plus de 5600 espèces ont été découvertes lors du vaste programme décennal de recensement de la vie marine, comme le crustacé amphipode des eaux polaires, le gastéropode des profondeurs ou le ver Arbre de Noël qui vit en symbiose avec les coraux (voir photos ci-dessus). D'après les estimations des biologistes, il en resterait au moins un million à découvrir...

## Des populations douées d'ubiquité

C'est un vrai mystère: sur les 7 500 espèces recensées en Antarctique et les 5 500 en Arctique, plus de 235 sont présentes aux deux pôles! Personne ne sait comment elles se sont retrouvées dans ces régions séparées par 11 000 kilomètres. Les biologistes ont par ailleurs observé de nombreuses espèces migrant vers ces eaux polaires pour fuir la hausse de température des océans.

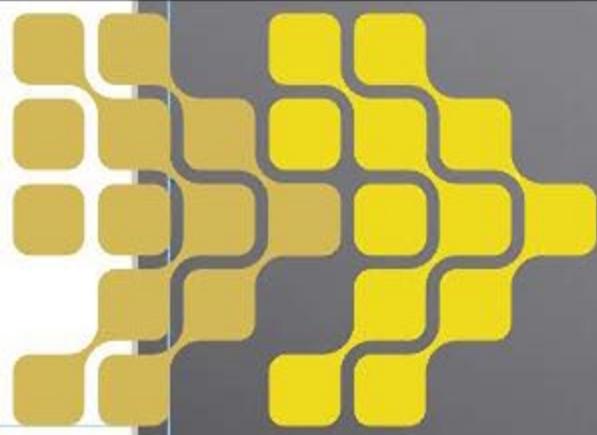




▲ *Calycopsis borchgrevinki*, une hydroméduse de l'Antarctique.

## 1 milliard de micro- organismes !

La diversité et l'immensité de l'univers microbien océanique figurent parmi les grandes surprises de ce recensement. L'analyse tous azimuts de séquences génétiques révèle que le nombre d'espèces de micro-organismes marins – bactéries, archées, mais aussi zooplanktons, larves et habitants des fonds marins – serait proche du milliard ! L'ensemble de ces minuscules individus constituerait de 50 à 90 % de la biomasse océane.



# Peut-on vraiment produire des nombres au hasard ?

*Question de Jean-Denis Renard, Bordeaux (33)*

La réponse paraît évidente : oui ! Il suffit de battre un jeu de cartes, ou de lancer un dé. La valeur de la carte au sommet de la pile ou la face supérieure du dé sont d'authentiques nombres aléatoires, au sens où il est impossible de les connaître à l'avance.

#### UNE OPÉRATION FASTIDIEUSE

La qualité première d'un nombre aléatoire est d'être produit avec la même fréquence d'apparition que n'importe quel autre nombre parmi ceux au sein desquels s'effectue le tirage "au hasard". Une règle d'"uniformité" qui se double, lorsqu'il s'agit de produire une séquence de nombres, par un impératif d'indépendance : l'apparition de chacun ne doit avoir aucun lien avec l'apparition d'aucun de ses prédecesseurs ou successeurs. Sauf que lancers de dés et jeux de cartes ont un défaut : produire, ne serait-ce qu'une série de quelques dizaines de chiffres, devient très vite fastidieux. Inutilisable pour répondre

à l'usage intensif du hasard au cœur d'activités comme l'industrie du jeu, la simulation de modèles complexes (météorologie, diffusion de virus, collisions de particules) et, surtout, la cryptographie.

De fait, crypter un message, c'est le transformer en une suite de caractères indéchiffrables pour un éventuel espion. Et pour s'assurer qu'aucun espion ne pourra décoder le message chiffré, l'idée est d'utiliser une "clé" de cryptage : une longue série de nombres aléatoires. Chaque caractère du message →

> Difficile de rivaliser avec la "pureté" du lancer de dés pour produire des nombres aléatoires...

▼ ... de puissants ordinateurs permettent, eux, de générer plus rapidement du hasard... artificiel !







→ est alors transformé en un autre, par une opération mathématique prenant comme point de départ la suite aléatoire que représente la clé. Le message devient dès lors illisible, sauf pour le destinataire à qui a été transmise la clé et qui peut donc réaliser l'opération inverse.

La production industrielle de hasard utilise donc de puissants ordinateurs. Solution étrange, quand on songe que l'informatique repose sur des machines bêtement déterministes, produisant des résultats attendus selon des calculs programmés. Peut-on produire ainsi une "clé" vraiment aléatoire ? En théorie, non. En pratique, il faut donc se contenter de "pseudo-hasard". De "simples" fonctions mathématiques suffisent à produire des séquences aléatoires assez longues pour qu'il soit impossible d'établir un lien entre le nombre de départ et le nombre obtenu.

#### PLUSIEURS TYPES DE HASARD

Au point que le "pseudo-hasard" ressemble alors furieusement à sa version idéale : l'algorithme appelé "Mersenne Twister" donne des séquences démesurément grandes avant qu'elles ne commencent



▲ Les bulles de cire des "Lava Lamp", à la dynamique chaotique, ont été utilisées pour générer des nombres aléatoires.

à se répéter : jusqu'à  $2^{19937} - 1$  nombres d'affilée (soit 4 315 suivi de plus de 6 000 zéros !). Inaccessible aux pirates... mais pas de quoi rivaliser avec la pureté hasardeuse d'un lancer de dés. D'autres générateurs, plus rarement utilisés, s'approchent cependant de cette qualité de hasard. Et, pas de mystère : l'informatique ne suffit pas. Ces systèmes s'appuient sur la mesure de phénomènes physiques, chaotiques ou quantiques.

Les phénomènes chaotiques sont le résultat d'événements dont on connaît, en théorie, la cause, mais dont l'état à l'instant "t", dépendant de trop nombreux paramètres, échappe au calcul. Ils garantissent donc un signal imprévisible. La société Random.org utilise par exemple les signaux reçus par une antenne de radio, amplifiant le bruit électromagnétique produit dans l'atmosphère par les éclairs, pour produire des séries de nombres authentiquement aléatoires.

Les phénomènes quantiques, eux, sont fondamentalement indéterminés : avant qu'on mesure une de ses caractéristiques, un photon ou un atome ne se trouve dans aucun état précis. Une aubaine pour les cryptologues. Une équipe internationale de physiciens a ainsi montré, en avril dernier, qu'il était possible, en mesurant l'état quantique de deux atomes d'ytterbium émettant des photons, de produire des séquences de plusieurs dizaines de nombres purement aléatoires. Un résultat modeste quant à la "quantité de hasard produite", mais remarquable quant à la "pureté" du hasard issu d'un dispositif artificiel.

F.L. ♦

GAGNEZ UN ABOUNEMENT  
D'UN AN À

**SCIENCE&VIE**

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous ! Nous ne pourrons répondre à toutes et à tous, mais les auteurs des questions que la rédaction sélectionnera se verront offrir un abonnement d'un an à Science & Vie (pour eux-mêmes ou pour une personne de leur choix). La question doit impérativement être rédigée sur une carte postale.

SCIENCE & VIE, QUESTIONS/RÉPONSES  
1 rue du Colonel-Pierre-Avia  
75503 PARIS CEDEX 15.

## NOUS NE SOMMES PAS DOUÉS POUR LE HASARD

Sauriez-vous écrire les résultats imaginaires d'une série de 100 lancers de pièce, de façon à ce que la succession des "pile" ou "face" corresponde bien à la réalité, c'est-à-dire qu'elle soit aléatoire ? L'exercice apparemment trivial ne l'est pas. Loin s'en faut ! Comme l'a montré le psychologue Chris Wetzel (université de Rhodes, Etats-Unis), la majorité des personnes invitées à réaliser cet exercice surestiment, par rapport à une série de lancers réels, le nombre total de "pile" ou de "face". Un trait bien connu en psychologie : nous ne sommes pas doués pour appréhender le hasard. Un défaut dû à notre excellente capacité à identifier, au contraire, des motifs dans une série d'éléments, et à chercher des liens de causalité entre les événements... y compris quand il n'y en a pas !



▲ Le cacao contient bien des substances euphorisantes telle la phényléthylamine, mais en très petites quantités.



# Pourquoi a-t-on envie de manger du chocolat quand on n'a pas le moral ?

*Question de Céline Bonnet, Thiais (94)*

De nombreuses études le montrent bien : le chocolat possède un effet positif notable sur l'humeur. A tel point qu'aux Etats-Unis, 40 % des femmes et 15 % des hommes se déclarent assujettis au grignotage du chocolat dont certains prétendent qu'il calmerait les états d'anxiété. Faut-il voir là l'effet des psychotropes contenus dans le cacao ? Stimulants, comme la caféine et la phénylethylamine, ou euphorisants, comme des composés cannabinoïdes, tous sont connus pour procurer bien-être et dépendance.

Mais s'ils agissent bien sur les circuits cérébraux du plaisir et de la motivation, rien ne prouve qu'ils soient en quantité suffisante dans le chocolat pour avoir un effet *in vivo*.

## NEURONES DU PLAISIR

Selon Serge Ahmed, chercheur à l'Institut des neurosciences de Bordeaux et spécialiste dans l'addiction au sucre, "*l'effet plaisant du chocolat proviendrait principalement des sensations sucrées produites sur les papilles gustatives*". Il faut également

tenir compte de l'appétence pour les matières grasses, dont les neurobiologistes Paul Johnson et Paul Kenny, du Scripps Research Institute (Etats-Unis), ont récemment montré qu'elles peuvent créer des états de dépendance en agissant, elles aussi, sur les neurones dopaminergiques du plaisir.

Mais alors, pourquoi le chocolat blanc, plus sucré et plus gras, ou le chocolat noir, plus concentré en psychotropes, ne sont pas plus courus que le chocolat au lait, de loin le plus apprécié ? Peut-être faudrait-il prendre en considération les qualités gustatives particulières de ce dernier. Un critère que la science a bien du mal à quantifier. Reste une certitude : l'effet du chocolat sur l'humeur s'évanouit aussi vite qu'un carré fond dans la bouche. De quoi favoriser les boulimies chocolatières.

R.S. ♦



# Pourquoi les haut-parleurs crépitent à côté d'un téléphone portable ?

*Question de Catherine Dusart, Mazeray (17)*

Ces "crémitements" que vous avez pu entendre proviennent d'une interaction électromagnétique entre les émissions du téléphone et les circuits des haut-parleurs. Leur membrane est solidaire d'une bobine de fil conducteur flottant autour d'un axe métallique aimanté. Lorsque le courant électrique généré par un amplificateur audio alimente la

bobine, le champ magnétique ainsi produit imprime un mouvement à la membrane, mouvement qui varie au rythme des variations du courant. Or les téléphones portables communiquent également par ondes électromagnétiques avec les antennes-relais. Leurs émissions sont particulièrement intenses lorsqu'ils reçoivent un appel, ou

cherchent à contacter une antenne-relais. Les signaux qu'ils émettent (sur 900 et 1800 MHz pour le réseau GSM, et jusqu'à 2 100 MHz pour le réseau 3G) créent un courant interférant dans les bobines des haut-parleurs disposés à proximité. Ce sont ces perturbations qui se traduisent par des bruits parasites dans les haut-parleurs. S.A.



► Les haut-parleurs réagissent aux ondes électromagnétiques émises par le téléphone.

# Pourquoi se retourne-t-on dans la rue quand un regard pèse sur notre dos ?

*Question de Jean-Luc Colas, Bagneux (02)*

Nul doute que la sensation provoquée est dérangeante : se retourner et se trouver les yeux dans les yeux avec quelqu'un dont le regard semble avoir pesé sur nous. On ne peut s'empêcher de penser que c'est précisément ce regard qui nous a fait nous retourner, comme si on avait perçu son insistance. En fait, aucune des nombreuses expériences destinées à vérifier cet étrange pouvoir du regard

sur nos semblables n'a encore permis d'établir l'existence d'un "sixième sens" qui pourrait l'expliquer.

## DES YEUX PERFORMANTS

Mais il n'est point besoin d'invoquer un phénomène surnaturel qui mettrait au défi les lois fondamentales de la nature : nos yeux et notre cerveau semblent bien assez performants pour expliquer ce qui nous fait croiser un

regard quand on se retourne dans la rue. Nous sommes en effet dotés d'une sorte de réflexe qui nous pousse à fixer notre attention sur certaines formes familières que notre cerveau reconnaît avant même que nous en ayons conscience. Ce phénomène de "capture attentionnelle" permet de remarquer les détails les plus saillants ou les nouveautés qui surgissent dans une scène. Et à ce petit jeu, la détection du

# L'oreille absolue, ça s'acquiert ?

Question de Denis Desutter, Dottignies (Belgique)

Aussi étonnante que rare (moins d'un individu sur 10000), l'oreille absolue est la capacité d'identifier les sons dont la fréquence correspond à une note. Ce qui n'est pas le cas de l'oreille relative qui, elle, ne peut identifier les notes que les unes par rapport aux autres. Les deux nécessitent une excellente mémoire auditive développée par apprentissage, notamment du solfège, dès

les premières années de vie. Mais une expérience menée à Boston en 1995 a montré que le cerveau des personnes douées de l'oreille absolue présentait un développement jusqu'à 40 % plus important que la normale de la zone dévolue au traitement du son et située dans la partie gauche du cerveau. L'identification, la capacité de nommer les notes, s'effectue, elle, dans la

partie droite. L'oreille absolue repose donc aussi sur une bonne communication entre les deux hémisphères. Cependant, ce don s'évanouira s'il n'est pas entretenu très tôt. C'est pourquoi on le retrouve si fréquemment dans les familles de musiciens. Ce qui n'écarte pas l'hypothèse, toujours non démontrée, qu'il puisse avoir une composante génétique.

E.T.-A. ♦

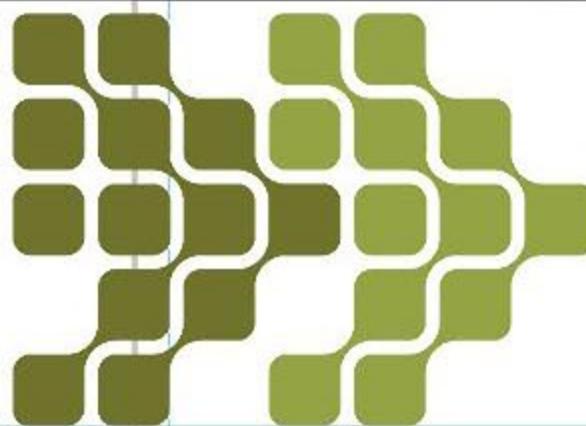
visage humain arrive largement en tête. "On ne connaît pas encore les processus neurologiques en jeu, explique Nathalie George, chargée de recherche en Neurosciences cognitives au CNRS, mais on sait que notre regard peut repérer, de façon irrépressible et quasi immédiate, un visage qui le fixe parmi une multitude de visages qui ne le regardent pas." A l'origine de cette habileté particulière, la taille exceptionnelle de la surface visible de la sclérotique de notre espèce, le "blanc de l'œil". Une sclérotique de grande taille qui rend très visible la position de l'iris et donc la direction du regard. Ainsi, lorsqu'on se retoume dans la rue, notre regard tombera presque fatalement dans les yeux du seul humain qui nous regarde s'il y en a un, tout comme nous fixerons involontairement et instantanément le regard de celui qui se retoume dans la rue.

R.S. ♦

> Moins d'une personne sur 10000 détient cette capacité, qui doit être entretenue très tôt.



## le point sur



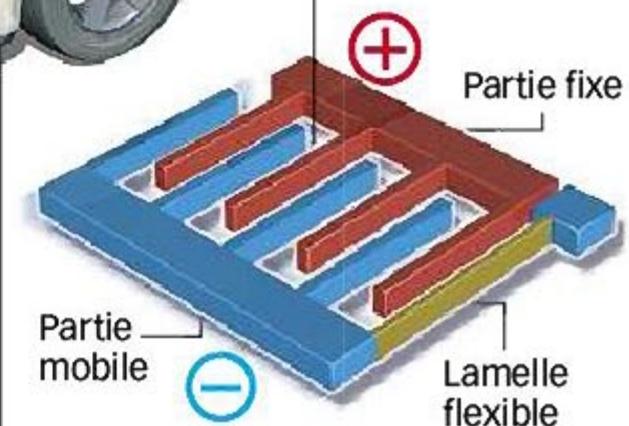
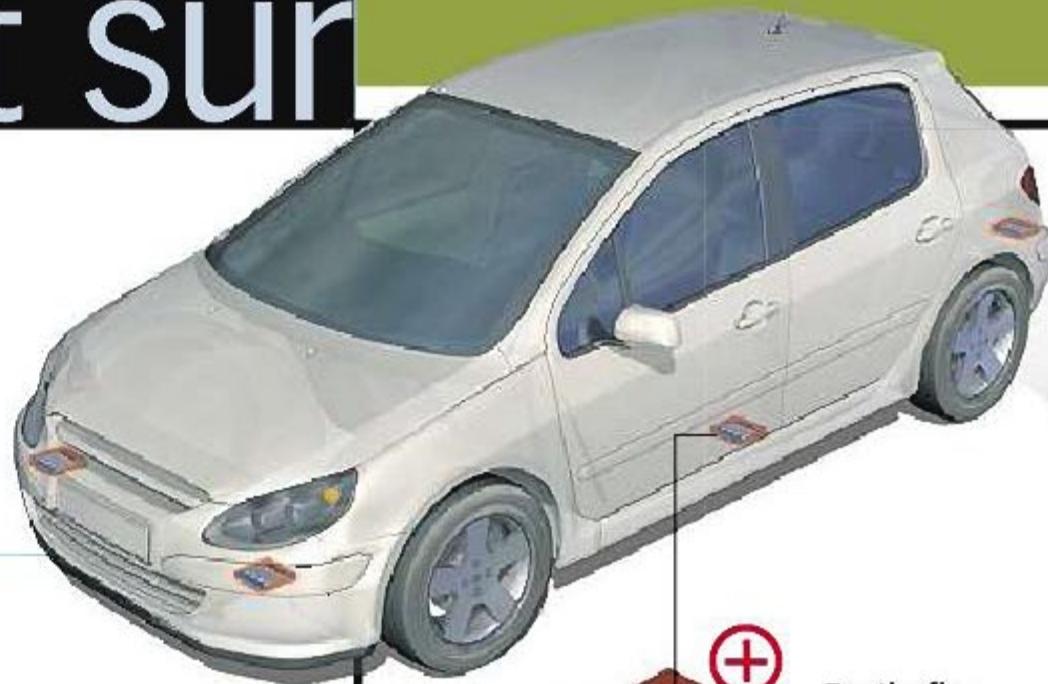
# L'airbag

Bien que non obligatoire, en France, l'airbag (de l'anglais "sac d'air") est aujourd'hui un équipement de série présent dans tous les véhicules neufs. Les versions plus modernes en intègrent une dizaine, disposés dans le volant et le tableau de bord, mais aussi dans les portières, sous la colonne de direction, ou encore sur le haut des vitres latérales. Depuis sa généralisation dans les années 1990, ce coussin gonflable, qui se déploie en quelques millisecondes en cas d'accident, a sauvé de nombreuses vies : combiné à la ceinture de sécurité, l'airbag frontal permet de réduire le risque de blessure grave à mortelle à la tête de près de 75 % ! S'il est conçu aujourd'hui en Europe pour fonctionner en complément de la ceinture, il fut développé à ses débuts aux Etats-Unis comme un substitut à cette dernière (voir "Un peu d'histoire"). Ce qui impliquait de fabriquer des airbags plus puissants, plus volumineux et plus... dangereux. Ce type de conception a longtemps entravé l'essor de cette technologie, plus complexe qu'elle n'y paraît. En effet, outre la difficulté à gonfler un coussin en une fraction de seconde

sans projeter de débris au visage de l'accidenté, sans l'assommer avec le mur d'air ainsi créé et sans le rendre sourd du fait de la déflagration, l'airbag doit se déployer uniquement lorsque cela est nécessaire. S'il se déclenche lorsqu'un caillou heurte le pare-chocs, ou lorsque le conducteur frappe son volant d'un geste rageur, le dispositif risque de devenir dangereux.

## LE BON ALGORITHME DE CRASH

Pour éviter cela, des accéléromètres (capteurs de choc) disposés à différents endroits sur le véhicule recueillent en permanence des informations centralisées par un ordinateur de bord. Un processeur y analyse la sévérité des chocs détectés et décide de déclencher ou non l'airbag en fonction des spécifications transmises par le constructeur. Ce dernier aura préalablement déterminé, grâce à de nombreuses simulations informatiques et crash tests, les seuils les plus pertinents de déclenchement. "On fait entre 30 et 40 essais avant de trouver le bon algorithme de crash", explique Richard Zeitouni, maître expert sécurité chez PSA. En cas →

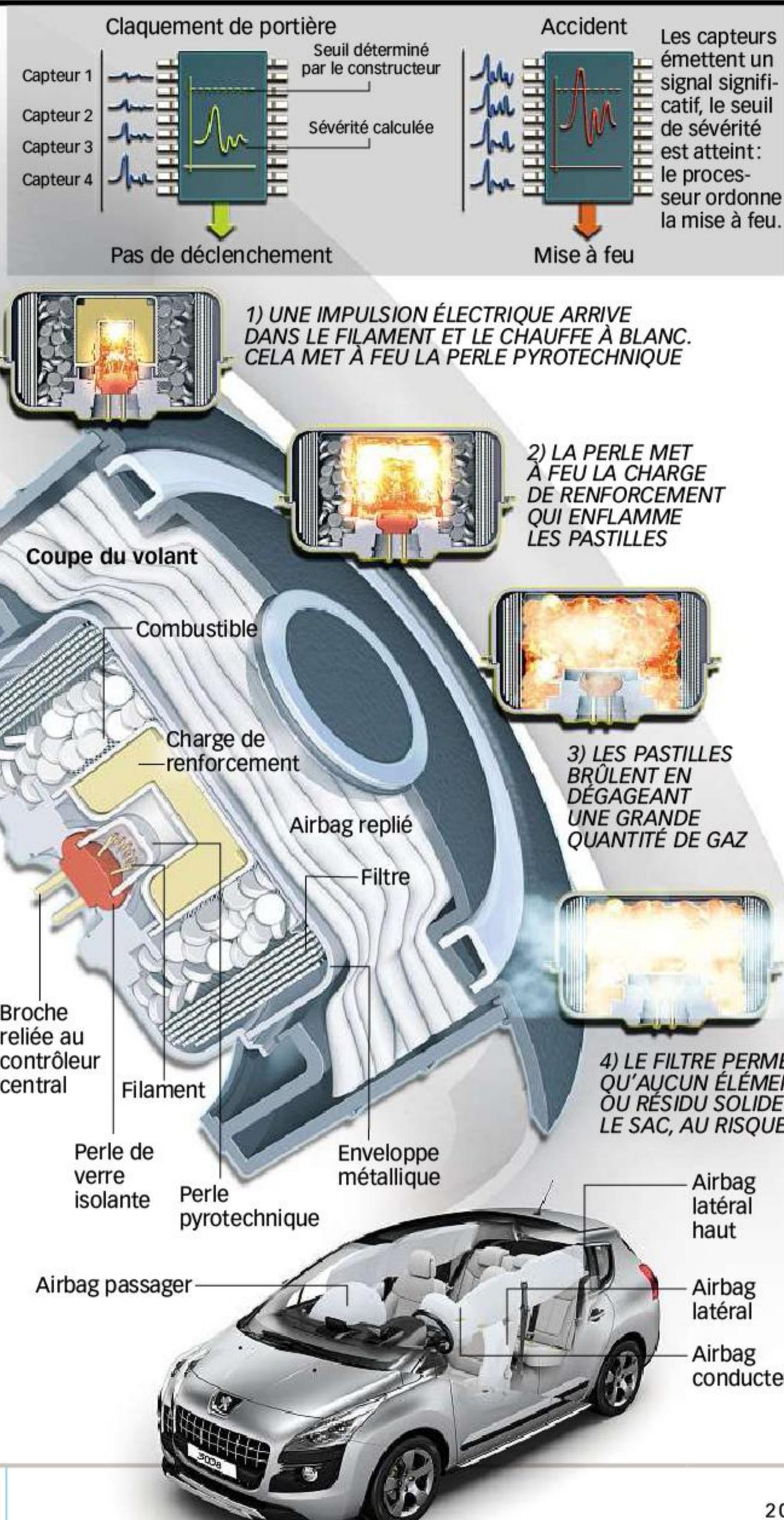


## 1 Des accéléromètres captent et mesurent les chocs

Une série de capteurs de chocs (accéléromètres) sont répartis sur tout le véhicule. Ce sont des capteurs microscopiques formés de deux peignes conducteurs imbriqués l'un dans l'autre. En cas de choc, le peigne mobile se déplace, ce qui modifie la tension entre les deux peignes. La variation de tension donne l'intensité du choc.

## COMMENT ÇA MARCHE

150 millisecondes, c'est le temps disponible entre le choc et le moment où le conducteur va heurter son volant. C'est pourquoi un circuit électronique spécifique est intégré à l'ordinateur de bord pour décider instantanément de l'ouverture de l'airbag. Par ailleurs, le déploiement du sac passe par le déclenchement d'un système pyrotechnique, seul dispositif suffisamment rapide pour produire la quantité de gaz nécessaire à son remplissage.

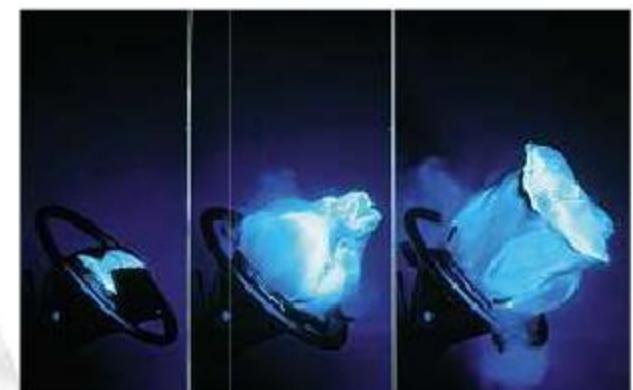


## 2 Un ordinateur de bord analyse les chocs

Pour faire le *distinguo* entre un claquement de portière et un accident, l'ordinateur de bord surveille en permanence tous les capteurs répartis sur le véhicule. Lorsque le processeur calcule que le signal envoyé par tout ou partie des capteurs dépasse un certain seuil déterminé par le constructeur, l'airbag est alors mis à feu.

## 3 Une impulsion électrique déclenche le gonflage de l'airbag

Une impulsion électrique est envoyée jusque dans le dispositif de mise à feu de l'airbag. Elle déclenche la combustion d'une charge de poudre qui va, à son tour, mettre le feu à des pastilles hautement réactives. La combustion de ces dernières produit instantanément une grande quantité de gaz qui va être dirigé dans le sac. Le gonflage prend 35 millisecondes. L'airbag comporte des événements pour pouvoir se dégonfler progressivement dès que le conducteur entre en contact avec lui.



## 4 Différents airbags sont gonflés selon la nature du choc

Une dizaine d'airbags peuvent équiper une voiture actuelle. Aux airbags frontaux conducteur et passager s'ajoutent des airbags latéraux. Là encore, c'est l'ordinateur de bord qui va déclencher les uns ou les autres suivant le choc détecté.



→ d'impact, il ne faut que 20 millisecondes au calculateur pour donner l'ordre de mise à feu. Un signal électrique est alors envoyé à un actionneur pyrotechnique appelé "générateur de gaz" (voir "Comment ça marche"). Ce dispositif contient des pastilles ou des blocs de propergols dont la composition est proche de ceux utilisés pour la propulsion des roquettes et des fusées. La combustion est quasi instantanée. En 35 millisecondes, la trentaine de grammes de propergols se consume et libère près de 70 litres de gaz. Ce système compact et peu onéreux est concurrencé par des systèmes (plus rares) à gaz sous pression, ainsi que par des systèmes hybrides qui combinent ces deux techniques.

#### DES ENDROITS INÉDITS

Une fois déployé, le sac vient "cueillir" l'occupant dont le corps vient faire pression sur le coussin, permettant ainsi au gaz contenu dans le coussin amortisseur de s'échapper par des événements. Certains airbags dits "adaptatifs" sont équipés de deux générateurs de gaz ainsi que de coussins à volume variable. *"Sur l'airbag de la Mégane berline, une chambre est dédiée au thorax et l'autre au bassin. Cette dernière reçoit jusqu'à trois fois plus de pression que celle dédiée au thorax, car c'est une zone plus exposée"*, explique Raluca Barb, responsable presse pour Renault. Mais ces systèmes sont beaucoup plus répandus sur le marché américain. Aujourd'hui, les constructeurs travaillent à implanter des airbags dans des endroits inédits (voir "Et demain"), mais aussi à améliorer entre autres les algorithmes de calcul afin d'adapter le plus finement possible le déploiement du coussin aux circonstances de l'accident ainsi qu'à la morphologie des passagers du véhicule.

Erwan Lecomte

#### UN PEU D'HISTOIRE...

Les premiers brevets sur des coussins gonflables destinés à amortir un impact sont enregistrés dans le début des années 1950. Ils sont attribués aux ingénieurs allemand Walter Linderer et américain John W. Hetrick en 1953. A l'époque, ce n'est pas dans l'automobile mais dans l'aérospatial que les premiers airbags furent employés. Ils étaient destinés à amortir des impacts sur les sondes soviétiques *Luna 9* et *13*, dès 1966. Le système fut ensuite adapté l'année suivante sur un avion de combat américain, le F-111.

Dans l'automobile, les recherches ne prennent leur essor que lorsque les premiers détecteurs d'impacts, comme celui mis au point par David Breed en 1968, voient le jour. Il s'agissait d'un système rudimentaire constitué d'une balle insérée dans une section de tube, et projetée en avant en cas de collision.

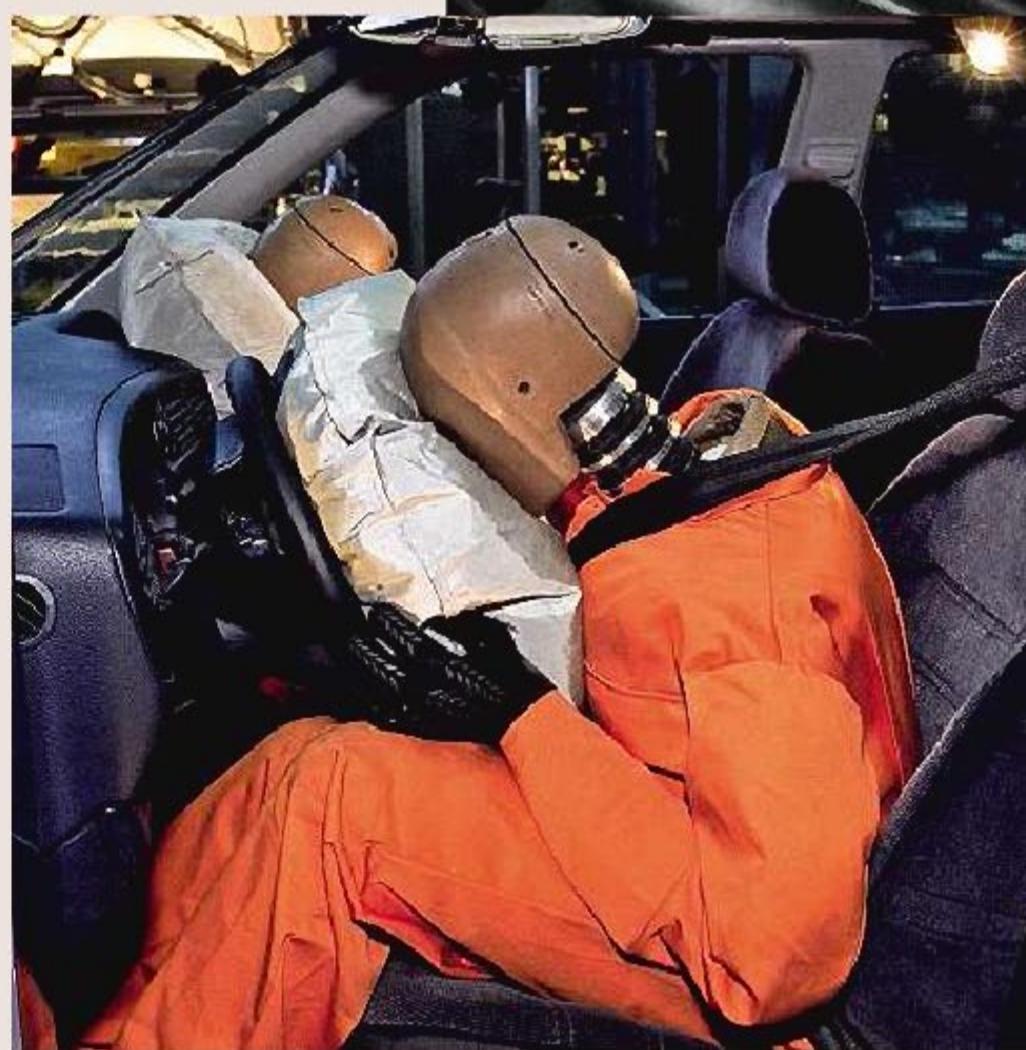
#### 1971, le premier airbag

Le contexte d'insécurité routière contribue aussi largement au développement de l'airbag : dans les années 1970, alors que le nombre d'automobiles en vente croît de manière exponentielle (41,5 millions de nouvelles immatriculations dans le monde en 1979, soit quatre fois plus qu'en 1950), le nombre de tués sur les routes explode.

En France, la mortalité atteint un triste record en 1972 avec plus de 16 500 morts, alors que seulement 60 % des ménages sont équipés d'une automobile (contre 88 % en 2009). Et pour cause : l'usage de la ceinture de sécurité est resté facultatif jusqu'en 1973.

#### 1968

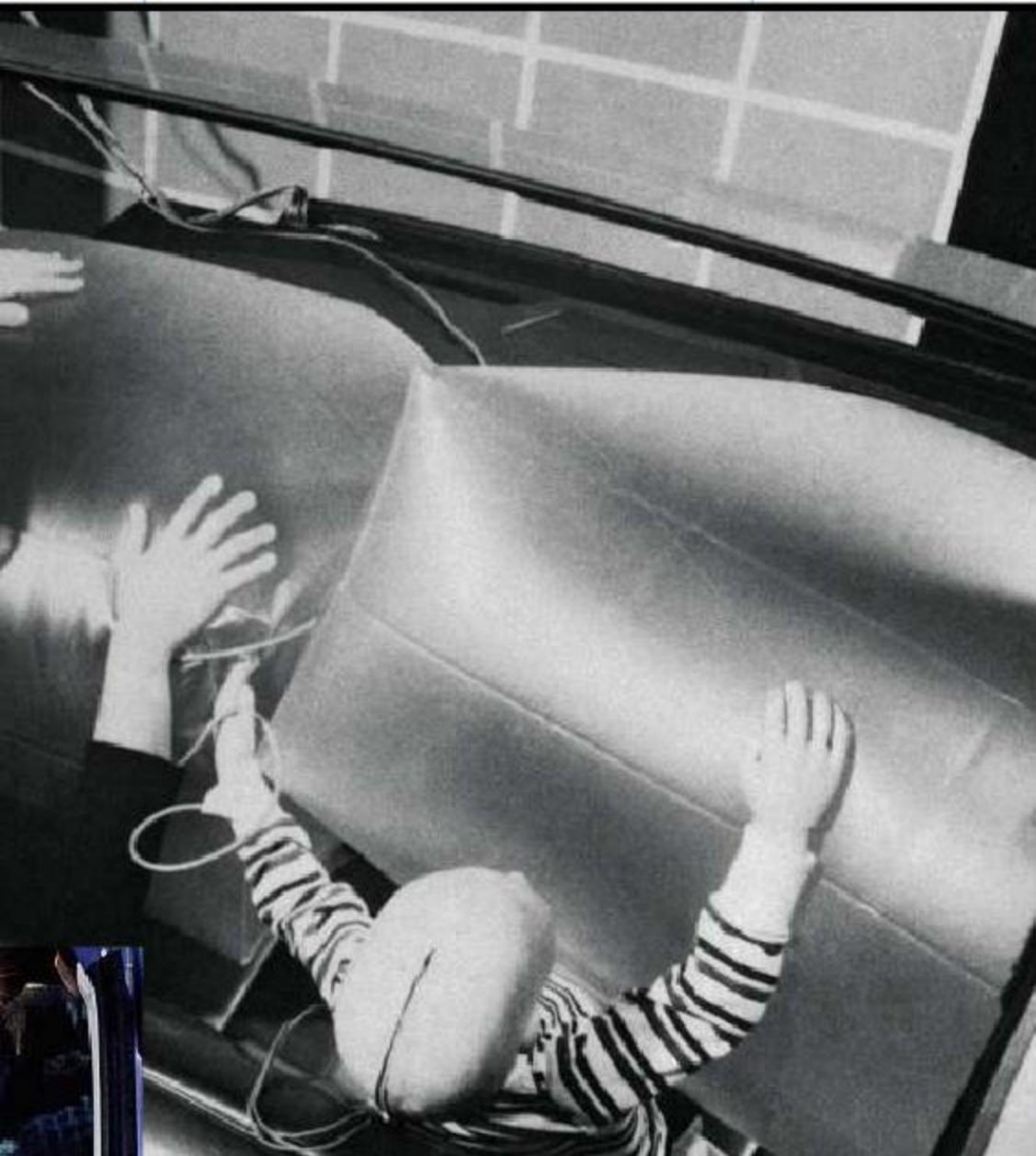
> Des airbags très volumineux sont testés. Ils s'ouvrent en moins de quatre dixièmes de seconde.



Aussi, les gouvernements, notamment aux Etats-Unis, exigent des fabricants automobiles qu'ils renforcent d'urgence la sécurité de leurs véhicules. Au début des années 1970, tous les constructeurs planchent sur ce sujet. Au gaz com-



primé ou liquéfié censé assurer un gonflage rapide du sac, mais malcommode à stocker dans l'espace du volant ou du tableau de bord, on substitue une petite charge pyrotechnique qui dégage une grande quantité de gaz en brûlant. Et dès 1971, les premiers véhicules



1992

< Le Salon de l'automobile de Genève présente des véhicules de série auxquels est intégré l'airbag.



2006

> Honda installe un airbag sur sa moto Gold Wing 1800, présentée au siège du constructeur à Tokyo, en 2005.

équipés d'airbags conducteur et passagers font leur apparition dans une flotte de véhicules expérimentale, construite par Ford. Très volumineux, ces coussins protègent non seulement le torse et la tête mais aussi les genoux du passager. Déjà, les premières innovations techniques font leur apparition. En 1973, des airbags équipés de deux

générateurs de gaz permettent un déploiement plus ou moins important du sac, en fonction de la force de l'impact. Mais ces dispositifs ne sont pas encore au point.

Certains se déclenchent de manière impromptue, provoquant des accidents mortels. De plus, comme le port de la ceinture de sécurité n'est pas obligatoire, les airbags qui doivent garantir la sécurité

sont beaucoup plus volumineux que ceux d'aujourd'hui. Ce qui implique un temps de gonflage plus important, et un système de mise à feu plus impressionnant. Les consommateurs s'en méfient. La recherche se poursuit alors dans un contexte difficile. Même si le système de libération des gaz s'apparente plus à une propulsion de moteur de fusée qu'à une véritable explosion, les autorités américaines considèrent que le mécanisme de déclenchement est similaire à celui d'un feu d'artifice. Les chercheurs doivent donc subir une formation au maniement des explosifs. Ce qui n'est

pas évident pour les fabrications minimales de protection dans un véhicule, même si les occupants ne se ceintent pas. Spécifications qui ne peuvent être atteintes que par le recours à des ceintures à mise en place automatique, ou par des airbags. C'est ce dernier système qui s'imposera dans les années 1990.

### Airbag de série

D'autre part, en Europe, Mercedes-Benz donne l'impulsion pour une approche radicalement différente. Plutôt que de concevoir l'airbag comme une alternative à la ceinture, le constructeur l'imagine comme un système complémentaire à celle-ci. La nuance paraît faible, et pourtant elle bouleverse la donne. La ceinture limitant le mouvement du corps lors de l'accident, il n'est plus nécessaire de mettre en place des coussins très volumineux. Aussi, bien que la loi ne mentionne pas spécifiquement l'emploi obligatoire d'airbags, ces derniers se répandent rapidement. Les airbags frontaux sont intégrés aux véhicules de série à partir des années 1990, puis se déclinent en airbags latéraux qui amortissent le torse et le bassin (1995), rideaux en 1997 pour protéger la tête des chocs latéraux ; en airbags de genoux séparés de l'airbag frontal (1996) ; en airbags rideaux arrière (2008) et en airbag rideau placé entre les deux sièges arrière (2009). Depuis 2006, le constructeur Honda en a même installé sur sa moto Gold Wing 1800.

## BON À SAVOIR

### ■ L'AIRBAG PRÉSENTE-T-IL DES RISQUES ?

Oui. Le déclenchement de l'airbag peut provoquer des blessures aux mains ou au visage, notamment si le conducteur est trop proche du volant. Par ailleurs, un siège bébé placé dos à la route sur le siège avant peut-être violemment éjecté contre le dossier du siège passager et provoquer de graves blessures à l'enfant qui l'occupe. Le mode d'emploi du siège bébé indique qu'il faut désactiver l'airbag. Mais certains constructeurs ne proposent pas cette possibilité. La seule alternative est de placer le siège bébé uniquement à l'arrière. Entre 1990 et 2008, l'Agence de sécurité routière américaine a dénombré 175 décès causés par les airbags, la plupart d'entre eux (104) concernant des enfants. Mais cette même agence indique que plus de 3,3 millions d'airbags ont été déclenchés lors d'accidents sur cette période et estime à plus de 6 300 le nombre de vie sauvées par ce dispositif.

D'autre part, les déclenchements intempestifs ou les non-déclenchements en cas de choc restent rarissimes.

### ■ PROTÈGE-T-IL EFFICACEMENT ?

Oui, surtout s'il est couplé avec la ceinture de sécurité. En cas de collision, ils évitent 75 % des blessures et permettent une chute de 65 % des blessures graves à la poitrine et jusqu'à 75 % à la tête.

### ■ UN AIRBAG DÉCLENCHE EST-IL RÉUTILISABLE ?

Non. En cas d'accident, et si le véhicule n'est pas bon pour la casse, il faut remplacer tout le module airbag et la planche de bord ou le fauteuil déchiré.

### ■ UN AIRBAG S'USE-T-IL ?

Théoriquement, l'airbag est conçu pour durer toute la vie du véhicule, mais mieux vaut le faire réviser tous les dix à quinze ans ou tous les 100 000 km. Un passage chez le garagiste est indispensable lorsque le voyant de l'airbag s'allume.

## ET DEMAIN ?

Si à ses débuts, la vitesse de déploiement était un facteur critique dans l'efficacité d'un airbag, aujourd'hui, les systèmes et les matériaux utilisés ont définitivement réglé ce problème. Toutefois, l'airbag peut encore s'améliorer, notamment en ce qui concerne la réduction de sa taille, de son poids et de son coût. De plus, bien que les airbags se nichent déjà dans une dizaine d'endroits du véhicule, il est encore possible de leur trouver d'autres logements. Ainsi, Ford prévoit d'en placer dans les ceintures de sécurité de son SUV Explorer

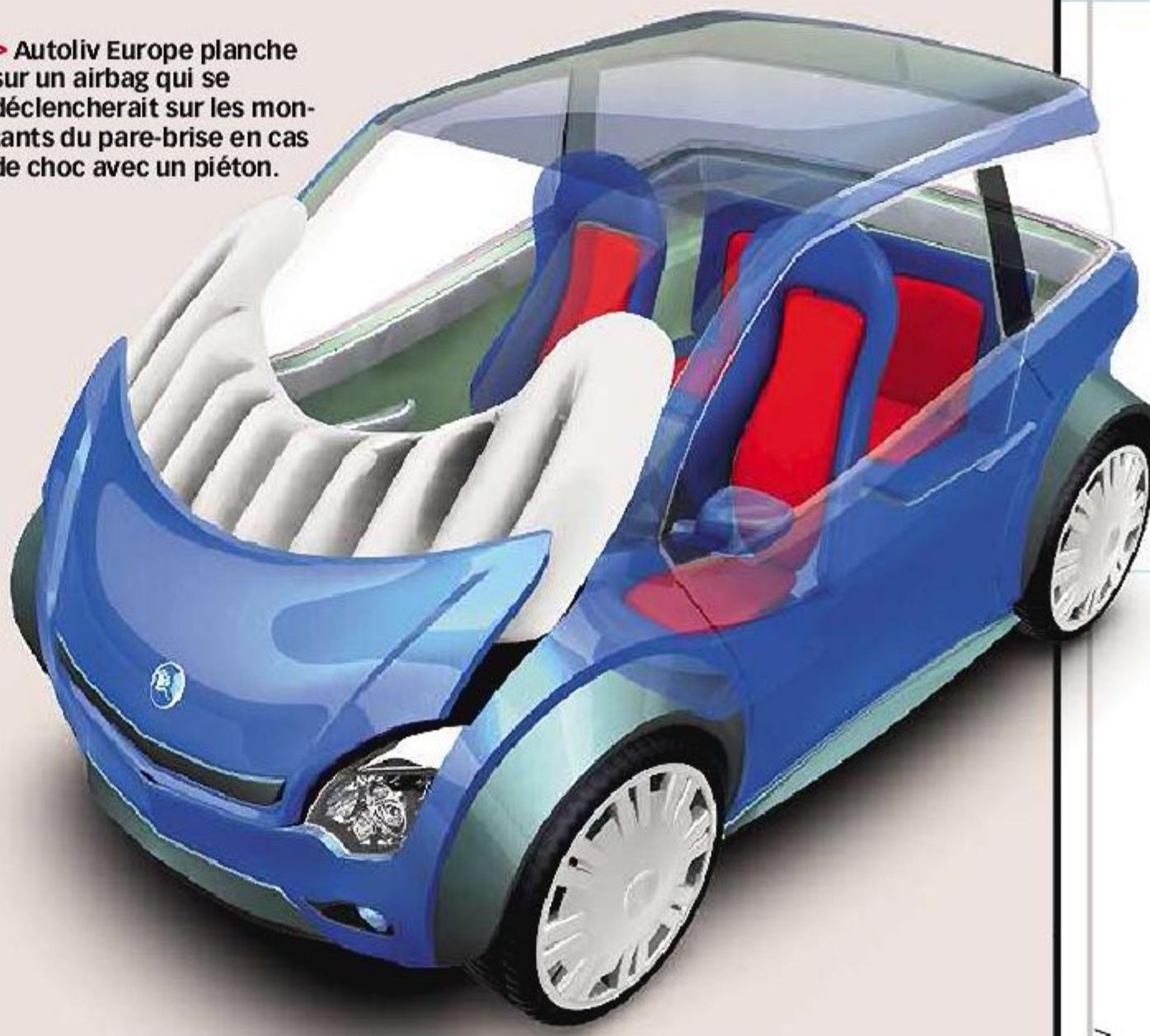
cette année aux Etats-Unis, et dès l'année prochaine sur les autres modèles de sa gamme.

### Airbag pour piéton

Autre piste : *"Il est probable que les prochaines générations de voitures soient rapidement équipées d'airbag piéton"*, assure Michel Kozyreff, vice-président Engineering pour le fabricant d'airbags Autoliv Europe. Ce type de protection vise à déployer des coussins protecteurs à l'extérieur du véhicule, au niveau des montants du pare-brise et de la traverse inférieure portant les essuie-glace, de manière à protéger la

tête du piéton renversé d'un choc contre ces parties du véhicule. Les constructeurs travaillent également à affiner les algorithmes de calcul et les simulations numériques de crash grâce à une connaissance de plus en plus fine du corps humain, de manière à ce que le déploiement de l'airbag s'adapte, demain, automatiquement à la morphologie du conducteur ou des passagers. Pour mettre plus de pression dans le coussin lorsque le conducteur est une armoire à glace, ou au contraire un peu moins, s'il s'agit d'une personne légère et de petite taille.

> Autoliv Europe planche sur un airbag qui se déclencherait sur les montants du pare-brise en cas de choc avec un piéton.



septembre 2010 trimestriel

252

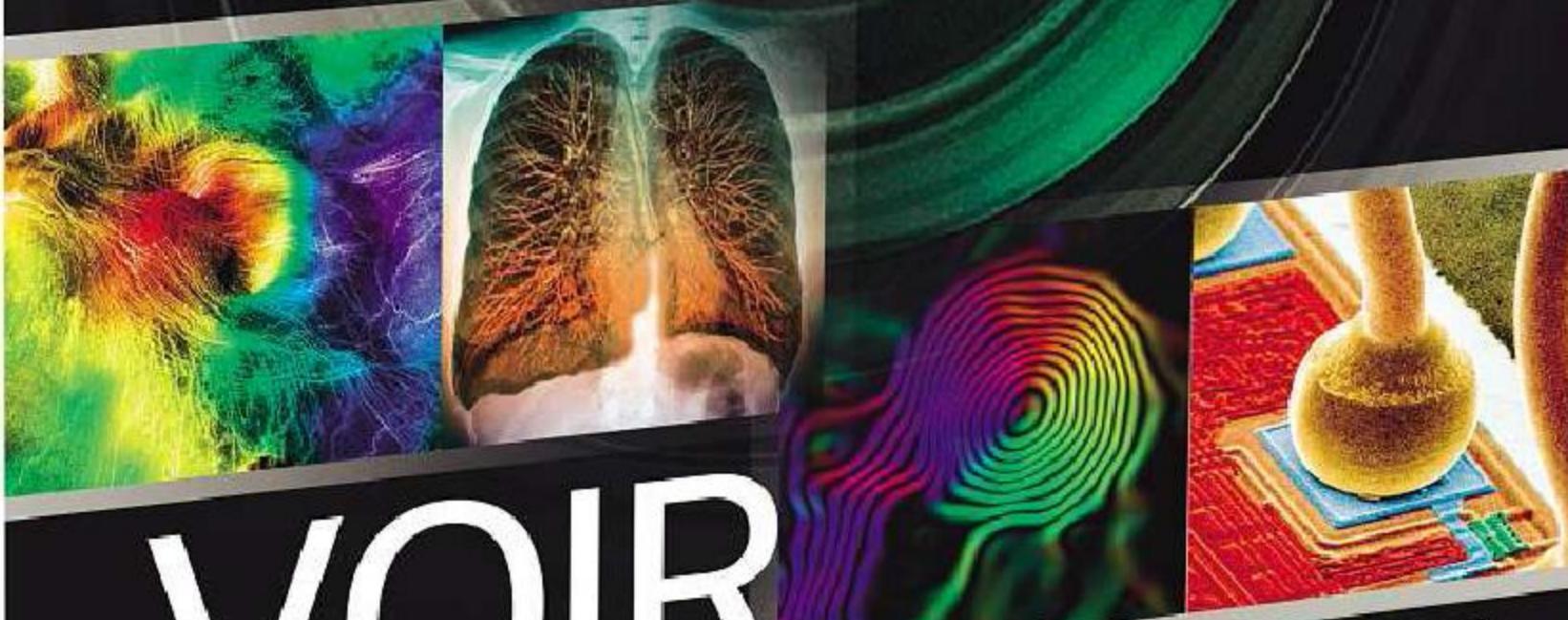
HORS  
SÉRIE

A MONDADORI FRANCE

SCIENCE & VIE

Corps, matière,  
espace, cerveau...  
**L'au-delà des  
apparences**

Technologies  
**Ces images qui  
révolutionnent  
le savoir**



# VOIR L'INVISIBLE

*Comment la science repousse  
les limites de notre regard*



**Le monde stupéfiant des acariens**  
Zoom sur les petites bêtes qui nous entourent

En vente actuellement

SCIENCE &  
découvertes

Pour les 8-12 ans

SCIENCE & VIE  
JUNIOR

pour les 13-17 ans

LES CAHIERS  
SCIENCE & VIE

LES RACINES DU MONDE

SCIENCE & VIE

NOUVELLE  
FORMULE

# L'ORDINATEUR INDIVIDUEL SVM

N° 230 SEPTEMBRE 2010

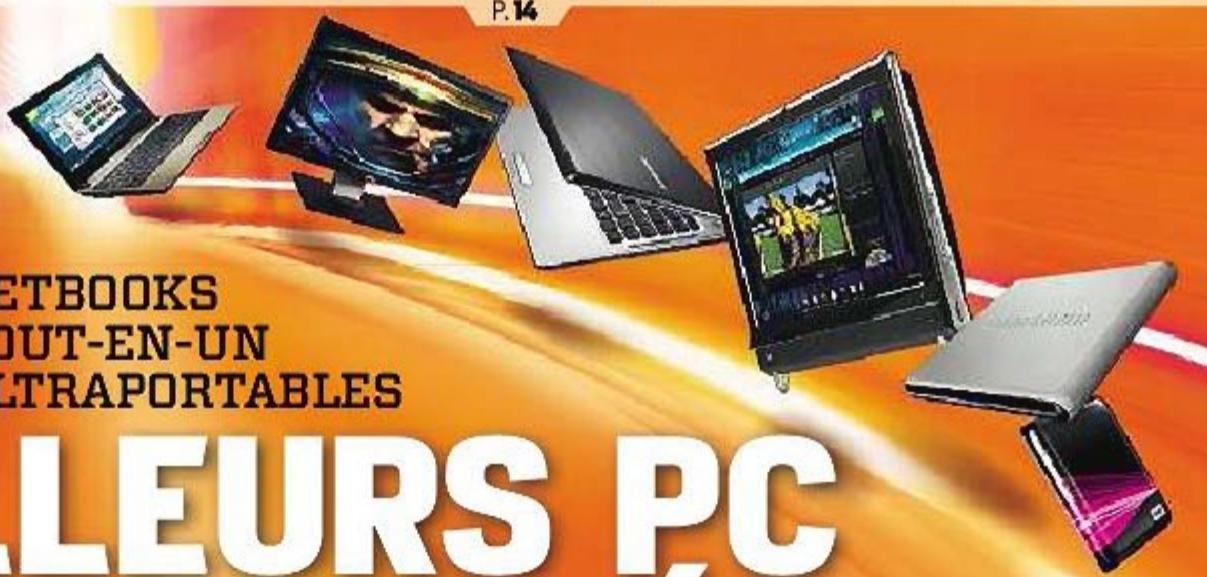
www.01net.com

Le n°1 de la presse high-tech

PRIX  
DÉCOUVERTE  
**2,90**  
€  
au lieu de  
4,50 €

## LES MEILLEURS PC DE LA RENTRÉE

→ NETBOOKS  
→ TOUT-EN-UN  
→ UTRAPORTABLES



PLUS DE 100 NOUVEAUTÉS CHOISIES PAR PROFIL ET PAR BUDGET

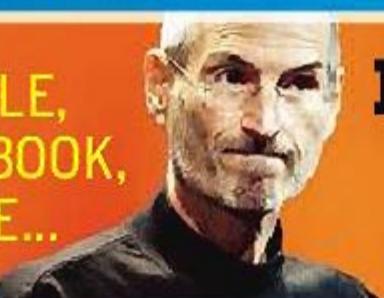
P. 128

32 PAGES PRATIQUES

## BOOSTEZ WINDOWS 7!

ET AUSSI PLEIN D'ASTUCES INTERNET, MOBILES, VIDÉO, AUDIO, PHOTO...

GOOGLE,  
FACEBOOK,  
APPLE...



## Les grandes manœuvres des patrons du Web

(et leurs petites histoires inavouables) P. 44

Disponible sur :

<http://digital.01net.com>

Nicholas Monu/stockphoto

EN VENTE DES LE 27 AOÛT CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX

Le n°1 de la presse high-tech →

L'ORDINATEUR INDIVIDUEL SVM

www.01net.com

Le n°1 de la presse high-tech

# technofolies

## Spécial automobile

Du 2 au 17 octobre 2010, lors du Mondial de l'automobile à Paris, les constructeurs présenteront un panorama de leurs technologies les plus récentes... Trois moteurs se cachent derrière la plupart de leurs innovations: le respect de l'environnement, avec les premiers véhicules électriques, l'accès facilité aux loisirs numériques et la sécurité.



136

La conduite qui respecte l'environnement



138

Des loisirs numériques simples d'utilisation



140

La sécurité toujours au centre des préoccupations



# CONDUITE

Véhicules tout électriques, système de redémarrage rapide et économique... les constructeurs ont pris en compte le respect de l'environnement dans leurs innovations, mais ont aussi soigné l'ambiance au sein de l'habitacle.

> Installé sur les Citroën C4 et C5 HDI, le système de redémarrage "stop&start" e-HDI permet d'économiser du carburant.



## La première citadine 100 % électrique

Après les nombreux prototypes présentés sur les salons par les grands constructeurs automobiles, la voiture électrique – celle promise à un marché de masse – arrive enfin. Première à ouvrir le bal en Europe, la Peugeot iOn devance de peu ses rivales, la Citroën C-Zero, aux caractéristiques identiques et sortie quasiment en même temps, et la Nissan Leaf, prévue mi-2011. Développée sur la base de la i-MiEV de Mitsubishi, déjà commercialisée au Japon, cette petite voiture de quatre places peut parcourir, sans bruit et sans aucune émission de CO<sub>2</sub>, jusqu'à 150 km, grâce à ses batteries lithium-ion. Elle se recharge ensuite en six heures sur une prise de courant classique, ou en seulement trente minutes à 80 % de sa capacité via une borne de recharge rapide. Avec ses dimensions réduites (3,48 m de long et 1,47 m de large) et son rayon de braquage très court (4,5 m), son terrain de jeu reste essentiellement la ville. D'autant que son moteur électrique de 47 kW (64 ch) la propulse au maximum à la vitesse de 125 km/h. Petite originalité : elle embarque un boîtier de communication GSM-GPS innovant (Peugeot Connect) qui, en cas de panne ou d'accident, permet non seulement de la localiser,

mais aussi de téléphoner directement aux équipes d'assistance ou de secours. L'appel se fait soit automatiquement, si les airbags se sont déclenchés, soit par un simple bouton sur le tableau de bord. Seul problème : même si son coût d'utilisation est inférieur à celui d'une voiture essence (1,50 € pour 100 km), la Peugeot iOn coûte

très cher (deux à trois fois plus qu'une citadine essence). Sur ce point, le constructeur précise qu'elle s'adresse avant tout aux entreprises et aux collectivités locales, et mise plutôt sur la location, au tarif, là encore élevé, de 500 € par mois (entretien inclus) ! Pas sûr donc que la voiture

électrique soit encore prête à envahir nos routes... Pour ceux qui seraient intéressés, les premières commandes débutent ce mois-ci, pour une livraison prévue en décembre.

L.B.

Prix : env. 29000 € (hors bonus écologique de 5000 €).  
Rens. : [www.peugeot.fr](http://www.peugeot.fr)





## LE "STOP&START" GAGNANT EN RAPIDITÉ

Un redémarrage gagnant 40 % en rapidité et jusqu'à 15 % de carburant économisé en ville: c'est la promesse du premier système "stop&start" e-HDI conçu par PSA et Valeo. Des supercondensateurs aident en outre la batterie à encaisser les appels de puissance et évitent les coupures de l'autoradio ou de l'éclairage. L'e-HDI équipera d'abord les Citroën C5 et C4 à moteur HDI, en décembre 2010, avant de s'étendre à d'autres gammes en 2011.

P.G.

Prix: non communiqué.  
Rens.: [www.psa-peugeot-citroen.com](http://www.psa-peugeot-citroen.com)

< La Peugeot iOn parcourt jusqu'à 150 km. Elle se recharge en six heures maximum et revient à 1,50 € pour 100 km.



Ça change la vie...

## L'habitacle conçu comme un havre de sérénité

*La nouvelle berline Infiniti M du groupe Nissan ambitionne de protéger ses passagers du fracas urbain: bénéficiant de techniques dernier cri, son habitacle se transforme en havre de sérénité. Il isole tout d'abord les passagers sur le plan phonique grâce à une technologie inédite sur le marché: un système de contrôle actif du bruit permettant d'éliminer les basses fréquences indésirables qui remontent du moteur. A cet effet, seize haut-parleurs produisent des sons opposés, créant de la sorte une annulation par compensation sonore. Résultat: selon le fabricant, la pureté du son serait comparable à celle d'une salle de concert! Et l'Infiniti M innove aussi à d'autres niveaux: l'air de la climatisation diffuse par intermittence des fragrances issues d'huiles essentielles de feuilles, relaxantes et luttant contre la fatigue, et de bois tropical de Bornéo. Pour éviter le dessèchement lié à la climatisation, le taux d'humidité de l'air est contrôlé en permanence grâce à des capteurs intérieurs et extérieurs, montés au sommet du pare-brise. Cet air légèrement humide et parfumé est diffusé de manière aléatoire dans l'habitacle, de façon à recréer l'effet d'une brise fraîche naturelle. M.K.*

Prix: à partir de 50000 €  
Rens.: [www.infiniti.fr](http://www.infiniti.fr)

> Les basses fréquences provenant du moteur sont éliminées grâce à des sons opposés.





# LOISIRS

Les manipulations du GPS et de l'autoradio facilitées par l'écran tactile, les connexions Internet dans sa voiture et les appareils directement branchés entre eux... autant d'astuces appréciées par les fans du numérique.

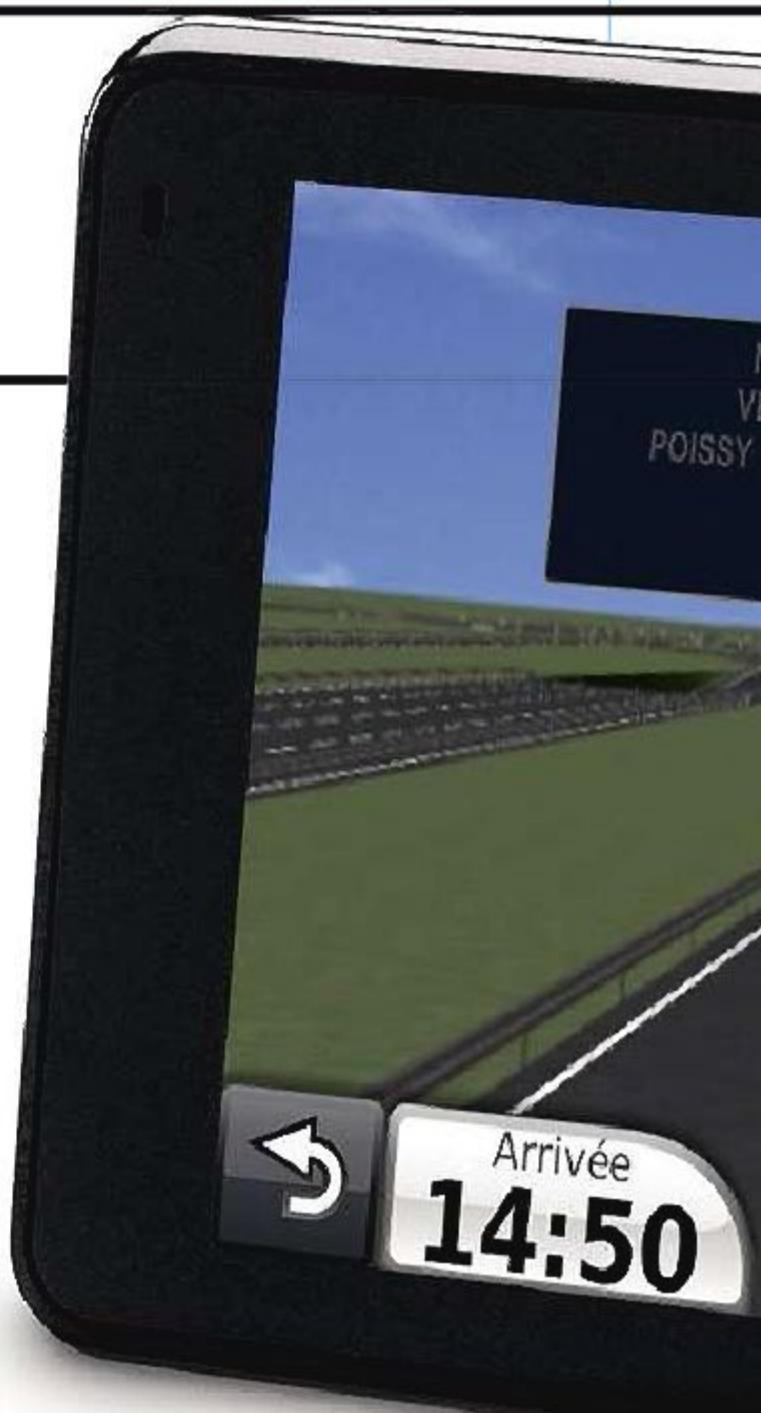
## Le GPS le plus fin et le plus léger du monde

Le constructeur américain Garmin, leader mondial du GPS, ouvre la route à une nouvelle génération de boîtiers avec sa gamme nüvi 3700 (3790T, 3760T et 3750). Ce sont les GPS les plus fins au monde (72 x 122 x 8,5 mm pour 113,4 grammes), ce qui facilite leur transport. Autre particularité : ils sont équipés d'un écran tactile multi-point qui rend leur utilisation plus aisée. Il suffit de parcourir l'écran de 4,3 pouces (sa résolution est de 800 x 480 pixels)

avec deux doigts pour agrandir ou réduire une carte. Un accéléromètre permet également de basculer l'image automatiquement en mode paysage ou portrait, en fonction de la position du boîtier. A noter : le modèle haut de gamme (3790T) bénéficie de quelques atouts supplémentaires qui font la différence. C'est le cas de la reconnaissance vocale dès l'allumage. Plus besoin d'appuyer sur un bouton pour le faire démarrer : il suffit juste

de dire à haute voix une phrase d'activation que vous lui aurez préalablement apprise. Il affiche aussi une représentation en 3D du relief et de l'environnement urbain. Enfin, sa connexion Bluetooth peut être utilisée comme kit mains libres de qualité (un second haut-parleur étant intégré au support voiture). Les nüvi 3700 sont livrés avec la cartographie Navteq de 43 pays d'Europe. P.R.

Prix : env. 350 €.  
Rens. : [www.garmin.com/sites/fr](http://www.garmin.com/sites/fr)



▲ L'écran tactile est équipé de la technologie multipoint, qui permet d'agrandir ou de réduire la carte avec deux doigts.

## L'autoradio à écran tactile discrètement sécurisé

Pour son autoradio MP 204 lancé fin juin, le fabricant français Oxygen Audio a choisi une façade tactile, qui lui permet d'afficher une surface lisse à très peu de touches, avec un éclairage variable bleu, rouge ou mauve. Une télécommande permet également de



▲ Le MP 204 peut lire 9999 pistes au format audio Wave, MP3 ou WMA.

naviguer dans son répertoire de musique, enregistré sur CD, carte mémoire ou clé USB jusqu'à 32 Go. Compatible avec les formats audio Wave, MP3 et WMA, cet appareil peut lire jusqu'à 9999 pistes. Deux modules, en option, permettent de brancher un i-Pod ou de relier un portable par Bluetooth, pour téléphoner en conduisant. Et un mini-élément de la façade se détache pour être transporté dans une poche. E.A.

Prix : env. 100 €.  
Rens. : [www.oxygenaudio.fr](http://www.oxygenaudio.fr)





## LE SYSTÈME AUDIO ADOpte LE BALADEUR

Le nouvel autoradio S200X du fabricant japonais Sony permet de brancher directement son lecteur de musique portable à une prise USB située dans un compartiment... caché à l'arrière du panneau stéréo. Fini les oubliés: un message s'affiche si le baladeur se trouve toujours dans l'appareil, une fois le moteur de la voiture coupé. En revanche, si cet autoradio peut créer automatiquement des listes de lecture en fonction de l'"ambiance" des chansons, il ne fonctionne qu'en mode aléatoire. E.A.

Prix: env. 200 €.

Rens.: [www.sony.fr](http://www.sony.fr)

▼ Une prise USB permet de brancher directement son lecteur de musique portable.



## La première voiture à 8 connexions Internet



Le GPS "Advanced Plus" de l'Audi A8 offre à ses passagers un accès wi-fi sur huit terminaux en même temps.

Surfer sur Internet ou télécharger de la musique depuis un ordinateur portable, voici ce qui attend les passagers de l'Audi A8. Une collaboration avec Google a permis de l'équiper d'un GPS "Advanced Plus" intégré. Avantage: pour la première fois au monde, il fournit, en option, un accès wi-fi partagé pour connecter jusqu'à huit terminaux en même temps! Les passagers

peuvent ainsi surfer simultanément sur des supports différents. Un module relié aux réseaux mobiles 3G fait office de relais pour créer un réseau wi-fi de 7,2 Mbit/s. Il suffit d'insérer une carte SIM dans un emplacement du tableau de bord. La connexion 3G permet aussi d'afficher les images satellite en 3D de Google Earth sur l'écran 8 pouces du GPS et de rechercher localement des points d'intérêt (restaurants, etc.). L.B.

Prix: à partir de 82000 €, option wi-fi: 580 €.  
Rens.: [www.audi.fr](http://www.audi.fr)

# SÉCURITÉ

Toujours au centre des préoccupations des constructeurs, la sécurité progresse encore avec des airbags et des pneus renforcés.

## UNE CEINTURE DE SÉCURITÉ GONFLABLE

Pour améliorer la sécurité des passagers, le constructeur américain Ford a intégré des airbags dans les ceintures de sécurité à l'arrière. Lors d'une collision, la ceinture se déploie sur une surface large pour bien protéger le passager. L'intensité du choc est répartie sur le torse, ce qui réduit les risques de blessures.

Ford prévoit d'installer sa ceinture gonflable dans la prochaine version de son Explorer qui sortira courant 2011, avant d'éventuellement la généraliser à tous ses nouveaux véhicules. L.F.

*Prix: non communiqué.  
Rens.: [www.ford.com](http://www.ford.com)*



« L'intensité du choc étant répartie sur tout le torse, le passager est mieux protégé. »



▲ La compression du pneu piége la neige dans les sculptures.

## Le pneu qui freine plus court sur la neige

Freiner efficacement sur la neige et le sol mouillé, sans opter pour des pneus cloutés ou des chaînes: c'est la vocation du pneu Kristall Montero 3 du fabricant allemand Fulda. Le Montero 3 fait appel pour cela à une technologie particulière appelée "snow catcher" ("attrape-neige") qui consiste à utiliser la compression du pneu pour piéger la neige dans les sculptures. Lesquelles offrent par

ailleurs deux rainures en V destinées à faciliter l'évacuation de l'eau. Selon les tests réalisés par nos confrères de la presse spécialisée *Autodeclics*, le Kristall Montero 3 réduirait de 3 à 4 m la distance de freinage sur neige à 40 km/h par rapport à des pneus hiver concurrents. Soit une marge de sûreté non négligeable. Ces améliorations sont-elles accomplies au détriment de la tenue de route sur sol

sec ? Non, assure le constructeur, qui met en avant une bande de roulement et une structure renforcées pour éviter les déformations et prolonger la durée de vie sans nuire à la consommation. Disponible dès l'automne 2010, le Kristall Montero 3 est décliné dans de multiples versions, couvrant l'immense majorité du parc auto. P.G.

*Prix: de 40 à 80 € l'unité, selon les références.  
Rens.: [www.fulda.com](http://www.fulda.com)*

• Construire des génératrices solaires dans les bidonvilles  
• L'Europe explore avec succès les îles inhabitées qui se disloquent  
• FUSILES Match USA/Urss : Egalité

LES TRIOMPHES DE CELLE-CI QUI A BIEN FAISAN DANS L'AVIATION

Il y a 50 ans...

« Une véritable révolution bouleverse le monde de la compétition: une petite voiture anglaise, à moteur placé juste derrière le siège du pilote, a osé attaquer les prestigieux bolides italiens, et les

a battus magistrallement. » En octobre 1960, le monde automobile est sens dessus dessous: un père et son fils, Charles et John Cooper, viennent d'inventer un moteur central grâce auquel ils remportent

plusieurs championnats du monde. Le journaliste prédit une mutation vers les voitures de tourisme: « Déjà, Porsche prépare une voiture à moteur central, en avançant encore sa mécanique. » M.V.



## Enquête

Cher ami lecteur,

Numéro après numéro, nous mettons tout en œuvre pour mériter votre confiance. Et c'est pour cela qu'aujourd'hui nous faisons appel à vous.

Nous souhaiterions vous associer à notre réflexion sur Science & Vie dans le but de réaliser des numéros qui correspondent aussi parfaitement que possible à vos attentes et à celles de tous les lecteurs. Aussi souhaiterions-nous vous donner la parole ! Que pensez-vous de Science & Vie en général ? **Et de ce numéro en particulier ?** Quels articles vous ont attirés et comment les avez-vous appréciés ?

Lisez votre magazine comme d'habitude et ayez la gentillesse de participer à notre enquête quand vous aurez lu ce numéro, si possible dans les prochains jours.

**Pour participer,  
rendez-vous sur  
[www.enqueteSV.fr](http://www.enqueteSV.fr)**

**Nous avons vraiment besoin de vos réponses,** qu'elles soient critiques ou élogieuses, que vous ayez lu beaucoup d'articles dans ce numéro ou très peu. Votre aide nous est précieuse.

Très cordialement.

Matthieu Villiers  
Directeur de la rédaction

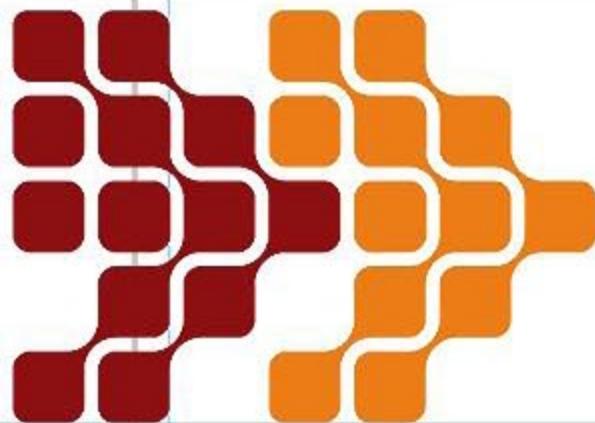
# La rédaction de SCIENCE & VIE a besoin de vous !

Que vous connaissiez très bien Science & Vie ou très peu (même si vous le lisez pour la première fois), votre avis nous intéresse !

**Répondez à notre enquête sur  
[www.enqueteSV.fr](http://www.enqueteSV.fr)**

et participez à l'amélioration de Science & Vie !

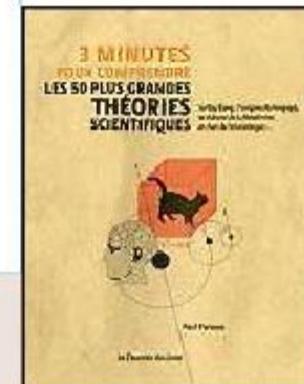




# Le big bang expliqué en trois minutes

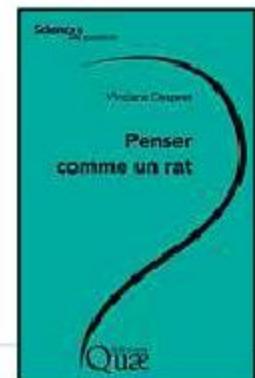
"De grands scientifiques ont passé des années à essayer de développer une 'théorie du tout', recherche que cet ouvrage explique en seulement trente secondes." Dès la préface, le ton est donné. *Si notre monde est complexe et déconcertant, de plus en plus de lois et schémas sont révélés dans la nature à mesure que la science progresse.* "Il n'est pas nécessaire de consigner la chute de chaque pomme parce que, grâce à Isaac Newton, nous comprenons comment la gravité attire tout vers la Terre, des pommes aux vaisseaux spatiaux", affirme cet étonnant petit livre. Et de conclure : "Les grands concepts scientifiques peuvent être exprimés brièvement." Paul Parsons, ex-rédacteur en chef du magazine BBC Focus, décline alors les principales théories avec un laconisme convaincant dans un livre

intelligent et malicieux. On y parle aussi bien de thermodynamique que de panspermie, de mécanique quantique, de big bang ou de rasoir d'Ockham, avec une mise en page savoureuse et pleine d'humour. La loi universelle de la gravitation, illustrée par un poïs et un éléphant dégringolant de la tour de Pise, a pour légende : "La force d'accélération due à la gravité est la même pour un énorme éléphant que pour un tout petit poïs, mais éloignez-vous si c'est un éléphant qui tombe !" Plus loin, la théorie de la relativité, selon laquelle plus on voyage rapidement dans l'espace, plus on voyage lentement dans le temps, a pour "condensé en trois secondes" : "Si vous voulez rester jeune, vous feriez mieux de vous mettre à bouger !" Une vraie perle, on vous dit. Rafaële Brillaud



*3 minutes pour comprendre les 50 plus grandes théories scientifiques*  
Paul Parsons,  
*Le Courrier du livre*, 160 pages,  
18 €





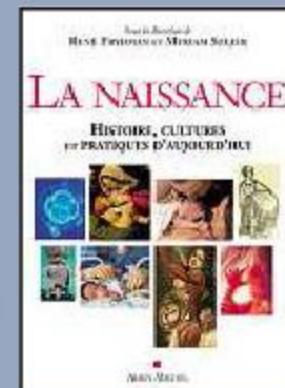
*Penser comme un rat*  
Vinciane Despret,  
Editions Quae,  
96 pages, 8,50 €

### Réponses de laboratoire

Que pense le rat de laboratoire plongé dans un labyrinthe ? S'il parvient à apprendre le parcours, il sera récompensé. Pour autant, répond-il à la question que l'expérimentateur souhaite lui poser ? Dans *Penser comme un rat*, la philosophe Vinciane Despret tente de déjouer les multiples biais d'interprétation. Prenons le cas des humains : dans les années 1960, le psychologue

Stanley Milgram demande à des sujets : "Etes-vous capables d'électrocuter quelqu'un parce que je vous dis de le faire ?" Il souhaite étudier leur capacité d'obéissance et découvre que celle-ci est étonnamment importante... Mais une enquête révèle plus tard l'artefact : les sujets disent avoir obéi justement parce qu'ils se savaient dans le cadre d'une expérience, forcément truquée car on n'électrocute pas des gens dans les universités. En clair, alors que "les scientifiques pensent que les sujets répondent à la question qu'ils ont posée, ces derniers répondent en fait à une autre question", souligne l'auteur. N'est-ce pas le cas de tous ces animaux que l'on tente de faire parler ? R.B.

## Et aussi...



### LE POINT SUR LA NAISSANCE

Pas moins de 190 scientifiques – sociologues, médecins, anthropologues, démographes... – se sont réunis pour faire le point des connaissances sur la naissance, de la conception à l'accueil du nouveau-né, jusqu'aux pratiques de demain, entre clonage et procréation hors sexe. Un pavé où chacun trouvera son compte à coup sûr. R.B.

"*La naissance*", Albin Michel, 1408 pages, 55 €.



### LES SECRETS DE LA LUNE

Quelle différence entre une Lune croissante, montante, gibbeuse ou en croissant ?

Comment se rendre en terre sélénite ? A quoi "sert" une éclipse et comment fonctionnent les marées ? Avec ses nombreux schémas, cet ouvrage particulièrement didactique dévoile avec clarté tous les secrets du satellite naturel de la Terre. R.B. "La Lune à portée de main", Belin, 160 pages, 24 €.



### TOUR DE LA PLANÈTE

Cet épais manuel séduira aussi bien les universitaires en sciences de la terre que le grand public, tant il fourmille d'informations, d'illustrations et d'infographies. À travers de multiples "géotours", il guide même le lecteur sur Internet, via Google Earth, pour aller découvrir les reliefs de notre planète. R.B. "Terre, portrait d'une planète", De Boeck, 944 pages, 85 €.



## ÉVÉNEMENT

# Ouverture de la Galerie des enfants au Muséum d'histoire naturelle

*Les enfants âgés de 6 à 12 ans ont désormais un espace privilégié pour découvrir la biodiversité. Situé à côté de la Grande galerie de l'évolution, ce nouveau lieu de plus de 500 m<sup>2</sup> présente des mises en scène réalistes qui permettent de retrouver les animaux dans leur environnement. Petits films, jeux, sculptures d'animaux en bronze "à toucher" et, bien sûr, les animaux naturalisés font ainsi voyager petits et grands à travers différents milieux. Les enfants commencent par découvrir la faune et la flore*

*urbaine. Grâce à l'exemple d'une rivière en vallée de Seine, ils comprennent les interactions entre le milieu et l'être humain. Ensuite, direction la forêt tropicale avec la découverte des Indiens kayapo du Brésil. Enfin, ouverte sur la canopée, la mezzanine aborde les défis auxquels les humains sont confrontés pour sauvegarder la planète. Des animateurs sont présents pour guider les enfants. M.Cy.*

Muséum national d'histoire naturelle, Grande galerie de l'évolution, Paris, à partir du 2 octobre.  
Rens. et réservation : [www.galeriedesenfants.fr](http://www.galeriedesenfants.fr)



## EXPOSITION

## Mais que fait la police ?

Vous avez toujours rêvé d'entrer dans le monde des *Experts*? Enquêtez à partir d'une scène de crime : balles tirées et douilles, gouttes de sang ou encore empreintes digitales et de chaussures font partie des traces laissées par le meurtrier. Pour le démasquer, les

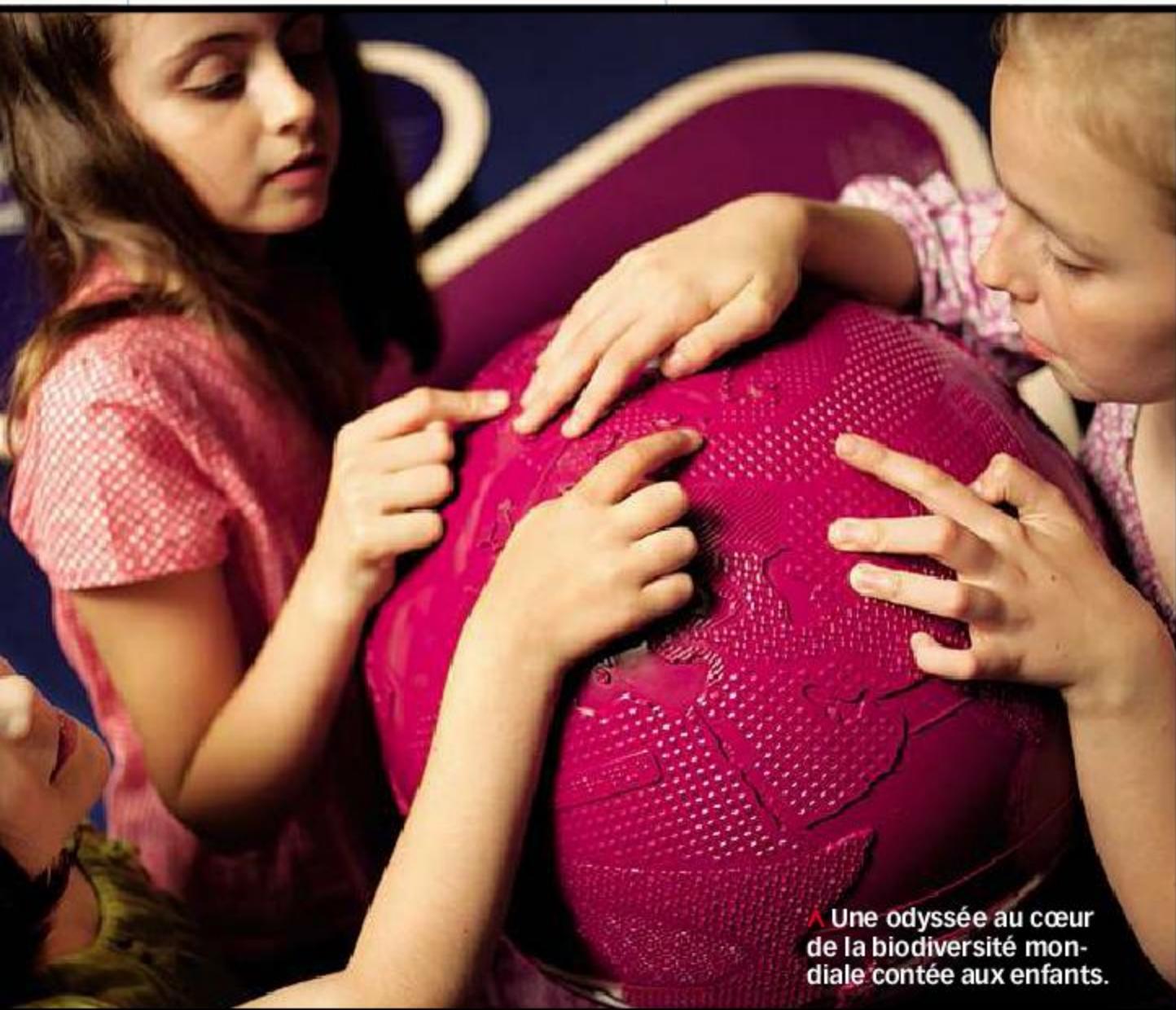
visiteurs parcourent huit laboratoires de la police scientifique. A la fin du parcours, il faut confronter les hypothèses aux auditions de six suspects. Une immersion dans le monde de la criminalistique.

M.Cy.

"Scène de crime",  
au Forum départemental des sciences,  
Villeneuve d'Ascq, jusqu'au 13 mars 2011.  
[www.forumdepartementaldessciences.fr/](http://www.forumdepartementaldessciences.fr/)  
Exposition déconseillée aux moins de 10 ans.



"Festival international du film ornithologique de Ménigoute", Ménigoute (79), du 27 octobre au 1<sup>er</sup> novembre.  
Rens. : [www.menigoute-festival.org](http://www.menigoute-festival.org)



▲ Une odyssée au cœur de la biodiversité mondiale contée aux enfants.



## EXPOSITION

### Discrets habitants

L'intérieur des maisons regorge de bêtes souvent invisibles du fait de leur minuscule taille ou de leur discréetion. Une cinquantaine de ces squatters sont présentés vivants. L'aide d'un microscope est souvent nécessaire

pour les débusquer. Si la chambre est le paradis des acariens, le réfrigérateur cache de nombreux hôtes, parfois bien utiles. Une expérience sensorielle qui peut modifier votre perception du "home sweet home". M.Cy.

"Bestioles à domicile", Espace des sciences Les champs libres à Rennes, jusqu'au 13 mars 2011. Rens. : [www.espace-sciences.org/](http://www.espace-sciences.org/) ou tél. : 0223406600.

## Et aussi...

### > Événement

En France, du 21 au 24 octobre, la science est en fête ([www.fetedelasciene.fr/](http://www.fetedelasciene.fr/)) Toulouse : "La Novela, festival des savoirs partagés". Pour la deuxième année, la ville rose fête la recherche avec des conférences, des animations, des expos et des rencontres avec ses chercheurs en médecine, sciences humaines, éducation, etc. Du 1<sup>er</sup> au 17 octobre, gratuit. Rens. : <http://novela.toulouse.fr>

Paris : "Nouvelle-Calédonie, terre de science". La Maison de la Nouvelle-Calédonie, le Jardin des Plantes et le musée du Cnam accueillent expos, animations interactives, conférences et débats sur les thèmes du corail, de la biodiversité et du nickel. L'occasion de découvrir le potentiel scientifique singulier de cet archipel de l'océan Pacifique. Du 21 au 24 octobre.

### > Film

Paris "Parisciences". Amateurs de cinéma et passionnés de sciences sont attendus au Festival international du film scientifique au Muséum national d'histoire naturelle. Une quarantaine

de films sont projetés, des débats avec des chercheurs organisés à l'issue des projections. La biodiversité est la thématique à l'honneur pour cette édition 2010. Du 7 au 12 octobre. Gratuit. Rens. : [www.pariscience.fr](http://www.pariscience.fr)

### > Sortie

Rhômes (57) "Brame du cerf au parc de Sainte-Croix". Matinales et soirées exceptionnelles dans un décor aux couleurs flamboyantes. A cette période de l'année, les mâles, aux cris puissants et inhabituels, se battent pour

intimider leurs rivaux et conquérir les biches. Une soixantaine de cervidés sont présents dans ce parc animalier. Du 27 septembre au 12 octobre. Rens. : [www.parc-saintecroix.com](http://www.parc-saintecroix.com) Réservation obligatoire. Tél. : 0387039205.



# Le ciel du mois

Par Serge Brunier



▲ Delta Céphée est l'étoile de la constellation située le plus au sud.

## Souvent, étoile varie

Star chez les astronomes, Delta Céphée est peu connue du grand public, car son éclat n'est pas le plus intense... Elle est toutefois parfaitement visible à l'œil nu sous un ciel clair de campagne, entre 22 heures et minuit en octobre. Etoile le plus au sud dans sa constellation, Delta Céphée se situe près du zénith. Elle est le prototype des étoiles céphéides, de vieilles géantes rouges qui pulsent lentement et changent d'éclat au fil des jours. Son cycle de pulsation dure 5,36 jours, et sa luminosité change d'un facteur 2! Ce mois-ci, Delta Céphée atteindra son maximum d'éclat le 5 en fin de nuit, le 15 vers minuit, le 21 en fin de nuit et le 26 en tout début de nuit. Cette géante rouge, cinq fois plus massive que le Soleil et près de cinquante fois plus grande, se trouve à près de 1000 années-lumière de la Terre.



Retrouvez la chronique "Du côté des étoiles" sur France Info tous les samedis et sur [www.france-info.com](http://www.france-info.com)

## FILM

### Fenêtre sur l'Univers

A 600 kilomètres d'altitude, *Hubble*, le plus célèbre satellite de la Nasa, explore l'univers grâce à un télescope surpuissant. Une de ses prouesses : prouver l'existence de systèmes solaires semblables au nôtre. Le film de Toni Myers nous plonge dans les plus lointaines galaxies et l'immensité de

l'Univers grâce aux images recueillies par le satellite. C'est l'occasion également de vivre pendant la durée du film aux côtés des astronautes de la périlleuse mission STS-125 qui a permis de sauver *Hubble*. M.Cy. ♦

"Hubble", un film de Toni Myers, la Géode, à partir du 13 octobre. Rens: [www.lageode.fr](http://www.lageode.fr)



## DVD

### Les dessous du pétrole

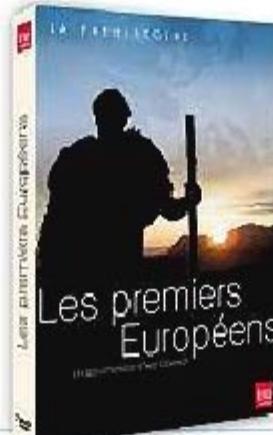
Ce documentaire en deux épisodes place l'or noir au cœur des problématiques du xx<sup>e</sup> siècle. On apprend par exemple que les forces alliées doivent leur victoire de 1918 en partie au pétrole. Ainsi depuis les premières lampes à pétrole jusqu'à la guerre en Irak, ce film riche d'images d'archives ponctuées d'interventions de spécialistes donne les clés pour comprendre les enjeux autour du pétrole. M.cy. ♦

"La face cachée du pétrole", un film de Patrick Barbéris et Eric Laurent, Arte éditions, collection "Grandes enquêtes", 14,99 euros.

## DVD

### L'Europe depuis la nuit des temps

Deux millions d'années d'histoire du peuplement de l'Europe, des premiers *erectus* à la naissance des grandes civilisations. Animations, reportages, reconstitutions, interviews des meilleurs spécialistes... Une belle production réalisée par Axel Clévenot. En complément, un DVD consacré aux coulisses du film et deux heures de rencontres avec les experts des périodes et des thèmes abordés dans le film. Passionnant. M.Cy. ♦



"Les premiers Européens", coffret 2 DVD, INA édition, 24,90 euros (disponible en VOD sur [ina.fr](http://ina.fr)).

## Les phases de la Lune

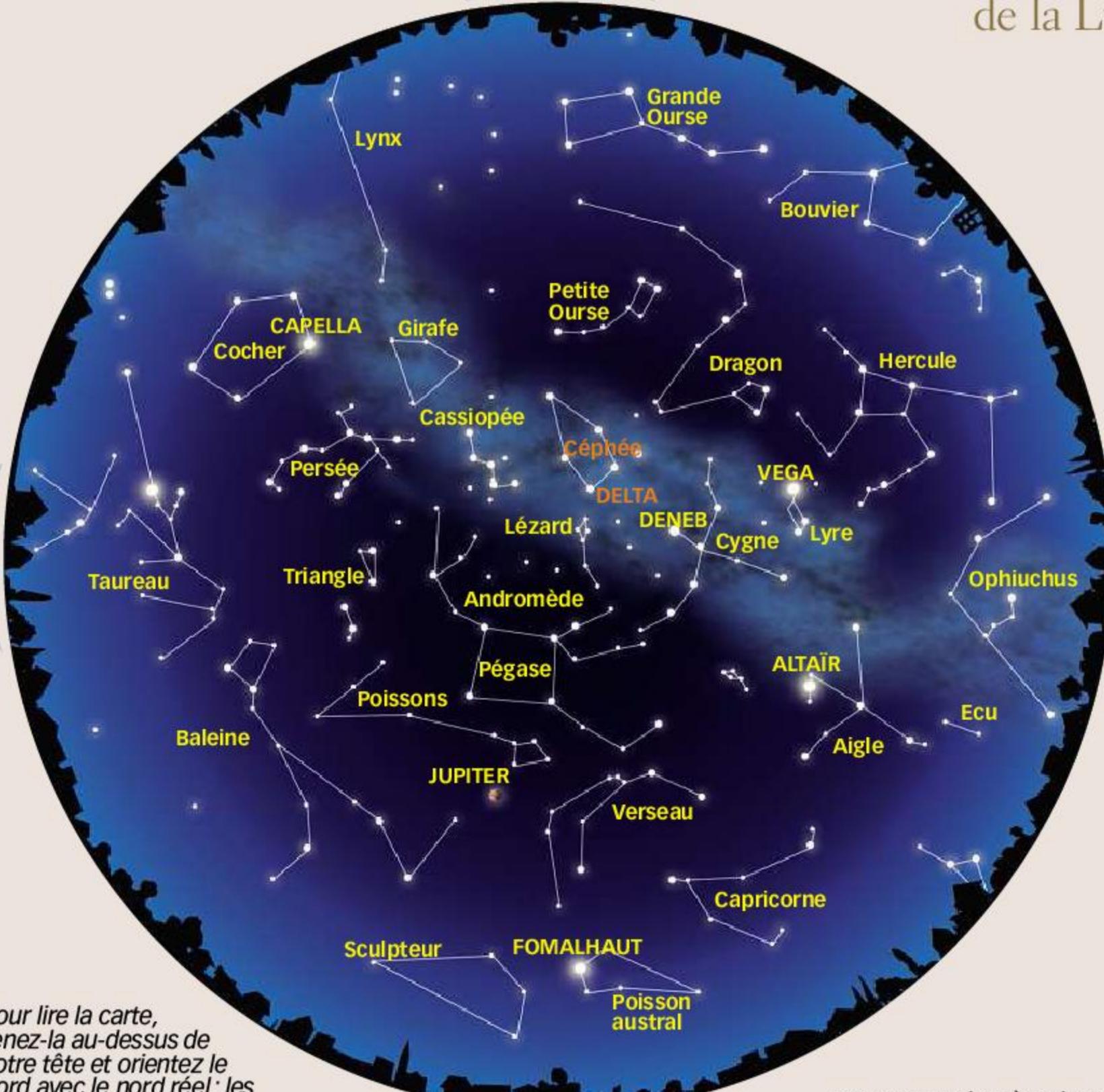


NORD

SUD

EST

OUEST



Carte exacte le 8 à 23 heures

Pour lire la carte,  
tenez-la au-dessus de  
votre tête et orientez le  
nord avec le nord réel: les  
quatre points cardinaux  
seront ainsi bien orientés.



## A ne pas manquer... le 6 octobre

Sous le ciel d'Europe, souvent pollué par la lumière des villes, la discrète lumière zodiacale est difficile à voir. Cette lueur céleste en forme de disque vu par la tranche est produite par la diffusion de la lumière du Soleil par la poussière du milieu interplanétaire: les vestiges de la formation du système solaire, voici 4,6 milliards d'années. La lumière zodiacale est particulièrement bien visible autour du 6 octobre, en l'absence de clair de Lune et doit être recherchée, à l'aube, juste au-dessus du point où se lèvera le Soleil.

< Au-dessus de l'horizon est, la lumière zodiacale, ponctuée ici par la planète Vénus, à gauche, se fond avec la Voie lactée, à droite.



## VIDÉOS

# Mini-conférences de grands esprits

*Non, une conférence de savant n'est pas forcément ennuyeuse, ce site en est la preuve. Les sujets sont originaux, malins et particulièrement bien traités (en 20 minutes maximum) par des intervenants tous plus truculents et passionnantes les uns que les autres. La plupart des conférences sont en anglais, mais beaucoup ont été traduites (vous pouvez d'ailleurs proposer la traduction de celles qui vous ont plu). Parmi nos favorites : la conférence de Jill Bolte Taylor (photo), neuro-anatomiste qui raconte*



*son accident vasculaire cérébral survenu en 1996 : une expérience de vie doublée d'une incroyable expérience scientifique. Les conférences TED (Technology, Entertainment and Design) réunissent chaque année quelques-uns des esprits qui comptent sur la planète. Les vidéos de 2010 sont en ligne.* Er.H

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



## BIBLIOTHÈQUE

## Trésors du monde

Sur votre écran, une carte du monde divisée en neuf grandes régions : bienvenue sur la page d'accueil de la Bibliothèque mondiale, projet coordonné par l'Unesco. Quelques clics permettent d'accéder à la version numérique de certains trésors des plus grandes bibliothèques du monde. Des manuscrits, des livres, des revues et des enregistrements sonores, qui couvrent toute la période historique. Er.H

[www.wdl.org](http://www.wdl.org)

## SITE OFFICIEL

## Tout sur les ondes

Vous avez peur de votre téléphone mobile, n'allumez plus votre télévision, n'utilisez plus votre micro-ondes ? Bref, vous vous inquiétez des effets des ondes radio sur votre santé ? Ce site est pour vous. Mis en place par le gouvernement, il fait le point sur les radiofréquences : synthèse des résultats de la recherche, suivi des études en cours, recommandations sanitaires, lois... De quoi vous rassurer (ou pas). Er.H

[www.radiofréquences.gouv.fr](http://www.radiofréquences.gouv.fr)



## COMPTE-RENDU

## SOS eaux profondes

Le premier rapport scientifique sur les conséquences de la pêche en eaux profondes est en ligne. Et les conclusions sont plus que mitigées. La vulnérabilité des écosystèmes n'est pas suffisamment prise en compte par les organisations de pêche gérant les différents bassins océaniques. La pêche au chalut de fond, par exemple, particulièrement destructrice, n'est interdite que dans l'océan Austral. Er.H

[www.savethehighseas.org](http://www.savethehighseas.org)

# TARIF EXCEPTIONNEL

## ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE



bénéficiez de

**-30%**

soit 3 numéros gratuits

1 AN - 12 NUMÉROS

**35 €**

au lieu  
de 50,40 €\*

**SEULEMENT**

### BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à:  
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS - 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA - 75503 PARIS CEDEX 15



C1117B

Oui, Je profite de votre offre exceptionnelle :  
1 AN - 12 numéros pour 35€ au lieu de 50,40 €\*  
soit plus de 30% de réduction.

12 n° + les 4 Hors-séries pour  
49€ au lieu de 70€ soit plus de  
30 % de réduction



Je règle par :

Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie     Carte bancaire

N°

Expire à fin

Date et signature obligatoires

Code Crypto

Les 3 chiffres au dos de votre CB

Voici mes coordonnées :

Nom :

Prénom :

Adresse :

Code Postal :

Ville :

Tél :

Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrons vous contacter si besoin pour le suivi de votre commande

E-mail :

Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori)

ABONNEZ-VOUS EN LIGNE SUR LE SITE

**www.kiosquemag.com**

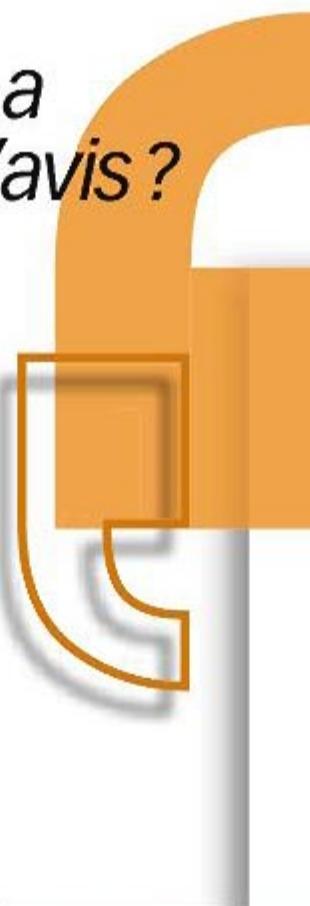
C'EST RAPIDE, PRATIQUE, FACILE ET SÉCURISÉ



\*Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 31/12/2010. Après enregistrement de votre demande, vous recevrez sous 3 semaines votre premier numéro. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi « informatique et libertés » du 6 janvier 1978, cette opération donne lieu à la collecte de données personnelles pour les besoins de l'opération ainsi qu'à des fins de marketing direct. Ces informations sont nécessaires pour le traitement de votre commande. Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification des informations vous concernant ainsi que votre droit d'opposition, en écrivant à l'adresse ci-après. Vous êtes susceptible de recevoir des propositions commerciales de notre société pour des produits et services analogues à ceux objet de l'opération. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher la case ci-contre  Science & Vie - Service Abonnements - 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15 - Mondadori Magazines France SAS RCS 452 791 262 NANTERRE.

## Qu'est-ce qui vous a déjà fait changer d'avis ?

J'ai toujours été curieuse des choses, intriguée par ce que je voyais d'insolite... Enfant, j'étais notamment fascinée par les fossiles de coquillages que je découvrais dans les champs. C'est parce que je voulais comprendre cela que je me suis dans un premier temps tournée vers la physique et la chimie et vers l'histoire de la Terre, la géologie. Mais ensuite, à travers la lecture de textes sur les peuples d'Amazonie, d'Australie, etc., j'ai découvert la diversité humaine dans son ensemble, ainsi que l'existence d'un lien très ancien et très fort qui reliait l'homme à l'animal – un lien qui s'est aujourd'hui perdu dans nos sociétés occidentales. Plus que sur le passé de la planète, je me suis dès lors tournée vers l'étude de ce rapport ancestral pour comprendre son évolution dans le temps, comment nous sommes arrivés à ce que nous connaissons maintenant.



## Qu'est-ce qui vous semble important et dont on ne parle jamais ?

En sciences humaines et sociales, surtout en Europe, on a toujours énormément de mal à dépasser les faits. Evidemment une bonne fouille rigoureuse est indispensable, tout comme une détermination, une identification fiable des ossements et artefacts trouvés, sinon toutes les déductions qui en découlent seront fausses... Mais rester trop collé aux pièces archéologiques, c'est se contenter de faire un catalogue. Il faut oser aller plus loin, être audacieux

dans ses hypothèses, sinon on n'avance jamais – pire, on s'enferme. Et on prend ainsi le risque, en cas d'avancées techniques, de ne pas être capable de comprendre ce qu'elles offrent comme possibilités. C'est flagrant avec ce qu'on voit en ce moment lors des analyses d'ADN, pour Neandertal notamment : pour avoir une chance de découvrir son croisement avec notre propre espèce, il ne fallait pas rester braqué sur le fait que c'était impossible... Si on

Directrice de recherche au CNRS et responsable de l'unité d'archéozoologie du département préhistoire au Muséum d'histoire naturelle de Paris. Elle a publié notamment *Mangeurs de viande : de la préhistoire à nos jours* (Perrin, 2009).

## De quoi êtes-vous sûre sans pouvoir le démontrer ?

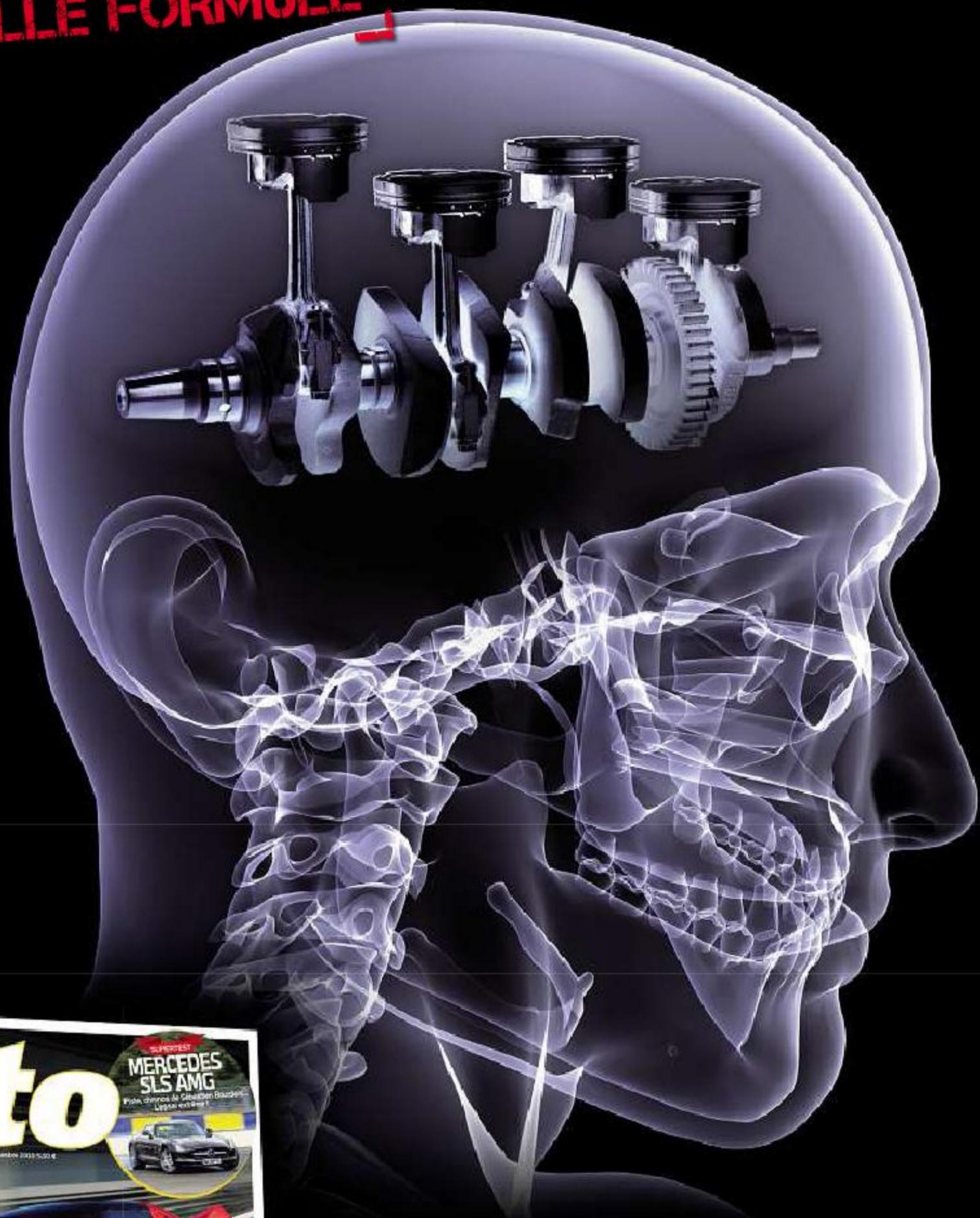
Je n'ai aucun souci avec l'idée que Neandertal disposait d'un langage articulé. Cette aptitude est pourtant considérée comme un bagage exclusif d'*Homo sapiens*, qui permet de nous distinguer de "l'animal". Pour Neandertal, des éléments indirects m'inspirent cette conclusion même si toutes les parties molles de son appareil phonatoire sont perdues. Physiquement, il en était capable : il avait le palais creux et des os hyoïdes (qui maintiennent la langue) indispensables pour articuler, son cerveau était bien développé et devait posséder des équivalents aux aires de Broca et Wernicke impliquées dans le langage. La génétique a montré qu'il avait l'équivalent de certains de nos gènes liés à cette faculté. On a aussi des traces de comportements très complexes : pour des rites funéraires, la chasse... Comment exprimer des notions de temps, d'éloignement dans l'espace, etc. simplement par de la gestuelle ?



n'envisage que ce qui est permis par les dogmes en vigueur, on ne pourra jamais exploiter les nouvelles technologies et méthodes d'analyses qui voient le jour régulièrement, car on n'aura jamais imaginé qu'il y a autre chose à voir que ce que l'on croit déjà connaître. En s'autorisant ces choix, parfois un peu subjectifs, on peut aider au développement de nouvelles techniques qui permettront de vérifier ou d'infirmer ces nouvelles hypothèses.

# Sport **auto** [NOUVELLE FORMULE]

POUR TOUS  
LES PASSIONNÉS



+ DESSAIS  
+ D'EXCLUSIVITÉS  
+ DE SENSATIONS  
+ DE FUN  
ET TOUJOURS PLUS DE **PASSION**  
DANS VOTRE

Sport  
**auto**  
[NOUVELLE FORMULE]



## NOUVEAU NISSAN QASHQAI

### CONNECT EDITION

URBANPROOF. MASTERED.<sup>(1)</sup>

(1) Plus résistant, plus stylé, le crossover original plus que jamais à l'épreuve de la ville.

**379€/MOIS**

**SANS APPORT<sup>(2)</sup>**

Location Longue Durée sur 49 mois.

- Système de navigation Nissan Connect avec caméra de recul
- Toit en verre panoramique
- Jantes alliage 18"

Pour plus d'informations, rendez-vous sur [www.nissan-offres.fr](http://www.nissan-offres.fr)



**SHIFT** the way you move

AUTREMENT\_mobile



<sup>(2)</sup> Exemple pour un Nouveau Qashqai Connect Edition 1.5 dCi 110 ch FAP Euro 5 avec peinture métallisée en location longue durée sur 49 mois pour un kilométrage maximum de 100 000 km. Restitution du véhicule chez votre concessionnaire en fin de contrat. Sous réserve d'acceptation par Diac - SA au capital de 61 000 000 € 14, avenue du Pavé Neuf - 93160 Noisy le Grand - SIREN 702 002 221 RCS Bobigny. Offre valable du 1<sup>er</sup> septembre au 31 octobre 2010, réservée aux particuliers chez les Concessionnaires participants. <sup>(3)</sup> Testé le 23 mai 2007. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 4 253 635 €, RCS Versailles B 699 809 174 - Z.A du Parc de Pissaloup - 8, avenue Jean d'Alembert - 78194 Trappes Cedex.

Consommations cycle mixte (l/100 km) : 5.2. Emissions de CO<sub>2</sub> (g/km) : 137.

Le véhicule étant en cours d'homologation, les données de CO<sub>2</sub> sont provisoires et données à titre indicatif.