

COMA DOPAGE OVNI MYSTÈRES DU CHIEN PICS DE POLLUTION NEANDERTAL
LEUCÉMIE SUPERCARGOS VENISE SONDE SPATIALE ZOO DE VINCENNES

SCIENCE & VIE

SCIENCE & VIE

MAI 2014 N° 1160 MONDADORI FRANCE

NOUVELLE
FORMULE

LA RÉVOLUTION DRONES

France métro: 4,20 € - D: 6,90 € - BEL: 4,70 € - ESP: 4,90 € - GR: 4,90 € - DOM surf: 4,90 € - DOM avion: 6,90 € - ITA: 4,90 € - LUX: 4,70 € - PORT CONT: 4,90 € - CAN: 6,50 \$ - MAR: 4,80 € - TOM: 5,750 CFP - TOM A: 1400 CFP - CH: 8,5 F\$ - TUN: 7,5 DTU



BÉBÉ ÉPROUVETTE
LA TECHNIQUE
PRÉSENTE DES RISQUES

VOL MH370
COMMENT IL A ÉCHAPPÉ
AUX RADARS

**ON A VULÉ
BIG BANG**
à 10⁻³⁸ seconde près



169 €/MOIS ⁽¹⁾⁽²⁾

POUR UN CRÉDIT DE 12 270 €⁽²⁾ SUR 37 MOIS AVEC 36 MENSUALITÉS DE **120 €** PUIS
UNE ÉCHÉANCE DE **10 644 €** AU **TAEG FIXE DE 7,90 %**. **MONTANT TOTAL DÛ : 14 964 €.**

Un crédit vous engage et doit être remboursé.

Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

(1) Location de batterie incluse avec 37 loyers de 49€, location de la batterie par Diac Location, SA au capital de 29240988€ - 14 avenue du Pavé-Neuf 93160 Noisy-le-Grand - SIREN 329892368 RCS Bobigny. (2) Exemple pour Renault ZOE Life au prix tarif conseillé n°2195-03 du 20/03/2014 de 21490€ après déduction du bonus écologique de 6300€ et d'un apport client de 2920€ pour un kilométrage maximum de 15000 km. Coût du crédit 2694€. Taux débiteur fixe 7,63%. En fin de contrat, possibilité d'engagement de reprise de 10644€ par le fournisseur diminué des frais de remise à l'état standard et des kilomètres supplémentaires selon conditions Argus®. Le montant de la reprise servira à solder votre

N° 472

« J'AI L'IMPRESSION D'ÊTRE DANS UN VAISSEAU SPATIAL. »

Ma ZOE, c'est un design avant-gardiste et de la techno embarquée. Je n'ai qu'à effleurer l'écran de la tablette tactile R-Link pour accéder à une dizaine d'applis, pour envoyer mes mails, twitter, écouter mes playlists, trouver le meilleur itinéraire ou une borne de recharge à proximité. Je peux aussi contrôler la recharge depuis mon smartphone ou mon ordi, et même déclencher le chauffage de l'habitacle. Pratique en hiver ! Essayez-la, vous comprendrez.

DÉCOUVREZ LEURS TÉMOIGNAGES
SUR ZOE1000EXPERIENCES.FR



RENAULT ZOE 100 % ÉLECTRIQUE
ESSAYEZ-LA, VOUS COMPRENDREZ



financement. Sous réserve d'acceptation par Diac, SA au capital de 61 000 000 € - 14 avenue du Pavé-Neuf 93160 Noisy-le-Grand - SIREN 702002221 RCS Bobigny - ORIAS 07004966 www.orias.fr - Modèle présenté : ZOE Intens avec option peinture métallisée et jantes 17" à 24 340 €. Vous disposez d'un délai de rétractation de 14 jours. Vous pouvez rajouter chaque mois 18,41 € pour les assurances Décès Incapacité Perte d'Emploi - Assurance souscrite par Diac auprès de RCI Life Ltd (pour le décès) et RCI Insurance Ltd (pour l'incapacité, l'invalidité et la perte d'emploi), Block A - Level 3, Malta Transport Centre, Wine Makers Wharf, MRS 1917, Malta. Offre valable dans le réseau Renault participant jusqu'au 31/05/2014.

Leffe

LES ARTISANS DE L'APÉRITIF



L'apéritif est un moment idéal pour déguster une Leffe et redécouvrir des goûts authentiques. Leurs différents caractères et leurs saveurs fruitées, épicées, douces, amères, caramélisées se mélangent à la perfection avec le gras du fromage artisanal. L'association du savoir-faire des maîtres-brasseurs de Leffe et des affineurs est, depuis des siècles, un mariage des plus étonnants et savoureux. Par exemple, l'amertume et la fraîcheur de la Leffe Blonde ont la particularité de valoriser le crémeux des fromages frais comme le Broccio Corse. Découvrez nos associations gourmandes pour l'apéritif sur leffervergence.com

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

Tout est nouveau

G. CIRADE

Les drones débarquent

On n'a encore rien vu. De toutes tailles et de toutes sortes, chargés des missions les plus diverses, les drones commencent tout juste à envahir le ciel. Demain, ils seront partout. Que faut-il en attendre? Ou en craindre?

Comme toutes les authentiques innovations, l'envol des drones charrie son lot de nouvelles questions. Quels nouveaux services pourront-ils nous rendre? Quelles nouvelles menaces feront-ils planer sur nos têtes? Déjà,

une chose est sûre: il va falloir apprendre à partager l'espace aérien entre toutes sortes d'engins volants plus ou moins identifiables et aux desseins plus ou moins convenables. Pas si simple...

Le big bang se dévoile

C'est une histoire folle. La communauté scientifique en reste bouche bée. C'est une de ses plus belles observations depuis longtemps. Elle a vu le tout premier instant de l'Univers. L'instant à partir duquel jaillirent les milliards de milliards de galaxies qui tournoient dans le vide sidéral depuis

des milliards d'années. Elle est parvenue à voir le big bang à un centième de milliardième de milliardième de milliardième de seconde près! Autant dire qu'elle l'a vu. Les scientifiques ne cachent pas leur émotion. Nous non plus. A quoi ressemble-t-il ce point que l'on pensait perdu dans

la nuit des temps et qui porte en lui les germes de toutes choses? Comment cette performance a-t-elle été possible? Que signifie-t-elle au plan théorique? Comment espérer aller plus loin désormais? Notre dossier apporte les premières réponses à ces questions fondamentales.

Science & Vie change

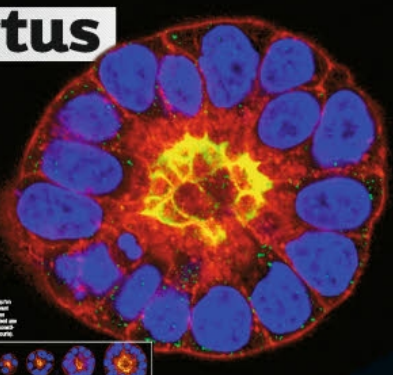
Puisque tout change, nous aussi! Nous y pensions depuis un bon moment. Pour rendre compte des multiples raisons qui nous poussent à nous passionner pour la science, pour ses méthodes, ses progrès, ses réalisations et la hauteur de vue à laquelle elle nous invite, nous avons imaginé

de nouvelles rubriques et un nouveau "chemin de fer". Actualités des sciences, Science & société, Science & découvertes, Sciences & techniques, Science & futur, Science & culture: tels sont les nouveaux rendez-vous auxquels nous vous convions désormais chaque mois. Servis par

une maquette que nous avons voulue plus claire et davantage d'infographies explicatives, nous espérons que vous éprouverez davantage de plaisir et d'intérêt à nous lire chaque mois. Bonne lecture.

NOUVELLE
FORMULE

actus



JAMAIS L'EMBRYON N'AVAIT ÉTÉ VU AINSI

Un embryon de 14 jours, vu à la loupe. C'est la première fois qu'un embryon de 14 jours est photographié en si haute résolution. L'image montre un embryon de 14 jours, vu à la loupe. C'est la première fois qu'un embryon de 14 jours est photographié en si haute résolution. L'image montre un embryon de 14 jours, vu à la loupe. C'est la première fois qu'un embryon de 14 jours est photographié en si haute résolution.

Science & société

Affaire Vincent Lambert

Débat autour du cas Vincent Lambert

Pourquoi évaluer l'état de conscience minimale est si difficile

Le rapport des faits... L'état de conscience minimale est une condition médicale complexe. Elle est caractérisée par une absence de conscience et de communication avec l'extérieur. L'évaluation de cet état est donc très difficile, car elle nécessite une expertise médicale et une observation prolongée.

LA RÉVOLUTION DRONES



Les militaires ne peuvent plus s'en passer. Mais c'est dans la vie civile que les drones sont en train de prendre le pouvoir. Technologies, coûts, usages... ce nouveau type d'engins volants séduit de plus en plus les particuliers comme les professionnels. Et ce n'est qu'un début ! Au rythme où il s'en vend, le ciel sera bientôt envahi de drones. Sauf que rien n'est prêt pour les accueillir...

Combien sont-ils ? Un million ? Deux millions ? Dix ? Nul ne le sait ! Pourtant les drones sont là. Les plus simples se vendent déjà par centaines de milliers. Une très large part échappe aux regards. Professionnels et amateurs, qui trouvent dans le commerce les technologies nécessaires, en assemblent une invisible armée, à l'abri des hangars, des garages, des jardins.

Tels les premiers possesseurs de téléphone portable, ces pionniers ignorent, pour l'instant, la curiosité, voire des sourires amusés. C'était le cas lorsqu'apparurent les tout premiers téléphones mobiles... On sait ce qu'il en est aujourd'hui. Les révolutions technologiques laissent, d'abord, incertitudes, avant de gagner leur part et de modifier en profondeur les sociétés. Or, les drones, loin d'être de simples gadgets, sont en train de diffuser massivement, initiant un mouvement de fond qui va croissant. Les robots sont en train d'envahir le ciel.

C'est partout dans le monde, des machines volantes décollent et analysent altitude, vitesse, orientation, vitesse du vent... alliant la mécanique délicate d'un aéro-

On a vu le big bang

à 10⁻³⁸ seconde près

Les scientifiques ont réussi à mesurer le moment où le big bang a eu lieu. C'est une avancée majeure dans notre compréhension de l'univers.

Bébé éprouvette

Il y a une faille dans la technique...

La technique de fécondation in vitro (FIV) est utilisée pour aider les couples à concevoir. Cependant, il y a une faille dans cette technique, car elle peut entraîner des complications pour le bébé.

SCIENCE VIE

8, rue François-Ory 92543 Montrouge Cedex
Tél.: 01 46 48 48 48 - Fax: 01 46 48 48 67
E-mail: svmaris@mondadori.fr Recevez Science & Vie chez vous

Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 103 Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par Internet sur www.kiosquediag.com. Un encart abonnement est jeté sur les exemplaires de la vente au numéro : diffusion France métropolitaine. Un encart abonnement est jeté sur les exemplaires de la vente au numéro : diffusion Suisse et Belgique.

Un encart "Boutique S&V Catalogue" de 16 pages est jeté sur les exemplaires de toute la diffusion abonnée France métropolitaine. Un encart "Nouvelle Croisière Science & Vie - Aux origines" est jeté sur les exemplaires de toute la diffusion abonnée France métropolitaine. Deux encarts, "Intérêts Privés" et "Clés", sont jetés sur les exemplaires d'une partie de la diffusion abonnée France métropolitaine.

10 Forum

Actus

16 Labos

Jamais l'embryon n'avait été vu ainsi;
Mercure rétrécit irrésistiblement...

28 Enviro

149 sites de l'Unesco sont menacés
par la montée des mers; Les volcans
ont préservé la vie à l'âge de glace...

34 Médecine

Un champignon pathogène cache
une vertu médicinale...

38 Technos

Du fil de pêche relève le défi des
muscles artificiels; les virus se pro-
pagent aussi en wi-fi...

Science & société

42 Le cas Vincent Lambert

Pourquoi évaluer l'état de conscience
minimale est si difficile

46 Après les J.O. de Sotchi

A quel point le xénon est-il un produit
dopant ?

47 221 ovnis aperçus en 2013

Pourquoi de plus en plus de Français
déclarent en voir

48 Disparition du vol MH370

Mais comment peut-on perdre la trace
d'un avion de ligne ?

50 Pics de pollution en France

Où en est exactement la qualité
de l'air dans l'Hexagone ?

A la Une

54 LA RÉVOLUTION DRONES

- Les 5 technologiques des drones
- Les 6 modèles qui sortent du lot
- Tout ce qu'ils permettent déjà de faire

62 Le ciel ne sera plus
jamais comme avant

- Chutes, collisions, terrorismes...
- les drones causent déjà des dégâts
- Sécuriser le ciel: déjà 4 dispositifs

Science & découvertes

70 Cosmologie

**On a vu le big bang
à 10^{-38} seconde près**

78 Zoologie

**Les nouveaux
mystères du chien**

84 Chimie

**Les molécules cachées
du réchauffement**

90 Génétique

**Ce que Neandertal
nous a vraiment légué**

Science & techniques

94 Bébés éprouvettes

**Il y a une faille
dans la technique...**

104 Sonde spatiale

**Premier test pour
la "longe solaire"**

108 Venise

**Le chantier de la
dernière chance**

111 Leucémie

**Des cellules tueuses
passent à l'attaque**

Science & futur

- 114 New York se rêve en cité agricole auto-
suffisante; Le wi-fi de l'espace se met
en place; Vers des maisons imprimées
en 3D en 24 heures; Cambridge teste
un bitume fluorescent...

Culture science

122 Bons à savoir

124 Questions/Réponses

130 A lire / à voir

132 Le ciel du mois

134 Technofolies

140 Il y a... 20 ans: l'inauguration
du tunnel sous la Manche

38 700 €

**DRIVE-E***

Technologies environnementales de réduction des émissions de CO₂ (à partir de 88 g/km) et de la consommation (à partir de 3,4 l/100 km).

INTELLISAFE*

Airbag piéton en première mondiale et système d'anticipation de collision City Safety de série.

SENSUS*

Système d'info-divertissement et écran couleur 5" de série.

**Volvocars.fr**

Modèle présenté : V40 Effektiv Line T2 BM6 120 ch Momentum avec options peinture métallisée, jantes alliage Taranis 18", feux de jour à LED et toit panoramique : **25 290 €**.
 *Prix public conseillé de la V40 Effektiv Line T2 BM6 120 ch Kinetic en euros TTC pour toute commande passée à compter du 16/04/2014. Offre valable du 16/04/2014 au 30/06/2014, exclusivement réservée aux particuliers dans le réseau Volvo participant. Tarifs valables en France métropolitaine. Volvo Car France, RCS Nanterre n° 479 807 141, Immeuble Niolle, 131-151 rue du 1^{er} mai 92737 Nanterre Cedex.

Volvo V40 T2 BM6 120 ch : consommation Euromix (l/100 km) : 5,3 - CO₂ rejeté (g/km) : 124.

À partir de
19 900 €*

VOLVO V40 *EFFEKTIV LINE*
MOINS CHÈRE QU'UN ŒUF



A quand une cordillère des Antilles ?

Je me permets de relancer le débat proposé par votre article sur la disparition de l'Atlantique. (n° 1158, p. 96). En effet, ma famille présente en Martinique m'a informé du séisme ressenti le 18 février 2014. Sa magnitude était de 6,7 ; son épïcêtre situé au nord-est de La Barbade. Faut-il y voir un lien avec

l'effondrement supposé de la rive ouest de l'Atlantique au niveau de la zone de subduction des Petites Antilles. A quand une cordillère équivalente aux Andes actuelles aux Antilles ? Faut-il inviter nos amis de Fort-de-France à préparer leur dossier de candidature aux jeux Olympiques d'hiver ?

Régis Pouthier, Combaillaux (34)



SV Votre remarque est très pertinente. Les Antilles se trouvent en effet au-dessus d'une zone de subduction active depuis environ 50 millions

d'années, où la croûte océanique atlantique s'enfonce sous la plaque caribéenne à raison de 2 cm par an. La position de la secousse que vous évoquez est à l'aplomb du contact entre ces deux plaques, siège de puissants séismes, dits chevauchants. Si cette secousse n'a pas de lien direct avec celles relevées au large du Portugal, elle participe aussi de la disparition de l'Atlantique. En revanche, le type de subduction qui touche les Antilles ne donne pas naissance à des chaînes montagneuses comme les Andes, mais à un bassin d'arrière-arc, ici la mer des Caraïbes. Pas de cimes antillaises en vue, donc !

“ Cessons de parler de “théorie” de l'évolution. Il y a longtemps que c'est est une certitude scientifique, aussi sûre que la révolution des planètes autour du Soleil. Parle-t-on encore de théorie du système solaire ?

Alain Rouget, Plan-les-Ouates (Genève)



“Mais que faites-vous du poulpe ?”

Votre article sur “les lignes de vie” (n° 1158, p. 90) est bien expliqué, bien illustré, et surtout éclairant. Mais je m'interroge : où placeriez-vous le poulpe ? J'ai le sentiment qu'il forme un cas à part parmi les cinq retenus, peut-être le sixième. Car les poulpes grandissent dans leur première année de vie, ils consacrent la deuxième à la reproduction (produisant un seul lot d'œufs), pour mourir juste après. Un contresens absolu. Toute cette intelligence pour ne se reproduire qu'une seule fois. Quelle tragédie !

Marco Vannini, ex-professeur de zoologie, université de Florence

"Nous avons été les pionniers de l'imprimante 3D"

J'ai lu l'excellent article sur la fabrication 3D (n° 1157, p. 74). J'ai créé une entreprise en photostéréolithographie en 1990, à Belfort. À l'époque nous étions les pionniers. C'est à Nancy qu'est né le concept. Puis, un grand projet européen a pris naissance. L'industrie automobile et les fabricants de prothèses ont vite compris l'intérêt, sans parler des créateurs de flacons ou de jouets. La France était très en pointe, avec nos amis scandinaves mais aussi anglais.

Jean-Jacques Clair, professeur et créateur de Bel 3D

Le spectre de l'homme de Piltdown...

Votre article sur le mystère des cinq crânes exhumés en Géorgie m'a beaucoup intéressé. Mais le spectre de la supercherie scientifique de l'homme de Piltdown m'est soudain revenu en mémoire. Quelle assurance peut-on avoir qu'il ne s'agit pas d'un nouveau canular ?

François Choupaut, Ermont (95)

SV Echaudés comme vous par l'affaire de Piltdown et son crâne mi-homme mi-orang-outan, les paléontologues sont devenus très prudents lors de

leurs fouilles, et s'appuient sur des techniques poussées d'analyses et de datation. En ce qui concerne les crânes de Dmanisi, plusieurs points permettent d'écarter l'hypothèse du canular (conditions d'exhumation documentées, analyses indépendantes, datation solide). Du coup, les spécialistes se retrouvent dans la situation inverse de Piltdown où un faux fossile soutenait un propos : les études rigoureuses sur les fossiles donnent des résultats si étonnants qu'ils n'arrivent pas à s'accorder sur leur interprétation !

On en reparle



L'ASCENSEUR SPATIAL, DE NOUVEAU ENVISAGÉ

A plusieurs reprises, notamment en septembre 2008 puis en avril 2013, nous vous avons présenté des projets d'ascenseurs spatiaux sur lesquels plusieurs équipes dans le monde étaient en train de plancher.

Leur objectif ? Arriver à acheminer du matériel et des hommes dans l'espace le long d'un câble de 100 000 km de longueur. Le tout pour un coût plus modique et une sécurité plus grande que les trajets en fusée, et sans engendrer de débris dans l'espace. La solution idéale, en somme. Sauf que, techniquement, la réalisation d'un tel projet se heurtait à des verrous technologiques monstrueux, de l'aveu même des chercheurs qui travaillaient dessus...

Ce constat est en train de changer. Une quarantaine d'experts chapeautés par l'Académie internationale d'astronautique vient de publier une étude à la conclusion étonnante : de leur point de vue, le projet est désormais... faisable. Sa réalisation serait même plausible d'ici à vingt ans !

"Le seul problème qui subsiste est la constitution du câble lui-même." Mais, "l'avancée des connaissances sur les nanotubes de carbone et de nitrure de bore laisse penser que la réalisation d'un long câble avec l'un de ces matériaux est possible vers 2035", annonce le rapport. Une autre condition favorable à la concrétisation du projet est également soulignée : que tous les pays se mettent à travailler ensemble vue l'ampleur du chantier !

M.V.

FULL HYBRID DIESEL ET QUATRE ROUES MOTRICES.
L'EXCEPTION QUI POURRAIT
VITE DEVENIR LA RÈGLE.



BETC Automobiles PEUGEOT 552 144 503 RCS Paris.



200 CH | 4 ROUES MOTRICES | 100 % ÉLECTRIQUE | MODE AUTO

104 G DE CO₂/KM ET 4 L/100 KM

PEUGEOT RECOMMANDE TOTAL



BVCert. 6033203

PEUGEOT 508 RXH

MOTION & EMOTION



PEUGEOT



On en reparle



LE LHC N'A HÉLAS TROUVÉ AUCUN MICRO-TROU NOIR

"Ils sont partout!", vous annoncions-nous à la une de notre numéro de novembre 2002. Les trous noirs, ces monstres qui règnent au cœur des galaxies, pourraient en effet même naître, en version microscopique, beaucoup plus près de nous... dans les accélérateurs de particules. Las, après plusieurs années de fonctionnement, le plus puissant d'entre eux, le LHC installé près de Genève, n'en a pas décelé un seul. Les membres de la collaboration Atlas, l'une des équipes qui a signé la découverte du boson de Higgs en 2012, viennent de reprendre la totalité des données récoltées par leur détecteur installé sur le LHC, et leur conclusion est formelle: pas la moindre trace d'un micro-trou noir.

Ces modèles réduits de trous noirs, cent milliards de milliards de fois plus petits qu'un noyau atomique, ont pourtant été prédits par plusieurs théories cosmologiques, qui avancent que des particules entrant en collision peuvent s'effondrer l'une sur l'autre, et ne plus former qu'un minuscule amas extrêmement compact.

Le résultat négatif des chercheurs d'Atlas devrait donc permettre de faire le tri entre les différentes versions de ces théories, en attendant que le LHC soit en service en 2015 pour atteindre sa pleine puissance. Car, qui sait?, peut-être que les micro-trous noirs existent, mais qu'il faut une collision plus violente que prévu pour leur donner naissance... M.F.

En mémoire d'anciens travaux sur... la mémoire

En 1967-68, je suivais un cours de biologie où on nous informa de l'expérience suivante. Des chercheurs avaient conditionné des vers à réagir d'une façon particulière à la lumière. Puis, ils en avaient extrait des composés cellulaires, qu'ils avaient injectés à d'autres vers. Ces derniers réagirent alors à la lumière comme s'ils avaient été eux-mêmes conditionnés. Conclusion des chercheurs: la mémoire se retrouve dans les cellules, sans doute dans l'ADN. L'idée décrite dans l'article "ADN, il transmet aussi nos souvenirs" (n° 1158, p. 72) a-t-elle donc 50 ans de retard?

André Labelle, Laval, Québec

SV Vous faites probablement référence à l'expérience du docteur E. Roy John, publiée en 1964. Le chercheur avait appris à des planaires à craindre la lumière, en l'associant à des chocs électriques. Il avait ensuite injecté des broyats de cerveau de ces vers dans d'autres vers, qui se mettaient à craindre la lumière.

Cette expérience suggérait que la mémoire était codée dans des molécules présentes à l'intérieur des neurones, qui pouvaient se transmettre par injection. Pas forcément *via* les molécules d'ADN: d'autres molécules étaient, et sont encore, envisagées comme participant aux processus de mémorisation. Mais des nombreuses critiques ont été émises sur le protocole expérimental de cette étude, dont les résultats n'ont pas pu être répliqués.

Quoi qu'il en soit, les travaux soulignent que l'idée d'un ADN portant la mémoire dans les neurones n'est pas nouvelle. "On ne sait pas encore comment est codée la mémoire, affirme Georges Chapouthier, biologiste au CNRS. Mais les modifications épigénétiques de l'ADN font partie des mécanismes plausibles." Ce qui est radicalement nouveau dans l'étude décrite dans notre article, c'est qu'elle suggère que l'ADN pourrait porter des souvenirs jusque dans les cellules sexuelles. Il transmettrait ainsi la mémoire de génération en génération!

La boutique SCIENCE & VIE

Plus de

400

► Livres
► Objets scientifiques
► Idées cadeaux

www.laboutiquescienceetvie.com



L'hypersensibilité au gluten fait encore débat

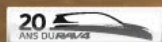
SV L'existence d'une entité appelée "hypersensibilité au gluten" fait toujours débat. En l'absence de critères de diagnostic objectifs et de mécanismes biologiques clairs, rien ne permet encore d'en cerner la réalité, et encore moins de connaître sa prévalence. Les quelques publications qui se risquent à des estimations chiffrées ne sont pas exemptes de conflits d'intérêts. Ainsi, une étude souvent citée, parue en 2012 et menée par le gastro-entérologue Alessio Fasano, qui avance le chiffre considérable de



6 %, a été financée par le leader de l'alimentation sans gluten en Europe. Quel crédit lui apporter ? Quant à l'hypothèse selon laquelle le gluten serait à l'origine de nombreuses pathologies – sclérose en plaques, autisme, schizophrénie... –, elle ne repose aujourd'hui sur aucune preuve.

Comme nous l'ont fait remarquer des lecteurs, la galaxie M82 qui abrite la supernova SN2014J (voir n° 1159, p. 64) n'est pas située à 12 années-lumière, mais à 12 millions d'années-lumière de nous. Toutes nos excuses pour cette grossière erreur.

LES SERIES SPECIALES
RAV4 20^{EME} ANNIVERSAIRE



Sellerie cuir et Alcantara® noire
Bandeau de planche de bord gainé de cuir noir
Barres de toit longitudinales
Jantes en alliage 18" diamantées
Protections inférieures avant et arrière



Consommations mixtes (L/100 km) et émissions de CO₂ (g/km) RAV4: de 4,9 à 7,3 et de 127 (C) à 176 (E). Données homologuées CE.
Modèles présentés : RAV4 Sport Edition et RAV4 Club Edition 124 D-4D 2WD avec peinture métallisée à 28 690 € (même remise déduite).

Une publication du groupe

MONDADORI FRANCE

PRÉSIDENT : Ernesto Mauri

RÉDACTION

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

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Matthieu Villiers,
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS

Grégoire Boullier (édition),
François Lassagne

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diraison

CHEF DE SERVICE

Valérie Greffoz (actualités),
Caroline Tourbe (médecine)

CHEF DE RUBRIQUE

Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS

Elsa Abdoun, Boris Bellanger,
Mathilde Fontez, Vincent Nouyrgat,
Emilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE RÉDACTION

Jean-Luc Glock

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION

Anne Riera, Clara Baudel

MAQUETTISTES

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

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Anne Levy (chef de service photo),
Isabelle Henneron ; Emmanuel Jullien
(chef de service infographie)

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guffroy

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S. Aquino, L. Barnéoud, K. Bettayeb,
L. Blancard, P.-Y. Bocquet, B. Bourgeois,
L. Bouyssou, S. Brunier, C. Capdeville,
S. Casalunga, L. Cavicchioli, G. Cirade,
F. Couchat, A. Dagan, A. Debroise,
S. Devos, O. Donnars, V. Etienne, S. Fay,
D. Florentz, P. Lefevre, L. Gougis,
M. Grousson, E. Haentjens, C. Hancok,
R. Ikonicoff, J. Jongwane, M. Kergoat,
M. Kontente, C. Lembezat, C. Martin,
E. Monnier, A. Rebmann, B. Rey,
P. Richard, M. Rudler, G. Siméon,
M. Spée, E. Thierry-Aimé

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE

Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

DIFFUSION

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

MARKETING

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

PUBLICITÉ

Valérie Camy (directrice exécutive),
Caroline Soret (directrice de groupe
commercial titres Automobile et Science),
Virginie Commun (directrice de publicité
adjointe), Lionel Dufour (directeur

de clientèle), Christine Chesse (assistante),
Stéphanie Guillard, Angélique Consoli,
Sabrina Rossi-Djenidi (planning),
Stéphane Durand (trafic), Jean-Jacques
Benezzech, Grégory Gounse, Anne-Sophie
Chauvière (opérations spéciales)

Grande-Bretagne : Publieurope LTD

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

Allemagne : Publieurope Munich

(info@publieurope.com
0049 89 2908150);

Suisse : Publieurope Lausanne

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

Espagne : Publimedia Madrid

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

FABRICATION

Gérard-Laurent Greck, Nadine Chatry

FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneskis

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Mathilde Janier-Bonnichon,
Murielle Luche

ÉDITEUR MONDADORI MAGAZINES FRANCE

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

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Carminé Perna

ACTIONNAIRE PRINCIPAL

Mondadori France SAS

IMPRIMEUR : ELCOGRAF - ITALIE

N° ISSN : 0036-8 369

N° DE COMMISSION PARITAIRE :

1015 K 79977. Tarif d'abonnement légal :

1 an, 12 numéros : 42,80 € ;

1 an, 12 numéros + 4 HS : 52,80 €.

Dépôt légal mai 2014

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par téléphone : 01 46 48 48 96

Par courrier :

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE,
CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

Par internet (taper directement dans votre
navigateur) : abo.scienceetvie.fr

Pour vous abonner par internet :

www.kiosquemag.com

Etats-Unis et Canada : Express Mag,

Tél. : 1 800 363-1310 (français)

et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse : Edigroup, 022 860 84 50

mondadori-suisse@edigroup.ch.

Belgique : Edigroup Belgique, 070 233 304

mondadori-belgique@edigroup.be

Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS

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

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS

Par courrier : 8, rue
François-Ory,
92543 Montrouge Cedex.
Par mail : sev.lecteurs@
mondadori.fr

COMMANDE D'ANCIENS

NUMÉROS, RELIURES

ET VPC

Tel : 01 46 48 48 83

Contact@laboutiquescienceetvie.com



Equipements de série

Caméra de recul, coffre électrique, climatisation automatique,
sièges avant chauffants, système Smart Entry & Start.



TOYOTA

TOUJOURS
MIEUX
TOUJOURS
PLUS LOIN



CLUB EDITION

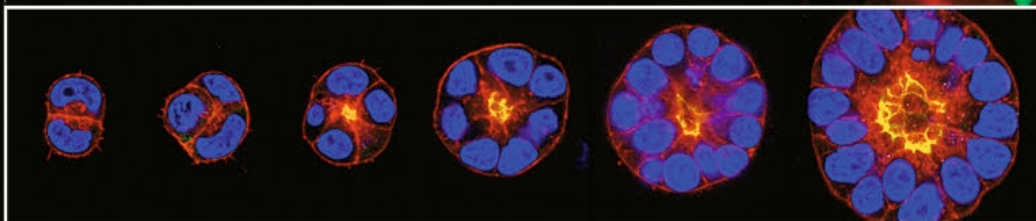
Sellerie cuir bi-ton beige et noir
Bandeau de planche de bord gainé de cuir beige
Baguettes latérales et de hayon chromées
Jantes en alliage 18" diamantées
Protection inférieure arrière

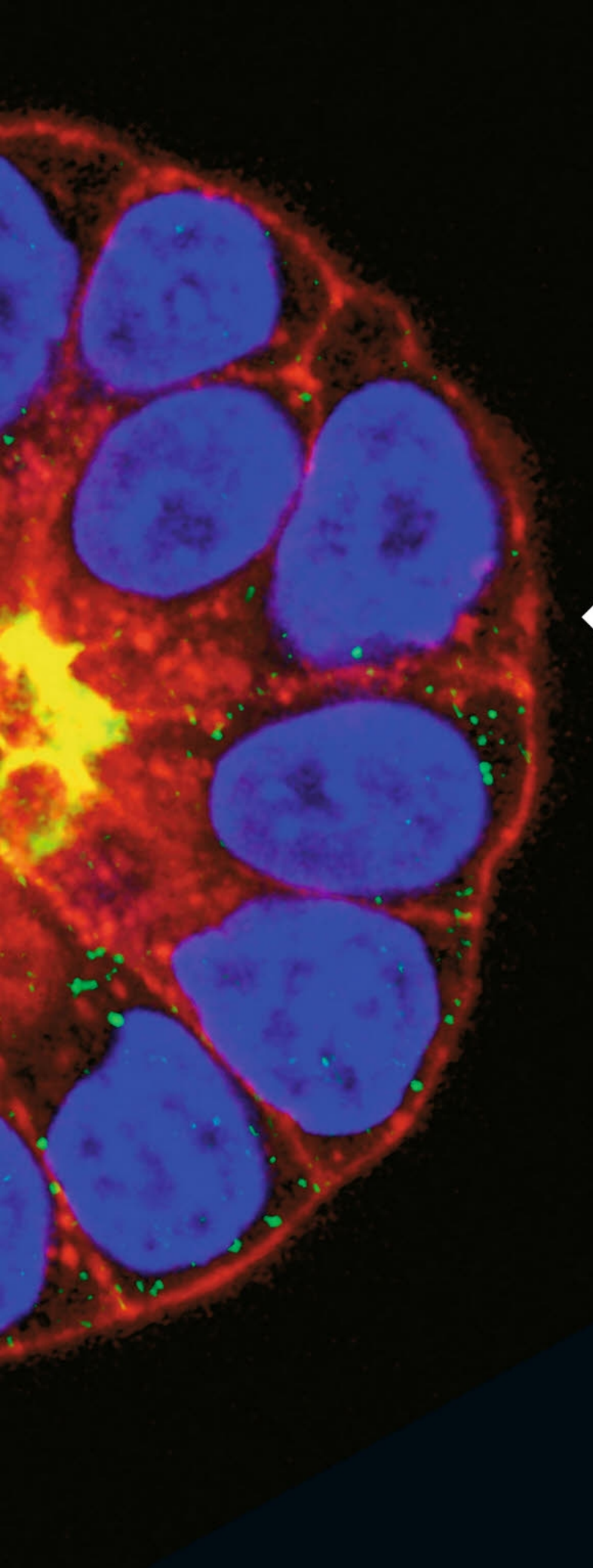
GAMME à partir de
RAV4 22 990 €⁽¹⁾
Sans aucune condition

(1) Prix conseillé au 27/02/2014 pour un RAV4 124 D-4D 2WD Le Cap neuf (hors peinture métallisée), déduction faite de 3700 € de remise et sans aucune condition. Offre non cumulable, réservée aux particuliers, valable jusqu'au 31/05/2014 dans le réseau Toyota participant en France.

actus

✓ > C'est la première fois qu'on observe un embryon juste avant son implantation dans l'utérus maternel : ses cellules adoptent une forme de rosette (ici, une reconstitution avec des cellules de souris).





EMBRYOLOGIE

JAMAIS L'EMBRYON N'AVAIT ÉTÉ VU AINSI

Une rosette de cellules : voici à quoi ressemble l'embryon au stade de la nidation, c'est-à-dire au moment où il s'implante dans l'utérus maternel (vers 7 jours chez l'humain). Ce moment clé demeurait jusqu'ici un mystère pour les biologistes. En effet, parvenu à cette étape, l'embryon s'enfonce dans la paroi de l'utérus, opaque à toute observation. De plus, il était impossible de cultiver en laboratoire des embryons de mammifères jusqu'à ce stade tout en observant leur développement. Pour contourner la difficulté, Magdalena Zernicka-Goetz, de l'université de Cambridge (Angleterre), a synthétisé un gel transparent dont l'élasticité reproduit celle de la paroi utérine et dont la composition chimique est adaptée

au développement d'embryons de souris. Cette technique lui a permis de voir que juste avant l'implantation, les cellules changent de forme : de rondes, elles deviennent pyramidales, et s'organisent sous la forme d'une rosette. Au centre de la structure s'ouvre ensuite la future cavité amniotique. Une étape cruciale pour le développement ultérieur : les embryons cultivés *in vitro* qui n'ont pas formé de rosette sont en effet restés désorganisés. *"Beaucoup de grossesses échouent au moment de la nidation, explique la chercheuse. Grâce à cette technique, nous allons être capables de connaître les conditions favorables à la croissance de l'embryon."*

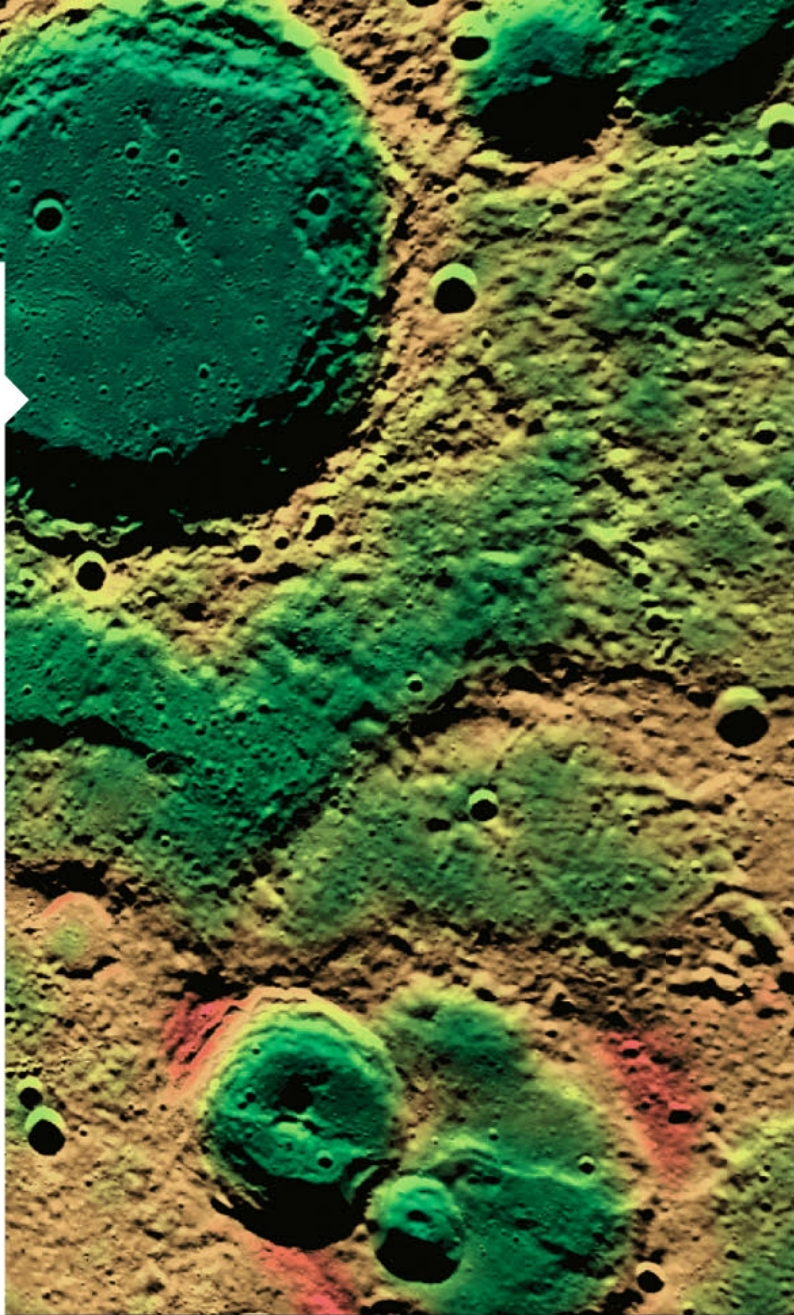
V.E.

PLANÉTOLOGIE

MERCURE RÉTRÉCIT IRRÉSISTIBLEMENT

Rabougrie et ridée comme une vieille pomme: ainsi apparaît la planète Mercure sur les images de *Messenger*. La sonde américaine, qui survole depuis 2011 la planète la plus légère du système solaire, a permis aux géologues du Carnegie Institution de Washington d'en analyser les reliefs. Résultat: près de 6000 crêtes et escarpements attestent que Mercure se contracte. Elle aurait perdu, en quatre milliards d'années d'existence, 44 km de tour de taille, soit 14 km de diamètre (sur 4800 km). Les planétologues soupçonnaient déjà que l'ampleur de ce rétrécissement était plus importante que ce que les rares images ramenées par

la sonde *Mariner 10* dans les années 1970 laissaient supposer. C'est désormais une certitude. Il faut dire que l'intérieur de Mercure est très particulier: son cœur métallique occupe 75 à 80 % de son diamètre, contre 50 % chez les autres planètes. Au fur et à mesure qu'elle perd de sa chaleur interne, le métal se contracte et la surface s'affaisse, formant les escarpements observés. Et la Terre? Elle rétrécit elle aussi, quoique plus faiblement. Mais le fait que la croûte terrestre se recycle régulièrement (contrairement à celle de Mercure, constituée d'un bloc de roche continu) empêche de savoir de combien exactement. **A.D.**



✓ L'homme a privilégié les chevaux capables d'adopter d'autres allures que le galop.



GÉNÉTIQUE

La course du cheval a évolué à cause de l'homme

En plus des classiques pas, trot et galop, certaines races de chevaux se déplacent en adoptant d'autres allures, comme l'amble, où les membres du même côté se lèvent simultanément. Une seule mutation (sur le gène *DMRT3*, responsable de la coordination des membres) a permis de développer cette aptitude. Une équipe internationale vient de détecter cette mutation chez 68 des 141 races qu'ils ont étudiées (soit plus de 4300 chevaux au total) et ce, partout dans le monde. Cette spécificité génétique a été répandue par l'homme à force de sélections, certaines allures étant plus agréables pour le cavalier, d'autres permettant au cheval de courir plus vite. **M.S.**

LE PARTAGE DES TÂCHES NE DATE PAS D'HIER

A la préhistoire, le lancer d'objets et l'utilisation de masses étaient affaire d'hommes. C'est ce qu'ont révélé des lésions osseuses au niveau du coude observées sur 1 200 squelettes datés de - 30 000 à nos jours. M.S.

LE CERVEAU EST SENSIBLE AUX SMILEYS

L'émoticône :-) est traité par le cerveau comme un véritable visage : les mêmes ondes électriques apparaissent dans les deux cas ! Alors que dans le sens inverse, il n'y voit qu'une simple ponctuation. M.S.

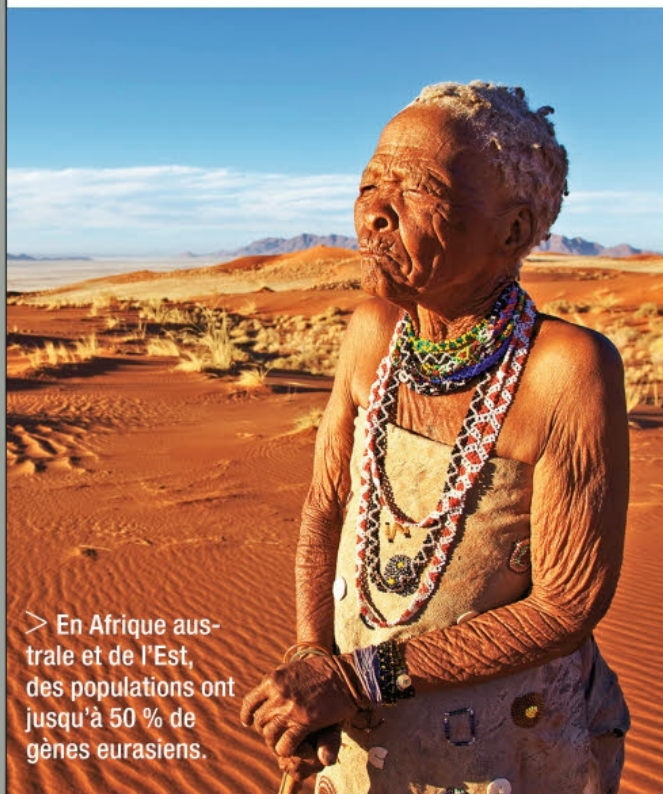
UN OISEAU ESPIONNE SES VOISINS

Le gobemouche noir profite du fait que la mésange charbonnière niche plus tôt que lui pour inspecter son nid. S'il y a beaucoup d'œufs, il installe le sien à proximité, car la place est bonne ! Pour éviter cette concurrence, la mésange cache ses œufs. L.C.

GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS

Il y a 3 000 ans, des peuples eurasiens seraient repartis vivre en Afrique

Des populations venues d'Europe ou du Moyen-Orient auraient regagné l'Afrique il y a trois millénaires, revenant ainsi sur les pas de leurs ancêtres partis 65 000 ans plus tôt. En comparant les génomes de 1 040 individus d'Afrique australe, de l'Est et du reste du monde, et en datant leurs migrations, une équipe internationale a été doublement surprise. D'abord, en Afrique australe, la quasi-totalité des peuples de langues khoisan a une ascendance eurasiennne qui atteint jusqu'à 14 % du génome. Et en Afrique de l'Est, cette part dépasse souvent les 16 % - elle peut monter à 50 % en Ethiopie ! L'équipe privilégie la piste suivante : il y a 3 000 ans environ, une première vague migratoire aurait relié l'Arabie saoudite et l'Afrique de l'Est ; puis, 1 500 ans plus tard, après un métissage local, une seconde vague serait partie d'Afrique de l'Est pour le sud du continent. D'où la présence, plus faible, de gènes eurasiens chez les peuples khoisan. Des ancêtres d'une de ces tribus pourraient même être apparentés aux Basques et aux Italiens. "Grâce aux nouvelles méthodes génétiques, de plus en plus d'indices de ces mélanges passés sont découverts", se réjouit Brigitte Pakendorf, au laboratoire Dynamique du langage du CNRS. Des mélanges qui renouvellent la compréhension de notre histoire. ... S.C.



> En Afrique australe et de l'Est, des populations ont jusqu'à 50 % de gènes eurasiens.

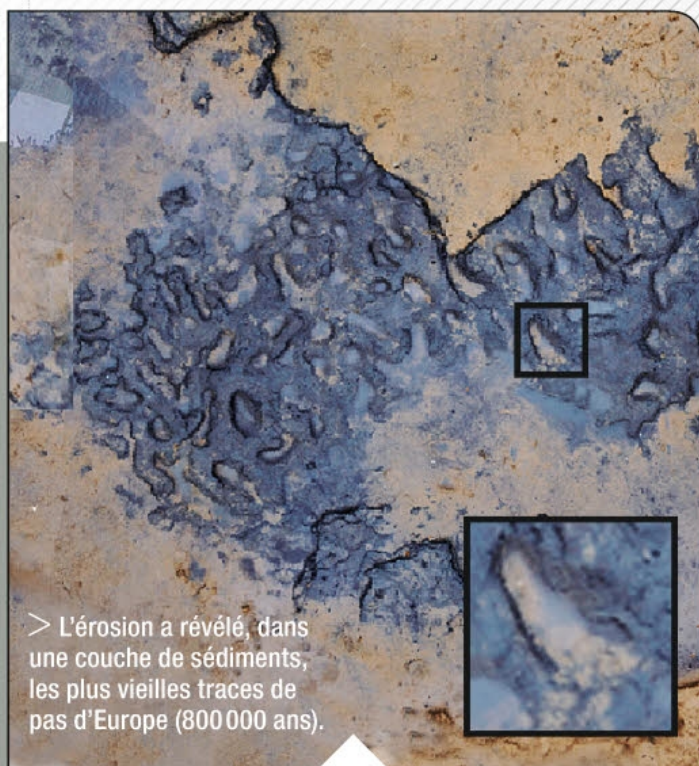


^ L'étude des escarpements à la surface de Mercure montre que la planète a perdu 14 km de diamètre depuis sa formation.

8 millions

C'est, en km/h, la vitesse record d'un mystérieux objet qui fonce vers le système solaire. Il pourrait s'agir d'un amas d'étoiles très dense venant de la galaxie M87. Celle-ci abrite un trou noir géant, mais a pu, jadis, en posséder deux. Leurs interactions auraient propulsé l'amas, qui aurait ainsi échappé à l'attraction gravitationnelle de sa galaxie. A.D.





> L'érosion a révélé, dans une couche de sédiments, les plus vieilles traces de pas d'Europe (800 000 ans).

PALÉONTOLOGIE

HOMO ANTECESSOR A ARPENTÉ UNE PLAGE ANGLAISE

Il fallait être au bon endroit au bon moment. Sur la plage de Happisburgh, en Angleterre, des traces de pas vieilles de 800 000 ans, les plus anciennes d'Europe, ont offert un formidable – et éphémère – spectacle aux archéologues. Un coup de chance. *“Nous étions là pour faire un simple relevé géologique et nous avons découvert ces empreintes, mises au jour par l'érosion côtière et la marée”*, raconte Martin Bates. Réparties sur 12 m², ces traces, jusqu'alors enterrées sous les falaises, étaient restées intactes. Avant que la mer revienne

les effacer, elles ont été photographiées sous tous les angles puis modélisées en 3D. Même en l'absence de restes humains, elles en disent long sur la morphologie de nos ancêtres. En l'occurrence, il s'agirait de cinq hominidés mesurant entre 93 cm et 1,73 m, et pesant de 48 à 53 kg. Ces marcheurs du Paléolithique inférieur seraient des *Homo antecessor*. Ce genre de découverte est très rare : seuls trois sites africains avaient jusqu'ici révélé des empreintes préhistoriques similaires. Les plus anciennes remontent à 3,5 millions d'années. **L.G.**



Ils ont élucidé l'origine du geyser... de bière !

C'est l'histoire de trois jeunes chercheurs espagnols qui se retrouvent autour d'une bière, à Paris. Tout spécialistes de la dynamique des bulles qu'ils sont, ils n'arrivent pas à comprendre pourquoi le fait de frapper le goulot d'une bouteille provoque ce classique de l'humour potache qu'est le geyser de bière... Dans leurs laboratoires respectifs des universités de Madrid et Pierre-et-Marie-Curie de Paris, ils vont alors employer les grands moyens : une caméra rapide pour suivre le mouvement de la mousse, un hydrophone pour enregistrer la propagation du bruit des bulles, et un laser pour former des bulles sur commande. Ne reste plus qu'à observer, bâtir une théorie, puis la confirmer par quelques simulations numériques bien trempées. L'explication, la voici : le choc crée une onde de compression qui fait des allers-retours entre la surface de la bière et le fond de la bouteille, lesquels fractionnent les milliards de bulles d'air microscopiques présentes dans le liquide. Or, ces petites bulles ont une capacité incroyable à assimiler le CO₂ dissous autour d'elles. Elles grossissent, ce qui les entraîne vers le haut, où elles grandissent encore à mesure qu'elles rencontrent du CO₂ dissous, ce qui accélère leur migration... jusqu'à l'explosion ! **A.D.**

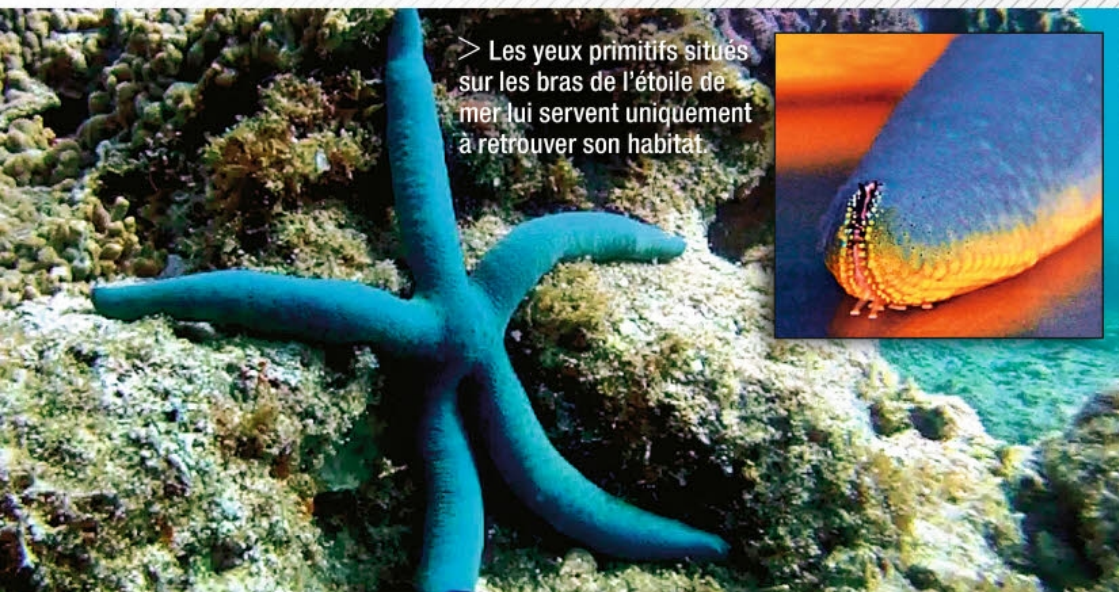
ATTEIGNEZ DES SOMMETS.

Le Brunet

Nouvelle Jeep® Grand Cherokee.

Découvrez la Nouvelle Jeep® Grand Cherokee équipée de série de projecteurs bi-xénon, de feux de jour apportant une signature visuelle inédite, de phares intelligents et de projecteurs directionnels⁽¹⁾ qui suivent le tracé de la route, du système ParkView® (caméra de recul avec affichage dynamique sur l'écran multimédia) et d'un radar anticollision⁽²⁾. Toutes ces technologies avec sa nouvelle boîte automatique à 8 rapports vous apportent sécurité et confort quelles que soient les conditions.

Consommation mixte (l/100km) moteur 3,0 l V6 CRD : 7,5. Émissions de CO₂ (g/km) : 198. (1) De série sur Summit. (2) De série sur Overland et Summit. I am Jeep® : « Je suis Jeep® ». Jeep® est une marque déposée de Chrysler Group LLC.



> Les yeux primitifs situés sur les bras de l'étoile de mer lui servent uniquement à retrouver son habitat.

PHYSIOLOGIE ANIMALE

L'ÉTOILE DE MER N'A D'YEUX QUE POUR SON CORAIL

Elle perçoit la lumière, mais ne voit pas les couleurs et distingue mal les objets. Alors, à quoi servent les yeux rudimentaires situés à l'extrémité des branches de l'étoile de mer ? A se réfugier dans un lieu protecteur, suggèrent le Danois Anders Garm et le Suédois Dan-Eric Nilsson. Des indices dans la structure anatomique de ses yeux laissaient supposer que

Linckia laevigata ne pouvait pas se fier à sa vision imprécise pour échapper à ses prédateurs, se nourrir ou chercher un partenaire. En effet, elle distingue seulement le bleu, ce qui ne lui permet de détecter que les masses proches et immobiles... comme les récifs coralliens, son habitat privilégié. Ce que les deux biologistes ont vérifié en déplaçant des étoiles

de mer à quelques mètres de leur corail : seules celles dotées d'yeux intacts et délogées à moins de 2 mètres ont réussi à s'orienter (à condition que la lumière soit assez forte). L'œil de l'étoile de mer possède les deux types de photorécepteurs les plus répandus, ce qui en fait un chaînon essentiel pour comprendre l'évolution de cet organe.

E.H.

ARCHÉOLOGIE

Cette momie est parée de fromage

Trente-six siècles qu'ils étaient enterrés, et pourtant, ces petits bouts de fromage jaunâtres sont quasi intacts ! Ils ornent le cou et la poitrine de plusieurs momies parfaitement conservées découvertes dans le désert du Taklamakan (nord-ouest de la Chine). Ce fromage, le plus vieux jamais retrouvé, résulte de la fermentation de lait avec un mélange de levures et de bactéries. Il ressemble à des produits laitiers fabriqués encore aujourd'hui avec des grains de kéfir (des amalgames de micro-organismes), sans lactose et donc faciles à digérer. Pour ces momies, il devait faire office d'offrande ou de provisions pour l'au-delà. O.D.



NEUROLOGIE

On improvise en musique comme on parle une langue

Parlez-vous jazz ? Peut-être bien. L'équipe de Charles Limb, à l'université Johns-Hopkins (Etats-Unis), a analysé par IRM l'activité cérébrale d'un pianiste de jazz pendant qu'il improvisait avec un autre musicien. Les chercheurs ont observé que les zones liées à la syntaxe linguistique (structure des phrases) s'activaient, tandis que celles impliquées dans le traitement sémantique (sens des mots) restaient éteintes. Musique et langage partageraient donc un même circuit cérébral, même si le sens d'une mélodie, lui, demeure abstrait. S.C.

> Le "collier" de fromage retrouvé sur cette momie chinoise était sans doute une offrande.



PRENEZ UN ABONNEMENT DE 4 ANS À LA TRANQUILLITÉ.

ŠKODA Octavia

à partir de

190 €^{TTC/mois⁽¹⁾}

PACK SIMPLY CLEVER INCLUS*



IL Y A TOUJOURS QUELQU'UN DE BIEN DANS UNE ŠKODA.

(1) Location longue durée sur 48 mois. 1^{er} loyer de 4 266 € et 47 loyers de 190 €. Offre valable du 1^{er} avril au 31 mai 2014.

Exemple pour une Octavia berline Active 1.6 TDI 105 ch en location longue durée sur 48 mois et pour 60 000 km maximum, hors assurances facultatives. Offre réservée aux particuliers chez tous les Distributeurs présentant ce financement, sous réserve d'acceptation du dossier par ŠKODA Bank division de Volkswagen Bank GmbH - SARL de droit allemand - Capital 318 279 200 € - Succursale France : Bâtiment Ellipse 15 Avenue de la Demi-Lune 95700 Roissy en France - RCS Pontoise 451 618 904 - ORIAS : 08 040 267 (www.orias.fr). **Modèle présenté : Octavia Combi RS 2.0 TSI 220 ch avec options jantes Gemini (350 €), Adaptative**

Cruise Assistant (690 €) et Pack design noir (80 €). 1^{er} loyer de 6 330 € et 47 loyers de 390 €. * Pack Simply Clever : Garantie additionnelle de 2 ans obligatoire souscrite auprès d'Opteven Assurances, Société d'assurance et d'assistance au capital de 5 335 715 € - Siège social : 109, boulevard de Stalingrad, 69100 Villeurbanne. RCS Lyon n° 379 954 886 régie par le Code des assurances et soumises au contrôle de l'ACP. Forfait Service Entretien obligatoire souscrit auprès d'Opteven Services, SA au capital de 365 878 € - RCS Lyon B 333 375 426 siège social : 109, boulevard de Stalingrad - 69100 Villeurbanne. Assistance 24h/24 pendant 7 ans, voir conditions auprès de votre Distributeur. Simply Clever : Simplement Évident. Volkswagen Group France - Division ŠKODA - 02600 Villers-Cotterêts - RCS Soissons B 602 025 538.





△ Ce fossile d'ichtyosaure en train de mettre bas permet, grâce à la position du petit (au centre), de dater la viviparité de son espèce.

PALÉONTOLOGIE

LES REPTILES MARINS ÉTAIENT DÉJÀ VIVIPARES... SUR TERRE

A l'est de la Chine, dans la province d'Anhui, une équipe internationale de paléontologues a mis au jour les squelettes fossilisés d'une femelle ichtyosaure, un reptile marin ayant vécu il y a 248 millions d'années, en train de mettre bas ses trois petits. *"Ce fossile exceptionnel, qui a capturé le moment de la parturition, est la plus ancienne preuve de viviparité chez les reptiles marins du Mé-*

sozoïque", indique Ryosuke Motani, l'un des chercheurs de l'université de Californie à l'origine de cette découverte. Mais surtout, ajoute-t-il, *"il contredit ce que nous pensions savoir de l'évolution de la viviparité chez ces reptiles"*. Jusqu'à présent, les paléontologues estimaient en effet que les ichtyosaures, dont les ancêtres étaient terrestres, avaient adopté la viviparité (mise bas de jeunes déjà formés) après

être retournés vivre en milieu aquatique. Si tel était le cas, les fœtus découverts par Ryosuke Motani auraient dû être positionnés queue la première, afin d'éviter la noyade. Or, ici, la naissance se fait tête en premier. *"Ces reptiles marins primitifs mettent encore bas comme le faisaient leurs ancêtres terrestres. C'est la preuve qu'ils en ont hérité leur viviparité"*, conclut Ryosuke Motani.

C.H.

NEUROBIOLOGIE

Des neurones ont été activés par la chaleur

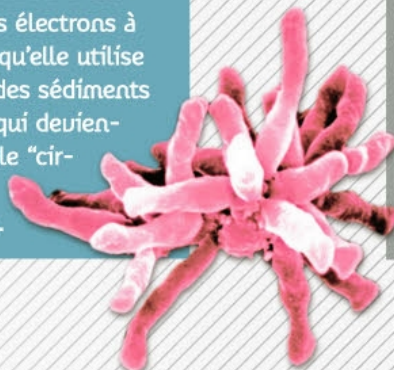
Faire danser des mouches avec un rayon laser... C'est désormais possible grâce à la thermogénétique, qui consiste à stimuler, par la chaleur, des neurones ciblés (sur le modèle de l'optogénétique, qui utilise la lumière). Pour y parvenir, l'Américain Dan Bath a d'abord inséré le gène d'une protéine sensible à la température dans des neurones connus pour contrôler les mouvements de la parade amoureuse. Lorsque la chaleur augmente, la protéine stimule les neurones dans lesquels elle est présente. Un simple rayon laser suffit alors à faire entamer à la mouche une parade nuptiale, quand bien même elle n'a en face d'elle qu'une simple boule de cire! V.E.

BIOCHIMIE

Une bactérie "se nourrit" d'électricité

Rhodospseudomonas palustris, qui vit dans le sol et l'eau, était déjà célèbre pour sa capacité à assimiler de nombreux composés (CO_2 , azote, lignine, méthanol, sucres...). Des chercheurs de Harvard ont découvert que cette bactérie pouvait aussi arracher des électrons à son environnement, engendrant un courant électrique qu'elle utilise pour son métabolisme! Mieux: lorsqu'elle pousse sur des sédiments contenant du fer, elle l'oxyde, produisant des cristaux qui deviennent conducteurs... ce qui crée autour d'elle un véritable "circuit électrique", qui lui permettrait de drainer des électrons au-delà de son environnement immédiat.L.C.

▽ *R. palustris* arrache des électrons à son milieu: le courant ainsi généré alimente son métabolisme.



Mon rythme pour seule limite.

Atteignez vos objectifs avec les fonctionnalités **bien-être et sport** du bracelet Gear Fit.

Connecté à votre Galaxy S5, il vous permet également de recevoir vos notifications d'appels et de messages.

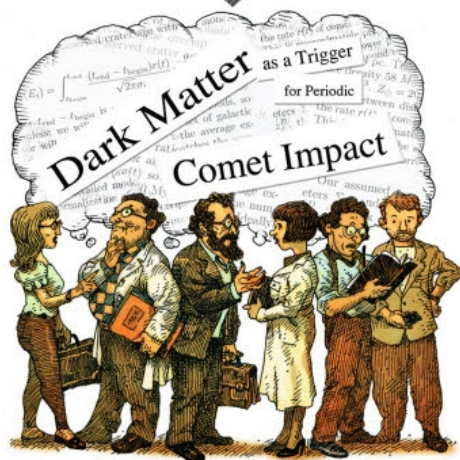
My Life powered by
Samsung GALAXY S5
+ Gear Fit



www.samsung.com/fr/galaxys5

My life powered by Samsung Galaxy S5 = Ma vie est enrichie par le Samsung Galaxy S5.

DAS : 0.562 W/kg. Le DAS (débit d'absorption spécifique des téléphones mobiles) quantifie le niveau d'exposition maximal de l'utilisateur aux ondes électromagnétiques, pour une utilisation à l'oreille. La réglementation française impose que le DAS ne dépasse pas 2 W/kg. Produits vendus séparément. © 2014 Samsung Electronics France. Ovalie. CS 2003. 1 rue Fructidor, 93484 Saint-Ouen Cedex. RCS Bobigny 334 367 497. SAS au capital de 27 000 000 €. **Chell**

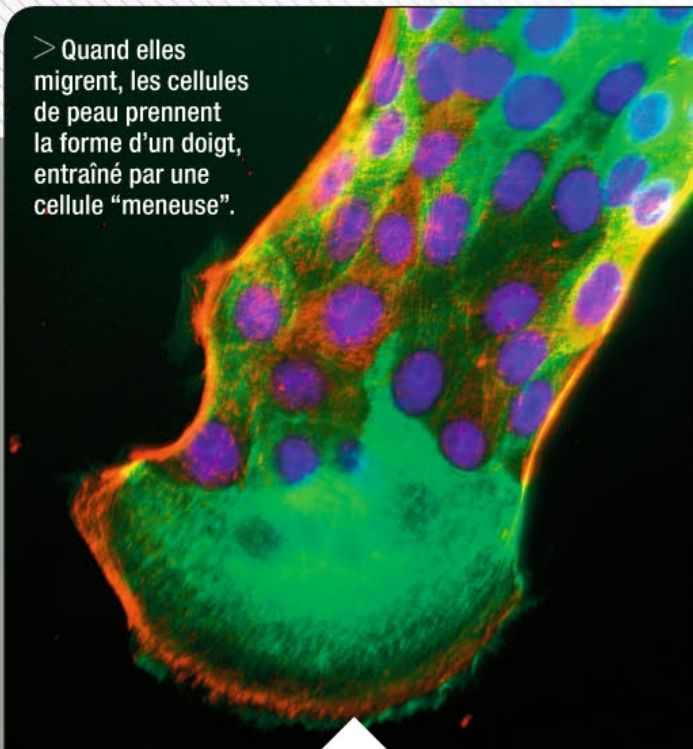


C'est la matière noire qui aurait tué les dinosaures

Quel est le lien entre la présence potentielle (selon certains physiciens) d'un disque de matière noire dans la galaxie et l'explicable périodicité des bombardements d'astéroïdes (les cratères d'impact sur Terre suggèrent qu'ils suivent un cycle de 35 millions d'années)? *A priori*, aucun. Mais Lisa Randall et Matthew Reece, deux physiciens américains de Harvard, proposent carrément que la première soit la cause de la seconde. En modélisant l'impact d'un fin disque de matière noire qui s'étendrait dans le plan de la Voie lactée, ils ont trouvé que celui-ci pourrait déstabiliser les boules de roches et de glace qui gravitent dans le nuage d'Oort jusqu'à les propulser vers le Soleil, déclenchant des pluies d'astéroïdes sur la Terre. "Le système solaire oscille de bas en haut dans la galaxie, précise la chercheuse. Notre modèle montre que si ce disque de matière noire existe, il le traverse tous les 35 millions d'années, ce qui correspond au cycle des météorites." Simple coïncidence? Ou bien la matière noire pourrait-elle avoir provoqué, il y a 65 millions d'années, la chute d'astéroïde qui a décimé les dinosaures? Pure théorie pour l'instant... que le satellite *Gaia*, qui cartographie la Voie lactée depuis un an, va pouvoir éprouver.

M.F.

> Quand elles migrent, les cellules de peau prennent la forme d'un doigt, entraîné par une cellule "meneuse".



BIOLOGIE CELLULAIRE

LES CELLULES SE RANGENT DERRIÈRE LEURS LEADERS

Les cellules d'un épithélium (peau, muqueuses, glandes) entament parfois une migration collective: c'est le cas notamment lors du développement embryonnaire, de la cicatrisation d'une blessure ou de la croissance d'une tumeur. L'on observe alors un comportement curieux: ces cellules poussent rapidement certaines d'entre elles à prendre la tête du mouvement. A l'Institut Curie, les équipes de Jacques Camonis et Pascal Silberzan ont découvert que ces "leaders" grandissent et développent une force peu commune qui leur permet de tracter leurs congénères.

Des "doigts" migratoires se forment alors, chacun étant constitué d'une meneuse et des suiveuses qu'elle traîne derrière elle. "Dans ces 'doigts', les forces se répartissent comme au sein d'une cellule individuelle. Ils se comportent donc comme des supercellules", explique Pascal Silberzan. Les cellules mettent aussi en place un câble moléculaire sur toute la longueur du "doigt". A la manière des poteaux à sangle rétractable utilisés pour canaliser la foule d'une file d'attente, il prévient l'éparpillement et empêche l'émergence de nouvelles meneuses. L.C.



Partenaire officiel

www.kia.com

Vous n'en croirez pas vos yeux



Nouveau Kia SPORTAGE



Le Pouvoir de Surprendre

Série limitée Révélation suréquipée



299 €⁽¹⁾ /mois

1^{er} loyer majoré à 3 900 €
Financement en LOA sur 49 mois et 60 000 km

- Une offre de Location avec Option d'Achat⁽²⁾
- 7 ans de garantie*
- 7 ans d'entretien pour 1 € de plus⁽²⁾
- 7 ans de mises à jour de la cartographie**

Consommations mixtes et émissions de CO₂ du nouveau Kia Sportage : de 5,2 à 7,2 L/100 km - de 135 à 189 g/km.

* Garantie 7 ans ou 150 000 km (1^{er} 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. ** Offre limitée à l'achat d'un véhicule Kia neuf équipé d'un terminal Navigation LG ou MOBIS monté en usine par Kia à compter du 1^{er} mars 2013 chez les distributeurs participants. L'offre comprend la mise à jour annuelle des cartes du terminal du véhicule, dans la limite de 6 mises à jour, sous réserve d'une installation par un réparateur agréé Kia et de la disponibilité de ladite mise à jour. (1) **Exemple de Location avec Option d'Achat (LOA)** de 49 mois et 60 000 km pour le financement d'un nouveau Kia Sportage Révélation 1,6 L essence GDI 135 ch ISG BVM6 4x2 à 24 650 € TTC au 01/01/2014, aux conditions suivantes : apport placé en 1^{er} **loyer majoré à 3 900 € TTC**, suivi de **48 loyers mensuels de 299 € TTC**. Après le paiement du dernier loyer, vous pouvez restituer votre Kia Sportage selon les conditions prévues au contrat ou l'acquiescer en levant l'option d'achat. **Option d'achat : 10 900 €**. **Montant total dû avec achat en fin de contrat : 29 162,56 €** dont frais de dossier étalés du 2^e au 4^e loyer : 739,50 € (exemple hors assurance facultative). Coût mensuel de l'assurance facultative Assurance De Personne : 19,72 €/mois et s'ajoute au montant du loyer ci-dessus (3). Conditions sur kia.com

UN CRÉDIT VOUS ENGAGE ET DOIT ÊTRE REMBOURSÉ. VÉRIFIEZ VOS CAPACITÉS DE REMBOURSEMENT AVANT DE VOUS ENGAGER.

Aucun versement sous quelque forme que ce soit, ne peut être exigé d'un particulier, avant l'obtention d'un ou plusieurs prêts d'argent. (2) Offre réservée aux personnes physiques pour tout Kia Sportage commandé entre le 01/03/2014 et le 30/04/2014 et financé en Location avec Option d'Achat Kia Finance, d'une durée de 49 mois maximum et dans la limite de 150 000 km chez tous les distributeurs Kia participants (conformément aux préconisations d'entretien du constructeur, non cessible excepté en cas d'exercice de l'option d'achat par le client auprès de l'organisme prêteur). Sous réserve d'acceptation par Kia Finance, département de CGL, Compagnie Générale de Location d'équipements, SA au capital de 58 606 156 € - 69, avenue de Flandre 59708 Marcq-en-Baroeul Cedex - SIREN 303 236 186 - RCS Lille Métropole. (3) Tarification pour un client âgé de 18 à 75 ans en bonne santé et ne nécessitant pas de surprime et pour un montant correspondant au prix de vente TTC du véhicule.

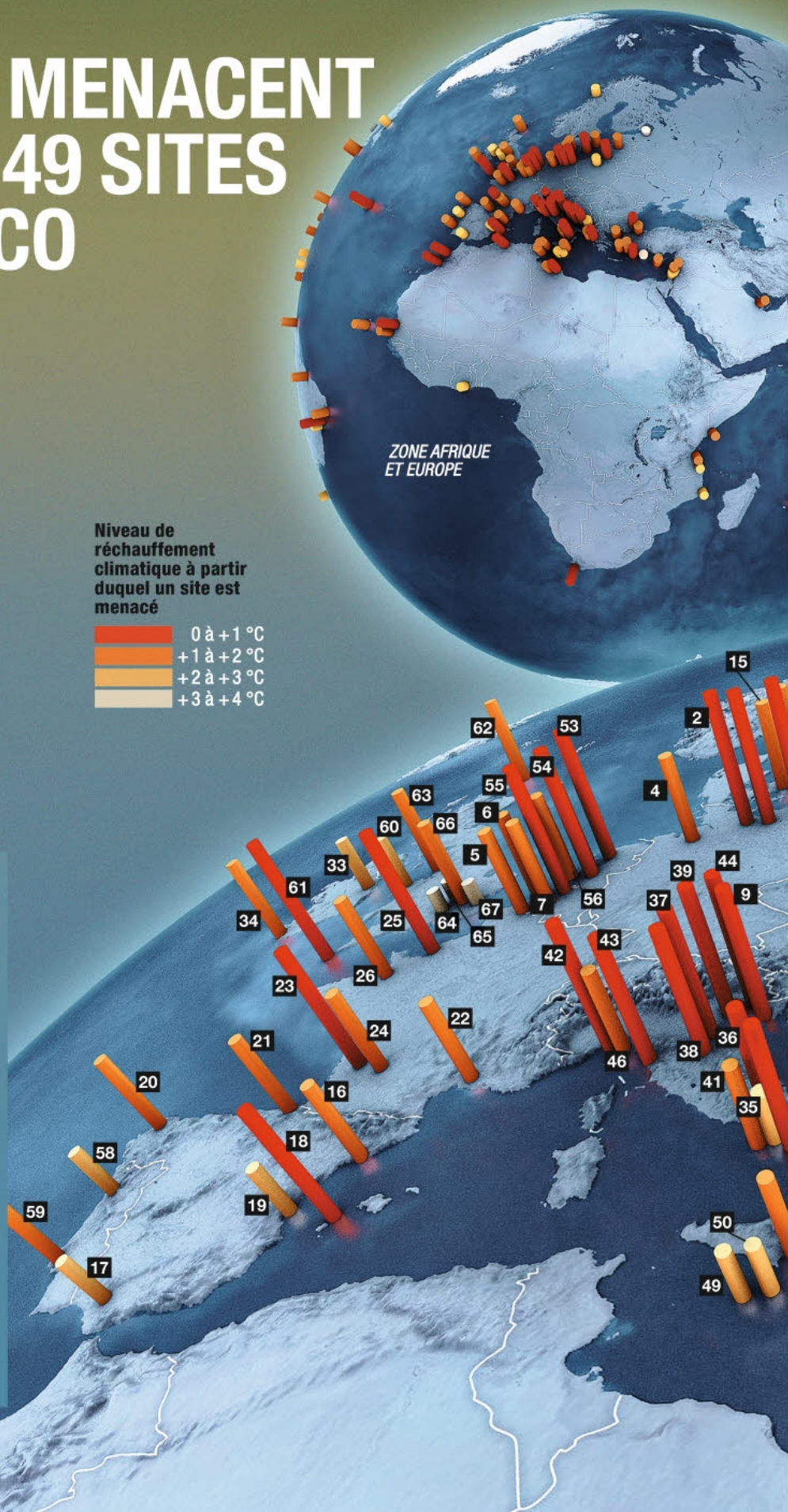
LES MERS MENACENT À TERME 149 SITES DE L'UNESCO

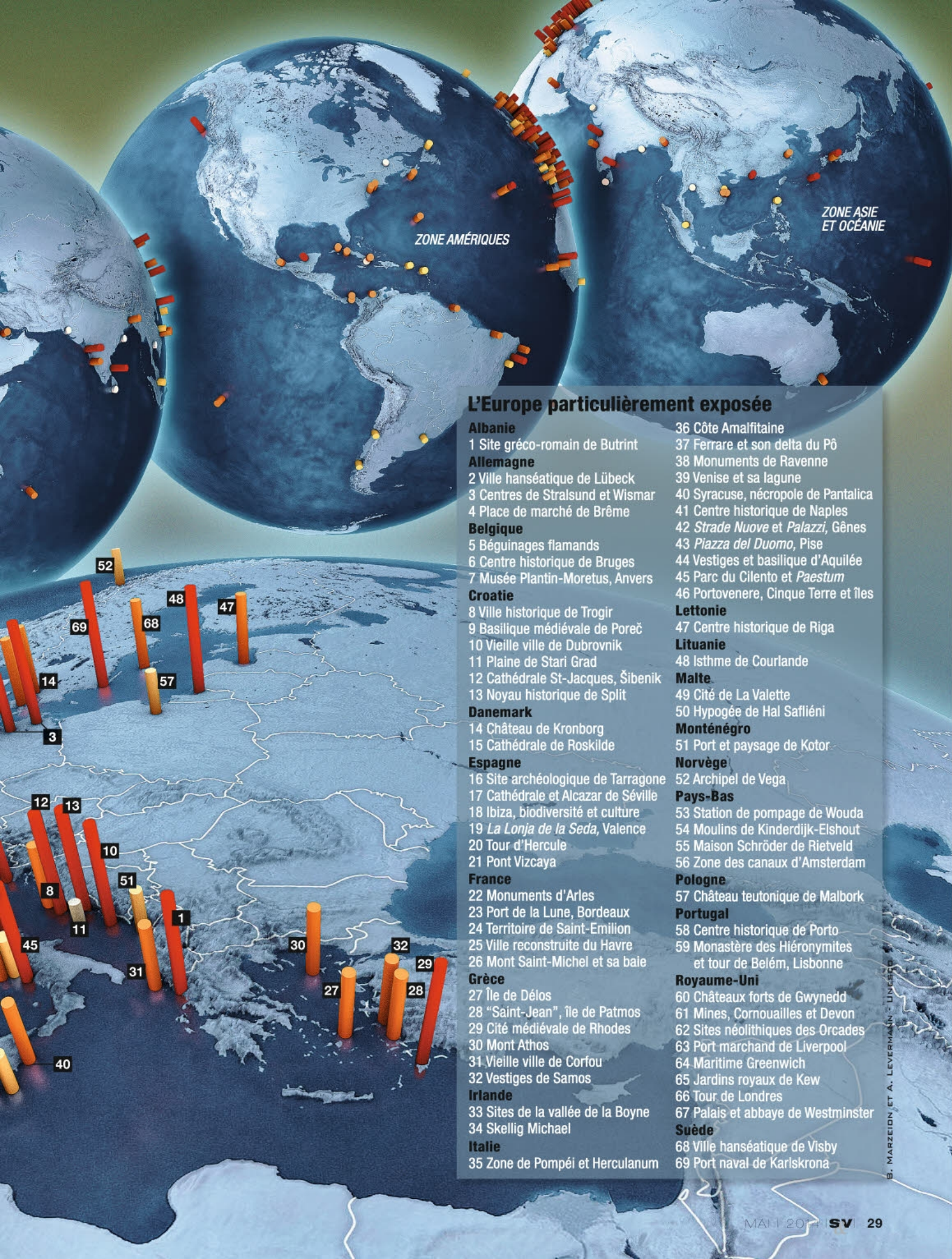
Carthage sera finalement bien détruite. Quand ? Impossible de le dire avec précision. Mais au total, 149 des 720 sites de la liste du patrimoine mondial, culturel et naturel de l'Unesco seraient touchés par la montée des eaux due au réchauffement climatique. Et la statue de la Liberté, le cœur historique de Saint-Petersbourg, Arles ou Istanbul, s'ils ne sont pas engloutis, devraient au moins avoir les pieds mouillés.

Ben Marzeion, de l'université d'Innsbruck (Autriche), et Anders Levermann, de l'université de Potsdam (Allemagne), ont évalué la hausse du niveau des océans dans les différentes régions du globe pour un réchauffement compris entre 0 et 5 °C sur les 2000 prochaines années.

Les deux chercheurs n'ont pas voulu dater précisément les submersions mais notent que pour chaque degré supplémentaire, les mers monteraient en moyenne de 2,3 m, du fait de la fonte des glaces et de la dilatation des eaux. Et une température plus chaude de 2 °C d'ici à 2100 est une estimation que beaucoup jugent envisageable. En combinant ces données avec la localisation géographique et l'altitude des sites classés par l'Unesco, ils ont déterminé la liste des premières "victimes".

Même si les températures arrêtaient aujourd'hui de grimper, le phénomène ne serait pas enrayé pour autant, et 40 sites seraient de toute façon touchés. Avec une hausse de 3 °C, ils seraient 136, et avec 5 °C, 149, dont plus des deux tiers se trouveraient plongés... sous 5 m d'eau. E.R.





ZONE AMÉRIQUES

ZONE ASIÉ
ET OCÉANIE

L'Europe particulièrement exposée

Albanie

1 Site gréco-romain de Butrint

Allemagne

2 Ville hanséatique de Lübeck

3 Centres de Stralsund et Wismar

4 Place de marché de Brême

Belgique

5 Béguinages flamands

6 Centre historique de Bruges

7 Musée Plantin-Moretus, Anvers

Croatie

8 Ville historique de Trogir

9 Basilique médiévale de Poreč

10 Vieille ville de Dubrovnik

11 Plaine de Starigrad

12 Cathédrale St-Jacques, Šibenik

13 Noyau historique de Split

Danemark

14 Château de Kronborg

15 Cathédrale de Roskilde

Espagne

16 Site archéologique de Tarragone

17 Cathédrale et Alcazar de Séville

18 Ibiza, biodiversité et culture

19 La Lonja de la Seda, Valence

20 Tour d'Hercule

21 Pont Vizcaya

France

22 Monuments d'Arles

23 Port de la Lune, Bordeaux

24 Territoire de Saint-Émilion

25 Ville reconstruite du Havre

26 Mont Saint-Michel et sa baie

Grèce

27 Île de Délos

28 "Saint-Jean", île de Patmos

29 Cité médiévale de Rhodes

30 Mont Athos

31 Vieille ville de Corfou

32 Vestiges de Samos

Irlande

33 Sites de la vallée de la Boyne

34 Skellig Michael

Italie

35 Zone de Pompéi et Herculaneum

36 Côte Amalfitaine

37 Ferrare et son delta du Pô

38 Monuments de Ravenne

39 Venise et sa lagune

40 Syracuse, nécropole de Pantalica

41 Centre historique de Naples

42 Strade Nuove et Palazzi, Gênes

43 Piazza del Duomo, Pise

44 Vestiges et basilique d'Aquilée

45 Parc du Cilento et Paestum

46 Portovenere, Cinque Terre et îles

Lettonie

47 Centre historique de Riga

Lituanie

48 Isthme de Courlande

Malte

49 Cité de La Valette

50 Hypogée de Hal Saflieni

Monténégro

51 Port et paysage de Kotor

Norvège

52 Archipel de Vega

Pays-Bas

53 Station de pompage de Wouda

54 Moulins de Kinderdijk-Elshout

55 Maison Schröder de Rietveld

56 Zone des canaux d'Amsterdam

Pologne

57 Château teutonique de Malbork

Portugal

58 Centre historique de Porto

59 Monastère des Hiéronymites

et tour de Belém, Lisbonne

Royaume-Uni

60 Châteaux forts de Gwynedd

61 Mines, Cornouailles et Devon

62 Sites néolithiques des Orcades

63 Port marchand de Liverpool

64 Maritime Greenwich

65 Jardins royaux de Kew

66 Tour de Londres

67 Palais et abbaye de Westminster

Suède

68 Ville hanséatique de Visby

69 Port naval de Karlskrona

PALÉOCLIMATOLOGIE

LES VOLCANS ONT PRÉSERVÉ LA VIE À L'ÂGE DE GLACE

En maintenant hors des glaces certaines zones, l'activité géothermique due aux volcans aurait permis à de nombreuses espèces terrestres de survivre aux glaciations. Une fois le climat redevenu plus clément, ces espèces auraient recolonisé les régions alentour depuis ces "refuges géothermiques" chauds. Pour tester cette hypothèse, des chercheurs australiens et britanniques se sont intéressés à l'Antarctique, peuplé de nombreuses espèces autochtones depuis des millions d'années, malgré des glaciations répétées. Pour comprendre comment elles ont survécu, les écologues ont analysé 43 sites

de 100 km de diamètre, et ont découvert que la richesse de la biodiversité, plus grande aux abords des zones géothermiques, s'appauvrit à mesure que l'on s'en éloigne. Ceci révélerait une recolonisation progressive du continent, depuis la dernière glaciation, à partir de ces régions préservées. Néanmoins, si ces refuges ont été vitaux pour les mousses et les lichens, leur rôle dans la survie des invertébrés est moins clair. Quoi qu'il en soit, ils constituent des "hotspots" de biodiversité à protéger. Reste à vérifier que la même situation s'est présentée ailleurs sur la planète. **L.C.**



✓ En mangeant les plantes les plus hautes, les animaux brouteurs favorisent la survie des plus petites.



AGRONOMIE

Grâce aux herbivores, les prairies

Pour restaurer la biodiversité d'une prairie dégradée par les fertilisants, il suffit d'y introduire des animaux brouteurs, conclut une étude internationale dirigée par Elizabeth Borer (université du Minnesota). En mangeant les plantes les plus hautes, qui sont celles profitant le plus des

fertilisants, les animaux brouteurs permettent aux autres végétaux plus petits de recevoir davantage de lumière et de croître, augmentant ainsi la biodiversité. Pour arriver à cette conclusion, les chercheurs ont étudié, de l'Allemagne à l'Afrique du Sud, 40 prairies aux conditions



△ L'étude des volcans en Antarctique montre qu'ils ont servi de "refuge géothermique" aux espèces menacées par les glaciations.

se repeuplent

climatiques très diverses. Sur chacune d'entre elles, ils ont défini quatre parcelles en fonction des engrais et des populations d'herbivores qu'elles recevaient ou non. Trois ans plus tard, les prairies étaient plus riches en espèces là où les brouteurs avaient permis à la lumière d'atteindre le sol. **S.F.**

en
bref

DES CORAUX MÊME EN IRAK

Un récif corallien de 28 km², abritant diverses espèces de coraux, d'étoiles de mer et d'éponges, a été découvert dans les eaux irakiennes. Une surprise, au vu de la température et des courants capricieux d'une mer polluée par le pétrole. **L.G.**

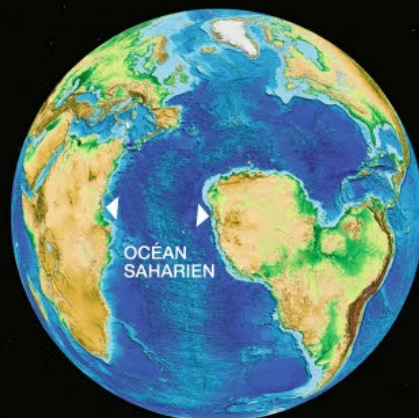
LA GLACE FOND ET LES BALEINES MIGRENT

Les baleines profitent de la fonte des glaces arctiques pour étendre leur territoire : rorqual et orque vers le nord, béluga et baleine boréale vers le sud. Leurs chants sont enregistrés plus souvent dans le détroit de Béring. **L.G.**

LE PALUDISME ATTEINT DES SOMMETS

Depuis 1990, sur les hauts plateaux colombiens et éthiopiens, l'altitude à laquelle le paludisme frappe a augmenté, en raison du réchauffement, jusqu'à 2 400 m. **S.F.**

▽ Il y a 130 millions d'années, la Terre a failli s'ouvrir le long du rift africain.



GÉOLOGIE

Un océan aurait pu s'ouvrir à la place du Sahara

La dislocation du supercontinent Gondwana aurait pu conduire, il y a 130 millions d'années, à ce que la partie ouest de l'Afrique se soude à l'Amérique latine. Ce qui aurait ouvert un océan à la place de l'actuel Sahara. C'est ce que montrent les modélisations numériques des géologues Christian Heine de l'université de Sydney (Australie) et Sascha Brune du Centre de recherche pour les géosciences de Potsdam (Allemagne). En effet, une ligne de rupture de la croûte terrestre, un rift, de direction nord-sud, s'étendait alors à l'ouest de l'Afrique. Le Gondwana aurait donc pu se déchirer le long de cette ligne. Mais c'était sans compter avec un autre rift, de direction est-ouest celui-ci, le long de l'actuelle côte équatoriale africaine. Les deux rifts croisés ont coexisté pendant vingt millions d'années, jusqu'à ce que l'ouverture du rift est-ouest s'accélére, fasse pivoter les plaques continentales et stoppe la formation d'un "océan saharien". Pour les chercheurs, c'est l'angle entre la direction des rifts et celle de la force tectonique qui a déterminé le vainqueur. Plus cet angle était faible, plus la force nécessaire pour ouvrir le rift était faible. Or, après le pivotement, il était seulement de 60° pour le rift équatorial, contre 90° pour le rift saharien. **P.L.**

SUPERSTOCK/SIPA - W. BOLLMAN/GETTY IMAGES - C. HEINE & S. BRUNE



ÉCOLOGIE

UN BARRAGE S'EST ADAPTÉ AVEC SUCCÈS AUX SAUMONS

Produire de l'électricité tout en préservant les populations de saumons sauvages : c'est le pari réussi d'un barrage hydroélectrique situé sur le fleuve Columbia, dans l'Etat de Washington. Mieux : en trente ans d'exploitation respectueuse de ses cycles reproductifs, le barrage de Priest Rapids a contribué à renouveler les populations de saumons quinnats, le plus grand saumon américain, qui remon-

tent la rivière chaque année. *"Nous avons mesuré une hausse de 300 % de la productivité du poisson entre 1975 et 2009, jusqu'à 80 km en aval du barrage"*, affirme Ryan Harnish, écologue au Department of Energy à Richland. Ce succès reproductif est la preuve de l'efficacité des mesures de protection mises en place, après des assèchements répétés de ce tronçon de la rivière dans les années 1970.

Depuis 1988, les opérateurs du barrage sont tenus de préserver un niveau d'eau minimal dans les mois de développement des œufs et des alevins. Ils doivent aussi limiter les fluctuations du niveau de l'eau en période de frai pour éviter que les femelles pondent dans des zones asséchées l'hiver, et depuis 2004, pendant la croissance des juvéniles, qui risquent de s'échouer sur la grève du fleuve. **F.G.**

^ En respectant le cycle reproductif du saumon, le barrage de Priest Rapids a permis son expansion.

CLIMATOLOGIE

L'air pur a son étalon de référence

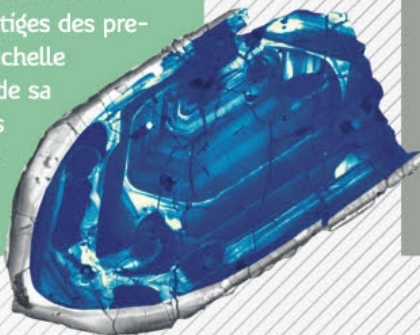
Des chercheurs américains ont élaboré une méthode pour fabriquer rapidement, en laboratoire, un mélange gazeux reproduisant fidèlement la composition de l'atmosphère, respectant la proportion des isotopes du CO₂. Cet air de synthèse constitue ainsi un étalon de référence qui permet de mesurer avec précision les variations des gaz à effet de serre, comme le CO₂ et le méthane, et de comparer les mesures d'un point à l'autre du globe ou à travers les décennies. Les stations de surveillance atmosphérique pourront aussi l'utiliser pour calibrer leurs instruments, à la place des bouteilles d'air prélevé au niveau des stations météorologiques. **C.L.**

GÉOCHIMIE

Le plus vieux fragment de terre date de 4,4 milliards d'années

Le plus vieux matériau terrestre connu à ce jour est un zircon âgé de 4,4 milliards d'années. Extraît d'une roche du massif australien de Jack Hills, ce minéral de 0,4 mm est l'un des rares vestiges des premières roches de la croûte terrestre. En l'étudiant à l'échelle atomique, l'Américain John Valley a confirmé la date de sa cristallisation. Il aura donc fallu moins de 100 millions d'années pour que les premières roches granitiques se solidifient sur une Terre transformée en océan magmatique par l'impact géant qui a formé la Lune. **V.E.**

✓ Ce zircon de 0,4 mm est un vestige des premières roches de la croûte terrestre.



HOMME (*paniqué*)

– Allô... oui... nous sommes à Barcelone, on m'a volé ma carte! Et nous avons vraiment besoin d'argent maintenant! Je ne sais pas qui peut m'aider?

CONSEILLER (*décontracté*)

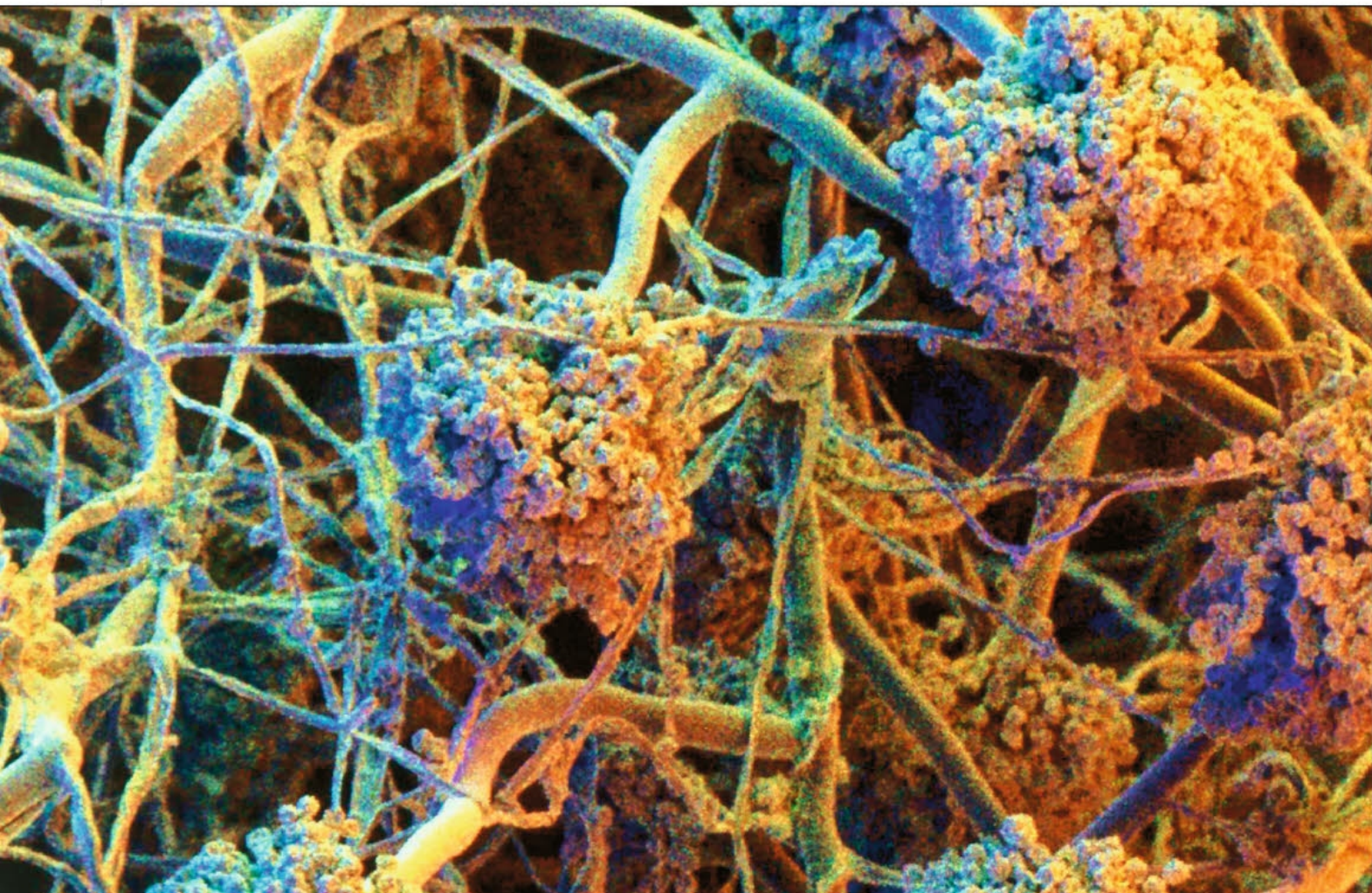


Visa Premier : une **carte de remplacement sous 48h** et/ou une **mise à disposition d'espèces en cas de perte ou de vol** à l'étranger.

30 autres services Visa Premier à découvrir sur visa.fr

C'est tellement mieux avec Visa





PHARMACOLOGIE

UN CHAMPIGNON PATHOGÈNE CACHE UNE VERTU MEDICINALE

Contre toute attente, *Aspergillus fumigatus*, un champignon redouté pour les affections respiratoires qu'il provoque, s'avérerait très utile à la recherche médicale contre des maladies inflammatoires telles que la goutte, la polyarthrite rhumatoïde ou la colite. En effet, l'inhalation des spores, présentes dans l'air, provoque un affaiblissement de la réaction inflammatoire, ce qui facilite l'infection. C'est une molécule

présente à la surface des spores, le galactosaminogalactane (GAG) qui bloque la cascade de réactions normalement chargée d'éliminer le champignon. Cette ruse du pathogène pourrait être détournée au profit de la médecine: en limitant la réaction anti-inflammatoire excessive dans certaines maladies. L'équipe de Jean-Paul Latgé (Institut Pasteur), aidée de collègues italiens et néerlandais, a montré que, chez la souris, le GAG

diminue bien l'inflammation du côlon. Reste que cette molécule très complexe et très grosse, composée de plusieurs milliers de sucres sans ordre particulier, ne pourra pas être utilisée telle quelle. "Nous allons essayer de trouver la plus petite molécule dérivée du GAG dotée de cette activité anti-inflammatoire, explique le chercheur. Puis, nous déterminerons s'il doit être administré par voie intraveineuse ou orale." V.E.

DU VINAIGRE CONTRE LA TUBERCULOSE

Une solution d'acide acétique à 6 % pendant 30 minutes élimine les bactéries résistantes de la tuberculose. L'acide acétique pourrait ainsi être un désinfectant bon marché. V.E.

LE MANQUE DE SOMMEIL TUE DES NEURONES

Le manque chronique de sommeil détruit des neurones liés à la vigilance, selon l'expérience menée sur des souris à l'université de Pennsylvanie. Inquiétant : même si les animaux dorment bien par la suite, la perte est irréversible. C.T.

PROTECTION TROIS-EN-UN

Un anneau vaginal en phase de test diffuse une hormone contraceptive et du ténofovir, un anti-rétroviral pour prévenir l'infection par le VIH. Or, l'efficacité de cette molécule contre le virus de l'herpès a été prouvée. Une protection trois-en-un qui reste à confirmer. C.T.

^ *Aspergillus fumigatus* possède une molécule aux propriétés anti-inflammatoires prometteuses.

D. SCHARF/SPL/COSMOS - I. HANNING/REA - HEMIS.FR

PHYSIOLOGIE

Le mécanisme du vieillissement musculaire vient d'être élucidé

Plus l'on vieillit, plus la masse musculaire diminue. Des chercheurs de l'université du Colorado ont découvert que les coupables de cette fonte inéluctable, qui commence vers 40 ans chez les hommes, sont les cellules satellites, des cellules souches qui participent à la régénération des fibres musculaires en cas de blessure. Chez des souris âgées, ces cellules cessent progressivement de fonctionner. Les biologistes ont toutefois réussi à leur faire reprendre du service grâce à un composé chimique. Prélevées chez des souris vieillissantes, traitées, puis transplantées chez des souris aux muscles abîmés, ces cellules souches "rajeunies" ont facilité leur guérison. Il sera peut-être un jour possible de préserver de cette façon la force physique de personnes accidentées ou âgées, d'améliorer ainsi leur qualité de vie et de leur garantir une plus grande autonomie. E.M.

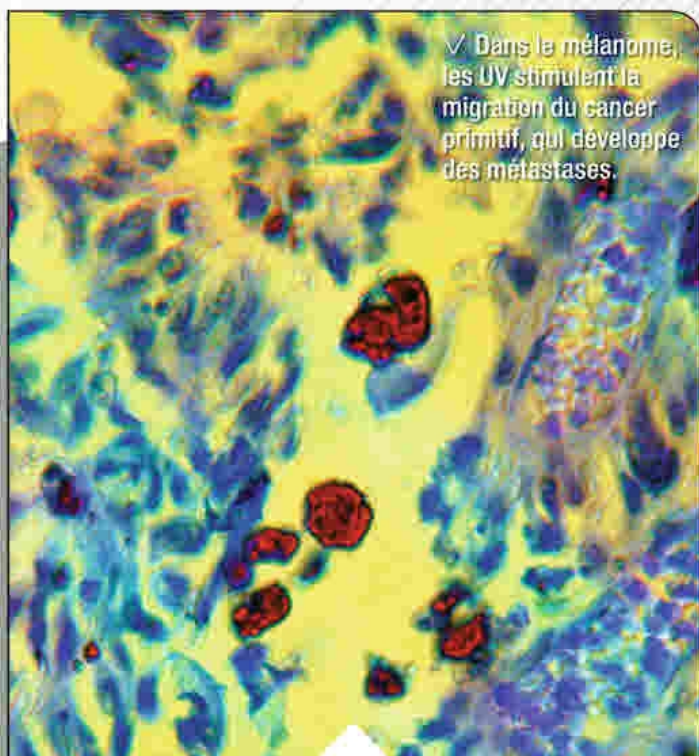


^ Cette découverte pourrait permettre de régénérer le muscle abîmé.

ALLERGOLOGIE

Le rhume des foins trouve un remède très simple

Un filtre placé à l'intérieur des narines atténue les symptômes de la rhinite allergique. C'est le résultat d'une petite étude en double aveugle sur 21 personnes allergiques à un pollen de graminée. Les patients portant cette minuscule éponge ont recensé moins d'éternuements, de démangeaisons et d'écoulements nasaux que ceux équipés du même dispositif sans filtre. Son utilisation a aussi diminué de 75 % les irritations de la gorge, ce qui prouverait que le port du filtre ne pousse pas à respirer davantage par la bouche. "Nous avons montré que les testeurs tendaient à oublier sa présence", explique le concepteur Peter Kenney (université d'Aarhus, Danemark). Reste à confirmer ces résultats en conditions réelles : cet été, 1 500 volontaires testeront le filtre au quotidien. V.E.



Non, l'heure exacte de la mort ne se lit pas dans le sang

Plus fort que les lignes de la main ! Une prise de sang indiquerait la date de sa propre mort. Un coup d'œil sur les résultats obtenus par des chercheurs estoniens et finlandais pourrait le laisser croire : l'analyse des concentrations de 106 molécules du sang chez 9842 Estoniens âgés de 18 à 103 ans a été corrélée avec les dates de décès survenus pendant cinq ans. Une combinaison de quatre molécules a été associée au risque de décès : l'albumine (produite par le foie), l'orosomucoïde (marqueur d'inflammation), des lipoprotéines (transporteurs de lipides) et du citrate (lié au métabolisme énergétique). Résultat : les 20 % d'individus présentant les concentrations les plus élevées ont 15 % de risque de mourir dans les cinq ans, contre 1 % lorsque les scores sont les plus faibles. Stressant ? A coup sûr. Utilisable ? Pas du tout ! Car cette probabilité inclut toutes les causes de morts possibles (cancers, infections...) et sans rien savoir des facteurs de risque. Même avec un score élevé, il y a trop de variables possibles. De plus, le score ne donne aucun indice sur la façon de prévenir le risque. Alors, oui, il est possible d'évaluer un risque de décès de 1 à 15 % dans les 5 ans, mais pas de prévoir la date avec précision, et encore moins la cause. **A.R.**

CANCÉROLOGIE

LE SOLEIL FACILITE L'APPARITION DES MÉTASTASES

L'exposition intense au soleil favorise non seulement l'émergence du cancer de la peau (mélanome) mais aussi son aggravation : une équipe internationale vient de montrer que les rayons ultraviolets (UV) stimulent la migration des cellules cancéreuses à la base de l'apparition des métastases. Chez la souris, les chercheurs ont pu élucider le mécanisme moléculaire de ce phénomène. Il semble que les UV induisent une réaction inflammatoire dans les tissus voisins du mélanome ; celle-ci stimule la migration des cellules cancéreuses le long des vaisseaux sanguins. Le

réseau sanguin forme alors une sorte de route balisant le chemin des cellules cancéreuses jusqu'aux autres organes. Les scientifiques parlent d'un phénomène d'angiogenèse. Ces résultats suggèrent qu'un traitement anti-inflammatoire du mélanome pourrait limiter le risque de développer des cancers "secondaires", très agressifs. Et confirme surtout que l'exposition au soleil doit se faire avec modération... et sous haute protection. En France, parmi tous les cancers, le mélanome est celui qui connaît la plus forte augmentation des cas. **K.B.**



C'est
INCROYABLE
ce que
PEUVENT
FAIRE
des
VOLCANS
ÉTEINTS
et des
HOMMES
ACTIFS.

NTC 2013 Rhodanée-Danone 797 (01) 610

L'eau de Volvic prend sa source dans le Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne, au cœur d'un écosystème qui s'étend sur 3800 hectares de forêts et de landes. 100% naturelle, elle puise sa minéralité et son goût unique des roches volcaniques de plus de 6000 ans. Pour préserver la qualité de son eau, Volvic agit pour maintenir la biodiversité de l'écosystème autour de la source et protéger la zone d'infiltration.

Avec les acteurs locaux, via l'association CEPV (Comité Environnement pour la Protection de l'Impluvium de l'eau de Volvic), nous contribuons à la préservation des espaces naturels et participons au projet Life SEMEAU de l'Union Européenne consistant à définir la meilleure gestion forestière pour assurer les ressources en eau de demain. Venez découvrir Volvic et ceux qui la protègent sur volvic.fr et en nous rendant visite directement à la source.

LES EAUX MINÉRALES NATURELLES DANONE : CRÉÉES PAR LA NATURE, PROTÉGÉES PAR L'HOMME.



✓ La disposition particulière des feuilles de cette pyramide rend indétectable par des ondes sonores tout objet placé dessous.

MÉTAMATÉRIAUX

UN PLASTIQUE DONNE FORME À LA CAPE D'INVISIBILITÉ

Cette pyramide étrange, que les chercheurs de l'université Duke (Etats-Unis) ont mis un an et demi à développer, est une "cape d'invisibilité acoustique".

Posée à plat, sur une table par exemple, cette pyramide ne va pas, comme un objet normal, réfléchir dans toutes les directions les ondes sonores qui lui sont envoyées. Au contraire, les ondes incidentes vont se comporter comme si elle n'existait pas, et se réfléchir comme s'il n'y avait qu'une surface plane: la table.

Mieux: la pyramide peut abriter un objet, le rendant à son tour invisible aux

ondes sonores (en dessous de 10 kHz).

Cette prouesse a été rendue possible grâce aux travaux sur les métamatériaux de Steven Cummer et de ses collègues. "La pyramide est faite de fines couches de plastique entourées d'air. Ces couches sont à leur tour criblées de trou, et c'est leur placement très spécifique qui courbe les ondes sonores, créant l'illusion que l'objet n'est pas là", explique le chercheur.

Les applications les plus évidentes sont militaires, car cette pyramide pourrait permettre à un objet d'échapper aux sonars. **S.D.**

RÉPARER LES OS AVEC DU FIL DE SOIE

Des chercheurs américains proposent de traiter des fractures avec des vis ou des plaques fabriquées à partir de cocons de vers à soie ! Plus souples et moins agressives pour l'organisme, elles sont faciles à poser et se résorbent en limitant l'inflammation. **L.C.**

LE RECORD DE VITESSE A ÉTÉ BATTU

435,31 km/h: c'est la vitesse atteinte, aux Etats-Unis, par une voiture, la Hennessey Venom GT, équipée d'un moteur de 1 244 ch. Elle a dépassé de 4 km/h le précédent record et atteint 300 km/h en 13,6 s. **M.V.**

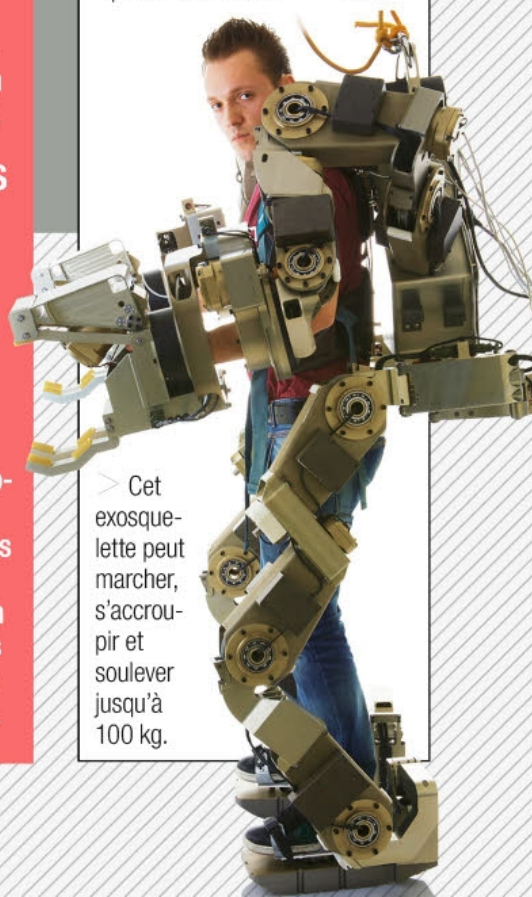
DES PIGMENTS HAUT EN COULEUR

Créer des pigments de couleurs vives sans colorants, non toxiques et durables ? Une équipe américano-coréenne l'a fait: des microcapsules de polymère se colorent quand on amplifie certaines longueurs d'onde de la lumière. **J.J.**

ROBOTIQUE

Un super-robot assistant a été mis au point

Un exosquelette capable de soulever de lourdes charges et de restituer les mouvements: c'est ce qu'ont mis sur pied des ingénieurs de l'Ecole supérieure Saint-Anne de Pise (Italie). Baptisé Body Extender ("prolongateur de corps"), il permet à son utilisateur d'avancer, reculer, monter et descendre des marches, s'accroupir, et surtout saisir avec chaque bras des objets pesant jusqu'à 50 kg. Une performance inédite rendue possible par l'association d'un moteur électrique, de vis à billes et de tendons métalliques. Ce robot d'assistance tout aluminium de 160 kg pourrait aider à débayer des zones sinistrées ou assembler des pièces industrielles. Reste à le rendre électriquement autonome. **G.S.**



> Cet exosquelette peut marcher, s'accroupir et soulever jusqu'à 100 kg.

Ici,
DES
HOMMES
veillent
SUR UN
PRÉCIEUX
de fines
GISEMENT
BULLES.

BETC RCS Thionville-Bons 797 080 850

L'eau de Badoit jaillit naturellement pétillante à Saint-Galmier, à une température constante de 16°C. Au fil d'un voyage dans le sol granitique, elle acquiert sa pétilliance, sa finesse et ses vertus minérales uniques. Afin de préserver à long terme les qualités exceptionnelles de cette eau minérale naturelle, les Hommes protègent l'écosystème de la source.

Aux côtés des acteurs locaux via l'association La Bulle Verte, ils mettent en place des actions qui portent sur l'aménagement du territoire et la sensibilisation à la préservation des espaces naturels et de la biodiversité. Venez découvrir Badoit et ceux qui la protègent sur badoit.fr et en nous rendant visite directement à la source.

LES EAUX MINÉRALES NATURELLES DANONE : CRÉÉES PAR LA NATURE, PROTÉGÉES PAR L'HOMME.

✓ Torsadées et soumises à des variations de température, les fibres de Nylon se contractent comme un muscle.

MATÉRIAU

DU FIL DE PÊCHE RÉSOUT LE DÉFI DES MUSCLES ARTIFICIELS

Fabriquer des muscles artificiels est l'une des grandes gageures de l'industrie et de la robotique. Le problème est que ceux qui ont été conçus jusqu'ici à partir de polymères à mémoire de forme ou de nanotubes de carbone sont souvent fragiles ou trop coûteux.

Des chercheurs de l'université du Texas, à Dallas (Etats-Unis), proposent donc une autre solution, plutôt surprenante : utiliser

du fil de pêche ou de couture. Ils ont conçu de cette manière un muscle artificiel à la fois bon marché et très résistant, puisque celui-ci est capable de soulever une masse 100 fois plus élevée qu'un muscle humain !

La méthode est relativement simple : il suffit de vriller les fibres de Nylon ou de polyéthylène sur elles-mêmes, puis de les enrouler pour former un ressort. Sous l'effet de la température, ce

muscle torsadé peut ainsi, comme un muscle humain, se contracter (quand on le chauffe), puis se détendre (quand on le refroidit).

Les chercheurs imaginent déjà des vêtements dont les fibres s'écarteraient pour laisser passer l'air quand il fait chaud, ou des volets qui se fermentaient tout seuls. Selon Ray Baughman, qui a mené les recherches, ces applications verront le jour "dans moins de 2 ans". **L.B.**

INFORMATIQUE

Les virus se propagent aussi en wi-fi

Pour la première fois, un virus s'est déplacé via le réseau wi-fi, lors de la simulation d'une attaque sur Belfast et Londres par des chercheurs de l'université de Liverpool.

Nommé Chameleon, ce virus s'est emparé des informations des utilisateurs wi-fi connectés à un point d'accès avant de se propager à un autre. Les points qui ont été attaqués étaient les plus vulnérables, c'est-à-dire ceux dépourvus de mot de passe, dans des cafés et des aéroports. Les antivirus classiques, qui ne se préoccupent pas de ce qui se passe sur le wi-fi, ne l'ont pas détecté. Cette expérience devrait permettre de prévoir de futures attaques. **S.F.**

AÉRONAUTIQUE

Le ciel compte un nouveau géant

Avec ses 92 m de longueur, le Airlander, conçu par l'anglais Hybrid Air Vehicles, est le plus grand dirigeable du monde. Pour gagner en légèreté, son ballon, rempli de 38 000 m³ d'hélium, a été conçu en fibres de carbone et sans structure métallique interne, mais doté d'ailes d'avion pour être plus manœuvrable. Propulsé par 4 moteurs diesel à hélices, ce prototype hybride peut voler à 160 km/h pendant trois semaines avec 1 t de matériel à bord, et se poser n'importe où, même sur la mer. Il pourrait effectuer ses premières missions humanitaires ou de surveillance dès 2016. **L.B.**

✓ Le plus grand dirigeable du monde mesure 92 m et peut voler trois semaines sans escale à 160 km/h.





Demain, nous serons toujours le carburant
de la voiture d'Arthur.

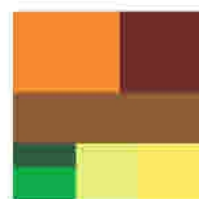
Chaque année, 25 millions de conducteurs français roulent avec notre biocarburant Diester® issu
des huiles végétales.

NOUS
225 000
AGRICULTEURS
ÉLEVEURS ET
INDUSTRIELS

Développons des
produits quotidiens
basés sur les
bienfaits des huiles
végétales

Respectons
l'équilibre et l'harmonie
de la nature.

Contribuons à l'essor
économique et
l'emploi en France.



Terres
OléoPro

La filière française des huiles et protéines végétales

www.terresoleopro.com

L'ÉNERGIE EST NOTRE AVENIR. ÉCONOMISONS-LA !



Débat autour du cas Vincent Lambert

Pourquoi évaluer l'état de conscience minimale est si difficile

Le rappel des faits

En septembre 2008, Vincent Lambert, 38 ans, est victime d'un accident de la route. Il est maintenu en vie, dans un état de "conscience minimale".

En avril 2013, un protocole de fin de vie est engagé par le CHU de Reims en accord avec la femme de Vincent Lambert. Mais ses parents saisissent la justice, qui ordonne l'arrêt du protocole. Débute alors une longue bataille judiciaire.

Le 6 février 2014, le Conseil d'Etat renvoie l'affaire à une formation collégiale de 3 experts.

Mi-juin 2014: décision finale du Conseil d'Etat.

Au-delà du débat éthique, et du combat juridique, le cas de Vincent Lambert fait de l'expertise scientifique un élément crucial. De fait, les personnes plongées dans un état de "conscience minimale", que ce soit à la suite d'un arrêt cardiaque, d'une infection ou d'un accident, sont un défi pour les neurosciences.

Il faut en effet savoir que les sociétés internationales de neurosciences ont longtemps établi qu'il n'existait que trois états d'"altération de la conscience" – à ne pas confondre avec les cas de *locked-in syndrome* (syndrome d'enfermement), où le patient est totalement paralysé, mais conscient.

Premier état: le niveau d'altération ultime, qui correspond à la mort cérébrale, autrement dit l'arrêt complet et définitif de toute activité du cerveau.

Deuxième état: le coma, qui peut durer entre une heure et quelques semaines, période au cours de laquelle le patient n'est pas éveillé, ne présente pas de cycle veille-sommeil et n'est pas conscient de son environnement.

Enfin, dernier état: l'état végétatif, dans lequel le patient montre des signes d'éveil (il a les yeux ouverts et effectue des mouvements réflexes, comme tousser, pleurer, bouger la tête et les membres; il s'endort et se réveille seul), mais n'a pas conscience du monde qui l'entoure et ne répond à aucune commande verbale.

En 2002, un quatrième état d'altération a officiellement été défini: l'état de "conscience minimale". En effet, à la suite d'exams réalisés aux Etats-Unis, des chercheurs en neurosciences se sont aper-

çus que certains patients diagnostiqués comme étant dans un état végétatif montraient en réalité des signes diffus et temporaires de conscience. Ils pouvaient parfois répondre à quelques commandes vocales, puis arrêter; pleurer ou sourire en réaction à une situation; suivre leur reflet dans un miroir...

Et c'est justement dans cet état qu'est plongé Vincent Lambert.

JUSQU'À 41 % D'ERREURS DE DIAGNOSTIC

Une fois ce cadre posé, il faut bien voir que ces différents états de conscience altérée peuvent évoluer: un sujet dans le coma peut très bien passer à un état végétatif, puis de conscience minimale, avant de retomber dans le coma.

Du moins pendant un temps. Pour les personnes



IRM, scanner, EEG...

Ces techniques renseignent les médecins sur l'état du patient et sur la possible évolution de son niveau de conscience.

Le patient

Il peut être plongé dans 4 états de conscience altérée : mort cérébrale, coma, état végétatif, état de conscience minimale.

L'équipe médicale

Elle s'appuie, pour évaluer l'état de conscience du patient, sur des tests standardisés mesurant ses fonctions visuelles, auditives...

dont le cerveau a été victime d'un manque d'oxygène, après un arrêt cardiaque par exemple, les médecins estiment que leur état n'évoluera plus au-delà de trois à six mois d'hospitalisation. Sauf cas très exceptionnels, souvent liés à un mauvais diagnostic. Idem pour les victimes de traumatismes (accidents de la route...), pour lesquelles cette période d'incertitude dure

un peu plus longtemps, de une à deux années.

Les patients en état de conscience altérée représentent donc un double défi : d'une part, il faut réussir à évaluer leur véritable degré de conscience (c'est-à-dire poser le bon diagnostic) et, d'autre part, tenter de prédire leur évolution dans les mois ou les années qui suivent l'hospitalisation – faire un pronostic.

"C'est à la frontière entre l'état végétatif et la conscience minimale que se situe la zone grise, souligne Steven Laureys, directeur du Coma Science Group à l'université de Liège, l'un de ceux qui ont contribué à définir le quatrième état de conscience altérée. Dans une étude menée au CHU de Liège en 2006, nous

avons mesuré environ 41 % d'erreurs de diagnostic

pour des patients considérés dans un état végétatif alors qu'ils étaient en réalité dans un état de conscience minimale."

Concrètement, pour évaluer l'état et l'évolution d'un patient, les médecins disposent d'échelles internationales standardisées,

→ comme l'échelle de Glasgow (GCS, 1974) ou la Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R, 2008). Elles permettent de quantifier les fonctions auditives, visuelles, motrices et verbales, la communication et l'éveil *via* une série de tests. Il s'agit par exemple d'observer et de noter les réactions du patient lorsqu'il est appelé par son prénom ou que son reflet lui est présenté dans un miroir.

Essentielles pour juger rapidement de l'état d'une personne en situation d'urgence, ces échelles sont le meilleur outil pour juger de l'état d'un patient en observant ses réactions; cependant elles ne sont pas toujours suffisamment précises lorsque le patient ne communique pas ou plus.

Pour affiner leur diagnostic et mieux prédire les chances de récupération du patient, les médecins ont donc recours à d'autres examens d'évaluation, plus lourds et plus onéreux. Depuis les années 1990, l'imagerie par résonance

magnétique (IRM) cartographie les lésions du cerveau, tandis que la tomographie par émission de positons (PET scan) examine l'activité métabolique en mesurant la consommation de glucose par le cerveau.

DE NOUVEAUX OUTILS

D'autres procédés IRM, utilisés plus rarement, comme la spectroscopie cérébrale et l'imagerie du tenseur de diffusion, analysent la viabilité des neurones et identifient les lésions des faisceaux de fibres blanches qui relient les cellules nerveuses entre elles. Lorsque les faisceaux reliant certaines zones bien précises du tronc cérébral au cerveau sont coupés, les troubles de la conscience seront prolongés.

Depuis 2006, le niveau de conscience peut aussi être déduit de l'activité cérébrale décelée en temps réel dans le test du "match de tennis", réalisé par IRM fonctionnelle. L'examen consiste à demander oralement au patient, installé dans la machine,



△ L'électroencéphalogramme permet de scruter l'activité du cerveau soumis à différents tests (voir ci-contre).

de s'imaginer en train de jouer au tennis, et de taper dans la balle avec la raquette pendant trente secondes environ. L'expérience est répétée plusieurs fois. Sur l'écran, les neuro-

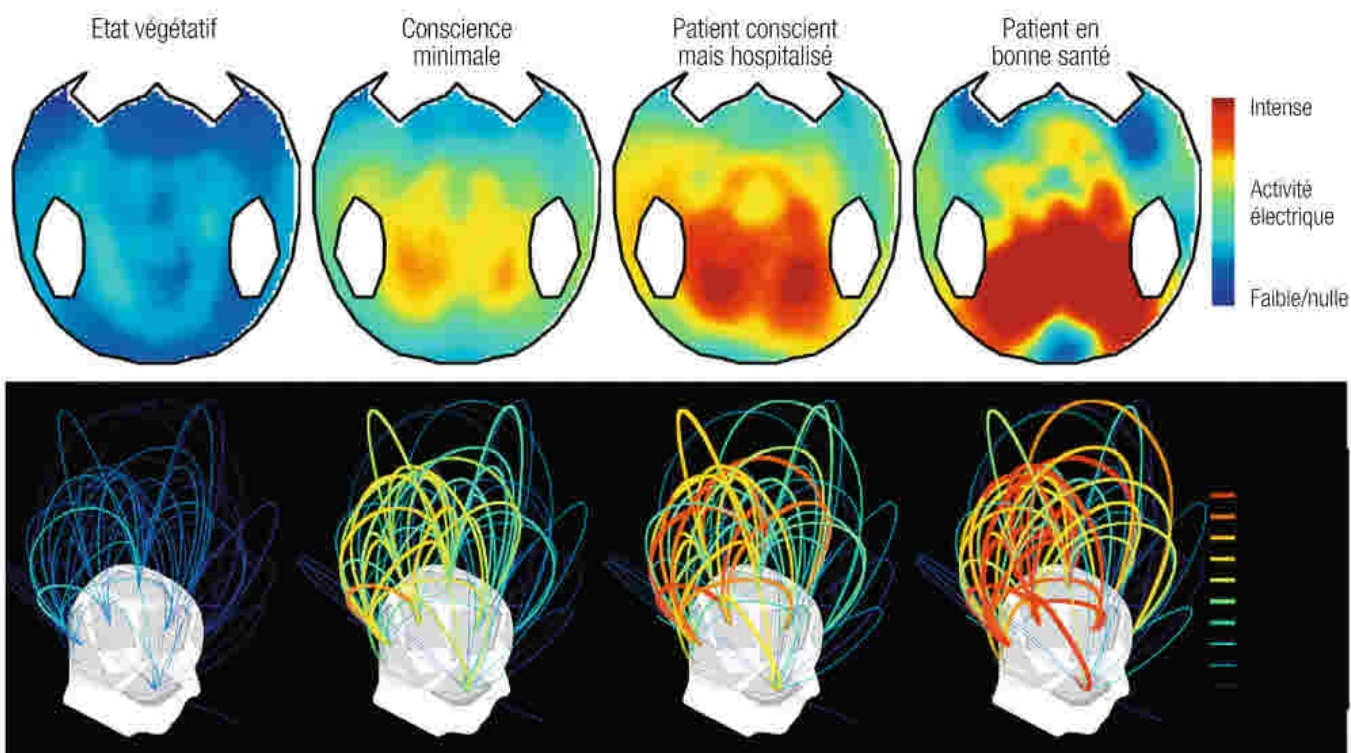
scientifiques vérifient que les aires motrices du patient s'activent. Si tel est le cas, ce dernier est vraisemblablement dans un état de conscience minimale.

Mais ce test a des limites. *"Si le patient ne montre pas d'activité, cela ne signifie pas forcément qu'il n'est pas conscient, explique Benjamin Rohaut, de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (Inserm, AP-HP). Il peut ne pas avoir répondu à ce moment précis de la journée, ou à cette commande précise. Et il faudra alors tenter d'autres examens."*

C'est pour cela qu'en parallèle, l'équipe de Lionel Naccache (Inserm, AP-HP) et Stanislas Dehaene (Inserm, CEA) développe de

Les patients en état de conscience altérée ressentent-ils la douleur ?

Quelles sensations éprouvent les patients dont le cerveau est endommagé au point d'altérer leur conscience ? En particulier, perçoivent-ils la douleur ? Oui, selon une étude menée en 2008 par Mélanie Boly, du Coma Science Group. A l'aide d'un PET scan, la chercheuse a mesuré l'activité cérébrale de patients plongés dans un état soit végétatif, soit de conscience minimale, et soumis à des stimuli perçus comme douloureux par des sujets sains (un laser dirigé un court instant sur la peau). Elle a comparé les résultats obtenus dans les différents groupes et constaté que seuls les patients en état de conscience minimale présentaient une activation du cerveau très similaire à celle des sujets sains... preuve qu'ils ressentent bien la douleur. La conséquence de cette expérience ne s'est pas fait attendre: même s'ils ne peuvent pas exprimer leur souffrance, ces patients reçoivent désormais des antidouleurs avant de se voir administrer certains soins douloureux.



nouvelles méthodes d'électroencéphalographie qui consistent à mesurer l'activité électrique du cerveau en réponse à une stimulation sonore (une série de bruits, identiques ou différents). Traités sur ordinateur par un algorithme mathématique, les résultats donnent une idée de la quantité d'informations échangées entre les différentes régions du cerveau sollicitées. Le degré de conscience du patient est déduit de ce niveau d'échange.

Leur conclusion : chez les personnes en état de conscience minimale, les aires cérébrales partagent plus d'informations que chez les patients plongés dans un état végétatif. L'avantage de ce test est qu'il peut être réalisé sans déplacer le patient. Et donc renouvelé assez régulièrement pour permettre de capter "l'éveil"



STEVEN LAUREYS
Directeur du Coma Science Group à l'université de Liège

C'est à la frontière entre l'état végétatif et la conscience minimale que se situe la zone grise

LE DEGRÉ DE CONSCIENCE SE VOIT ENFIN SUR ÉCRAN

En mesurant l'activité électrique du cerveau en réponse à des sons, les chercheurs distinguent état végétatif et conscience minimale. Pour cela, ils localisent les régions activées (en haut) et la quantité d'informations échangées entre ces régions (en bas).

de la conscience, souvent temporaire chez ces personnes – un exercice évidemment plus difficile avec de grosses machines telles que les IRM.

D'autre part, les chercheurs se sont aperçus que cet examen pourrait bien avoir une valeur prédictive chez les patients dont l'état est encore en cours d'évolution. Ainsi, lorsque les médecins diagnostiquent un état végétatif mais que le test sonore classe plutôt le patient en état de conscience minimale, les chances de voir son état s'améliorer par la suite semblent meilleures.

Autant d'outils qui sont aujourd'hui à la disposition des scientifiques pour

déterminer avec le plus de précision possible l'état de Vincent Lambert, et dont la justice tiendra compte pour rendre sa décision. **C.T.**

Aller plus loin

- Coma et états de conscience altérée, de C. Schnakers et S. Laureys (Springer).
- La présentation de L. Naccache sur les niveaux de conscience, http://www.academie-sciences.fr/activite/conf/interacad_050411_diapo4.pdf
- Le site du Coma Science Group, www.coma.ulg.ac.be/fr

Déjà à Athènes et à Turin ? La WDR explique dans son reportage que cette pratique ne date pas d'aujourd'hui en Russie. Les athlètes russes ont recours au xénon, un gaz rare, pour améliorer leurs performances. Les ministères russes ont toujours l'utilisation de xénon « pour améliorer les performances ».

au xénon. Beaucoup de sports seraient concernés, du football au biathlon en passant par le ski de fond.

Pour l'ancien président de l'AMA, le Canadien Richard Pound, l'inhalation de xénon « a été développée exclusivement pour l'amélioration de la performance. Pour améliorer la performance. Face aux caméras, il n'y a pas de dopage ». Face aux caméras, il n'y a pas de dopage.

des athlètes russes accusés

Après le triomphe des athlètes russes aux jeux Olympiques de Sotchi

A quel point le xénon est-il un produit dopant ?

Entre rumeurs et suspicions, le sport russe semble avoir mis la main sur un produit dopant aussi inédit qu'efficace : le xénon.

Inédit, car il ne s'agit pas d'une substance chimique mais d'un gaz noble, contenu à 0,000009 % dans l'atmosphère,

utilisé dans l'industrie automobile (les phares bleutés en contiennent) et en médecine (anesthésiant).

Mais voici que les sportifs peuvent en tirer une nouvelle vertu : il améliore leur endurance. Car inhaler du xénon fait croire à l'organisme qu'il est en manque d'oxygène, ce qui stimule la production naturelle d'érythropoïétine (EPO). L'EPO étant l'hormone qui régit l'érythropoïèse, soit la production des érythrocytes (globules rouges) par la moelle. En clair, le nombre de globules rouges augmente, apportant davantage d'oxygène aux muscles.

Un processus bien connu dans le sport à travers les stages en altitude ou l'utilisation de tentes à hypoxie (autorisées depuis 2006), qui reproduisent les mêmes conditions d'oxygénation de l'organisme.

Les injections directes d'EPO ou les transfusions sanguines (toutes interdites)



EPO : ce que dit l'Agence mondiale antidopage

Pour stimuler naturellement leur production d'EPO, les sportifs ont le droit de :

- faire des stages d'entraînement en altitude ;
- utiliser les tentes à hypoxie qui recréent les mêmes conditions d'oxygénation qu'en altitude.

En revanche, ils ne peuvent pas :

- s'injecter de l'EPO ;
- avoir recours à des transfusions sanguines.

Le rappel des faits

En 2004, lors des J.O. d'Athènes, les athlètes russes auraient pour la première fois utilisé du xénon selon la télévision allemande.

En 2010, un document de l'Institut de recherche du ministère russe de la Défense définit les conditions d'utilisation de ce gaz par les athlètes.

En février 2014, à Sotchi, où ils terminent en tête avec 33 médailles, les athlètes russes sont soupçonnés de "dopage au xénon".

aboutissent au même résultat, mais plus rapidement.

Où se situe le xénon, parmi ces procédés, en termes de gains de performance ?

Difficile de le savoir car aucune étude officielle n'a encore été menée sur l'homme. Une seule, sur les souris, donne quelques éléments de réponse : les taux d'EPO doublent 24 heures après l'inhalation pendant deux heures d'un mélange d'oxygène et de xénon.

UN GAIN PROBABLE DE 3 %

En l'absence d'autres données, les spéculations vont bon train. Mais selon Michel Audran, spécialiste du dopage sanguin qui a participé au dernier colloque sur le dopage organisé par le

Comité national olympique et sportif français en mars : "Comme les taux d'EPO détectés chez les souris sont bien supérieurs à ceux obtenus par hypoxie, le xénon est probablement une meilleure méthode que les tentes."

Or, les tentes à hypoxie permettraient d'améliorer les performances d'environ 3 %. De quoi gagner de précieux dixièmes de seconde, même si les méthodes les plus efficaces demeurent les injections d'EPO et les transfusions sanguines, qui augmentent les capacités physiques de 10 % et 15 %.

Reste qu'en matière de dopage, tout est question de dosage et de durée. Des microdoses d'EPO réparties sur six mois accroissent de 10 %



△ 23 février 2014: les Russes réalisent le triplé dans l'épreuve du 50 km ski de fond.

la masse totale d'hémoglobine, comme des doses plus élevées en quelques jours. Un subterfuge de plus en plus utilisé car l'EPO n'est détectable que le temps d'une journée.

"A long terme, même si ses effets sont moins spectaculaires, le xénon pourrait très bien être aussi efficace que des injections d'EPO", atteste Michel Audran.

Dans ces conditions, l'Agence mondiale antidopage et l'Agence française de lutte contre le dopage devraient très prochainement se pencher sur ce gaz et lancer de nouvelles études. Sachant que toute substance ayant pour effet d'augmenter la production d'EPO par l'organisme est a priori interdite... **L.G.**



221 ovnis aperçus en France en 2013

Pourquoi de plus en plus de Français déclarent en voir

Alors que le nombre de déclarations d'ovnis régressait depuis plusieurs années en France, voici que, d'un seul coup, il s'est remis à croître. Comment l'expliquer?

Il faut passer à la loupe les analyses du Geipan (Groupe d'études et d'informations sur les phénomènes aérospatiaux non identifiés), le seul organisme officiel en France dédié à cette tâche, qui dépend du Centre national d'études spatiales (Cnes). Sur les 221 déclarations recensées en 2013, 84 ont déjà été élucidées après quelques semaines d'enquête.

Verdict: plus de la moitié (45) s'explique par la présence dans le ciel de... lanternes célestes.

Ces objets lumineux et festifs, originaires d'Asie et apparus en France en 2007, connaissent un incroyable essor lors de cérémonies ou de mariages (Skylantern, le leader du marché, annonce à lui seul 700 000 ventes).

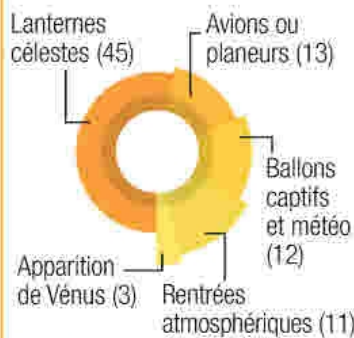
Or, lâchées par grappes, ces lanternes sont prises pour des ovnis car elles laissent apparaître une couleur jaune orangé en altitude.

Quant aux autres cas ayant prêté à confusion, il y a les rentrées atmosphériques liées à l'observation de météorites, les ballons et les avions. Et loin derrière, Vénus, qui aurait semé le doute

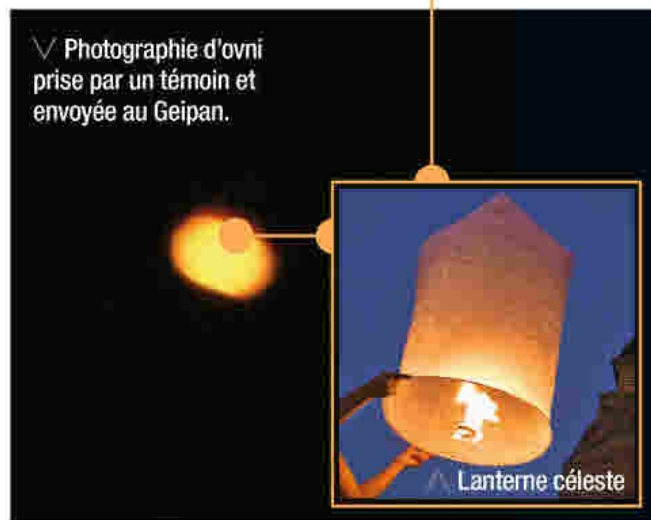
en apparaissant fin 2013.

Au final, seuls "2 ou 3 % des cas nous résistent... même après deux ans d'enquête", avoue Xavier Passot, responsable du Geipan. **M.V.**

84 cas d'ovnis déclarés en 2013 sont déjà élucidés



▽ Photographie d'ovni prise par un témoin et envoyée au Geipan.



Le rappel des faits

Janvier 2014: les derniers chiffres du Geipan, qui collecte les déclarations d'ovnis depuis 1977, montre qu'elles sont en hausse (221 en 2013, contre 199 en 2012 et 167 en 2011).



Disparition du Boeing 777 de Malaysia Airlines

Mais comment peut-on perdre la trace d'un avion de ligne ?

Dans le monde hyperconnecté de 2014, perdre la trace d'un gros-porteur embarquant des centaines de personnes paraît impensable.

Un Boeing 777 (voir photo) n'emporte rien de moins que deux transpondeurs, trois émetteurs radio VHF (de courte portée), deux radios HF (de longue portée), une liaison satellite... Sans compter les portables des passagers. *"Leur faible puissance d'émission (de l'ordre de 0,1 W) les rend incapables d'atteindre d'éventuelles stations-relais situées 10 km au-dessous",* précise toutefois Bruno Salgues, directeur d'études à l'institut Mines-Télécom.

Irréprochable, le transport aérien ? Il faut savoir que les avions de ligne ne bénéficient pas d'un suivi permanent en tout point du globe. Outre un éventuel acte de malveillance, cette traçabilité incomplète s'explique par des raisons à la fois techniques et financières...

Ainsi, la couverture radar de l'espace aérien mondial est extrêmement parcelaire : seules les routes les plus fréquentées sont équipées de ce dispositif très coûteux de gestion du trafic.

"Au-dessus de la France métropolitaine, la couverture radar est totale même si des montagnes font parfois obstacle, assure Fabrice Etard, du Centre en route de la navigation aérienne d'Athis-Mons. Et si un transpondeur tombe en panne ou est coupé, comme pour le vol de Malaysia Airlines, l'avion passe à l'orange sur nos écrans et nous faisons appel aux radars militaires." Qui, eux, sont capables de déceler l'écho d'une masse volante... mais sans l'identifier.

En revanche, d'après Olivier Giuge, contrôleur aérien, *"on ne trouve guère de radars civils dans les zones inhospitalières (Australie, Nord canadien, Amazonie...) et surtout les océans".*

Balise de détresse

Déclenchée par un crash, elle émet la position de l'épave vers les satellites. Et envoie un signal sur la fréquence de détresse (121,5 MHz) audible par les pilotes survolant la zone.

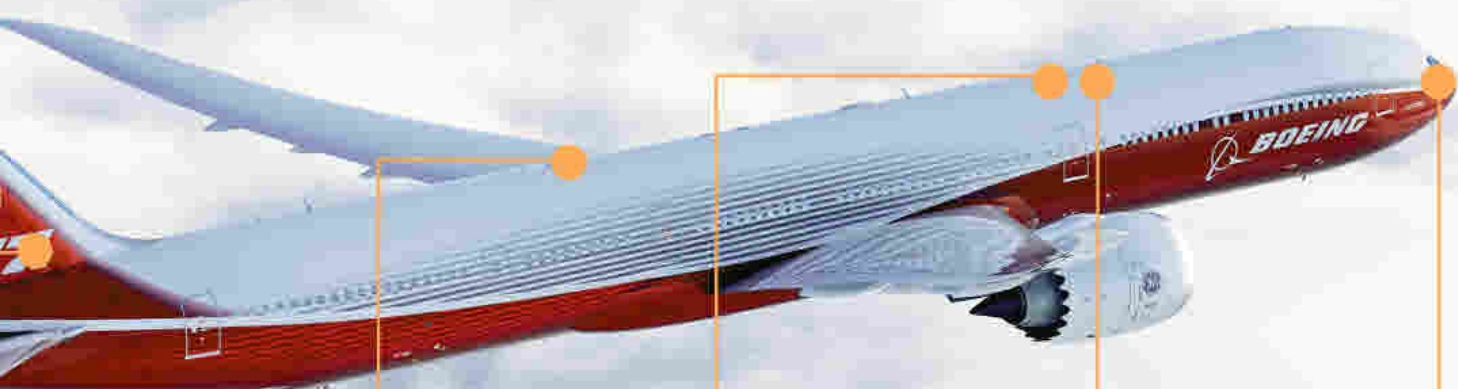
De fait, la portée des radars de trafic, tous installés à terre, se limite à 500 km.

Résultat : lors d'un banal vol Paris-New York, l'aéronef circule en zone "non-radar" pendant au moins trois heures sur un trajet de huit heures. *"Avec le contrôleur, nous devons entrer en contact tous les 10° de longitude [environ toutes les heures], pour signaler notre présence",* témoigne Antoine Godier, pilote de ligne chez Air France. Lors du vol MH370, le pilote n'a – sciemment ? – jamais répondu à ces sollicitations...

Entre ces points de report obligatoires, il règne en gé-

Le rappel des faits

Le 8 mars 2014, un Boeing 777 de Malaysia Airlines devant rallier Kuala Lumpur à Pékin disparaît des écrans radars 1 h 30 après son décollage. Il aura fallu attendre le 24 mars pour que la compagnie confirme la perte du vol MH370 et le décès de ses 239 occupants. A l'heure où nous écrivons ces lignes, aucun morceau de l'appareil n'a encore été formellement retrouvé.



5 technologies d'alerte se trouvent pourtant à bord

Système ACARS

Ce dispositif établit une liaison directe avec le siège de la compagnie. Via les liaisons radio ou par satellite, l'Acars envoie des rapports techniques sur le bon fonctionnement de l'appareil.

Émetteur radio

La radio permet aux pilotes de parler aux contrôleurs. Par liaison courte portée, VHF, en survol des zones habitées, et liaisons radio longue distance, HF, au-dessus de l'océan.

Diffuseur ADS-B

Deux fois par seconde, cet émetteur diffuse la position GPS de l'appareil à destination des avions qui se trouvent dans le même secteur et des quelques stations dédiées au sol.

Transpondeur

Cet appareil envoie un signal vers les antennes radars au sol, en précisant le code d'identification de l'appareil – MH370, dans le cas du vol du 8 mars 2014 – et l'altitude de vol.

néral un grand silence radio. Un silence qui peut s'éterniser dans le grand Nord quand les tempêtes géomagnétiques bloquent les ondes radio HF, tandis que les signaux des satellites géostationnaires n'atteignent pas ces hautes latitudes.

UNE HISTOIRE DE COÛT

D'ordinaire, ce silence radio ne signifie pas que l'avion est coupé du monde: le système Acars (voir photo) lui permet d'envoyer par radio ou satellite des informations techniques au sol, afin d'anticiper certaines opérations de maintenance à venir.

Or, en pratique, soulève Nicolas Larrieu, chercheur à l'Ecole nationale de l'aviation civile, *"ces échanges sont très sporadiques et limités vu le coût des communications satellites"*. Ce que confirme Jean-François Lacuisse, ingénieur motoriste (Snecma): *"De nombreuses compagnies font le choix d'envoyer seulement les paramètres moteurs, une fois au décollage et une fois en vol de croisière. Le but de ce dispositif n'est pas la sécurité des vols, mais bien la maintenance des appareils."*

En fait, ces rares signaux ne sont pas accessibles aux

contrôleurs aériens et ne contiennent d'ailleurs pas toujours la position GPS de l'avion – elle est en option.

C'est uniquement après un accident que les enquêteurs peuvent examiner ces maigres informations, en plus des messages tests envoyés chaque heure par le système Acars vers les satellites.

Depuis le crash du Rio-Paris, cet Airbus d'Air France disparu au-dessus de l'Atlantique le 1^{er} juin 2009, plusieurs projets de suivi complet des avions ont été étudiés. Selon Nicolas Larrieu, *"de nombreuses solutions sont technique-*

ment imaginables, comme utiliser les avions voisins pour transférer les données de proche en proche".

Sauf que personne ne semble prêt à assumer ce coût, à l'heure où la sécurité aérienne ne cesse de s'améliorer: selon Aviation safety network, le transport aérien n'a provoqué que 265 décès dans le monde en 2013; au cours de 29 accidents – dont seulement 4 pour les jets commerciaux – sur les 31 millions de vols annuels.

Bref, même si l'on perd leur trace de temps à autre, l'écrasante majorité des vols se déroule sans accroc. **V.N.**

... Jean-Pierre
... France, réseau qui mesure la
... de l'air.
... ir irrespirable et mesures inédi-
... es transports en commun en
... e-France seront gratuits dès au-
... hui, jusqu'à dimanche soir.
... ut est de pousser les Franci-
... qui utilisent habituellement
... oiture à prendre les trans-
... explique-t-on à la

... la pollution, les transports gratuits
... ENVIRONNEMENT. Lâchez votre voiture ! Alors que les pics de pollution s'enchaînent un peu partout
... les transports en commun sont gratuits dans des villes. Notamment dans la région parisienne.

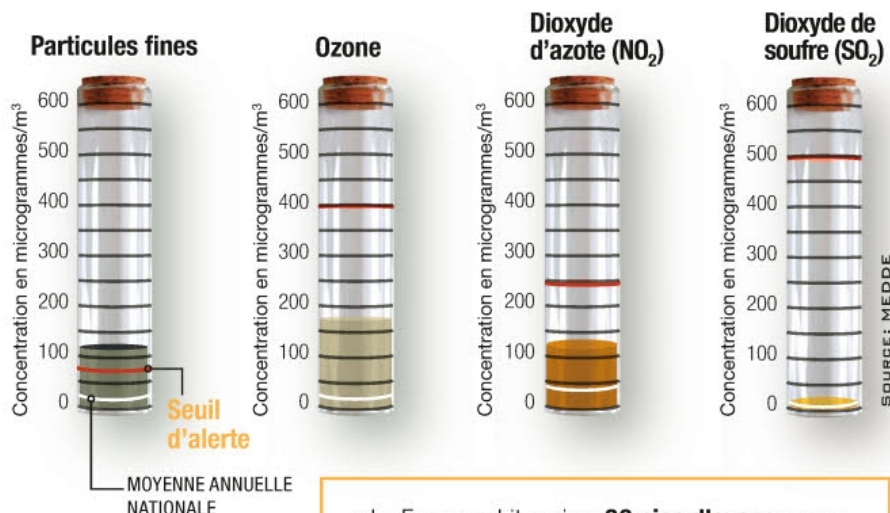
Alertes à la pollution dans l'Hexagone

Où en est exactement la qualité de l'air ?

Pages réalisées par V.N.

Pic de pollution : les particules fines en première ligne

(Relevés de la pollution en Ile-de-France, le 15 mars 2014)



Particules fines :

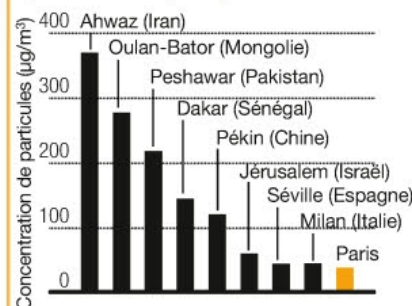
Mesurant moins de 10 µm et issues du chauffage, des gaz d'échappement, de l'industrie, elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire, d'où leur danger pour la santé.

- La France subit environ **30 pics d'ozone** par an. Au premier trimestre 2014, la région parisienne a vécu douze jours d'alerte aux particules fines.
- La France compte **3,5 millions d'asthmatiques**.
- La pollution aux particules fait perdre 5,8 mois d'**espérance de vie** à un Parisien, 7,5 mois à un Marseillais.

Le rappel des faits

Du 10 au 15 mars, 30 départements français ont franchi le seuil d'alerte à la pollution. Des mesures d'urgence ont été décrétées : réduction de la vitesse automobile, gratuité des transports publics, interdiction des feux de cheminée... A Paris, une journée de "circulation alternée" est même improvisée.

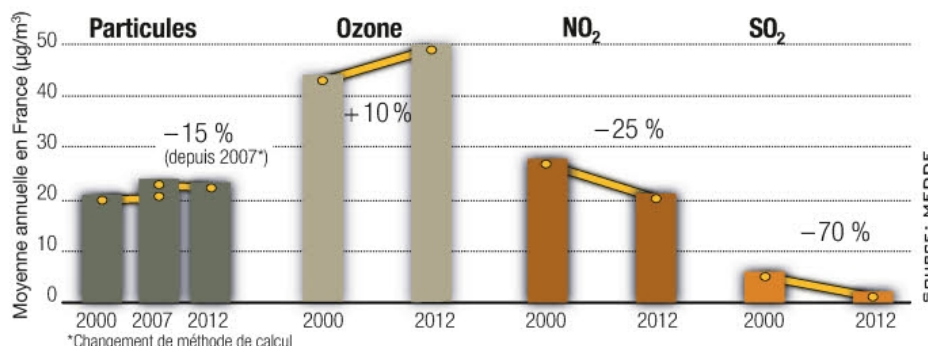
Paris est 10 fois moins contaminé que la ville la plus polluée du monde



21%

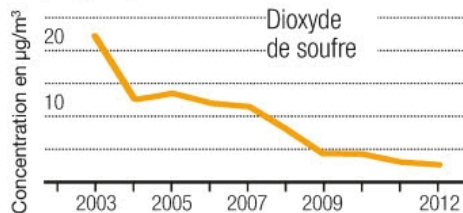
C'est l'excès d'oxydes d'azote dans l'air hexagonal au regard des critères européens fixés en 2010. La France ne respecte pas non plus les valeurs limites européennes pour les taux de particules.

La qualité de l'air s'est globalement améliorée depuis 2000



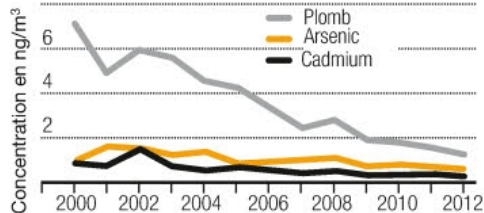
Là où on respire le moins bien... et là où la situation s'améliore

L'air du Havre est désormais épargné par les raffineries



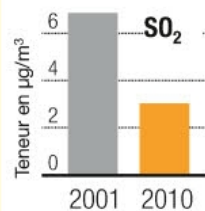
SOURCE: AIR NORMAND

Le Nord se débarrasse de ses métaux lourds

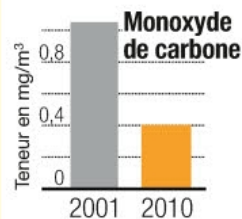
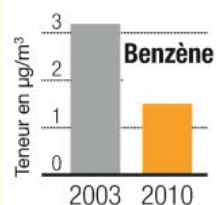
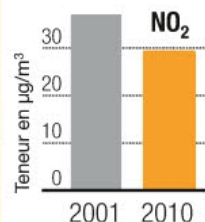


SOURCE: ATMO NORD-PAS DE CALAIS

Strasbourg aussi respire mieux



SOURCE: ASPA

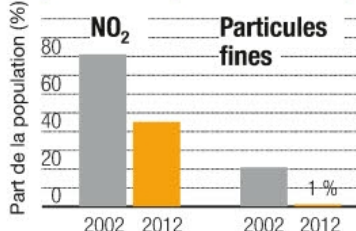


L'Auvergne subit moins les feux de cheminée



SOURCE: ATMO AUVERGNE

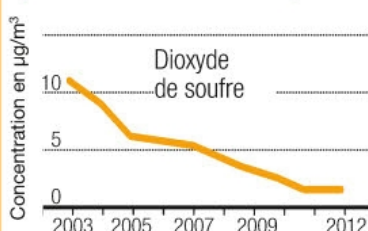
De moins en moins de Parisiens exposés à une pollution chronique



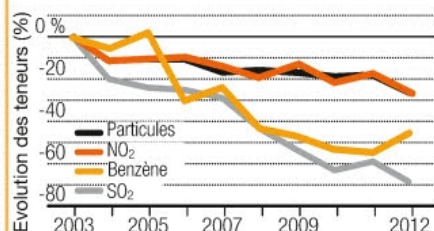
M. KONTE

SOURCE: AIR PARIS

Marseille ne souffre presque plus des fumées de son port

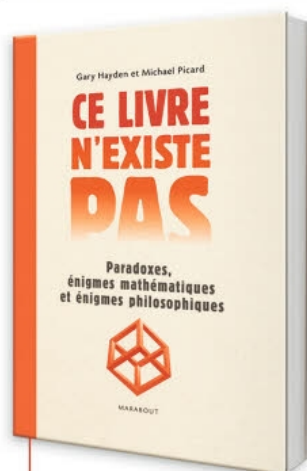


L'air des vallées alpines s'est nettement assaini



SOURCE: AIR RHÔNE-ALPES

SOURCE: AIR RHÔNE-ALPES



Bienvenue au pays étonnant des paradoxes !

Pour vous creuser la cervelle et remettre en question tout ce que vous pensez savoir, découvrez ce livre rempli d'énigmes mathématiques et philosophiques. De l'Antiquité grecque à Albert Einstein, faites un voyage palpitant du simple contre-intuitif au totalement absurde.

Ce livre n'existe pas - 12,90€

DIM. 14,5x22 CM. 160 PAGES. MARABOUT.

Offre introuvable ailleurs !

Exceptionnel !

Offrez-vous le coffret de 2 livres *Science & Vie* Témoin d'un siècle 1913-2013 en ÉDITION EXCLUSIVE NUMÉROTÉE avec la LITHOGRAPHIE originale de la couverture *Science & Vie* d'octobre 1932.

Offre collector exclusive Coffret Témoin d'un siècle

COFFRET DE 2 LIVRES : 2 LIVRES DE 500 PAGES COULEUR CHACUN. PLUS DE 3000 ILLUSTRATIONS, PHOTOGRAPHIES ET DOCUMENTS. DIM. 22,5x28,5 CM.

LITHOGRAPHIE : GRAND FORMAT : 62x86 CM. 11 COULEURS SUR PAPIER 170 G : CRÉATION MAEGHT ÉDITIONS.

Avec le soutien de l'école polytechnique et de sa Fondation

LE MEILLEUR DE SCIENCE & VIE



PAIEMENT 3x SANS FRAIS

Prix public: 129€
119€ seulement!

RÉDUCTION SPÉCIALE 10€

FRAIS D'ENVOI OFFERTS



Jean-Claude Massardo, Renaud Marot.

LE HIGH-TECH À PORTÉE DE MAIN

Dessiner en 3D, c'est déjà possible !

Comme les imprimantes 3D mais sans aucun bruit, le Stylo 3D vous permet de dessiner en 3 dimensions, de gauche à droite, de bas en haut, d'avant en arrière. Au lieu d'une encre traditionnelle, le stylo éjecte une substance filaire plastique, qui durcit très rapidement afin de sculpter de véritables objets.

En cadeau : 6 cartouches de couleur



Stylo 3D

Vidéo explicative sur notre site web!

99,90€ seulement!
LIVRAISON RAPIDE COLISSIMO OFFERTE

MARQUE : LESTYLO3D TEMPÉRATURE DE CHAUFFE 250°, DIM. : (L) 17 CM. x (I) 4 CM. Ø POINTE 0,7 MM. POIDS 160 G. COUPURE AUTOMATIQUE DE L'ALIMENTATION, 2 VITESSES, ADAPTATEUR SECTEUR INCLUS, NE CONVIENT PAS AUX ENFANTS DE MOINS DE 12 ANS. 6 CARTOUCHES DE COULEUR OFFERTES (30 G. CHACUNE).

Lot de 6 cartouches - 45,90€

POIDS 100 G. CHACUNE. COULEURS : NOIR, BLANC, BLEU, ROUGE, VERT, JAUNE.



49,90€ seulement!

FRAIS D'ENVOI OFFERTS

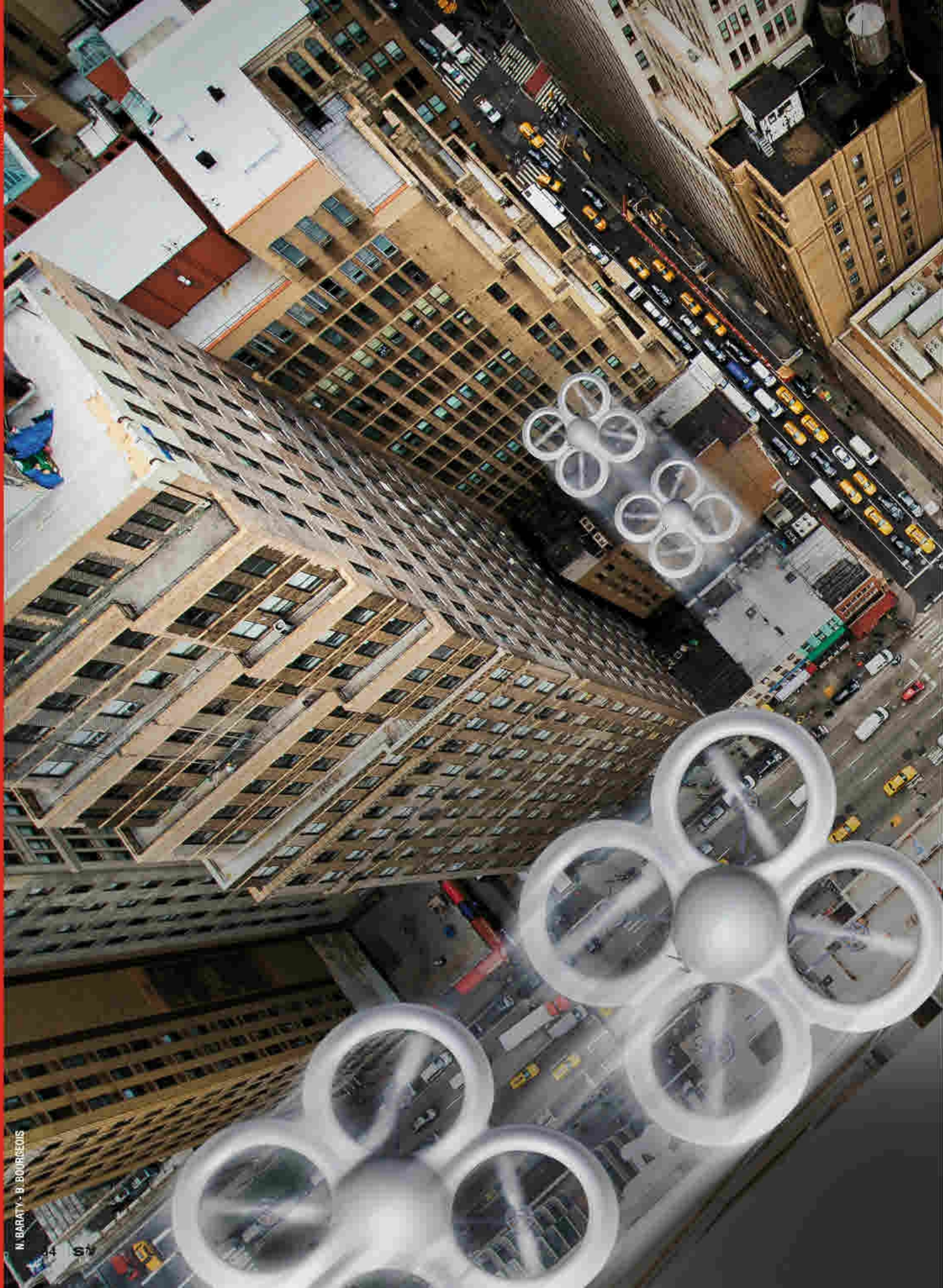
Garantie 10 ans


L'authentique MagLite® technologie LED 3^e génération

Réputée pour sa fiabilité, sa robustesse et sa puissance d'éclairage, la mini Mag-Lite est l'accessoire indispensable à avoir chez vous ou dans votre voiture. Avec ses 2 LED, elle éclaire beaucoup plus qu'une ampoule classique, en consommant moins de pile.

Lampe MAGLITE® mini 2AA LED

L 16,8 CM. Ø TÊTE : 2,5 CM. Ø CORPS : 1,8 CM. 245 LUMENS JUSQU'À 150 M. FAISCEAU RÉGLABLE. INTERRUPTEUR 2 MODES « HAUTE » ET « BASSE » PUISSANCE.





LA RÉVOLUTION DRONES

Les militaires ne peuvent plus s'en passer. Mais c'est dans la vie civile que les drones sont en train de prendre le pouvoir. Technologies, coûts, usages... ce nouveau type d'engins volants séduit de plus en plus les particuliers comme les professionnels. Et ce n'est qu'un début ! Au rythme où il s'en vend, le ciel sera bientôt envahi de drones. Sauf que rien n'est prêt pour les accueillir...

Combien sont-ils ? Un million ? Deux millions ? Dix ? Nul ne le sait ! Pourtant les drones sont là. Les plus simples se vendent déjà par centaines de milliers. Une très large part échappe aux regards. Professionnels et amateurs, qui trouvent dans le commerce les technologies nécessaires, en assemblent une invisible armada, à l'abri des hangars, des garages, des jardins.

Tels les premiers possesseurs de téléphone portable, ces pionniers inspirent, pour l'heure, la curiosité, voire des sourires amusés. C'était le cas lorsqu'apparurent les tout premiers

téléphones mobiles... On sait ce qu'il en est aujourd'hui. Les révolutions technologiques laissent, d'abord, incrédules ; avant de gagner leur pari et modifier en profondeur les sociétés. Or, les drones, loin d'être de simples gadgets, sont en train de diffuser massivement, initiant un mouvement de fond qui va crescendo. Les robots sont en train d'envahir le ciel.

Car partout dans le monde, des machines volantes décollent et analysent altitude, vitesse, orientation, vitesse du vent... alliant la mécanique délicate d'un aéro- ➔

PAR PIERRE-YVES BOCQUET,
AVEC LISE GOUGIS

Les 5 atouts technologiques des drones

Capteurs de pointe

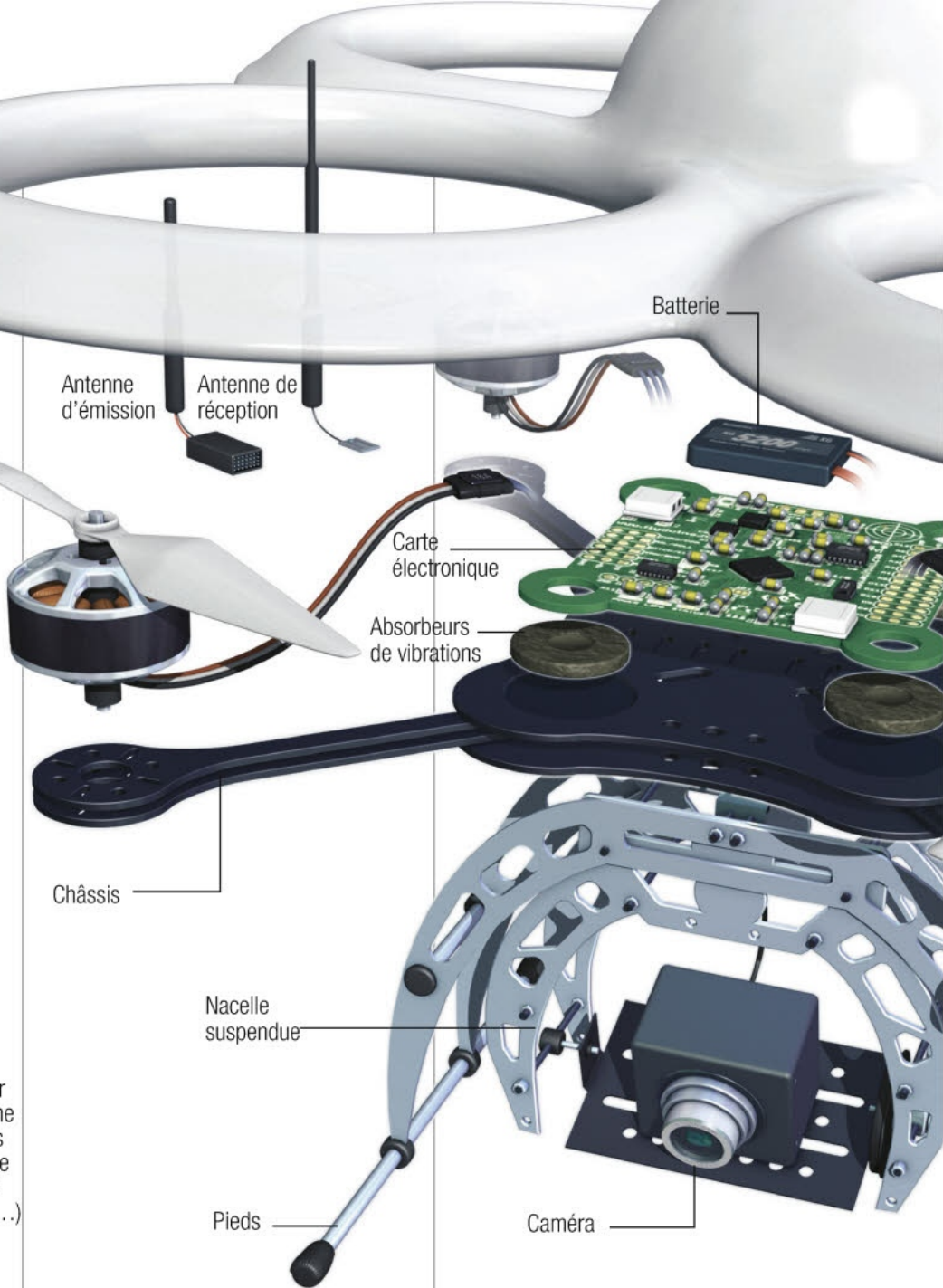
Grâce aux progrès dans la miniaturisation des composants électroniques et à la maturité de la microélectromécanique (MEM), la carte mère accueille sur quelques dizaines de centimètres carrés tous les éléments nécessaires au vol : altimètre barométrique, accéléromètre, boussole 3 axes, système de gestion des rotors...

Pilotage automatisé

Les drones utilisent deux canaux de radiofréquences : l'un pour le pilotage de l'appareil (2,4 GHz), l'autre pour la transmission des données vers le sol (5,8 GHz). Grâce à leur processeur de bord et leur GPS, ils peuvent suivre automatiquement un plan de vol préprogrammé et échanger des informations en temps réel.

Châssis et hélices ultralégers

Les progrès réalisés en aéronautique dans la recherche de matériaux allégés (aluminium pour le châssis, carbone ou Nylon renforcé de carbone pour les hélices) permettent de contenir le poids de l'engin afin de pouvoir embarquer une charge utile. Et par conséquent d'assigner une mission aux drones (observation, surveillance, mesures...) ce qui les différencie des avions en balsa des aéromodélistes, utilisés pour le plaisir.



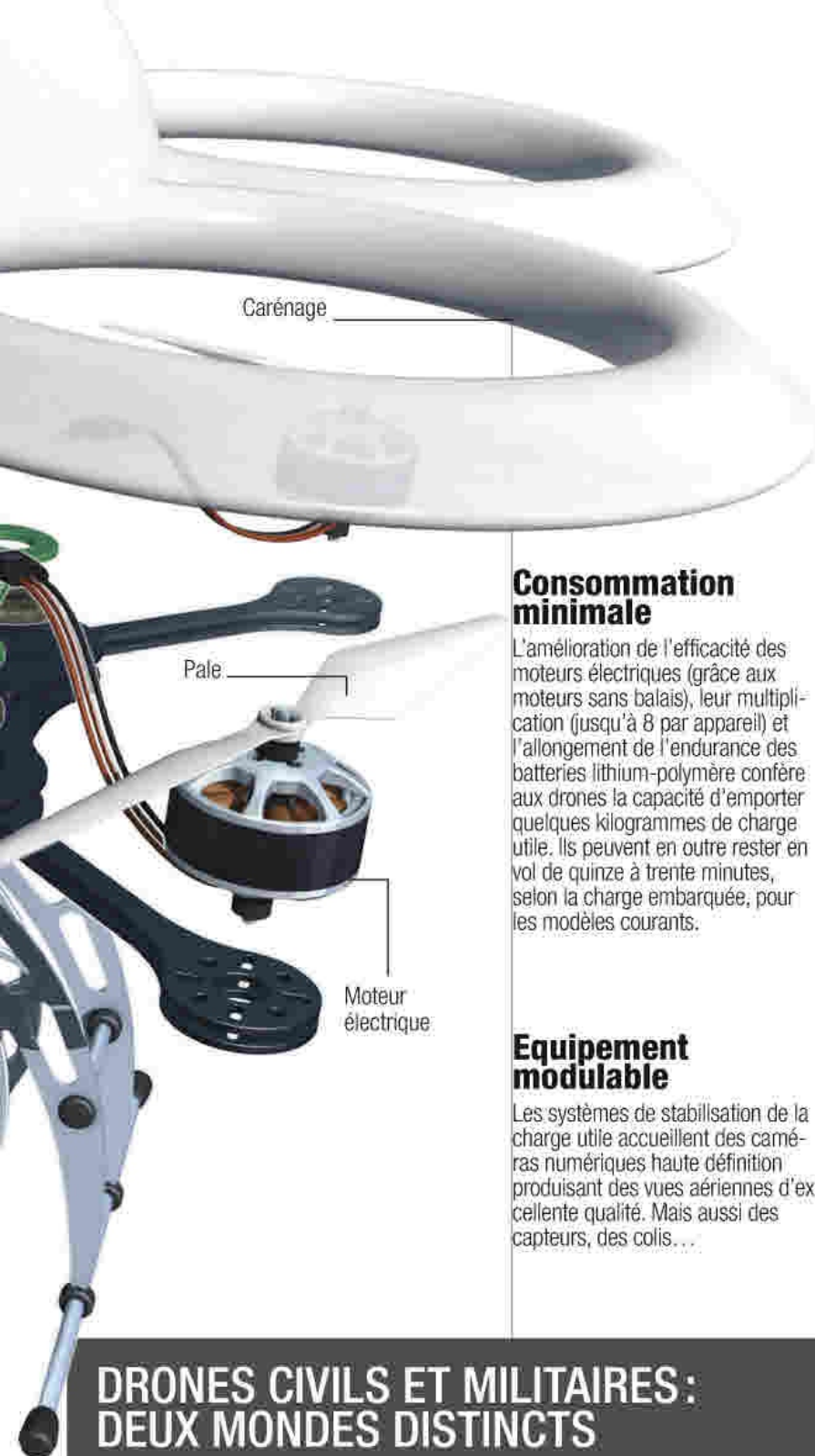
ries à haute puissance et haute densité, matériaux composites ultralégers, capteurs minuscules et précis, processeurs rapides et peu gourmands – les mêmes que ceux des smartphones.

Aucun doute : les drones civils sont prêts à essaimer. Selon la synthèse annuelle de Unmanned Vehicle Systems International, pas moins 1 708 modèles de drones volent déjà dans le monde, à quelques mètres du sol ou à plusieurs kilomètres, pendant quelques minutes ou plusieurs jours (voir p. 58). Et ils accomplissent déjà un nombre impressionnant de missions.

Au point de bouleverser d'ores et déjà les cieux. Comment réorganiser un espace aérien envahi par cette nouvelle nuée de robots ? Comment maîtriser d'éventuelles utilisations malveillantes (atteinte à la vie privée, espionnage, terrorisme) ?

Experts de l'aéronautique, constructeurs, législateurs, aussi bien que dronistes professionnels ou amateurs esquissent, déjà, des réponses à ces questions (lire p. 62). Tous ne sont pas d'accord, sauf sur un point : coûts, technologies, usages... La révolution drones est en marche.

B. BOURGEOIS - M. KONTEITE



Consommation minimale

L'amélioration de l'efficacité des moteurs électriques (grâce aux moteurs sans balais), leur multiplication (jusqu'à 8 par appareil) et l'allongement de l'endurance des batteries lithium-polymère confère aux drones la capacité d'emporter quelques kilogrammes de charge utile. Ils peuvent en outre rester en vol de quinze à trente minutes, selon la charge embarquée, pour les modèles courants.

Équipement modulable

Les systèmes de stabilisation de la charge utile accueillent des caméras numériques haute définition produisant des vues aériennes d'excellente qualité. Mais aussi des capteurs, des colis...

DRONES CIVILS ET MILITAIRES : DEUX MONDES DISTINCTS

La naissance des drones fut militaire – et française. Le 2 juillet 1917, sur la base d'Avord, dans le Cher, fut testé le premier "appareil sans pilote à bord". Devenu pièce maîtresse des conflits, le drone militaire ne ressemble pas au civil. Ce dernier est le plus souvent un hélicoptère multitoror équipé d'une caméra, léger, peu cher; le premier, un avion bardé de radars ou équipé de missiles. Mais l'essentiel est ailleurs: les drones militaires utilisent des technologies aéronautiques de pointe, fiabilisées et sécurisées. A l'instar des redondances logicielles – pour contrer les pannes – et des liaisons radio cryptées, pour éviter le piratage. Ce qui n'est, pour l'instant du moins, pas le cas des drones civils.

DES MODÈLES DIFFÉRENTS SELON LES USAGES

Le microdrone à ailes battantes



Son mécanisme et sa taille lui confèrent une autonomie et une furtivité exceptionnelles. Il peut être utilisé pour l'observation ou la prise de vue en milieu urbain, ou confiné.

Le drone à rotor



Ce type de drone-hélicoptère est d'une grande agilité. Il a sa place dans diverses missions: inspection de bâtiments ou de ponts, prises de vue, épandage d'engrais...

Le drone à ailes d'avion



Sa vitesse (50 à 100 km/h) lui autorise un rayon d'action de dizaines de kilomètres; idéal pour inspecter des ouvrages tels que chemins de fer, gazoducs, ou analyser des cultures agricoles.

Le drone à aile de parapente



Sa portance, qui lui permet d'embarquer de lourdes charges, son moteur thermique de grande autonomie sont utiles dans le transport, la lutte contre la pollution...

Le drone dirigeable



Il atteint des centaines de mètres d'altitude avec une très grande autonomie. Mesures scientifiques, prises de vue et support publicitaire sont ses domaines.

A LA UNE

LES 6 MODÈLES QUI SORTENT DU LOT

LE PLUS VENDU

Le minidrone AR drone de Parrot s'est déjà écoulé à plus de 700 000 exemplaires dans le monde. Très léger et peu encombrant, il peut voler à 20 km/h pendant 12 minutes. Il est équipé en série d'une caméra HD. Point fort : son prix, moins de 300 €.

NOM AR Drone (Parrot)

ENVERGURE 52 cm

POIDS 420 g

VITESSE 20 km/h

AUTONOMIE 12 minutes



LE PLUS GRAND

Avec son envergure équivalente à celle d'un Boeing 767 (pour 4,5 tonnes), le Global Observer du canadien Aerovironment est l'un des plus grands drones civils du monde. Il est conçu pour voler entre 13 et 17 km d'altitude pendant 5 jours. Il peut servir de relais de communication, de centre de mesure météorologique ou de surveillance côtière.

NOM Global Observer (Aerovironment)

ENVERGURE 53,3 m

POIDS 4,5 tonnes

VITESSE 42,5 km/h

AUTONOMIE 5 jours

LE PLUS ENDURANT

Le record d'endurance est détenu par le Zephyr, un drone à énergie solaire initialement développé par le spécialiste britannique de l'aérospatiale Qinetiq. En juillet 2010, il a effectué un vol ininterrompu de 336 heures et 22 minutes (14 jours) en culminant à plus de 21 kilomètres d'altitude. Le jour, les panneaux solaires recouvrant les ailes permettent de recharger les batteries lithium-soufre, qui à leur tour, alimentent les moteurs durant la nuit.

NOM Zephyr 7 (Airbus)

ENVERGURE 22,5 m

POIDS 53 kg

VITESSE n.c.

AUTONOMIE 14 jours





NOM DA42 Opale (Diamond)
ENVERGURE 13,4 m
POIDS 1,2 tonne
VITESSE 351 km/h
AUTONOMIE 6 heures

LE PLUS RAPIDE

Le DA42 Opale de l'autrichien Diamond est le drone civil le plus rapide. Grâce à son moteur Diesel, il atteint la vitesse de pointe des avions de tourisme. Ce qui est logique, puisque c'en est un : dérivé du quadriplace DA42 MPP (photo), il peut être piloté ou téléguidé depuis le sol. Il est doté d'une caméra gyrostabilisée conçue pour la surveillance des frontières terrestres ou maritimes et l'inspection des cultures agricoles.



À LA UNE

LE PLUS GROS PORTEUR

Le P-791 de Lockheed Martin est un démonstrateur d'aéronef plus léger que l'air initialement développé pour les militaires et désormais destiné au transport de marchandises. En combinant les effets aérostatiques (la portance de l'hélium, un gaz plus léger que l'air) et aérodynamique (la portance créée par la vitesse), il peut embarquer la charge record de 20 tonnes de fret.

NOM P-791 (Lockheed Martin)
ENVERGURE > 60 m
POIDS jusqu'à 20 t (avec fret)
VITESSE n.c.
AUTONOMIE plusieurs heures



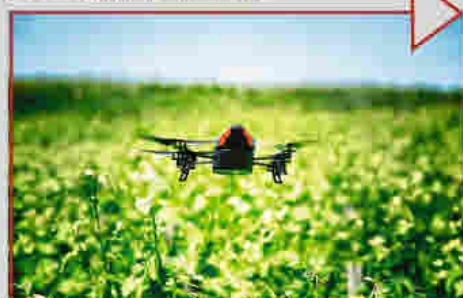
NOM RoboBee
(univ. de Harvard)
ENVERGURE 3 cm
POIDS 80 mg
VITESSE n.c.
AUTONOMIE n.c.

LE PLUS PETIT

Le RoboBee s'inspire de la mouche, il bat des ailes 120 fois par seconde grâce à des actuateurs piézoélectriques qui se contractent sous l'effet d'un courant électrique. Prochaine étape : développer des batteries, pour le débarrasser de son fil d'alimentation. A l'instar du Delfly Explorer de l'université des Technologies de Delft (Pays-Bas), plus petit drone autonome : 20 cm d'envergure pour 20 g, batterie lithium-polymère et caméra comprises.

TOUT CE QUE FONT DÉJÀ LES DRONES

SURVEILLER



Les cultures agricoles: En décembre 2013, le groupe viticole Bernard Magrez a fait l'acquisition d'un drone pour mesurer l'état de santé des vignes de ses grands crus classés du Bordelais.

Les frontières: Depuis septembre 2010, le département américain de la sécurité intérieure utilise des drones pour patrouiller le long de la frontière avec le Mexique et traquer trafics et immigrants clandestins.

Les zones sensibles: La SNCF a annoncé fin 2013 son intention d'utiliser des drones pour surveiller son réseau contre le vol de câbles, un phénomène en expansion qui impacte le trafic.

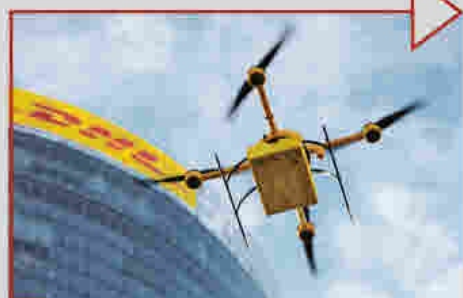
INSPECTER



Les ouvrages d'art (ponts, viaducs, barrages...): Fin 2011, le quadrirotor de la société Diadès a enregistré 3 000 clichés des sept piles du viaduc de Millau, recherchant sur ces 84 000 mètres carrés d'éventuelles fissures et autres défauts du béton.

Les sites archéologiques: En 2011, des géographes de l'université de Gand (Belgique) ont utilisé un drone pour cartographier en 3D un site de fouilles archéologiques vieux de 2 300 à 2 800 ans dans une zone reculée des montagnes de l'Altai, à la frontière entre la Russie, la Chine et la Mongolie.

TRANSPORTER



Des colis: Fin 2013, le géant américain de la vente en ligne Amazon a annoncé un projet de livraison de colis à l'aide de drones. Ils pourraient transporter des colis pesant jusqu'à 2,3 kg (86 % des livraisons d'Amazon) dans un rayon de 16 km.

Des médicaments: La start-up californienne Matternet prévoit d'utiliser des drones pour acheminer des médicaments, des prélèvements ou des résultats d'analyses dans des zones reculées d'Afrique ou d'Asie. Elle songe à un réseau de stations pour remplacer les batteries usées.

INTERVENIR



Contre la pollution: La Chine teste depuis mars un drone pour disperser la pollution de l'air (le smog) à Pékin. Équipé d'une voile de parapente, l'engin conçu par le fabricant chinois AVIC embarque 700 kg d'agents dispersants qui neutralisent les polluants et les font retomber au sol.

Contre la sécheresse: Début 2014, le Desert Research Institute, un institut américain de recherche sur l'environnement, a fait l'acquisition d'un drone pour ensemençer les nuages à l'aide de l'iodure d'argent afin d'augmenter les précipitations de neige ou de pluie dans la région aride de Tahoe, au Nevada.

RELAYER



Des événements d'actualité: Lors de la coupe du monde 2012, et durant les jeux Olympiques d'hiver de Sotchi, un drone a été utilisé pour filmer certaines épreuves de ski pour les retransmettre en direct sur écran géant.

Des sites exceptionnels: Plusieurs drones ont été utilisés pour filmer la fresque peinte par Marc Chagall sur le plafond circulaire de la salle de l'Opéra Garnier, dans le cadre d'un documentaire qui sera diffusé sur Arte en septembre.

Les feux de forêts: Fin 2013, le Chili s'est équipé de drones canadiens Serenity d'ING Robotics équipés de caméras optiques et infrarouges pour détecter les feux de forêts et les cartographier.

Le braconnage: En juin 2012, l'ONG WWF a testé des drones pour lutter contre le braconnage de rhinocéros dans deux parcs nationaux du Népal.

Le trafic maritime: En 2011, un hélicoptère du centre français de recherche aérospatiale (Onera) a réussi son test: suivre de façon autonome un navire en déplacement.

Les mouvements de foules: En 2013, la police de Dubai s'est équipée de drones pour repérer les délits dans les stades. Le Brésil fera de même pour la Coupe du monde.

La météo: Depuis 2012, la Nasa traque les tempêtes tropicales de l'océan Atlantique avec deux drones Global Hawk reconvertis dans la recherche météorologique.

Les infrastructures (réseaux électriques, voies ferrés, gazoducs...): Fin 2013, le gérant du réseau d'électricité autrichien APG a conclu un accord avec l'allemand Aibotix pour l'inspection de ses lignes électriques à l'aide de drones.

Les usines: En 2013, Arcelor Mittal a fait appel à un octocoptère pour inspecter les cheminées des hauts fourneaux de Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhône), classé Seveso.

Les pistes d'aéroport: En début d'année, l'aéroport de Genève, en Suisse, a fait l'acquisition d'un drone pour inspecter le balisage de ses pistes.

Les zones radioactives: Fin 2013, l'AIEA a annoncé le développement d'un drone qui sera chargé, à partir de 2015, d'effectuer des mesures de la radioactivité dans des endroits jusqu'ici inaccessibles de la centrale de Fukushima (Japon).

Les premiers secours: Le designer autrichien Stefan Riegebauer a imaginé le Smart Aid, un drone équipé d'une mallette de secours d'urgence (comportant un défibrillateur) accessible à tous via une application mobile qui transmet automatiquement votre position à l'appareil.

Du fret: Lockheed Martin a mis au point le P-791, un démonstrateur d'aéronef plus léger que l'air destiné au transport de marchandises. Gonflé à l'hélium, il peut embarquer jusqu'à 20 tonnes de fret.

Des satellites: Le démonstrateur Eole de l'Onera, en cours de développement, est conçu pour mettre sur orbite basse (moins de 2 000 km d'altitude) des nanosatellites (de 10 à 50 kg). Réutilisable, il permet de réduire les coûts comparés aux lanceurs-fusées traditionnels.

Contre les oiseaux: La ville d'Ottawa, au Canada, utilise depuis 2013 un drone pour effrayer les oies bernaches qui peuplent les abords de la rivière et dont les fientes favorisent la présence des bactéries *Escherichia coli* dans les eaux.

Contre les frelons asiatiques: Le drone Joker du français VisionScope, doté d'une perche, injecte un insecticide dans les nids (souvent haut perchés) de ces frelons tueurs d'abeilles.

Contre les cambrioleurs: Une entreprise texane a présenté début mars un prototype équipé d'un Taser délivrant une charge de 80 000 volts pour immobiliser les intrus en attendant la police.

Contre les parasites: Au Japon, les drones hélicoptères Rmax de Yamaha sont utilisés pour épandre des engrais et des pesticides agricoles. Ils emportent jusqu'à 28 kg d'agents chimiques dans un rayon de 400 mètres.

Des communications: Fin mars, Facebook a annoncé son projet d'utiliser des drones fonctionnant à l'énergie solaire et pouvant voler de plusieurs semaines à plusieurs mois à 20 000 mètres d'altitude pour servir de relais de télécommunications, afin d'amener l'accès à Internet dans des zones reculées non couvertes par les satellites.

Des ordres de vol à d'autres drones: Une équipe de chercheurs de l'université Eötvös Loránd de Budapest a démontré, en février dernier, que 10 quadrirotors en formation pouvaient franchir des obstacles sans contrôle au sol, en s'échangeant simplement par radio leurs paramètres de vol et en se conformant à des règles simples.

LE CIEL NE SERA PLUS JAMAIS COMME AVANT

Les chiffres le disent : les drones seront bientôt plus nombreux dans le ciel que les avions de ligne. Ce qui pose d'inédites questions de sécurité, de réglementations, de contrôle aérien. Autant de défis à relever.

Un vague bourdonnement. Une ombre furtive qui glisse le long du trottoir. Puis plus rien. Le drone est déjà hors de vue. Car c'était un drone. Aucune autre machine ne pourrait voler aussi discrètement à quelques dizaines de mètres d'altitude.

Qu'est-il venu faire dans ce quartier ? Livrer un colis ? Participer à une opération de police ? Etablir un relevé topographique ? Repérer une scène pour un prochain film ?...

LE MARCHÉ EST EN TRAIN D'EXPLOSER

Difficile à dire tant les utilisations de ces robots volants sont, d'ores et déjà, nombreuses. Et vont le devenir de plus en plus, à mesure que concepteurs et usagers, professionnels ou amateurs, vont en inventer d'autres, profitant des avancées technologiques et d'une démocratisation déjà bien engagée. Car à la campagne, en ville, au ras des fenêtres ou aux frontières de l'espace, les drones savent d'ores et déjà transporter et larguer des objets, enregistrer et retransmettre images, sons, données, le tout avec une autonomie toujours croissante et des coûts qui ne cessent de baisser. Et ce n'est qu'un début...

Pourtant, rares sont ceux qui ont vu passer un drone. S'il n'existe pas de recensement global du nombre d'appareils en service, on sait tout de même que 1 708 références de modèles militaires et civils volaient dans le monde

en 2013. C'est peu... Oui, mais entre 2011 et 2014, le nombre de drones destinés à des applications civiles a doublé, tandis que la flottille militaire stagnait. Et au vu de la croissance actuelle du secteur, le cabinet spécialisé Tael Group estime que, dans 8 ans, 27 500 nouveaux drones civils auront rejoint le ciel. Leur conquête des cieux ne fait que commencer.

Et elle s'annonce massive : aux Etats-Unis, les autorités estiment que plus de 10 000 drones civils sillonneront le ciel d'ici à 2020. Ils y seront alors plus nombreux que les avions de ligne (6 600 en 2013) ! Et c'est sans compter avec une nuée de machines plus discrètes : les drones de loisirs, utilisés par des particuliers, chez eux, pour le plaisir. A

Même sans être armé, un drone peut être une arme. Les moteurs des avions de ligne sont conçus pour résister à des collisions avec des oiseaux, pas avec des objets métalliques

lui seul, le fabricant français Parrot a déjà écoulé 700 000 exemplaires dans le monde de son quadricoptère à moins de 300 €, l'AR.Drone !

Les drones vont-ils s'imposer aussi largement que les smartphones ? Devenir aussi familiers ? Une chose est sûre : smartphones et drones ouvrent, aux



STÉPHANE BACHELET

Commandant de bord chez Air France

particuliers comme aux professionnels, des possibilités inédites d'agir et de s'informer. Si la révolution des téléphones intelligents est incontestable, celle que promettent les drones s'annonce d'une ampleur comparable.

Mais elle se jouera dans un espace bien particulier : en plein ciel. Un



À LA
UNE

espace parmi les plus réglementés, sillonné par des professionnels au fait des lois sévères de l'aéronautique. Du moins jusqu'ici. Car avec l'arrivée des drones, le royaume des airs s'ouvre à une large population d'opérateurs – professionnels ou amateurs – qui méconnaissent parfois ses lois, et ne peuvent pas toujours garantir que leurs engins voleront sans troubler l'azur.

DELPHIMAGES/FOTOLIA - B.BOURGEOIS

La preuve, les drones défraient la chronique. Collisions évitées de justesse avec des avions, chutes sur des individus, survols non autorisés de zones habitées, et même utilisations à des fins terroristes... Incidents et accidents se

multiplient (lire p. 65). Confirmant que les drones vont bien rebattre les cartes de la maîtrise des airs.

DES ZONES INTERDITES DE SURVOL

La justice est déjà aux prises avec le plus évident de ces bouleversements: le risque de chute et la mise en danger de la vie d'autrui qui en découle. C'est à ce titre que deux pilotes de drones vont prochainement passer devant les tribunaux – l'un pour avoir filmé les monuments de Nancy, l'autre les quartiers de la Défense et de la Bibliothèque nationale, des zones publiques où ils auraient pu blesser quelqu'un –,

risquant jusqu'à un an d'emprisonnement et 75 000 € d'amende.

C'est qu'il est interdit aux drones de survoler les zones peuplées à cause du risque de perte de contrôle: aléa météo, perte de liaison radio, avarie moteur, panne de batterie, erreur de pilotage... Les appareils les plus courants, comme ceux utilisés à Nancy et Paris, pèsent de 2 à 5 kg. Or, *"si un drone de 2 kg fait une chute de 50 m de hauteur, il peut au minimum vous assommer, ou vous blesser avec ses hélices"*, avertit Christophe Masset, chef d'escadron et "référé drone" pour la gendarmerie des transports aériens (GTA). ➔

→ Pour parer au risque de perte de liaison, l'Organisation internationale de l'aviation civile étudie la possibilité d'attribuer aux drones une bande de fréquences spécifique. Mais d'autres parades existent : parachute, dispositifs de retour automatique au point de départ ou d'atterrissage d'urgence en cas de perte de liaison radio. Sachant que ces systèmes ne sont – pour l'instant – pas obligatoires.

La législation est cependant loin d'être laxiste. En France, une loi d'avril 2012 répertorie quatre scénarios encadrant le rayon d'action des drones en fonction de leur poids, de l'altitude atteinte, de la présence de personnes au sol... Elle impose des homologations préalables à chaque mission et définit des zones d'exclusion (lieux publics, aéroports, couloirs aériens...). Sans compter des exigences concernant les télépilotes, qui doivent au moins avoir reçu une formation théorique et disposer d'une déclaration de niveau de compétence.

UN DIFFICILE PARTAGE DU CIEL

Le problème est que beaucoup de ceux qui possèdent un drone – c'est devenu un cadeau de Noël en vogue – ignorent ou méprisent cette réglementation. Or, la GTA ne compte que 1018 agents... et n'a ouvert, depuis l'adoption de la réglementation, que 21 enquêtes pour non-respect des conditions de sécurité par des drones. Un chiffre qui paraît bien faible quand plus de 400 entreprises utilisant plus de 200 modèles de drones sont officiellement homologuées dans l'Hexagone.

Au vrai, le risque de chute est loin d'être la préoccupation première des autorités aériennes. C'est, plus largement, la coexistence des drones avec d'autres aéronefs qui mobilise l'essentiel des réflexions.

Selon les règles de l'aviation civile, l'intégration des drones dans l'espace aérien est – en théorie du moins – basée sur le principe d'espaces aériens séparés : avions et drones doivent évoluer dans des zones distinctes, dites "ségréguées", et ne devraient jamais se

Aucune technologie efficace n'a été développée pour fournir aux drones la capacité de détecter et d'éviter les autres aéronefs

croiser. "On n'a pas le droit de rouler sur la route avec une voiture téléguidée. C'est la même chose pour le ciel", résume Maxime Coffin, chef de la mission aviation légère à la Direction générale de l'aviation civile (DGAC).

Cette situation correspond d'ailleurs à une réalité technique : la plupart des drones ne peuvent dépasser quelques centaines de mètres d'altitude, alors que les avions de ligne croisent à près de 10 000 m. Le principal risque se situe donc autour des aéroports, où les drones sont en principe interdits.

Le problème est malgré tout bien réel : les cas d'avions et d'hélicoptères évitant un drone *in extremis* se multiplient. Or, demain, avec la prolifération des drones, ce cloisonnement volera en éclats. Ils seront en effet de plus en plus nombreux, et prendront de l'altitude, pour effectuer des missions de plus en plus variées.

Les autorités de l'aviation savent déjà qu'il n'y aura d'autre choix que de les faire cohabiter avec les avions. L'Europe et les Etats-Unis planchent d'ailleurs déjà sur des espaces "non ségré-

US GOVERNMENT
ACCOUNTABILITY OFFICE
"Equivalent américain de la Cour des comptes, extrait d'un rapport rendu en 2012"

gués" dans les réglementations qu'elles prévoient de mettre en place, respectivement en 2015 et 2016.

Un virage qui inquiète les pilotes de ligne. "La fin de la ségrégation est inévitable. Mais il est primordial que les drones ne viennent pas dégrader le niveau de sécurité de l'espace aérien", prévient Stéphane Bachelet, commandant de bord chez Air France, dix mille heures de vol au compteur. Les avions de ligne sont tous équipés de transpondeurs permettant de les identifier et de les localiser. Ainsi que d'un système anticollision, le Traffic Collision Avoidance System (TCAS) qui permet, en cas de danger, de proposer aux pilotes des manœuvres d'évitement. Deux équipements dont, pour l'instant, ne sont pas dotés les drones. "Il faudrait les équiper d'un système équivalent au TCAS", suggère Stéphane Bachelet.

Message reçu chez les constructeurs : fin 2013, l'américain General Electric, qui produit les drones militaires Reaper et Predator, a annoncé avoir testé avec succès un dispositif basé sur un transpondeur, un radar et un système d'alerte. Au niveau européen, le groupe de travail Midcas planche aussi depuis 2009 sur un dispositif anticollision pour les drones de plus de 100 kg. "Le dispositif, une version simplifiée du TCAS, a été testé sur un avion. Il a bien détecté les aéronefs à l'approche et calculé des manœuvres d'évitement", détaille Gérard Mardiné, chez Safran, vice-président du groupe de standardisation européen pour l'intégration des drones.

Au-delà de ces premiers pas, la densification des drones ne satisfera aux exigences de la sécurité aérienne qu'à condition que constructeurs et opérateurs partagent leurs retours d'expériences. Avionneurs et compagnies

CHRISTOPHE MASSET
"Chef d'escadron et référent drone pour la gendarmerie des transports aériens (GTA)"

Le survol de zones peuplées est interdit à tout type de drone. Si l'un d'eux venait à tomber de 50 mètres de hauteur, il pourrait assommer ou blesser quelqu'un avec ses hélices

SEPTEMBRE 2011

Rezwan Ferdaus, un étudiant américain, est arrêté à Boston pour avoir fomenté une attaque contre le Pentagone et le Capitole à l'aide de drones chargés d'explosifs. Il sera condamné en 2012.



CHUTES, COLLISIONS, TERRORISME... LES DRONES CAUSENT DÉJÀ DES DÉGÂTS

19 JUIN 2012 Des chercheurs de l'université du Texas démontrent qu'il suffit de quelques secondes pour prendre le contrôle d'un drone civil en piratant son système de guidage GPS.

4 MARS 2013 Un pilote d'Alitalia, en phase d'approche sur l'aéroport JFK de New York, détecte un objet non identifié ressemblant à un drone volant à 60 m de distance de son avion de ligne.

JUIN 2013 La police allemande démantèle un réseau terroriste prévoyant d'utiliser des drones chargés d'explosifs contre des bâtiments publics.

11 SEPTEMBRE 2013 En ce jour de fête nationale en Catalogne, un octocoptère tombe sur la foule qu'il filmait, blessant légèrement une jeune fille à la tête.



24 AOÛT 2013 A Petersburg, en Virginie (Etats-Unis), le drone utilisé par les organisateurs pour filmer un rodéo tombe dans les gradins et blesse légèrement quelques spectateurs. En cause : une panne de batterie.

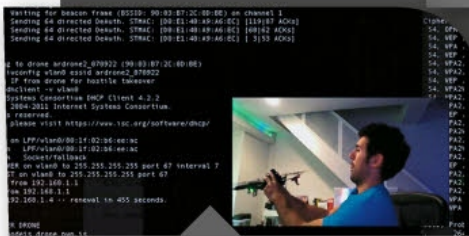


15 SEPTEMBRE 2013 Lors d'un meeting en plein air, à Dresde, en Allemagne, la chancelière Angela Merkel se retrouve nez à nez avec un drone... mis hors-service par la sécurité quelques secondes plus tard. L'opération émanait d'un parti d'opposition qui voulait faire parler de lui.

6 NOVEMBRE 2013 Un drone tombe au bord d'une piste de l'aéroport de Montpellier. En cause : la perte de contrôle d'un drone professionnel non homologué, utilisé près de l'aéroport.

NOVEMBRE 2013 4 personnes sont arrêtées à Morgan (Etats-Unis) pour avoir tenté de livrer, avec un drone, tabac et téléphones dans la prison de Calhoun.

26 NOVEMBRE 2013 Un drone tombe sur la voie ferrée du Harbour Bridge de Sydney (Australie), déclenchant une enquête des services antiterroristes. Qui conclura à une perte de contrôle accidentelle d'un drone de loisirs.



DÉCEMBRE 2013 Lors de tests au Nouveau-Mexique, l'US Army parvient, pour la première fois, à abattre des drones à l'aide d'un laser de 10 kW de puissance, depuis un véhicule au sol.

1^{er} FÉVRIER 2014 L'autorité de l'aviation américaine lance une enquête contre un drone ayant survolé – et probablement filmé – un accident de la route mortel à Hartford (Connecticut).

2 DÉCEMBRE 2013 Samy Kamkar, un jeune hacker, dévoile sa méthode sur Internet pour fabriquer, avec 400 dollars de matériel, un drone capable de prendre le contrôle d'autres drones.

5 FÉVRIER 2014 Un drone gêne les opérations de sauvetage par hélicoptère des marins du cargo *Luno*, échoué à Anglet, près de Bayonne. Le pilote voulait vendre ses prises de vues aux médias.

22 MARS 2014 A Newcastle (Australie), un hélicoptère de secours s'approchant de l'hôpital évite de justesse un drone évoluant à 300 m d'altitude.



À LA UNE

Sécuriser le ciel : déjà 4 dispositifs

Comment, en cas de perte de liaison radio avec le pilote, de panne ou de prise de contrôle par des pirates, garantir que les drones ne mettront pas en danger les personnes et les installations au sol, et ne perturberont pas les autres appareils en vol ? Autorités et constructeurs disposent aujourd'hui de quatre moyens pour garantir la maîtrise d'un ciel envahi par les robots volants.



◀ SURVEILLER LES OPÉRATEURS

La gendarmerie des transports aériens peut appréhender amateurs et professionnels qui ne respectent pas les périmètres de vol imposés par la loi.

▼ SÉCURISER LES COMMANDES

La liaison radio avec le drone peut être cryptée pour éviter le piratage, ou brouillée pour obliger un retour au sol.



◀ PRÉVENIR LES COLLISIONS

Les dispositifs automatiques anti-collisions des avions sont en voie d'intégration sur les drones.



→ aériennes sont en effet tenus de signaler le moindre incident pour, après analyse, faire progresser matériel et réglementation. Un réflexe loin d'être acquis chez les pionniers du drone.

TOUT POUR PLAIRE AUX TERRORISTES

Ainsi, l'Organisation internationale de l'aviation civile n'a, pour l'instant, reçu aucun rapport d'incident impliquant un drone dans des utilisations civiles. Même constat en France : "A ce jour, nous n'avons fait l'objet d'aucune déclaration d'accident, déplore Maxime Coffin de la DGAC. Or, vu le nombre d'opérateurs autorisés à voler, il y en a forcément eu. Mais ils les taisent, par peur de sanctions." Une lacune que ne réfute pas Emmanuel de Maistre, président de la Fédération professionnelle du drone civil, l'association française de promotion des drones : "Il n'y a pour l'instant eu que des incidents mineurs. Mais si un jour un appareil tombe sur une école ou une route fréquentée, cela risque de porter un coup d'arrêt brutal à la filière."

Si, malgré la bonne volonté des opérateurs et des régulateurs, la cohabitation des drones avec d'autres appareils

n'est pas encore sereine, elle s'annonce franchement périlleuse dès que l'on envisage des usages délictueux.

Peu onéreux, faciles à piloter, furtifs, conçus pour emporter une charge... Les drones ont tout pour plaire aux trafiquants et terroristes désireux de manœuvrer sous les radars. De fait, en l'espace de quelques années, plusieurs prisons ont été victimes de drones utilisés pour larguer des colis (tabac, drogues, téléphones portables...) à destination de détenus. Plus grave : des projets d'attaques terroristes à l'aide de drones chargés d'explosifs ont été déjoués en septembre 2011 à Boston, et en juin 2013 en Allemagne.

Des protections sont-elles prévues contre ce type d'attaque ? Que se passerait-il si un drone s'approchait d'une centrale nucléaire ? "Le survol est interdit dans un rayon de 5 km et jusqu'à 1 000 m d'altitude. En cas d'infraction, des moyens d'intervention peuvent être engagés par l'armée

de l'air", veut-on rassurer chez EDF. Pourtant, en mai 2012, un militant de Greenpeace est parvenu à se poser en parapente à moteur dans l'enceinte de la centrale du Bugey, dans l'Ain, pour démontrer les lacunes du dispositif.

Et si un drone était aperçu aux abords d'un aéroport ? "Nous commencerions par alerter la tour de contrôle pour

DAVID MASCARENAS
Chercheur à l'Engineering Institute du Los Alamos National Laboratory (Etats-Unis)

Un drone peut être piraté pour récupérer les données qu'il contient : des informations primordiales pour une entreprise, ou stratégiques pour la sécurité d'un site sensible



^ **ABATTRE LE DRONE SUSPECT**
Un appareil dangereux peut être abattu par arme à feu ou par laser (ici, le système antidrone de l'armée américaine).

stopper le trafic, explique Christophe Masset de la GTA. *Si le pilote reste introuvable, nous pouvons en dernier recours abattre le drone avec des armes à feu.* Un jeu de tir aux pigeons dont l'enjeu est loin d'être anodin: *"Si un appareil de quelques kilogrammes pénètre le réacteur d'un avion de ligne à basse altitude, prévient Stéphane Bachelet, il y a un vrai risque de crash. Les moteurs sont conçus pour résister à des collisions avec des oiseaux, pas avec des objets métalliques."*

DES DÉTOURNEMENTS À CRAINDRE

Le risque est d'autant plus sérieux que les drones civils peuvent être piratés. Les liaisons radio utilisées pour le pilotage, ou GPS pour le guidage par satellite, ne sont dotées d'aucune protection, contrairement aux drones militaires, dont les liaisons sont cryptées.

Un talon d'Achille facile à exploiter, comme l'a démontré en juin 2012 une équipe du laboratoire de radio-navigation de l'université du Texas. En seulement quelques secondes, les chercheurs ont réussi, grâce à un émetteur au sol placé à 500 m de distance, à pirater le signal GPS et prendre



“
EDOUARD
GEFFRAY

Les drones compliquent la protection de la vie privée

Secrétaire général de la Cnil*

Science & Vie: Les drones changent-ils les règles de protection de la vie privée?

Edouard Geffray: Une déclaration à la Cnil est nécessaire pour tout traitement d'images réalisé en dehors du cadre domestique, comme la vidéosurveillance par exemple. Ces démarches ne sont pas nécessaires si on se limite à filmer ses enfants dans son jardin. S'il s'agit d'un usage plus large, dans son quartier par exemple, ou professionnel, la déclaration à la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) est requise. Si quelqu'un est épié par un voisin à l'aide d'un drone, c'est exactement comme s'il l'était avec un simple appareil photo ou une caméra. C'est interdit et il peut saisir le juge pour violation de la vie privée.

S&V: Quel est l'usage qui pose le plus de problèmes?

E.G.: Les drones sont le plus souvent peu intrusifs. C'est le cas dans l'agriculture, la maintenance de bâtiments... Cependant, comme ils peuvent être utilisés à des fins de

surveillance, il faut vraiment s'interroger sur la protection de la vie privée. Les règles en vigueur sont plus difficilement applicables aux drones, du fait de leur mobilité. Il serait par exemple plus compliqué d'informer toutes les personnes susceptibles d'être filmées.

S&V: Comment protéger la vie privée d'éventuelles dérives?

E.G.: C'est en effet un principe ferme: on ne doit pas porter atteinte à la vie privée. Ça peut passer par de simples fiches accompagnant les drones qui rappellent qu'il ne faut pas filmer quelqu'un à son insu, sans son autorisation, et qu'on ne doit pas diffuser ces images. Techniquement, nous travaillons aussi avec les constructeurs pour intégrer la protection de la vie privée dès la conception. On peut imaginer à moyen terme un système de floutage automatique des visages pour les drones équipés de caméras, ou un cache numérique des fenêtres, pour éviter qu'un drone de vidéosurveillance ne voit ce qu'il se passe dans les foyers.

*Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil)

À LA
UNE

le contrôle d'un drone-hélicoptère de surveillance, un Hornet Mini de 2,7 kg.

En décembre dernier, c'est un jeune hacker, Samy Kamkar, qui a fabriqué un drone capable de prendre le contrôle d'autres drones (des Parrot AR.Drone), les obligeant à suivre son appareil comme des zombies, en se substituant à la liaison radio reliant le drone à son pilote. *"Je veux sensibiliser les gens sur les risques et mettre la pression sur les fabricants pour qu'ils renforcent la sécurité"*, se justifie-t-il. Impossible de savoir si Parrot en a tiré des leçons: le fabricant n'a pas souhaité s'exprimer sur le sujet.

Ces démonstrations posent de sérieuses questions à l'heure où des drones sont envoyés dans des zones sensibles, pour inspecter l'état des cheminées des hauts-fourneaux, des centrales nucléaires, des infrastructures ferroviaires et électriques, ou effrayer les oiseaux dans les aéroports. Dénués de protection, ces drones "amis" ne risquent-ils pas d'être piratés et retournés contre leurs maîtres?

VERS DES DRONES ANTIDRONES?

"Il est possible qu'un hacker injecte un virus dans un drone pour récupérer les informations sensibles qu'il aurait filmées, confirme David Mascarenas, chercheur à l'Engineering Institute du Los Alamos National Laboratory. Ou pour les remplacer par d'autres images, afin de masquer une activité illicite. Ou pour créer un désordre public: injecter de fausses images dans un drone surveillant l'état d'un pont routier pourrait par exemple conduire à la fermeture de l'édifice, le temps de vérifier son état."

Les scientifiques estiment qu'il y a urgence à crypter les liaisons radio et GPS et à protéger les systèmes informatiques des drones contre les virus, comme sur les drones militaires, même si ce n'est à l'ordre du jour ni des fabricants ni de la législation.

Sachant que la parade n'est pas infaillible. En 2011, l'Iran s'est ainsi vanté d'avoir piraté le système de guidage d'un drone espion américain pour le capturer (voir encadré ci-dessus); il

LES DRONES MILITAIRES NE SONT PAS NON PLUS INFAILLIBLES

Les drones militaires, pourtant dotés de liaisons radio et GPS sécurisées et cryptées, ne sont pas épargnés par les incidents. Parmi les plus marquants, le 2 août 2010, à Washington, un drone-hélicoptère MQ-8B Fire Scout de l'US Navy a perdu le contact avec ses télépilotes à la suite d'un "problème logiciel". Au lieu de revenir se poser à sa base, comme prévu dans ce type de situation, l'appareil – de 1,4 tonne, tout de même – erra une trentaine de minutes au-dessus de la capitale avant de revenir sous contrôle. En 2011, c'est un RQ-170 Sentinel, la crème de la crème des drones espions furtifs américains, de révéler une faille: l'un d'eux est capturé par l'Iran, qui se vante d'avoir piraté son système de guidage pour le forcer à atterrir. En Afghanistan, un drone français Harfang a lui aussi été victime du piratage d'une liaison radio sans que, selon les autorités, cela n'affecte sa capacité à voler.

n'empêche, cela compliquerait *a minima* la tâche des hackers.

Autre piste: trouver le moyen de détecter ces objets furtifs par nature. Une entreprise britannique, Plextek, a annoncé en février avoir mis au point un radar capable de détecter spécifiquement les drones de petite taille. Le constructeur ne donne pas de détail sur la technologie utilisée, mais précise qu'elle est assez fine pour distinguer un drone d'un oiseau, et pour savoir s'il est doté d'une voilure fixe (avec des ailes) ou tournante (type hélicoptère).

"La meilleure protection serait de couper la liaison entre le pilote et son drone, estime pour sa part Frédéric

Coste, chargé de recherche sur les technologies de sécurité à la Fondation pour la recherche stratégique. La technologie de brouillage existe: elle est déjà utilisée pour neutraliser les engins explosifs déclenchés à l'aide de téléphones portables. Cela permettrait de créer une bulle de sécurité autour de sites sensibles ou de personnalités."

Reste un ultime recours: abattre les drones hostiles. En décembre dernier, lors de tests, l'US Army a abattu, depuis un véhicule au sol, des drones en plein vol à l'aide d'un laser de 10 kilowatts. D'autres utilisent des méthodes plus basiques. A Deer Trail, dans le Colorado, où on ne plaisante pas avec la vie privée, il a un temps été envisagé de délivrer des permis autorisant à tirer à vue sur tout drone aperçu.

Plus sérieusement, la solution viendra peut-être du développement de drones antidrones, blindés, protégés contre le piratage et armés pour neutraliser leurs congénères. Une projection de l'infatigable jeu du gendarme et du voleur dans une nouvelle dimension, celle d'un ciel envahi, pour le meilleur et pour le pire, par les robots volants.

FRÉDÉRIC COSTE

Chargé de recherche sur les nouvelles technologies à la Fondation pour la recherche stratégique.

La meilleure protection serait de créer des bulles de sécurité antidrones en utilisant des brouilleurs de fréquences pour couper la liaison entre le drone et son pilote

A lire: *Théorie du drone*, par Grégoire Chamayou
A voir: des vidéos de drones civils en action



EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

& Science découvertes



BIG BANG 70




RÉCHAUFFEMENT
CLIMATIQUE 84

NEANDERTAL 90



On a vu le **big bang**

à 10^{-38} seconde près



L'exploit est venu d'une simple lunette astronomique installée au pôle Sud. Après trois ans d'observation, Bicep2 a capté la trace des ondes gravitationnelles émises par le big bang, apportant non seulement la preuve qu'il eut lieu, mais dévoilant l'Univers à sa naissance. Jamais l'homme n'avait vu aussi loin dans le temps... Retour en détail sur un événement historique.

Par **Mathieu Grousseau**

Enjeux

Elaborée dans la seconde moitié du XX^e siècle, la théorie du big bang décrit la genèse de notre Univers. Si elle a connu plusieurs succès observationnels, les cosmologistes attendaient confirmation de ce qui s'est passé dans les toutes premières fractions de seconde. Installé au pôle Sud, le télescope de la collaboration américaine Bicep2 vient d'en fournir la toute première observation.

G. CIRADE

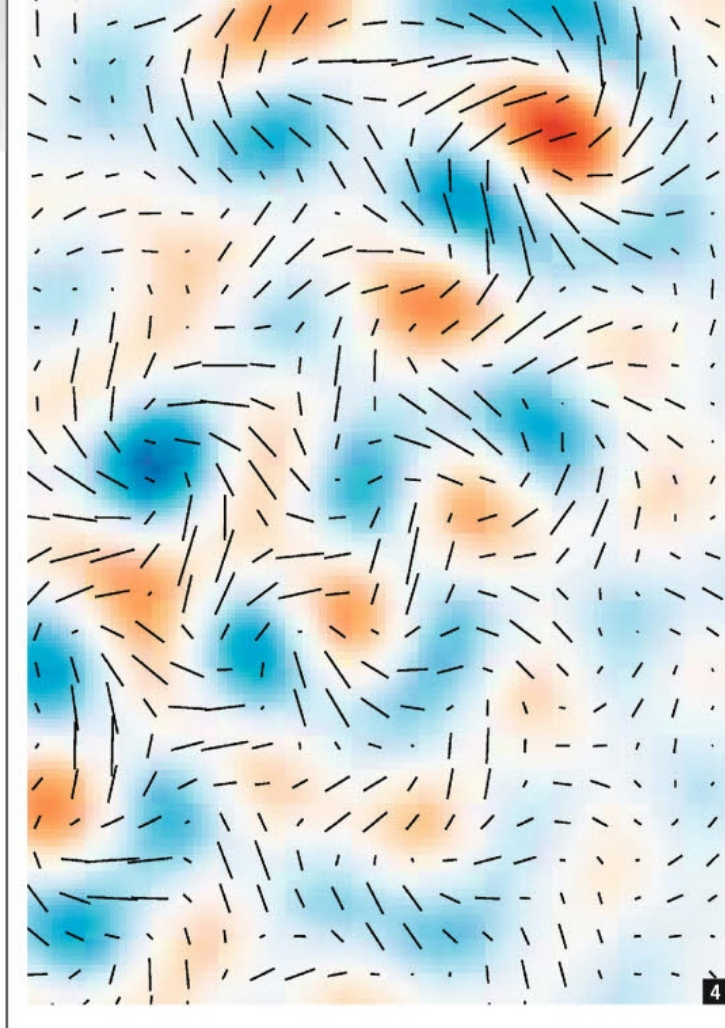
On ne le croirait pas, mais l'image restera dans les annales. A cause de la multitude de petits traits noirs qui s'orientent dans un sens ou dans un autre (voir ci-contre), un peu à la manière d'une carte des vents, dessinant dans ce petit rectangle céleste (environ 2 % du ciel) des tourbillons.

Ce que signifient ces tourbillons ? Rien de moins que les traces laissées dans le ciel par les tout premiers soubresauts de notre Univers, survenus un centième de milliardième de milliardième de seconde après sa naissance !

Jamais l'homme n'était remonté aussi loin dans le temps. Jamais il n'avait vu le big bang d'aussi près ! Grâce à cette incroyable image, issue des observations réalisées depuis le pôle Sud par les chercheurs de la collaboration américaine Bicep2 rendues publiques le

Rares sont ceux qui espéraient lire dans le ciel la preuve du big bang

17 mars dernier, c'est maintenant une certitude : les scientifiques savent comment est né l'Univers. Ils savent qu'une fraction de seconde après l'étincelle initiale, il y a 13,8 milliards d'années, le cosmos a bien été un minuscule corps brûlant, dense et agité. Et que l'instant d'après, en une nouvelle fraction de seconde, cette petite bulle spatio-temporelle a connu une phase d'expansion à nulle autre comparable, durant laquelle ses dimensions ont été multipliées par un facteur plus grand encore que celui qui sépare la taille d'un atome de celui de l'Univers observable.



Les cosmologistes le savaient déjà ? Oui, sur le papier. Elaborée au cours de la seconde moitié du XX^e siècle, la théorie du big bang affirme en effet que l'Univers, dans ses premiers instants, a subi une fantastique phase d'inflation. Ce scénario, imaginé dans les années 1980 par le cosmologiste Andreï Linde, est le seul à même d'expliquer que, quelques centaines de millions d'années plus tard, soient nées les premières étoiles, puis les galaxies, et tout ce qui compose notre monde.

Mais ce "modèle cosmologique standard" avait beau s'être imposé au fil des ans comme la seule alternative pour raconter l'histoire de l'Univers, il manquait des preuves plus tangibles pour la muer en un fait scientifique avéré. Il fallait que l'inflation ne soit pas seulement une exigence théorique, mais que

ses traces soient directement observées. Avec cette image, c'est désormais chose faite.

Les spécialistes du monde entier sont sous le choc, tous émerveillés, enthousiastes (voir les commentaires p. 75). L'émotion est d'autant plus grande que l'annonce des résultats de Bicep2 les a totalement pris par surprise.

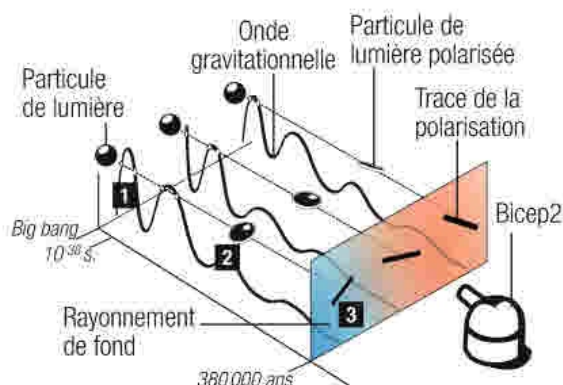
PLUS LOIN QUE PLANCK

Certes, la théorie du big bang prévoyait l'existence d'un processus qui pouvait permettre aux astronomes de remonter le temps jusqu'à voir les premiers instants du cosmos. Mais rien, dans la théorie, ne garantissait que ces empreintes soient suffisamment marquées pour être visibles. Et peu de gens pensaient que les membres de l'équipe de Bicep2 pourraient être les premiers à les voir.

S. RICHTER/HARVARD UNIVERSITY - DR. BICEP2 - E. JULIEN

UNE IMAGE HISTORIQUE

Bicep2 a remonté le temps jusqu'au big bang. 10^{-38} seconde après sa naissance, l'espace-temps agité de soubresauts quantiques se met à osciller : des ondes gravitationnelles se propagent (1). Ces ondes orientent le champ électromagnétique des particules qui peuplent alors l'Univers : la lumière se polarise (2). 380 000 ans plus tard, l'univers devient transparent et la lumière polarisée est libérée : elle s'imprime sur le rayonnement de fond (3) dont un échantillon est capté par Bicep2. Sur son image (4), les traits noirs forment un motif qui tourne dans le sens horaire (zones rouges) ou antihoraire (zones bleues). Ce sont les premiers soubresauts de l'Univers.



Pour comprendre, il faut revenir un an en arrière, en mars 2013, lors de la publication retentissante de la photographie du fond diffus cosmologique réalisée par le télescope spatial *Planck* (S&V n° 1148, p. 76).

Les cosmologistes avaient enfin devant eux l'image de la plus ancienne lumière de l'Univers, émise 380 000 ans après le big bang. Jusqu'à cette date – lointaine, mais déjà très éloignée de la fameuse phase d'inflation censée s'être déroulée au tout début de la première seconde, les particules étaient tellement agitées que chaque grain de lumière émis par l'une d'elles était instantanément réabsorbé par une voisine : tout était opaque.

À la faveur du refroidissement qui accompagna la lente expansion de l'Univers, la lumière s'est subitement libérée de l'emprise de la matière : en



DENIS BARKATS

Astronome, membre de la collaboration Bicep2, base antarctique américaine de Amundsen-Scott, pôle Sud

"On a d'abord cru à une erreur"

Science & Vie : Comment avez-vous réagi lorsque vous avez découvert ce signal ?

Denis Barkats : Lorsque nous avons pris conscience, au mois d'avril 2013, que le signal des ondes gravitationnelles primordiales se trouvait dans nos données, nous étions intensément sceptiques. Notre première réaction a été de nous dire que quelque chose clochait. C'était tellement... hallucinant, inhumain, intangible ! Il nous a fallu un an de travail pour nous persuader qu'il ne s'agissait pas d'une erreur.

S&V : Quelles pouvaient être selon vous les sources d'erreurs ?

D.B. : Durant les huit premiers mois, nous avons envisagé toutes les sources de contaminations instrumentales possibles, afin de nous persuader que le signal provenait bien du ciel. Après quoi, nous nous sommes assuré qu'il ne prove-

naît ni de l'émission des électrons de la galaxie, lorsqu'ils sont accélérés dans un champ magnétique, ni de celle de la poussière galactique. La première hypothèse a rapidement été écartée grâce aux données du satellite *WMAP*. Et la seconde en utilisant les cartes de cette émission établies par le satellite *Planck*, ainsi que d'autres modèles. Enfin, nous avons corrélié nos données avec celles de l'expérience Bicep1 et les données préliminaires du Keck Array, deux expériences dédiées à l'étude des ondes gravitationnelles primordiales dont les sources possibles d'erreurs instrumentales sont différentes.

S&V : Aujourd'hui, êtes-vous sûr de la validité de vos données ?

D.B. : Cela paraît insensé, mais c'est la solution qui explique le mieux notre observation : nous avons bien détecté le signal à l'origine de notre Univers.

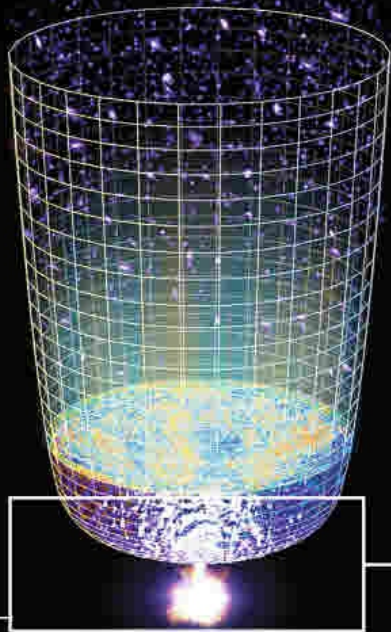
La genèse de l'Univers enfin reconstituée

La théorie du big bang décrit l'histoire de l'Univers. En remontant le temps jusqu'à 13,8 milliards d'années, elle explique la présence des galaxies, étoiles... et le moment de la libération de la lumière, 380 000 ans après sa naissance. Autant de prédictions déjà vérifiées. Restaient les premiers instants. C'est ce que vient de faire Bicep2.

Aujourd'hui
13,8 Mds
d'années

380 000
ans

0
Big bang



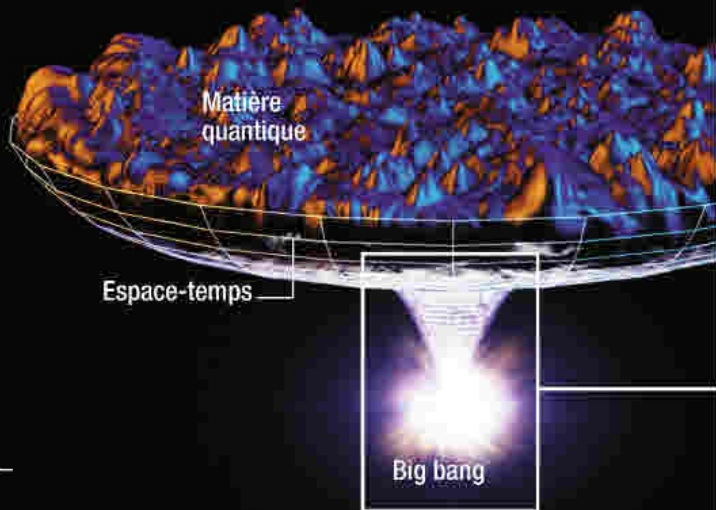
Entre 10^{-38} et 10^{-30} seconde : l'inflation démultiplie l'Univers

Quelques instants après sa naissance, durant un centième de milliardième de seconde, l'espace-temps est multiplié par 10 millions de milliards de milliards, jusqu'à presque atteindre sa taille actuelle. À l'intérieur règne un gigantesque magma de particules qui fluctuent entre plusieurs états quantiques.

10^{-30}
seconde

10^{-38}
seconde

0



→ chaque point, le cosmos a émis un véritable flash dans toutes les directions. C'est ce flash qui baigne encore tout l'Univers. Et c'est cette lumière qui vient d'être photographiée par *Planck* sur l'intégralité de ciel, avec une précision maximale.

L'EMPREINTE DU CHAOS

Depuis, le suspens régnait : tous les cosmologistes attendaient les résultats des analyses approfondies de l'image de ce flash ancestral. En particulier l'analyse de la direction d'oscillation des champs électrique et magnétique des grains de lumière qui le composent, c'est-à-dire leur polarisation. Car tous savaient que cela pouvait les mener jusqu'aux tout premiers instants du monde...

Les équations indiquent en effet que cette polarisation porte l'empreinte du chaos qui secoua le cosmos durant la première fraction de seconde. L'espace-temps lui-même se serait alors mis à osciller, cette agitation engendrant l'émission d'ondes qui ont déformé la structure spatio-temporelle, se propageant comme une onde sur la surface d'un lac. Or, ces ondes dites "gravitationnelles" ont dû perturber la polarisation de la lumière – plus précisément une partie de cette polarisation que les spécialistes appellent les modes B. Jusqu'à s'imprimer dans le premier flash lumineux libéré, 380 000 ans plus tard.

Seulement la théorie ne présageait en rien l'intensité de ces modes B. La plupart des scienti-

fiques s'étaient même résignés à ce que ce signal soit si faible qu'il demeure à jamais noyé dans le bruit de fond de l'Univers. Patrick Peter, de l'Institut d'astrophysique de Paris, nous confiait ainsi il y a peu : "Une mise en évidence des ondes gravitationnelles primordiales serait extraordinaire. Mais ce n'est probablement pas pour demain." Quelques optimistes espéraient toutefois que la découverte viendrait de l'analyse des données de *Planck*, dont les résultats complets devraient être livrés à l'automne prochain.

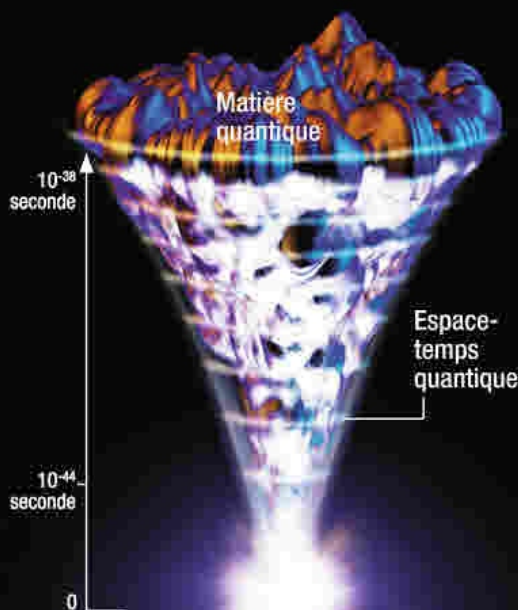
C'était sans compter sur la lunette de Bicep2. "Pour une fois, la nature a été sympa", plaisante Aurélien Barrau, du Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie, à

Jargon

Les ondes gravitationnelles sont des vibrations de la trame de l'espace-temps prédites par la théorie de la relativité générale, qui stipule qu'une masse déforme l'Univers jusqu'à ce qu'il se mette à osciller. Observées indirectement en 1979, elles n'avaient jamais été confirmées.

Entre 10^{-44} et 10^{-38} seconde : l'espace-temps fluctue

Un centième de milliardième de milliardième de milliardième de seconde après sa naissance, l'Univers est minuscule. Il est lui-même soumis aux lois quantiques : le temps et l'espace se trouvent dans plusieurs états à la fois.



Grenoble. En tout cas, suffisamment pour mettre le précieux signal à portée d'une petite lunette déployée sur le site de la base antarctique américaine Amundsen-Scott, à quelques kilomètres du pôle Sud. "Bicep2 n'est pas une expérience très coûteuse, explique Denis Barkats, astronome à l'observatoire Alma, au Chili, et cosignataire de la découverte. Mais elle a été optimisée dans un but unique : détecter la trace des ondes gravitationnelles primordiales."

L'INFLATION ENFIN DÉMONTRÉE

A l'opposé du télescope spatial qui regarde tout le ciel à la fois, Bicep2 est, lui, focalisé sur une petite fraction de seulement 2 % environ, sélectionnée parce qu'elle se trouve à

distance de la lumière éblouissante de la Voie lactée.

Armé de 512 détecteurs ultrasensibles opérant à 150 GHz, soit la longueur d'onde où le fond diffus est le plus intense et la pollution galactique la plus faible, il a capturé de 2010 à 2012 une image toutes les neuf heures. Le but : mesurer les polarisations des photons, afin de détecter d'éventuels effets causés par les ondes gravitationnelles primordiales.

Effets que la théorie prévoyait formellement. La polarisation des particules de lumière venant du fond diffus cosmologique devait en effet se trouver orientée de telle sorte que des tourbillons surgissent, avec une taille angulaire caractéristique : autour de 2° sur le

LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE ENTHOUSIASTE

Les résultats de Bicep2 ont suscité une vague de réactions sans précédent. Florilège :

"S'il est confirmé, c'est sans doute le résultat le plus important de ce siècle en cosmologie observationnelle"

ANDRÉ LINDE,

cosmologiste à l'université Stanford, États-Unis, concepteur du scénario de l'inflation

"Ce résultat figurera parmi les plus grandes découvertes de tous les temps"

LIAM MCALLISTER,

de l'université Cornell, États-Unis, spécialiste mondial de la gravité quantique

"C'est totalement hallucinant, presque l'expérience transcendante d'une vie"

ANDREAS ALBRECHT,

de l'université de Californie, à Davis, artisan de la théorie de l'inflation

"Si c'est confirmé, c'est énorme... tout simplement énorme !"

FRANÇOIS BOUCHET,

de l'Institut d'astrophysique de Paris (IAP), l'un des responsables du satellite Planck

"On entre dans une physique totalement nouvelle"

JEAN-MICHEL LAMARRE,

du Laboratoire d'étude du rayonnement et de la matière en astrophysique, un des concepteurs de Planck

Ce que changent déjà les résultats de Bicep2

Voici relancées les théories de grande unification

Les observations de Bicep2 offrent une coïncidence frappante: lorsque le cosmos a amorcé sa phase d'inflation, sa densité d'énergie était exactement celle requise pour que, selon les théories de grande unification élaborées dans les années 1970, et restées spéculatives, les deux forces nucléaires (la faible et la forte) et la force électromagnétique qui régissent l'univers microscopique n'en fassent plus qu'une. *"Cela n'indique rien de précis, mais incite à se pencher à nouveau sur ces théories"*, prévient Patrick Peter, de l'Institut d'astrophysique de Paris. Matthew Kleban, de l'université de New York s'enthousiasme déjà: *"Avec Bicep2, nous avons au moins une chance d'apprendre quelque chose sur une physique opérant à des énergies inaccessibles sur Terre, mille milliards de fois supérieures à celles mises en œuvre au LHC, l'accélérateur géant de particules du Cern, près de Genève."*

La matière noire perd un candidat

Les ondes gravitationnelles primordiales mesurées renseignent sur leur éventuelle interaction avec la matière noire censée représenter 85 % du contenu matériel de l'Univers. Plusieurs groupes de théoriciens ont déjà étudié leurs conséquences sur une particule candidate au statut de matière noire: l'axion, imaginé dans les années 1970. Résultat: cette particule, si tant est qu'elle existe, ne peut représenter qu'une infime fraction de la matière noire...

D'autres univers sont bien plausibles

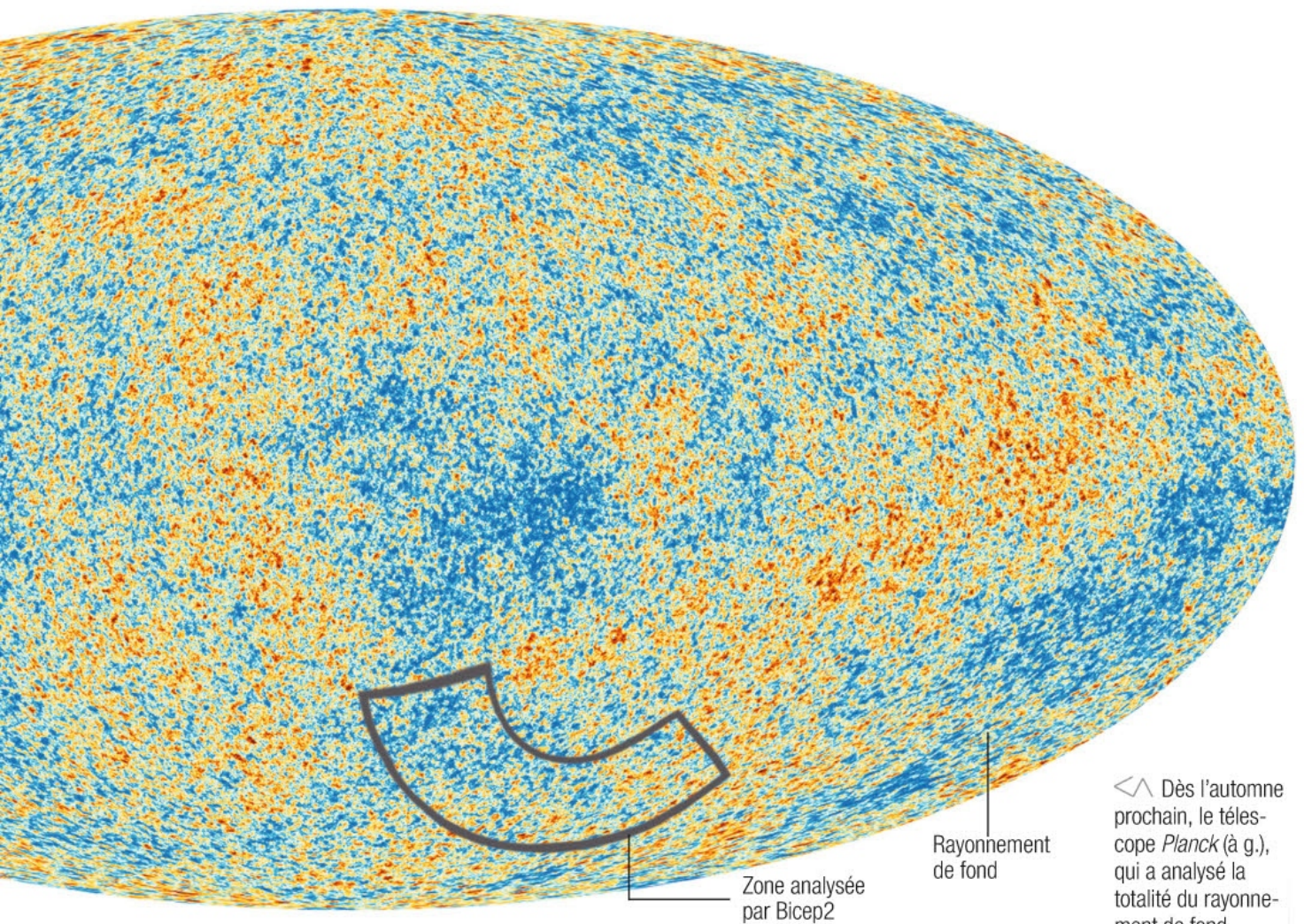
Les données de Bicep2 permettent de faire le tri entre les très nombreux modèles d'inflation proposés depuis trente ans. Comme le précise Andreï Linde, de l'université Stanford, *"Bicep2 élimine 99 % des modèles d'inflation, et montre que le modèle d'inflation chaotique que j'ai proposé en 1983 satisfait à toutes les contraintes observationnelles"*. Or, ce modèle dit que des bouffées d'inflation peuvent survenir à tout moment dans chaque recoin d'un univers infiniment plus vaste que le nôtre. *"Les observations de Bicep2 ne constituent pas une preuve du scénario du multivers, mais elles y apportent du crédit"*, souligne Raphael Bousso, de l'université de Californie, à Berkeley. Elles font en tout cas entrer la question d'un "au-delà" dans le champ scientifique. La preuve? L'invalidation par Bicep2 du scénario proposé en 2001 par Neil Turok, directeur de l'Institut Perimeter, au Canada, et Paul Steinhardt, de l'université de Princeton, selon lequel l'Univers serait né de la collision de deux "branes" évoluant dans un espace de dimension supérieure. Un scénario qui ne prévoyait l'émission d'aucune onde gravitationnelle primordiale!



ciel. Et ce sont bien ces volutes cosmiques que Bicep2 a mesurées. Sur l'image finale qu'il a livrée, chacun des 4000 pixels est représenté par un trait noir indiquant la polarisation moyenne de milliards de milliards de photons enregistrés en ce point. Qui décrivent bien des tourbillons de la taille attendue!

Les conséquences de cette confirmation observationnelle sont multiples. D'abord, ces ondes gravitationnelles sont une prédiction majeure du scénario de l'inflation, cette phase durant laquelle l'Univers a gonflé de manière exponentielle. Or, l'inflation était le point faible de la théorie du big bang. *"Nous n'aurons de preuve de l'existence de l'inflation qu'à condition de détecter les ondes*

ESA & THE PLANCK COLLABORATION



À l'automne prochain, le télescope *Planck* (à g.), qui a analysé la totalité du rayonnement de fond, devrait compléter les résultats obtenus sur une petite partie du ciel (zone grise) par Bicep2.

gravitationnelles censées avoir pris corps en son sein", prévenait ainsi, il y a un an, Jean-Loup Puget, de l'Institut d'astrophysique, à Orsay, responsable scientifique de *Planck*. Ce scénario que d'aucuns qualifiaient de "pure folie" est aujourd'hui magistralement confirmé.

ENFIN UNE BASE CHIFFRÉE

Ensuite, et surtout, en permettant de remonter plus loin dans le temps, jusqu'aux soubresauts qui les ont engendrés, au début de l'inflation et même avant, les petits traits noirs de Bicep2 apportent une information capitale: "La preuve frappante que la gravité peut être fusionnée avec la mécanique quantique", s'enthousiasme Liam McAllister, spécialiste du sujet à l'université Cornell, Etats-Unis.

Car le phénomène qui a provoqué l'émission d'ondes gra-

vitationnelles est d'origine purement quantique: l'Univers lui-même se trouvait dans une superposition simultanée de plusieurs états, une étrangeté caractéristique des lois du monde microscopique.

Avec l'image de Bicep2, il est pour la première fois possible d'observer directement cette dimension quantique de la gravité. Alors que les plus brillants théoriciens tentaient en vain depuis un siècle de réconcilier relativité générale et théorie quantique, ils savent aujourd'hui que ces deux mondes ont bien été unis, à l'origine. "Peu d'entre nous rêvaient d'en contempler la preuve", admet Liam McAllister.

Voilà qui donne aux physiciens, pour la première fois, des mesures chiffrées à mettre en face de leurs idées. "Bicep2 change le sens de la démarche

théorique, se réjouit Aurélien Barrau. Jusqu'alors, il y avait quelque chose d'un peu désespérant à faire des calculs dont on se disait que leurs prédictions resteraient à jamais inaccessibles." Désormais, c'est sur des bases certaines et chiffrées que les chercheurs vont pouvoir s'appuyer. Et cela change tout. Qu'il s'agisse de la théorie du tout, de l'existence de la matière noire, de l'exploration d'autres univers... les grandes questions de la cosmologie et de la physique fondamentale sont en passe d'être renouvelées (voir encadré ci-contre).

Toute la communauté attend maintenant les analyses de la polarisation sur l'intégralité du ciel observé par *Planck*, cet automne. Pour confirmer, avec des observations indépendantes, que la cosmologie est bien entrée dans une nouvelle ère.

A lire : les résultats de la collaboration Bicep2.

A voir : la vidéo d'Andrei Linde apprenant la confirmation de sa théorie de l'inflation.

science-et-vie.com

EN SAVOIR PLUS



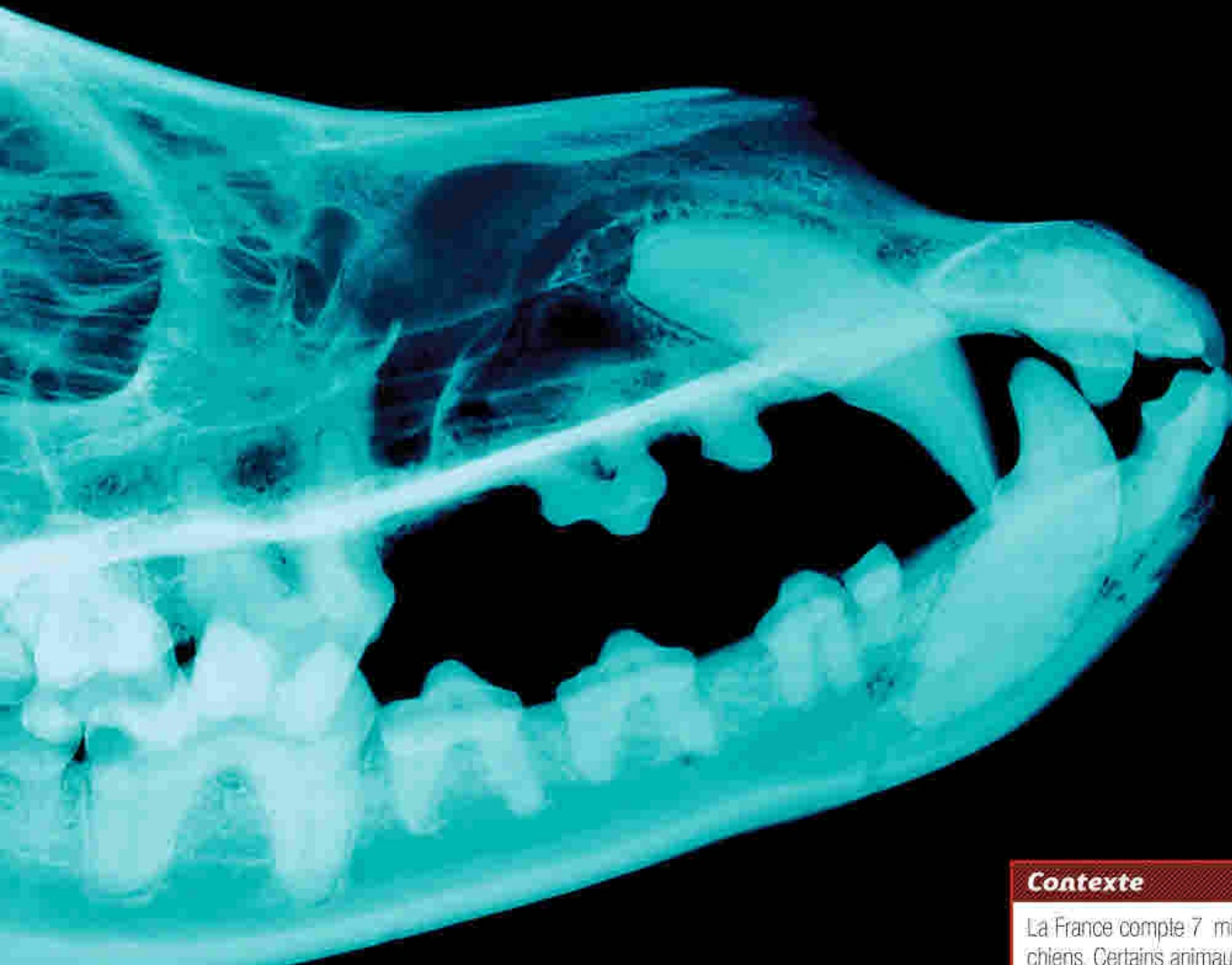
Origine, domestication, diversité...

Les nouveaux mystères du chien

On savait le chien une invention de *Sapiens*. Mais comment le loup fut-il domestiqué ? Quel fut le premier chien ?

La génétique livre aujourd'hui des réponses... inattendues.

Par **Lise Barnéoud**



D'un côté, un loup gris massif, hurlant la nuit, capable de briser net le fémur d'une proie trois fois plus grosse que lui. De l'autre, un minuscule chihuahua, niché sur un canapé. Entre les deux ? L'homme !

Car le chien est une invention de *Sapiens* : c'est lui qui, il y a des milliers d'années, à partir d'un être sauvage, le loup, se composa un compagnon docile et fidèle, le chien.

Ou plutôt, les chiens. On en compte aujourd'hui plus de 400 races, depuis le chihuahua jusqu'au berger anatolien. Une extraordinaire diversité née des efforts de nos ancêtres, qui réussissent à transformer une bête sauvage en allié à quatre

pattes. La domestication était née. Une première dans l'histoire du vivant...

Une première aussi pour l'homme : les scientifiques ont établi que la domestication du chien précéda – et de beaucoup ! – celle du cheval, du cochon, du chat... Ils savent aussi que toutes les races de chien descendent du loup.

Mais quant à savoir quand le loup devint chien pour la première fois, et quels furent les hommes qui façonnèrent à leurs besoins ce grand prédateur... Là, le mystère persiste.

Les efforts pour remonter aux origines du chien sont pourtant intenses. Les techniques pour faire parler aussi bien les cellules des canidés contempo-

Contexte

La France compte 7 millions de chiens. Certains animaux d'attaque et de défense peuvent échapper à leurs maîtres : on dénombre ainsi des centaines d'attaques de troupeaux d'ovins par an. L'instinct de chasseur hérité du loup demeure...

ains que celles de leurs ancêtres fossilisés s'affinent sans cesse. Et ces derniers mois, les résultats sont tombés en pluie.

Plusieurs équipes de recherche, de tous les pays, ont fait assaut de découvertes et de nouvelles hypothèses, qui précisent la part du loup dans les différentes races de chien, remontent toujours plus haut dans l'arbre généalogique des canidés. Mais leur berceau ultime reste incertain, comme le moment exact où le loup devint chien.

1

LES CHIENS LES PLUS PROCHES DU LOUP N'EN ONT PAS L'AIR

Contrairement à ce que pensait Darwin, du sang de loup coule dans les veines de chacune des 400 races de chiens modernes, sans distinction. Et du sang de loup uniquement! "Lors du séquençage intégral du génome canin en 2004-2005, nous avons montré une différence d'à peine 0,2 % entre chien et loup", précise Christophe Hitte, de l'Institut de génétique et développement de Rennes.

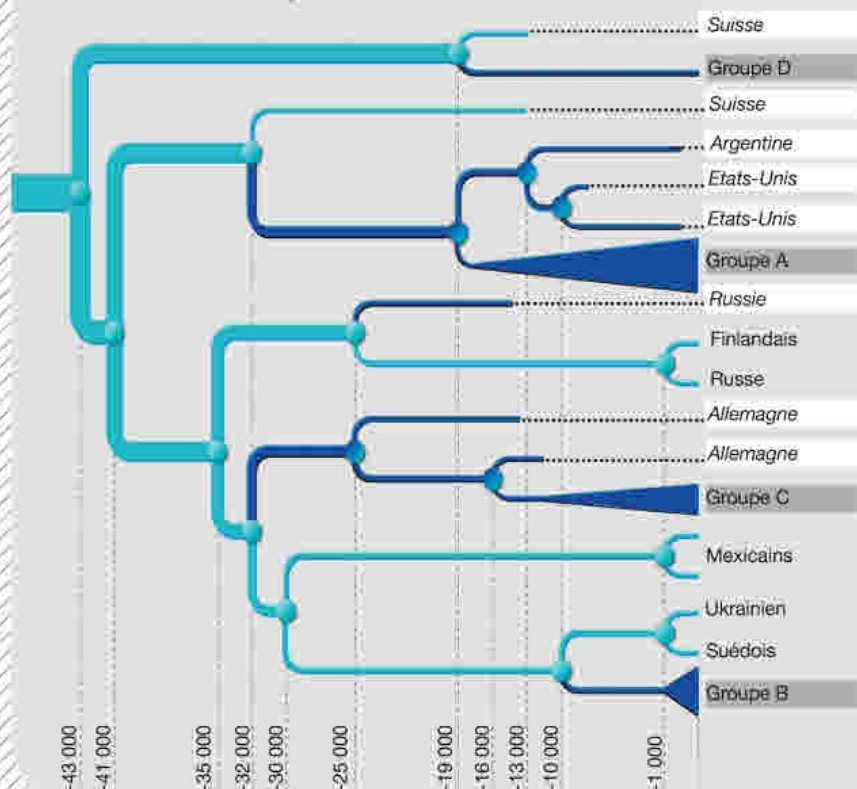
Toutefois, les bergers allemands ou les huskies aux flagrantes allures de loup ne possèderaient-ils pas plus de loup en eux que les caniches? Sont-ils les descendants des premiers canidés domestiqués? Tout faux. Les apparences trompent. Le chow-chow, un chien asiatique d'environ 50 cm de hauteur à l'épaisse fourrure et à l'allure de peluche, comme le shar-pei, ce petit molosse chinois tout plissé, sont génétiquement plus proches du loup que le doberman!

L'héritage du loup se révèle donc différent pour chaque chien... et la plus grande part du loup ne se trouve finalement pas dans les gènes de ceux qui semblent le plus s'apparenter au fauve.

Plus précisément, 64 % des races de chiens modernes (groupe A) possèdent un ancêtre commun qui remonte à 18 000 ans environ. Et ce parent commun à tous ces chiens partage quant à lui un ancêtre avec les loups âgé d'environ 32 000 ans. Les autres races de chiens modernes (groupes B, C, D) ont des ancêtres communs aux loups plus récents (voir arbre généalogique ci-dessous, d'après Science, 2013).

Tous les chiens descendent du loup

■ Loup ■ Chien ■ Origine du fossile ■ Groupes des chiens actuels



2

SAPIENS

Le cheval a beau avoir la réputation d'être la plus noble conquête

de l'homme, elle est loin d'être la première. Il fut domestiqué, au plus tôt, il y a 8500 ans. Le cochon, le bœuf et le mouton furent conquis avant lui. Le chat également. Mais ni les premiers, malgré leurs évidents mérites nutritifs, ni le second, malgré l'aide précieuse qu'il pouvait apporter pour préserver les récoltes des rongeurs, ne firent alliance avec l'homme avant le

Le loup est le premier animal à avoir été domestiqué

Paléolithique

-30 000

3

LE CHIEN

Pour peu qu'on le cherche, le chien le plus ancien, celui qui le premier se

serait différencié du loup sous l'effet de la domestication est partout...

Si nombre de spécimens de 12 000 à 15 000 ans ont été découverts en Europe, dont un de 31 700 ans en Belgique, ce sont les Russes qui détiennent le plus vieux: un fossile d'environ 33 000 ans.

A DOMESTIQUÉ LE LOUP AVANT DE CULTIVER LA TERRE

loup. Ils furent conquis pendant le Mésolithique, période courant de -12 000 à -6 500 ans. La domestication du fauve au pelage gris les précède de plusieurs milliers d'années. Les dernières estimations des paléontologues et des généticiens, appuyées par la comparaison des séquences d'ADN et des fossiles de loups et de chiens anciens et contemporains, la font remonter au Paléolithique. Au plus tôt, il y a environ 30 000 ans. Au plus tard, il y a environ 18 000 ans.

Même si la fourchette est large, il n'y a plus de doute : les premiers chiens sont apparus avant que la civilisation humaine ne se fonde sur l'agriculture et la sédentarité. Ce sont ainsi des chasseurs-cueilleurs qui, les premiers, osèrent approcher le superprédateur.

Une association de superprédateurs

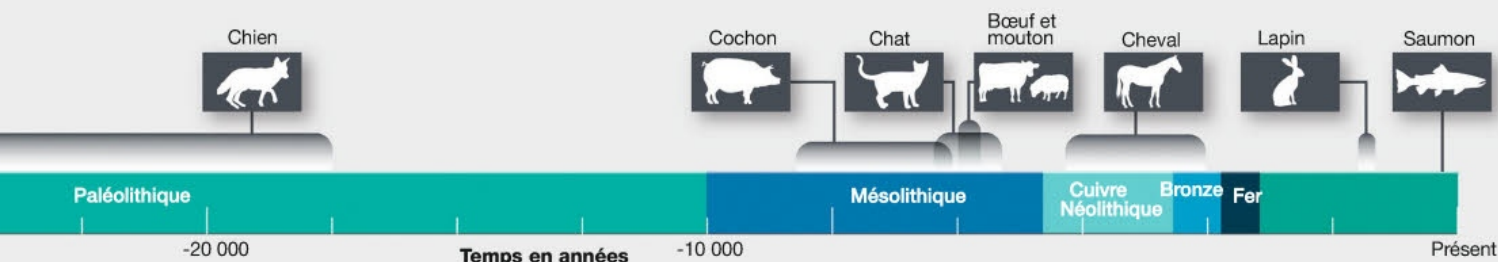
La suite de l'histoire, c'est une explosion démographique de nos aïeux, qui finirent par se sédentariser, pratiquer l'agriculture et domestiquer d'autres espèces.

C'est ce qu'on a baptisé la "révolution néolithique" qui eut lieu il y a 10 000 ans. Et si la domestication du loup avait joué un rôle décisif dans cette période critique ? Et si cette association du loup et de l'homme, deux superprédateurs, avait alors offert aux deux espèces des avantages supplémentaires tels qu'ils ont fini par s'imposer comme véritables maîtres de la nature ?

"Les loups devaient représenter un énorme avantage, approuve l'éthologue Pierre Jouventin. Les chasseurs-

cueilleurs d'Afrique ramènent par exemple trois fois plus de gibiers s'ils sont accompagnés de leur chien. Il n'est pas impossible d'ailleurs que cette alliance nous ait permis de prendre le dessus par rapport aux hommes de Neandertal qui n'ont, semble-t-il, jamais domestiqué de loup."

Voilà de quoi redorer l'image du chihuahua. Lui aussi porte du loup dans ses gènes. Nous avons fait de lui un chien. Mais lui, d'une certaine manière, a fait de nous des hommes.



N'A PAS PU NAÎTRE EN UN SEUL ENDROIT

Ce qui n'empêche pas des chercheurs chinois de voir dans leurs chiens les plus anciens canidés domestiqués sur la foi d'une comparaison minutieuse de génomes entiers de loups is-

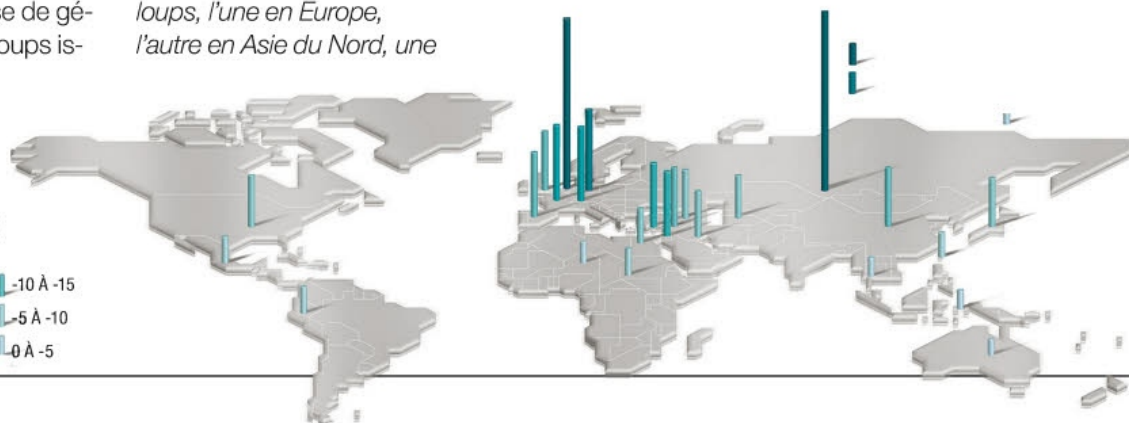
sus de Mongolie, d'Europe et de Russie. Comment s'y retrouver ? "On peut envisager que plusieurs populations de loups, l'une en Europe, l'autre en Asie du Nord, une

autre en Israël par exemple, aient contribué à donner naissance aux chiens, explique Greger Larson, généticien à l'université de Du-

rham. Les croisements et les déplacements ultérieurs font que ces origines différentes sont désormais illisibles dans l'ADN moderne."

Age des fossiles de chiens découverts

(en milliers d'années)



4

LE LOUP A PU DEVENIR CHIEN EN QUELQUES GÉNÉRATIONS

Au fil des quatre derniers siècles, les éleveurs ont conduit une sélection minutieuse, renforçant certains traits – docilité, taille... – par croisements successifs. Résultat : il existe aujourd'hui environ 400 races aux différences souvent plus évidentes que celles qui distinguent les chiens des loups. Celles-ci sont subtiles (voir ci contre), chiens et loups, toujours interféconds, n'étant pas séparés par une frontière définitive. Ces différences n'en sont pas moins caractéristiques de la domestication. Les loups se retrouvent en effet alors proches d'un prédateur (l'homme), avec une mobilité réduite et une promiscuité inédite. Ce nouvel environnement social modifie la production d'hormones influençant le développement et maintient les animaux dans un état de dominé permanent.

Le processus de domestication a pu aller très vite, comme le montre une expérience menée depuis 1959 en Sibérie sur le renard argenté, un animal sauvage apparenté au loup. En sélectionnant les renards les plus dociles, puis en les croisant entre eux, le généticien Dmitry Belyaev a obtenu en six générations des animaux qui recherchaient le contact avec les expérimentateurs. À partir de la huitième génération, le pelage de certains est devenu tacheté, vers la douzième génération, certaines oreilles sont restées pendantes et la queue enroulée, et à la vingtième génération, des individus présentaient des pattes plus courtes. À la dixième génération, 18 % des renards étaient devenus sociables. Ils sont plus de 80 % aujourd'hui, après quelque 35 générations...



5

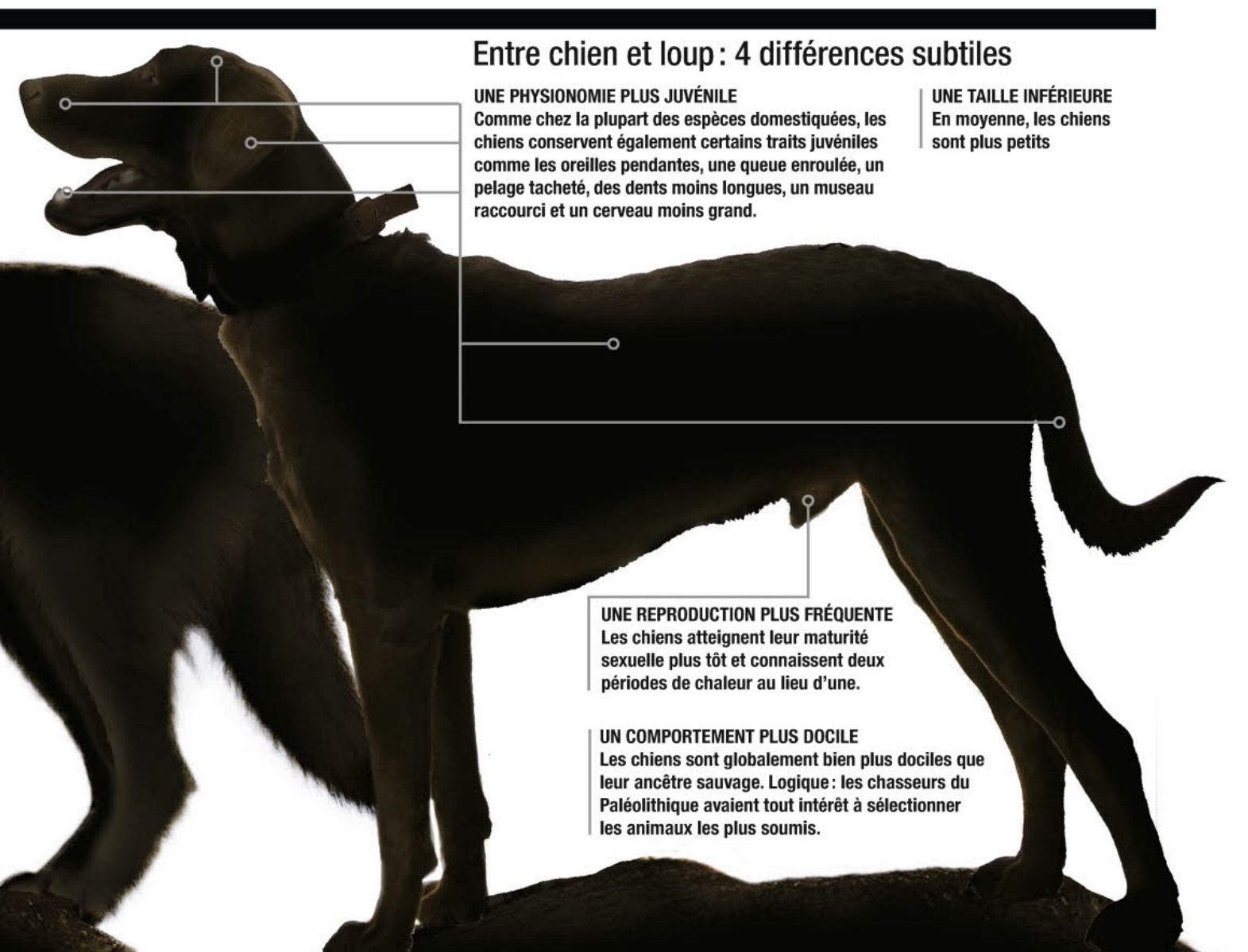
A L'ORIGINE DE LA DOMESTICATION DU LOUP, IL Y

Les hommes du Paléolithique ont-ils vu d'emblée dans les loups des alliés potentiels ? Ont-ils alors pris le risque de capturer quelques adultes parmi ces fauves, des loups affamés, ou plus simplement curieux, qui auraient fréquenté les campements humains

pour profiter des restes alimentaires ? Auraient-ils misé sur les animaux les plus dociles, notamment pour les aider à la chasse, exploitant leur flair et leur rapidité de course ? L'avantage est manifeste : les déchets auraient été éliminés et la présence des fauves

aurait pu dissuader les autres prédateurs d'attaquer le campement. La science ne permet pas de confirmer un tel scénario. Certes, l'alliance du loup et de l'homme possède des atouts naturels. Le rapprochement aurait en effet amélioré le résultat de la chasse chez les

deux espèces. Mais le premier pas pourrait aussi bien s'être fait *via* une véritable adoption : des hommes auraient installé des louveteaux au sein de leur tribu, que les fauves auraient fini par considérer comme leur propre meute. *"Cette hypothèse présente l'avantage d'une*



Entre chien et loup : 4 différences subtiles

UNE PHYSIONOMIE PLUS JUVÉNILE

Comme chez la plupart des espèces domestiquées, les chiens conservent également certains traits juvéniles comme les oreilles pendantes, une queue enroulée, un pelage tacheté, des dents moins longues, un museau raccourci et un cerveau moins grand.

UNE TAILLE INFÉRIEURE

En moyenne, les chiens sont plus petits

UNE REPRODUCTION PLUS FRÉQUENTE

Les chiens atteignent leur maturité sexuelle plus tôt et connaissent deux périodes de chaleur au lieu d'une.

UN COMPORTEMENT PLUS DOCILE

Les chiens sont globalement bien plus dociles que leur ancêtre sauvage. Logique : les chasseurs du Paléolithique avaient tout intérêt à sélectionner les animaux les plus soumis.

AURAIT DES LOUVETEAUX ADOPTÉS

intimité beaucoup plus grande entre les deux espèces, et donc d'une influence plus significative et plus rapide de l'homme sur l'évolution du loup", appuie Pierre Jouventin, qui, au début de sa carrière d'éthologue a élevé un loup en ville, confié par le zoo de Montpellier. Quatre jours après la nais-

sance, le louveteau, les yeux encore clos, a débarqué dans le petit appartement familial pour cinq années de cohabitation. "Lorsqu'un loup est intégré très tôt dans une famille, il la considère comme sa meute et finit par la protéger. Pour notre louve, j'étais le dominant, mais il fallait régulièrement

trouver des astuces pour maintenir ce statut, comme monter sur un tabouret ou l'entourer à plusieurs et la houspiller, raconte le scientifique. Dans ces conditions, l'adoption est si facile qu'elle a probablement été réalisée à plusieurs reprises dans l'histoire de l'humanité."

GETTY - ANDIA

A lire : les 8 articles scientifiques publiés récemment, qui éclairent les origines du chien. Ainsi que le livre *Kamala, une louve dans ma famille*, de l'éthologue P. Jouventin, qui a élevé un loup dans son appartement.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com



Au-delà du CO_2 et du méthane **Les molécules cachées du réchauffement**

SO_2F_2 , $\text{c-C}_4\text{F}_8$... Depuis dix ans, les chimistes découvrent dans l'atmosphère la présence de gaz industriels passés jusqu'ici inaperçus. Or, ces gaz ont un effet de serre bien plus dévastateur que celui du CO_2 ! Qu'ils viennent à se répandre, et le réchauffement s'emballera... Voici les huit plus menaçants.

Par **Vincent Nouyrigat**



CO₂ ici, CO₂ là... C-O-2: la formule chimique résonne comme un slogan. Un slogan désormais scandé aux quatre coins du monde.

Depuis le Sommet de la Terre de Rio, en 1992, le dioxyde de carbone est en effet devenu l'ennemi public numéro un.

C'est officiel, et cela ne suscite plus aucun doute chez les scientifiques: ce gaz, émis par la combustion des ressources fossiles, est le grand responsable du réchauffement global en cours. Et il mérite, à ce titre, d'être partout traqué, affiché, dénoncé.

Tant et si bien que, dans l'esprit de tous, la lutte contre le dérèglement climatique se résume au combat livré contre le CO₂ et, à la rigueur, contre le méthane (CH₄): fuites de gaz naturel, émanations du bétail, putréfaction des déchets...

Fort bien. Sauf que depuis environ dix ans, les chimistes multiplient les découvertes dans l'atmosphère, révélant qu'il existe de nombreux autres gaz à l'effet de serre inquiétant.

DES PROPRIÉTÉS DIABOLIQUES

Ces gaz méconnus n'ont jusqu'ici guère été suspectés ni étudiés, et surtout ils ont été largement occultés par le dioxyde de carbone et le méthane. Sauf que leurs rejets croissants menacent, à plus ou moins long terme, d'ajouter au chaos climatique.

Concrètement, il s'agit de composés artificiels relâchés par l'industrie, souvent en toute impunité. A l'image du perfluorotributylamine (PFTBA pour les intimes) dont l'existence a été révélée en décembre dernier. Songez que chaque molécule de ce PFTBA présente un pouvoir

réchauffant 7 100 fois supérieur à celui d'une molécule de CO₂! Ce n'est, hélas, qu'un exemple parmi beaucoup d'autres gaz (voir pages suivantes), dont les noms imprononçables ou les formules alambiquées ne sont connus que d'une poignée de laborantins et d'ingénieurs...

Certes, ces espèces moléculaires n'évoluent pour l'instant dans l'environnement qu'à des concentrations infimes. Certes, leur influence sur le cli- ➔

Enjeux

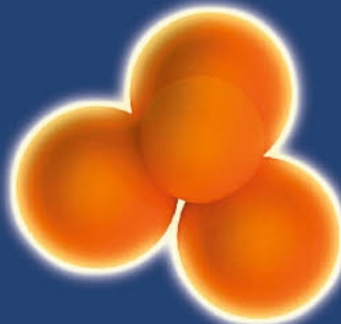
Depuis 1896 et les travaux du Suédois Svante Arrhenius, les scientifiques savent que le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau réchauffent l'atmosphère. Dans la seconde moitié du XX^e siècle, cette propriété a été reconnue à d'autres molécules (méthane, protoxyde d'azote). Or, aujourd'hui, les chimistes découvrent une noria de molécules artificielles à l'effet de serre immense.



- EFFET DE SERRE :
4 800 fois plus
puissant que le CO_2
- DURÉE DE VIE :
40 ans
- SOURCES :
traitements antipara-
sites, fumigations

FLUORURE DE SULFURYLE PULVÉRISÉ SANS RETENUE

Bien sûr, ses 2 000 tonnes émises chaque année dans l'immensité du ciel ne pèsent pas très lourd. Bien sûr, il y a plus grave. Mais lorsque Jens Mühle découvrit en 2004 la signature du fluorure de sulfuryle sur un capteur de l'université de San Diego, il ne put réprimer un soupir de dépit... Le $\text{SO}_2 \text{ F}_2$ est en effet pulvérisé sans retenue pour chasser les nuisibles : traitements antitermites, mises en quarantaine des containers, fumigations des fruits secs, noix, céréales ou farines avant expédition. Et personne pour s'inquiéter que les deux tiers de ce gaz funeste en profitent alors pour s'échapper dans l'atmosphère...



- EFFET DE SERRE :
17 700 fois plus
puissant que le CO_2
- DURÉE DE VIE : 550 ans
- SOURCES :
électronique, high-tech

TRIFLUORURE D'AZOTE L'INDUSTRIE LE CROYAIT VERTUEUX

On l'a cru inoffensif... "En 2008, notre attention a été attirée par une récompense remise à une entreprise qui avait remplacé un gaz à effet de serre 'officiel' par du trifluorure d'azote censé être vertueux : après analyse, on s'est rendu compte que c'était une erreur!", se souvient Michael Prather (université d'Irvine, Colorado). Et quelle erreur, sachant que les émissions de ce NF_3 progressent au rythme affolant de 11 % par an. S'il fut cantonné dans les années 1960 à quelques lasers et moteurs de fusée, l'industrie en use et abuse désormais pour graver des semi-conducteurs, fabriquer des écrans à cristaux liquides et des cellules photovoltaïques.

Les industriels soutiennent mordicus en perdre moins de 2 %. "Rien de plus faux, affirme Piers Forster (université de Leeds). Je ne sais pas où les pertes se produisent, peut-être ne s'en rendent-ils pas compte eux-mêmes, mais nos analyses sont formelles..." Selon de récents calculs, entre 10 et 20 % du NF_3 utilisé à l'échelle mondiale s'échapperaient dans l'atmosphère : ces quelque 1 200 tonnes par an valent bien les émissions de CO_2 de 700 000 véhicules.

→ mat terrestre demeure, à l'heure actuelle, très marginale. Mais chacun de ces invités inattendus illustre à sa manière l'incapacité fondamentale de l'humanité à juguler ses rejets vers l'atmosphère – cet immense dépotoir.

L'enjeu n'est pas mince... Après tout, qui aurait pu croire au milieu du XIX^e siècle que les émanations de CO_2 , encore subtiles à l'époque, allaient devenir un problème mondial ? Le problème ici, c'est que ces molécules affichent des propriétés diaboliques.

En premier lieu, leur pouvoir réchauffant est jusqu'à plusieurs milliers de fois supérieur à celui du si redouté dioxyde de

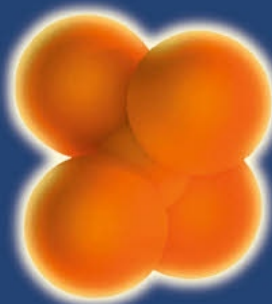
carbone ! De fait, ces gaz fabriqués de toutes pièces sont gorgés de fluor : "Les liaisons entre atomes de carbone (C) et de fluor (F), ou entre atome d'azote (N) et

Plus que chaque gaz, ce sont leurs effets cumulés qui font craindre le pire

de fluor (F) ont la propriété singulière d'absorber une large partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre, et donc d'augmenter le réchauffement", détaille Johannes Laube, chimiste de l'atmosphère à l'université d'East Anglia (Norwich, en Angleterre).

Deuxième particularité redoutable : "Ces gaz séjournent dans l'atmosphère des centaines, voire des milliers d'années, soit beaucoup plus longtemps qu'une molécule typique de CO_2 [dont la durée de vie est de cent vingt ans]", relève le climatologue Piers Forster, de l'université de Leeds (Angleterre).

Explication : à la différence du CO_2 , ces éléments sont totalement artificiels, tous synthétisés par l'industrie. Autrement dit, la nature ne les intègre pas dans ses rouages et ils ne sont absorbés ni par les végétaux, ni par les océans, ni par les sols... Tandis "qu'ils ne se laissent que très difficilement

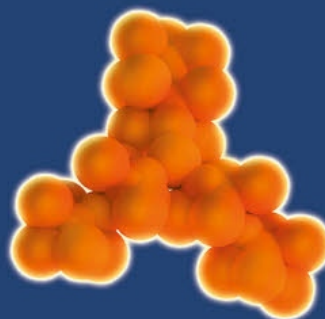


CF₄

- EFFET DE SERRE : 6 500 fois plus puissant que le CO₂
- DURÉE DE VIE : 50 000 ans
- SOURCES : sidérurgie, électronique

TÉTRAFLUORURE DE CARBONE DES PROPRIÉTÉS FUNESTES

Sous ses faux airs de modeste molécule de méthane (CH₄), le tétrafluorure de carbone – *alias* tétrafluorométhane – cache en fait une propriété proprement démoniaque : il persiste dans l'atmosphère durant cinquante millénaires... soit les deux mille générations humaines à venir. Ce composé est produit incidemment lors du procédé électrolytique qui permet de fabriquer l'aluminium. Des mesures ont été prises pour limiter ses émissions, mais l'industrie électronique en synthétise désormais volontairement pour nettoyer ses fours de production. Avec un brin d'inconscience...



PFTBA

- EFFET DE SERRE : 7 100 fois plus puissant que le CO₂
- DURÉE DE VIE : au moins 500 ans
- SOURCES : appareils électriques, électronique, thermique

PERFLUOROTRIBUTYLAMINE LA MENACE FANTÔME

Son existence dans l'atmosphère n'a été révélée que le lundi 9 décembre 2013 : *"Nous l'avons repéré à l'issue d'une campagne de mesures réalisées au Canada entre novembre et décembre 2012"*, explique Angela Hong (université de Toronto). A ce stade, peu d'informations circulent sur ce gaz étrange : *"Nous n'avons trouvé aucune donnée sur le niveau de sa production ou de ses émissions"*, témoigne la chercheuse. On sait seulement que son pouvoir réchauffant est considérable, et que les industriels l'utilisent pour des tests d'appareils électroniques et électriques, ou le transfert de chaleur – sans autre précision. Pour le reste, conclut la chimiste, *"nous n'avons pris qu'un instantané, en un seul point du globe, et nous ne savons pas encore si ses émissions diminuent ou, au contraire, augmentent à grande vitesse"*. A suivre, donc.

détruire par les rayons ultraviolets de la stratosphère", renchérit Michael Prather, professeur en sciences du système Terre à l'université d'Irvine (Colorado, Etats-Unis).

MÉCONNAISSANCE ET OMERTA

Résultat : ces gaz délétères et tenaces s'accumulent littéralement dans l'atmosphère. D'autant que, troisième caractéristique inquiétante, leurs rejets augmentent imperturbablement : jusqu'à 11 % par an, sans frein et sans entrave... Il était temps que les scientifiques s'emparent de la question.

Ce pan de l'histoire de la contamination atmosphérique

est resté longtemps inconnu. Et pour cause : *"Nous n'orientons jamais nos outils de détection vers les espèces exotiques"*, reconnaît Jean-Daniel Paris, du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, à Saclay. La quasi-totalité de la communauté des sciences du climat s'est toujours focalisée sur les gaz condamnés par le protocole de Kyoto, qui saturant les détecteurs. Alors que ces petits diables, particulièrement volatils et dilués, passent à travers les mailles de leurs filets...

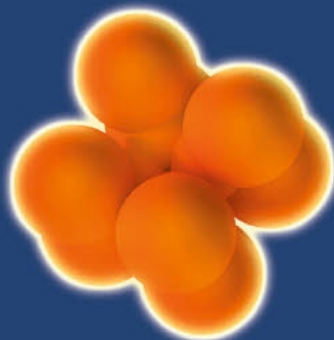
Tout a changé au début des années 2000, lorsque les chimistes voués à la surveillance des

gaz destructeurs de la couche d'ozone ont mis au point des outils d'une grande sensibilité.

Surprise : de curieux pics sont alors apparus sur ces chromatographes à phase gazeuse. Depuis, les découvertes sont allées en s'enchaînant.

Une véritable traque s'organise à travers une dizaine de stations de mesures réparties sur tous les continents. Des capteurs sont même installés à bord de vols long-courriers. Mais les chercheurs épluchent également les archives de l'immense programme d'échantillonnage de l'air mis en place à Cape Grim, sur l'île de Tasmanie. Là, loin du monde indus-

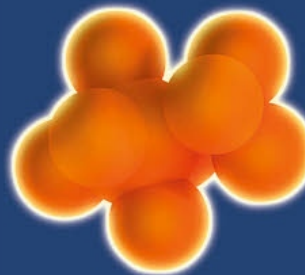




- EFFET DE SERRE :
10 300 fois plus
puissant que le CO_2
- DURÉE DE VIE :
3 200 ans
- SOURCES :
électronique, protection
incendie, réfrigération

OCTAFLUOROCYCLOBUTANE DÉGAZÉ CLANDESTINEMENT

Ses émissions déjouent tous les pronostics. Jugez plutôt : les quantités d'octafluorocyclobutane mesurées dans l'atmosphère sont cent fois supérieures aux fuites envisagées par l'industrie mondiale. 100 fois ! *"Normalement, ce composé a des applications bien identifiées en électronique, réfrigération, mais aussi dans les extincteurs, expose Dave Oram, l'un de ses découvreurs (université East Anglia, Angleterre). Aurait-il alors une application inconnue à ce jour ? A moins qu'il ne soit émis lors de l'incinération des plastiques."* Son histoire elle-même ne fournit pas de piste : chute brutale à partir de 1987, puis montée assez vive après 1993, sans raison valable. Le résultat est pourtant là : quelque 38 000 tonnes de C_4F_8 occupent le fond de l'air, soit l'équivalent, en CO_2 , de plus de dix ans d'émissions du transport aérien mondial ! Pour un simple passager clandestin, cela commence à faire beaucoup...



- EFFET DE SERRE :
18 000 fois
plus puissant
que le CO_2
- DURÉE DE VIE :
900 ans
- SOURCE :
inconnue

TRIFLUOROMÉTHYLE PENTAFLUORURE DE SOUFRE NUL NE SAIT D'OÙ IL VIENT...

Sa découverte, en 2000, fut une surprise : aucun chimiste n'en avait entendu parler. D'où peut bien venir ce monstre ? Un temps, les chercheurs ont pensé qu'il était un coproduit de l'hexafluorure de soufre (SF_6). Sauf que leurs trajectoires d'émission ne collent pas. Sa présence dans l'atmosphère continue donc d'être une énigme. Tout ce que l'on sait, après analyse des glaces polaires, c'est que ses rejets ont débuté vers 1950, avant de décliner au milieu des années 1990, pour cesser totalement en 2003. Depuis, plus rien. Même si, face à tant d'incertitudes, la menace d'une reprise plane toujours. A vrai dire, le mal est déjà fait : durant les 900 ans à venir, 5 000 tonnes de ce gaz synthétique déstabiliseront notre atmosphère.

→ triel, à l'orée de l'Antarctique, la quintessence de l'atmosphère y est aspirée depuis 1978.

Il faut se rendre alors à l'évidence : même le ciel le plus pur est pollué de toutes sortes de produits chimiques imprévus employés pour des activités furieusement modernes, comme la gravure de semi-conducteurs, la fabrication d'écrans plats, la réfrigération, le transport d'électricité...

La faute à qui ? Aux industriels qui les ont laissés s'échapper pendant la synthèse de ces composés, durant leur transport, au cours de leur utilisation ou en-

core, plus tard, avec la mise au rebut d'appareils aux réservoirs encore à moitié pleins. A leur décharge, le danger leur échappait, comme à tout le monde, scientifiques compris... *A priori*, aucun industriel n'a en effet intérêt à voir fuir de ses installations ces gaz plutôt onéreux.

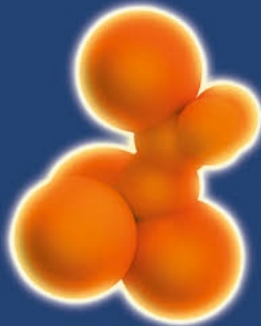
Mais s'il ne s'agissait que de cela ! Outre ces fuites gazeuses plus ou moins conscientes, plus ou moins volontaires, les chercheurs mesurent en réalité dans l'atmosphère des quantités de gaz au moins

Et aussi

CFC 112, 112a, 113a, HCFC 133a... Début mars, des chercheurs anglais ont révélé la présence dans l'atmosphère de 4 nouveaux gaz destructeurs de la couche d'ozone. Inquiétant car leur concentration augmente en dépit des traités internationaux...

deux fois supérieures à celles déduites des quelques statistiques diffusées par l'industrie sur ces fuites – lorsqu'elles existent. Pourquoi diable ?

"Dans leurs déclarations, les acteurs n'envisagent qu'un fonctionnement optimal de leurs procédés", estime Michael Prather. Et puis, il y a les inconnues propres à la chimie : "Lorsqu'ils sont émis, certains produits forment des coproduits délétères dont les ingénieurs n'ont pas forcément connaissance", explique Dave Oram, chimiste à l'université d'East Anglia.



- EFFET DE SERRE :
1 300 fois plus
puissant que le CO_2
- DURÉE DE VIE :
15 ans
- SOURCES :
climatisation

TÉTRAFLUOROÉTHANE LE NOUVEL ENNEMI PUBLIC

Tétrafluoroéthane... Son seul nom fait trembler. Si ce gaz massivement employé pour la climatisation (surtout des voitures) affiche des caractéristiques assez modestes, son abondance dans l'air fait craindre le pire : avec toute sa famille des hydrofluorocarbones (HFC), il pourrait représenter en 2050 de 25 à 40 % de l'effet de serre annuel exercé par le CO_2 ! L'invention et l'utilisation de ces HFC portaient pourtant d'une bonne intention : il s'agissait de remplacer, dans les années 1990, les fameux CFC destructeurs de la couche d'ozone dans la réfrigération, les aérosols ou les mousses isolantes. C'était oublier, un peu vite, le pouvoir réchauffant de ces soi-disant sauveurs... Depuis un an, les Etats-Unis, la Chine et l'Europe préparent des mesures visant à éliminer ces HFC d'ici à vingt ans. Mais l'Inde et l'Arabie Saoudite s'y opposent, au grand dam de Johannes Laube (université East Anglia, Angleterre) : "Ses émissions continuent d'augmenter très rapidement."



- EFFET DE SERRE :
22 800 fois plus
puissant que le CO_2
- DURÉE DE VIE :
800 à 3 200 ans
- SOURCES :
équipements
électriques, sidérurgie

HEXAFLUORURE DE SOUFRE IL DÉJOUE LES MOYENS DE LUTTE

Il n'y a pas de quoi se vanter : cette molécule à l'effet de serre record est une invention française. Eh oui, elle fut synthétisée pour la première fois en 1900, dans les locaux de la faculté de pharmacie de Paris. Isolant hors pair, l'hexafluorure de soufre fut utilisé à partir des années 1960 dans les équipements électriques à haute tension (câbles, disjoncteurs, transformateurs). Equipements d'où il a pu s'échapper allègrement, ne serait-ce que lors des interventions de maintenance. Les électriciens consciencieux ont pris leurs précautions depuis. Las, sa remarquable stabilité chimique a motivé d'autres emplois : fusion de l'aluminium et du magnésium, gravure des circuits électroniques... Devant un tel pouvoir réchauffant, les auteurs du protocole de Kyoto n'ont pu faire autrement que d'intégrer l'hexafluorure de soufre à leur liste noire. Les industriels eux-mêmes affirment prendre aujourd'hui le problème à bras-le-corps. Et pourtant : les émissions de NF_6 ont augmenté de 75 % en dix ans.

L'hypothèse d'un mode d'utilisation inconnu n'est pas non plus à exclure. A cette méconnaissance se greffe une certaine omerta. Selon Jens Mühle, de l'université de San Diego (Etats-Unis), "les industriels ne veulent pas révéler in extenso les molécules qu'ils utilisent pour des raisons de propriété industrielle. En outre, la convention cadre des Nations unies, qui oblige à déclarer certains de ces gaz, ne concerne pas les pays en développement", comme la Chine, l'Inde, le Brésil...

Pris isolément, ces composés ne paient pas de mine. Ce sont

surtout leurs effets conjugués qui, dans un siècle ou deux, pourraient avoir un impact. D'autant que l'imagination des chimistes paraît sans limite.

D'AUTRES BATAILLONS À VENIR

"A la lecture des rapports de l'industrie électronique, j'ai découvert une zoologie impressionnante de composés très persistants, s'inquiète Jens Mühle. L'atmosphère contient certainement de nombreux gaz de synthèse qui n'ont même pas encore été détectés."

Plus que jamais, le fond de l'air effraie... Sachant que la

lutte contre le CO_2 doit rester une priorité, affirment tous ces spécialistes de l'atmosphère. Seulement, "pourquoi émettre tous ces gaz annexes si nous pouvons éviter de le faire?", suggère Dave Oram.

Restreindre ces émissions, par la loi s'il le faut, semble relever du bon sens. "Si personne n'y prend garde, nous risquons d'oublier tous ces composés et de les laisser s'accumuler dans l'atmosphère de nos lointains descendants", avertit Michael Prather. Preuve que le diable du réchauffement se niche, aussi, dans les détails.

A consulter : les études scientifiques qui ont révélé ou analysé chacune de ces 8 molécules.

★
EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com

Peau, cheveux, santé...

Voici ce que Neandertal nous a vraiment légué

Si notre génome a conservé la trace de notre cousin, comment s'incarne cet héritage au niveau de nos gènes ? Deux études américaines viennent de répondre. Avec quelques surprises à la clé...

Par **Emilie Rauscher**

En 2010, les rumeurs de leur union avaient défrayé la chronique scientifique... Le scandale était venu des laboratoires de paléogénétique du Max-Planck Institut (Allemagne), qui avaient fait d'une pierre deux coups : ils lisaient pour la première fois l'ADN de notre cousin perdu, Neandertal, et, par ricochet, en découvraient des traces dans notre propre génome, pourtant estampillé *sapiens*. La conséquence d'une relation forcément sexuelle.

B. BOURGEOIS

D'autres travaux avaient suivi, pour approfondir le sujet : il y

avait eu relations, certes, mais il y a 47 000 à 65 000 ans, à notre sortie d'Afrique, et l'hypothèse d'une orgie généralisée était écartée puisque seul un faible pourcentage d'ADN néandertalien survit en nous.

Assez toutefois pour aiguïser la curiosité des biologistes : de lui à nous, qu'est-ce qui était passé ? *"Jusqu'ici, nous cherchions plutôt à confirmer qu'il y avait bien eu échange... Maintenant, nous traquons ces fragments à travers tout notre génome !"*, s'enthousiasme Joshua Akey, généticien à l'université de Washington. ➔

Chronologie

Le dernier ancêtre commun à Neandertal et *Homo sapiens* est vieux de 500 000 ans. Puis, ces deux groupes ont évolué chacun de leur côté : en Europe et en Asie pour le premier, en Afrique pour le second. Si bien que quand ils se sont "retrouvés" il y a 40 000 ans au Moyen-Orient, ils avaient accumulé de nombreuses différences.

Le cas particulier du chromosome X

Il compte 5 fois moins d'apports néandertaliens que les autres chromosomes. Ces fragments ont disparu sous l'effet de la sélection naturelle, sans doute parce qu'ils diminuaient la fertilité des hybrides mâles Neandertal/*Sapiens*.

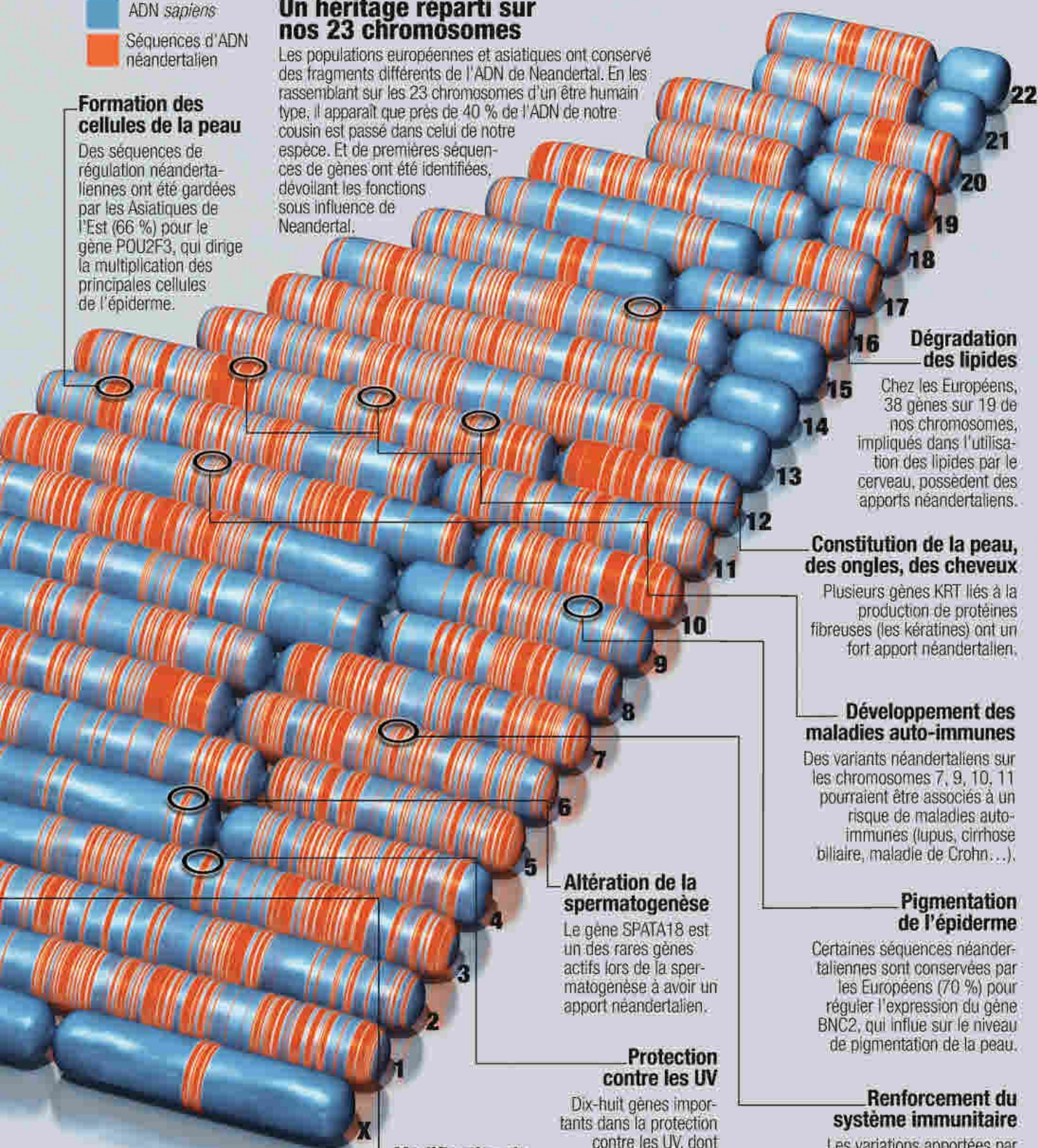
■ ADN sapiens
■ Séquences d'ADN néandertalien

Formation des cellules de la peau

Des séquences de régulation néandertaliennes ont été gardées par les Asiatiques de l'Est (66 %) pour le gène POU2F3, qui dirige la multiplication des principales cellules de l'épiderme.

Un héritage réparti sur nos 23 chromosomes

Les populations européennes et asiatiques ont conservé des fragments différents de l'ADN de Neandertal. En les rassemblant sur les 23 chromosomes d'un être humain type, il apparaît que près de 40 % de l'ADN de notre cousin est passé dans celui de notre espèce. Et de premières séquences de gènes ont été identifiées, dévoilant les fonctions sous influence de Neandertal.



Dégradation des lipides

Chez les Européens, 38 gènes sur 19 de nos chromosomes, impliqués dans l'utilisation des lipides par le cerveau, possèdent des apports néandertaliens.

Constitution de la peau, des ongles, des cheveux

Plusieurs gènes KRT liés à la production de protéines fibreuses (les kératines) ont un fort apport néandertalien.

Développement des maladies auto-immunes

Des variants néandertaliens sur les chromosomes 7, 9, 10, 11 pourraient être associés à un risque de maladies auto-immunes (lupus, cirrhose biliaire, maladie de Crohn...).

Pigmentation de l'épiderme

Certaines séquences néandertaliennes sont conservées par les Européens (70 %) pour réguler l'expression du gène BNC2, qui influe sur le niveau de pigmentation de la peau.

Altération de la spermatogenèse

Le gène SPATA18 est un des rares gènes actifs lors de la spermatogenèse à avoir un apport néandertalien.

Protection contre les UV

Dix-huit gènes importants dans la protection contre les UV, dont HYAL2, sont touchés chez les Asiatiques. Il y a 49 % de séquences d'origine néandertalienne chez les Japonais et 66 % chez les Chinois du Sud.

Modification du métabolisme

Certains processus métaboliques cellulaires, comme ceux dirigés par le gène SIPA1L2, sont modifiés par des variants néandertaliens.

Renforcement du système immunitaire

Les variations apportées par Neandertal y ont été conservées par les 200 gènes HLA de notre système immunitaire. Cette diversification est particulièrement utile pour reconnaître un maximum de pathogènes.

→ En ce début d'année 2014, son équipe et celle de Sriram Sankararaman, de la Harvard Medical School (Massachusetts), ont apporté les premières réponses. Leurs deux études ont disséqué les génomes de centaines d'Européens et d'Asiatiques de l'Est, les populations qui ont le plus d'ADN issu de Neandertal – puisque c'est dans ces régions que les métissages se sont produits.

De nouvelles "brindilles" à notre arbre familial

"Découvrir les séquences d'ADN que Neandertal nous a léguées n'est que la première étape, et la plus simple", explique Joshua Akey, de l'université de Washington. La méthode statistique qu'il a mise au point permet en effet de pister dans notre ADN les séquences pouvant provenir de métissages anciens, sans avoir besoin de comparer avec un génome de référence – dont on dispose pour Neandertal ou Denisova, mais pas pour Erectus, par exemple. "Nous nous intéressons en ce moment aux génomes africains, et nos premiers résultats semblent ajouter quelques brindilles inattendues à notre arbre familial..."

Joshua Akey a utilisé des méthodes statistiques qui ont fait ressortir de ces génomes des "anomalies" locales dans le texte génétique. Sriram Sankararaman, lui, a superposé ces génomes avec des ADN néandertalien et africain (exempt de tout apport néandertalien). Une séquence présente chez Neandertal et un Européen, absente chez l'Africain, provient du premier.

Par ces méthodes complémentaires, les chercheurs ont pour la première fois analysé dans leur ensemble les 6 milliards de bases (lettres) qui composent notre ADN – sans se limiter aux 2 % correspondant aux gènes. Résultat : ils ont découvert où, dans notre génome, se cachaient des milliers de petits

passages de moins de 100 lettres d'origine néandertalienne...

Première surprise, entre un Européen et un Asiatique, ou deux Européens, les séquences héritées ne sont pas identiques. Ainsi, même si chacun de nous n'a que 1 à 3 % d'ADN d'origine néandertalienne, en cumulant ces petits pourcentages sauvegardés chez les uns et les autres, on arrive à reconstituer près de 40 % de cet autre génome !

De plus, les différences de séquences conservées laissent à penser que chaque groupe a gardé ce qui lui était utile... Neandertal l'Européen était en effet adapté à ce continent si différent de celui que connaissait le *Sapiens* originel africain : une copulation ici et là avec l'humain local était le meilleur moyen de récupérer ses avantages évolutifs.

LA SURPRISE DES "DÉSERTS"

Seconde découverte, les touches néandertaliennes sont disséminées en "mosaïque". Dans certaines courtes portions de notre ADN, elles peuvent atteindre 62 % chez les Asiatiques et 64 % chez les Européens ! "Ces séquences

conservées ont dû être avantageuses pour notre espèce, indique Joshua Akey. La plupart concernent nos cheveux et notre peau." (voir infographie). Près du quart de nos gènes pourraient être retouchés dans leur séquence ou leurs régions régulatrices.

Revers de la médaille, ces apports ne sont pas toujours bénéfiques. "Certains semblent influencer sur des affections comme le lupus érythémateux, la cirrhose biliaire, la maladie de Crohn, les addictions au tabac ou le diabète de type 2", note Sriram Sankararaman.

Mais la plus grande surprise pour les deux équipes vient des "déserts néandertaliens" : "De vastes zones dépourvues de toute ascendance néandertalienne, s'étonne encore Sriram Sankararaman. Le chromosome X est concerné, comme les zones abritant des gènes actifs dans les testicules. Contre-productifs, les apports étrangers ont dû en être évacués par sélection naturelle. Les hybrides avaient peut-être un problème de stérilité, prouvant que Neandertal et nous étions presque devenus incompatibles... ou que ces régions sont spécifiques à notre humanité."

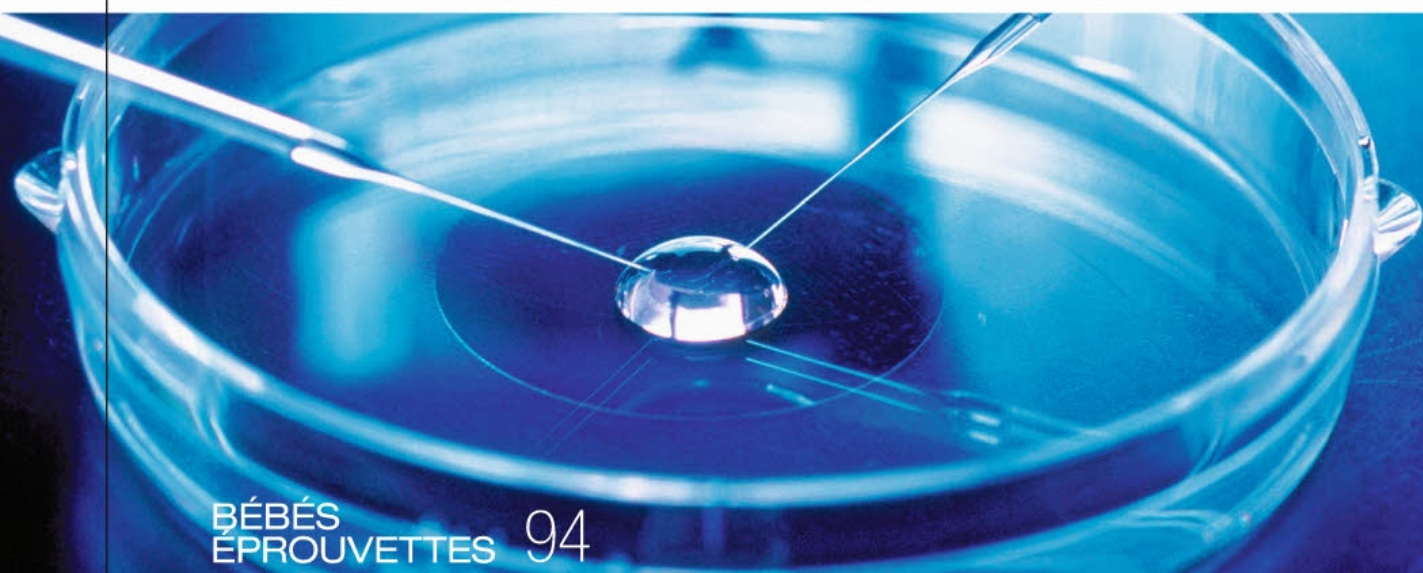
Alors qu'enfin les techniques permettent de découvrir l'héritage génétique de notre cousin, les deux chercheurs fouillent nos chromosomes, y pistent les ajouts et les déserts... Joshua Akey en est certain, "mieux cerner ces régions qui nous sont spécifiques pourrait nous aider à comprendre ce que c'est qu'être 'humain', du moins génétiquement..."

A lire : les publications de J. Akey et S. Sankararaman, et le livre *Neanderthal Man* de S. Pääbo.

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

& Science techniques

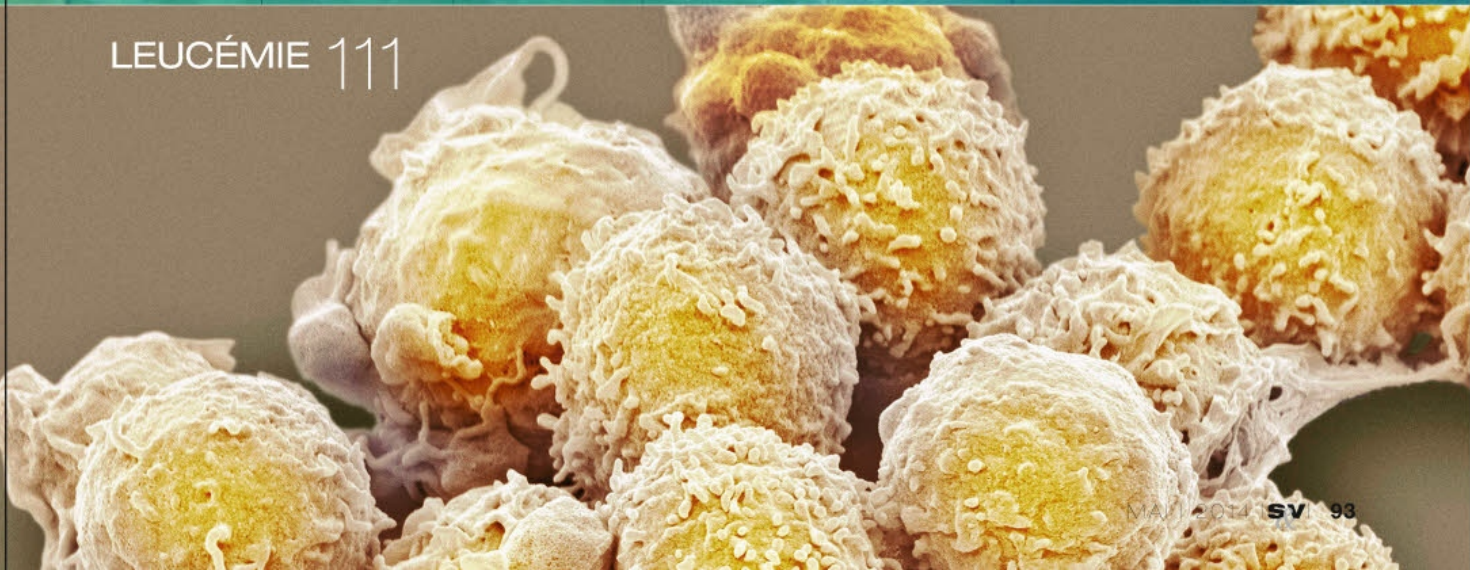


BÉBÉS
ÉPROUVETTES 94



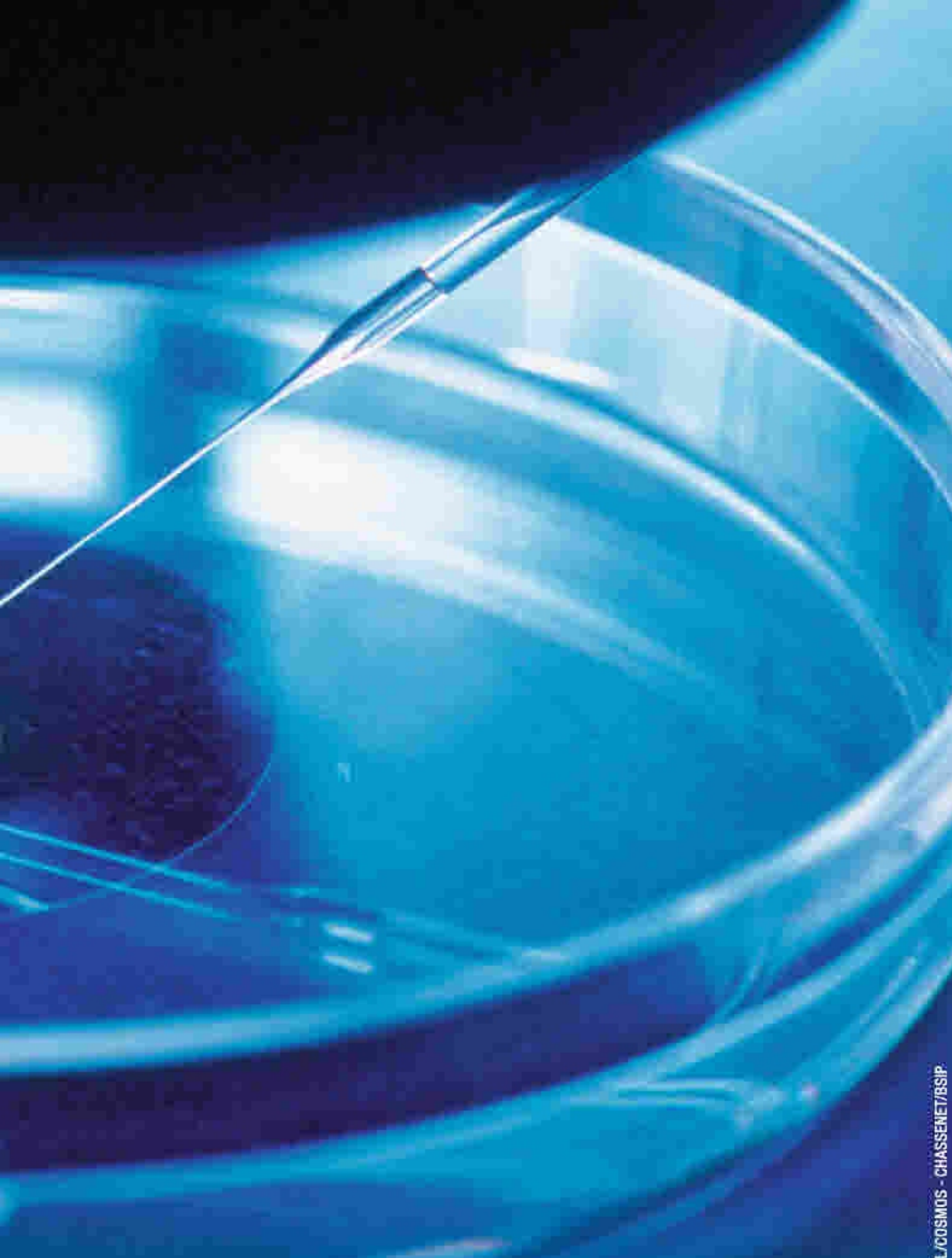
VENISE 108

LEUCÉMIE 111



Enquête

Bébés éprouvettes Il y a une faille dans la technique...



EMBRYON : LES 5 PREMIERS JOURS SONT CRUCIAUX



J. KING-HOLMES/SPL/COSSMOS - CHASSENET/BSIP

Depuis 35 ans que la fécondation *in vitro* se pratique avec succès, nul ne se souciait des tout premiers jours de l'embryon, lorsqu'il baigne encore dans un milieu de culture. Or, des travaux en épigénétique le montrent : la santé des bébés éprouvettes dépend, en partie, de ces milieux de culture ! Lesquels sont concoctés en secret par les industriels...

Par **Lise Barnéoud**

^ Avant d'être implanté dans le ventre de la mère, l'embryon prend forme dans un milieu de culture pendant environ 5 jours.

Contexte

Les premiers enfants nés par fécondation *in vitro* sont désormais trentenaires. Si les données sur leur santé sont globalement rassurantes, ils semblent cependant touchés par de subtils dysfonctionnements cardiovasculaires et métaboliques.

Fécondation *in vitro*: 4 manipulations sur la sellette



1. Le plastique des ustensiles utilisés lors de la fécondation serait toxique pour les cellules sexuelles.



2. La composition secrète du milieu de culture dans lequel baigne l'embryon modifierait l'expression des gènes.

En 1978 naissait Louise Brown. A sa suite, plus de cinq millions d'enfants sont nés par fécondation *in vitro* (FIV) dans le monde. Et ils vont bien, merci.

Contrairement aux craintes soulevées par ces naissances scientifiquement assistées, nulle étude n'a fait apparaître de graves problèmes qui les concerneraient tout particulièrement.

Néanmoins, les médecins font aujourd'hui face à un constat surprenant: même lors de naissances uniques – qui n'exposent *a priori* pas à des risques accrus –, ils ont noté un plus grand nombre de prématurés et de nourrissons de faible poids si la fécondation a eu lieu à l'extérieur du ventre maternel. De même, les malformations génétiques, bien que rarissimes, sont plus nombreuses chez les “bébés éprouvettes”.

Qui plus est, les rares études menées, non plus sur les bébés, mais sur les enfants et les

adolescents cette fois, nés par FIV, montrent de subtils dysfonctionnements cardiovasculaires et métaboliques, telles une pression artérielle légèrement plus élevée et une composition corporelle un peu plus riche en graisse que ceux du groupe de contrôle.

Après avoir passé au crible toutes les cohortes d'études sur des enfants de plus d'un an publiées entre 2000 et 2012, deux chercheurs de l'université d'Australie occidentale (UWA) ont cru bon d'alerter: “*Ces facteurs de risques pourraient s'aggraver au cours du temps, jusqu'à devenir responsables de maladies cardiovasculaires ou métaboliques.*”

Quelle est l'ampleur de ce risque? Est-il avéré? Qu'est-ce qui le provoquerait? De tout récents travaux viennent d'apporter à toutes ces questions des réponses... inattendues.

Il ressort en effet de ces études que les subtiles modifications observées pourraient trouver leur origine dans les tout

premiers jours de l'embryon issu d'une FIV. Ceux qu'il passe entre les murs du centre de procréation médicalement assistée où il a été créé. Lorsque, plongé dans un bain nourricier, l'œuf fécondé s'engage dans ses premières divisions cellulaires, prémices de l'embryon qui sera réimplanté dans l'utérus de la mère trois à cinq jours plus tard.

De fait, les chercheurs ont découvert que cette période biologique est cruciale dans la bonne marche des gènes du futur individu. Ici se jouerait aussi le destin d'une vie. Or, des études commencent à pointer l'incidence des milieux de culture dans lesquels baignent les embryons avant leur implantation: ils auraient un effet perturbateur!

Là résiderait donc la source de risque pour les enfants nés par FIV? Avant de conclure trop vite, il faut d'abord explorer les autres pistes. Notamment celle de l'infertilité des couples. En effet, comment savoir si les différences biologiques constatées

Jargon

FIV: la fécondation *in vitro* consiste à mettre en présence l'ovule et les spermatozoïdes à l'extérieur du corps humain afin d'obtenir un embryon qui sera implanté dans l'utérus de la mère. La fécondation peut être aidée par l'injection directe d'un spermatozoïde dans l'ovule: c'est une ICSI (Injection intracytoplasmique de spermatozoïde).



3. Les conditions de conservation (lumière, agitation...) affecteraient l'embryon.



4. L'aspiration dans un cathéter pour le transfert dans l'utérus influencerait son développement.

chez leurs enfants sont des legs familiaux ou si c'est la technique de la FIV elle-même qui doit être incriminée ?

30 ANS DE REcul SUR LES FIV

Souvent, les patients infertiles présentent de légers dysfonctionnements, voire des taux d'anomalies génétiques plus élevés que la population générale. Les nourrissons nés de femmes qui ont eu des problèmes d'infertilité, mais qui sont parvenues à enfanter sans FIV, montrent aussi une petite augmentation des anomalies. La preuve que le statut biologique des couples infertiles explique en partie une transmission des anomalies observées.

Mais en partie seulement. Car la fécondation *in vitro* elle-même pourrait avoir sa part de responsabilité... C'est, en tout cas, ce que suggère l'un des domaines où la science a le plus de recul sur le recours à la FIV : celui de l'élevage.

De fait, chez les bovins, la procréation assistée relève de la

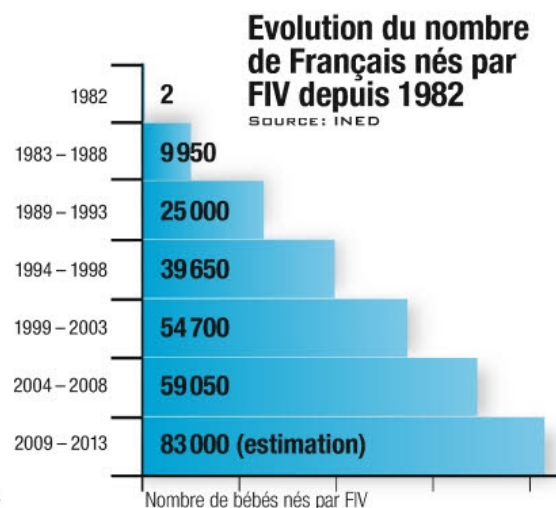
routine depuis des décennies : elle permet de mieux contrôler leur reproduction et d'assurer la transmission des caractères recherchés par les éleveurs. Impossible ici de remettre en question le profil génétique des parents puisqu'ils sont tous aussi fertiles les uns que les autres.

Or, là aussi, des différences s'observent : les poids de naissance sont significativement plus importants et l'on trouve davantage de malformations chez les veaux issus de FIV.

Même chose chez la souris : de plus en plus d'expérimentations démontrent l'impact des techniques, à la fois sur les souris et sur les souris adultes. *"Leurs artères sont plus rigides et plus épaisses, elles font de l'hypertension artérielle et leur espérance de vie est réduite dès qu'elles s'alimentent avec un régime riche en graisse,* explique notamment Urs Scherrer, du centre cardiovasculaire suisse de l'hôpital de Berne, qui a publié plusieurs études sur ce lien entre FIV et problèmes

Le nombre de bébés éprouvettes a explosé

Entre 1978 et 2003, un million de bébés dans le monde ont pu naître grâce à la fécondation *in vitro*. Il aura suffi de deux années supplémentaires pour atteindre deux millions. Aujourd'hui, plus de 5 millions d'enfants ont été conçus grâce à cette technique. En France, quelque 17 000 enfants sont nés en 2011 par procréation assistée, ce qui représente 2 % des naissances. Dans certains pays comme le Danemark, la part de ces "enfants de la science" atteint même 5 %.



Des bains de culture synthétiques classés “secret industriel”



◊ Acides aminés, antioxydants, glucose, lactate, acide hyaluronique, EDTA, huile minérale... Les fabricants sont tenus de préciser les substances pharmaceutiques, telle la gentamicine, mais ni les autres éléments contenus dans ces formules chimiques, ni leurs quantités ne doivent être renseignés.

→ cardiovasculaires. *Et ces caractéristiques se retrouvent aussi parmi les descendants de ces ‘souris éprouvettes’, même s’ils ont été conçus naturellement.*

Ce médecin est allé encore plus loin. Le premier, il est parvenu à mettre en évidence le mécanisme sous-jacent à ces dysfonctionnements. Nulle modification ici de l’ADN de ces souris : leur code génétique ne montre aucune spécificité. En fait, c’est la lecture de leurs gènes qui diffère !

Pour comprendre, il faut savoir qu’il existe des méca-

nismes chargés de réguler la manière dont les gènes sont utilisés par les cellules, sans toucher à leur ADN.

Ainsi, un gène peut être exprimé par la machinerie cellulaire et déboucher sur la fabrication d’une protéine, par exemple... Ou être tenu à l’écart de cette machinerie par des mécanismes biologiques, en partie hérités des parents et en partie influencés par le milieu.

La description de ces mécanismes est appelée “épigénétique”, par opposition à la stricte génétique. Ce domaine récent de la

science, aujourd’hui en pleine expansion, était totalement méconnu à l’époque où sont nés les premiers bébés éprouvettes. En effet, les années 1970, et plus encore les années 1980 et 1990, furent celles du triomphe du “tout ADN”.

DES INDICES TROUBLANTS

Et voici que les données accumulées depuis le début des années 2000 viennent éclairer d’un jour radicalement nouveau les premiers stades qui suivent la fécondation naturelle.

Les chercheurs savent désormais que c’est à cette période que se mettent en place la plupart des mécanismes qui décideront de l’activation, ou de la mise en sommeil des gènes.

Soit exactement dans la fenêtre de temps correspondant au séjour en laboratoire des embryons issus d’une fécondation artificielle.

Reste à évaluer l’influence réelle du recours à la technique. Dans le cas des souris du chercheur suisse, un gène en par-



URS SCHERRER

Médecin au centre cardiovasculaire suisse, hôpital de Berne (Suisse)

Je suis convaincu que la technique de la FIV perturbe l’expression des gènes, générant des problèmes de santé



ticulier s'est révélé pratiquement mis "hors service" dans le groupe des FIV, comparé à celui de contrôle: il s'agit du gène codant pour une enzyme appelée eNOS (pour "endothé-

Cela paraît incroyable, mais nul ne s'est soucié de savoir dans quoi baigne l'embryon

liale nitric oxyde synthase"), impliquée dans la régulation cardiovasculaire.

Urs Scherrer est formel: *"Je suis convaincu que la technique même de la FIV entraîne des modifications de l'expression des gènes susceptibles de générer des problèmes de santé."*

D'abord vu comme un franc-tireur, le chercheur convainc aujourd'hui de plus en plus de chercheurs. D'autant que ses conclusions rejoignent des observations réalisées dès le début des années 2000, à propos de rarissimes maladies génétiques.

"Un nombre croissant d'études montrent en effet que

l'assistance médicale à la procréation perturbe les mécanismes d'expression des gènes", estime par exemple Yves Le Bouc, médecin à l'hôpital Trousseau et spécialiste des maladies épigénétiques, telles que le syndrome de Silver-Russel ou celui de Wiedemann-Beckwith.

Et de poursuivre: *"On sait par exemple que certaines maladies rarissimes, plus fréquentes parmi les enfants issus de FIV, sont liées à ces altérations épigénétiques. Ces perturbations sont tout à fait compréhensibles car ces mécanismes se mettent en place au moment de la gamétogenèse et des premières divisions cellulaires de l'embryon, avant son implantation dans l'utérus. Or, il est évident que l'environnement des gamètes et des embryons ne sont pas les mêmes pendant une FIV que lors d'une procréation naturelle..."*

De fait, au lieu d'évoluer dans l'obscurité des trompes maternelles pendant six jours, les embryons fécondés *in vitro* se retrouvent en laboratoire, manipulés avec des ustensiles en plastique dont certains contiennent des substances potentiellement toxiques; tantôt à la lumière lorsqu'on vérifie leur bonne évolution; tantôt dans l'obscurité des incubateurs.

Ils sont ensuite aspirés dans une pipette avant d'être réimplantés directement dans l'utérus de leur mère, 3 ou 5 jours plus tard, selon les cas. Autant d'entorses aux conditions naturelles susceptibles de perturber les mécanismes épigénétiques naturellement à l'œuvre.

Parmi ces entorses, l'une semble jouer un rôle majeur: le milieu de culture. Dans sa boîte en plastique, l'embryon constitué

de quelques cellules baigne en effet dans un liquide artificiel, enfermé sous une couche d'huile minérale afin de maintenir une température stable et éviter une déshydratation.

"Dans nos expériences avec la souris, c'est l'élément qui joue un rôle prédominant", précise Urs Scherrer. Chez l'humain, il n'existe encore aucune preuve directe que les milieux de culture perturbent ces mécanismes épigénétiques. Mais des indices troublants s'accumulent.

Ainsi une équipe de l'université de Maastricht, aux Pays-Bas, a-t-elle suivi 265 enfants



PIERRE JOUANNET

Ancien président de la Fédération des centres d'études et de conservation des œufs et du sperme

Les conditions de culture des embryons, et donc la composition de leur bain, sont des facteurs essentiels

Les premiers bébés éprouvettes arrivent aujourd'hui en âge de



→ nés par FIV entre 2003 et 2006. La moitié d'entre eux était passée par un milieu de culture de la marque Vitrolife, et l'autre moitié par un milieu de la marque Cook. Résultat : les premiers ont un poids statistiquement supérieur à celui des seconds, même à 2 ans ! "Ces différences sont minimes, prévient toutefois l'un des auteurs de l'étude, John Dumoulin. Mais il y a de fortes chances pour qu'elles révèlent une altération épigénétique due au milieu de culture."

Autre observation déconcertante : plus les embryons restent longtemps dans leur boîte de Petri avant leur implantation, plus leur poids en fonction de leur âge gestationnel augmente.

Dans une étude finlandaise portant sur plus de 1 000 naissances, les embryons implantés au troisième jour pesaient en moyenne 3,4 kg, alors que ceux transférés au cinquième jour atteignaient 3,6 kg.

"La plupart des équipes cherchent désormais à ne transférer

qu'un seul embryon afin d'éviter les grossesses multiples. Pour plus de succès, ils attendent donc le cinquième jour avant de les transférer dans l'utérus de la mère, car cela leur permet de choisir l'embryon qui se développe le mieux. Or, on commence à observer une

Cette génération qui fête ses 30 ans va-t-elle au-devant de problèmes insoupçonnés ?

tendance vers des gros poids de naissance, ce qui n'était pas le cas auparavant", confirme Kevin Sinclair, spécialiste de la reproduction à l'université de Nottingham (Royaume-Uni).

Mais qu'y a-t-il dans ces fameux milieux de culture ? Sachant qu'il est impossible de reproduire toute la complexité du milieu naturel des trompes utérines : ce milieu naturel contient des acides aminés (glycine, alanine, sérine), des antioxydants, du glucose, du lactate... Et sa concentration en oxygène est

estimée à environ 8 %, avant de diminuer au fur et à mesure de l'approche de l'utérus.

"Nous nous inspirons de ce milieu naturel", affirme Christer Silversand, responsable recherche chez Vitrolife, l'un des principaux fabricants de milieux de culture pour embryon. Mais il n'en dira pas plus : aucun fabricant n'accepte en effet de divulguer le contenu de ces liquides synthétiques, secret industriel oblige...

"C'est un problème majeur, dénonce Kevin Sinclair. Si nous savions ce que ces milieux de culture contiennent réellement, nous pourrions mener des études sur leurs impacts. Là, nous sommes dans le noir."

Car aussi incroyable que cela puisse paraître, personne ne s'est jamais véritablement soucié de savoir dans quoi l'embryon est plongé aux premiers jours de son développement ! Comme si l'environnement dans lequel s'amorce le futur organisme d'un humain n'avait pas vraiment d'importance...

procréer



Le premier bébé éprouvette, le "test-tube baby" de la presse anglaise, c'est elle : Louise Brown... 36 ans plus tard, avec sa famille et le prix Nobel Robert Edwards, père de la FIV. Cette génération, aujourd'hui arrivée à l'âge adulte, pourrait souffrir de problèmes de santé spécifiques.

Les fabricants ont pour seule obligation d'indiquer les substances pharmaceutiques actives. Ils affichent ainsi la présence d'un antibiotique dans tous leurs bains : la gentamicine, qui a pour fonction de bloquer la synthèse des protéines.

Autre molécule très souvent indiquée : l'EDTA, l'acide éthylène diamine tétraacétique, est utilisé dans l'industrie du papier ou les détergents et classé substance irritante. "Cette molécule agit comme un antioxydant et joue un rôle dans le métabolisme du glucose", précise Christer Silversand, chez Vitro-life. Quant à l'antibiotique, il permet d'éliminer les éventuels micro-organismes présents sur les gamètes."

DES BAINS PEU CONTRÔLÉS

En réalité, les milieux de culture pour embryon ont un statut bien particulier. Ni médicaments ni réactifs de laboratoire, ils sont classés comme "dispositifs médicaux", un terme qui regroupe pansements, stimulateurs car-

diaques, implants mammaires et même les lunettes.

A ce titre, pour pouvoir être commercialisés en Europe, "un organisme certifié doit vérifier leur système qualité et leur dossier de conception", indique-t-on à l'Agence nationale de sécurité des médicaments (ANSM). Mais il n'est pas prévu que la composition exacte de ces produits soit connue. Un système beaucoup moins contraignant qu'une autorisation de mise sur le marché classique.

Toutefois, à la suite de la crise sanitaire majeure des implants mammaires de la société PIP, cette réglementation est en cours de révision au Parlement européen. "L'un des points qui pourrait évoluer est précisément l'obligation d'indiquer la composition exacte de certains de ces produits", explique Cécile Vaugelade, directrice adjointe des dispositifs médicaux à l'ANSM.

Un autre point pose problème : celui des études de suivi des enfants. "En 2008,

FIV : UN MARCHÉ QUI SE PORTE BIEN

Certains experts estiment que 50 % des FIV traitent en réalité des infertilités "psychologiques". Plus d'un quart des couples engagés dans une procédure de fécondation *in vitro* parviennent ainsi à obtenir une grossesse naturellement. Et pour cause : même lorsqu'aucune cause d'infertilité n'est décelée, certaines cliniques proposent trop rapidement une prise en charge. A 2700 €, en moyenne, la FIV en France, ce marché paraît particulièrement lucratif...

A savoir également, tous les centres ne se valent pas. En juillet 2013, l'Agence de la biomédecine a publié un classement des 104 centres d'assistance à la procréation médicale (AMP) français, qu'ils soient publics ou privés. Si, en moyenne, le taux d'accouchement était, en 2010, de 19,3 %, des écarts conséquents sont à noter. Même si des biais existent dans ce classement, il reflète néanmoins la maîtrise plus ou moins grande des gestes et des méthodes de l'AMP. Et ce n'est pas tout : ce classement souligne également la très - trop ? - grande activité de certains de ces centres. C.T.

j'avais demandé à l'Agence de la biomédecine d'inclure dans son registre le type de milieu de culture utilisé afin de pouvoir étudier leurs éventuels impacts, mais cela a toujours été refusé", regrette Pierre Jouanet, ancien président de la Fédération des centres d'études et de conservation des œufs et du sperme (Cecos).

Cette Agence, créée en 2004, n'envisage toujours pas de prendre en compte cette donnée. "Ou alors il faudrait recenser tous les autres facteurs susceptibles d'influencer le développement de l'embryon, telles que les conditions de température, de pression des gaz ou de lumière au sein de chaque laboratoire. L'environnement

des cultures embryonnaires reste extrêmement hétérogène d'une équipe à l'autre: isoler un seul facteur n'aurait guère de sens", répond Dominique Royère, responsable de la direction procréation, embryologie et génétique humaine à l'Agence de biomédecine.

De fait, certains laboratoires placent leur boîte de Petri dans un milieu appauvri en oxygène, comme le sont les trompes utérines, alors que d'autres conservent une concentration ambiante d'environ 21 %. Certains suivent l'évolution des embryons grâce à des caméras sans jamais avoir à les extraire de leur incubateur, quand d'autres les tirent chaque jour de l'obscurité pour vérifier leur développement.

Par ailleurs, des études ont montré qu'en fonction du type d'huile minérale déposée au-

toutes les variables, ce domaine manque aussi cruellement de recherches.

Et pour cause: "Il est très difficile de travailler sur l'embryon humain pour des raisons éthiques, remarque Catherine Patrat, de l'unité génétique et biologie du développement à l'Institut Curie. De plus, par définition, tous les embryons disponibles pour la recherche sont des embryons conçus par FIV."

Impossible, dans ces conditions, de repérer chez l'embryon les modifications liées aux techniques des FIV. "Il sera peut-être possible d'étudier l'influence des différents milieux de culture en analysant l'ensemble des produits issus de la lecture du génome, cellule par cellule. Les nouvelles techniques nous permettent désormais de le faire", précise la scientifique qui entame un projet de recherche

Milieu, lumière, taux d'oxygène... tous ces facteurs doivent désormais être pris en compte dès le départ

dessus des boîtes de Petri pour leur stabilité, le succès des FIV était très différent.

L'ensemble de ces éléments peut donc interférer sur les premières divisions cellulaires de l'embryon, et donc son développement.

"Ce n'est pas en ignorant tous ces facteurs que l'on pourra faire une bonne évaluation et répondre aux questions qui se posent!", plaide Pierre Jouanet. Les conditions de culture des embryons, et donc la composition du milieu dans lequel ils baignent durant plusieurs jours, sont des facteurs essentiels dans cette affaire."

Mais au-delà d'un suivi bien mené, tenant compte de

sur les mécanismes épigénétiques chez l'embryon humain.

En 2013, la barre des 5 millions d'enfants nés, dans le monde, grâce aux FIV a donc été franchie. Et le nombre de tentatives augmente chaque année de plus de 10 %... Alors que les trentenaires sont de plus en plus nombreux à fêter leur anniversaire, cette génération va-t-elle au-devant de problèmes insoupçonnés pour sa santé?

La question se pose désormais. Et si les milieux de culture ne sont qu'un facteur de risques parmi d'autres, ils n'en sont pas moins un facteur crucial... encore loin de répondre aux exigences de transparence et de sécurité que la situation impose.

Il en pense

SILADITYA BHATTACHARYA

Spécialiste de la reproduction, université de Aberdeen (R.-U.)



"Les risques sont bas, mais il y a urgence à mieux encadrer les FIV"

Au fur et à mesure que nous comprenons mieux les risques liés à cette technique, une question se pose: tous ces traitements sont-ils réellement nécessaires? En effet, dès qu'il existe une incapacité à concevoir, des couples tentent des FIV. Même si l'on n'a pas identifié une raison biologique... Derrière ce phénomène, il y a un intérêt commercial évident. D'où l'importance, notamment au niveau européen, d'encadrer la prise en charge de ces patients. Les FIV ne sont pas une alternative naturelle à la procréation: elles ne devraient être utilisées qu'en cas de véritable nécessité. Avec les nouvelles études qui pointent les risques potentiels de cette technique, pour la femme comme pour l'enfant, nous devons mieux évaluer son rapport bénéfices/risques. Même si les risques sont bas, il y a urgence à avoir des prises de décisions plus raisonnées.

A consulter: la dernière étude d'Urs Scherrer, les comptes rendus de la société européenne de reproduction humaine...

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com

Abonnez-vous à Science & Vie

55 € seulement
au lieu
de 109,20 €

**1 an d'abonnement
+ 4 hors-séries
+ la station météo
Oregon scientifique**



RECEVEZ LA STATION MÉTÉO

Les prévisions météorologiques sur 12-24H sont indiquées sur le haut de l'écran avec des icônes : ensoleillé, nuageux, pluvieux pour une lecture plus facile et rapide. La station météo enregistre, sans fil, les températures intérieures et extérieures ainsi que l'humidité dans 3 emplacements différents mais aussi les informations barométriques qui sont affichées via un graphique des tendances sur les 24 dernières heures.

-45%
DE RÉDUCTION



BULLETIN D'ABONNEMENT

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

☐ **Oui, je m'abonne**
à Science & Vie pour 1 an + 
 (12 numéros + 4 hors-séries)
+ la station météo Oregon scientific pour **seulement 55€**
 au lieu de ~~106,20 €~~ **soit plus de 47 % de réduction** 761 908



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

☐ **Je commande uniquement la station météo**
au prix de **30 €** et je joins à mon courrier le règlement
total de ma commande

➤ **Voici mes coordonnées :**

Nom : Prénom :

Adresse : _____

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

Code Postal : Ville :

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

E-mail :

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

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

□  | | | | | | | | | | | | | | |

Expire à fin Code Crypto
Les 3 chiffres au dos de votre CB

Date et signature obligatoires

Prix public et prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1^{er} abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 30/06/2014 et dans la limite des stocks disponibles. Je peux acquiescer chacun des numéros mensuels de Science & Vie au prix de 4,20 € chacune des hors-series au prix de 4,95 € chacune des éditions spéciales au prix de 5,90 €. La station vous sera adressée dans un délai de 4 à 6 semaines après réception de votre commande. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Vous disposez du droit de rétractation pour la cd Ué. 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 annexes à ceux objet de l'opération. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher la case ci-contre. ☐ **Science & Vie – Service Abonnements – 8 rue François Ruy 92543 MONTEUR COEX – Mondadori Magazines France SAS RCS 422 791 262 NANTERRE.**

SCIENCE & VIEKIOSQUE
mag

Disponible sur
KiosqueMag.com

Sonde spatiale

Premier test pour la “longe solaire”

Plus vite, plus loin et sans aucun carburant : pour explorer le cosmos, un prototype de sonde mise sur d'immenses tentacules captant les protons du Soleil. Une propulsion par... répulsion.

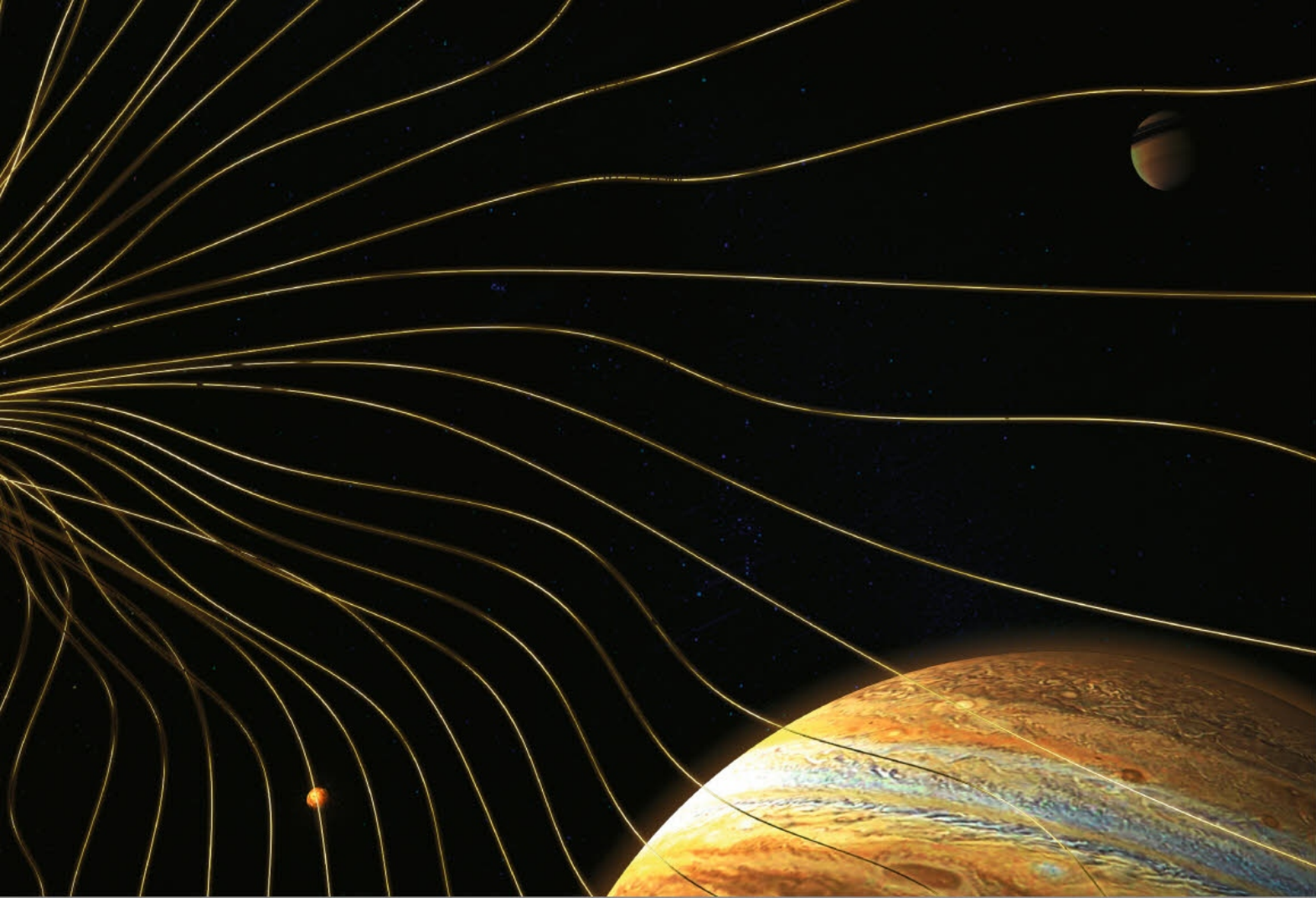
Par **Benoît Rey**

Une première bourrasque, puis une autre, plus violente. Ça y est, la sonde quitte la magnétosphère. Elle pénètre dans l'espace interplanétaire où souffle le puissant vent solaire. C'est le moment : elle déploie ses 50 filaments d'aluminium, chacun plus fin qu'un cheveu, mais long de 20 kilomètres.

Ils se mettent à tourner avec la sonde, formant autour d'elle un halo électrique, une sorte de champ de force simulant une

voile immatérielle dans laquelle s'engouffre le vent solaire. Le vaisseau aux allures de toile d'araignée prend alors de la vitesse – en route pour explorer les confins du système solaire...

Le scénario – car c'en est encore un – paraît tiré par les cheveux. Qu'une sonde spatiale puisse être propulsée par de simples filaments d'une finesse extrême : Jules Verne lui-même aurait sans doute trouvé ça un peu gros. A tort ! Car des prototypes de ces “longes électriques” ont



été fabriqués, un modèle de 10 m a été lancé en mai 2013, à bord du tout premier satellite estonien *ESTCube-1*. Et début 2015 sera testé sur le satellite finlandais *Aalto-1* un filament de 100 m de long.

Ce concept de “voile électrique solaire” est né il y a huit ans, lorsque Pekka Janhunen, de l’Institut finlandais de météorologie, cherchait le moyen de naviguer dans l’espace à moindre coût, et sans aucune limite de carburant : deux enjeux cruciaux pour l’industrie spatiale.

UNE ÉNERGIE INTARRISSABLE

La propulsion des fusées, qu’elle soit à “propergol solide” ou à “ergol liquide”, repose en effet sur l’éjection à grande vitesse de gaz de combustion. Sans ces milliers de

litres de carburant à transporter, le prix du lancement s’en trouve allégé et la construction de la sonde facilitée.

Et puis, plus besoin d’avoir recours à l’assistance gravitationnelle, qui consiste à faire passer une sonde près des planètes pour lui faire gagner de la vitesse par effet de fronde. Et donc moins de contraintes quant aux dates de lancement.

Et voici qu’une solution existe : grâce au Soleil, cette source intarissable de protons. Il expulse environ un million de tonnes par seconde de ces particules chargées positivement, à plus de 450 km/s. D’où l’idée de capter leur vitesse via les fameuses longes : déployées autour de la sonde, ces longs filaments métalliques chargés positivement formeraient une sorte de gigantesque hélice vir-

△ Déployée autour de la sonde, la longe forme une gigantesque voile que les protons solaires poussent jusqu’aux confins du système solaire.

tuelle, que viendraient percuter les protons de plein fouet, lui transférant leur énergie cinétique et la poussant dans la direction opposée au Soleil (voir infographie p. 106).

Ce principe n’est pas seulement révolutionnaire : il résout les trois gros problèmes que rencontrent les voiles solaires classiques. De fait, ces gigantesques toiles de quelques micromètres d’épaisseur aux allures de cerfs-



Enjeux

Il a fallu dix ans aux sondes *Voyager* pour atteindre Uranus et Neptune, décourageant les agences spatiales de retenter l’aventure. Une nouvelle technologie de propulsion plus rapide, comme cette “longe spatiale”, pourrait relancer l’exploration.

Une autre application possible

Et si au lieu d'accélérer, on se servait de la longe pour freiner et désorbiter des satellites en fin de vie ? En théorie, c'est possible : elle est sensible aux particules chargées. Celles du vent solaire, bien sûr, mais aussi celles de l'ionosphère, dans laquelle baignent les satellites orbitant en dessous de 600 km d'altitude. Y déployer une longe ralentirait le satellite, qui en perte de hauteur, finirait par se consumer dans l'atmosphère. Une variante est en cours de conception, sous le nom de "longe électrodynamique". La longe métallique coupe les lignes du champ magnétique terrestre, qui en retour la tire vers le bas, via la force dite de Lorentz. Un modèle de 300 m, envoyé dans l'espace par l'agence spatiale japonaise le 28 février dernier, est en cours d'expérimentation.

→ volants high-tech souffrent d'un faible rendement, d'un déploiement fastidieux et d'une désastreuse fragilité face aux micro-météorites qui pullulent dans l'espace...

TROIS AVANCÉES MAJEURES

Or, sur le papier, le nouveau concept de Pekka Janhunen fait mieux dans tous les domaines. D'abord, contrairement à la voile solaire classique qui se gonfle sous la pression des photons solaires – c'est-à-dire de sa lumière –, la longe bouge sous l'effet de particules de matière et bénéficie d'une puissance de propulsion 50 fois supérieure.

Ensuite, ses tentacules, qui prennent la forme de microfils d'aluminium, sont bien plus faciles à déployer qu'une toile d'un seul tenant...

Enfin, le réseau qu'ils forment produit un champ électrique qui s'étend sur plusieurs centaines de mètres, soit l'équivalent d'une gigantesque voile... au travers de laquelle les micro-météorites peuvent passer sans faire de dégâts !

Certes, "ces cailloux mesurent jusqu'à 1 cm de diamètre, ce qui est largement assez pour sectionner un fil

de 25 micromètres", concède Pekka Janhunen. Mais il a trouvé la parade : souder plusieurs fils ensemble. "Chaque des longes est constituée de quatre fils soudés entre eux tous les 2 cm. Si un segment est sectionné, le courant continue de circuler."

En janvier 2013, des ingénieurs de l'université d'Helsinki sont parvenus à fabriquer une longe de 1 km. Une performance technologique : elle est constituée de 4 fils entremêlés par 90 000 soudures aux ultrasons.

Le chercheur estime qu'une centaine de ces fils fourniraient à une sonde une poussée de 1 newton, soit... un million

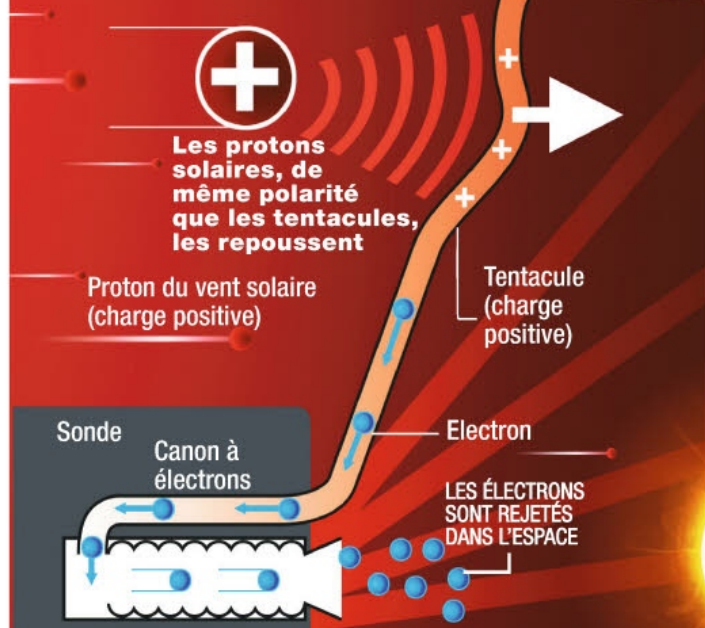
Le voyage d'une sonde vers la lointaine Uranus ne prendrait que 6 ans

de fois moins qu'un moteur à ergol. C'est peu, mais l'objectif n'est pas ici de faire décoller quoi que ce soit. Les fils doivent seulement être capables de prendre le relais des moteurs au sortir de la magnétosphère terrestre, pour s'enfoncer progressivement dans les profondeurs du système solaire.

Le vent solaire pousse

1 Les protons solaires et les tentacules de la sonde se repoussent...

Le vent solaire contient des protons, particules de charge positive. Comme des aimants de même polarité, ceux-ci repoussent les longs tentacules de la sonde, chargés aussi positivement (leurs électrons négatifs ayant été évacués par le canon à électrons de la sonde).



"La voile électrique solaire permet d'aller vite vers la cible, mais ne permet pas de freiner radicalement, explique Jean-Pierre Lebreton, spécialiste au CNRS de l'exploration *in situ* des planètes ayant une atmosphère. D'où l'idée d'envoyer des sondes, non en orbite autour des planètes lointaines, mais dans leur atmosphère."

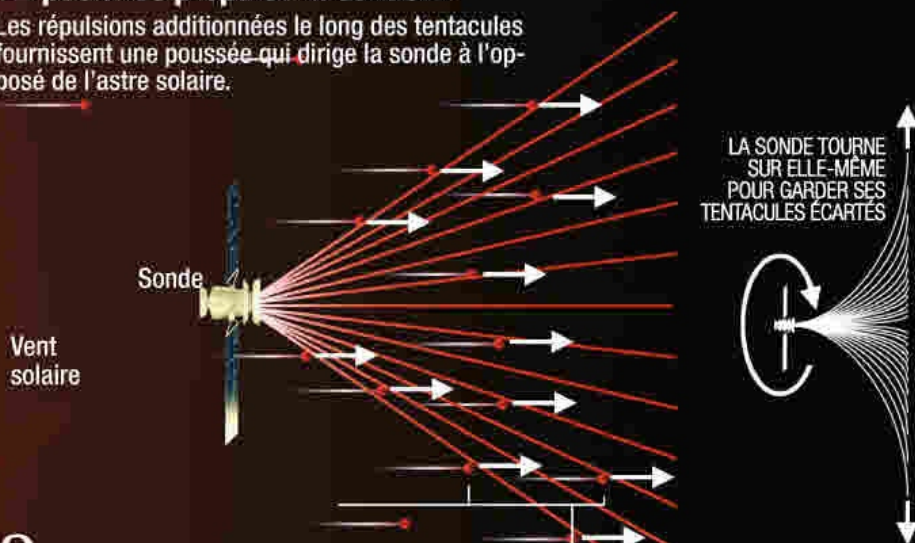
Intrigué par l'audacieux projet, le chercheur français y collabore depuis son origine, en 2006. Jusqu'à établir avec son collègue finlandais, en janvier dernier, le déroulement précis de la mission type d'une sonde propulsée par une telle voile solaire : un voyage de seulement six ans vers la planète Uranus.

Celle-ci n'a été visitée qu'une seule fois par *Voyager 2* en

la sonde par répulsion électrostatique

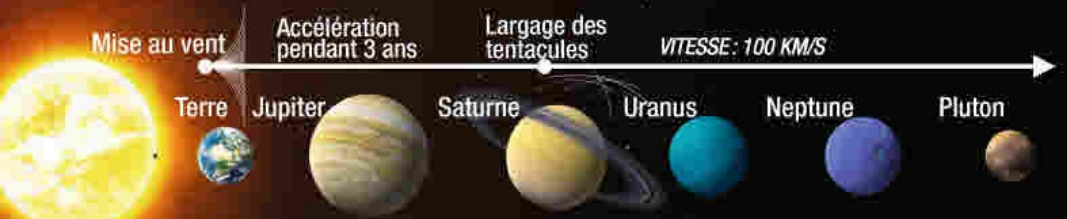
2... et cette répulsion de charges positives propulse la sonde...

Les répulsions additionnées le long des tentacules fournissent une poussée qui dirige la sonde à l'opposé de l'astre solaire.



3... vers les planètes les plus lointaines du système solaire

La densité de protons solaires est suffisante pour accélérer jusqu'à Saturne. Ensuite, la sonde continue sur sa lancée, à 100 km par seconde.



1986, justement pour des raisons d'éloignement – un voyage par propulsion chimique prendrait une quinzaine d'années.

Le plan de route? Équipée de 50 fils de 18 km, la sonde s'élancera depuis la périphérie de la Terre. La poussée de 0,5 newton exercée sur sa voile l'accélérera progressivement jusqu'à sa vitesse de croisière de 100 km/s. Trois ans plus tard, arrivée au niveau de Saturne, elle larguera sa voile, et continuera de dériver à pleine vitesse. Huit jours avant l'arrivée sur Uranus, la sonde se coupera en deux. Une partie plongera dans son atmosphère, et communiquera ses mesures à l'autre partie qui, à 10 000 km de là, transmettra les informations vers la Terre.

Chrono

2006: début du projet.

Janvier 2013: Construction, au sol, du premier prototype grandeur réelle.

Mai 2013: mise en orbite d'un modèle réduit.

Fin 2014: déploiement du modèle réduit. Premiers tests de fonctionnement dans l'espace.

Une belle aventure... mais avant cela, il faudra valider le concept. Or, Pekka Janhunen et Jean-Pierre Lebreton doivent encore prouver que leur idée résiste aux complications d'un test grandeur nature.

"Je ne vois aucun défaut scientifique à leur scénario, mais j'ai hâte de voir le comportement de la sonde en situation réelle, déclare ainsi Jean-François Roussel, qui étudie la réaction des longes dans un plasma au centre de recherche spatiale Onera. Car, inmanquablement, les électrons du vent solaire, chargés négativement, vont s'agglutiner sur les filaments chargés positivement, ce qui diminuera considérablement le rendement du système. Et puis le déploiement

des longes dans l'espace sans qu'elles ne se rompent sera un véritable défi technologique."

"Un canon à électrons, alimenté par des panneaux solaires et qu'il faudra effectivement dimensionner en conséquence, captera les électrons des filaments pour les évacuer à mesure qu'ils arrivent, répond Jean-Pierre Lebreton. Bien sûr, la puissance électrique qui sera fournie par les panneaux solaires diminuera en s'éloignant du Soleil, mais la quantité d'électrons susceptible d'encrasser les longes baisse également avec la distance."

DANS QUELQUES MOIS...

Quant au déploiement, le suspense ne devrait plus durer longtemps: le premier prototype lancé il y a un an devrait déployer sa longe de 10 m dans les mois qui viennent, et être chargé de plusieurs centaines de volts afin d'étudier sa résistance mécanique et son comportement vis-à-vis des particules chargées de la haute atmosphère. En attendant un test encore plus poussé sur le modèle de 100 m du satellite finlandais *Aalto-1* début 2015. "Seul un déploiement dans le vent solaire lui-même pourra valider définitivement la faisabilité de la longe solaire", admet Jean-Pierre Lebreton.

Alors on saura s'il faut se préparer à voir des flottilles de sondes tentaculaires partir à l'assaut des géantes gazeuses et autres petits corps glacés aux confins du système solaire.

A voir: des vidéos de la longe solaire, ainsi que les dernières nouvelles de son premier test dans l'espace.

science-et-vie.com

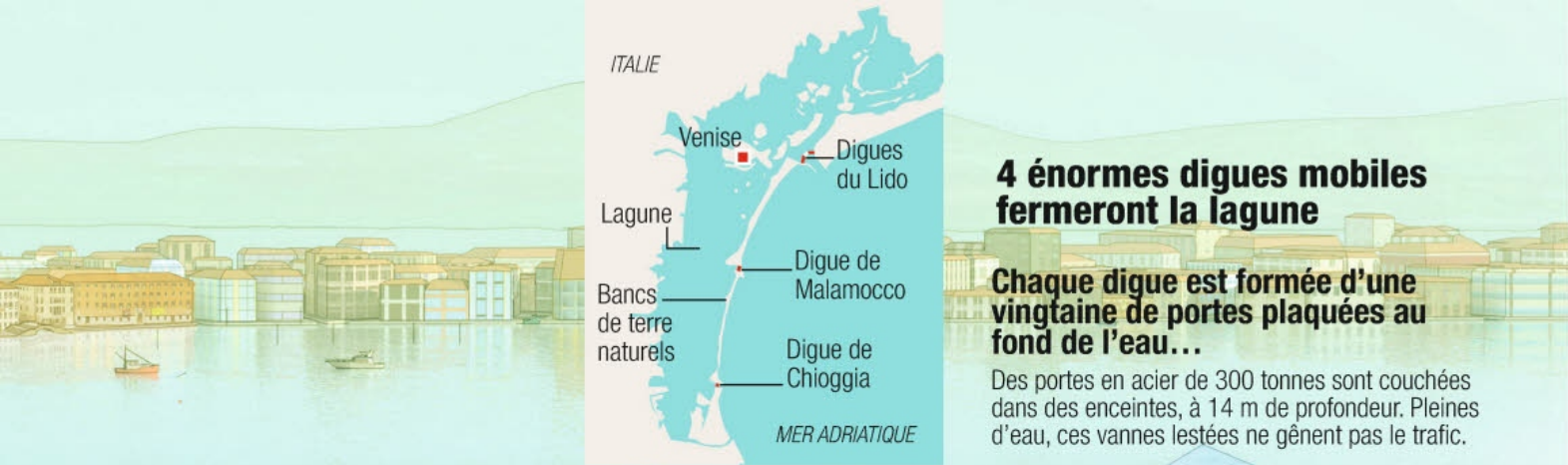


Venise

Le chantier de la dernière chance

Pour sauver la Cité des Doges de l'inexorable montée des eaux, le projet Moïse a enfin démarré. Soit la construction de quatre immenses digues chargées de contenir l'eau de la lagune lors des épisodes d'*acqua alte*. Un chantier hors norme... à la mesure du défi.

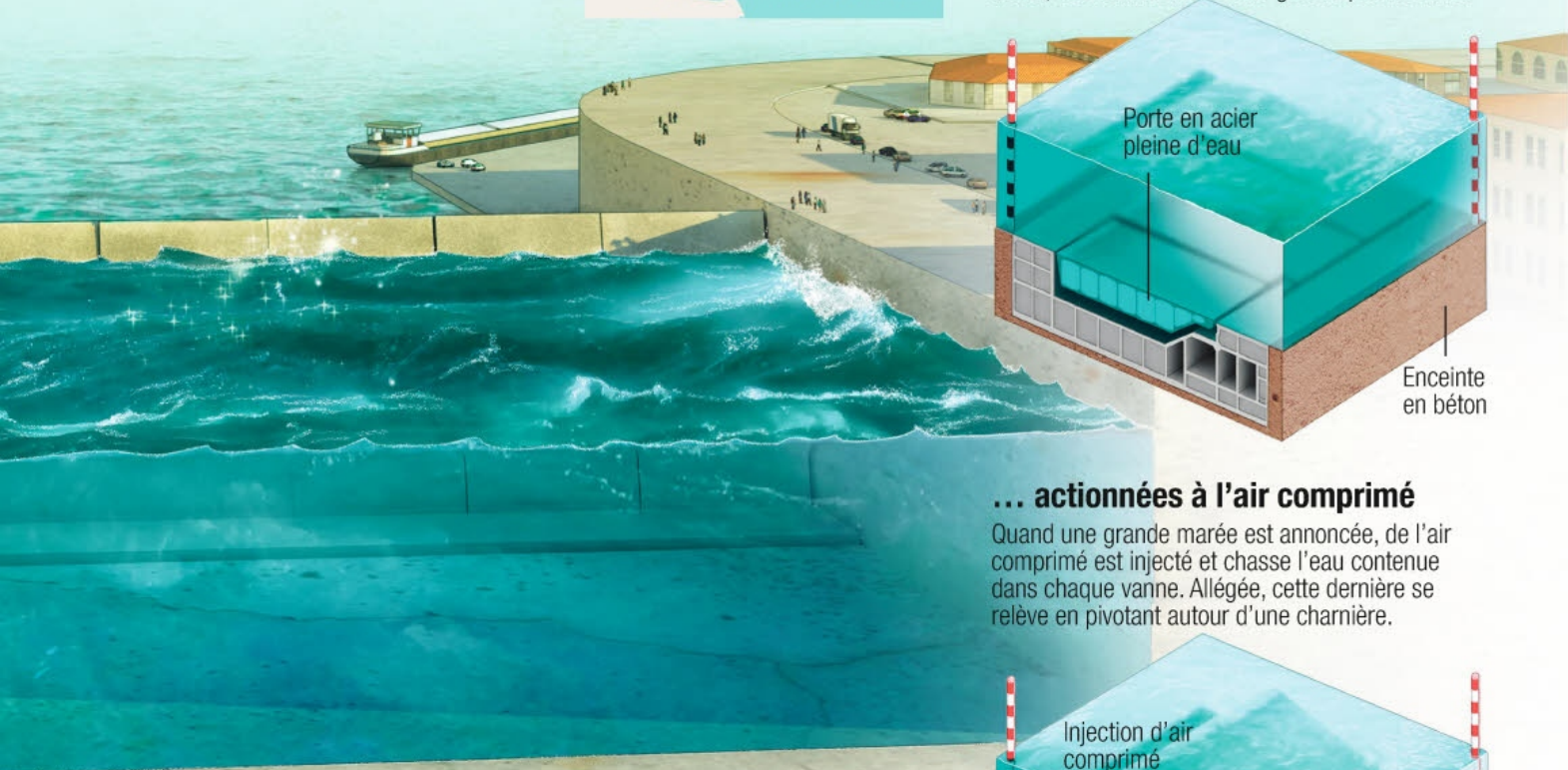
Par **Muriel Valin**



4 énormes digues mobiles fermeront la lagune

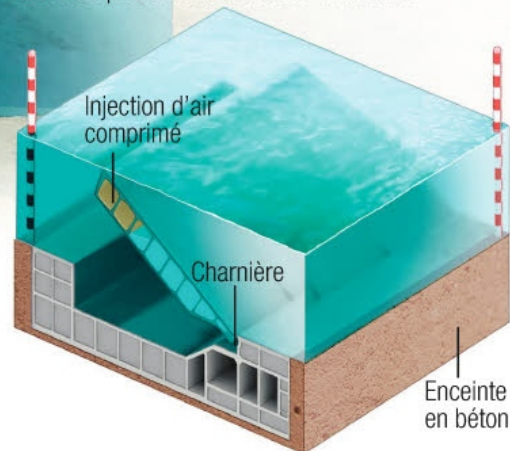
Chaque digue est formée d'une vingtaine de portes plaquées au fond de l'eau...

Des portes en acier de 300 tonnes sont couchées dans des enceintes, à 14 m de profondeur. Pleines d'eau, ces vannes lestées ne gênent pas le trafic.

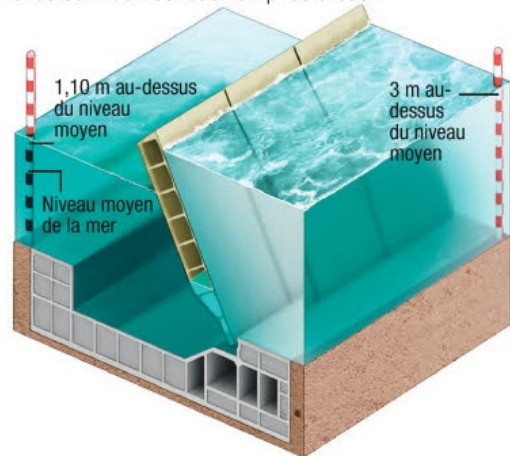


... actionnées à l'air comprimé

Quand une grande marée est annoncée, de l'air comprimé est injecté et chasse l'eau contenue dans chaque vanne. Allégée, cette dernière se relève en pivotant autour d'une charnière.



En 30 minutes, les vannes pleines d'air émergent et bloquent l'eau jusqu'à 3 m. Pour les rabattre, elles sont de nouveau remplies d'eau.



Pour l'instant, les essais se déroulent comme prévu." Giovanni Cecconi est le responsable technique du chantier démesuré qui a démarré en octobre dernier à Venise. Objectif: sauver la Cité des Doges de la noyade, l'isoler de la mer lors des épisodes de grandes marées qui se multiplient depuis un siècle, noyant à chaque fois un peu plus la ville sous les flots de l'Adriatique.

Car durant ces "acque alte", parfois très spectaculaires, dix siècles de patrimoine rongés par l'eau se trouvent menacés de destruction.

Une crise qui ne fait que s'aggraver: rien qu'entre 2001 et 2010, Venise a subi 64 épisodes d'*acque alte*, soit trois fois plus qu'entre 1900 et 1950!

"Les études le montrent avec précision: depuis le début du

Les chiffres

- **13 ans:** durée des travaux.
- **30 m x 20 m x 4 m:** dimensions de chaque porte en acier.
- **5,5 milliards d'euros:** coût total du projet
- **4000 hommes et 100 bateaux:** mobilisation en hommes et en matériels pour toute la durée des travaux.

→ *XX^e siècle, Venise s'enfonce naturellement sous son propre poids au rythme de 0,8 à 1 mm par an. Et les activités humaines l'affaissent à certains endroits de 2 à 10 mm. Or, comme le niveau de la mer monte, lui, de 1 mm par an, la situation devient critique. Venise s'est enfoncée de 20 cm en un siècle !*", précise Pietro Teatini, chercheur à l'université de Padoue, qui a étudié l'évolution de la ville à l'aide d'images satellites.

Pour faire face à cette situation, scientifiques et institutions, Unesco en tête, ne cessent depuis les années 1970 d'alerter

c'est un projet de digues pharaonique qui est retenu. Son nom : Moïse (Mose, en italien, pour Modulo Sperimentale Elettromeccanico).

LE DISPOSITIF PRÊT EN 2016 ?

Le principe est inédit : dans les prochains mois, 78 portes mobiles en acier de 300 t chacune vont être ancrées en profondeur au large de la ville, les unes à côté des autres, afin de pouvoir fermer temporairement les entrées de la lagune.

"Nous avons déjà installé 7 portes et nous espérons finir un tronçon de 21 d'ici la fin

de petites inondations annuelles afin de ne pas trop perturber la faune et la flore du fond marin, ni le trafic maritime.

"Des études menées par des experts du monde entier ont montré que Moïse était la seule piste pertinente et que cela suffirait à gérer la crise de Venise", commente Paola Malanotte-Rizzoli, une spécialiste consultée par les autorités italiennes.

Cette professeur d'océanographie physique au MIT (Etats-Unis) reconnaît toutefois que ce dispositif est un vrai défi : *"Si des systèmes de digues existent déjà dans le monde, celles-ci sont tout à fait différentes : elles seront mobiles, malgré leur masse énorme, grâce à une injection d'air comprimé qui les fera se soulever."*

Giovanni Cecconi renchérit : *"Le chantier est démesuré et, en même temps, il faut installer les portes au millimètre près. Sans compter qu'il a fallu, avant cela, renforcer le littoral, niveler le sous-sol... et surtout trouver les fonds pour financer le tout, ce qui nous a pris dix ans !"*

Certains sont pourtant plus critiques : *"Le principal problème, c'est qu'avec la montée des eaux, les digues devront être fermées de plus en plus fréquemment",* avertit Georg Ungiesser, océanographe à l'Institut des sciences marines de Venise. Il estime, en s'appuyant sur un scénario plausible à l'échelle des 50 prochaines années, que les digues devront être relevées 300 à 400 fois par an, soit presque tous les jours... Mais en attendant, le chantier de la dernière chance continue.

Surélever Venise : l'autre projet

Pour sauver Venise de la noyade, les digues ne sont pas la seule solution envisagée. Des chercheurs de l'université de Padoue (Italie) proposent de surélever la ville en injectant de l'eau de mer dans une couche de sable à plus de 600 m de profondeur. Avec ce dispositif, l'eau exercerait une pression suffisante pour soulever l'ensemble de la surface de 30 cm en l'espace de dix ans. C'est du moins ce que les simulations informatiques de l'équipe laissent espérer. En attendant de savoir si ce projet sera faisable afin, éventuellement, de compléter le dispositif Moïse, d'autres mesures moins spectaculaires ont déjà démarré à l'intérieur de la ville, comme la surélévation de trottoirs et de rives.

les autorités italiennes sur l'urgence d'une intervention.

Puisque l'eau s'engouffre régulièrement dans la ville en pénétrant par trois passes de la lagune, il fallait trouver le moyen de fermer ponctuellement ces entrées d'eau dès qu'une grande marée était annoncée.

Petits et grands projets suscitent dès cette époque de vifs débats entre associations, scientifiques et politiques autour de leur prix, de leur efficacité et de leur impact sur l'écosystème et le trafic maritime.

Finalement, en 2003, après trente ans d'après discussions,

de l'année, annonce Giovanni Cecconi. *"Si tout va bien, l'ensemble devrait être opérationnel d'ici fin 2016 sur une longueur totale de 1,6 km."*

La plupart du temps, ces portes, immergées dans des caissons en béton à 14 m de profondeur, seront invisibles. Mais trois à cinq fois par an, quand une montée des eaux supérieure à 1,10 m sera annoncée, elles pourront être relevées jusqu'à 3 m de hauteur, empêchant ainsi les grosses crues d'inonder 15 % de la ville, voire plus.

En revanche, le système ne sera pas activé contre la centaine

A voir : la vidéo des premières digues en fonctionnement.

science-et-vie.com

Des cellules tueuses contre la leucémie

Contre un cancer du sang, des chercheurs ont réussi à activer le système immunitaire de patients pour qu'il élimine de lui-même la maladie ! Un exploit de la génétique qui sauve déjà des vies...

Par **Coralie Hancock**

Miraculés. Le mot n'est pas trop fort pour parler des 14 patients traités au Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, à New York. Tous atteints d'une leucémie aiguë lymphoblastique récidivante ou réfractaire à la chimiothérapie, leur espérance de vie ne dépassait pas six mois.

C'était sans compter sur le traitement révolutionnaire mis

au point par l'équipe de Michel Sadelain, Renier Brentjens et Isabelle Rivièrè. Sur les 16 patients traités par l'équipe courant 2012, 14 sont entrés, au bout de quelques semaines, en rémission complète, c'est-à-dire que les cellules cancéreuses sont devenues indétectables dans leur sang. Pour l'un des malades, cette rémission a même été obtenue en 8 jours !

Aujourd'hui, deux ans plus tard, tous vont bien.

Mais le plus extraordinaire, c'est que ces malades doivent leur rémission, non à une nouvelle molécule chimique ultra-puissante, mais à leurs propres cellules immunitaires... génétiquement modifiées.

L'idée d'utiliser le système immunitaire pour combattre le cancer n'est pas nouvelle.

Mais les chercheurs se sont heurté longtemps à ce qui fait la force même dudit système : les cellules qui le constituent, les globules blancs, et en particulier les lymphocytes T, sont capables de reconnaître et de détruire les cellules étrangères à notre organisme, tout en préservant celles qui lui sont propres.

Or, bien que pathogènes, les cellules tumorales nous appartiennent bel et bien. D'où l'idée de reprogrammer ces lymphocytes T pour qu'ils s'attaquent aussi aux cellules tumorales.

Sauf qu'il fallait au préalable identifier une cible – les scientifiques parlent d'antigène – qui, située à la surface des cellules cancéreuses, permettrait l'arrimage des lymphocytes T. Chaque cancer portant des antigènes différents, certains



^ Modifiées génétiquement, les cellules immunitaires (lymphocytes T) ont ciblé et détruit les tumeurs.

Enjeux

Les leucémies aiguës touchent environ 6 000 personnes par an en France. La chimiothérapie classique a pour but de nettoyer leur moelle osseuse de toutes les cellules malades, avant une greffe. Mais ces traitements tuent aussi les cellules normales, avec des effets nocifs importants sur l'organisme. Pour les chercheurs, la thérapie du futur doit donc cibler les cellules cancéreuses, et elles seules, pour augmenter les chances de guérison !



Les cellules du malade sont reprogrammées

1 Les lymphocytes T sont modifiés génétiquement...

Un gène hybride est créé puis inséré dans des lymphocytes T du malade. Ces cellules ainsi modifiées sont ensuite réinjectées au patient.

Gène artificiel

Séquence ADN de reconnaissance

Séquence ADN d'activation

Séquence ADN de stimulation

LE GÈNE ARTIFICIEL EST INTRODUIT DANS LE VIRUS

→ encore totalement inconnus, la tâche s'avérait ardue.

Dans le cas des leucémies aiguës lymphoblastiques (LAL), cancers du sang dus à la prolifération excessive d'un type particuliers de globules blancs, les chercheurs y sont parvenus. Le nom de l'antigène cible ? CD19.

Ne restait plus qu'à créer un "récepteur" à la surface des lymphocytes T, capable d'identifier l'antigène CD19.

C'est là que les chercheurs ont fait preuve de la plus grande inventivité. Car ce récepteur n'existe pas dans la nature. Les lymphocytes T ne sont pas capables de s'arrimer aux CD19

présents à la surface des cellules cancéreuses, précisément parce qu'ils n'ont pas d'outils adéquats : il a donc fallu en créer un de toutes pièces !

Michel Sadelain et ses collègues se sont alors lancés dans un véritable jeu de Lego génétique, en assemblant entre eux trois morceaux de gènes différents. Trois séquences d'ADN pour obtenir trois fonctions différentes, au sein de la même protéine. *"La première est issue d'un gène qui sert à fabriquer des anticorps ; elle permet aux lymphocytes de reconnaître l'antigène. La seconde est un morceau de gène qui déclenche*

△ Les chercheurs américains Isabelle Rivière, Michel Sadelain et Renier Brentjens ont créé le gène hybride qui permet aux lymphocytes T de détecter et tuer les cellules cancéreuses.

l'activation du lymphocyte. Enfin, la troisième favorise sa multiplication pour supprimer, à long terme, d'autres cellules cancéreuses", explique Michel Sadelain (voir infographie).

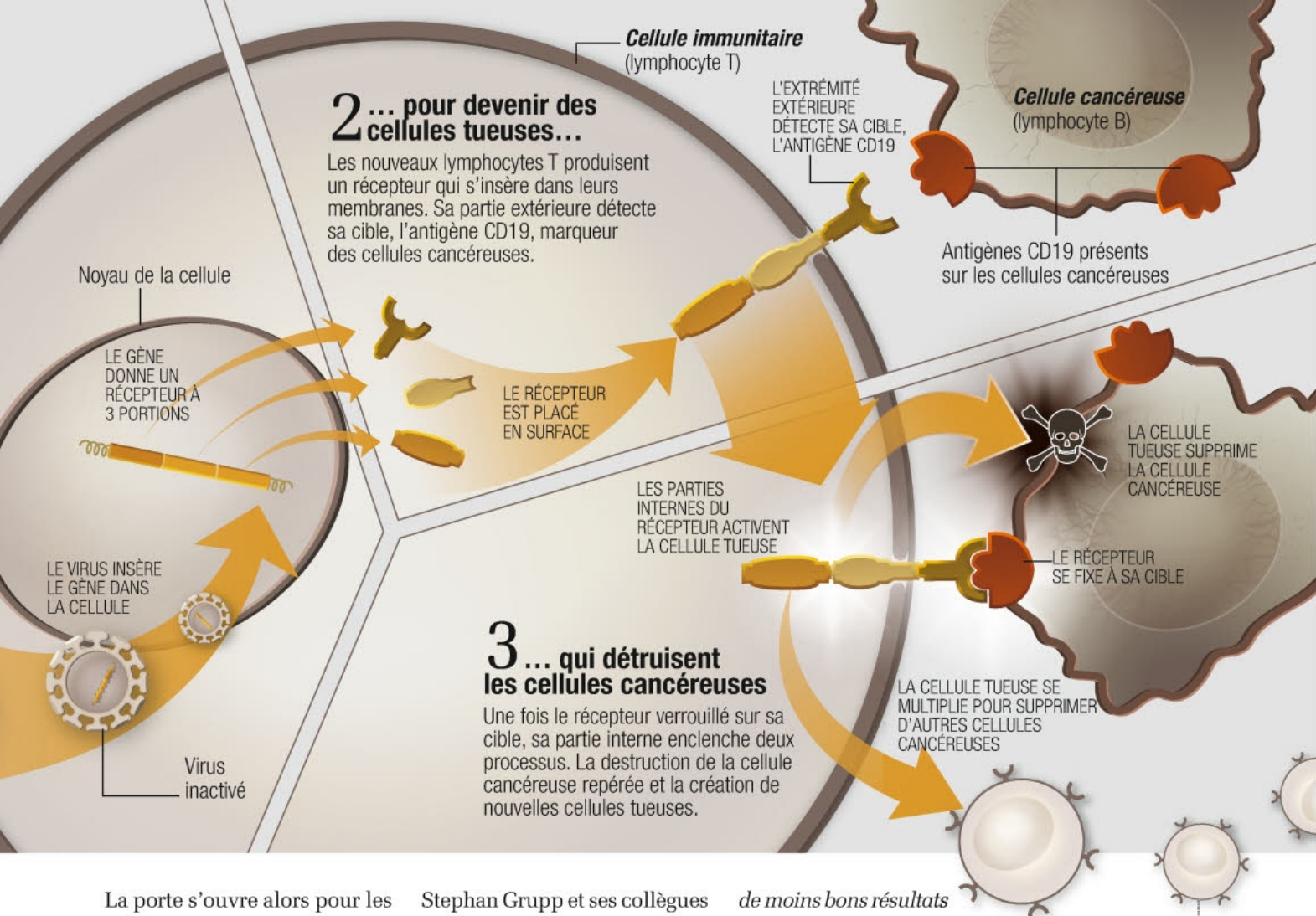
Cette hybridation de gènes différents pour n'en former qu'un seul est à l'origine de son nom : CAR, l'acronyme anglais de "chimeric antigen receptor", en référence aux chimères de la mythologie grecque.

La suite est plus aisée. Les lymphocytes T du malade sont prélevés, le gène chimérique est introduit à l'intérieur à l'aide d'un virus inactivé – le processus standard utilisé pour la création d'organismes génétiquement modifiés – puis les lymphocytes T ainsi reprogrammés sont réinjectés dans l'organisme du patient.

Au milieu des années 2000, les CAR ciblant les CD19 sont testés avec succès sur l'animal.

La greffe de moelle osseuse privilégiée

En attendant que la technique des cellules tueuses fasse définitivement ses preuves, la meilleure chance de guérison reste de remplacer le système immunitaire du patient. Comment ? En réalisant une greffe de moelle osseuse, prélevée sur un donneur compatible, qui va relancer la production de nouveaux lymphocytes T, capables de reconnaître et détruire les cellules tumorales qui pourraient réapparaître. *"Environ 30 % des malades trouvent un donneur compatible dans leur fratrie, 40 % dans les fichiers de donneurs anonymes. D'où l'importance de ce type de don",* explique Ibrahim Yacoub-Agha, président de la Société française de greffe de moelle et de thérapie cellulaire (Lille).



La porte s'ouvre alors pour les essais cliniques. Et Michel Sadelain n'est pas le seul à s'y engouffrer. Il y a près de 40 essais pratiqués avec des CAR CD19, et d'autres concernant des CAR créés pour d'autres cancers. "C'est sans précédent et cela reflète l'engouement des chercheurs et l'espoir que cette thérapie suscite", se réjouit le chercheur.

PLUS BESOIN DE GREFFE ?

Mais pour l'heure, seules trois équipes, toutes américaines, ont obtenu et publié des résultats positifs. D'abord contre la leucémie lymphoïde chronique. Puis, en 2013, deux équipes ont fait paraître, à quelques semaines d'intervalle, leurs résultats obtenus contre la LAL.

En mars, celle de Michel Sadelain a annoncé la rémission de trois des cinq patients qu'elle a traités. En avril,

Stephan Grupp et ses collègues de l'université de Pennsylvanie faisaient à leur tour la une des journaux avec le cas d'Emily, une fillette de 7 ans qui, après deux récides, est entrée en rémission grâce aux CAR. "Cela fait presque deux ans qu'elle a été traitée et n'a plus reçu depuis aucun traitement anticancéreux. Elle ressemble à n'importe quelle fillette de son âge", raconte Stephan Grupp.

"Cette technologie a déjà montré son potentiel thérapeutique dans deux types de cancers différents en moins de quatre ans", salue de son côté Valérie Lapierre, directrice du Centre de thérapie cellulaire à l'Institut Gustave-Roussy de Villejuif. Et d'ajouter, "dans le cas de la LAL, l'espoir est d'autant plus grand que, chez l'adulte, c'est un cancer dont le pronostic est assez mauvais et pour lequel la greffe de moelle osseuse donne

de moins bons résultats que pour d'autres types de leucémies".

Pour l'heure, deux années de rémission complète ne signifient pas une guérison définitive. Même indétectable, le cancer du sang peut réapparaître. "Pour des raisons éthiques, nous avons donc proposé à tous les patients de recevoir malgré tout une greffe de moelle osseuse, traitement considéré à l'heure actuelle comme le seul ayant un potentiel totalement curatif contre ce type de cancer", explique Michel Sadelain (voir encadré). Néanmoins, ajoute-t-il, "certains l'ont refusée, d'autres n'avaient pas de donneur compatible. Nous saurons donc bientôt si la thérapie CAR constitue une alternative réelle à la greffe".

Stephan Grupp y croit fermement. Sa petite patiente Emily n'en a d'ailleurs pas eu besoin.


A lire : les références de la publication de l'équipe de Marco Davila sur le sujet (en anglais).

EN SAVOIR PLUS

science-et-vie.com



△ Le “plan de réaménagement global pour rendre New York autonome” prévoit de consacrer 1,6 million d’hectares de la ville à l’agriculture et à l’élevage.

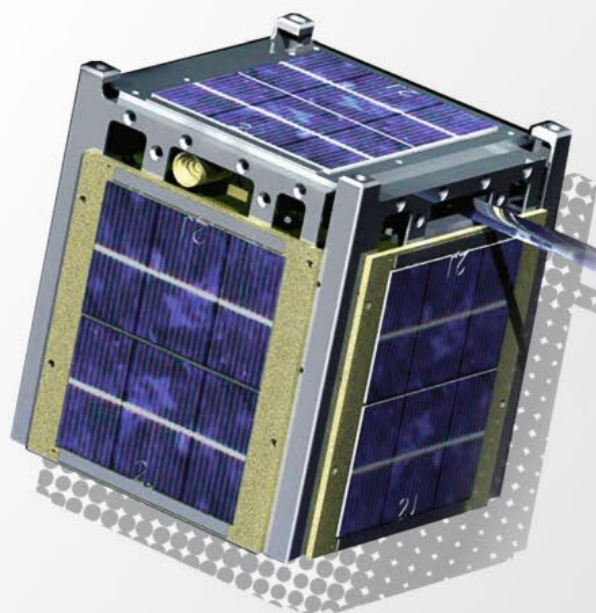
An aerial photograph of New York City, showing a dense urban landscape. Many of the buildings have green roofs, which are highlighted in a vibrant green color, contrasting with the grey and blue of the city and the water. The Hudson River is visible in the background, and the city extends to the horizon.

RESSOURCES ALIMENTAIRES

New York se rêve en cité **agricole** autosuffisante

Une ville comme New York pourrait-elle un jour se priver de tout approvisionnement extérieur de nourriture ? Telle est la question dont le *think tank* Terreform One s'est emparé il y a six ans, sous la houlette de Michael Sorkin, professeur d'architecture et spécialiste de la planification urbaine. Son équipe d'urbanistes, ingénieurs et écologues a calculé que l'autonomie alimentaire de cette métropole de 8,3 millions d'habitants pourrait être atteinte en consacrant 1,6 million d'hectares à l'agriculture – soit vingt fois sa superficie. L'équipe propose un plan de réaménagement global de la ville, *“en libérant les routes et certaines infrastructures”*, anticipe

Michael Parkinson, membre du groupe de réflexion. Et en associant exploitations agricoles traditionnelles, cultures sous serre au sommet des immeubles, fermes installées sur des péniches et gratte-ciel dédiés à l'élevage. Central Park serait ainsi transformé en un gigantesque champ, et 18,5 millions de mètres carrés de bureaux et d'habitations devraient être reconvertis. *“Certains de nos scénarios sont trop extrêmes pour être souhaitables mais le but est de montrer qu'il existe un juste milieu”*, précise Michael Parkinson. Terreform One publiera dans le courant de l'année des projections similaires concernant l'eau, la qualité de l'air, l'emploi et la culture. G.S.



COMMUNICATIONS

Le wi-fi de l'espace se met en place

Internet accessible à tous, gratuitement, partout sur Terre. C'est l'aspiration de MDIF, une organisation américaine à but non lucratif, avec son projet d'un "Outernet" diffusé depuis l'espace. Ce réseau reposerait sur une nuée de CubeSat, des satellites de 10 cm, diffusant en wi-fi longue distance une sélection d'informations aux utilisateurs de smartphone. MDIF envisage d'abord la diffusion de contenus basiques : sites d'actualité, Wikipédia, cours en ligne... Des prototypes vont être lancés en juin avant un déploiement à grande échelle l'année prochaine.

G.S.



AMÉNAGEMENT URBAIN

Cambridge teste un bitume fluorescent

Impossible de dire ce qu'il y a dans le bitume conçu par Pro-Tech. Hamish Scott, le directeur de cette entreprise britannique, garde le secret. Tout ce qu'on sait, c'est qu'il a mis au point un liquide truffé de particules fluorescentes qui, une fois pulvérisées sur le sol et revêtues d'une couche protectrice, collectent le jour la lumière du soleil pour la restituer la nuit. La lueur n'est pas assez intense pour remplacer les lampadaires, mais elle trace les chemins dans les parcs et jardins publics sans consommer d'énergie. La ville de Cambridge, au Royaume-Uni, est la première à s'y essayer.

M.F.

APICULTURE

Le concept d'“open source” s'étend aux ruches

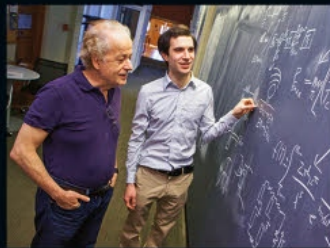
Le projet “Open Source Beehives” offre plans et notices d'une ruche à faire soi-même. Une ruche équipée de capteurs – aux schémas et composants explicitement documentés – qui envoient température, humidité, relevés de mouvements... à un site Internet, permettant à la communauté scientifique de mieux comprendre le comportement et l'état de santé des abeilles. A l'origine de ces ruches connectées, le FabLab de Barcelone, l'Institut d'architecture avancée de Catalogne et l'association OpenTechForever, qui espèrent contribuer à enrayer le déclin des abeilles, alors que des colonies entières (essentielles à la pollinisation des cultures), victimes de maladies et des pesticides, disparaissent chez les apiculteurs. F.L.



MONTANA STATE UNIV/SPACE SCIENCE & ENGINEERING LABORATORY - PRO-TEO - E. GRINNELL/SEAS COMMUNICATIONS

Idée neuve

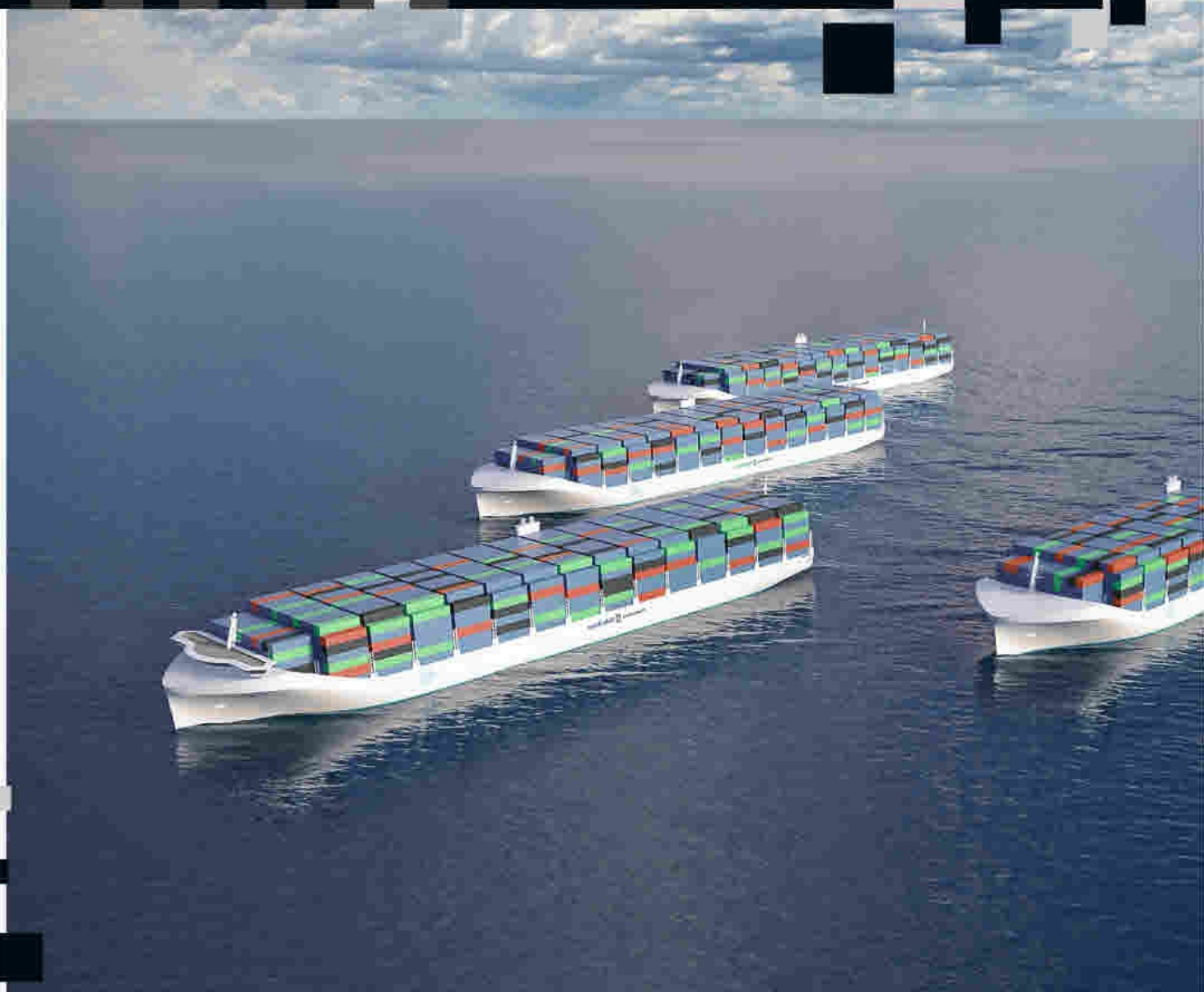
Steven Byrnes
Federico Capasso



ÉNERGIE

ILS VEULENT TIRER DE L'ÉNERGIE DES INFRAROUGES ÉMIS PAR LA TERRE

Aujourd'hui, l'énergie solaire est soit directement transformée en électricité, soit utilisée pour chauffer un fluide, entraînant des générateurs électriques. Mais elle pourrait être récupérée en dirigeant, non pas vers le soleil, mais vers le sol, des capteurs absorbant les infrarouges (IR) émis par la Terre en permanence. “ L'énergie peut être récupérée quand de la chaleur transite d'un corps chaud vers un corps froid, explique Steven Byrnes, de l'université Harvard. C'est le cas avec la surface tempérée de notre planète qui émet des ondes IR vers le vide spatial glacé.” Lui et Federico Capasso, spécialiste mondial des capteurs IR, ont conçu deux moyens de collecte : l'un thermique, analogue aux générateurs solaires, l'autre opto-électronique, plus proche du photovoltaïque. “ Nous avons montré théoriquement que l'idée était prometteuse, ajoute le chercheur. Reste à fabriquer et à tester ces deux prototypes, pour voir si la piste doit être suivie.” S.D.



AGRICULTURE

L'Inde va convertir son irrigation au solaire

Le gouvernement indien a engagé le remplacement de 26 millions de pompes d'irrigation au diesel ou électriques par des pompes alimentées par des panneaux solaires. Objectif: soulager le réseau électrique vieillissant, limiter la pollution et la facture pour les paysans, et compenser les sécheresses récurrentes affectant la péninsule. Les 200 000 premiers remplacements, sur cinq ans, devraient coûter un peu plus d'un milliard d'euros.

F.L.

CONSTRUCTION

Vers des maisons imprimées en 24 h

Un portique robotisé bâtit, couche après couche, les murs, cloisons et éléments porteurs de la toiture. Une bétonneuse alimente une extrudeuse montée sur le portique, qui vient déposer la juste quantité de matériau, au millimètre près, selon un plan numérique 3D élaboré par l'architecte. En une journée, cette "imprimante à maison" peut construire une habitation de deux étages occupant 180 m², sous le contrôle de 4 personnes seulement. Voilà ce que promet la technologie que développent Behrokh Khoshnevis, professeur d'ingénierie industrielle, et son équipe à l'université de Californie du Sud.

F.L.

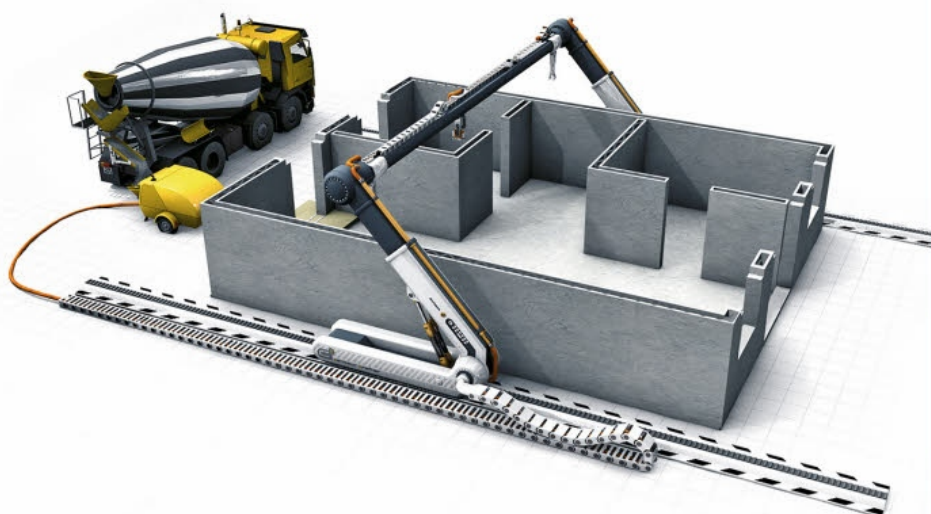


TRANSPORT MARITIME

Des **supercargos** pilotés depuis la **terre ferme** sont à l'étude

L'équipe "Blue Ocean" de la branche d'activités maritimes de Rolls Royce prépare l'avènement de cargos sans équipage, pilotés à distance depuis un poste de contrôle à terre. Ergonomes et ingénieurs du constructeur de turbines et moteurs développent un prototype de salle de contrôle, restituant sur un écran panoramique ce que voit le capitaine depuis le pont d'un cargo. *"Vaut-il mieux avoir 20 hommes d'équipage affrontant un coup de vent en mer du Nord, ou 5 personnes en sécurité dans une salle de contrôle à terre ?"*, interroge Oskar Levander, responsable de l'innovation de Rolls Royce. La compagnie a tranché, la sécurité prime. Comme l'allégement des cargos, débarrassés des équipements dédiés aux équipages. Rolls Royce espère un déploiement d'ici dix ans. Le temps de réussir à automatiser les commandes de bord, les salles des machines... et que s'installe un cadre de régulation adapté à la navigation sans pilote à bord.

F.L.



ROLLS ROYCE - CONTOUR CRAFTING PROJECT

Rendez-vous en...
2017

TRANSPORT

3 000 VÉHICULES COMMUNICANTS POUR SÉCURISER LA ROUTE

Le ministère des Transports français a annoncé le déploiement du premier réseau européen de grande envergure de routes et véhicules communicants. A partir de 2016, 3 000 véhicules neufs (probablement des Renault et Peugeot) seront équipés de capteurs, de récepteurs wi-fi et de tablettes. Les voitures voisines pourront échanger de l'information et communiquer avec 2 000 km d'infrastructures routières, équipées de bornes et de récepteurs wi-fi. Les conducteurs seront ainsi informés des conditions de circulation *via* les informations fournies par les voitures voisines (vitesse, position...) et par les infrastructures routières (obstacles...). *"Dans un premier temps, le test sera mené sur 5 ou 6 sites pilotes"*, précise Renaud Large, du ministère des Transports. *"Ensuite, le principe sera généralisé à tous les véhicules et sur toutes les routes de France dès 2017"*, poursuit-il. Ce premier déploiement qui devrait coûter 20 millions d'euros permettra notamment de vérifier que les véhicules communicants gagnent bien en sécurité et en fluidité.

M.V.



ÉLECTRICITÉ

La plus grande **centrale solaire** ouvre son unité n° 1

Après trois ans de construction, la première unité de la centrale d'Ivanpah Dry Lake, en Californie, vient d'être connectée au réseau. Suivront deux autres unités, pour alimenter plus de 140 000 foyers en électricité "propre". Construite par NRG Solar, Brightsource Energy et Google, la centrale étend sur 14 km² ses réflecteurs, qui concentrent l'énergie solaire vers des tours où de l'eau, ainsi vaporisée, entraîne des turbines produisant le courant. Avec 392 MW, elle se place au 1^{er} rang mondial devant les centrales SEGS (354 MW) et Solana (280 MW), situées dans le même désert, et consomme 95 % d'eau en moins qu'elles grâce à son système de refroidissement par air. L.B.

ISEGS

Culture Science

122

Bon à savoir

Non, l'«écriture texto» ne nuit pas à l'orthographe; Attention à la cuisson à haute température; L'impact des pop-up est fort et durable...

124

Questions / Réponses

Pourquoi s'étire-t-on au réveil? A quelle heure de la journée fait-il le plus froid? D'où viennent les noms?...

130

A lire / à voir

La réouverture du zoo de Vincennes; Craig Venter s'engage pour la biologie synthétique; Dans le ciel ce mois-ci: Titan, le plus gros satellite de Saturne...

134

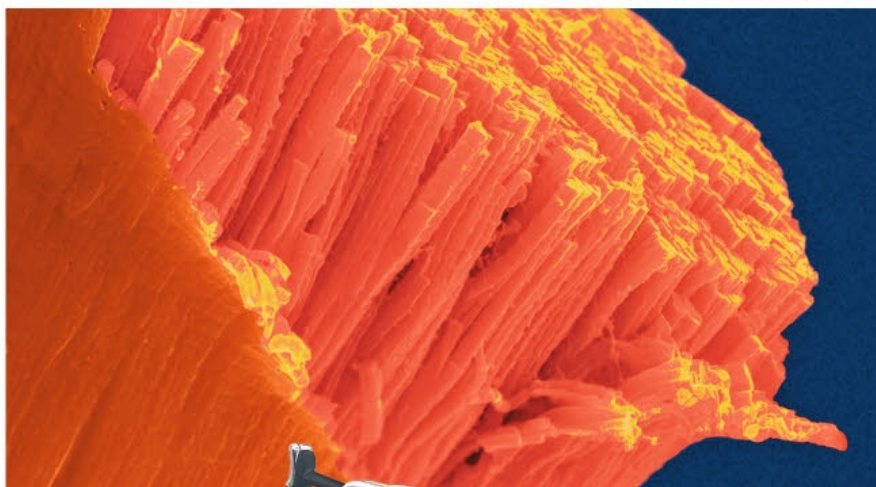
Technofolies

Un vélo avec filtre à CO₂; Le maillot de bain qui sèche 6 fois plus vite; Le Segway Bluetooth; L'imprimante 3D faite stylo...

140

Il y a... 20 ans

Le 6 mai 1994, le tunnel sous la Manche était inauguré. Retour sur un chantier hors norme, à travers 100 ans d'archives de S&V.



D. KUNKEL/CORBIS - DR - NOGUES-ORRAN/SYGMA/CORBIS

UNE FOIS GERMÉ, L'AIL EST ENCORE PLUS BÉNÉFIQUE

Les nombreux bénéfices attribués à l'ail (protection contre les maladies vasculaires, les infections, le cancer...) reposent en partie sur sa forte teneur en antioxydants. Or, ceux-ci atteignent leur concentration maximale après cinq jours de germination. "J Agric Food Chem", fév. 2014



LE STRESS RÉDUIT LA FERTILITÉ FÉMININE

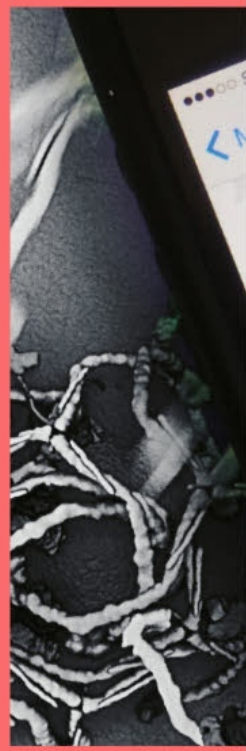
Les femmes présentant un niveau élevé d'alpha-amylase dans la salive (un marqueur biologique du stress) ont une probabilité réduite de 29 % de tomber enceinte le mois suivant, et elles sont deux fois plus susceptibles de souffrir d'infertilité. "Hum Reprod", mars 2014

MANGER TROP DE PROTÉINES ACCROÎT LA MORTALITÉ

Un régime riche en protéines animales (plus de 20 % des calories) accroît le taux de mortalité de 75 % entre 50 et 65 ans, et multiplie le risque de cancer par quatre, par rapport à un régime qui en contient moins de 10 %. "Cell Metab", mars 2014

NON, L'“ÉCRITURE TEXTO” NE NUIT PAS À L'ORTHOGRAPHE

Contrairement aux idées reçues, ce serait en fait le niveau d'orthographe qui influencerait au départ l'écriture des textos. Des chercheurs français ont analysé pendant un an les SMS, ainsi que les résultats scolaires, d'adolescents de 12 ans qui ne possédaient pas de portable avant le début de l'étude. Résultat : leur niveau d'orthographe est resté stable tout au long de l'année. Plus étonnant, ce sont en fait les meilleurs élèves qui avaient le plus recours au langage abrégé des textos ! Preuve que le SMS n'est pas forcément l'ennemi des profs de français. Reste à savoir si cela se vérifie sur le long terme... "JCAL", mars 2014

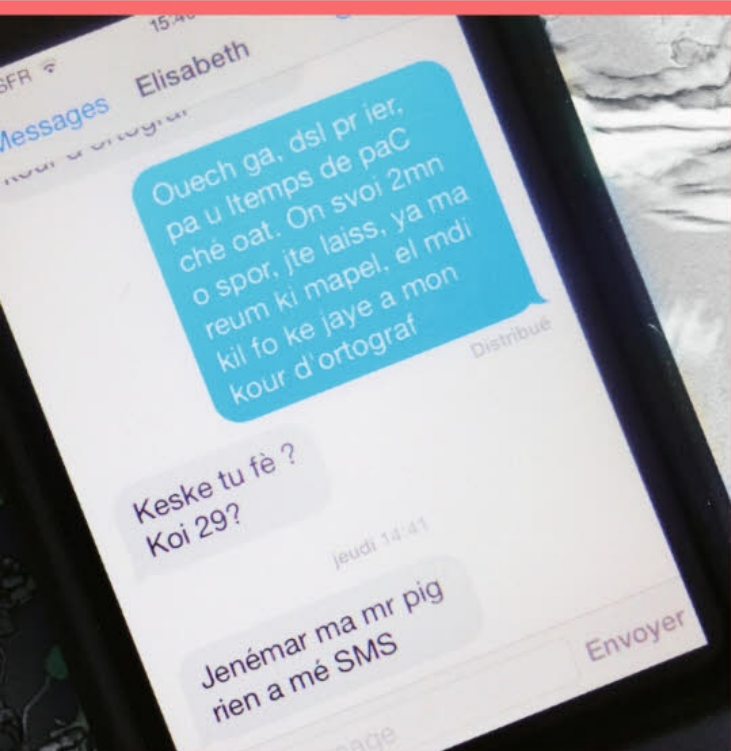


A PARTIR DE 55 ANS, ON EST BIEN PLUS SENSIBLE À L'ALCOOL AU VOLANT

La conduite des 55-70 ans est plus perturbée par l'alcool que celle des 25-35 ans, d'après une étude réalisée à l'université de Floride. Une centaine d'individus ayant ingéré une boisson leur procurant une alcoolémie de 0, 0,3 ou 0,5 g/l (inférieure ou égale à la limite autorisée en France) ont réalisé, sur un simulateur, un parcours de 5 km. Aucun effet de l'alcool chez les plus jeunes n'a pu être mesuré, sans doute parce que le parcours ne comportait ni intersection ni élément de distraction. Mais les plus de 55 ans avaient davantage de mal à garder une vitesse constante et tournaient le volant plus brusquement lorsqu'ils étaient alcoolisés. "Psychopharmacology", fév. 2014



FOTOLIA - E. DE GARRIGUES - M. BOWDEN/GETTY



LA LUMIÈRE ORANGE DOPE LE CERVEAU, MÊME APRÈS COUP

Les chercheurs avaient déjà observé que l'exposition à la lumière pouvait augmenter les capacités cognitives. Autrement dit, une personne soumise à la lumière se révèle plus apte à effectuer des exercices de mémorisation, de raisonnement ou à prendre des décisions. Voilà qu'à certaines longueurs d'onde, l'effet bénéfique persiste dans le temps ! Des chercheurs de l'université de Liège et de l'Inserm ont exposé 16 personnes à des lumières bleues, vertes ou oranges pendant 10 minutes, puis les ont soumises une heure plus tard à des tests cognitifs, à nouveau sous la lumière. Verdict ? L'IRM a montré que l'activité de certaines aires cérébrales impliquées dans la régulation de l'éveil et la réponse à un stimulus était plus forte chez les personnes préalablement exposées à la lumière orange. "JCMC", janv. 2014

FUMER ATTÉNUÉ LE GOÛT DU CAFÉ AU FIL DU TEMPS

La cigarette diminuerait à long terme la perception du goût du café. Une étude montre que les fumeurs et anciens fumeurs reconnaissent moins bien son amertume. Ce qui ne les empêche pas d'en boire plus que la moyenne... "Chem Percept", mars 2014

LA COLÈRE EST RÉELLEMENT MAUVAISE POUR LA SANTÉ

Dans les deux heures suivant un épisode de colère, la probabilité de crise cardiaque est multipliée par 4,7 et celle d'AVC par 3,7. Mieux vaut garder son calme, plus encore pour ceux qui présentent d'autres facteurs de risque vasculaire. "Eur Heart J", mars 2014

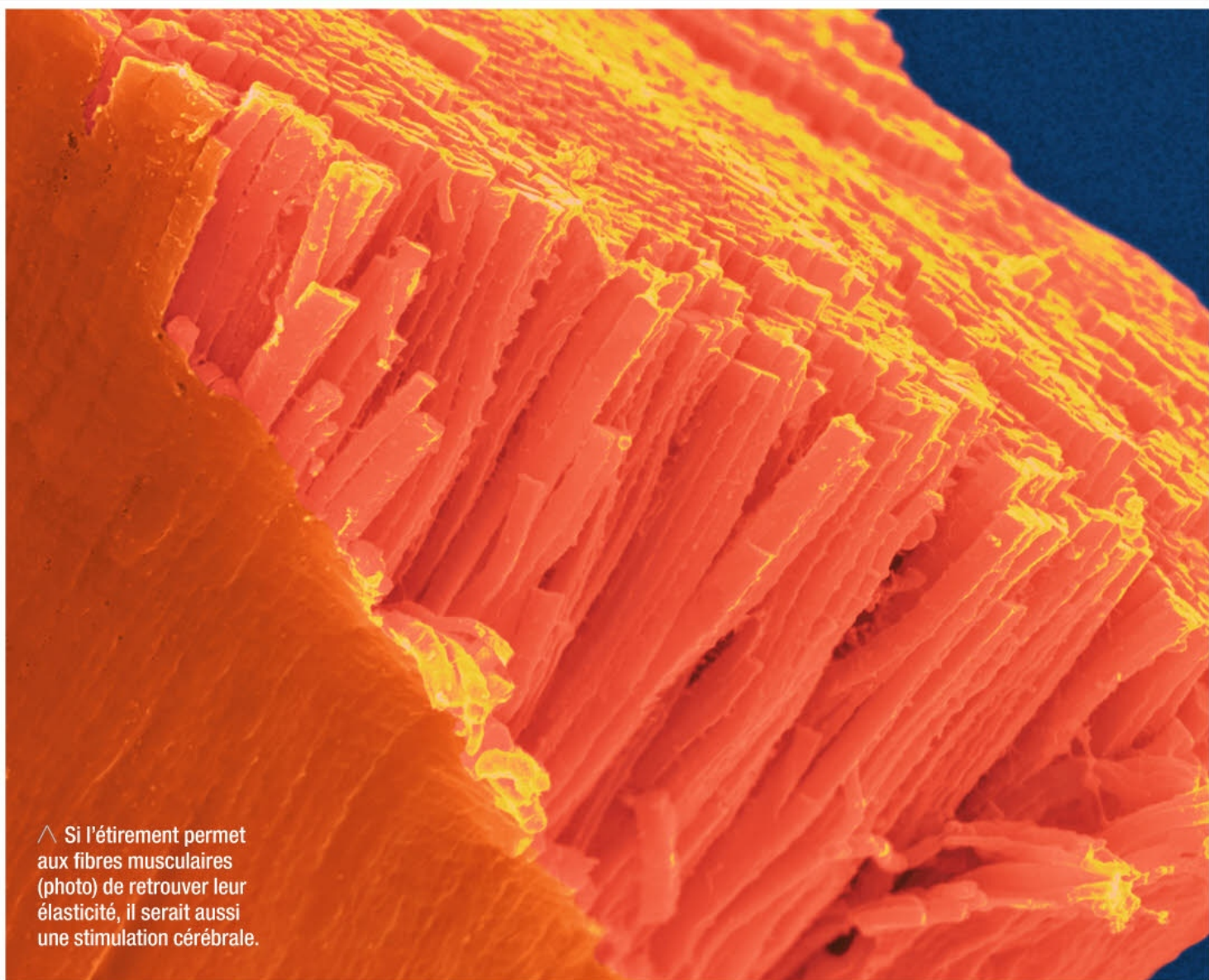
ATTENTION À LA CUISSON À HAUTE TEMPÉRATURE

L'académie de pharmacie déconseille la cuisson rapide et à très forte température (four à plus de 180°, friture, barbecue, poêle très chaude...), car les aliments accumulent alors des molécules accélérant le vieillissement des cellules. "Acadpharm.org", fév. 2014

L'IMPACT DES POP-UP EST FORT ET DURABLE

La publicité invasive du Web resterait ancrée à long terme dans la mémoire. Au cours d'une étude, 400 participants devaient naviguer sur un site Internet et, à intervalles réguliers, des petites fenêtres de pub (pour de fausses marques imaginées par les chercheurs) surgissaient l'espace de 3 secondes. Bien que tout ait été fait pour qu'ils n'y prêtent pas particulièrement attention, les participants avaient tendance, même trois mois après, à préférer les marques présentées dans les pubs. Nos yeux ont beau essayer de les ignorer, les pop-up s'inscrivent donc bien pendant des mois dans le cerveau, à notre insu. "JCMC", janv. 2014





^ Si l'étirement permet aux fibres musculaires (photo) de retrouver leur élasticité, il serait aussi une stimulation cérébrale.



Des robots géants sont-ils techniquement envisageables ?

Question de A. Goumy, Saint-Dié (88)

Les robots du film *Pacific Rim* dépassent les 80 m et les 5000 t. Des mensurations qui supplantent tout véhicule terrestre construit par l'homme et qui, dans le film, ne les empêchent ni de courir ni de sauter... Choses impossibles, en réalité. Car, explique l'ingénieur Olivier Nerot, "au moindre mouvement, une masse aussi lourde menacerait de s'effondrer. Nous n'avons ni la technologie ni la source d'énergie qui permettrait de faire fonctionner une machine aussi imposante". En pratique, l'énergie requise équivaldrait à celle de plusieurs réacteurs nucléaires. Quant aux matériaux nécessaires, à la fois légers et résistants, ils n'existent pas. **M.R.**



Pourquoi s'étire-t-on dès qu'on se réveille?

Question d'Hervé Gonguet, Cuzieu (01)

C'est, à l'évidence, une façon pour l'organisme de reprendre pied dans la réalité au sortir du sommeil. Sauf que les scientifiques ne disposent pas d'une, mais de deux, explications pour justifier ce comportement.

Baptisé "pandiculation", cet ensemble coordonné de mouvements, le plus souvent assortis de bâillements, concerne presque tous les vertébrés. En se contractant, tous les muscles qui permettent de se tenir debout provoquent une vraie dépense énergétique pour l'organisme : aussi ce mécanisme doit-il nécessairement être utile pour avoir été retenu par l'évolution...

Mais, comme l'avoue Olivier Walusinski, médecin généraliste et spécialiste

du bâillement, "*il n'y a pas de consensus*". Deux pistes, cependant, se dégagent.

La pandiculation, qui apparaît chez le fœtus vers la douzième semaine de grossesse, semble d'abord répondre à la raideur des membres après une immobilité prolongée : stimulées par ces contractions, les enveloppes de tissu conjonctif autour des muscles conserveraient ainsi toute leur souplesse, garantissant ampleur et flexibilité aux mouvements.

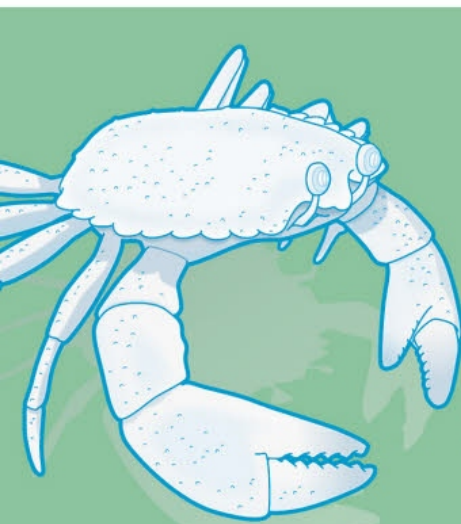
UN DOUBLE EFFET POSITIF

Mais ces étirements stimulent aussi l'intéroception, c'est-à-dire la perception que nous avons de notre propre corps, via l'activation d'une zone du cerveau appelée

insula. "*Cette puissante contraction musculaire nous fait percevoir notre schéma corporel de manière plus intense*, explique Olivier Walusinski. *On se sent mieux.*"

On sait par ailleurs que le bâillement accélère la circulation du liquide céphalo-rachidien qui baigne le cerveau, et où s'accumulent des substances induisant le sommeil. Bâiller pourrait donc hâter l'élimination de ces substances et éloigner le sommeil. De quoi accentuer, là aussi, l'état d'éveil.

S'étirer le matin permettrait donc de se préparer à l'action avec un double effet positif : assurer le fonctionnement optimal du système musculo-squelettique, mais aussi la vivacité du système nerveux. **VE.**



Qu'est-ce qui fait que les crabes marchent de travers?

Question de A. Bernardon, Gastins (77)

C'est parce que ce crustacé décapode ne possède que 4 paires de pattes marcheuses (les pattes avant étant différenciées en pinces), toutes orientées vers les côtés et l'arrière. Ainsi, "*les quatre articulations de chaque patte se déploient et se replient sur un axe gauche-droite et vers l'arrière*, explique Pierre Noël, au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris. *Ce qui explique qu'il marche de côté*". D'autant que peu

articulées et gainées d'une carapace rigide, les pattes du crabe sont peu flexibles. Ce qui ne l'empêche pourtant pas d'aller de l'avant s'il y est contraint, comme l'ont montré des études en laboratoire. Sur les 5000 espèces connues, il en existe tout de même une qui marche droit : les *Mictyris*, des petits crabes bleus des sables tropicaux dont les trois premières paires de pattes sont orientées vers l'avant.

Pourquoi la sueur sent-elle plus fort quand on a peur ?

Question de S. Lhery, Combs-la-Ville (77)

Parce qu'il existe deux sortes de sueur. Il y a d'abord la transpiration responsable de la régulation de la chaleur corporelle, générée par nos plus de 2 millions de glandes eccrines situées partout sous la peau. Plus l'effort physique est important, plus les muscles produisent de la chaleur, plus nous transpirons pour l'évacuer (jusqu'à 4 litres/heure). *"La sueur eccrine est composée de très peu de corps gras,*

corps dont se nourrissent les bactéries qui recouvrent la peau, explique le dermatologue Fabien Guibal. *Très acide, elle freine aussi le développement de ces bactéries. Or, c'est le produit de la digestion bactérienne qui est responsable de l'odeur désagréable."* Fraîche, cette sueur sent donc très peu.

L'autre transpiration, très odorante, est sécrétée en cas de stress (quelques millilitres) par les glandes

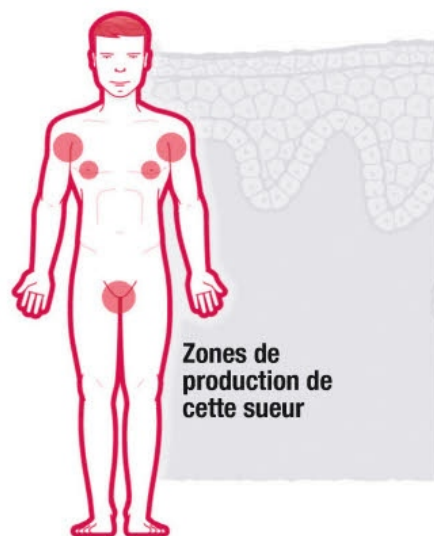
apocrines (sous les aisselles, les organes génitaux...). *"Épaisse et laiteuse, elle contient davantage de corps gras et de phéromones [messages chimiques]. Non acide, elle constitue l'aliment idéal pour les bactéries!",* précise Fabien Guibal. L'odeur est donc quasi immédiate. Ce qui pourrait justement être son rôle: envoyer un signal (de peur, de séduction...) grâce à une odeur forte et soudaine.

M.K.

Il existe en fait

1. Sous l'effet d'un stress

Les glandes apocrines produisent une sueur qui contient des corps gras, dont se nourrissent les bactéries présentes sur notre peau. C'est la digestion bactérienne qui produit alors la mauvaise odeur.



Est-il possible à un particulier de baptiser une exoplanète ?

Question de C. Tuloup, Vannes (56)

Pour l'instant non... mais peut-être bientôt. C'est l'Union astronomique internationale (UAI), sorte d'ONU de l'astronomie, qui baptise officiellement les objets célestes. Les exoplanètes prennent le nom de l'étoile autour de laquelle elles gravitent,

suivi d'une lettre minuscule qui indique leur ordre de découverte (la première exoplanète découverte autour de l'étoile HIP 14810 est ainsi HIP 14810b, la seconde est HIP 14810c...). Mais depuis un an, ce monopole est discuté. Uwingu, une association dont le but est de récolter des fonds pour la recherche, a ainsi proposé aux internautes de payer pour baptiser des exoplanètes. Tout en rappelant que les noms astronomiques ne peuvent être commercialisés, l'UAI s'est décidée à lancer une procédure qui devrait au moins permettre de donner... son avis. M.F.

D'où vien

Question de M. Waelkens,

Leur origine remonte... au Moyen Âge. Certes, les Romains avaient déjà imposé en Gaule leur habitude de nommer les individus par un prénom (*praenomen*), un nom de famille (*nomen*) et un surnom (*cognomen*). Mais avec la christianisation, au début de notre ère, chaque personne baptisée a dû prendre un seul nom, l'équivalent de notre prénom actuel.

Ce nouveau nom était soit tiré de la Bible, soit celui d'un Germain ayant envahi la Gaule au début du Moyen Âge. Pierre, Jean, Paul... donc, d'un côté. Guillaume, Thibaut, Bernard... de

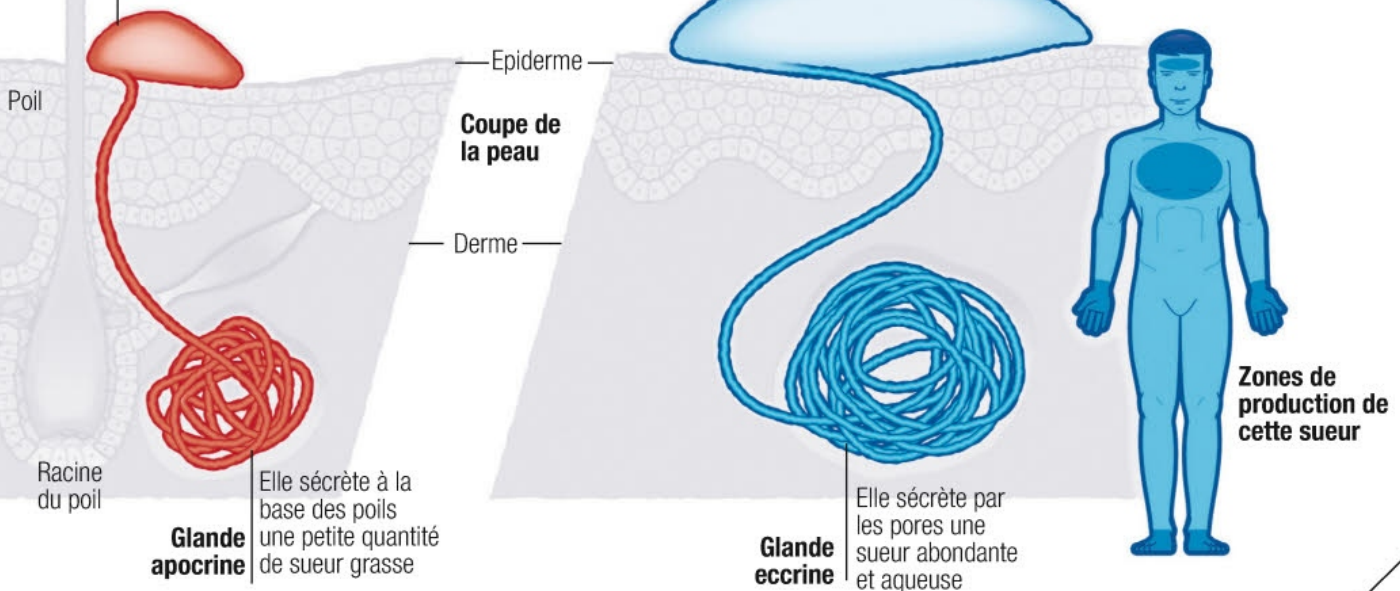
deux sortes de sueur, produites par des glandes différentes

2. A la suite d'un effort

Les glandes eccrines sécrètent une sueur acide qui ne favorise pas le développement des bactéries sur notre peau. Elle sent donc très peu.

Sueur acide : 90 % d'eau, acide lactique et sels minéraux

Sueur basique : eau, composés lipidiques, urée et ammoniac



nent les noms de famille ?

Bruxelles (Belgique)

l'autre. Bibliques ou germaniques, ces noms eux-mêmes ont de toute façon des origines indo-européennes et condensent le plus souvent deux mots. Ainsi le prénom Louis est-il composé de *hlod* (illustre) et *wig* (combattant).

Au XII^e siècle, l'explosion démographique engendrant beaucoup d'homonymes, chacun va devoir porter un deuxième nom pour se distinguer : le plus souvent, le nom de baptême du chef de famille. "On s'est ainsi appelé Jean Martin parce qu'on était Jean fils de Martin", résume Marie-Odile Mergnac, auteur de *l'Encyclopédie des*

noms de famille. C'est ainsi le cas de Séguin, Rocard, Amalric...

La deuxième catégorie de nom la plus fréquente est celle qui renvoie à une localisation. Il peut s'agir d'une origine (Lallemand, Lebreton, Lenormand) comme d'un élément situé près du lieu d'habitation (Dupont, Lagrange, Duchêne, Lafontaine, Dulac).

Néanmoins, tous les Leroy n'ont pas une origine royale ! Ces noms renvoient le plus souvent à une troisième catégorie : les sobriquets. Ainsi, le Leroy en question aura pu être le roi... d'une simple fête populaire. Les sobriquets évoquent aussi

des traits physiques (Gros, Leroux, Petit, Lebel), ou moraux (Gaillard, Courtois). On pouvait aussi être désigné par son métier (Boulangier, Meunier, Tisserand).

DES NOMS FIXÉS PAR LA LOI

Ces noms vont se fixer au XVI^e siècle. François I^{er} impose l'enregistrement des baptêmes, mariages et décès. Mais cet enregistrement ne concernera que les catholiques jusqu'à la Révolution. Enfin, avec l'instauration du livret de famille en 1877, les noms de famille et leur orthographe se stabilisent.

Depuis, avec la mort de leur dernier porteur, certains ont disparu (selon l'Insee,

200 000 se sont éteints sur les 520 000 noms répertoriés en 1900). D'autres sont apparus. En 2000, 60 000 noms étaient des noms transformés. En effet, la loi de 1803 autorise à transformer un patronyme "ridicule" ou trop marqué par l'Histoire. L'immigration a également introduit 830 000 nouveaux noms entre 1891 et 1990. Enfin, la loi du 1^{er} janvier 2005, qui permet de donner à un enfant le nom du père, de la mère, ou des deux, a favorisé les noms "rares" et composés. Selon l'Insee, 82,8 % des enfants nés en 2012 portent le nom de leur père, 6,5 % de leur mère et 10,7 % des deux. **M.K.**

Les vaches clonées ont-elles exactement les mêmes taches ?

Question de M. Pierrard, Morville (Belgique)

Non. Si le cinéma nous abreuve d'images de clones strictement identiques, la réalité est tout autre. Les élevages de bovins conçus par clonage en témoignent : aucun veau ne porte les mêmes taches. Deux clones en auront certes le même nombre, mais leur forme et leur emplacement différeront.

"La couleur et la proportion des taches sont déterminées, explique Hélène Jammes, directrice de recherches à l'Inra, mais leur forme et leur répartition n'obéit pas aux règles strictes de la génétique."

Au cours du développement de l'embryon, les cellules de la peau qui fabriquent les mélanocytes pigmentés migrent dans le fœtus aléatoirement.

Les embryons n'ont pas tout à fait le même matériel génétique : un clone porte l'ADN prélevé dans le noyau des cellules de l'animal original, mais aussi de l'ADN "maternel" issu de la cellule-œuf dans lequel l'ADN original a été inséré. Et les mêmes gènes peuvent s'exprimer différemment : les marqueurs épigénétiques déterminent quelle partie de



l'ADN sera lue. Différents d'un individu ou d'un clone à l'autre, ils sont sensibles à l'environnement, et donc à la vie de chaque clone. **O.D.**

△ Deux veaux clonés portent le même nombre de taches, mais leur forme et leur emplacement varient.

B. NICOLAS/INRA

La vitesse de la lumière serait-elle différente dans un autre univers ?

Question de C. Gryszka, St-Alban-Laysse (73)

Impossible de trancher. En ce qui concerne notre Univers, la relativité restreinte d'Einstein postule que la vitesse de la lumière dans le vide, notée "c", est une constante fondamentale de la physique, immuable partout, tout le temps, quel que soit celui qui la mesure. Ce que des observations toujours plus précises ont vérifié. Toutefois, sa valeur numérique (299 792 458 km/s) pourrait

être différente dans un autre univers... s'il existe !

C'est ce que postulent des modèles de "multivers". Ainsi, le modèle d'univers "bulles" : proposé dès 1986 par le physicien Andreï Linde, il se pose comme une alternative au modèle cosmologique "standard" qui ne décrit que notre univers. Selon lui, des univers se créeraient continuellement, chacun adoptant au

hasard une certaine valeur de ses constantes fondamentales, dont "c". Un autre modèle, issu de la physique quantique et de la théorie des "cordes", envisage, lui, l'existence d'une multitude d'univers situés dans des espaces tridimensionnels enfilés les uns derrière les autres suivant une quatrième dimension, comme les pages d'un livre. Dans chacun de ces univers, la valeur de "c" serait alors quelconque.

Mais ces modèles restent spéculatifs, et en l'état de nos connaissances, il est impossible de vérifier si "c" varie d'un univers à l'autre. Et même si sa valeur est bien constante dans le nôtre. **R.I.**

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

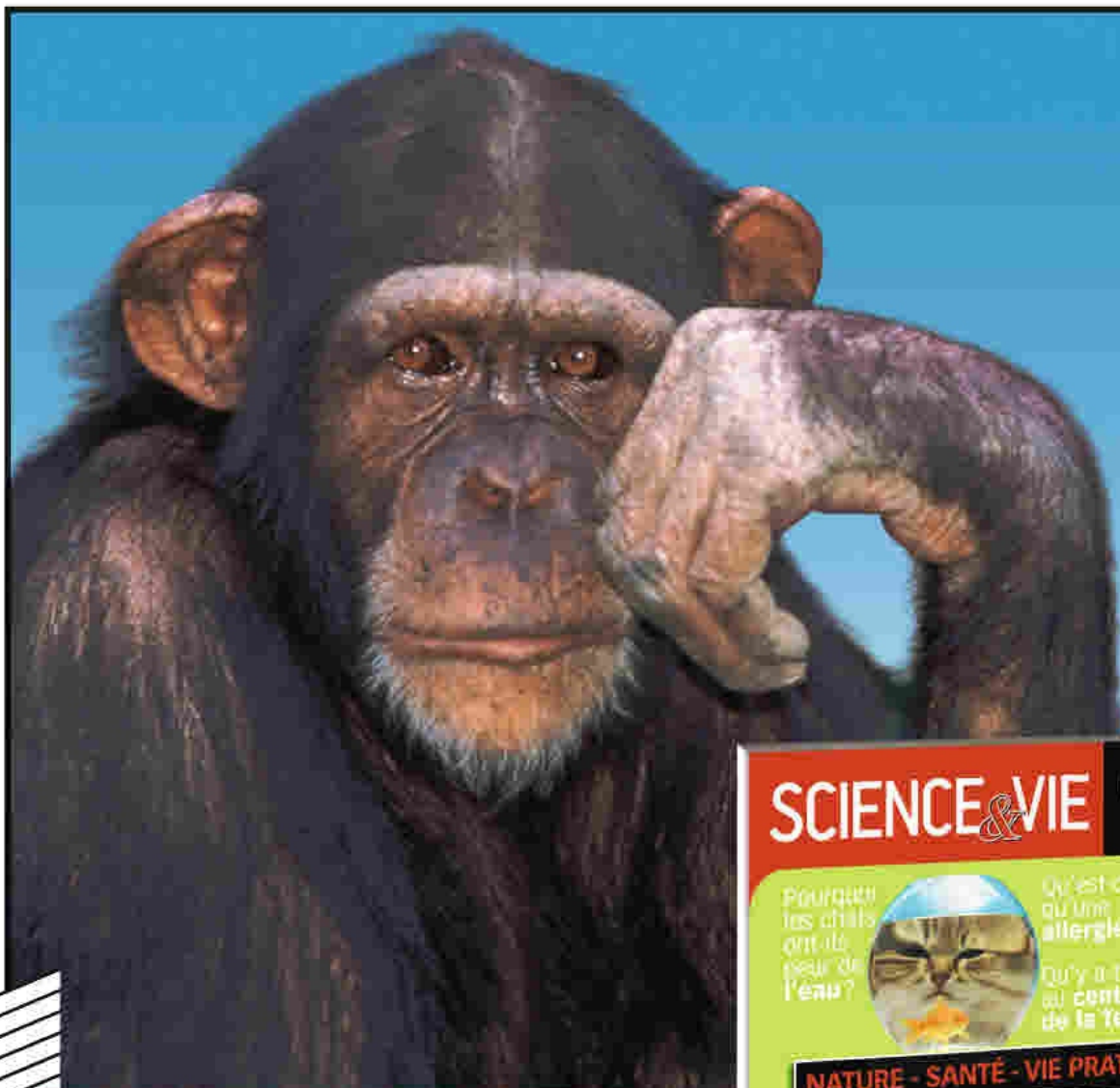
Nous ne pourrions répondre à toutes et à tous, mais les auteurs des questions que la rédaction sélectionnera se verront offrir un abonnement d'un an à Science & Vie (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

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

SCIENCE & VIE
QUESTIONS/RÉPONSES

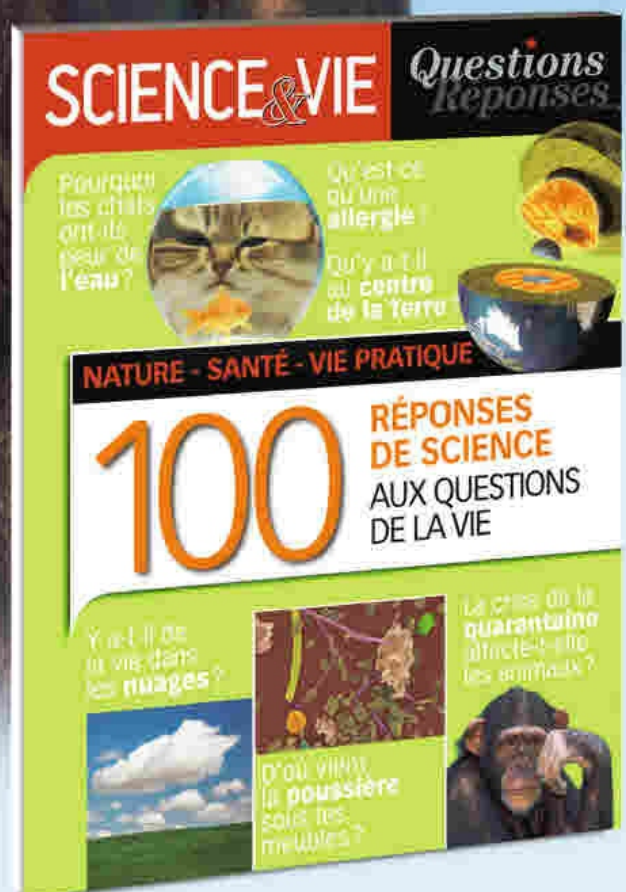
8, rue François-Orly
92543 MONTROUGE CEDEX

LES QUESTIONS DE LA VIE, LES RÉPONSES DE LA SCIENCE!



La crise de la quarantaine affecte-t-elle les animaux?...

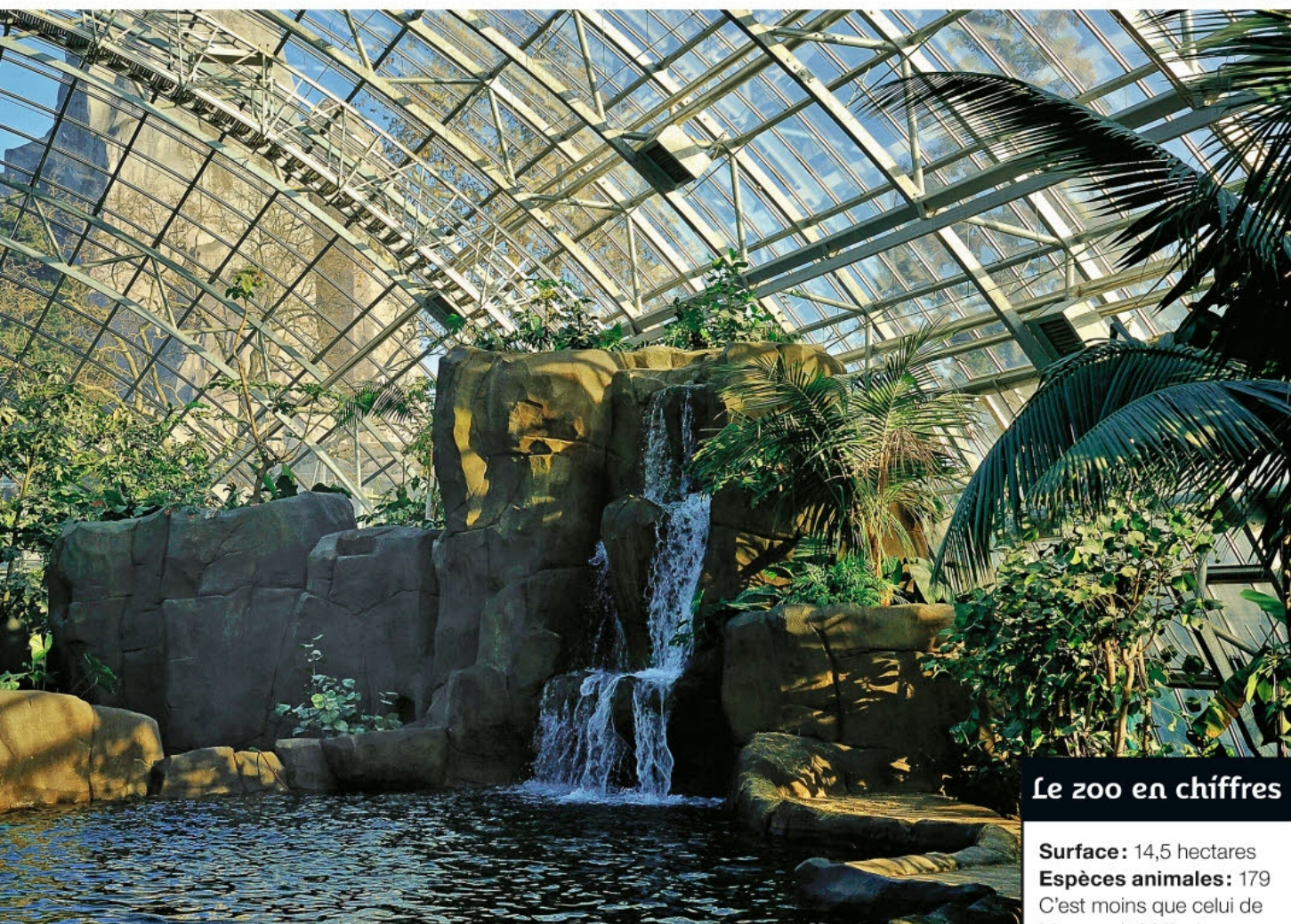
- Pourquoi l'**accouchement** sur le dos est-il privilégié?
- Pourquoi les enfants ont-ils des **dents** de lait?
- Les **W.-C.** sont-ils l'endroit le plus sale de la maison?
- Quels sont les véritables **bienfaits du sport**?...



En vente actuellement

Plus qu'un zoo, un tour du monde en cinq "biozones"

PHILIP M. MARRAS, MARGARET E. SPADIN/MARRAS, JAMES E. MARRAS



Le zoo en chiffres

Surface: 14,5 hectares

Espèces animales: 179

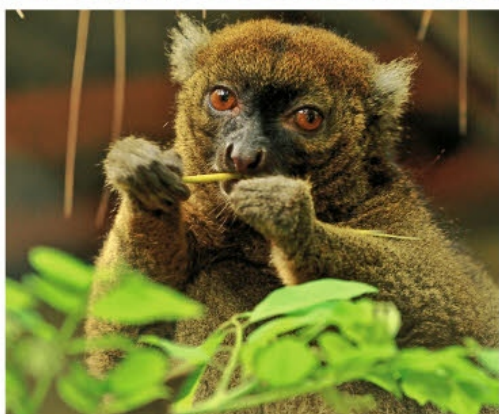
C'est moins que celui de Moscou (1 000), de Londres (750), de New York (650), ou que la ménagerie du Jardin des Plantes à Paris (240, mais nombreuses espèces d'invertébrés)

Espèces végétales:

870, soit 2 258 nouveaux arbres, et 150 000 arbustes et autres plantes aquatiques

Personnel: 250 personnes, dont 50 soigneurs, 2 vétérinaires et leur assistant

Visiteurs : 1 800 000 attendus en 2014
(parczoologiquedeparis.fr/)



△ Nombre d'espèces menacées sont présentées au public, tel le grand hapalémur de Madagascar...



△ ... ou l'ara hyacinthe (dans la biozone Amazonie), qui vit dans la canopée d'Amérique du Sud.

ment des animaux ne peut pas se prévoir. On sait notamment que de nombreux arbres et végétaux vont être détruits par certaines espèces. Nous avons donc opté pour des arbres solides,

privilegié certaines orientations pour les enclos..."

Faire entrer la nature sauvage au cœur de la ville reste un défi. Promettre le vertige des grands espaces vierges est impossible. Mais don-

ner, le temps d'une visite, la chance de découvrir des êtres rares et offrir la sensation de partager leur milieu naturel, voilà ce qu'ont réussi chercheurs et aménageurs à Vincennes. **M.R.**

► Zoo de Vincennes

► Du lundi au vendredi : 10 h/18 h ; week-end, jours fériés, vacances scolaires : 9 h 30/19 h 30
► 12,50 €

► **De mâle en père**
► Franck Cézilly
► Ed. Buchet Chastel, 2014
► 19 €



Spécialiste de l'écologie évolutive, F. Cézilly entend montrer de quoi est fait l'instinct paternel. Les mœurs parentales des invertébrés, insectes, mammifères, poissons, sont donc passées au peigne fin. La prose n'en est pas moins limpide: les idées toutes faites, y compris celles attribuées à de prétendues lois naturelles, volent en éclat. Eclairant. **F.L.**

► **Survivants**
► Chris Stringer
► NRF Essais, Gallimard, 2014
► 26,50 €

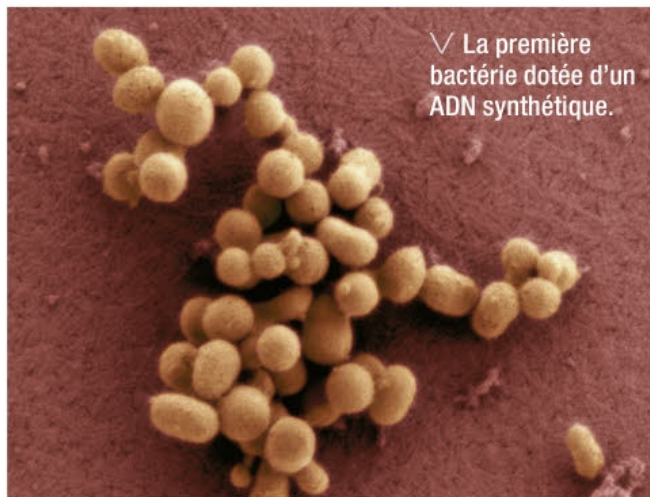


Le paléontologue britannique Chris Stringer raconte, avec une plume claire et vive, la fascinante histoire de notre survie, fruit d'une évolution unique tant physique qu'intellectuelle. Il présente des notions complexes, expose découvertes et hypothèses de travail, et déploie les origines de *Sapiens* de façon compréhensible et rigoureuse. **E.R.**

► **La face cachée de l'Univers**
► Thomas Lepeltier
► Editions du Seuil, 2014
► 20 €



Alors que les ondes gravitationnelles primordiales, ultime écho du big bang, viennent d'être détectées (voir p. 70), ce livre explique comment s'est imposé le modèle standard, en écoutant les défenseurs de modèles alternatifs, en s'amusant du rôle du hasard et de la mauvaise foi. Démontrant ainsi que la science est bien une activité humaine. **H.P.**



✓ La première bactérie dotée d'un ADN synthétique.

L'aventure de la biologie synthétique, côté coulisses

Un livre signé par le "pape" de la biologie synthétique, le biologiste et entrepreneur américain J. Craig Venter, à qui l'on doit l'exploit, en 2010, d'avoir créé la première bactérie "fonctionnant" avec un ADN conçu artificiellement, ne peut que retenir l'attention. Car l'auteur ne vise pas seulement la pédagogie: il plaide pour une exploration toujours plus poussée du terrain d'expérimentation qu'il défriche lui-même depuis 20 ans. D'autant qu'il n'est pas un "sorcier" de laboratoire isolé, d'autres chercheurs mettent au point des cellules capables de produire à volonté du biocarburant ou de dévorer des polluants sur des sites sinistrés.

Comment en est-on arrivé là? C'est l'aventure que raconte J. Craig Venter, de l'identification de la structure de l'ADN en 1953

à la création des premières cellules à ADN synthétique. Il décrit minutieusement l'avènement de ce qu'il appelle "l'ère numérique" de la biologie, où experts en codes informatiques et en biologie cellulaire créent, ensemble, un vivant sur mesure.

UNE VISION EXTRÊME

Une prose plus proche du compte-rendu de laboratoire que du roman. Mais la quête reste exaltante et les questions fondamentales de la biologie émergent forcément d'emblée: qu'est-ce que la vie? D'où vient-elle? Quels sont ses ingrédients de base? J. Craig Venter, s'il se garde bien d'apporter des réponses définitives, ne fait pas mystère de sa vision matérialiste. Selon lui, l'ADN vu comme un code offrirait même la possibilité, via les ondes électromagnétiques, de transmettre à la vitesse



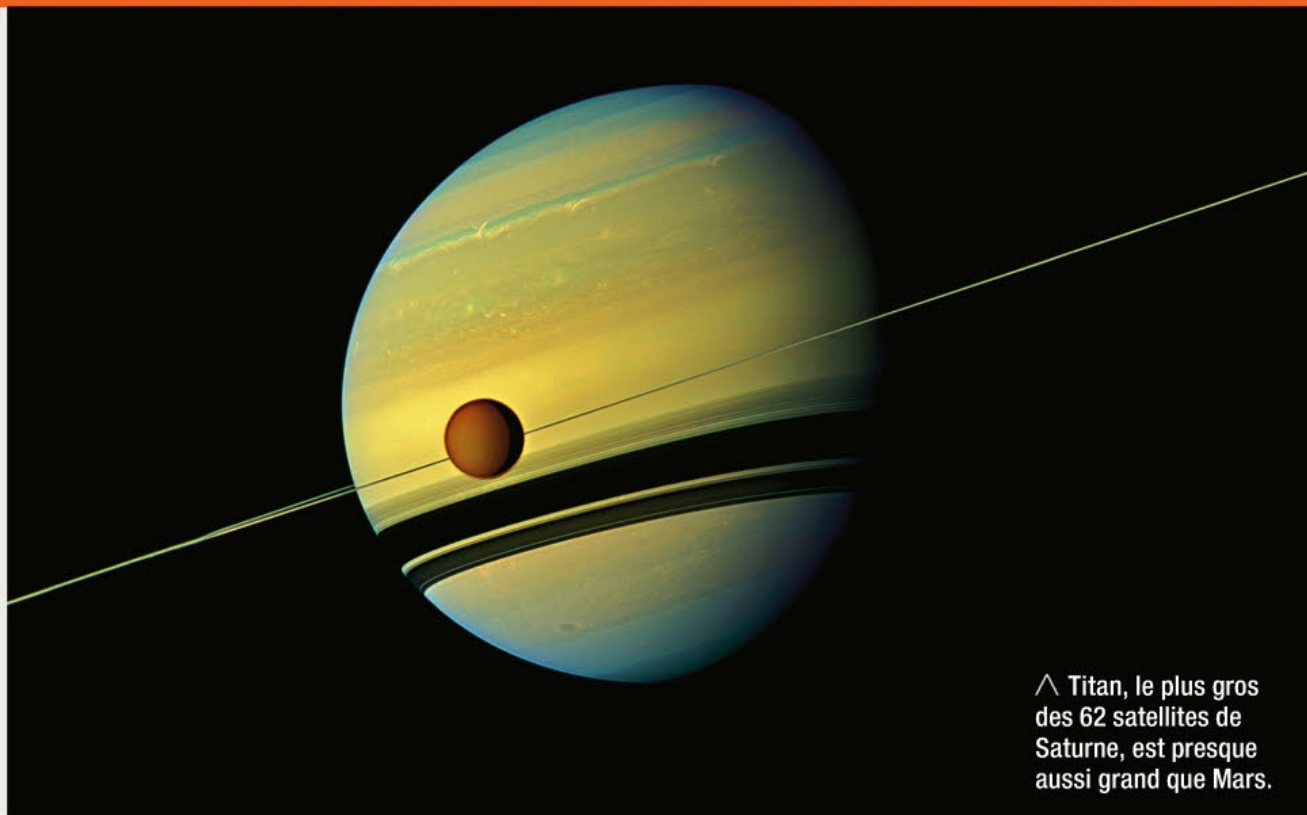
► **Le vivant sur mesure**
► J. Craig Venter
► éd. JC Lattès, avril 2014
► 20 €

de la lumière n'importe quelle forme de vie d'une planète à l'autre.

Une vision extrême, loin des discours beaucoup plus prudents de Jean-Jacques Kupieck ou Henri Atlan, en France, qui insistent au contraire sur les limites de cette métaphore réductrice d'un ADN-programme, oubliant l'importance du milieu cellulaire dans l'interprétation des informations, ou les propriétés d'auto-organisation émergeant de la complexité des interactions physico-chimiques dans l'ensemble de l'environnement cellulaire.

Reléguer ces conceptions au rayon des vitalismes obsolètes, comme le fait l'auteur, paraîtra un peu abrupt. On regrettera aussi une vision par trop manichéenne des bénéfices et dangers que promet la possibilité de créer artificiellement de nouvelles espèces vivantes adaptées à nos besoins. Mais on prendra plaisir à suivre, pas à pas, les progrès époustouflants de cette révolution bionumérique qui s'annonce. **E.M.**

Dans le ciel ce mois-ci



^ Titan, le plus gros des 62 satellites de Saturne, est presque aussi grand que Mars.

Une belle occasion d'apercevoir Titan

Cette année, Saturne passe au plus près de la Terre, le 10 mai, à 1,33 milliard de kilomètres. L'occasion idéale de contempler la plus lointaine planète visible à l'œil nu. L'occasion, surtout, de découvrir un astre fascinant qui tourne dans l'ombre de la géante : Titan. Sur l'image ci-dessus, prise par la sonde *Cassini*, on voit, devant le disque de Saturne coupé par le fil de ses anneaux de glace, passer cette mystérieuse planète... Une planète ? Oui et non, car Titan est le plus gros des 62 satellites de Saturne. Mais cet astre absolument unique dans le système solaire est presque aussi grand que Mars ! Surtout, il possède une atmosphère épaisse, qui jette un voile opaque sur sa surface... Cette atmosphère d'azote, glaciale et dense, il a fallu attendre le milieu des

années 2000, avec les sondes *Huygens* et *Cassini*, pour enfin la percer. Ce 17 mai justement, *Cassini* va passer à moins de 3 000 km de Titan, et observer en détail une véritable mer, Kraken Mare. Par -180°C , elle n'est pas constituée d'eau, mais plus probablement d'hydrocarbures (méthane et éthane). Plus loin, d'immenses champs de dunes s'étendent, battus par des pluies de méthane... et des geysers expulsent de l'azote liquide. Saturne est brillante à l'œil nu, et ses anneaux sont visibles avec les plus modestes instruments. Titan est aussi facile à observer : dans l'oculaire d'une lunette ou d'un télescope, grossissant de 100 à 200 x, de nuit en nuit, il est très facile de suivre sa ronde autour de la planète aux anneaux.

S.B.

► Quand ?

Le 10 mai, entre 23 h et 2 h, au-dessus de l'horizon sud.

► Comment ?

Une lunette de 100 mm, grossissant 100 fois.

► Où ? Dans la constellation de la Balance.



Pour voir la carte :
science-et-vie.com



Retrouvez la chronique "Du côté des étoiles" sur France Info

tous les samedis et sur
www.france-info.com

Un "Segway" pilotable via Bluetooth

Au premier coup d'œil, le Ninebot Elite ressemble à son concurrent, le Segway: l'utilisateur monte dessus et se déplace, assisté par un stabilisateur gyroscopique qui lui permet d'aller jusqu'à 20 km/h pendant 25 km. Sauf que ce modèle présente des signes distinctifs surprenants: à gabarit quasiment égal, il est deux fois plus léger (23 kg). Surtout, son fabricant chinois Ninebot a voulu qu'il se déplace à distance... sans personne dessus! L'intérêt? A vrai dire, il est plutôt limité pour l'instant. L'utilisateur peut faire venir à lui son Ninebot sur commande pour partir ensuite en balade. L'appareil peut aussi servir

de robot de télésurveillance, en y installant une caméra (en option) et en le faisant circuler, de manière télécommandée. Dans tous les cas, c'est le smartphone qui fait office de télécommande et d'écran de visualisation. Or, connecté en Bluetooth avec le Ninebot, il nécessite que le robot soit placé à 15 m, à vue de l'utilisateur! Ce qui en limite grandement la portée. Ceci dit, cet objet est le premier transporteur de ce genre et il préfigure toute une série de produits connectés plus ou moins autonomes (voitures, robots, fauteuil roulant...).

L.B.

Prix env. 3 000 €.
Rens.: www.bigrobots.com



Capteurs de pression qui détectent la présence et les mouvements de l'utilisateur

Vis pour désolidariser la barre de guidage

Carte électronique comportant le module Bluetooth qui communique avec le smartphone

< Le premier concurrent du Segway peut se piloter à distance dans un périmètre de 15 mètres; et sa barre de guidage est amovible.



Dès que ça sonne, il diffuse une odeur

Désormais, vous pouvez être alerté par une odeur lorsque vous recevez un appel ou un message sur votre smartphone. Une fois connecté à votre appareil téléphonique, le "Scentee", ce petit diffuseur de parfum conçu par l'entreprise japonaise Chat-Perf, remplace vos sonneries et autres alarmes par de douces senteurs. Le principe ? Il repose sur un petit module bulbeux branché à la prise jack de votre smartphone et rechargeable par

port USB. A l'intérieur, une cartouche de parfum (curry, rose, lavande, romarin, café ou fraise) diffuse son odeur pendant une durée donnée, préprogrammée par l'utilisateur en fonction du type de notification (sonneries, message, alertes...) qu'il reçoit. Bon à savoir : le mélange de parfums n'est pas faisable et c'est sûrement préférable!

M.R.

Prix : 25 € pour le module (frais de ports de 22 €!), 3,60 € par recharge de 100 utilisations.
Rens. : www.scentee.com

LE COIN DES PROTOTYPES

Le vélo avec filtre à CO₂

Et si le vélo dépolluait l'air respiré par le cycliste ? Des designers thaïlandais ont matérialisé cette idée avec ce vélo purificateur d'air. Tel qu'imaginé, le vélo serait capable de nettoyer l'air pollué tout au long d'un trajet, grâce à un filtre à air qui "capturerait" le CO₂ et les poussières. L'air passerait à travers ce filtre, situé sur le guidon du vélo, où il serait nettoyé avant d'être rejeté vers le cycliste. De surcroît, son cadre en aluminium abriterait un système artificiel de photosynthèse engendrant de l'oxygène via une réaction entre l'eau stockée dans un réservoir et l'électricité d'une batterie lithium-ion. L'action purifiante pourrait même être maintenue en stationnement grâce à la batterie.



Rens. : www.lightfog.co.th

J.J.

Un coach sportif qui bat des records d'autonomie

Spécialisée dans les systèmes GPS, l'entreprise américaine Garmin vient de lancer Vivofit, un bracelet qui intègre un moniteur de fréquence cardiaque, indique l'heure, le nombre de pas effectués, la distance parcourue et les calories brûlées. Son atout : il bénéficie d'un an d'autonomie, contre de huit à dix jours seulement chez les concurrents. Pour afficher une telle performance, le fabricant a opté pour un écran à encre électronique, dont la consommation d'énergie est très faible. Alimenté par deux petites piles, il reste allumé en permanence, mais en contrepartie, il n'est pas rétroéclairé. Il est disponible en plusieurs coloris, et est étanche jusqu'à -50 m.

Ph.R.



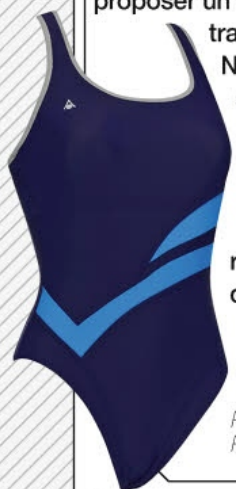
^ Ce bracelet pour sportifs calcule la fréquence cardiaque, les calories brûlées, etc., avec une autonomie record d'un an.

Prix : à partir de 150 €. Rens. : www.garmin.com/fr-FR

Le maillot de bain qui sèche six fois plus vite

Les maillots de bain techniques des professionnels sèchent tout seuls à peine sortis de la piscine. Pour en proposer un accessible à tous, le français Aqua Sphere a travaillé deux ans avec la société américaine Nanotex. Il a ainsi transformé le tissu classique de ses modèles (85 % polyester, 15 % élasthanne) en une version hydrofuge qui sèche six fois plus rapidement. Chaque fibre du tissu est recouverte d'un revêtement nanotechnologique qui forme une barrière de résistance à l'eau. Résultats: en plus de ne pas mouiller le sac de piscine, le maillot offre une meilleure flottabilité et la sensation de glisser dans l'eau. **L.B.**

Prix: de 16 à 40 € (selon les modèles).
Rens.: www.aquasphereswim.com



< Cet appareil "plaque" votre voix sur n'importe quelle chanson de votre choix.

La "box" pour rêver qu'on est un chanteur

Avec Singtrix, la technique des chanteurs professionnels devient, pour la première fois, accessible à la maison. Il suffit de brancher la machine sur un appareil ayant une sortie casque et de choisir une chanson dans votre collection (ou via Youtube ou Spotify). Et c'est parti pour le spectacle! Singtrix remplace la voix du chanteur par la vôtre, cor-

rige sa hauteur si besoin et permet aussi de la filtrer à travers l'un des 350 effets vocaux disponibles. Une première! Avec le micro, le haut-parleur et la machine qui fait office de studio, il est donc possible de chanter comme un robot ou comme Barry White, et même d'obtenir un chœur. **M.S.**

Prix: env. 210 €. Rens.: www.singtrix.com

La caméra qui filme en nocturne

C'était une grande source de frustration pour les aficionados d'images vidéo: malgré des progrès considérables, les prises de vues de nuit et sans éclairage demeuraient jusqu'ici presque impossibles. La société japonaise Komamura met en circulation une caméra qui permet pour la première fois, de voir la nuit en couleurs presque aussi bien qu'en plein jour. Mais pas question ici d'utiliser les infrarouges, qui restituent souvent des images floues et verdâtres. Cet appareil enregistre la lumière naturelle



même en très petite quantité, grâce à deux innovations: un nouveau capteur CMOS très sensible et un travail titanesque sur l'électronique et le logiciel qui interprète les informations. Bien sûr, la caméra, dénommée Falcon Eye KC-2000, ne

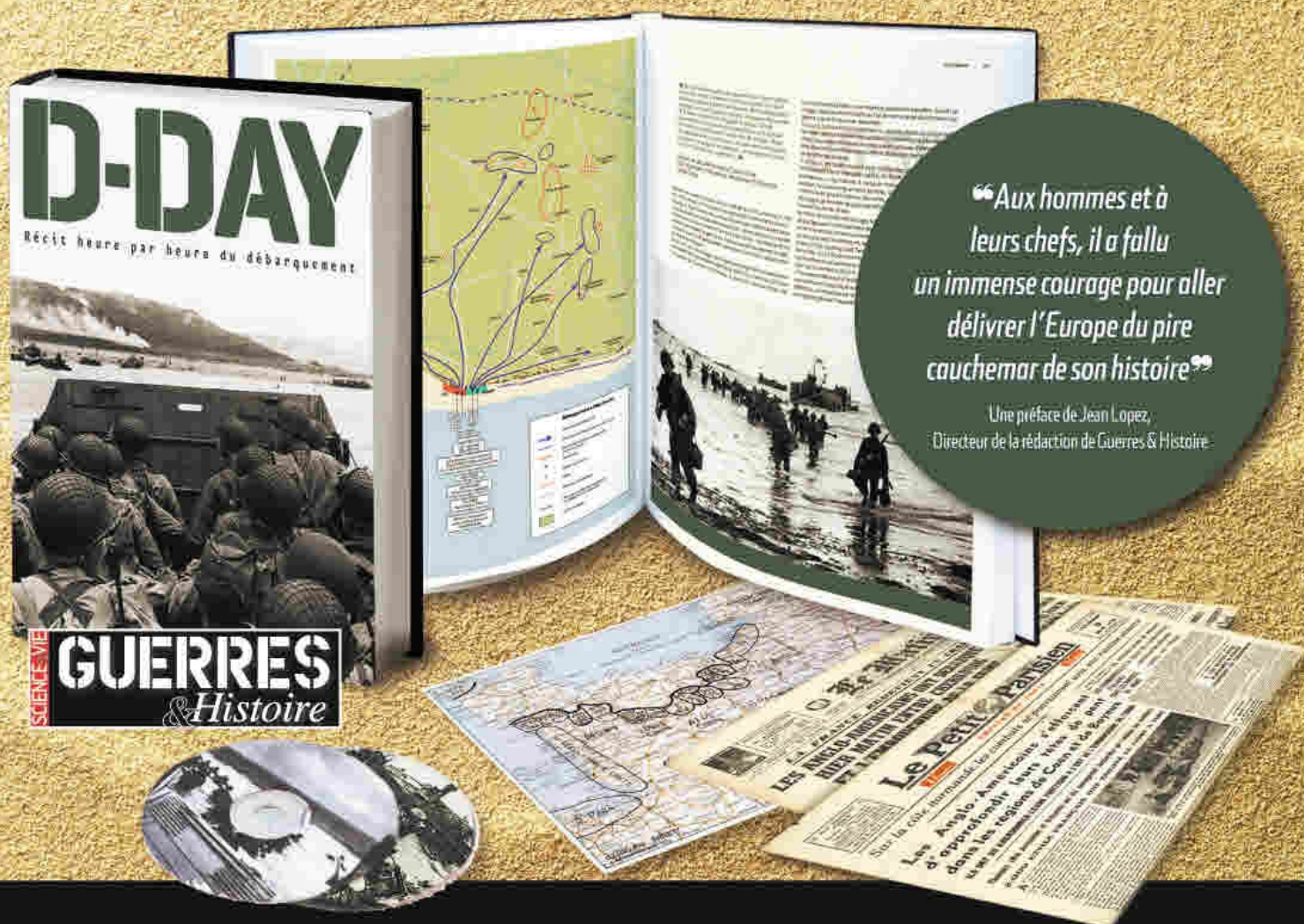
filme pas dans le noir complet. Mais des éclairages minimes de rues, ou une pleine lune par ciel dégagé peuvent suffire pour obtenir des images d'une qualité étonnante, avec une définition de 1280 x 720 pixels pour 30 images par seconde.

Même si la Falcon Eye est en vente libre, le fabricant japonais estime qu'elle sera surtout destinée aux professionnels, notamment dans le secteur militaire et celui de la sécurité. **S.D.**

Prix: env. 20 000 €. Rens.: www.falconeyecnv.com

EXCEPTIONNEL

D-DAY disponible le 2 juin à la Fnac !



“Aux hommes et à leurs chefs, il a fallu un immense courage pour aller délivrer l'Europe du pire cauchemar de son histoire”

Une préface de Jean Lopez,
Directeur de la rédaction de Guerres & Histoire

- **UN LIVRE EXCEPTIONNEL DE 144 PAGES ET DE PLUS D'UNE CENTAINE D'IMAGES** réalisé en partenariat avec Guerres & Histoire, incluant des clichés mythiques de Robert Capa, les témoignages de Léon Gautier, du commando Kieffer et de Jake Mc Niece, connu sous le nom de 13^e salopard.
- **2 DVD** : *La Lumière de l'aube*, un film de Jean-Christophe Rose sur les coulisses du débarquement écrit avec Deborah Ford et *La bataille de Normandie* de Jean-Louis Guillaud et Henri de Turenne, réalisé par Daniel Costelle.
- **2 FAC-SIMILÉS DE UNES DE JOURNAUX D'ÉPOQUE.**
- **1 CARTE DU DÉBARQUEMENT** sur les plages de Normandie.



DISPONIBLE **EN EXCLUSIVITÉ** À LA FNAC AU RAYON DVD

Maxi tondeuse et mini encombrement

Largeur de coupe de 56 cm, cylindrée de 190 cm³, système d'autopropulsion à vitesse variable autorisant l'accès aux endroits difficiles, système de tonte trois-en-un (ramassage, déchiquetage, éjection)... Oui, mais surtout la tondeuse SmartStow de l'américain Toro libère de la place dans votre garage car elle tient... debout ! La société américaine de production

de moteurs Briggs & Stratton y a intégré un carburateur antifuite, un réservoir de carburant à joints d'étanchéité et joints toriques améliorés et un goulot de remplissage d'huile situé plus haut. Cette position verticale réduirait de près de 70 % l'espace nécessaire au stockage et facilite le nettoyage de la lame et du tablier de la tondeuse. Pratique !

L.Bo.



Prix : env. 270 €. Rens. : www.toro.com/fr-ca

< C'est grâce à un carburateur antifuite et à un système de joints sophistiqués que la tondeuse peut être ainsi rangée verticalement.

Il aspire sans rejeter les microparticules

Pour éliminer toute la poussière sans la respirer, y compris la plus fine, voici l'aspirateur Elite, créé par le groupe danois Nilfisk. Alors que les aspirateurs classiques retiennent les grosses poussières, ils rejettent les plus petites, et notamment les allergènes. Elite se distingue car il est équipé d'un filtre spécial qui permet de retenir 99,995 % des particules de moins de 0,3 micromètre (soit 250 fois plus fines qu'un cheveu), renvoyant dans l'air seulement 5 particules sur 100 000. A titre de comparaison, certains aspirateurs en laissent passer jusqu'à 50 000. Idéal pour les personnes allergiques ou asthmatiques. Il élimine 81 % des saletés du sol quand d'autres n'en retirent que 70 %. Le tout en silence. Il émet entre 64 et 71 décibels (contre de 75 à 85 habituellement). Elite est disponible en 7 versions.

M.S.

Prix : de 330 env. à 450 €. Rens. : www.nilfiskelite.com



Ce stylo 3D crée de vrais objets

Dessiner et fabriquer des objets à l'aide d'un gros stylo de 200 g relié au secteur... Voici ce que permet 3Doodler, le premier stylo 3D, conçu par deux inventeurs américains de chez WobbleWorks. Comment ça marche ? 3Doodler fonctionne à l'aide de tiges de plastique coloré de 3 mm de diamètre, soit en polymère thermoplastique (ABS), destiné aux formes solides, pochoirs... soit en bioplastique (PLA), pour créer par exemple des objets décoratifs à coller sur les fenêtres. Enfournée dans le corps du stylo, la tige devient malléable par réchauffement.



La pointe du 3Doodler extrude alors la matière, avec laquelle l'utilisateur pourra dessiner, dans l'espace, le plastique se solidifiant en quelques secondes.

E.T.A.

Prix : env. 70 €, livré avec 50 filaments de plastique. Rens. : www.the3doodler.com

Nouvelle croisière SCIENCE & VIE

Aux origines de l'homme et de l'univers

du 20 au 27 octobre 2014 - vacances de la Toussaint

8 jours / 7 nuits
à partir de

890€

EN PENSION COMPLETE
Au départ de Marseille
Prix par pers. en cabine double cat. IC.

Spécial vacances de la toussaint
Croisière gratuite pour
les enfants de -18 ans⁽¹⁾
+ ANIMATIONS SPECIALES JUNIOR

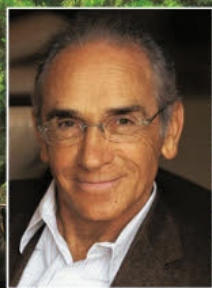
LES CONFÉRENCIERS DE VOTRE CROISIÈRE



Mathilde Fontez,
journaliste scientifique



Yves Coppens,
paléanthropologue



François de Closets,
votre maître de cérémonie

PALMA • TUNIS • PALERME • NAPLES • SAVONE



LE PROGRAMME DE VOTRE CROISIÈRE

- **François de Closets** animera plusieurs conférences dont «Ne dites pas à Dieu ce qu'il doit faire» le roman-vrai d'Albert Einstein, et «alerte à l'orthographe».
- **Yves Coppens**, membre de l'académie des Sciences tiendra deux conférences : «les origines de l'homme» et «le métier de paléontologue».
- **Mathilde Fontez**, journaliste scientifique, spécialiste de l'astrophysique vous initiera aux mystères de l'univers.

Et d'autres conférences et animations dont des ateliers de navigation à découvrir dans la brochure.

Des excursions vous seront proposées avec des visites de sites prestigieux, tels que Pompéi, Carthage et le musée du Bardo, Naples souterraine ou le Vésuve !

Ce programme non contractuel est susceptible d'évoluer.

RENSEIGNEMENTS & RESERVATION AU :

0 811 020 033

Du lundi au samedi de 9h30 à 17h30 (0,06€ TTC/min depuis un poste fixe en métropole)

OU SUR LE SITE :

<http://origines.scienceetvievoyages.com>

En précisant
le code avantage :
"SCIENCE ET VIE"

Complétez, découpez et envoyez ce coupon à SCIENCE & VIE CROISIÈRES - CS 50273 - 27092 EVREUX CEDEX 9

☐ **OUI**, JE SOUHAITE RECEVOIR GRATUITEMENT ET SANS ENGAGEMENT LA DOCUMENTATION COMPLÈTE
de la croisière AUX ORIGINES DE L'HOMME ET DE L'UNIVERS proposée par Science & Vie Croisières.

☐ Mme ☐ M Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville : Date de naissance :

Tél. : Email :

☐ Oui je souhaite bénéficier des offres de Science et Vie et de ses partenaires. Avez-vous déjà effectué une croisière (maritime ou fluviale) ☐ OUI ☐ NON

Conformément à la loi "Informatique et Liberté" du 6 janvier 1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification des données vous concernant. Cette croisière est organisée en partenariat avec Costa Croisières : Costa Crociere S.p.A. France - Altout France 092100081. Science et Vie est une publication du groupe Mondadori France Siège Social : 8 rue François Ory - 92 543 Montrouge Cedex. * Sauf cas de force majeure. Création, réalisation : aptitude CMB. Crédits photos : © iStock : EnginKorkmaz, Imeler - MasterLu - Angiolato © Shutterstock : Francesco R. Iacolino - © Costa Croisières.

Costa

6 mai 1994

L'inauguration du tunnel sous la Manche

Rolls Royce pour Sa Majesté la reine d'Angleterre Elizabeth II, Citroën SM pour le président français François Mitterrand : les deux voitures que l'on charge avec soin, ce 6 mai 1994, sur le Shuttle n'ont pas été choisies au hasard. Car tous les symboles comptent quand il s'agit d'inaugurer en grande pompe le tunnel qui, traversant la Manche, de Coquelles, dans le Pas-de-Calais, à Folkestone, dans le Kent, vient unir deux peuples dont les rivalités ont rythmé l'Histoire. *"Nous avons désormais des frontières terrestres, Madame"*, se réjouit le président

français, répondant à une reine vantant *"la conjugaison de l'élan français et du pragmatisme britannique"*.

Après deux siècles de tentatives avortées, et un an de retard sur l'échéancier prévu, ce trait d'union pharaonique de 50,5 km entre le continent et la Grande-Bretagne voit enfin le jour.

Le projet a pourtant failli rejoindre l'étagère encombrée de tous les projets d'ingénieurs en vue de traverser ce bras de mer de 33 km. On ne compte plus les sociétés formées, les protocoles signés, les comités d'études engagés, les sondages géologiques réalisés...

Après Nicolas Desmarests, qui suggérait dès 1751 de construire un tunnel sous-marin, l'ingénieur Albert Mathieu-Favier proposait à Napoléon, en 1802, de l'aérer par des cheminées débouchant au-dessus des vagues. Aimé Thomé de Gamond imaginait une île escale à mi-parcours.

Plus "moderne", le tunnel du Britannique William Austin, proposé en 1856, comportait trois galeries dont deux dédiées au chemin de fer. D'autres ont imaginé de simples tubes immergés. Au total, près de 140 projets. Tous abandonnés, tant la perspective



NOGUES-ORBAN/SYGMA/CORBIS

pour un Anglais de perdre son insularité, et l'avantage stratégique qu'elle confère, n'est jamais allée de soi.

L'idée refait néanmoins son chemin dans les années 1960, avec un projet bien avancé de tunnel ferroviaire

SCIENCE & VIE en parlait déjà...

1929 UNE IDÉE QUI VIENT DE LOIN...

"Le percement d'un tunnel sous la Manche, d'une longueur de près de 60 km, ne présente dans l'état actuel des choses aucune difficulté technique." Si le projet *"dont on parle depuis 50 ans"* ne s'est pas encore concrétisé, c'est pour raison politique. *"Le jour où les Anglais comprendront que la France n'est plus pour eux un adversaire militaire, le tunnel sera construit."* En attendant, on réfléchit au nombre de galeries à creuser, et aux véhicules (trains ou voitures) qu'on y fera passer. **S&V n° 142**



1960 LE PROJET REFAIT SURFACE

Rejeté par les Anglais en 1929, le projet réapparaît via une étude rendue

aux deux gouvernements. Elle pointe deux principales difficultés à résoudre : le risque d'incendie et l'aération. Conclusion : le ferroviaire est préférable à un tunnel routier. *"Un tunnel ne présentant qu'une double voie ferrée est forcément le tunnel le plus économique."* Une fois de plus, l'optimisme est de mise. *"Il semble que [...] cette décennie ne passera pas sans que la vieille idée du tunnel ne devienne la plus belle réalisation de travaux publics de la deuxième moitié du XX^e siècle."* **S&V n° 513**



Tunnel sous la Manche :
projet ferroviaire retenu



Elizabeth II et François Mitterrand à Coquelles (Pas-de-Calais), lors de l'inauguration en grande pompe.

via lequel des véhicules embarqueraient à bord de wagons-navettes. En 1974, une centaine de mètres sont ainsi creusés, côté anglais et français. Mais les contribuables anglais prennent peur. Les déboires commer-

ciaux du Concorde, cet autre fleuron de l'alliance technique franco-anglaise, n'incitaient guère à l'audace. Le projet est abandonné...

Le dossier est pourtant rouvert en 1980, précisant un principe non négociable :

l'ouvrage sera financé par des capitaux privés, sans garantie des Etats. La Grande-Bretagne thachérienne raisonne ici en termes de business et de rentabilité, la France mitterrandienne de prestige et grands

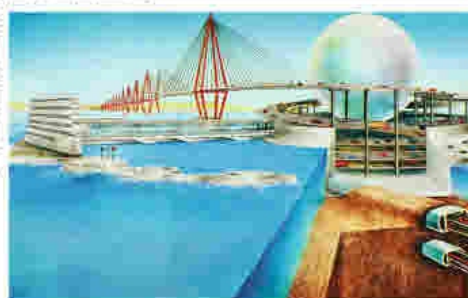
chantiers de fin de siècle... Et la société Eurotunnel, désignée concessionnaire de l'ouvrage, commence à déployer son grand projet de deux tunnels ferroviaires de 7,60 m de diamètre, reliés tous les 375 m par



1986 PONT OU TUNNEL ? L'APPEL D'OFFRES EST LANCÉ

Après une ultime démission des Britanniques en 1975, le projet renaît "pour la vingt-septième fois". Un appel d'offres est lancé. S&V présente les coûts et la faisabilité

des quatre projets soumis aux experts : une voie ferrée souterraine surmontée d'un tube autoroutier aérien, trois tunnels (un ferroviaire et deux routiers), un pont suspendu autoroutier qui, à 10 km des côtes, spirale dans la mer pour se transformer en tunnel souterrain... sans oublier la double galerie où les voitures voyageront à dos de train. S&V n° 820



→ un tunnel de service large de 4,80 m. Les travaux démarrent en 1987, dans l'euphorie de participer au chantier le plus imposant de la planète.

Aujourd'hui, tous rendent hommage aux quelque 10 000 bâtisseurs, ingénieurs, techniciens et ouvriers, qui ont construit cet ouvrage historique. Mais les vrais héros, ce sont les onze tunneliers, imposantes chenilles de 1 000 à 2 500 tonnes chacune, aux mâchoires hérissées de dents en carbure de tungstène, qui ont mordu la roche, 7 jours sur 7, 24 heures sur 24. Pendant que leur tête creusait, leurs flancs apposaient des voussoirs en béton armé.

Il a fallu serpenter pour suivre la couche imperméable de craie bleue, jusqu'au point le plus profond, sous 40 m de roche. Traverser des zones fracturées qui, emplies d'eau, transformaient l'avant du tunnelier en sous-marin...

Dès le départ, retards



△ Le moment est historique : le 1^{er} décembre 1990, à midi, les énormes tunneliers parachèvent la percée, exacte à 36 cm près.

et incidents se sont d'ailleurs accumulés. En 1990, la mort de deux ouvriers endeuille le chantier.

LE RETOUR AUX BÉNÉFICES

On comprend, dès lors, combien la joie fut intense lorsque, le 30 octobre, à 20h30, les équipes anglaises et françaises réalisent enfin leur jonction, à travers un petit forage test de 5 cm de diamètre. Le 1^{er} décembre, à midi, le dernier morceau de craie bleue est abattu,

permettant une poignée de main historique. Le défaut d'alignement entre les deux tunneliers, qui ont creusé à l'aveugle, s'avère inférieur... à 36 cm !

Mais le défi aura aussi été financier. Les devis se sont envolés devant les exigences de sécurité draconiennes imposées. Les constructeurs se sont plaints de travailler à perte ; ont menacé d'arrêter le chantier. Et la facture a gonflé jusqu'à l'indécence : plus

de 100 milliards de francs. Le plus gros montage financier au monde a impliqué plus de 200 banques de plus de 30 pays, et quelque 600 000 investisseurs privés, dont les nerfs n'ont pas été épargnés.

La rentabilité réelle du tunnel se révélera, de fait, bien inférieure à celle escomptée, poussant régulièrement Eurotunnel au bord de la faillite. Les premiers bénéfices ne viendront qu'en 2008, permettant aux petits épargnants de toucher, l'année suivante, leurs premiers dividendes de... 4 centimes d'euro par action.

Mais en ce jour d'amitié franco-britannique, le cortège officiel qui s'engouffre sous la Manche pense d'abord à la page d'histoire qu'ils viennent d'écrire. Dans la rame, la lumière du jour cède la place à une ambiance tamisée. Quand le soleil revient, trente-cinq minutes plus tard, c'est pour baigner l'herbe grasse du Kent, en terres britanniques.

GAMMA

SCIENCE & VIE en parlait encore

1990 L'ANGLETERRE N'EST PLUS UNE ÎLE !

1^{er} décembre, 12h12 : "[...] les deux équipes, la française et l'anglaise, se retrouvent victorieusement à plus de 100 m sous le niveau de la mer (et à 40 m environ sous le niveau du sol marin)". S&V se demande si l'Angleterre est encore, comme l'écrivait Shakespeare, "cette pierre précieuse sertie dans la mer d'argent [...]" cette forteresse construite par la nature". S&V n° 879 @



2002 LA SÉCURITÉ REVUE ET CORRIGÉE

"Le 18 novembre 1996, un incendie ravageait une partie du tunnel sous la Manche. Il n'y eut aucune victime, mais les dégâts matériels furent très importants." Eurotunnel revoit donc son système de sécurité. Il teste d'innovants diffuseurs de microgouttelettes qui "plongent les rames dans un brouillard artificiel qui étouffe les flammes [...] en chassant l'oxygène". Les brumisateurs sont préférés aux douches classiques, car ils sont plus économes en eau, tout en étant beaucoup plus efficaces. S&V n° 1021 @





MERCI, LES MONTAGNES !

McKINLEY fête ses 30 ans – et me permet de profiter pleinement de la nature grâce au **SAC À DOS DIAMOND 28**, léger et équipé du système VENTpro® pour une parfaite ventilation du dos.

vent
pro



Découvrez le film officiel de l'anniversaire

Liste des magasins participants sur intersport.fr

RCS EVRY B 964 201 123. Prix valable jusqu'au 1^{er} septembre 2014.

 **INTERSPORT®**
LE SPORT COMMENCE ICI

+ L'INTENSITÉ +
D'UNE LÉGENDE*



+ GRIMBERGEN +

BIÈRE D'ABBAYE - ABDIJBIER

BLANCHE