SCIENCE & VIE

JUILLET 2009 N° 1102 MONDADORI FRANCE

ÉLU MEILLEUR MAGAZINE DE L'ANNÉE 2009

OGRES STELLAIRES, BOLIDES DE L'ESPACE...

Les nouveaux monstres du cosmos

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

CERVEAU
ON VA LE METTRE EN EQUATION

CORAUX
UNE ÉTOILE DE MER GÉANTE LES DÉVORE

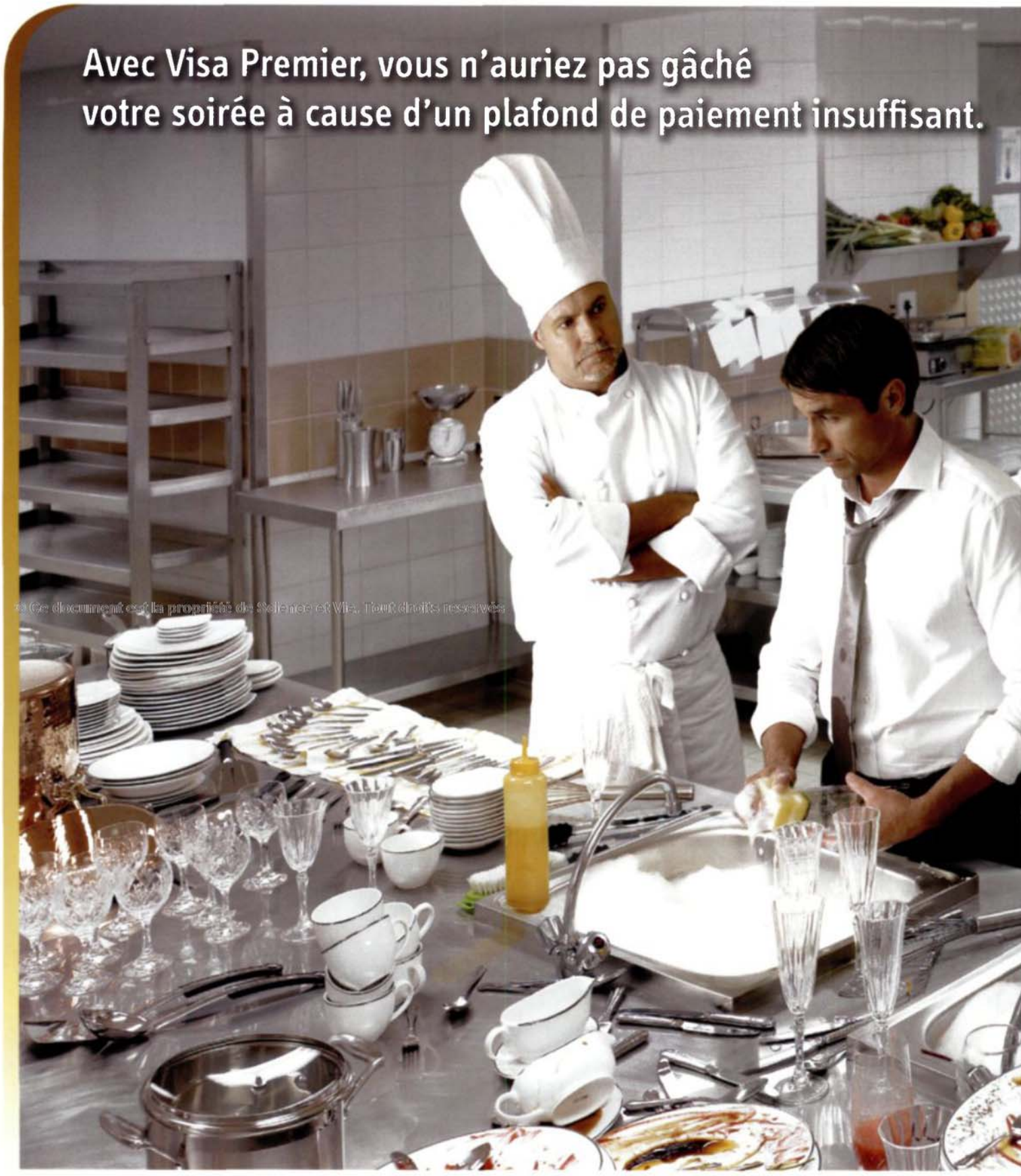
LUNE
POURQUOI ON NE SAIT PAS Y RETOURNER

PALUDISME
PREMIER VACCIN TESTÉ AU GABON

INSECTES
L'INCROYABLE RÉVOLTE DES FOURMIS ESCLAVES

France métro 4,20 € - DOM surf. 4,80 € - DOM avion 6,90 € - BEL. 4,70 € - CH 6,30 FS - CAN - D : 6,90 € - A : 5,30 € ESP : 5,50 € - FIN : 6,20 € - GR : 4,50 € - ITA : 4,50 € - LUX : 4,70 € - MAR : 37 DH - TOM surf. : 750 CFP - TOM avion : 1400 CFP - PORT.CONT : 4,60 € - TUN 4,90 DTU

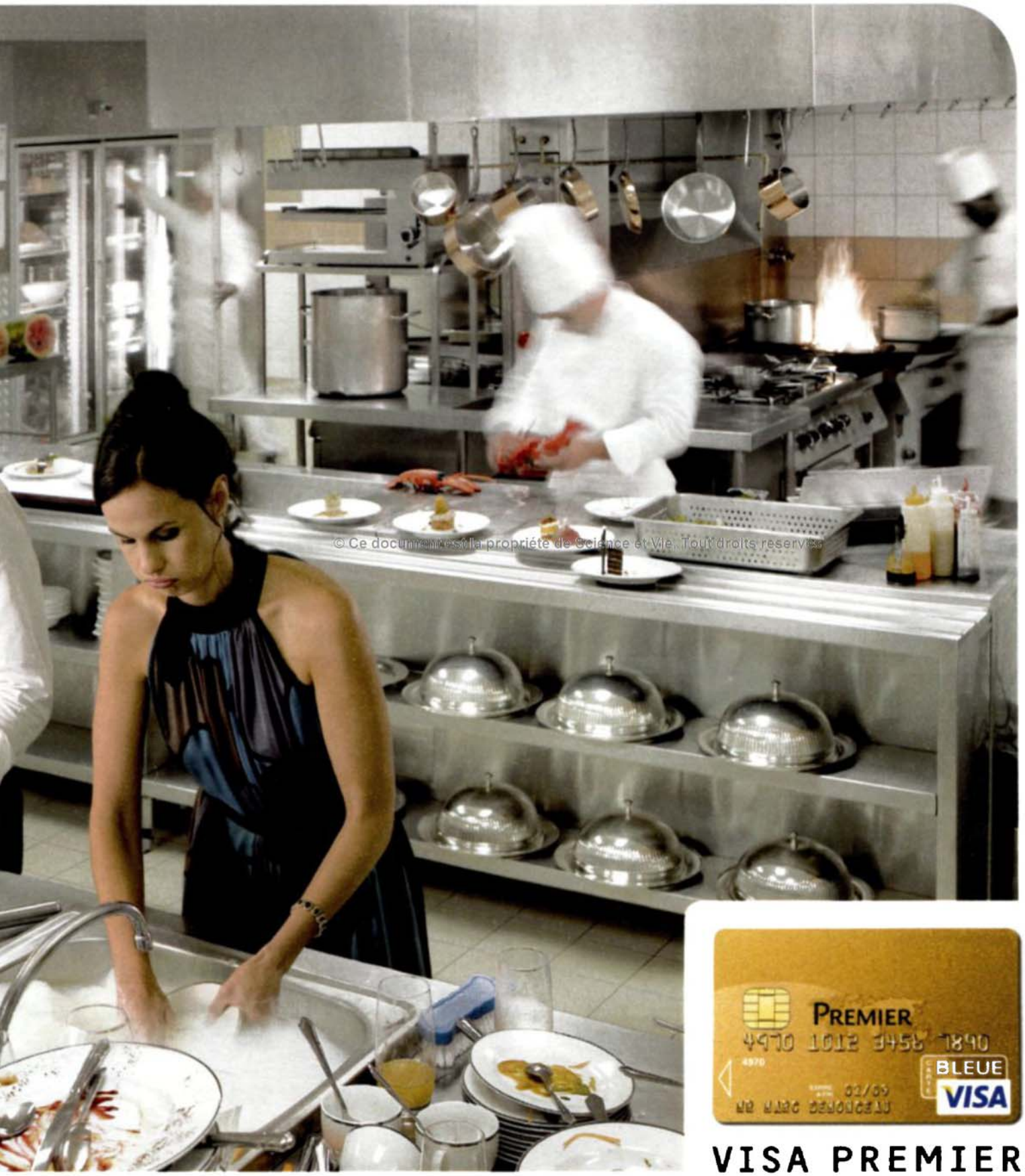
T 02376 - 1102 - F : 4,20 €



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

CARTE BLEUE VISA

LE MIEUX C'EST DE S'EN SERVIR


© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

VISA PREMIER

Visa Premier. Vivez plutôt en classe Premier.

- Des plafonds de retrait et de paiement élevés.
- Un réseau d'acceptation partout dans le monde.

www.visapremier.fr

Je suis ces photos
de paysages
que j'expose
sur le net
où que je sois.
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés
Comme Benjamin Boccas,
restez connecté
où que vous soyez
avec votre clé 3G+
et retrouvez ses clichés
sur blog-everywhere.orange.fr
Nécessite un abonnement à une offre Internet everywhere Orange.
Conditions et tarifs sur orange.fr. Offres valables en métropole sous réserve de couverture EDGE/3G+/WIFI.
France Télécom, SA au capital de 10 459 [redacted] 844 € - RCS Paris 380 129 866. Orange France, SA au capital de 2 096 517 960 € - RCS Créteil 428 706 097.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits reservés

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

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

Nouveau Tiguan 4x2. Pour les accros de la ville.

Tiguan 2.0 TDI 140 FAP = 5,9 l/100 km = 155 g de CO_2 = pas de malus

Le nouveau Tiguan TDI deux roues motrices a tout pour concilier plaisir de conduite, économie et écologie. Son faible rejet en CO_2, ne vous pénalise pas d'un malus et sa faible consommation vous fait faire des économies. Vous avez tout à y gagner et la nature aussi. Eléphantastique non ?

A partir de 24 990 €*

Das Auto.

Volkswagen recommande Castrol

Gamme Tiguan à partir de **24 990 €***

*Prix TTC conseillé au tarif du 25/04/09 du Nouveau Tiguan 1.4 TSI 150. **Modèle présenté :** Nouveau Tiguan 'Sportline' 1.4 TSI 150 au prix conseillé de **28 939 € TTC** (options peinture métallisée à 479 € TTC et toit ouvrant à 1 110 € TTC incluses) selon tarif en vigueur au 25/04/09. Consommations mixtes / urbaines / extra-urbaines du Nouveau Tiguan 2 roues motrices TDI 140 et TSI 150 (l/100 km) : 5,9 à 7,3 / 7,6 à 9,2 / 5,0 à 6,2. Emissions de CO_2 du TDI 140 : 155 g/km. Emissions de CO_2 du TSI 150 : 173 g/km. **Das Auto : La Voiture.**

Avant-propos

^ Bolides stellaires et autres monstres cosmiques observés aujourd'hui en rayons gamma : que de chemin parcouru depuis le grand Galilée !

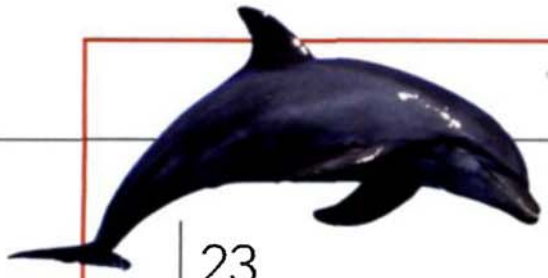
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

Il y a tout juste 400 ans, dans le courant de l'été 1609, Galilée s'affairait à la mise au point de sa première lunette astronomique. Avec un facteur de grossissement de 6, ses performances prêtent aujourd'hui à sourire. Mais elles sont suffisantes pour révéler ce qui ne peut l'être à l'œil nu. De fait, elle a ouvert la voie de l'exploration astronomique. Très vite, les capacités optiques de ces instruments explosent et nous donnent à voir les endroits les plus reculés de notre galaxie, puis d'autres galaxies encore, sans cesse plus lointaines. L'Univers apparaît alors infiniment vaste. Infiniment vaste, et infiniment paisible. L'horloger cosmique a manifestement bien fait les choses. Pas même troublée par le moindre "tic-tac", sa petite machinerie se révèle parfaitement huilée. En mouvement perpétuel, l'azur continue d'afficher une vertigineuse sérénité.

Une quiétude qui n'est pourtant qu'apparente. Car aujourd'hui, les astronomes peuvent scruter le ciel dans d'autres longueurs d'onde que celles de la lumière visible, indétectables à l'œil fût-il armé du meilleur télescope. Quittez l'atmosphère terrestre, observez le ciel en rayons X et gamma, vous assisterez alors à un tout autre spectacle. Parmi les innombrables étoiles gravitant paisiblement dans le ciel se cachent de véritables monstres. Et voici un monde de déchirements et d'explosions d'une violence inouïe qui s'offre au regard. Une violence qui dépasse l'entendement et pousse les scientifiques dans leurs derniers retranchements, aux limites des équations de leurs modèles. Temps et espace, matière et énergie, tout s'y mélange dans un fracas monstrueux. Les champs magnétiques se comptent en milliards de teslas, des bolides traversent l'espace à des millions de kilomètres par heure, d'étranges étoiles affichent des densités dépassant le milliard de tonnes par centimètre cube… Un ciel jusqu'ici insoupçonné, à faire trembler les Terriens. **S&V**

Laboratoire à ciel ouvert

AKG

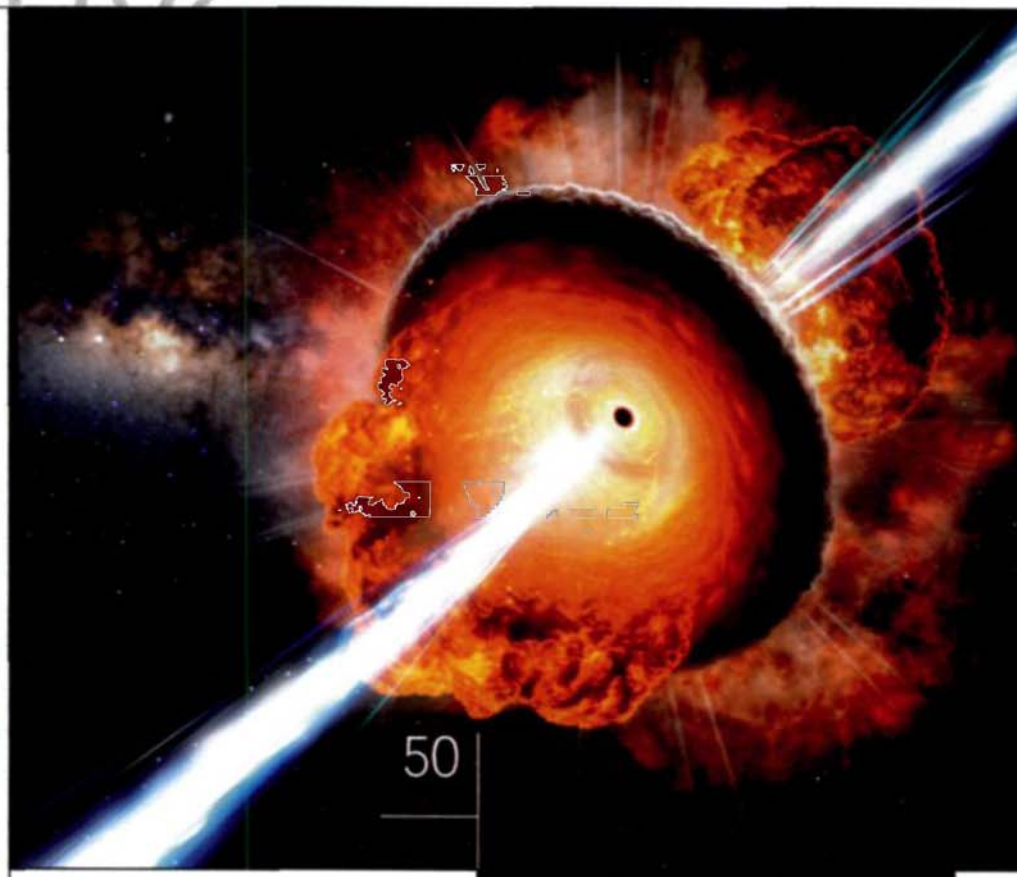


23

Le dauphin peut rester vigilant 5 jours durant

30

Ils auraient trouvé l'ancêtre des singes



50

Actualités

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

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

22 **EN DIRECT DES LABOS**
Le bébé "bilingue" réagit plus vite à l'imprévu; En tombant, les gouttes d'eau s'écrasent... dans l'air, etc.

30 **L'EXPLOIT**
Ils auraient trouvé l'ancêtre des singes. Des paléontologues norvégien et allemand ont mis au jour un extraordinaire fossile primitif, vieux de 47 millions d'années.

34 **PLANÈTE TERRE**
Environnement
La pollution de l'air favorise la photosynthèse; Les limites du vivant ont été repoussées, etc.

40 *Médecine*
Le virus de la grippe aviaire craint le froid; Rêver les yeux ouverts stimule le cerveau, etc.

46 *Technos*
Le béton souple arrive; La première moto volante se prépare à décoller, etc.

À la Une

50 **MONSTRES COSMIQUES**
Ogres stellaires, étoiles vampires... aux confins de l'Univers, les récents télescopes gamma lancés par les Américains et les Européens dévoilent un Univers d'une violence extrême, peuplé de phénomènes prodigieux. Un bestiaire qui, au final, augure rien moins que la naissance d'une nouvelle astronomie.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

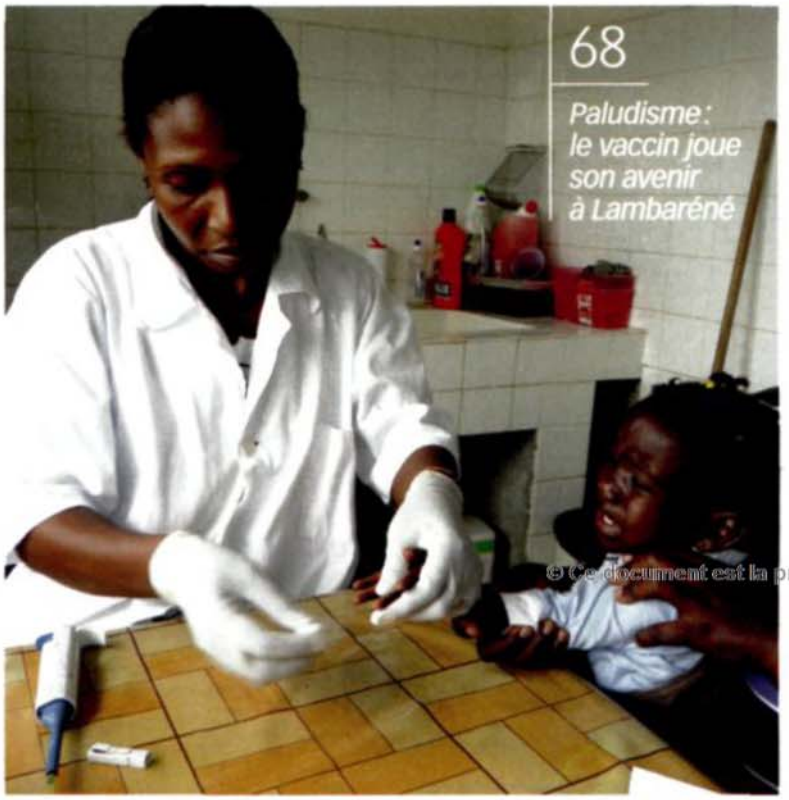
SCIENCE & VIE

1 rue du Colonel-Pierre-Avia
75503 Paris Cedex 15
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@mondadori.fr

Recevez *Science & Vie* chez vous. Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp. 49 et 131. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 08, ou par Internet sur www.kiosquemag.com.

Un encart abonnement est jeté sur les exemplaires de la vente au numéro : diffusion France métropolitaine, Suisse et Belgique. Un encart "Futuroscope" est posé sur la 4e de couverture de la diffusion abonnée. Un encart "Tapisserie d'Aubusson" est jeté sur la 4e de couverture d'une partie de la diffusion abonnée France métropolitaine.

Sommaire



68 Paludisme : le vaccin joue son avenir à Lambaréné

114 L'incroyable révolte des fourmis esclaves

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

132 Le téléviseur au format salle de cinéma

Science & Vie d'aujourd'hui

68 **PALUDISME**
Au Gabon, notre envoyée spéciale a suivi la phase ultime des tests du premier vaccin antipaludisme. Un enjeu crucial à plus d'un titre.

76 **RETOUR SUR LA LUNE**
40 ans après Apollo 11, le nouveau programme lunaire américain peine à réitérer l'exploit. Voici pourquoi.

86 **GRAPHÈNE**
Doté de propriétés exceptionnelles, ce nouveau matériau attise les convoitises de multiples secteurs industriels. Une révolution est en marche.

92 **CORAUX**
Dans les eaux du Pacifique, une étoile de mer géante dévore les récifs de corail, déjà fragilisés. Enquête sur un fléau qui tombe mal.

Fondamental

98 **Cerveau. Le voici tout près d'être mis en équation.** Face au réel, le cortex procède à un calcul neuronal de probabilités... que les mathématiciens sont en train de percer.

104 **La force du vide a pu être inversée !** L'"effet Casimir" est un frein pour les nanomachines. L'avoir vaincu laisse espérer des applications inédites.

110 **Sucre : il remet en cause la théorie de l'addiction.** Des expériences sur des souris montrent que le sucre est plus addictif que la cocaïne ! Un pavé dans la mare du dogme du "circuit de la récompense".

114 **L'incroyable révolte des fourmis esclaves.** Bien connu, l'esclavagisme chez les fourmis ne connaissait aucune rébellion... avant *T. Longispinosus*. Un parfait cas de co-évolution !

En pratique

120 **Q&R**
Pourquoi les allergies alimentaires sont-elles en hausse ? La médecine fait-elle dégénérer l'espèce humaine ? Quelle est l'origine des jet-streams ?, etc.

126 **LE POINT SUR...**
Les antennes-relais

132 **TECHNOFOLIES**
Le premier téléviseur au format salle de cinéma ; La voiture qui détecte les risques de collision ; Des verres toujours nets, etc.

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

146 **NOS 3 QUESTIONS À...**
Tous les mois, un chercheur répond à nos questions. Dans ce numéro : **Joseph Sifakis**.

BIOS - PLOS ONE - C.TOURBE - A.WILD - DR

P.CARRIL - A.WILD

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

La sélection naturelle... Universelle ?

Je suis étonné que votre numéro de juin consacré à Darwin n'évoque pas davantage l'éventualité que la sélection naturelle s'applique au-delà du vivant à toute la matière : après tout, dans l'infiniment grand comme dans l'infiniment petit, la pérennité de l'état de tout objet dépend de l'environnement dans lequel il se trouve. Aussi, quelle que soit son échelle, toute chose est sélectionnée naturellement par son milieu et tout état est une adaptation à des conditions environnantes. Cette conviction m'est venue de votre n° 1077 qui évoquait le rôle de l'évolution dans l'acquisition du sens moral. Il s'y trouvait aussi un article sur l'équilibre des arbres qui montrait qu'un arbre penché parvenait à se redresser en accumulant sur sa face inférieure des cellules résistantes à la pression et sur sa face supérieure des cellules travaillant en extension ! J'avais été sidéré qu'on conclue à un sens de l'équilibre de l'arbre ("l'arbre se ressent lui-même et corrige sa posture") ! Ne pouvait-on pas conclure que l'arbre ne ressent rien du tout mais que la sélection naturelle s'applique aussi aux cellules de l'arbre, et que les arbres qui n'étaient pas capables de cette adaptation n'ont pas survécu ? L'exemple me semble illustrer à quel point on néglige d'envisager des mécanismes de sélection naturelle dans un autre cadre que celui des espèces. C'est vrai qu'il est difficile, tant l'agencement des choses est complexe et semble parfait, d'accepter que tout procède d'un mécanisme permanent d'essai/erreur. Mais à l'heure où l'on envisage d'appliquer la sélection naturelle aux idées (cf votre article sur la mémétique, n° 1093), n'est-elle finalement pas une piste crédible vers une théorie universelle que physiciens et mathématiciens auraient intérêt à explorer... mais sans doute y en a-t-il qui le font déjà !

Yannick Jaouen,
Montigny-lès-Cormeilles

S&V Peut-être aurait-il fallu préciser que si les arbres sont capables de se redresser, c'est bien grâce à l'évolution. Plutôt que de parler de ressenti, ce qui est hors de portée d'organismes sans système nerveux.
Par manque de place, nous n'avons pas parlé de l'application de la sélection naturelle au-delà du vivant. Elle fait effectivement l'objet de recherches approfondies. Comme celles de Wojciech Zurek (Laboratoire national de Los Alamos, Etats-Unis) qui explore l'idée d'un "darwinisme quantique". Sachant qu'une particule peut "exister" dans un état indéterminé et se stabilise dans un état donné quand elle interagit avec son environnement, ces physiciens considèrent que l'environnement sélectionne les propriétés des particules qui interfèrent avec lui. Ce qui favoriserait leur copie en grand nombre dans l'état adapté, assurant ainsi les caractéristiques de la matière qu'elles constituent.
Si le terme de darwinisme paraît abusif puisque filiation et mutation font défaut aux particules, les caractéristiques physiques et chimiques de la matière apparaissent comme le fruit d'une sélection qui écarte les autres états possibles. Zurek et son équipe vérifient leur hypothèse en étudiant les interactions d'un objet quantique avec son environnement.
Et puisqu'il est question de l'extension du domaine de la sélection naturelle, disons un mot de la théorie de la "sélection naturelle cosmologique", avancée par le physicien théoricien américain Lee Smolin (université de Pennsylvanie). On passe ici des particules à l'Univers tout entier. Pour Lee Smolin, les milliards de trous noirs qui peuplent notre Univers donnent chacun naissance à un nouvel Univers dans lequel les lois de la physique peuvent avoir subi quelques "mutations". Ainsi, notre Univers serait issu de l'évolution et de la mutation d'autres Univers. Dans cette vision, les nouveaux Univers dont les lois physiques ne permettent pas la survie seraient voués à disparaître sans descendance, tandis que s'imposeraient les Univers plus prolifiques, possédant le plus de trous noirs (comme le nôtre). Lee Smolin espère que l'étude des trous noirs validera sa théorie.
Au-delà de ces hypothèses, on peut retenir que la notion de sélection naturelle nous affranchit de l'idée que l'état du monde, son histoire et son évolution seraient forcément prédéterminés. Autrement dit, rien n'existe qui n'ait de cause rationnelle.

Tous droits de reproduction réservés

Nikon

At the heart of the image*

Prenez la vie sous tous les angles

Nouveau reflex Nikon D5000. Photo et vidéo HD. Des perspectives illimitées.

© Ce document est la propriété de Science et Vie, Tout droits réservés

REC

D5000

EXPEED HDMI

Nikon présente le moniteur ACL à inclinaison variable. Unique, ce nouvel écran de 2,7 pouces facilite la prise de vue sous tous les angles. Avec ses 12,3 millions de pixels et son système de traitement d'image EXPEED, le Nikon D5000 garantit des images haute définition. Il dispose aussi de la technologie Live view et de quatre modes autofocus. Sa fonction vidéo HD vous inspirera pour réaliser des vidéos époustouflantes. D5000, prenez la vie sous tous les angles.

Prise de vue autoportrait

www.nikon.fr

Forum

Preuve ou hypothèse ?

Dans votre n° 1100, le titre de l'article p. 42 "L'abus sexuel dans l'enfance laisse une trace… génétique" porte à confusion. Il est très bien expliqué que des événements traumatiques extérieurs peuvent modifier la façon dont le corps humain, physiologiquement, exprime le gène NR3C1. Mais le raisonnement de l'article s'arrête là et n'explicite pas si cette modification est transmise à la descendance ou non. Alors que d'autre part, dans l'encadré

"Jargon", cette possible transmission est mentionnée… Qu'en est-il dans ce cas précis ? Avez-vous des éléments de réponse ou cette possible transmission de caractère génétique modifié n'est-elle qu'hypothétique ?

Matthieu Barrault, Toulouse

S&V Dans certains cas, si les modifications environnementales touchent les gamètes, alors elles sont transmises à la descendance. Plusieurs exemples existent. Le plus connu est celui lié à la restriction alimentaire subie aux Pays-Bas pendant la Seconde Guerre. Les femmes enceintes ayant souffert de ces restrictions en 1945 ont donné naissance à des bébés de petit poids, ce qui est logique. Mais la génération d'après, qui n'avait aucun problème alimentaire, a, elle aussi, donné naissance à des petits bébés. Ce phénomène serait dû à l'épigénétique. Dans le cas de l'abus sexuel que traite notre article, il semble que la méthylation de l'ADN ne touche que les cellules cérébrales. D'après le chercheur, *"il n'est pas impossible que l'abus sexuel induise des méthylations dans les gamètes, mais nous n'en avons pas les preuves"*. La question reste donc en suspens.

Précision

Dans le n° 1100, il était écrit p. 54 "un transformateur de 550 kW destiné à transmettre du courant continu à haute tension entre l'Australie et la Tasmanie". Or, un "transformateur" ne traite que du courant alternatif. Il aurait été plus judicieux de parler de "convertisseur", qui lui sait abaisser ou élever du courant continu.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

SCIENCE & VIE

Une publication du groupe
MONDADORI FRANCE
PRÉSIDENT : Ernesto Mauri

RÉDACTION
1, rue du Colonel-Pierre-Avia,
75503 Paris CEDEX 15.
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@mondadori.fr

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION
Matthieu Vilfers,
assisté de Christelle Borel

RÉDACTEUR EN CHEF
Pierre Barthélémy

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS
Philippe Chambon, François Lassagne, Grégoire Bouillier (édition)

DIRECTRICE ARTISTIQUE
Yvonne Diraison

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

RÉDACTEURS
Boris Bellanger, Germain Chambost, Emilie Rauscher, Muriel Vafin

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE RÉDACTION
Jean-Luc Glock

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION
Catherine Robert

MAQUETTISTES
Valérie Samuel-Charrier (1re maquettiste), Elisabeth de Garrigues

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

DOCUMENTATION
Marie-Anne Guffroy

CORRESPONDANTE AUX ETATS-UNIS
Sheila Kraft, 11259, Barca Boulevard, Boynton Beach, Florida 33437, Etats-Unis, tél. : (00) 1 561 733 9207 ; fax : (00) 1 561 733 7965

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO
G. Adoumian, S. Barensky, K. Bertayeb, L. Blancard, J.-P. Braly, R. Brilleud, S. Brunier, V. Buron, P. Carril, E. Chartier, G. Cirade, M. Corniou, M. Cygler, A. Degan, S. Dessart, O. Donnars, V. Etienne, S. Fay, L. Fery, M. Fontez, E. Harmonou, C. Hancok, F. Heimburger, D. Huyhn, R. Ikonicoff, M. Julienne, M. Kontente, E. Lecomte, M. Lestelle, M.-C. Meiat, D. On, A. Orliac, V. Pol, B. Rey, A. Rives, P. Schouler, M. de Vericourt, www.illustrer.fr, D. Zavaglia

DIRECTION-ÉDITION
DIRECTION PÔLE
Jean-Luc Breysse

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ
Vincent Cousin

DIFFUSION
site : www.vendezplus.com.

DIRECTEUR DIFFUSION
Jean-Charles Guérault

RESPONSABLE DIFFUSION MARCHÉ
Siham Daassa

MARKETING

DIRECTEUR MARKETING
Sébastien Petit

CHARGÉE DE PROMOTION
Michèle Guillet

ABONNEMENTS
Nathalie Carrère

PUBLICITÉ
DIRECTRICE COMMERCIALE
Laurence Courbin

DIRECTRICE DE PUBLICITÉ
Valérie Leclère

DIRECTEUR DE CLIENTÈLE
Lionel Dufour

DIRECTRICE DE CLIENTÈLE
Virginie Commun

ASSISTANTE COMMERCIALE
Sylvia Apodaca

TRAFIC
Véronique Barluet

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

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

FINANCE MANAGER
Patricia Faggiano

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL
Marie-Ange Dezellus de Narbonne (marieange.dezellus@mondadori.fr)

RELATIONS EXTÉRIEURES
Michèle Hilling

EDITEUR : Excelsior Publications SAS

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

Président : Ernesto Mauri

Directeur général et directeur de la publication : Jean-Luc Breysse

Actionnaire : Mondadori France SAS

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

N° ISSN : 0036-8369

N° DE COMMISSION PARITAIRE : 1010 K 79977. Tarif d'abonnement légal : 1 an, 12 numéros : 42,80 € ; 1 an, 12 numéros + 4 HS : 52,80 €

DÉPÔT LÉGAL juillet 2009

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS
Par Internet : relations.clients@mondadori.fr par téléphone : 01 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h et de 13 à 17 h 30, mercredi et vendredi, 16 h 30), par courrier : service abonnements, 1, rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15.
Vous pouvez aussi vous abonner sur http://www.kiosque.mag.com

Etats-Unis et Canada : Express Mag, 8155, rue Larrey, Anjou (Québec), H1J 2L5. Tél. : 1 800 363-1310 (française) et 1 877 363-1310 (anglais) ; fax : (514) 355-3332. Suisse : Dynapresse, case postale 1211, Genève 1.

Belgique : Excelsior Publications, PB 23, Poste 6, 1050 Bruxelles, Tél. : 02 62614 26.

Autres pays : nous consulter.

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

À NOS LECTEURS
RENSEIGNEMENTS
Par courrier : 1, rue du Colonel-Pierre-Avia 75015 Paris. Par mail : sev.lecteurs@mondadori.fr

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

OJD PRESSE PAYANTE 2007

Ils l'ont fait...

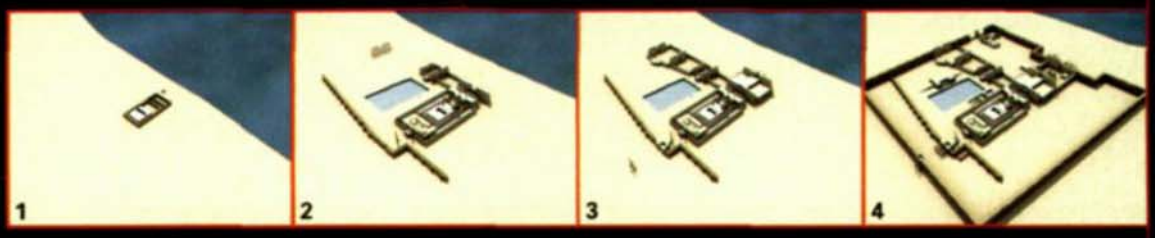
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

ETC UCLA

LA RECONSTITUTION 3D DE TOUTE L'HISTOIRE DU TEMPLE DE KARNAK

Los Angeles (Etats Unis), le 25 avril. **C'est un beau défi que viennent de relever les équipes de** l'UCLA Experiential Technologies Center: restituer virtuellement l'immense temple égyptien de Karnak et, surtout, son évolution sur plus de 2000 ans. Car au fil des dynasties, les pharaons ont ajouté des chapelles, des obélisques, un lac, des enceintes, etc., au petit édifice originel, jusqu'à en faire l'un des plus grands centres religieux au monde (ci-dessous, le temple sous *Sésostris Ier, vers -1950; sous Aménophis III, vers -1350, sous Ramsès III, vers -1150; et sous* Ptolémée VIII, vers -116). Egyptologues, informaticiens et architectes ont associé leurs compétences pour rassembler et compiler les données des fouilles les plus récentes, jusque-là disparates et peu accessibles. Chacun peut désormais voir, sur le site Digital Karnak (http://dlib.etc.ucla.edu/projects/Karnak), à quoi ressemblaient les vestiges actuels au temps de leur splendeur (telle la grande salle hypostyle, ci-contre), mais aussi découvrir des monuments disparus comme la chapelle rouge d'Hatchepsout. **E.R.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droit réservé



A La modélisation de l'évolution du temple permet de visualiser les modifications opérées lors de chaque règne, de -1950 à -116 av. J.-C.

< Les restitutions en 3D rendent compte de la grandeur des édifices (ici, la fameuse salle hypostyle sous Séti Ier, père de Ramsès II).

Ils l'ont fait...

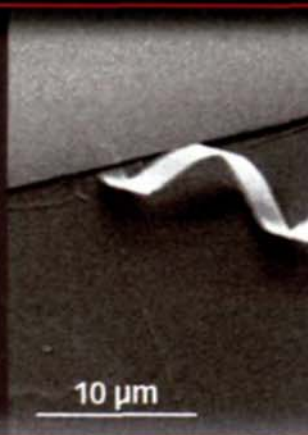
LA CAMÉRA LA PLUS RAPIDE DU MONDE

Los Angeles (Etats-Unis), le 29 avril. Kensuke Goda, de l'université de Californie, a mis au point la caméra la plus rapide du monde. Elle peut enregistrer jusqu'à six millions d'images par seconde, pour suivre des phénomènes microscopiques ultrarapides (ondes de choc, dynamique cellulaire, par exemple). Pour atteindre cette vitesse, elle n'utilise ni film photosensible, ni capteurs CCD – tels ceux que l'on trouve sur les appareils numériques –, mais des faisceaux laser. Le principe : des capteurs optiques amplifient la réflexion des faisceaux laser sur l'objet filmé, et associent à chacun d'eux **un point dans l'image.** D.O.

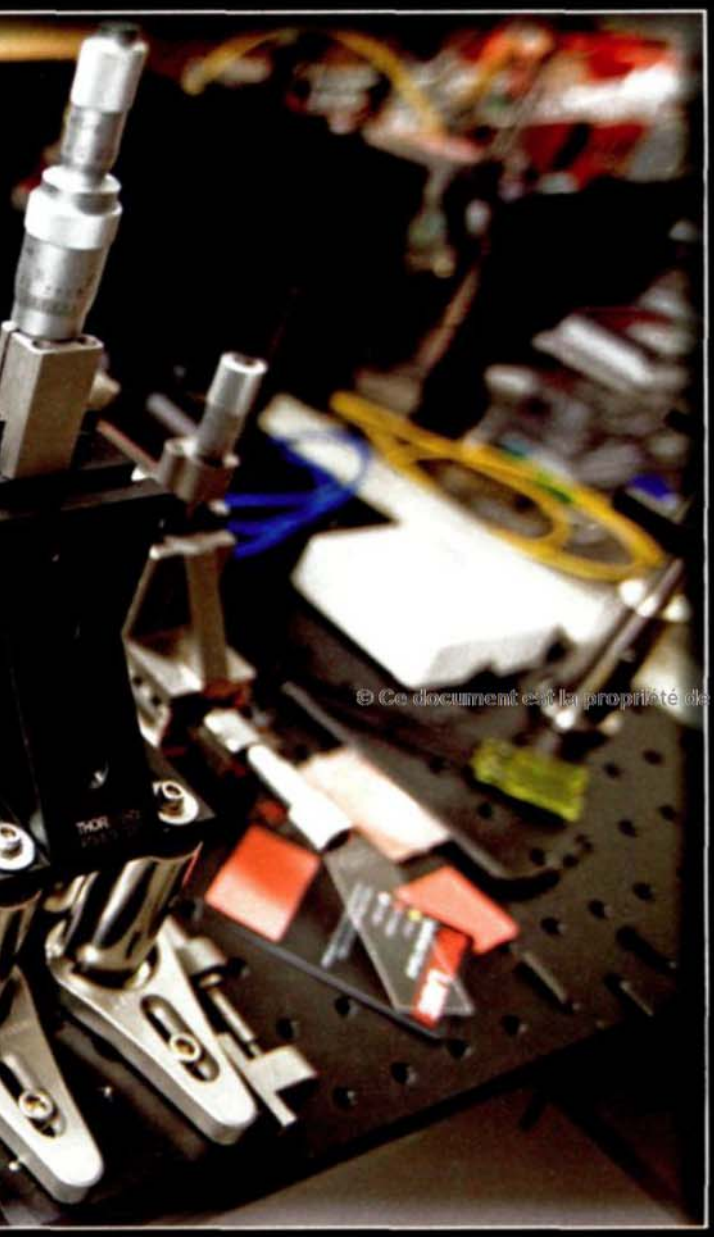
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

DES ROBOTS PAS PLUS GROS QU'UNE BACTERIE POUR SOIGNER NOS ARTÈRES

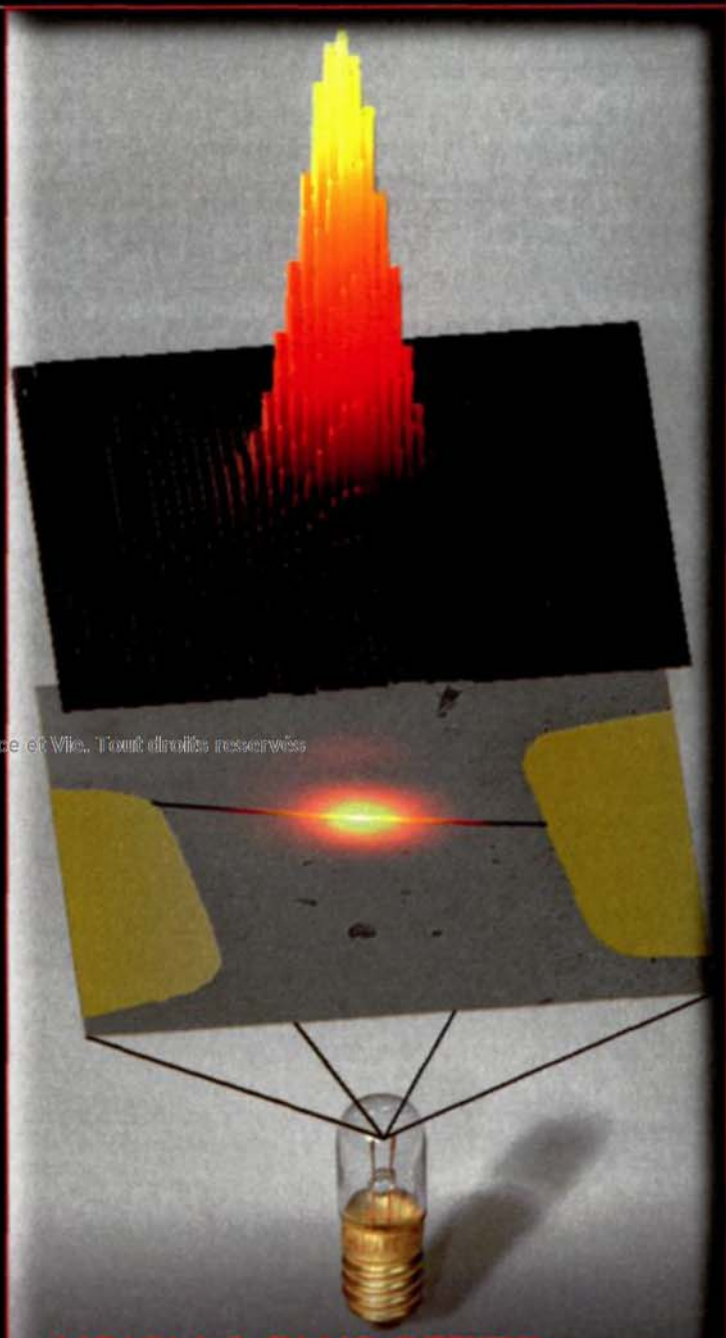
Zurich (Suisse), le 13 février. **Avec leur long flagelle** tire-bouchonné et leur tête en chrome, nickel et or de quelques micromètres, les robots des chercheurs de l'Ecole fédérale polytechnique de Zurich miment certaines bactéries pour, comme elles, se déplacer efficacement dans les vaisseaux sanguins. On peut en effet contrôler leurs déplacements dans les milieux liquides, à l'aide d'un champ magnétique, à la vitesse de 20 micromètres par seconde. Ces "bactéries artificielles" ont été conçues pour des applications biomédicales et pourraient servir, par exemple, à déboucher des artères. O.D.



D. BULLOCK/WIRED ; INST. OF ROBOTICA & INTELLIGENT SYSTEMS, ETH ZURICH ; UCLA



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés



VOICI LA PLUS PETITE LAMPE À INCANDESCENCE

Los Angeles (Etats-Unis), le 5 mai. **Ce nanotube de carbone, dans lequel circule un courant électrique, est devenu la plus petite lampe à incandescence du monde. Elle a été réalisée par des chercheurs de l'Institut des nanosystèmes de Californie. A leur grande surprise, cet objet de 100 atomes de diamètre émet de la lumière selon les mêmes principes physiques qu'une lampe à incandescence classique (où le courant électrique chauffe un filament de tungstène cent mille fois plus grand). A ceci près que l'essentiel de l'énergie électrique reçue par le nanotube se transforme en chaleur bien plus qu'en lumière.** V.E.

EN UNE ANNÉE,
1 MILLIARD DE VOYAGEURS SNCF
NE REJETTENT QUE 1%* DU CO_2
ÉMIS PAR LES TRANSPORTS.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

SNCF - 34, rue du Commandant Mouchotte - 75014 Paris - R.C.S./B 552 049 447

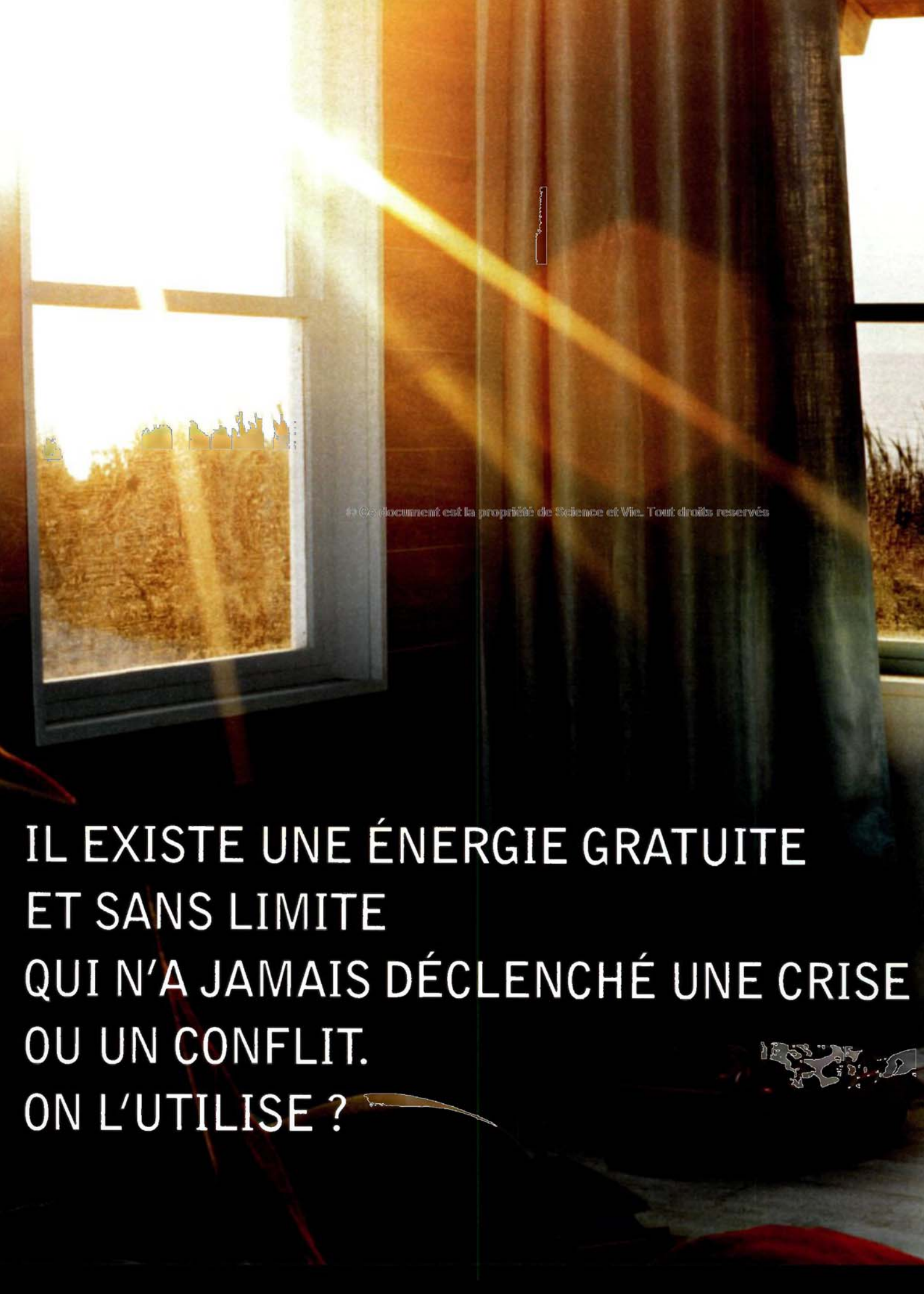
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

C'est un fait, le train pollue moins. La SNCF veut aller plus loin et réduire encore ses émissions de CO_2 de 30 % d'ici 2020. Pour cela, elle agit dans tous les domaines : de l'éco-conduite à la conception d'une locomotive hybride, en passant par l'achat de trains moins lourds et donc moins consommateurs d'énergie. Ainsi chaque personne qui voudra faire un geste pour la planète saura qu'elle peut compter sur les trains SNCF pour l'aider à agir.

En savoir plus : sncf.com

des idées d'avance

SNCF



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

IL EXISTE UNE ÉNERGIE GRATUITE ET SANS LIMITE QUI N'A JAMAIS DÉCLENCHÉ UNE CRISE OU UN CONFLIT. ON L'UTILISE ?

La SNCF mise partout sur le solaire : dans les gares et dans ses bâtiments.
La gare de demain est solaire. Son toit photovoltaïque produit un quart de ses besoins en énergie. Ce n'est pas un rêve : elle est aujourd'hui en cours de construction et préfigure la gare que vous fréquenterez demain.
Et sur les toits de ses bâtiments, la SNCF va installer 500 000 m² de panneaux photovoltaïques pour contribuer à la production d'énergie renouvelable.
En savoir plus : sncf.com
des idées d'avance
SNCF
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés
SNCF - 34, rue du Commandant Mouchotte - 75014 Paris - R.C.S./B 552 049 447

ASTROPHYSIQUE

Quatre amas galactiques se percutent

Grâce à trois télescopes de la Nasa, une collision cosmique d'une ampleur encore jamais observée a pu être reconstituée en 3D.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Voilà le plus impressionnant carambolage qui ait été observé dans l'Univers ! Selon les équipes américaines qui ont surpris ces quatre amas de galaxies en pleine action, ou plutôt en pleine interaction, les trois plus petits sont en train de fusionner avec le plus gros (à gauche de l'image), en lui tombant littéralement dessus. La mêlée se joue à 5,4 milliards d'années-lumière de chez nous, dans la constellation du Cocher. Discerner les quatre amas dans ce fouillis de galaxies n'a pas été une mince affaire ! Mais les données en rayons X fournies par le télescope *Chandra*, et celles en lumière visible récoltées par les télescopes *Hubble* et Keck, ont permis aux chercheurs de reconstituer la dynamique du système en trois dimensions. Celui-ci se trouve à l'extrémité d'une sorte de fleuve de galaxies d'une longueur de quelque 13 millions d'années-lumière : un filament galactique. Deux des amas au moins semblent tomber depuis ce même filament, alors que le dernier pourrait venir d'un autre, plus petit. Ce dernier amas, sensiblement plus rapide que ses voisins, n'en serait qu'aux prémices de sa chute. Mais il finira, comme les autres, noyé dans un seul et énorme "superamas", dans plusieurs milliards d'années. D'ici là, le maelström cosmique, s'il n'a que peu de chances de provoquer des fusions de galaxies ou même des fusions d'étoiles, donnera lieu à de belles et spectaculaires flambées stellaires. **A.O.**

NASA/CXC/IFA/C.MA ET AL - NASA/STSCI/IFA/C.MA ET AL - BIOS

> Les trois amas les plus petits (en blanc et violet) "tombent" sur le plus gros (en bleu) pour finalement fusionner avec lui.

ÉTHOLOGIE

LE DAUPHIN PEUT RESTER VIGILANT 5 JOURS DURANT

C'est bien connu : les dauphins ne dorment que d'un hémisphère cérébral. Ce qui l'est moins, c'est qu'ils peuvent rester vigilants… pendant cinq jours consécutifs ! Des chercheurs américains et israéliens ont testé leur vigilance auditive et visuelle. Après 120 heures d'expérience continue, les dauphins répondaient correctement et ne montraient aucun signe de privation de sommeil. Contrairement aux scientifiques ? ***V.B.***

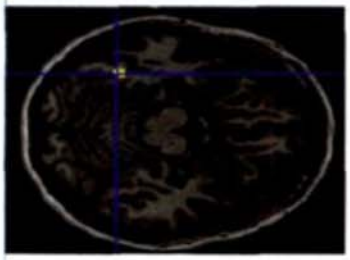
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

> **Leur vigilance auditive et visuelle a été sollicitée pendant 120 heures…**

PSYCHOLOGIE

Le bébé "bilingue" réagit plus vite à l'imprévu

Ágnes Melinda Kovács, chercheuse à l'Institut de psychologie de Budapest, a testé les capacités cognitives de 120 enfants de 7 mois, élevés dans un environnement bilingue ou monolingue. La chercheuse a démontré que les bébés "bilingues" avaient acquis des capacités mentales qui, chez l'adulte, permettent d'inhiber des comportements habituels pour mieux réagir à l'imprévu. Elle a soumis les enfants à des *stimuli* visuels ou auditifs qui préfiguraient l'apparition d'une marionnette à un endroit précis. Après quelques *stimuli*, tous les bébés anticipaient l'apparition de la marionnette et dirigeaient leur regard où celle-ci devait apparaître. Mais, dans la deuxième phase du test, alors que la marionnette apparaissait à un autre endroit, seuls les bébés "bilingues" parvenaient à refréner la réponse précédemment acquise et à regarder au bon endroit. D'après la chercheuse, l'apparition précoce de ces capacités cognitives viendrait de la nécessité de passer facilement d'une langue à l'autre. **C.H.**



^ Une petite aire de l'hémisphère gauche s'active lorsque des mots sont lus.

NEUROSCIENCES

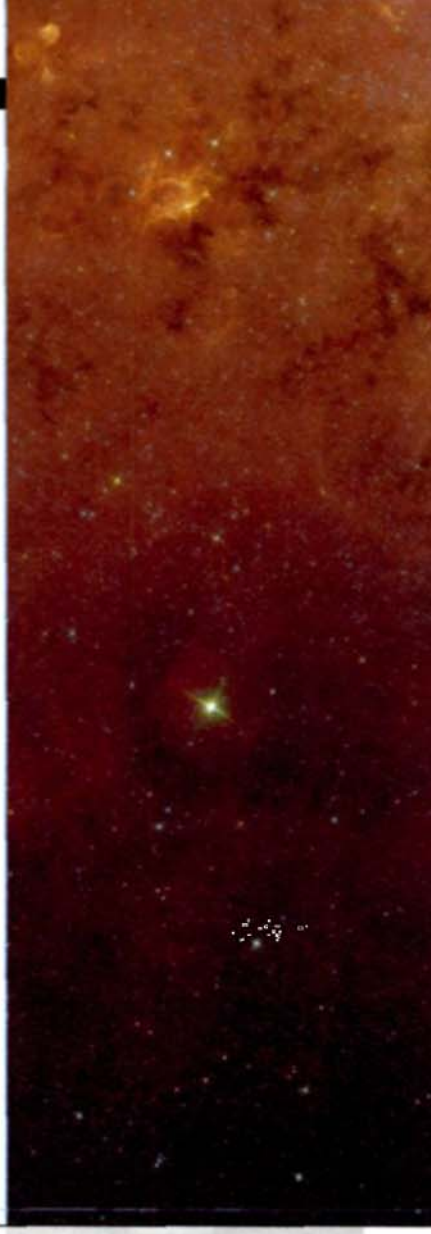
Chaque mot lu serait codé dans notre cerveau par des neurones spécifiques. Maximilian Riesenhuber et son équipe de l'université Georgetown (Etats-Unis) ont présenté des paires de deux mots ne différant que d'une lettre à une quarantaine de volontaires. Les neurones du cortex visuel gauche, impliqué dans la lecture, se sont comportés comme si les deux mots étaient radicalement différents, certains s'activant pour le premier, d'autres pour le second. Cette découverte devrait permettre de mieux comprendre les origines de la dyslexie. **M.-C.M.**

ASTROPHYSIQUE

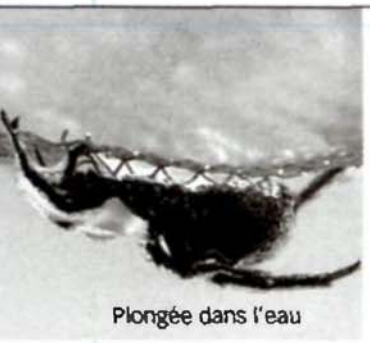
Le rayonnement X de la Voie lactée est enfin élucidé

Une équipe internationale menée par Mikhail Revnivtsev, du Max Planck Institute for Astrophysics à Garching (Allemagne), vient de résoudre un mystère vieux de plus de vingt ans : l'origine du rayonnement X diffus qui s'étale dans le plan de la Voie lactée, autour du bulbe central. Cette émission fut d'abord imputée à des gaz chauds et denses, mais aucun phénomène ne peut en fait produire ces gaz suffisamment vite ni en assez grande quantité pour expliquer le rayonnement observé. L'équipe de Mikhail Revnivtsev a donc envisagé une tout autre possibilité : une multitude de petites sources de rayons X, comme des naines blanches (des étoiles mortes), arrachant de la matière à leur étoile compagnon, ou des astres à couronne active, comme notre Soleil. Le télescope spatial *Chandra* est venu confirmer leur hypothèse : sur une portion de ciel grosse comme 3 % de la Lune vue de la Terre, la sonde a vu en effet pas moins de 473 sources expliquant à elles seules 80 % du rayonnement X dans cette partie de l'espace. "*Et en extrapolant à toute la Galaxie, on trouverait des millions de sources*", conclut Mikhail Revnivtsev. **A.O.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

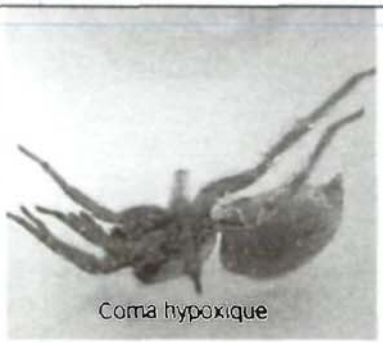


> Des étoiles isolées (zoom) sont à l'origine de ces mystérieux rayons X.



Plongée dans l'eau

Immobilisation



Coma hypoxique

Récuperation

ÉTHOLOGIE

Pour échapper à la noyade, une araignée se met provisoirement en état de coma

Se plonger dans le coma, puis en ressortir deux heures plus tard : cela peut paraître une étrange stratégie pour survivre à une noyade. Mais c'est bien ce que fait l'araignée *Arctosa fulvolineata*, selon une étude franco-belge menée par l'équipe de Julien Pétillon, de l'université de Rennes-I. Les chercheurs se sont intéressés à la capacité de survie en milieu immergé de trois espèces d'arachnides : *Arctosa fulvolineata* et *Pardosa purbeckensis*, vivant près des marécages, et *Pardosa lugubris*, habitant dans la forêt. Ils ont constaté que la faculté d'*Arctosa fulvolineata* à se plonger dans un coma hypoxique (provoqué par manque d'oxygène) et à en ressortir lui permettait de mieux survivre que les autres. Cette capacité serait le fruit d'une adaptation physiologique permettant à cette espèce de mieux tolérer les produits toxiques générés par son corps lorsqu'il est privé d'oxygène. Reste à savoir comment elle ressort de son coma. **D.O.**

^ ***Arctosa fulvolineata*** peut rester délibérément pendant deux heures entre la vie et la mort.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

NASA/CXC/TUM/M REVNIVTSEV ET AL - FLPA/SUNSET - NASA/JPL

GÉNÉTIQUE

LE MOUTON A ÉTÉ DOMESTIQUÉ EN ASIE

L'Asie du Sud-Ouest serait la première région à avoir sélectionné le mouton pour sa laine. Les preuves archéologiques viennent d'être confirmées par... un virus ! Une équipe internationale de chercheurs a eu l'idée d'établir des "rétrotypes" (les moutons portent naturellement des rétrovirus) propres à chaque espèce. Ils suggèrent l'existence d'un rétrotype souche en Asie qui remonterait à 5000 ans, et qui se serait répandu ensuite en Europe. **L.F.**

< **Le mouton de Soay se distinguerait peu des moutons primitifs.**

ÉVOLUTION

Les arthropodes se cachent dans des coquilles depuis le Cambrien. Le comportement du bernard-l'ermite existe depuis au moins 500 millions d'années. Le paléontologue James Hagadorn (université Amherst, Massachusetts) a étudié le parcours d'un arthropode conservé dans le sable d'un site géologique datant du Cambrien. Préservées par un voile microbien fait de bactéries et d'algues, ces traces montrent une asymétrie : l'animal aurait utilisé une coquille spiralée touchant le sable de façon intermittente et toujours sur la gauche du parcours. **L.F.**

S.DOURLOT - GEORGETOWN UNIVERSITY MEDICAL CENTER - CALTECH/GLIMPSE TEAM

> A quelques nanomètres de la surface, la goutte est amortie par un "coussin" d'air, ce qui provoque sa rupture.

PHYSIQUE

En tombant, les gouttes d'eau s'écrasent... dans l'air

Pourquoi une goutte d'eau qui tombe sur une surface solide nous éclabousse-t-elle ? Parce qu'elle s'écrase sur de l'air ! Voilà la surprenante conclusion à laquelle sont arrivés Shreyas Mandre et ses collègues de l'université Harvard (Massachusetts). Les chercheurs viennent en effet de montrer, modèles à l'appui, que la goutte d'eau, en tombant, piège un petit coussin d'air entre elle et la surface, qui amortit sa chute. Un mince filet d'eau est alors éjecté alors que la goutte est encore à quelques nanomètres de la surface, provoquant sa rupture... et les éclaboussures. **A.O.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

NEUROSCIENCES

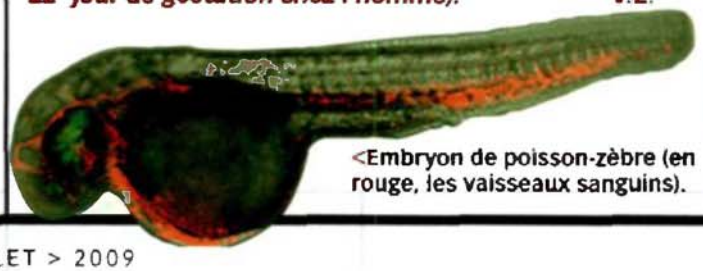
Notre cerveau catégorise les objets en seulement un dixième de seconde ! On pensait que ce processus complexe nécessitait au moins le double de ce temps. Or, l'équipe de Gabriel Kreiman, de la faculté de médecine d'Harvard (Boston), a réussi à enregistrer directement l'activité électrique générée dans le cortex visuel. Elle a montré des images regroupées en catégories – fruits, animaux, visages, etc. – à onze jeunes patients épileptiques à qui l'on avait implanté des électrodes dans le cerveau pour des raisons thérapeutiques. Des sous-régions de leur cortex visuel ont reconnu sélectivement ces catégories d'objets, quelle que soit l'orientation ou la taille des images présentées, en tout juste un dixième de seconde. **M.-C.M.**

CORBIS - HARVARD MEDICAL SCHOOL

EMBRYOLOGIE

C'EST LE CŒUR QUI CRÉE LES CELLULES SANGUINES

Sans circulation sanguine, pas de cellules du même nom. Les équipes de Trista North et de Luigi Adamo, de la Harvard Medical School, ont montré sur des embryons de poisson-zèbre et des cellules de souris que l'écoulement sanguin provoque des frottements mécaniques qui favorisent la transformation des cellules indifférenciées en précurseurs de cellules sanguines. Ce qui explique pourquoi le cœur des vertébrés se met à battre si tôt (au 22e jour de gestation chez l'homme). ***V.E.***



<Embryon de poisson-zèbre (en rouge, les vaisseaux sanguins).

Casse tête

Certains dinosaures auraient-ils échappé à la grande extinction ?

Voici 65 millions d'années, un astéroïde s'est écrasé sur le Mexique, provoquant un hiver nucléaire qui a causé l'extinction des dinosaures... Le débat autour de ce scénario est-il clos ? L'Américain James Fassett, du Geological Survey à Santa Fe, continue inlassablement de remettre en question la théorie admise par la majorité de la communauté scientifique. Il a découvert, au Nouveau-Mexique, des os de dinosaures dans des couches datées du Paléocène, soit 500000 ans après leur extinction supposée. Mieux, il a trouvé un assemblage de trente-quatre éléments d'un squelette d'hadrosaure. *"Ce squelette articulé prouve que les ossements n'ont pas été déplacés par l'érosion dans des sédiments plus récents"*, détaille Eric Buffetaut du laboratoire de géologie de l'Ecole normale supérieure. Cette découverte est donc exceptionnelle. *"Il faut s'assurer de l'exactitude de la datation*, prévient le chercheur. *Bien souvent, on ne peut dater ce type de roches qu'à quelques millions d'années près. Il y a donc une grande part d'interprétation dans les résultats !"* **M.F.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

www.renault.fr

TOMTOM

NOUVELLE RENAULT CLIO ESTATE : LE BREAK PAR CLIO

Avec un coffre de 439 litres, des sièges rabattables 1/3-2/3 et un plancher plat mobile, le chargement devient tout de suite plus facile. Outre sa grande modularité, Nouvelle Renault Clio Estate vous rend la vie plus facile avec le GPS Carminat TomTom (1) : le système de navigation intégrée le moins cher du marché (2). Doté du dispositif info Trafic, Carminat TomTom vous permet d'adapter votre itinéraire selon les conditions de circulation et les événements routiers (accidents, travaux, ralentissements) actualisés en temps réel. CLIO, SIGNE EXTÉRIEUR DE RICHESSE INTÉRIEURE.

(1) Disponible selon version, en série ou en option. (2) Source : sur la base du relevé des tarifs dans le Codex Automobile Avril 2009, pour le marché automobile français. Consommations mixtes (l/100 km) et émissions CO_2 (g/km) : (min/max) 4,4/7,5 et 117/179.

Renault précontraint elf

RENAULT

< Un banc de 250 millions de harengs a pu être observé grâce à un sonar particulier.

ICHTYOLOGIE

On sait pourquoi le hareng nage si parfaitement en banc

Un ralliement quotidien parfaitement orchestré, chaque automne, de 250 millions de harengs dans l'Atlantique, au nord-est des Etats-Unis! L'équipe du MIT l'a observé grâce à un sonar particulier: l'émetteur et le récepteur étaient embarqués sur deux navires séparés de plusieurs kilomètres. Les harengs se rassemblent en une immense foule désordonnée qui se synchronise quand la densité atteint 0,2 individu par mètre carré. Les poissons se déplacent alors tous dans la même direction et à la même vitesse, imposées par un infime pourcentage de leaders. Qu'est-ce qui motive un tel regroupement? La reproduction. Cette configuration favoriserait le frai (la fécondation des œufs) en augmentant la proximité des harengs tout en les abritant des prédateurs. **B.R.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

ARCHÉOLOGIE

LA PLUS ANCIENNE VÉNUS SCULPTÉE A 35000 ANS

Du haut de ses 6 cm et de ses 35000 ans, c'est sans doute la plus ancienne représentation d'une figure humaine: cette statuette féminine en ivoire de mammouth a été mise au jour dans une grotte du sud de l'Allemagne, par Nicholas Conard de l'université de Tübingen. La Vénus de Hohle Fels précéderait d'au moins 10000 ans les plus vieux exemples connus de cet art. ***V.E.***

< Ses formes généreuses représenteraient la fertilité.

H.JENSEN, UNIV. OF TUBINGEN - F.BAVENDAM/MINDEN

En bref...

› ***L'AVENIR POURRAIT BIEN APPARTENIR À CEUX... QUI SE LÈVENT TARD!*** Des chercheurs belges, suisses et français ont montré que les lève-tôt n'étaient pas plus performants que les lève-tard le matin, et que, en revanche, ils l'étaient moins le soir. **C.H.**

› ***LA PLUS LÉGÈRE EXOPLANÈTE CONNUE À CE JOUR PÈSE ENVIRON 1,9 MASSE TERRESTRE.*** Gliese 581 e, découverte par une équipe franco-suisse grâce aux infimes oscillations qu'elle provoque sur son étoile, est sans doute rocheuse. Mais avec une période de rotation de 3,15 jours, elle est trop proche de son étoile pour abriter la vie. **V.E.**

› ***SI LES VERS À SOIE AIMENT LES FEUILLES DE MÛRIER, C'EST À CAUSE DE LEUR ODEUR DE JASMIN.*** Des chercheurs japonais ont testé l'effet attractif de composés volatils extraits de ces feuilles sur des larves de *Bombyx mori* sortant d'un long jeûne. Et c'est la cis-jasmone qui a été la plus efficace. **V.E.**

› ***LE TAUX D'EXPANSION DE L'UNIVERS VAUT 74,2 KM PAR SECONDE ET PAR MÉGAPARSEC*** (1 mégaparsec est égal à 30 milliards de milliards de kilomètres). Cette nouvelle valeur de la constante de Hubble a été déterminée par une équipe américaine à partir de l'observation d'étoiles variables et de supernovae par le télescope du même nom. **V.E.**

HORS-SÉRIE

SCIENCE & VIE

A380
L'ENVOL D'UN GÉANT

SPÉCIAL AVIATION 2009

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

EXCLUSIF
AFGHANISTAN LES DRONES MÈNENT LA GUERRE

IL Y A 100 ANS
LOUIS BLÉRIOT TRAVERSAIT LA MANCHE

EN VENTE ACTUELLEMENT

SCIENCE & VIE découvertes
Pour les 8-12 ans

SCIENCE & VIE JUNIOR
pour les 13-17 ans

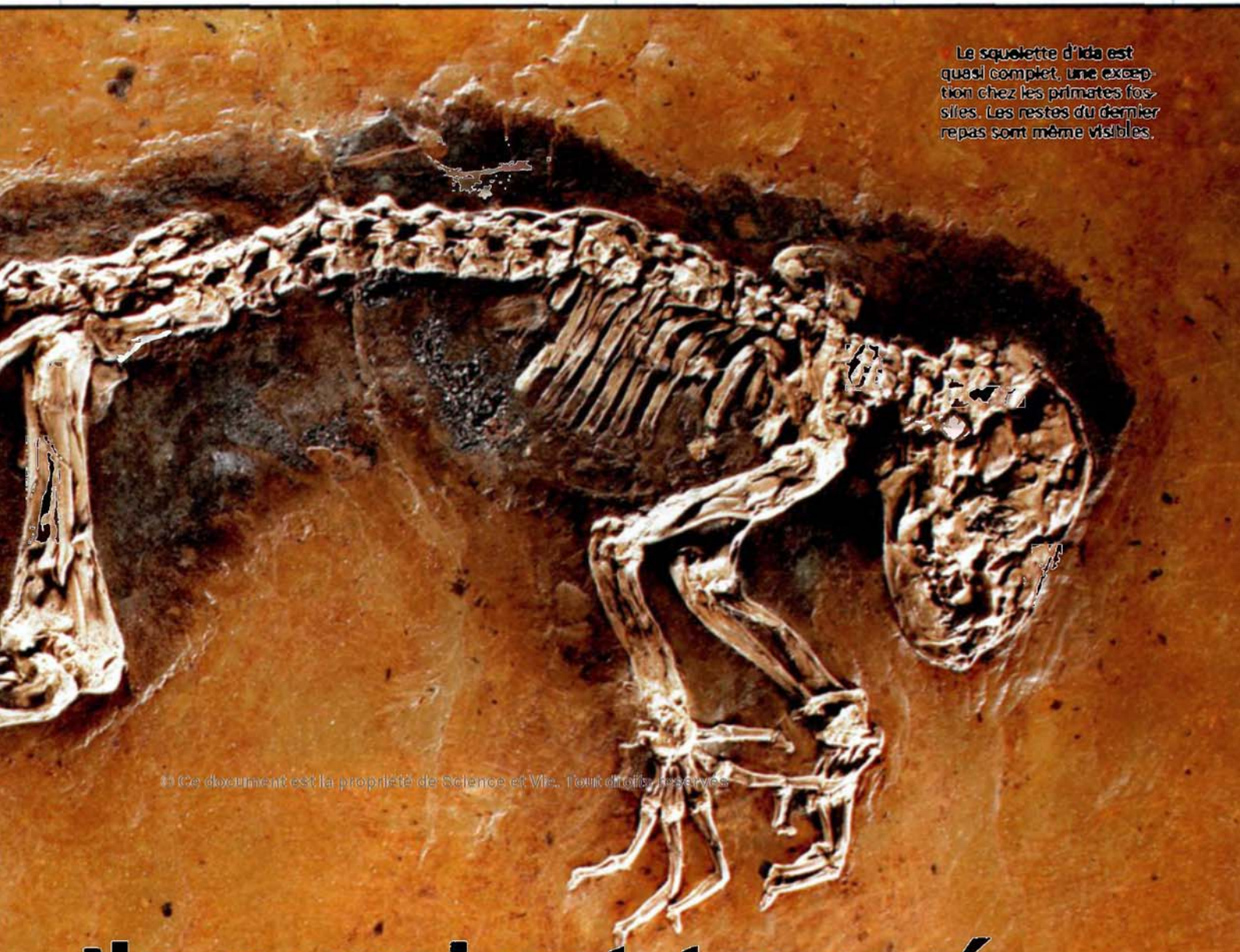
LES CAHIERS SCIENCE & VIE
LES RACINES DU MONDE

SCIENCE & VIE

C'est lors d'une conférence à New York, le 19 mai, que Jens Franzen et Jørn Hurum, accompagnés de Holly Smith, paléontologue de leur équipe, ont présenté leur découverte, *Darwinius masillae*.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

EPA/SIPA - PLOSONE



Le squelette d'Ida est quasi complet, une exception chez les primates fossiles. Les restes du dernier repas sont même visibles.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

Ils auraient trouvé l'ancêtre des singes

Découvert en Allemagne, le fossile d'une jeune femelle primate, baptisée Ida, apparaît extraordinaire : vieille de 47 millions d'années, Ida est non seulement incroyablement bien conservée, mais elle pourrait bousculer notre histoire évolutive.

C'est un petit animal tout en queue qui fait irrésistiblement penser à Zini, le lémurien imaginé par Disney dans le film *Dinosaure*. Mais *Darwinius masillae* – ainsi baptisé pour honorer le bicentenaire de Charles Darwin et le lieu de la découverte, la ville de Messel, en Allemagne – n'est pas une fiction : il s'agit du fossile d'une jeune femelle primate primitive qui habitait les luxuriantes forêts d'une Europe au climat quasi tropical, il y a 47 millions d'années. Un fossile extraordinaire. Jamais on n'avait trouvé de squelette de primate à ce point complet. 95 % des os sont là, et même les vestiges du dernier repas : feuilles et fruits. Le contour des parties molles est parfaitement visible. Surtout, →

Ida vient de Messel, l'un des plus riches sites fossilifères.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

→ selon ses deux "découvreurs", le paléontologue norvégien Jørn Hurum, du Muséum d'Oslo, et son collègue allemand Jens Franzen, chercheur à l'Institut Senckenberg de Francfort et au Muséum de Bâle, *Darwinius* déplacerait ses cousins fossiles déjà connus, les adapiformes, de la branche des lémuriens à celle qui mène, via les tarsiers et les singes, jusqu'à l'homme. Du coup, toute une partie du tronc de notre arbre généalogique se trouve transplantée! On comprend pourquoi l'annonce de la "découverte" d'Ida (surnom donné en hommage à la fille de Jørn Hurum) a causé quelques turbulences dans le landerneau de la paléontologie.

LE PUZZLE RECONSTITUÉ

"Découvreurs", "découverte", ces guillemets cacheraient-ils un problème? Effectivement, l'histoire du fossile est aussi peu banale que son état de conservation. "*J'assistais en décembre 2006 à une foire aux fossiles à Hambourg quand un revendeur bien connu, Thomas Perner, m'a abordé*, raconte Jørn Hurum. *Dans un bar, il m'a présenté trois photos d'un spécimen détenu par un collectionneur anonyme. Il était clair qu'il s'agissait d'un primate: le pouce du pied opposable, les ongles... La roche très particulière du fossile m'a révélé la provenance de l'animal, donc son âge. Aucun doute, c'était là un spécimen capital pour la science.*" Après expertise et authentification, puis discussion sur le million de dollars demandé, l'affaire est conclue par le Muséum d'Oslo. Et, à l'été 2007, Jørn Hurum envoie des photos du nouvel arrivant à Jens Franzen. C'est que le chercheur allemand, grand spécialiste de Messel, avait décrit un spécimen évoquant justement le fossile d'Oslo...

"*J'ai ouvert le courrier le jour de mon 70e anniversaire: c'était le plus beau cadeau que j'ai jamais reçu*, jubile Jens Franzen. *Effectivement, Thomas Perner m'avait contacté en 1991. Il s'agissait d'authentifier un autre fossile acquis par un musée privé du Wyoming. L'animal était très incomplet, bricolé en partie à partir d'autres fossiles, mais j'avais pu en publier une première description.*" Par recoupement, le puzzle est enfin reconstitué: découverte en 1983 par d'anonymes collectionneurs privés, la roche contenant le fossile avait été scindée en deux plaques qui furent vendues séparément. Voici donc l'animal enfin "rassemblé". Reste à le décrire! Jørn Hurum et Jens Franzen forment une équipe scientifique et publient fin mai 2009 le résultat (1), avec force bruit médiatique... et polémique.

"NEZ SEC" OU LÉMUR?

De fait, si tout le monde s'accorde à faire de *Darwinius* un nouveau représentant de la famille des adapiformes, une branche des primates morte il y a environ 37 millions d'années (voir encadré), les divergences portent sur la position de cette branche

UNE HISTOIRE VIEILLE DE 75 MILLIONS D'ANNÉES

En comparant les gènes des espèces actuelles, les biologistes datent à au moins 75 millions d'années – en plein règne des dinosaures – l'apparition des primates. Mais les premiers fossiles n'ont que 57 à 55 millions d'années: des adapiformes européens (dont Ida est un descendant) et des "nez secs", proches des tarsiers, en Chine, en Amérique et en Afrique du Nord. Les "vrais" singes viennent plus tard, il y a 34 millions d'années. La branche des hominoïdes (grands singes) a 23 millions d'années, celle des hominidés (gorille, chimpanzé, homme...) a 13 millions d'années.

A. RIVES - PLOS ONE - THE LINK/ATLANTIC PRODUCTIONS

∧ **Les dents d'Ida, aux incisives et canines bien différenciées, la distinguent clairement des lémuriens. La présence de dents de lait (en orange) trahissent le jeune âge de l'animal.**

< **Pouce opposable, main fonctionnelle équipée d'ongles : les membres supérieurs d'Ida sont ceux d'un primate déjà avancé.**

> **Pour Jens Franzen, le museau court d'Ida est une preuve supplémentaire de sa proximité avec les singes.**

©Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

dans l'arbre. Jusqu'à présent, les adapiformes étaient rattachés à la branche des "strepsirrhiniens", au museau doté d'une truffe humide : loris et lémurs. Or, avec Ida, Hurum et Franzen déplacent radicalement les adapiformes pour les implanter à la base de la deuxième grande branche des primates : celle des "haplorrhiniens" au nez "sec" (tarsiers et singes), dont nous sommes. Ida serait donc un échantillon exceptionnellement conservé de la souche la plus basale de notre arbre direct.

Pour justifier ce transfert spectaculaire, Hurum et Franzen se basent sur quatre points clés. D'abord, un crâne à la face raccourcie, sans museau, signe d'un affaiblissement du sens de l'odorat au profit de la vision, comme chez les singes. Ensuite, la dentition ne comporte pas l'association des incisives et canines en "peigne" typique des lémuriens. Ida ne dispose pas, troisième point, de la griffe de toilettage propre aux lémuriens. Enfin, l'astragale d'Ida, un os du pied, présente une forme exclusivement trouvée chez les "nez secs", c'est-à-dire les singes.

"*C'est irrecevable*, conteste Marc Godinot, paléontologue spécialiste des primates à l'Ecole pratique des hautes études, à Paris. *Car il manque à* Darwinius *deux des caractères principaux des 'nez secs' : des orbites oculaires fermées et des conduits auditifs externes. Rien n'indique chez Ida un début d'évolution en ce sens ! Certes, la forme de l'astragale m'intrigue : il faudra y voir de plus près, encore que l'os en question soit très écrasé…*"

< **L'allure d'Ida rappelle les lémuriens. Mais il lui manque des caractères clés, comme la griffe de toilettage.**

Pour ce chercheur, c'est clair : les adapiformes n'ont aucune raison de quitter leur place dans l'arbre évolutif. "*C'est vrai, il est peu plausible que les 'nez secs', dont les premiers fossiles sont africains et asiatiques, soient sortis d'Europe, qui était à l'époque un archipel coupé des autres continents*, ajoute Jerry Hooker, homologue de Godinot et Franzen au Muséum de Londres, où est exposé un moule d'Ida. *Mais ce n'est pas impossible. On a par ailleurs retrouvé à Messel des astragales isolés en bon état, qui ressembleraient à ceux des 'nez secs'. Bien sûr, il pourrait très bien s'agir d'un cas d'évolution convergente comme on en voit tant…*"

Ce qui est sûr, et tous s'accordent là-dessus, c'est qu'Ida promet des années de travail, ainsi qu'un formidable coup de projecteur sur une période très mal connue de notre évolution : "*Nous n'avions que des restes épars, souvent juste quelques dents*, conclut Jerry Hooker. *Et voilà qu'on nous offre le plan complet d'un primate primitif : un 'standard' qui nous permettra de confronter nos vestiges dépareillés. Pour cela, Ida est un fossile exceptionnel.*" **Pierre Grumberg**

(1) http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0005723

HYDROLOGIE

Le réchauffement affecte le débit des grands fleuves

Soixante-quatre des 200 plus grands fleuves mondiaux ont vu leur débit changer significativement entre 1948 et 2004, dont une majorité à la baisse. C'est ce qui ressort de l'étude menée par l'équipe d'Aiguo Dai de l'université de Californie (Etats-Unis). Globalement, le débit des fleuves des basses latitudes (tels que l'Amazone ou le Gange) a décliné, tandis que la tendance s'inverse en s'éloignant de l'équateur (c'est le cas pour le Mississippi, ou le Saint-Laurent). Des variations qui affectent aussi les océans : l'apport annuel d'eau douce a ainsi chuté de 3 % dans l'océan Indien alors qu'il s'est accru de 10 % dans l'océan Arctique. Même si plusieurs facteurs peuvent contribuer au phénomène, Aiguo Dai privilégie la thèse du dérèglement du climat : "*La modification des régimes d'évaporation et de précipitations est à l'origine de ces perturbations.*" Ce changement dans le cycle de l'eau aurait différents effets selon les régions : ainsi, une baisse significative de l'écoulement risque d'entraîner une pénurie en eau douce pour les populations vivant dans les zones arides. A l'inverse, les fleuves alimentés par une fonte des glaces et des précipitations accrues, pourraient être à l'origine de graves inondations. D.O.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits reservés

G.CIRADE - A.RIVES

Les fleuves sont alimentés par le ruissellement d'une partie des pluies tombant sur des zones de drainage, ou bassins versants, dont voici la variation en millimètre d'eau par an sur la période 1948-2004.

Zones non couvertes par l'étude

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Les 10 plus grosses baisses de débit

(différence entre la valeur de 1948 et celle de 2004)

45 des plus grands fleuves mondiaux ont vu leur écoulement diminuer entre 1948 et 2004.

60 %, c'est l'augmentation de débit la plus forte. Elle a été enregistrée sur le fleuve Paraná (Argentine).

19 %, c'est la réduction de débit la plus importante observée, relevée pour le Gange, en Inde.

OCÉANOGRAPHIE

La "pêche fantôme" menace les océans. Avoisinant les 640 000 tonnes, les équipements de pêche abandonnés ou perdus dans les océans (filets, nasses, casiers d'élevage…) représenteraient 10 % des déchets rejetés en mer par l'activité humaine! Derrière ce chiffre dévoilé par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) se profile une menace grandissante pour la faune marine, l'intégrité du sous-sol océanique et même la sécurité des bateaux. Ce phénomène prend d'ailleurs de l'ampleur avec l'augmentation des opérations de pêche mais aussi l'introduction d'équipements plus résistants à base de matières synthétiques. Les filets à mailles peuvent ainsi former un "mur" vertical de 600 à 10 000 mètres et continuer à pêcher seuls pendant des années! Alors, que faire? Imagerie sous-marine, GPS, transpondeurs, dispositifs sonores, équipements biodégradables… les nouvelles technologies constituent une des solutions envisagées pour réduire cette "pêche fantôme". **J.-P.B.**

IMAGE QUEST MARINE - VISUALS UNLIMITED/GETTY - IAPP - B.MARTY-CRPG

^ **Imagerie sous-marine et GPS pourraient permettre de repérer les filets abandonnés.**

VOLCANOLOGIE

Le secret des laves noires de Tanzanie n'en est plus un

L'origine des étonnants épanchements de l'Ol Doinyo Lengaï a enfin été dévoilée. Ce volcan de la vallée du Rift en Tanzanie est le seul au monde à émettre des laves noires et très fluides, les carbonatites, quasiment dépourvues de silice et riches en CO_2. Cette particularité divisait les géologues: certains envisageaient que le manteau dont les laves sont issues était localement enrichi en carbone, d'autres y voyaient le résultat d'un processus particulier lors de la formation du magma. Une mission internationale d'échantillonnage de gaz dans le cratère du volcan a permis d'éliminer la première hypothèse. En effet, ces gaz sont identiques à ceux émis le long des dorsales océaniques. La composition en CO_2 du manteau supérieur serait donc globalement uniforme sous les continents et les océans. C'est en fait un très faible taux de fusion partielle des roches du manteau qui serait à l'origine de la composition de ces laves. En remontant vers la surface, les carbonates se retrouvent isolés des silicates au sein du magma, et s'épanchent seuls sur les flancs du Lengaï. **E.C.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

> **Les laves de l'Ol Doinyo Lengaï, noires et fluides, appelées carbonatites, sont dues à la fusion particulière du manteau.**

< **Les poussières diffusent la lumière jusqu'au feuillage à l'ombre de la canopée.**

CLIMATOLOGIE

La pollution de l'air favorise la photosynthèse

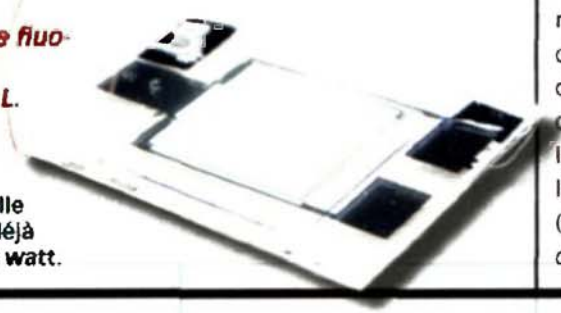
La pollution atmosphérique aurait permis d'accroître le stockage de carbone sur les continents de 25 % entre 1960 et 1999. C'est l'étonnante conclusion des travaux de Lina Mercado, du Centre d'écologie et d'hydrologie de Wallingford (Grande-Bretagne), et de ses collègues. En cause, la présence de particules en suspension dans l'atmosphère qui tendent à favoriser la photosynthèse, et partant l'absorption de CO_2 par les plantes. Bien que paradoxal, ce phénomène s'explique: quand l'air est pur, seule la canopée est éclairée, le reste du feuillage demeurant à l'ombre; lorsqu'il est chargé en aérosols ou en poussières, ceux-ci agissent comme des petits miroirs reflétant la lumière dans toutes les directions, laissant moins de feuilles dans l'obscurité. Mais avec les mesures de dépollution de l'air, cet effet fertilisant devrait disparaître totalement d'ici à la fin du siècle. En l'absence de ce coup de main, des réductions encore plus drastiques des émissions de CO_2 seront donc nécessaires, concluent les auteurs. **F.H.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

ÉNERGIE

L'ÉCLAIRAGE OLED GAGNE EN INTENSITÉ

Les diodes électroluminescentes organiques (OLED) sont bien une solution prometteuse pour la réduction des dépenses énergétiques. Sebastian Reineke, de l'université de Dresde (Allemagne), a en effet réussi un tour de force en créant des OLED dont l'efficacité lumineuse atteint déjà 90 lumens par watt. Les 124 lumens par watt sont même envisagés, soit deux fois plus qu'une lampe fluo-compacte. E.L.



> Cette nouvelle OLED atteint déjà 90 lumens par watt.

TRANSPORT

Il vaut mieux transformer la biomasse en électricité plutôt qu'en agrocarburant

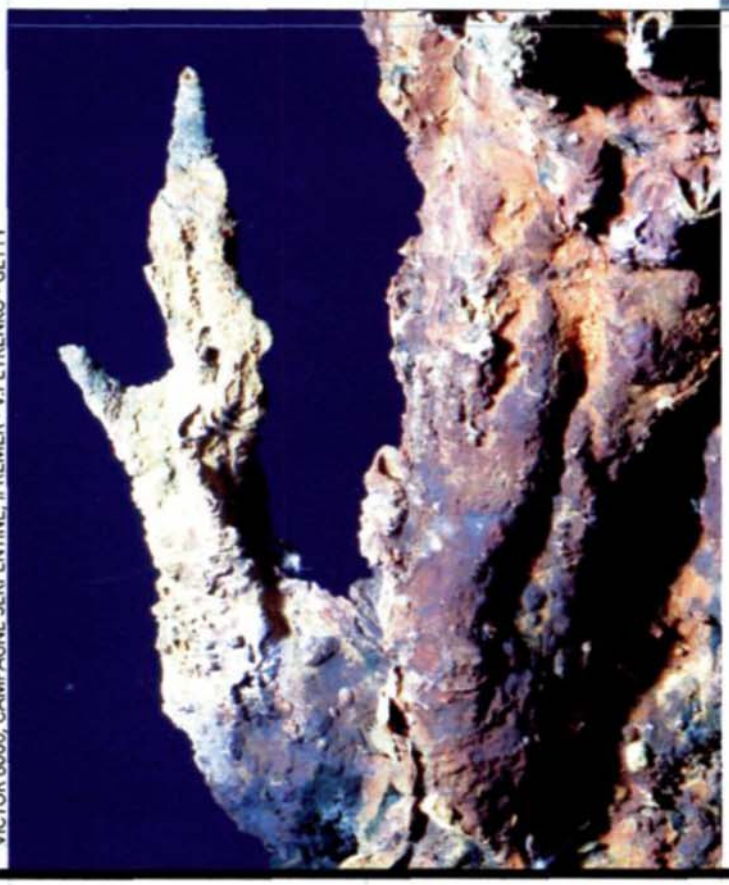
Pour rouler "vert", est-il plus judicieux de brûler des végétaux afin de produire de l'électricité ou de transformer leur cellulose en agrocarburant ? Selon Elliott Campbell et ses collègues de l'université Stanford, qui ont comparé le bilan énergétique et les émissions de CO_2 de ces deux technologies, la filière électricité l'emporterait haut la main. L'analyse des chercheurs prend en compte les étapes de production de l'électricité et de l'éthanol, leur utilisation, mais aussi le cycle de vie complet des voitures (électriques ou à moteur thermique). Ainsi, une fois déduite l'énergie nécessaire à la fabrication des véhicules et des "carburants", 1 hectare de *Panicum virgatum* (une herbe sauvage qui constituerait une alternative au maïs) permet de parcourir près de 52 000 km à l'électricité, contre 31 000 km à l'éthanol. Et si ces deux technologies émettent moins de CO_2 que la filière essence, le choix de l'électrique promet deux fois moins d'émissions que la filière éthanol. Reste à considérer les critères économiques (coût des technologies) et écologiques (besoins en eau) avant de déterminer quel est le meilleur candidat. **V.E.**

PALÉOCLIMATOLOGIE

Le méthane gelé est plus stable qu'on ne le pensait

Comment expliquer l'augmentation de la concentration en méthane dans l'atmosphère que la Terre a connue lorsqu'elle est sortie du dernier âge glaciaire, il y a 11 600 ans? Par l'expansion des zones humides, et non par une fonte massive des clathrates, ces stocks de méthane gelé piégés dans les sédiments océaniques, répond Vasilii Petrenko, de la Scripps Institution of Oceanography. Pour distinguer les deux principales sources envisagées, le chercheur a examiné les bulles d'air emprisonnées dans 15 tonnes de glace prélevées au Groenland. Ce qui lui a permis de disculper les clathrates de méthane. S'il permet de trancher un vieux débat, ce résultat est surtout instructif à la lumière du dérèglement climatique en cours. Les clathrates seraient moins sensibles qu'on ne l'imaginait à une augmentation des températures à la surface du globe. Une bonne nouvelle car, selon des estimations récentes, si seulement 10 % des clathrates recensés aujourd'hui venaient à fondre, cela aurait un effet équivalent à une multiplication par dix de la concentration en CO_2 dans l'atmosphère! Or, le réchauffement actuel n'est dû qu'à une augmentation de 30 % de la teneur en CO_2 au cours du dernier siècle... **S.F.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie, Tous droits réservés



VICTOR 6000, CAMPAGNE SERPENTINE, IFREMER - V.PETRENKO - GETTY

BIODIVERSITÉ

Les limites du vivant ont encore été repoussées

Dans le club des bactéries vivant dans des conditions extrêmes, on connaissait déjà les bactéries qui ne se plaisent qu'à une température supérieure à 80 °C, ou celles qui résistent à des pressions phénoménales. Mais jamais encore de micro-organisme cumulant ces deux exploits. Une équipe de chercheurs français, russes et chinois vient de mettre au jour un tel spécimen, à 4 100 mètres de profondeur sous la surface de l'océan Atlantique. Baptisée *Pyrococcus* CH1, cette nouvelle espèce d'archéobactérie présente un métabolisme exceptionnel: non seulement elle affectionne les températures comprises entre 85 et 105 °C, mais elle a aussi besoin pour se développer de subir une pression d'au moins 200 bars et jusqu'à 1 200 bars. Soit 1 200 fois la pression atmosphérique! *Pyrococcus* CH1 a été isolée sur le site d'Ashadze, la plus profonde source hydrothermale connue au monde, au large des Antilles. Cette archéobactérie extrêmophile repousse donc les limites de la vie sur Terre. Jusqu'à la découverte d'organismes plus étonnants encore... **O.D.**

< C'est sur la dorsale médio-Atlantique, à 4 100 mètres de profondeur, que l'archéobactérie *Pyrococcus* CH1 a été découverte.

< Ce sont les bulles d'air piégées dans la baie de Pakitsoq, au Groenland, qui ont permis d'arriver à cette conclusion.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

AGRICULTURE

LES ABEILLES NE SONT PAS EN DÉCLIN PARTOUT DANS LE MONDE

Entre 1961 et 2007, la population mondiale d'abeilles domestiques a augmenté de près de 45 % selon Marcelo Aizen, de l'université de Comahue (Argentine). Les déclins constatés sur les ruches américaines et européennes seraient ainsi compensés par les hausses enregistrées ailleurs, en Chine ou en Argentine, par exemple. Mais cette croissance reste insuffisante : les productions agricoles qui dépendent de leur pollinisation ont bondi de plus de 300 % dans le même temps. **J-P.B.**

^ Les populations d'abeilles domestiques se portent bien en Chine et en Argentine.

On en reparle

Obama coupe les vivres à la voiture à hydrogène

Le futur de l'automobile ne passera pas par l'hydrogène, estiment Barack Obama et son secrétaire à l'énergie Steven Chu. *"Nous nous sommes demandé : est-il vraisemblable que dans les prochains 10, 15 ou 20 ans l'économie de l'automobile basculera sur l'hydrogène ? La réponse, selon nous, est négative"*, a résumé Steven Chu, Nobel de physique et grand défenseur des énergies renouvelables, lors d'une conférence de presse. Mieux vaut investir les fonds publics accordés à la recherche dans des solutions plus prometteuses et plus immédiates, comme la voiture hybride à batteries rechargeables à l'arrêt (dite "plug-in", voir *S&V* n° 1096), pour venir à bout rapidement de la dépendance des États-Unis en pétrole importé. Les crédits accordés à l'énergie hydrogène vont donc tomber de 168 millions de dollars en 2009 à 68 millions en 2010, destinés en priorité aux applications fixes. Arrêt de mort pour la voiture à hydrogène ? Peut-être pas : d'autres pays, comme le Japon, expérimentent dans ce domaine. Mais cette décision n'en marque pas moins un très sérieux coup de frein. **P.G.**

Les "vertus" des aliments doivent être prouvées

"Renforce les défenses naturelles", "Fait baisser le taux de cholestérol"... Ces allégations "vagues", non prouvées, ou qui octroient des propriétés thérapeutiques à un aliment, sont prohibées. Le règlement européen de juillet 2007 interdit en effet de prêter aux aliments des vertus non démontrées scientifiquement. Ceux étiquetés avant le 1er juillet 2007, échappant encore à la loi, ne devront plus être vendus dès la fin de ce mois. Fini donc les affirmations sans preuves. Une liste d'allégations utilisables sans autorisation (mais sous conditions) devrait être adoptée par la Commission européenne d'ici au 31 janvier 2010. Au total, les industriels des Etats membres ont soumis 44 000 allégations nutritionnelles à l'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa)! Après un premier tri, une liste provisoire de 2870 allégations a été définie en juillet 2008. Quant aux allégations relatives à la réduction d'un risque de maladie ou à la santé des enfants, elles ne seront pas incluses dans la liste, car elles nécessitent une évaluation au cas par cas. Sur les 65 dossiers examinés à ce jour, 80 % ont été rejetés. **M.Co.**

VIROLOGIE

Le virus de la grippe aviaire craint le froid

Depuis son apparition en 2003, le virus de la grippe aviaire, H5N1, a touché 424 personnes et fait 261 victimes, d'après les registres de l'OMS (mai 2009). Pourquoi la pandémie tant redoutée n'est-elle pas survenue? L'explication tient à la sensibilité de H5N1 à la température. Frileux, le virus ne peut en effet pas se multiplier et donc survivre aux seuls 32 °C de nos narines, le site d'inoculation du virus chez l'homme, alors qu'il s'est tout à fait adapté à la température de 40 °C des oiseaux. C'est ce que viennent de démontrer des chercheurs de l'Imperial College de Londres, qui ont découvert que cette sensibilité était due à une sous-partie de la polymérase, une enzyme qui permet au virus de répliquer son matériel génétique. Selon les scientifiques, même si une nouvelle souche de la grippe humaine, résultat de la combinaison du virus humain et de celui de la grippe aviaire, apparaissait, il en faudrait plus pour infecter les humains et donc devenir un problème majeur de santé publique. Ce plus? Des mutations génétiques qui permettraient à la polymérase virale de jouer son rôle malgré de faibles températures. Prudents, les chercheurs vont maintenant surveiller la survenue de telles mutations. **M.Cy.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

> **Les narines, lieu d'inoculation du virus H5N1, ont une température trop basse pour qu'il puisse y survivre.**

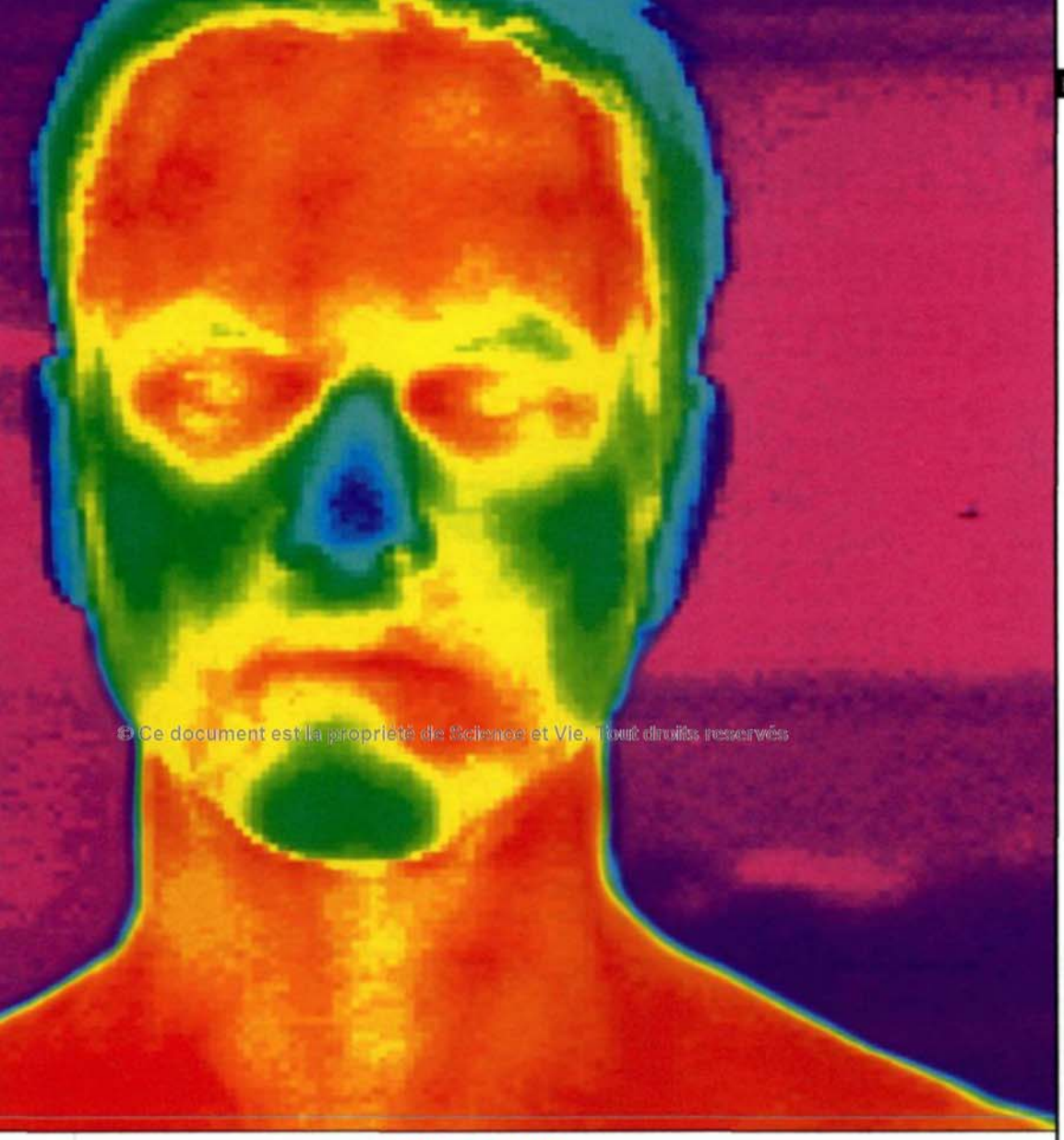
< **Les personnes dont le pouls varie peu en cas de stress sont moins touchées par les arrêts cardiaques subits.**

CORBIS - DR A.TUCKER/SCIENCE PHOTO LIBRARY - OBSIP - J.CAVALLINI/BSIP

CARDIOLOGIE

Le stress prédit le risque de mort subite de l'adulte

"*Un simple stress mental permet d'identifier les personnes les plus susceptibles de mourir d'une crise cardiaque subite*", constate Xavier Jouven, cardiologue à l'hôpital européen Georges-Pompidou, après avoir suivi pendant vingt-trois ans, aux côtés d'épidémiologistes, une cohorte de 7746 hommes âgés de 42 à 53 ans dans les années 1970. A l'époque, leur fréquence cardiaque avait été mesurée au repos, puis de nouveau peu avant un test d'effort, moment d'appréhension considéré comme un stress psychologique léger. Les hommes dont la fréquence cardiaque s'élevait le plus (augmentation de plus de 12 battements par minute) ont été deux fois plus nombreux à mourir d'un arrêt cardiaque subit dans les 23 années qui ont suivi que ceux dont le pouls était moins réactif. La mort subite de l'adulte par arrêt cardiaque est un problème de santé publique majeur en France (40 000 cas par an). Prendre le pouls lors d'un stress léger pourrait devenir un marqueur pronostique simple et économique. **M.-C.M.**



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

INFECTIOLOGIE

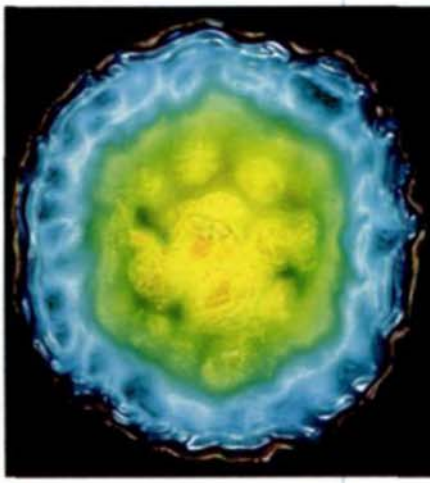
UNE MOLÉCULE AUGMENTE L'EFFICACITÉ DU TRAITEMENT ANTITUBERCULEUX

Tripler l'efficacité d'un antibiotique antituberculeux, telle est la performance réalisée par l'équipe d'Alain Baulard, de l'Institut de biologie de Lille : "Le bacille de Koch active et régule les antibiotiques utilisés contre lui. Nous avons conçu une molécule qui inhibe ce système de régulation." Elle pourrait permettre de diminuer les doses, et donc les effets secondaires, du traitement antibiotique et ainsi limiter son arrêt précoce par les patients, qui favorise l'apparition de tuberculoses multirésistantes. **C.H.**

< Objectif : saper la résistance du bacille de Koch aux antibiotiques.

IMMUNOLOGIE

Un nouvel anticorps protégerait d'une infection par le virus de l'hépatite C. Il neutraliserait le virus en culture et empêcherait la contamination. Le MBL-HCV1, développé par l'équipe de Donna Ambrosino, de la faculté de médecine du Massachusetts, semble très prometteur. Pour le dénicher, les biologistes ont injecté des éléments du virus à des souris humanisées (génétiquement transformées pour pouvoir produire des anticorps humains). Après avoir isolé dans leur sang les anticorps capables de reconnaître et de se lier au virus, les biologistes ont testé leur action sur des cultures de tissus prélevés sur des patients infectés. Puis leur efficacité a été testée sur des primates non humains exposés au virus. Les anticorps MBL-HCV1 ont respectivement neutralisé le virus et protégé les primates d'une infection. Un essai clinique de phase I devrait débuter dans le courant de cette année. Selon l'OMS, 3 à 4 millions de personnes seraient infectées par l'hépatite C chaque année. Il n'existe actuellement aucun vaccin. **M.-C.M.**



^ Le virus a été injecté à des souris capables de produire des anticorps humains.

CONTRACEPTION

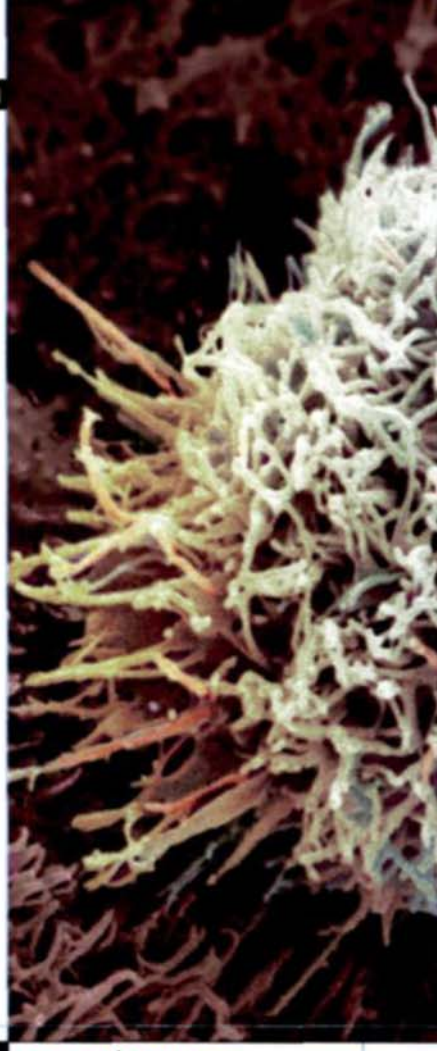
Une injection de testostérone pourrait constituer un contraceptif masculin. Telle est la conclusion de l'équipe de Yiqun Gu, de l'Institut national de recherche pour le planning familial de Pékin. Pendant trente mois, les chercheurs ont injecté à un millier d'hommes vivant en couple une dose de testostérone (500 mg par mois), stoppant ainsi la production de spermatozoïdes. Seule 1,1 grossesse pour 100 hommes a été constatée. "*Cette stratégie n'est pas nouvelle, mais ici les injections sont moins fréquentes, tous les mois contre deux fois par semaine précédemment, ce qui en ferait une méthode mieux tolérée*", explique Sylvain Mimoun, andrologue à l'hôpital Cochin de Paris. **C.H.**

BIOLOGIE

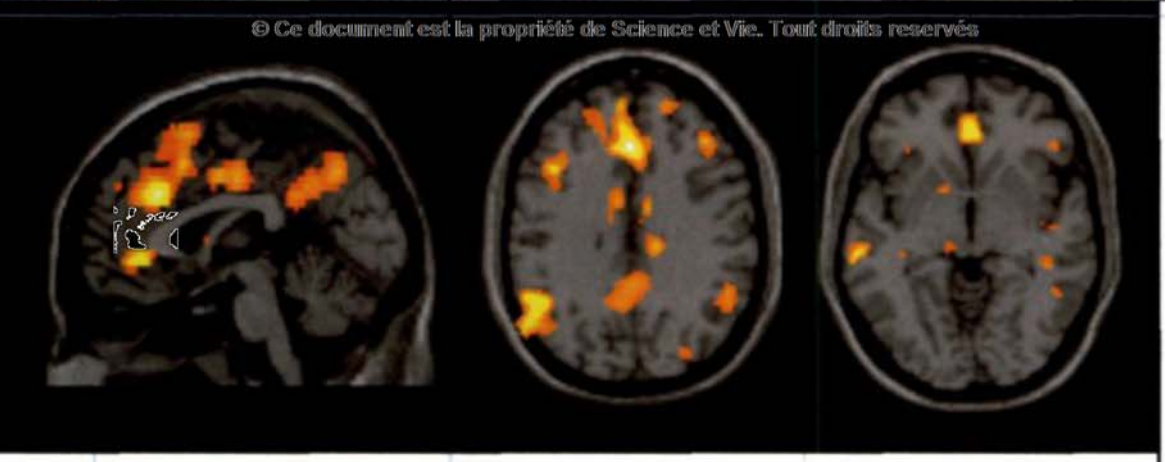
Le cancer favorise biologiquement la dépression

Des facteurs sécrétés par certaines tumeurs favoriseraient la dépression. C'est la conclusion de Leah Pyter et de ses collègues de l'université de Chicago au terme d'une étude menée sur plus de 100 rats. Ceux chez lesquels ils avaient induit une tumeur mammaire présentaient davantage de symptômes dépressifs que leurs congénères sains. Chez l'homme, on pensait cette dépression due au choc de l'annonce de la maladie, aux effets secondaires de la chimiothérapie, ou encore à l'influence biologique directe de la tumeur. L'expérience sur les rats a permis aux chercheurs d'attribuer à la tumeur la sécrétion de cytokines retrouvées en grande concentration dans le sang et dans le cerveau des rats malades. Or ces petites molécules produites par le système immunitaire sont connues pour provoquer des symptômes dépressifs. **V.E.**

> Certaines tumeurs, telles que le cancer du col de l'utérus, favorisent la production de molécules à l'origine de dépressions.



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés



SCIENCES COGNITIVES

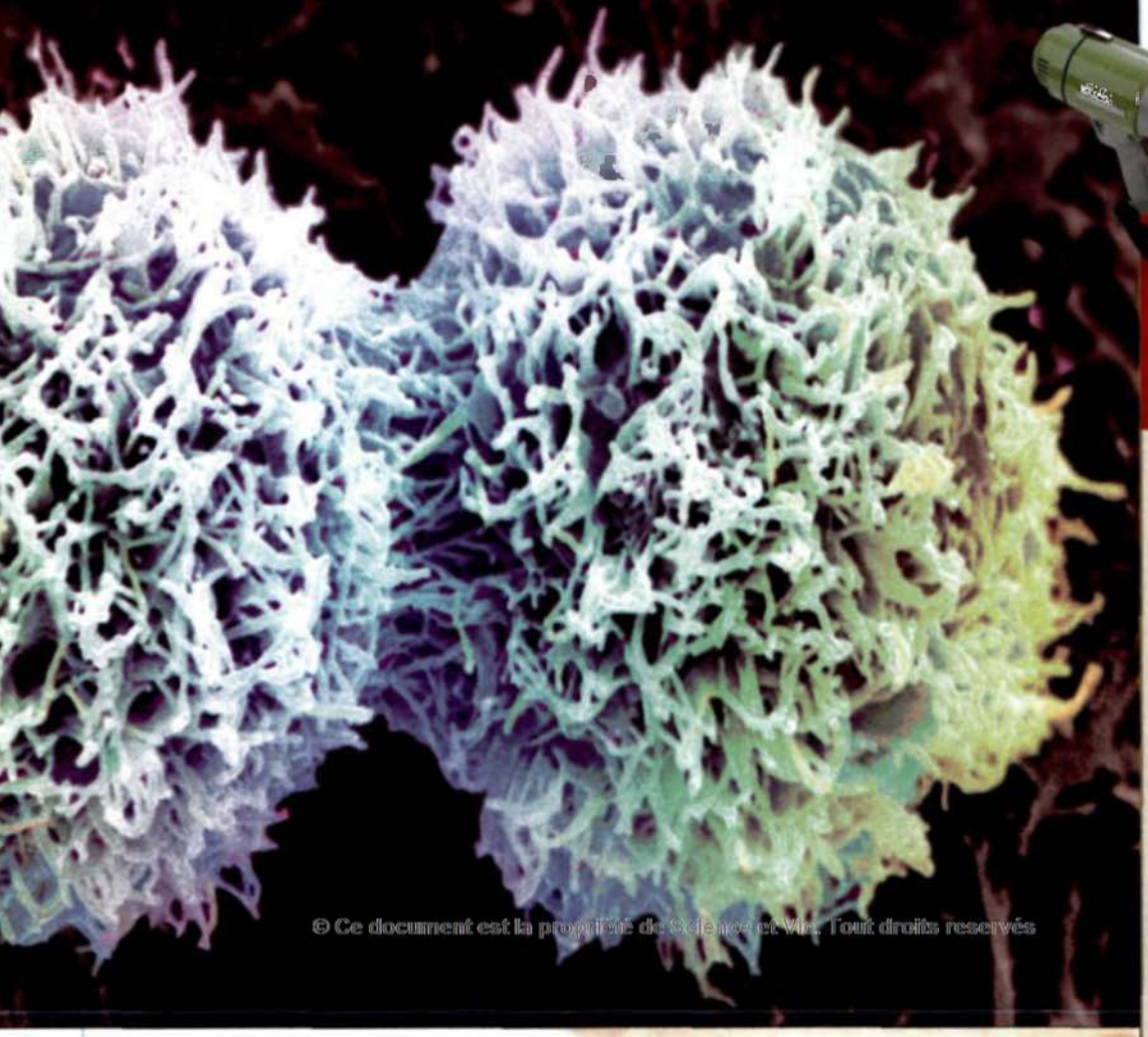
Rêver les yeux ouverts stimule le cerveau

Pour résoudre un casse-tête, mieux vaut laisser son esprit vagabonder. Kalina Christoff, de l'université de British Columbia, au Canada, et ses collègues ont enregistré par IRM l'activité cérébrale de volontaires alors qu'ils pressaient un bouton à l'apparition de nombres à l'écran, une tâche jugée très facile. Surprise : lorsque les sujets commettent des erreurs et rêvassent, le réseau "exécutif" du cerveau, chargé de résoudre des problèmes complexes, s'active parallèlement au réseau recruté "par défaut", déjà connu pour être impliqué dans des activités qui ne demandent pas de concentration. Ces deux réseaux, que l'on croyait fonctionner en opposition, semblent d'autant plus stimulés que l'on n'a pas conscience de rêver les yeux ouverts. Une activité qui représenterait un tiers de notre vie diurne et qui serait consacrée à des questions clés de notre existence. **V.B.**

^ Comme l'indique l'IRM, lorsque nous rêvassons, plusieurs régions du cerveau s'activent, notamment des zones chargées de résoudre des problèmes complexes.

CANCÉROLOGIE

Des tumeurs surveillées à distance. En finir avec les biopsies pour surveiller une tumeur ? C'est le but d'une équipe du MIT, qui vient de montrer qu'un dispositif placé dans la tumeur lors de la première biopsie permet d'en suivre l'évolution par IRM. Ce cylindre de 5 mm est composé de nanoparticules capables de reconnaître un marqueur secrété par la tumeur. Dès qu'une molécule cible arrive, les nanoparticules s'y lient et forment un complexe détectable par IRM. Ce dispositif, testé chez une souris, "*est stable et fonctionne* in vivo. *Nous allons l'améliorer en y intégrant des nanoparticules spécifiques de différents marqueurs mais aussi de molécules thérapeutiques afin de savoir si un médicament parvient au cœur de la tumeur*", explique Michael Cima, responsable du projet. **M.L.**



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

INFECTIOLOGIE

LES CHAUVES-SOURIS TRANSMETTENT EBOLA

La fièvre Ebola qui avait fait 186 morts en 2007 en République démocratique du Congo est due à des chauves-souris frugivores dont la migration fut massive cette année-là, confirment Eric Leroy (IRD/université de la Méditerranée) et ses collègues. Le premier cas connu est celui d'une femme de 55 ans qui avait lavé le corps d'une fillette décédée et contaminée par son père. Ce dernier avait acheté sur le marché des chauves-souris fraîchement tuées. Le virus a pu être transmis au père via leur sang, puis à la fille via la transpiration. La surveillance des routes migratoires des chauves-souris frugivores pourrait permettre de devancer la propagation d'Ebola. ***V.B.***

> Certaines espèces de chiroptères sont porteuses du virus Ebola et seraient la source de contamination de l'homme.

On tenait à vous dire

Alli n'est pas à la hauteur

Efficacité relative, effets secondaires pénibles... Le premier médicament anti-obésité délivré sans ordonnance remporte pourtant un énorme succès (rupture de stock dès sa mise en vente, en mai). Version à demi-dose (60 g au lieu de 120) d'une spécialité sous prescription, le Xenical (Orlistat), Alli diminue l'absorption digestive des graisses. Il aiderait à perdre au mieux 3 kg après six à douze mois de traitement associé à un régime, mais le retour au poids initial est fréquent après l'arrêt du traitement. Le tout au prix d'effets indésirables, soulignés par la revue *Prescrire* : pertes anales graisseuses, diarrhées, incontinences fécales, etc. Diarrhées qui réduisent la biodisponibilité de médicaments tels que la pilule. En Europe, la France faisait partie des 12 pays qui ont voté contre ce lancement en vente libre. Pour gérer le risque, elle met en place une étude auprès de 1 000 pharmaciens pour suivre les consommateurs et vérifier si ses indications sont respectées. Reste à savoir qu'un régime équilibré, une bonne activité physique et un sommeil correct apportent des pertes de poids supérieures, durables et sans risque. **M.J.**

K.CHRISTOFF - S.GSCHMEISSNER/SCIENCE - PHOTO LIBRARY - K.W.FINK/ARDEA.COM

Nocif ou non, le maïs génétiquement modifié ? Pour trancher, il faudrait des expériences et analyses plus rigoureuses.

J.RICHARDSON/CORBIS

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Les études sur la toxicité des OGM restent discutables

Alors que le Haut Conseil des biotechnologies vient de voir le jour et doit se pencher sérieusement sur le dossier des OGM, Marc Lavielle, le seul mathématicien de cette nouvelle instance de 63 membres, remet en question les résultats des différentes études publiées depuis près de vingt ans sur le sujet. Cela touche à la fois le dossier technique du maïs MON810, réalisé par l'agro-industriel Monsanto, et les études qui mettent en avant un effet nocif de ce maïs. Pour Marc Lavielle, les résultats ne permettent pas de conclure définitivement que le maïs OGM est dangereux pour la santé, pas plus qu'il ne présente aucun risque. Le tort de ces études ? "*Des pratiques statistiques et des protocoles expérimentaux peu rigoureux*", affirme le statisticien de l'Institut national de recherche en informatique et automatique (Inria), qui explique cette négligence par l'absence de statisticien dans les commissions d'évaluation des OGM.

ERREURS DE CALCUL

En fait, aucun élément n'a permis de conclure à une absence de risque. Marc Lavielle préconise donc que les scientifiques recourent aux tests d'équivalence déjà utilisés dans l'industrie pharmaceutique pour la mise sur le marché de médicaments génériques. "*La question que posent ces tests d'équivalence est 'Est-ce que je peux affirmer qu'il n'y a pas d'effet biologique inquiétant ?', alors que dans les études sur les OGM la question posée est 'Existe-t-il une différence lorsque les rats sont nourris avec du maïs génétiquement modifié ?'*", explique Marc Lavielle. Il a relevé par ailleurs que de simples erreurs de calcul changeaient du tout au tout certaines conclusions. C'est le cas par exemple d'une étude autrichienne récente qui concluait que les OGM avaient un effet significatif sur la reproduction. Or, avec des calculs statistiquement corrects, les différences constatées ne sont plus éloquentes. Inclure au mieux les statistiques dans les travaux scientifiques est aussi un souci récent de la Commission européenne. Celle-ci a en effet demandé au panel OGM de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) de définir de nouvelles lignes directrices pour la fin de 2009. "*Pour le moment, seuls les risques environnementaux seront pris en compte, mais j'espère qu'une telle démarche sera entreprise pour les risques sur la santé humaine et animale*", conclut Marc Lavielle. **M.Cy.**

Bon à savoir

› ALLAITER DIMINUE LE RISQUE CARDIOVASCULAIRE À LA MÉNOPAUSE. Le suivi de près de 140 000 Américaines ménopausées montre que celles qui ont allaité au cours de leur vie ont un risque de diabète, d'hypertension et de maladie cardiovasculaire réduit par rapport à celles qui n'ont jamais allaité.

› LE *BINGE DRINKING* MENACE LE CERVEAU DES ADOS. Selon des chercheurs de l'université de San Diego, ceux qui s'adonnent à cette pratique (ingérer de grandes quantités d'alcool en peu de temps) présentent des lésions de la substance blanche (contenant les fibres nerveuses) similaires à celles observées chez des adultes alcooliques.

› LES RATS DOMESTIQUES TRANSMETTENT DES MALADIES À L'HOMME, selon des chercheurs de l'université de la Méditerranée. Ces rongeurs peuvent transmettre un virus, le Cow-pox, qui a causé des lésions cutanées à une trentaine d'Européens.

› L'ABUS DE VITAMINES C ET E ANNULE LES EFFETS DU SPORT. Les antioxydants qu'ils contiennent neutralisent les radicaux libres produits lors d'un exercice physique, qui, selon une étude allemande, sont nécessaires pour limiter les dégâts cellulaires et lutter contre l'insulino-résistance.

HORS SÉRIE trimestriel 247 juin 2009

SCIENCE & VIE

A MONDADORI FRANCE

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

Japon
Enquête au pays des robots

Nao
Petit domestique humanoïde

Le siècle des ROBOTS

Comment la réalité rejoint la fiction

Au bureau, à la maison, à l'hôpital... Ils sont partout !

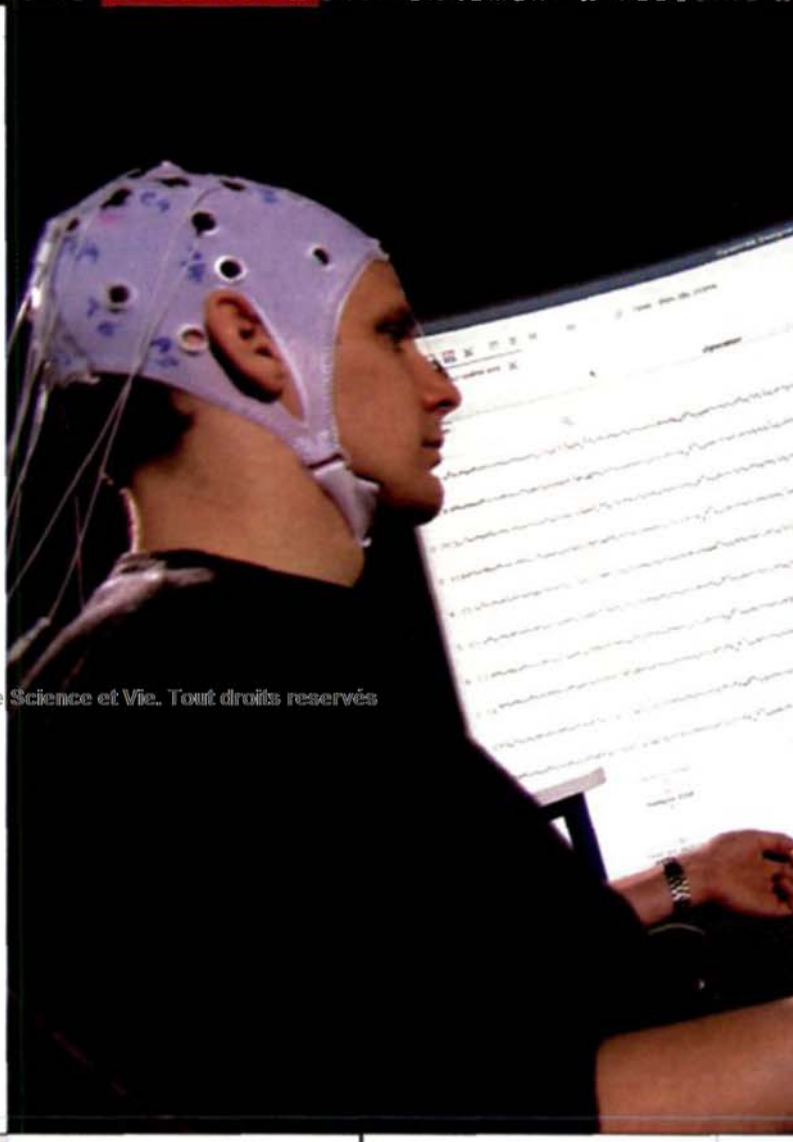
EN VENTE ACTUELLEMENT

SCIENCE & VIE découvertes — Pour les 8-12 ans
SCIENCE & VIE JUNIOR — pour les 13-17 ans
LES CAHIERS SCIENCE & VIE — LES RACINES DU MONDE
SCIENCE & VIE

NEURO-INFORMATIQUE

Un logiciel dope la possibilité d'agir par la pensée

Sur l'écran, un vaisseau spatial décolle à plusieurs reprises. Sur l'ordinateur voisin, ce sont les lettres "R-A-D-I-S" qui s'égrainent. Pourtant, personne n'a tapoté le moindre clavier ni la moindre souris. Les utilisateurs se sont seulement concentrés sur l'écran, un casque d'électrodes sur la tête. En fait, derrière ces deux prouesses se cache Openvibe (http://openvibe.inria.fr), le tout nouveau logiciel lancé par l'Inria et l'Inserm. Son principe: associer un geste à une action. Plus concrètement, imaginons qu'un utilisateur se concentre sur le mouvement effectif ou imaginé de ses pieds. Dès qu'il arrête de se focaliser sur cette pensée, un pic d'activité cérébral va se produire et être détecté par les électrodes puis interprété par Openvibe en une action: un déplacement de vaisseau virtuel, l'affichage de caractères, etc. En fait, des expériences de ce type avaient déjà été réalisées, mais les laboratoires ne parvenaient à exécuter qu'une seule action. Openvibe, lui, se présente comme un logiciel offrant un nombre infini d'applications: ses auteurs le voient comme une plate-forme ouverte à la programmation. Cette avancée devrait donner naissance à de nouvelles applications multimédias (jeux vidéo, réalité virtuelle...), mais aussi à de précieux outils d'aide aux personnes à mobilité réduite. **M.V.**



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

N.CASAL MOORE - INRIA - DR - RWE

MATÉRIAUX

Le béton souple arrive

Un béton qui se déforme et s'autorépare... Le BTP en rêve, le Pr Victor Li l'a fait. Ce chercheur de l'université du Michigan a en effet conçu un matériau capable de s'étirer de 3,5 % de plus que sa longueur initiale sans se briser (contre seulement 0,01 % pour un béton classique). Cette propriété tient aux fibres polymères flexibles qu'il renferme: ainsi armé, il ne se brise pas, mais se craquelle en minuscules fissures de 60 micromètres. Ennuyeux? Pas vraiment. Car les fissures exposent du ciment non hydraté à l'action de l'eau de pluie et au CO_2 atmosphérique. Se forme ainsi du carbonate de calcium qui vient les reboucher. D'après les chercheurs, le matériau ne perdrait rien de sa solidité après plusieurs cycles de réparation. Bien qu'encore au stade de recherche, ce béton a déjà été expérimenté dans la construction d'immeubles et de ponts au Japon et aux Etats-Unis. **E.L.**

< Ce nouveau matériau se déforme et s'étire de 3,5 % de plus que sa longueur initiale.

INTERFACES

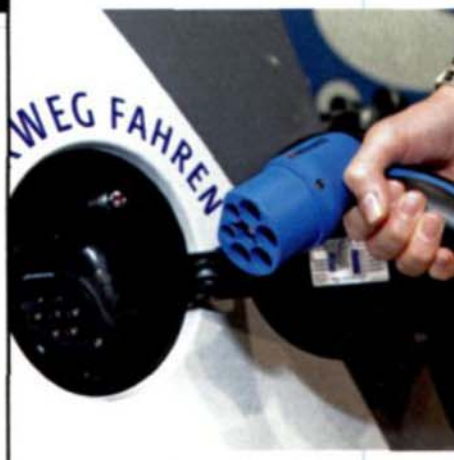
L'écran flexible devient tactile. A peine plus épais qu'une feuille de papier, il se plie sans dommage et réagit à la pointe du stylet. Conçu par les chercheurs du Flexible Display Center de l'université d'Arizona, cet écran allie deux technologies: un matériau polymère pour la flexibilité, et, sous ce film, une couche sensible pour l'affichage noir et blanc, qui réagit au champ magnétique généré par la pointe d'un stylet aimanté et commande le changement de couleur de microcapsules. L'écran permet de naviguer à travers les menus comme avec une souris. L'armée américaine sera la première bénéficiaire de l'invention. **M.F.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits reservés.

< Les pics cérébraux associés à un mouvement sont transformés en actions.

AUTOMOBILE

Une seule prise pour recharger la voiture électrique. Recharger son véhicule électrique ou hybride quel que soit l'endroit où l'on se trouve en Europe, sans se soucier de la prise de courant : c'est désormais possible grâce à la standardisation de la connexion triphasée qui sera installée sur les voitures et dans les bornes de rechargement. Conçu par une association d'industriels européens (dont EDF), le nouveau connecteur universel délivrera une tension de 400 volts et un courant d'intensité élevée (63 ampères, contre 16 ampères pour une prise électrique domestique classique) de façon à réduire le temps de charge à une dizaine de minutes (plus d'électrons transférés par unité de temps) pour les modèles du futur. Et la nouvelle prise ne permettra pas que la recharge :



^ Un connecteur universel équipera désormais les véhicules hybrides européens.

en dehors des heures creuses, l'énergie stockée dans les véhicules connectés aux bornes de rechargement pourra être réinjectée dans les réseaux de distribution électrique. L.F.

MODÉLISATION

CE PISTOLET "SAISIT" LES OBJETS EN 3D

Obtenir en quelques minutes un modèle 3D d'un objet au volume inférieur à 3 m³ : c'est tout l'intérêt du système Optinum conçu par la société française Noomeo. Ce pistolet de 1,3 kg projette un motif lumineux permettant de texturer l'objet et de le numériser. Les points (jusqu'à 300000 par seconde) sont capturés par deux caméras pour reconstituer le maillage 3D, avec une précision de 25 micromètres. L'appareil devrait être commercialisé fin 2009. **E.L.**

< L'Optinum fournit une modélisation d'une haute précision.

> Développé aux Pays-Bas, le Pal-V commencera ses essais à la fin de l'année.

TRANSPORTS

La première moto volante se prépare à décoller

Trois roues, un cockpit monoplace caréné, un moteur de 210 ch, une voilure tournante : voilà le Pal-V, curieux engin volant développé aux Pays-Bas par Pal-V Europe, qui devrait débuter ses essais en vol fin 2009. Pour sa partie terrestre, le Pal-V copie (sous licence) le Carver One de Carver Engineering (une autre société néerlandaise) : un tricycle rapide (185 km/h) et léger (500 kg à vide) dont l'inclinaison en virage est assurée par un système hydraulique breveté. La suite, elle, est originale. Le Pal-V abrite en effet un rotor et une hélice propulsive, déployés en 5 min. A la différence d'un hélicoptère, et selon le principe de l'autogire, le rotor n'est pas motorisé : il tourne grâce au vent relatif dû à l'avancement, fournissant ainsi la portance nécessaire. Simple à piloter, rapide (185 km/h), sûr et endurant (3 heures et demie ou 450 km de vol), l'autogire se pose sur quelques mètres. Mais il lui faut en revanche 180 m pour décoller, ce qui exige un terrain préparé comme pour un ULM (catégorie dans laquelle entrerait le Pal-V). Si les essais sont concluants, la production démarrera en 2012. Le prix n'est pas encore fixé. **P.G.**

© Ce document est la propriété de Sciences et Vie. Tous droits réservés

AÉRONAUTIQUE

UN DIRIGEABLE SOLAIRE ENTEND RÉITÉRER L'EXPLOIT DE BLÉRIOT

Vingt-deux mètres de long, 5,5 m de diamètre, 42 m² de panneaux solaires : voici Néphélios, conçu par une association d'élèves de grandes écoles et d'universités. Avec une autonomie de 40 min, le monoplace volera à 40 km/h grâce à deux hélices ventrales. D'un coût de 160 000 euros, le prototype devrait tenter la traversée de la Manche cet été, 100 ans après Louis Blériot. ***L.F.***

SPARK DESIGN ENGINEERING - DR

^ Grâce à ses 42 m² de panneaux solaires, Néphélios va tenter cet été la traversée de la Manche.

En bref...

> TRANSFORMER TOUS LES PYLÔNES EN ÉOLIENNES : TELLE EST L'AMBITION DU PROJET WIND-IT, IMAGINÉ PAR LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE ELIOTH. Wind-It propose à la fois des kits d'éoliennes verticales de 1 à 100 kW à installer sur les pylônes existants (plus de 500 000 en France) et un nouveau pylône haute tension offrant 100 000 kW.

> INFILTRER DU MÉTAL DANS LES PROTÉINES DU FIL D'ARAIGNÉE : c'est la solution imaginée par des chercheurs allemands de l'Institut Max-Planck pour multiplier par dix la solidité déjà légendaire du matériau.

> UN VERRE DE LUNETTES QUI SE TEINTE SOUS L'ACTION DES UV EN QUELQUES MILLISECONDES SEULEMENT : c'est le tour de force réussi par des chercheurs japonais. Pour parvenir à une telle vitesse, ils ont modifié la composition du verre en y ajoutant deux hydrocarbures.

> UN ROBOT CAPABLE DE SAUTER DES OBSTACLES DE 7 M DE HAUT GRÂCE À UN PISTON À GAZ : c'est l'Urban Hopper (le sauteur urbain), un petit engin de reconnaissance à quatre roues développé par les Sandia National Labs. L'engin sera livré à l'armée américaine à la fin de 2010.

Offre spéciale vacances

ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE

1 AN
18 NUMÉROS

12 MENSUELS + 4 HORS-SÉRIES + 2 ÉDITIONS SPÉCIALES

Livrée dans un coffret, composé d'une pile alcaline et d'une dragonne de transport

Photo non contractuelle

LA LAMPE MAG-LITE

(Prix public 18 €)

Cette lampe MAG-LITE est idéale pour toutes vos activités sportives ou de loisirs mais également très pratique dans la vie de tous les jours (maison, voiture...).

© Ce document est la propriété de Science & Vie. Tout droits reservés

SEULEMENT 59 €

Au lieu de ~~99,80 €~~*

UNE RÉDUCTION EXCEPTIONNELLE DE PLUS DE 40% !

BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à : SCIENCE & VIE – SERVICE ABONNEMENTS – 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA – 75503 PARIS CEDEX 15

C 1102 A

☐ **Oui, Je profite de votre offre exceptionnelle :**
Je m'abonne à Science & Vie pour 1 an (12 n° + 4 HS + 2 ES) + la lampe MAG-LITE pour 59 € seulement au lieu de ~~99,80 €~~* soit 40 % de réduction

☐ Je préfère seulement m'abonner à Science & Vie pour 1 an (12 n° + 4 HS + 2 ES) pour 58 € au lieu de ~~81,80 €~~* soit 29 % de réduction

☐ Je commande uniquement la lampe MAG-LITE au prix de 18 €* et je joins à mon courrier le règlement total de ma commande.

Je règle par :

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

N° _____

Expire à fin _____

Code Crypto _____ Les 3 chiffres au dos de votre CB

Date et signature obligatoires

Voici mes coordonnées :

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

_____

Code Postal : _____

Ville : _____

Tél : _____

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

E-mail : _____

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

ABONNEZ-VOUS EN LIGNE SUR LE SITE
www.kiosquemag.com
C'EST RAPIDE, PRATIQUE, FACILE ET SÉCURISÉ

* Prix de vente au numéro en kiosque et prix public. Offre valable jusqu'au 31/08/2009 et en France métropolitaine uniquement. Je peux acquérir séparément chaque numéro de Science & Vie au prix de 4,20 €, chaque hors-série au prix de 4,90 € et chaque édition spéciale au prix de 5,90 €. Je peux également acquérir séparément la lampe MAG-LITE prix unitaire de 18 €. Après enregistrement de votre demande, vous recevrez sous 3 semaines votre premier numéro. Vous disposez du droit de rétractation de 7 jours ouvrés pour la lampe MAG-LITE. Ce droit ne s'applique pas pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi «Informatique et Liberté» n°78-17 du 06/01/1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression de ces données par simple courrier. Sauf refus de votre part, ces informations peuvent être utilisées par des partenaires. Science & Vie - Service Abonnements - 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15 - Excelsior Publications SA RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360€.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Les nouveaux monstres du

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

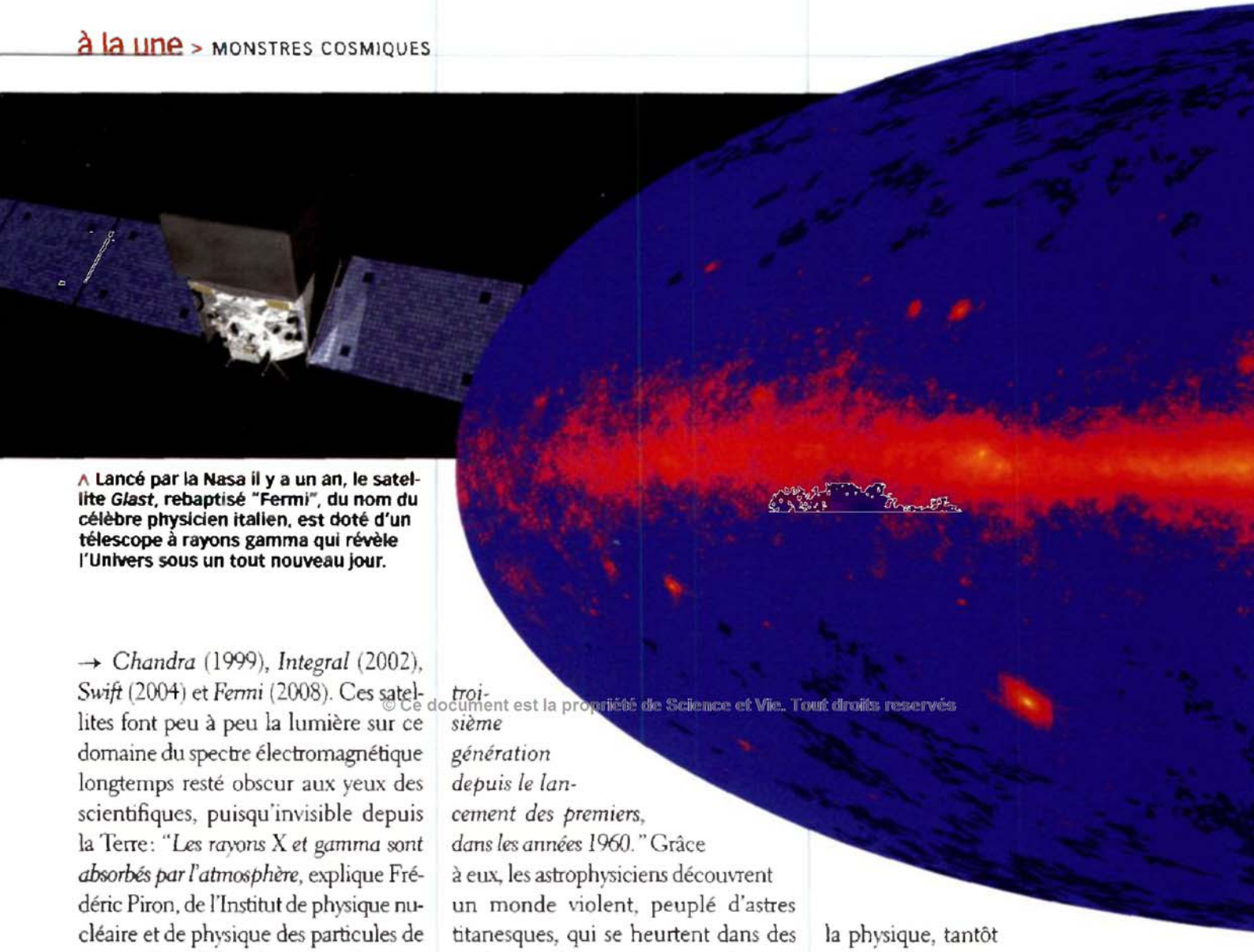
Ogres stellaires, étoiles vampires… l'Univers est la proie de phénomènes extrêmes que dévoilent aujourd'hui les tout récents télescopes gamma. A la clé ? La naissance d'une nouvelle astronomie. La preuve en images.

cosmos

Par Benoît Rey

Imaginez que vous vous réveilliez un matin dans une pièce totalement obscure. Vous scrutez le lieu à tâtons, mais ne parvenez pas à comprendre les formes bizarres qui vous entourent. Lorsqu'enfin votre main tombe sur un interrupteur. Vous allumez : la salle, gigantesque, est emplie de monstres plus étranges et terribles les uns que les autres ! Ils étaient là, tout autour de vous depuis le début, mais vous en soupçonniez à peine l'existence ! Voilà ce que ressentent les astrophysiciens depuis une dizaine d'années, depuis qu'ils peuvent observer dans tous ses détails l'univers des rayons X et gamma (voir "Jargon"). A la clé : l'observation des phénomènes cosmiques qui mettent en jeu les plus hautes énergies qui soient ! Et cela, grâce à des "interrupteurs" spatiaux, à savoir les télescopes américains et européens lancés depuis la fin des années 1990, tels →

P. CARRIL



^ Lancé par la Nasa il y a un an, le satellite *Glast*, rebaptisé "Fermi", du nom du célèbre physicien italien, est doté d'un télescope à rayons gamma qui révèle l'Univers sous un tout nouveau jour.

→ *Chandra* (1999), *Integral* (2002), *Swift* (2004) et *Fermi* (2008). Ces satellites font peu à peu la lumière sur ce domaine du spectre électromagnétique longtemps resté obscur aux yeux des scientifiques, puisqu'invisible depuis la Terre: *"Les rayons X et gamma sont absorbés par l'atmosphère*, explique Frédéric Piron, de l'Institut de physique nucléaire et de physique des particules de Montpellier. *Il faut donc aller à leur rencontre et les cueillir dans l'espace, grâce à des satellites spécialement équipés. Mais, comme leur fabrication prend de dix à quinze ans, nous n'en sommes qu'à la troisième génération depuis le lancement des premiers, dans les années 1960."* Grâce à eux, les astrophysiciens découvrent un monde violent, peuplé d'astres titanesques, qui se heurtent dans des explosions fracassantes, quand ce ne sont pas de sournois nains stellaires qui dévorent leurs compagnons…

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

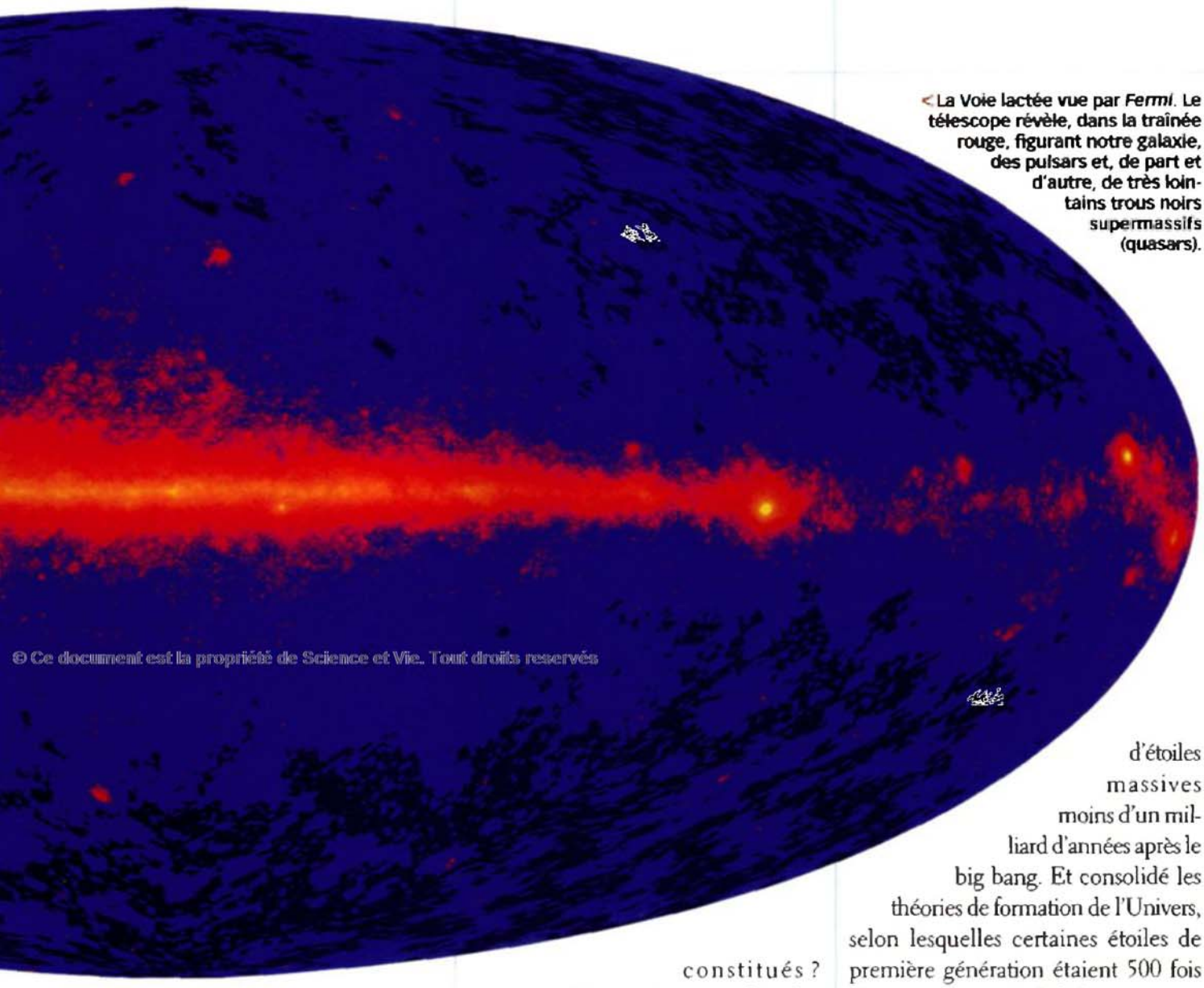
Tout commence par une mort violente. Une étoile en fin de vie s'effondre sur elle-même et, selon sa masse, connaîtra trois destins différents. Si elle est équivalente à celle du Soleil, comme la majorité des étoiles de notre galaxie, elle se transformera en une naine blanche. Si elle est 8 fois plus massive, elle s'effondrera en étoile à neutrons, un état très dense de la matière. Enfin, si c'est une géante (plus de 30 masses solaires), elle finira en trou noir, stade ultime de l'effondrement d'un objet sur lui-même. De ces trois sortes de cadavres, et de leurs interactions avec d'autres étoiles encore en vie (les compagnes des astres décédés, la plupart des étoiles vivant en couple), va naître une ménagerie cosmique aux limites de la physique, tantôt étrange, tantôt dangereusement explosive. Un bestiaire de monstres que les physiciens doivent reconstituer à partir des rayonnements X et gamma détectés par leurs instruments.

UN LABORATOIRE À CIEL OUVERT

Et toute la difficulté réside dans ces interprétations, qui poussent souvent les théoriciens à faire preuve d'imagination. Ainsi, à la fin des années 1990, l'observation des "sursauts gamma", ces flashs intenses de lumière gamma, a montré que si les plus longs d'entre eux étaient issus d'explosions d'étoiles particulièrement violentes, des hypernovae, les plus courts ne pouvaient pas s'expliquer ainsi. Les scientifiques ont dû se creuser la tête: ce seraient deux étoiles à neutrons qui, en fusionnant, produiraient un jet de matière lancé à une vitesse proche de celle de la lumière (voir p. 55)! Un

> JARGON

Rayons X et gamma: il s'agit de la partie la plus énergétique du spectre électromagnétique, dont la longueur d'onde est la plus courte. Nos yeux ne les détectent pas: le spectre de la lumière visible s'étend de 400 à 800 nanomètres (de 4×10^{-7} à 8×10^{-7} m) tandis que les rayons X vont de 10^{-8} à 10^{-11} m et les gamma ont une longueur d'onde inférieure à 10^{-11} m.



< La Voie lactée vue par *Fermi*. Le télescope révèle, dans la traînée rouge, figurant notre galaxie, des pulsars et, de part et d'autre, de très lointains trous noirs supermassifs (quasars).

NASA - NASA/DOE/INTERNATIONAL LAT TEAM

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

scénario qui n'est d'ailleurs toujours pas confirmé. A l'inverse, parfois, les astrophysiciens partent d'un scénario banal et imaginent des situations extrêmes. Et si une étoile, en vieillissant, gonflait au point d'engloutir sa compagne à neutrons (voir p. 56)? Selon Kip Thorne et Anna Zytkow, deux théoriciens, la proie pourrait continuer à orbiter à l'intérieur de sa compagne! De tels objets n'ont pas encore été observés, mais cela n'empêche pas les astrophysiciens de les chercher.

Quelquefois, c'est la physique elle-même qu'ils poussent dans ses derniers retranchements. Prenons une étoile à neutrons par exemple, si dense qu'en prélever une cuillère à café pèserait 1 milliard de tonnes! Que se passerait-il si un tel astre s'effondrait et si les neutrons libéraient les quarks dont ils sont constitués ?

Une matière nouvelle, plus dense, apparaîtrait pour envahir peu à peu l'étoile entière : la matière étrange (voir p. 57). Son existence n'a encore jamais été prouvée, mais de telles étoiles se cachent peut-être au sein même de notre galaxie ou ont pu peupler l'Univers primordial…

De la mort d'une étoile peut naître une ménagerie cosmique explosive

Il faut dire que l'astronomie des rayons X et gamma se prête plutôt bien à l'étude de l'Univers dans sa prime jeunesse, lorsqu'il était encore très dense et très chaud. Ainsi l'explosion en sursaut gamma d'une hypernova, en avril, a battu le record de l'objet le plus lointain jamais observé : 13 milliards d'années-lumière (voir p. 60)! Outre son caractère sensationnel, elle a confirmé l'existence d'étoiles massives moins d'un milliard d'années après le big bang. Et consolidé les théories de formation de l'Univers, selon lesquelles certaines étoiles de première génération étaient 500 fois plus massives que le Soleil.

Enfin, au-delà de l'Univers, c'est la physique entière que ces nouveaux objets de l'extrême permettent d'étudier. Les températures, les forces de gravité, ou même les vitesses en jeu y prennent des valeurs qu'on n'obtiendra jamais sur Terre. "*Alors que le Large Hadron Collider* [le plus grand accélérateur actuel de particules, installé près de Genève] *s'échine à accélérer quelques particules, le moindre sursaut gamma en expédie des milliards à plus de 99,99 % de la vitesse de la lumière*, explique Frédérick Daigne, de l'Institut d'astrophysique de Paris (IAP). *Ces objets sont des accélérateurs cosmiques incroyables.*" On peut donc, en étudiant les particules qui nous →

LA TERRE EST-ELLE À L'ABRI ?

Une seconde a suffi. Le 27 décembre 2004, un raz de marée énergétique a inondé le système solaire de photons X et gamma. Des satellites en orbite autour de la Terre ont été saturés et des communications radio interrompues. Le coupable ? Un magnétar (étoile géante au champ magnétique exceptionnel) situé à 50000 années-lumière entré en éruption. La Terre pourrait-elle un jour subir une vague plus puissante, qui aurait un impact sur la vie ? Ce n'est pas exclu. Certains chercheurs, comme Jacques Paul, du CEA, n'écartent pas le fait qu'un sursaut gamma puisse avoir causé des extinctions d'espèces par le passé : *"Un sursaut à 7500 années-lumière de la Terre, bien orienté, nous enverrait une énergie équivalente à 30 millions de bombes Hiroshima en quelques secondes !"* Autre possibilité : l'explosion d'une supernova à une centaine d'années-lumière de nous pourrait comprimer l'héliosphère (qui sert de bulle protectrice au système solaire), et faire que les rayons cosmiques les plus énergétiques nous atteignent en plus grand nombre, engendrant des mutations génétiques. Enfin, troisième hypothèse, avancée par des chercheurs de l'université du Kansas : le rayonnement d'un sursaut gamma moyen, de 10 secondes, pourrait réagir avec les molécules de l'atmosphère et détruire la moitié de la couche d'ozone en quelques semaines. *"Toutefois,* tempère Nicolas Prantzos, de l'Institut d'astrophysique de Paris, *même si certaines étoiles massives proches de nous explosaient en* supernovae, *il faudrait qu'elles forment un sursaut gamma, ce qui survient dans un cas sur 10000, et que le jet soit braqué droit sur nous !"* Le risque reste donc minime.

Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

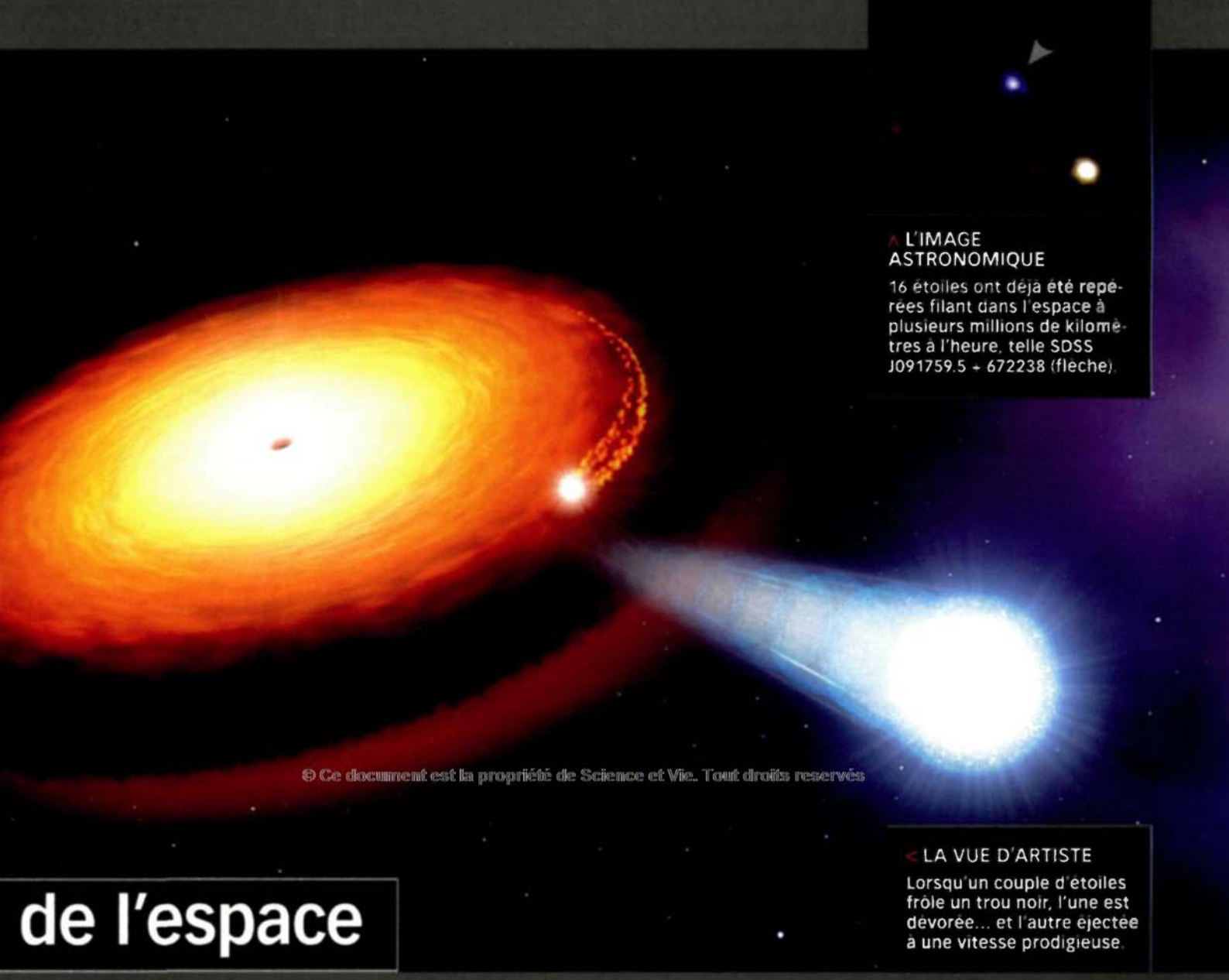
→ parviennent sous forme de rayons cosmiques, en apprendre beaucoup sur la matière et ses origines. *Idem* pour le magnétisme : alors que sur Terre, les superaimants les plus performants atteignent péniblement la trentaine de teslas, les magnétars, qui dégagent un champ magnétique exceptionnel, franchissent aisément la barre du milliard de teslas ! Elles sont donc le seul moyen d'observer le comportement de la matière dans des conditions aussi extrêmes.

Au final, ces monstres représentent un véritable laboratoire à ciel ouvert, l'ultime terrain où les physiciens peuvent tester leurs théories, voire en établir de nouvelles : l'accélération de l'expansion de l'Univers a ainsi été découverte en 1998 par le biais d'explosions cosmiques, les supernovae de type 1A ! Reste une question centrale : ces monstres sont-ils très répandus ou bien rarissimes ? La prospection n'en est qu'à ses balbutiements. Mais les télescopes tournent à plein régime et la relève se prépare. Ainsi *SVOM* (Space based multi-band Variable Object Monitor), un satellite franco-chinois, au lancement prévu pour 2013, nous emmènera encore plus loin dans l'espace et le temps, en détectant des sursauts gamma issus de l'explosion des premières générations d'étoiles de l'histoire de l'Univers… ▮

P.CARRIL - SDSS COLLABORATION

Les bolides

Morne existence que celle des étoiles, dont la plupart orbitent lentement autour du centre de leur galaxie. Aussi, quelle n'a pas été la surprise de l'astronome américain Warren Brown lorsqu'il a détecté, en 2005, une étoile fonçant à travers le halo de la Voie lactée à près de… 2,6 millions de km/h. Une vitesse plus de trois fois supérieure à la moyenne ! Et ce n'est pas la seule : on connaît aujourd'hui pas moins de 16 de ces *"hyper velocity stars"* (HVS), ou "étoiles hyper véloces", bolides dont la vitesse atteint des millions de kilomètres par heure. Elles semblent fuir le centre de notre galaxie,



L'IMAGE ASTRONOMIQUE
16 étoiles ont déjà été repérées filant dans l'espace à plusieurs millions de kilomètres à l'heure, telle SDSS J091759.5 + 672238 (flèche).

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

LA VUE D'ARTISTE
Lorsqu'un couple d'étoiles frôle un trou noir, l'une est dévorée... et l'autre éjectée à une vitesse prodigieuse.

de l'espace

comme si elles avaient vu la mort en personne... Ce qui n'est pas loin d'être le cas.

Une vitesse prodigieuse

Dès les années 1980 en effet, le théoricien américain Jack Hills avait prévu que si une étoile passait un peu trop près d'un trou noir supermassif, un ogre avaleur de matière, elle n'aurait aucune chance de s'échapper à moins de faire partie d'un système binaire... et de sacrifier son étoile compagnon. En effet, lorsque le couple frôle le trou noir, leur lien gravitationnel peut être déchiré. L'une sombre dans l'abîme, tandis que l'autre, libérée, est propulsée comme par une fronde. Sa vitesse est alors si prodigieuse qu'elle échappe à l'attraction gravitationnelle de sa galaxie ! *"C'est le scénario qui prévaut aujourd'hui pour la plupart des HVS*, confirme Warren Brown. *Mais des questions demeurent."* Car, toujours en 2005, une autre HVS, bien étrange, a été observée dans notre galaxie. Par sa composition chimique, elle ressemble aux étoiles du Grand Nuage de Magellan, une galaxie voisine de la nôtre... mais sans trou noir supermassif ! On pense donc que des amas d'étoiles pourraient aussi servir de catapulte. Même question pour la dernière HVS détectée : elle vient du pourtour de la Voie lactée, région qui n'abrite aucun trou noir supermassif. Toutefois, d'après sa composition chimique, on pense que cette étoile a dû être très proche d'une supernova, une étoile massive qui, arrivée en fin de vie, a explosé. L'onde de choc a-t-elle pu être assez violente pour l'éjecter à plus de 2 millions de km/h ? Quoi qu'il en soit, ces deux cas particuliers pourraient être le signe que les scénarios de formation des HVS sont multiples. Même si, tempère Warren Brown, *"pour tirer des conclusions statistiques sérieuses, il faudra attendre d'en observer au moins une centaine"*. La traque ne fait que commencer...

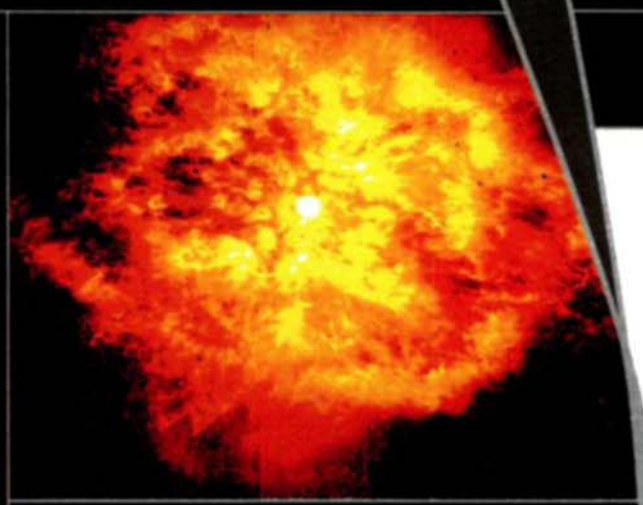
2,6 millions de km/h

C'est la vitesse maximale détectée pour une étoile de notre galaxie. Une vitesse qui permettrait d'effectuer un trajet Paris-New York en 8 secondes ! L'attraction de la Galaxie n'étant plus suffisante pour la retenir, l'étoile s'enfuit pour ne jamais revenir...

Les ogres stellaires

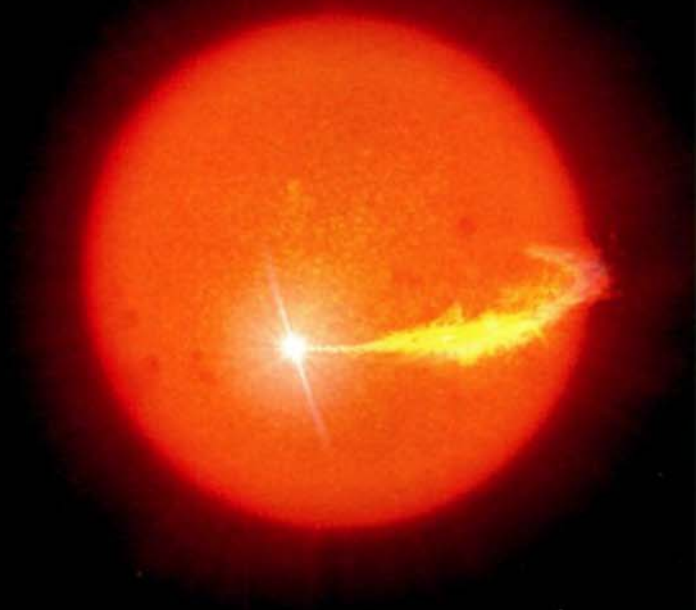
La vieillesse pourrait rendre vorace : certaines étoiles âgées engloutiraient leur compagne, qui continuerait à orbiter… dans leurs entrailles ! Cette histoire se noue autour d'un couple d'étoiles en fin de vie, dont l'une se transforme en étoile à neutrons. Et qui voit l'enveloppe de sa compagne, enflant sous le coup de la vieillesse, se rapprocher dangereusement. Jusqu'à se faire happer. L'étoile à neutrons, très dense, continue à orbiter autour du cœur de l'ogre, dont elle se rapproche imperceptiblement. Mais la route est longue, si longue qu'elle n'en atteindra pas la fin : sa compagne mourra avant. Effrayant sort pour ces "objets de Thorne-Zytkow", du nom des deux théoriciens qui les ont prédits, mais qui n'ont pas encore été détectés avec certitude. Car, en pratique, il est ardu de distinguer les ogres des géantes rouges ordinaires, à l'aspect similaire. *"Nous tenons toutefois peut-être une piste,* avance Cédric Foellmi, de l'observatoire de Grenoble. *Il s'agit des Wolf-Rayet de type WN8",* des étoiles géantes en fin de vie qui se sont éloignées de leur amas d'origine, comme écartées par une explosion proche. Peut-être celle de leur victime ? Ce n'est pas tout : la vingtaine de spécimens connus aujourd'hui sont tous étrangement solitaires, et pourtant, leur spectre lumineux présente des instabilités, comme si… un objet les troublait. S'agit-il de l'étoile qu'elles ont avalée ? *"Il nous faudrait connaître davantage de WN8,* conclut Cédric Foellmi. *Une fois que nous en aurons étudié une bonne centaine, les choses se débloqueront peut-être…"*

Cette document est la propriété de Sciences et Vie. Tout droits reservés



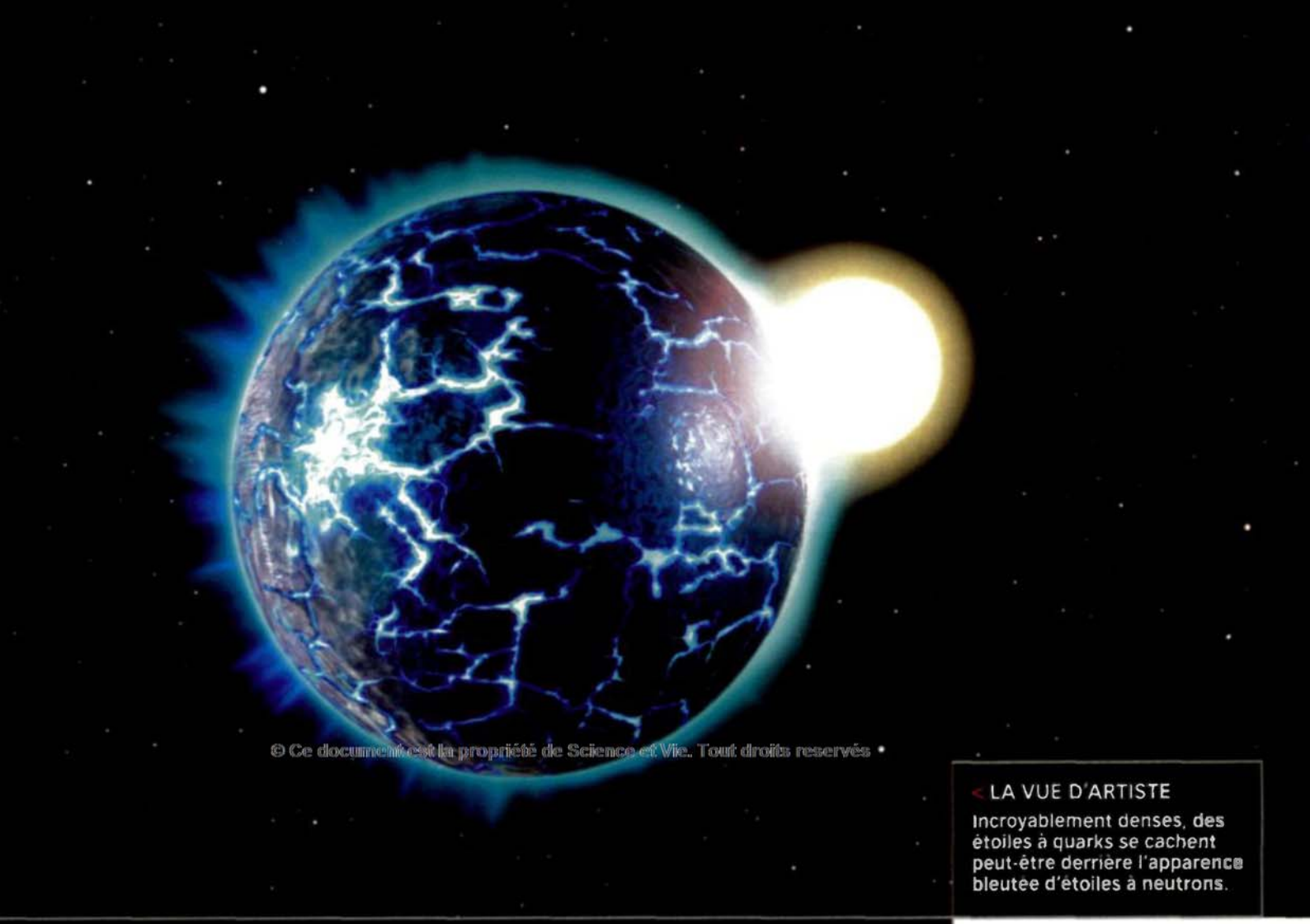
A L'IMAGE ASTRONOMIQUE

Errantes, instables… la particularité des étoiles de Wolf-Rayet de type WN8 pourrait s'expliquer par la présence d'une étoile à neutrons orbitant au sein de leur enveloppe.



< LA VUE D'ARTISTE

Lorsqu'une étoile vieillit, elle gonfle jusqu'à parfois avaler sa compagne. Laquelle se met alors à orbiter dans le ventre de sa dévoreuse, jusqu'à ce que celle-ci agonise à son tour.

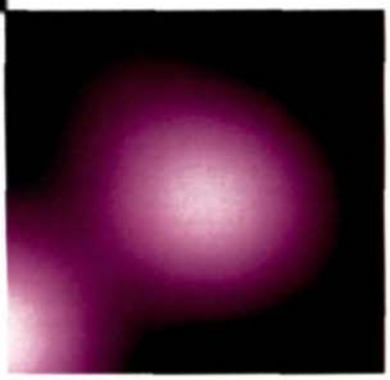


© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

< LA VUE D'ARTISTE
Incroyablement denses, des étoiles à quarks se cachent peut-être derrière l'apparence bleutée d'étoiles à neutrons.

Les étoiles étranges

Une masse supérieure à celle du Soleil, mais une densité telle qu'elle tiendrait dans Paris! L'étoile à quarks tire son nom des particules qui la composent: les quarks, plus petits constituants de la matière, et plus précisément ceux dits "étranges". Ou, pour être exact, qui la "composeraient", car l'étoile à quarks n'a encore jamais été observée! Ce qui n'empêche pas les scientifiques de la chercher parmi les étoiles à neutrons, dont elle aurait l'aspect, bien que plus petite. Elle aussi serait le produit de l'effondrement sur elle-même d'une étoile massive en fin de vie. Au cours du processus, les électrons de ses atomes fusionneraient avec les protons, formant une soupe de neutrons (constitués de trois quarks). Si la compression se faisait plus intense, les neutrons pourraient fusionner à leur tour, libérant leurs quarks, qui détruiraient, de proche en proche, les neutrons voisins. Il suffirait de 1 seconde à 10 minutes pour que l'astre se transforme en une étoile étrange! Et ce n'est pas tout: l'explosion induite expulserait des groupes de quarks qui pourraient contaminer les étoiles à neutrons alentour. Certains modèles supposent que, vu l'âge de l'Univers (13,7 milliards d'années), toutes les étoiles à neutrons auraient pu être transformées de la sorte. Ainsi, les 2000 étoiles à neutrons répertoriées à ce jour seraient en réalité toutes étranges! *"Je pense que la nature peut se permettre les deux,* nuance Rachid Ouyed, de l'université de Calgary (Canada). *C'est juste notre incapacité à résoudre certaines équations qui font que certains chercheurs extrapolent un peu trop."* Seules des mesures précises de la masse des étoiles à neutrons connues pourront confirmer l'existence de la matière étrange.



NASA/Y.GROSDIDIER/A.MOFFAT/G.JONCAS/A.ACKER
NASA/CXC/UC BERKELEY/N.SMITH ET AL. - P.CARRIL

∧ L'IMAGE ASTRONOMIQUE
La supernova SN 2006gy laissera peut-être la place à une étoile à quarks.

2 milliards de tonnes par cm³

C'est la densité théorique d'une étoile à quarks, deux millions de milliards de fois celle de l'eau! Seul un trou noir pourrait être plus dense: en théorie, son centre contiendrait une singularité gravitationnelle de densité... infinie.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Les super trous noirs cannibales

Les trous noirs supermassifs sont les champions incontestés dans la catégorie poids lourds du cosmos. De plusieurs millions, voire milliards de fois la masse du Soleil, ils peuvent mesurer la taille de notre système solaire et trônent au centre de leur galaxie. Et tout ce qui s'approche d'un peu trop près, que ce soit une étoile ou un nuage de gaz, est déchiré avant d'être englouti, dans une tourmente dégageant 1000 fois plus de lumière que la galaxie elle-même. Imaginez l'ampleur du désastre si deux de ces monstres se croisaient...

Et justement: une telle rencontre, les astrophysiciens américains Todd Boroson et Tod Lauer, du National Optical Astronomy Observatory, en Arizona, viennent de l'observer. En mars, ils ont repéré une galaxie lointaine au centre de laquelle deux de ces colosses tournent l'un autour de l'autre, en se rapprochant imperceptiblement à chaque tour, et qui finiront, dans plusieurs milliards d'années, par s'entre-dévorer. Pour réaliser cette découverte, les chercheurs se sont aperçus que, parmi les quelque 17500 spectres lumineux de quasars (des noyaux de galaxies particulièrement brillants) qu'ils étudiaient, celui de SDSS J153636.22+044127.0 ressemblait à la superposition de deux spectres bien distincts.

Ondes gravitationnelles

Il correspondrait à un couple de trous noirs de respectivement 20 millions et un milliard de masses solaires, qui graviteraient à moins d'un tiers d'année-lumière l'un de l'autre! Ce couple vient s'ajouter aux dix candidats les plus crédibles du même genre, dont l'un des plus remarquables reste OJ 287, dans la constellation du Cancer. Ici, un "petit" trou noir de 100 millions de masses solaires graviterait autour d'un géant de 17 ou 18 milliards de masses solaires. Soit l'objet le plus massif de l'Univers! Selon le même scénario, ils finiront par fusionner, à cette différence que l'événement pourrait ici avoir lieu dans seulement... 10000 ans! Mais comment deux trous noirs peuvent-ils se retrouver face à face dans une même galaxie? *"Ils seraient en réalité issus de deux galaxies différentes qui auraient fusionné"*, explique Tod Lauer. Depuis, ils se rapprochent et

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

finiront par se rencontrer pour ne devenir qu'un, plus monstrueux encore. Et alors, mieux vaudra ne pas se trouver dans les parages. Car la coalescence de deux trous noirs supermassifs ne crée pas une explosion. C'est sous forme d'ondes gravitationnelles que l'énergie de la rencontre est libérée. *"Ce sont des ondes,* explique Martin Gaskell, de l'université du Texas, *qui au lieu de se propager simplement dans l'espace-temps, le déforment."* Bilan: durant quelques secondes, le système dégage plus d'énergie que toutes les étoiles de l'univers visible! Une telle énergie peut même éjecter le trou noir résultant de la fusion à plus de 4000 km/s hors de sa propre galaxie. Et si, par malheur, un témoin se trouvait sur une planète à proximité, la réalité des effets ressentis dépasserait la fiction, selon Eric Gourgoulhon, de l'Observatoire de Paris: *"Les dimensions de l'espace-temps seraient contractées ou dilatées, le témoin verrait sa masse osciller à la fréquence des ondes gravitationnelles, de quelques cycles par heure, et même peut-être son voisin vivre plus vite et vieillir en accéléré..."*

RADIO: NRAO/VLA/NRL -P.CARRIL
X-RAY: NASA/CXC/AIFA/D.HUDSON & T.REIPRICH ET AL.

∧ LA VUE D'ARTISTE

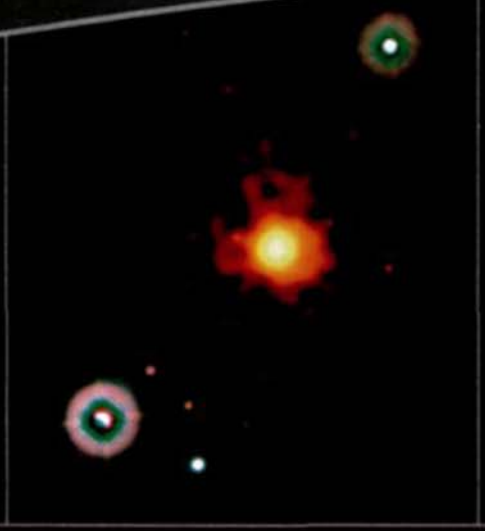
Au terme d'une fusion dévorante, deux trous noirs supermassifs dégagent en ondes gravitationnelles plus d'énergie que toutes les étoiles du cosmos.

> L'IMAGE ASTRONOMIQUE

Les deux trous noirs du système Abell 400 tournent l'un autour de l'autre: ils finiront par fusionner.

18 milliards de masses solaires

C'est la masse d'un des deux trous noirs du système OJ 287. Il est probablement l'objet le plus massif jamais découvert: 5000 fois Sagittarius A*, le trou noir central de la Voie lactée, qui lui-même "pèse" environ 3,7 millions de fois la masse du Soleil.



< L'IMAGE ASTRONOMIQUE
La violente explosion de GRB 090423, détectée en avril, était visible depuis la Terre : le faisceau de rayons gamma se trouvait exactement dans l'axe de notre planète.

> LA VUE D'ARTISTE
Quand une étoile explose en sursaut gamma, sa matière est éjectée dans deux formidables jets opposés, à une vitesse qui frôle celle de la lumière.

Les étoiles hyper explosives

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

23 avril 2009, 9h55. Le télescope spatial *Swift* de la Nasa repère dans la constellation du Lion un sursaut gamma. Ce flash de lumière gamma, la plus énergétique qui soit, a pu parcourir des distances inimaginables avant de nous parvenir. Il n'a duré que quelques secondes. Dernier soubresaut avant la mort d'une étoile massive, qui s'effondre en un trou noir. En moyenne, les télescopes enregistrent un de ces flashs chaque jour. Mais celui-ci semble particulièrement puissant… Une armada de télescopes terrestres prend alors la relève et mesure que l'explosion a eu lieu à… 13,035 milliards d'années-lumière d'ici. Or, si nous l'observons aujourd'hui, c'est qu'elle a eu lieu il y a plus de 13 milliards d'années ! Dès lors, elle est officiellement enregistrée comme le plus vieil événement détecté dans l'Univers, survenu seulement 630 millions d'années après le big bang ! Le flash aura duré dix secondes. Dix petites secondes pendant lesquelles le cœur de fer d'une étoile hypermassive s'est effondré sur lui-même en un trou noir, beaucoup plus petit.

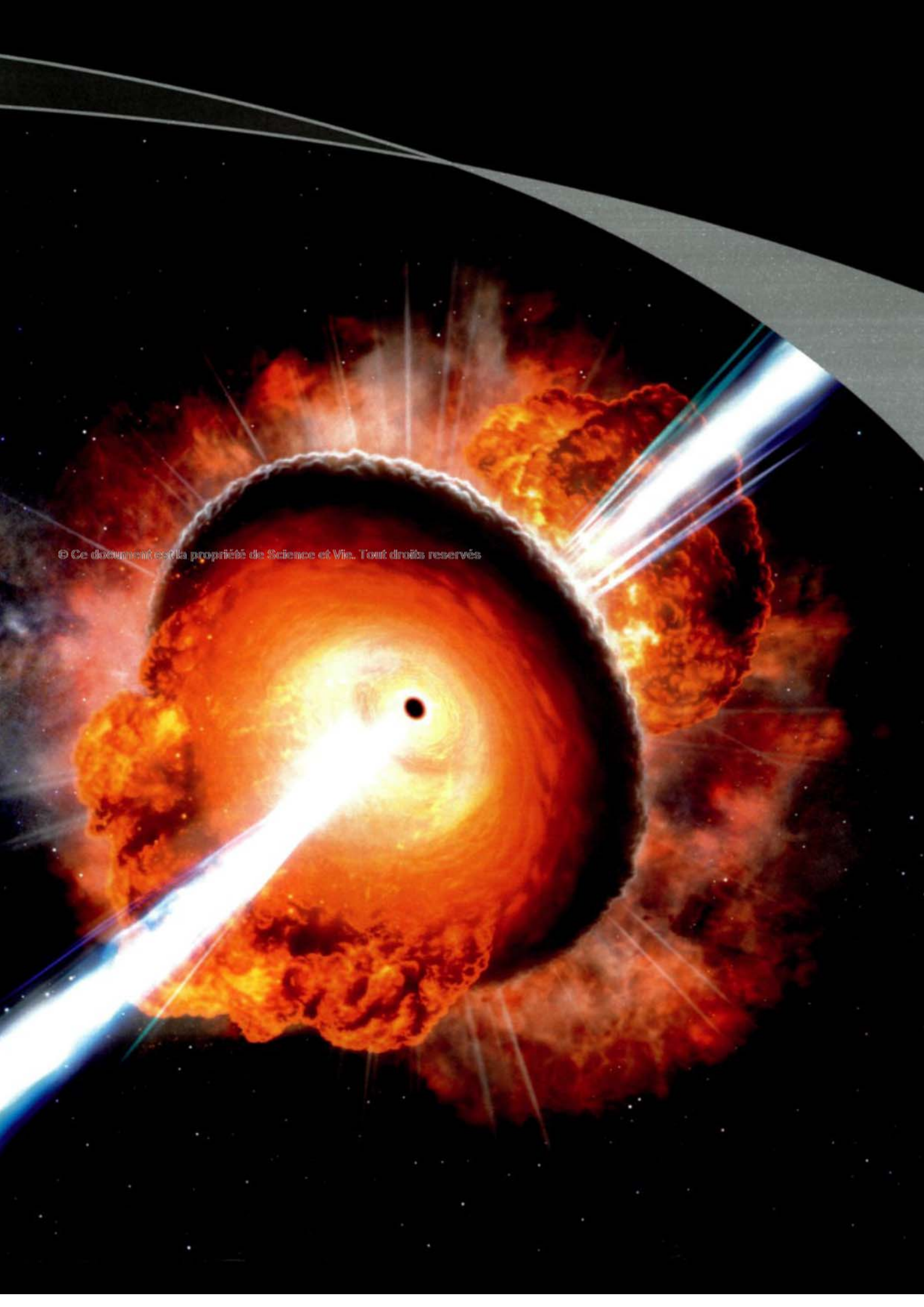
NASA/SWIFT/STEFAN IMMLER - P.CARRIL

Jets d'électrons intenses

Les couches internes de l'étoile ont suivi le mouvement et, en arrivant sur le trou noir tout juste créé, ont provoqué une brutale onde de choc qui a rebondi vers l'extérieur de l'astre. L'enveloppe de l'étoile a alors été soufflée dans une gigantesque explosion. Jusqu'ici, ce scénario reste celui d'une supernova classique, indétectable pour nous à de telles distances. *"Seulement, dans 1 % des cas, et sans que l'on sache vraiment pourquoi, la matière est expulsée de manière très spéciale"*, explique Robert Mochkovitch, de l'Institut d'astrophysique de Paris. Deux jets fins d'électrons (principalement) naissent de part et d'autre de l'étoile, et la matière est expulsée à plus de 99,99 % de la vitesse de la lumière ! *"C'est de loin le plus puissant phénomène de l'Univers, qui équivaut à 9000 fois la puissance d'une supernova habituelle !"*, confirme Frédéric Piron, astrophysicien à l'Institut de physique nucléaire et de physique des particules à Montpellier. Et c'est justement grâce à ces jets ultrapuissants que l'on a connaissance du cataclysme. Car il arrive que nous soyons… dans leur ligne de mire ! Une configuration rare mais qui survient pourtant tous les jours, compte tenu du nombre colossal d'étoiles dans l'Univers. Ce fut le cas avec le sursaut gamma du 19 mars 2008. Si vous aviez levé les yeux vers le ciel à 7h12, vous auriez pu voir, l'espace d'une quinzaine de secondes, une nouvelle "étoile" dans la constellation du Bouvier. C'était le signal de la mort d'un monstre cosmique, qui a explosé à l'époque où l'Univers n'avait encore que la moitié de son âge actuel…

13,035 milliards d'années-lumière

C'est la distance du phénomène le plus lointain (et donc aussi le plus ancien) jamais détecté dans l'Univers : un flash de rayons gamma de dix secondes provenant de l'explosion d'une hypernova.

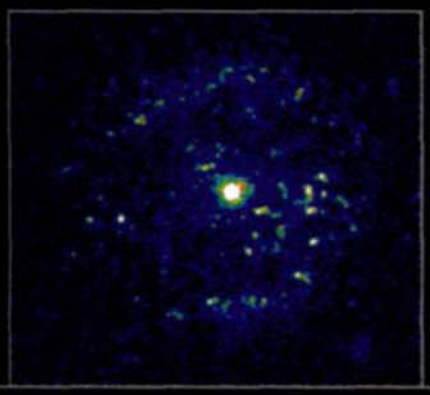


© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Les étoiles vampires

Existe-t-il une vie après la mort? Oui, pour certaines naines blanches. Ces cadavres d'étoiles deviennent parfois si lumineux... qu'on pourrait les prendre pour de nouvelles étoiles. Au lieu de se refroidir lentement en naines noires, elles brillent jusqu'à 100000 fois plus qu'auparavant! Le secret de ce regain d'activité? Ces étoiles vampirisent leur étoile compagnon. Devenues très denses, elles aspirent sa matière par gravité. Un "disque d'accrétion" se forme alors autour de la défunte et, en s'accumulant à sa surface, la matière compressée atteint plus de 100 millions de degrés: suffisant pour déclencher une réaction de fusion nucléaire... et la faire revenir, pour un court instant, à la "vie stellaire". Dans une gigantesque explosion appelée "supernova de type 1A", la naine blanche se transforme alors en étoile à neutrons, un sort normalement réservé aux étoiles bien plus lourdes. Il arrive néanmoins que ce processus échoue. Après l'explosion thermonucléaire, l'étoile reste intacte. On parle alors de "nova". Obstinée, la naine blanche récidive ses actes de vampirisme! Aujourd'hui, on connaît une dizaine de ces "novae récurrentes". Parmi celles qui se sont manifestées récemment: RS Ophiuchi. Depuis sa découverte en 1898, elle a explosé six fois, dont la dernière en 2006.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

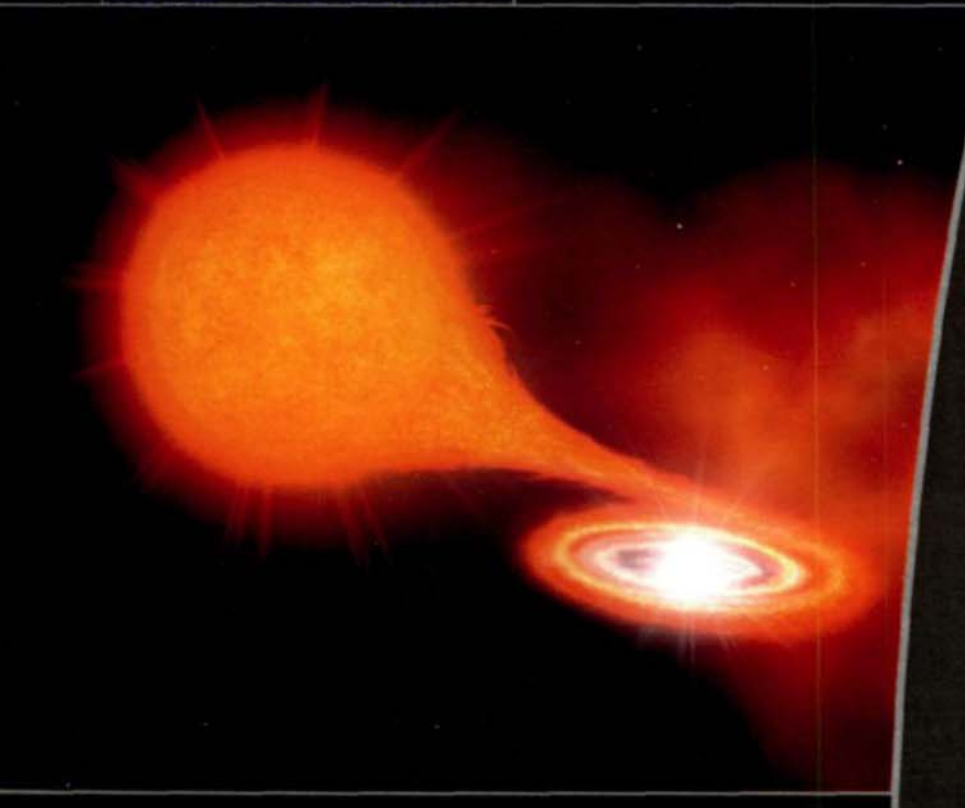


< L'IMAGE ASTRONOMIQUE

Aspirant peu à peu la matière de sa compagne, la naine blanche T Pyxidis a déjà gagné des "étincelles de vie" et se transformera, à terme, en étoile à neutrons.

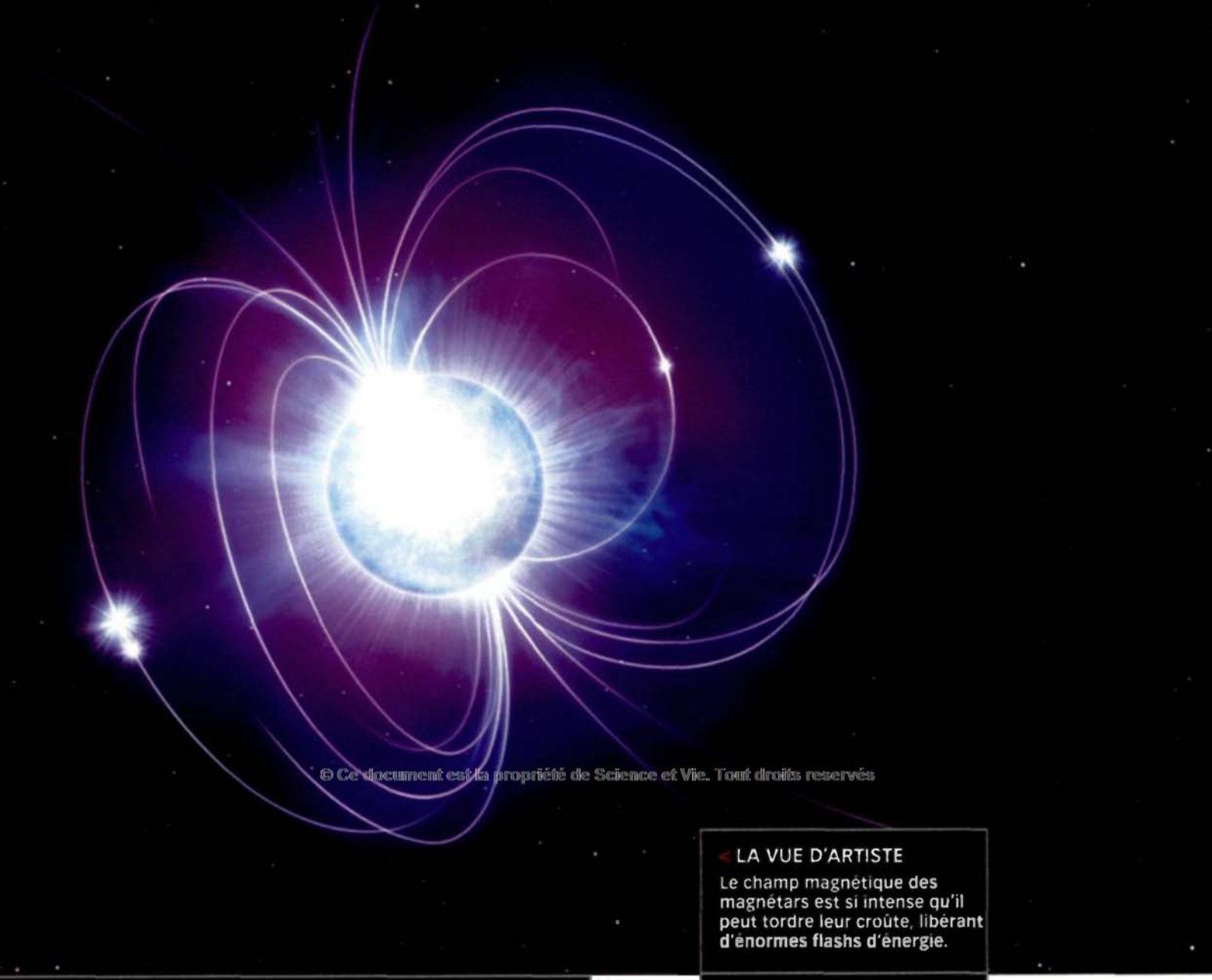
V LA VUE D'ARTISTE

Lorsqu'une naine blanche absorbe la matière de sa compagne, il se forme une spirale qui aboutit à une immense réaction nucléaire.



Les boules

Cent éruptions en 20 minutes! Le 22 janvier, un objet de la constellation de la Règle, à 30000 années-lumière de nous, s'acharne à cracher des flashs de rayons X et gamma. Des bouffées si puissantes qu'une seule d'entre elles relâche autant d'énergie en une demi-seconde que le Soleil... en vingt ans! Avec un diamètre de 10 km, cet astre colérique n'est pourtant pas bien gros. Mais il tourne très vite sur lui-même (en deux secondes) et il fait partie d'une espèce à part: c'est un magnétar, une de ces étoiles dont le champ magné-



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

LA VUE D'ARTISTE
Le champ magnétique des magnétars est si intense qu'il peut tordre leur croûte, libérant d'énormes flashs d'énergie.

L'IMAGE ASTRONOMIQUE
Les éruptions du magnétar SGR J1550-5418 étaient si violentes qu'elles enflammèrent les poussières et gaz alentour.

magnétiques

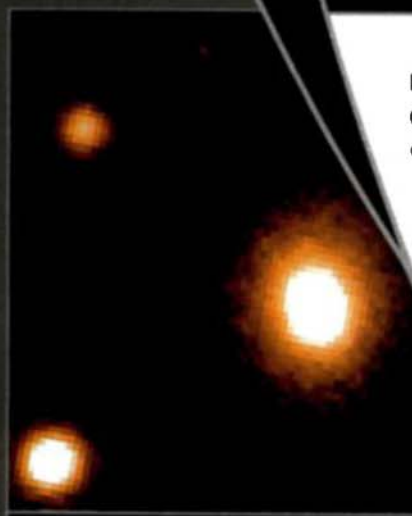
tique est mille fois plus intense que celui des étoiles à neutrons. *"On suppose que cette caractéristique est due à leur courte période de rotation – quelques millisecondes – dans les premiers temps de leur formation,* explique Andrea Tiengo, responsable de l'équipe qui analysé les données du télescope spatial *Swift* sur cet objet, SGR J1550-5418. *Cela enclencherait un puissant effet dynamo, amplifiant leur champ magnétique à l'extrême."* Mais pourquoi SGR J1550-5418 s'est-il mis en colère en janvier? Deux hypothèses: soit le nuage de particules composant sa magnétosphère a subi de brusques accélérations, dégageant ces formidables bouffées d'énergie. Soit son champ magnétique a tordu la croûte ferreuse du magnétar, jusqu'à la fracturer, provoquant une éruption à sa surface.
SGR J1550-5418 n'est que le sixième magnétar détecté présentant ces violents sursauts. Mais il n'est pas le plus impressionnant: le 27 décembre 2004, un objet encore plus éloigné avait saturé en une seconde tous les systèmes électroniques des satellites terrestres...

100 milliards de teslas

C'est l'intensité qu'atteindrait le champ magnétique des magnétars, les objets les plus magnétisés de l'Univers. Par comparaison, le champ du Soleil, responsable de ses éruptions, mesure à sa surface seulement 0,3 tesla. Et celui de la Terre... 50 microteslas!

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Les couples explosifs



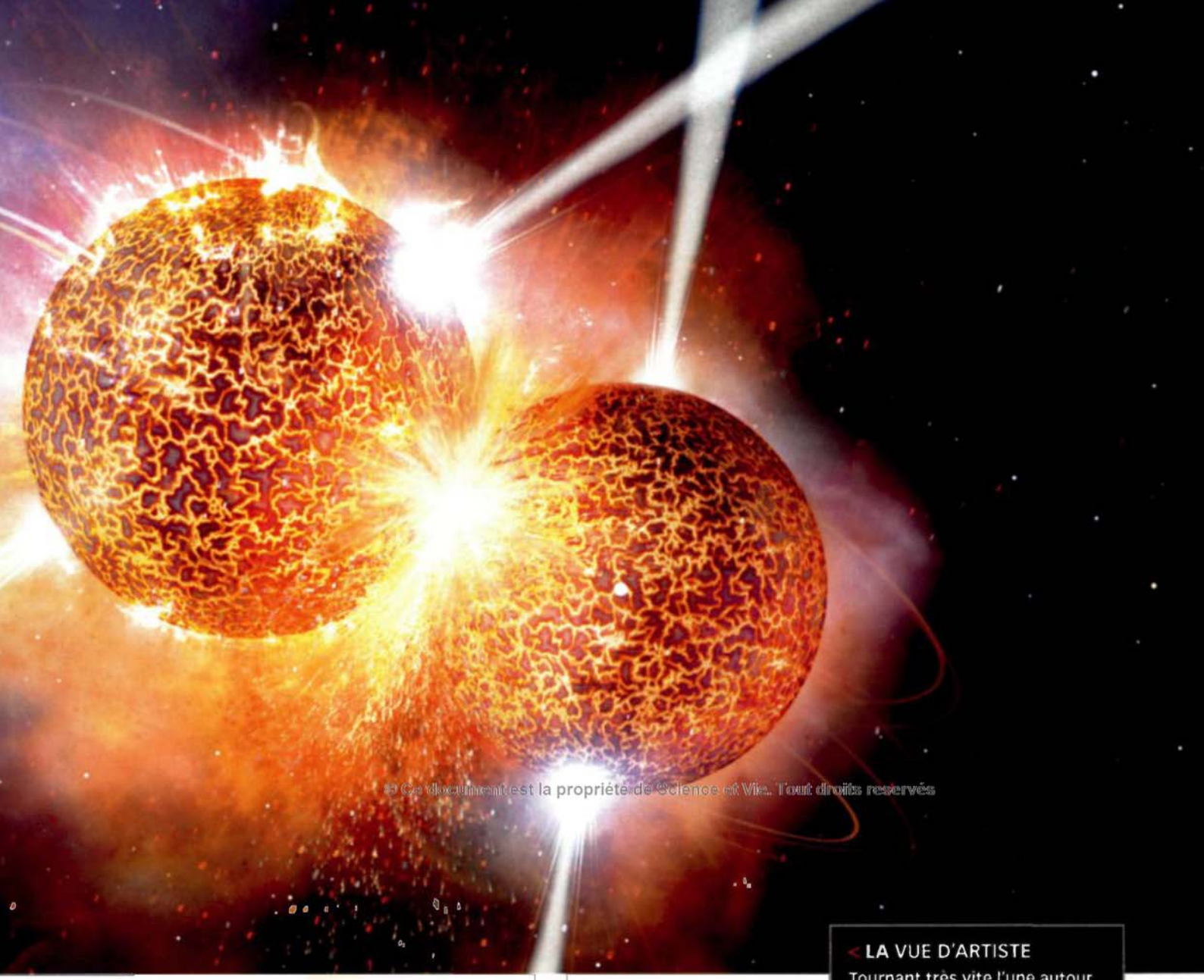
< L'IMAGE ASTRONOMIQUE

D'une durée de moins d'une seconde, le sursaut gamma court GRB 050724 (à dr.) témoignerait de la collision de deux étoiles à neutrons.

Les pulsars sont les phares de l'espace : ils tournent sur eux-mêmes en balayant le cosmos d'un faisceau d'ondes radio. Ce sont des étoiles à neutrons d'un genre très particulier : leur vitesse de rotation est incroyablement élevée, jusqu'à plusieurs centaines de tours par seconde ! Or ils ont souvent une compagne, étoile à neutrons elle aussi. En 2003, les astronomes ont ainsi découvert le système PSR J0737-3039, dont les deux pulsars ont – coïncidence –, leurs faisceaux dans l'alignement de la Terre. Ces couples dansent un tango serré puisque leur orbite tient dans le diamètre du Soleil ! Comment cela est-il possible ? Ces astres sont issus des explosions d'étoiles massives, qui tournent déjà sur elles-mêmes à l'origine. La brusque réduction de leur taille leur confère une prodigieuse accélération, tout comme un patineur augmente sa vitesse de rotation en repliant ses bras.

Une danse mortelle

Certaines, sous le coup de leur explosion, ont probablement manqué de se quitter à jamais : *"Parmi la dizaine de cas que l'on connaît*, précise Robert Mochkovitch, de l'Institut d'astrophysique de Paris (IAP), *le plus célèbre, PSR 1913+16, a une orbite très elliptique, très allongée, signe que le lien gravitationnel qui unit les deux étoiles à neutrons a failli*



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

LA VUE D'ARTISTE
Tournant très vite l'une autour de l'autre, de petites étoiles à neutrons finissent par fusionner en des éclairs d'énergie intense.

ESO - P.CARRIL

lâcher!" Mais parfois, le lien tient. Et il ne va plus s'arrêter de se resserrer. Car au cours de leur danse endiablée, les partenaires, devenus des boules très denses de matière, vont disperser de l'énergie sous forme d'ondes gravitationnelles et vont donc petit à petit se rapprocher. Le tango se terminera inévitablement par un baiser de la mort: les deux finiront par fusionner dans une gigantesque explosion que les scientifiques appellent un "sursaut gamma court", car il ne dure qu'une fraction de seconde. Une centaine de ces sursauts pointe vers la Terre chaque année. Mais contrairement aux sursauts longs, trois fois plus fréquents, il reste quelques interrogations sur leur origine: en théorie, les explosions des deux étoiles devraient les propulser très loin de leur lieu de naissance, vers la périphérie des galaxies. Or, certains sursauts courts ont été repérés près du centre de galaxies. Par ailleurs, la durée de vie des astres d'origine, additionnée à la durée de rapprochement des deux étoiles, dépasse... plusieurs milliards d'années. *"Les sursauts gamma ne sont donc pas censés provenir de régions où les étoiles sont toutes jeunes,* explique Frédéric Daigne, de l'IAP... *Or, on en a observé quelques-uns dans ce cas. Peut-être les sursauts courts ont-ils plusieurs origines..."*
La meilleure façon de s'en assurer serait de détecter simultanément un sursaut gamma court, et la trace gravitationnelle d'une fusion d'étoiles à neutrons.

716 tours par seconde

C'est la vitesse de rotation du pulsar le plus rapide jamais observé. Comme toute étoile à neutrons, son rayon ne dépasse pas les 15 km: la vitesse de sa surface frôle donc les 250 millions de km à l'heure, soit un quart de la vitesse de la lumière!

Actuellement en kiosque avec SCIENCE & VIE

Cet été, tournez la tête vers les étoiles

À l'occasion de l'Année mondiale de l'astronomie et du 400e anniversaire de la première lunette de Galilée, *Science & Vie* vous propose un livre et une carte mobile du ciel.

© Ce document est la propriété de Science et Vie, Tout droits réservés

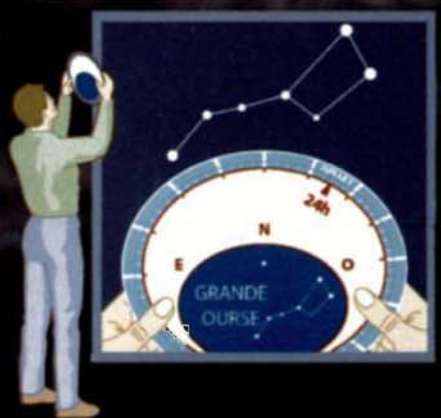
Science & Vie (4,20€) + le livre et sa carte mobile du ciel (2,75€) = 6,95€

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

LE LIVRE

- Une création exclusive de Science & Vie
- Des conseils pour apprendre à observer le ciel à l'œil nu à l'aide de jumelles ou d'un télescope
- Des cartes du ciel heure par heure

LA CARTE MOBILE



- Une carte mobile du ciel pour s'orienter en un lieu, une date et une heure donnée

Le livre et sa carte mobile sont également disponibles à la vente séparément. © 2009 Science & Vie.

PALUDISME

Par notre envoyée spéciale Caroline Tourbe

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Le vaccin joue son avenir à Lambaréné

C'est dans cette petite ville du Gabon que se déroule la dernière phase des tests du vaccin antipaludisme. Un enjeu formidable : en cas de succès, il s'agira de la première formule vaccinale efficace. Dans le cas contraire, la recherche risque d'en pâtir… Reportage.

C. TOURBE / ILLUSTRATION

< Un examen sanguin permettra de détecter la présence du parasite chez les enfants participant aux essais, au Gabon comme dans les neuf autres sites africains.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

^ C'est ici, à l'hôpital de Lambaréné, créé par le Dr Albert Schweitzer, que se déroulera l'essai.

< La phase II avait eu lieu dans 7 pays, dont le Gabon et, ici, le Kenya.

J.M.MAAS/DARBYFILMS - M.KONTENTE

L'averse vient à peine de cesser sur la forêt équatoriale du Gabon qu'ils sont déjà revenus, vrombissants, mauvais et impatients. Ils, ce sont les moustiques, qui pullulent tout autour des villages. Du genre *Aedes*, tristement connus pour être le vecteur d'un des fléaux les plus dévastateurs des régions tropicales et équatoriales : le paludisme. La maladie touche de 300 millions à 500 millions de personnes chaque année dans le monde et, selon l'OMS, elle tuerait à elle seule un enfant sur cinq né en Afrique. Au Gabon, le paludisme sévit toute l'année, avec un taux d'infection de la population variant de 37 à 71 % selon les régions.

Direction un village situé à 14 km de Lambaréné, petite ville perdue dans la forêt gabonaise. Sous un abri de tôle, une petite fille joue entre les jambes de sa mère. La fillette s'appelle Boumba. Elle n'en a pas conscience, mais c'est pourtant d'elle que dépend en partie l'un des défis les plus importants de la médecine de ce début du XXIe siècle. Car, avec d'autres enfants de la région de Lambaréné, Boumba va participer au dernier test de ce qui pourrait bien être le tout premier vaccin contre le paludisme. Son nom ? Il tient en quatre initiales, liées aux gènes ayant permis sa fabrication : le RTS, S.

DERNIÈRE LIGNE DROITE AVANT LA MISE EN VENTE

Encore deux ans et demi de patience et les résultats du test seront connus. S'il est efficace, ce vaccin révolutionnera la médecine moderne, et l'éradication du paludisme ne sera plus une utopie. Mais s'il se révèle inopérant, ce qu'une partie de la communauté scientifique redoute (voir encadré), son échec replongera le monde de la recherche dans le doute pour des décennies. Il faut dire que c'est la première fois qu'une formule vaccinale contre le paludisme atteint la phase III des tests cliniques, ceux menés sur l'homme. Soit la

Boumba, accompagnée de sa mère et de Brigitte (debout), assistante de recherche, va participer à la phase III du test.

toute dernière ligne droite avant la mise sur le marché d'un produit, mais aussi l'étape cruciale qui doit apporter la preuve de son efficacité. Ainsi, l'essai, qui se déroulera à Lambaréné et sur 10 autres sites africains (Tanzanie, Kenya, Ghana…) et englobera au total 16000 bébés et enfants, est conçu pour répondre à une seule question : le vaccin protège-t-il du paludisme ?

Financé par le géant pharmaceutique britannico-américain, GlaxoSmithKline (GSK), qui a scellé un partenariat pour l'occasion avec la PATH Malaria Vaccine Initiative (PATH MVI), une association américaine financée par le couple de milliardaires Bill et Melinda Gates, le RTS, S est un "mastodonte" de la recherche clinique contre le paludisme : plus de 400 millions de dollars ont été investis depuis les premiers essais sur l'homme, à la fin des années 1990. Une somme colos- →

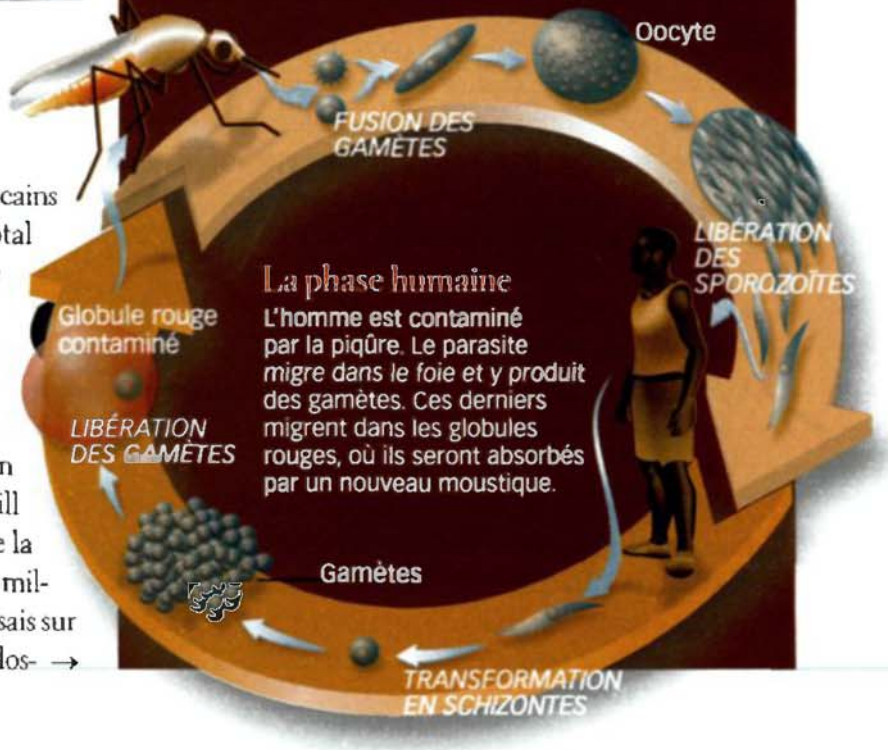
Révolution médicale ou voie sans issue ?

L'efficacité du RTS, S, proclamée par GSK avant la fin des essais, ne fait pas l'unanimité. Le vaccin consiste à mettre l'organisme en contact avec une protéine du parasite pour provoquer la fabrication d'anticorps. *"En détail, le RTS, S est composé d'une protéine – la protéine circumsporozoïte (CS) – présente en grande quantité à la surface du parasite lorsqu'il entre dans le sang lors de la piqûre du moustique"*, explique Joe Cohen, l'un des inventeurs du vaccin. Pourquoi choisir la CS ? *"C'est l'une des protéines les plus représentées et l'une des mieux connues depuis sa découverte"*, liste le chercheur. Qui ajoute que *"la CS a présenté des signes d'efficacité chez* in vitro *et chez l'animal"*. Mais les détracteurs du vaccin sont nombreux. Parmi eux, Pierre Druilhe, de l'Institut Pasteur : *"Ce choix est une hérésie scientifique. Ce n'est pas parce que la CS a été la première à être identifiée qu'elle est la plus efficace. C'est comme si les chercheurs s'étaient dit en entrant dans une grande ville : la première personne rencontrée sera la plus intéressante ! La logique consiste à trouver chez les personnes infectées les anticorps qui ont un pouvoir protecteur. C'est à partir de là que l'on peut déterminer les protéines à inclure dans un vaccin et pas l'inverse !"* Il estime que *"les signes d'efficacité observés lors de la phase II pourraient être dus à la réaction inflammatoire liée à l'adjuvant !"* La polémique ne sera tranchée qu'à la fin de la phase III.

Le cycle du paludisme

La phase moustique

Le moustique ingère du sang contaminé par les gamètes du parasite. Les gamètes fusionnent, donnent naissance à des quantités de parasites qui migrent dans les glandes salivaires.



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

^ C'est dans le nouveau bâtiment que Joe Cohen, Peter Kremsner et Christian Loucq (de gauche à droite) préparent l'essai.

→ sale pour une maladie qui touche surtout les pays pauvres, le plus souvent délaissés par la recherche.

En principe, le vaccin devrait prévenir chez les enfants les infections dues au parasite responsable de la forme la plus mortelle de paludisme, le *Plasmodium falciparum*. Polymorphe, ce parasite est capable de changer totalement d'apparence et de lieu de vie (voir infographie)! Une malignité qui, jusqu'ici, a déjoué toutes les tentatives des chercheurs d'élaborer une formule vaccinale capable d'induire une réponse immunitaire protectrice.

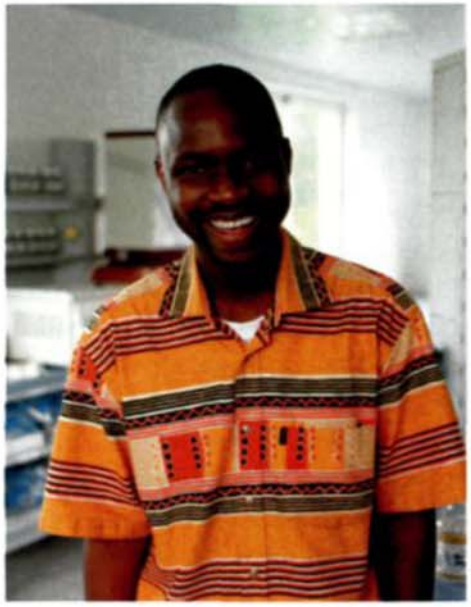
LE DOUBLE ENJEU DU VACCIN

D'ailleurs, la science n'en finit pas d'échouer à mettre au point le moindre vaccin contre un parasite, alors que les succès contre les bactéries et les virus ne se comptent plus. L'enjeu du RTS, S est donc double: s'il fonctionne comme prévu, il sera non seulement le premier vaccin contre le paludisme, et le tout premier jamais mis au point contre un parasite s'attaquant à l'homme! Mais pourquoi ferait-il mieux que les autres formules testées sans succès depuis des décennies? "*Parce qu'il est capable d'apprendre au système immunitaire à se défendre contre le parasite dès le début de l'infection, au moment de la piqûre, donc avant même qu'il commence à se multiplier*", explique Joe Cohen, l'un des inventeurs du vaccin et codirecteur de GSK, venu à Lambaréné pour s'assurer du lancement de l'essai. Et tenter de faire taire les sceptiques en affichant son optimisme: "*Dans les études préliminaires à la phase III* [dites "de phase II" et également menées au Gabon], *une efficacité de 65 % contre l'infection par le parasite a été observée chez les nourrissons. Chez les enfants âgés de 5 à 17 mois, nous avons également observé une diminution de 53 % des cas de manifestations cliniques de la maladie* [fièvre, douleurs...]. *Enfin, il semble possible de diminuer d'environ 50 % les formes les plus sévères de la maladie (neuropaludisme)*". On est ici bien loin des 100 % escomptés lorsque l'on parle de couverture vaccinale. Joe Cohen ne le nie pas: "*Cela est probablement dû à plusieurs facteurs, parmi lesquels la rencontre quasi quotidienne de l'homme avec le parasite dans les régions endémiques, la complexité de la maladie et du parasite qui en est responsable...*" La protection parfaite contre le paludisme n'existera donc sans doute jamais.

Il n'empêche, à l'hôpital de Lambaréné, Maxime Agnandji estime vivre un moment historique. "*Nous sommes à la croisée des chemins*", clame ce jeune médecin, principal responsable de l'essai gabonais, arrivé voilà un an au centre de recherche sur les maladies tropicales de l'hôpital. Construit sur les bords du grand fleuve Ogooué, l'établissement est mondialement connu comme celui du "bon" Dr Albert Schweitzer. Depuis près d'un siècle, chaque jour, arrivent ici les victimes de crises de paludisme: enfants, adultes, certains ayant fait plusieurs heures de voyage pour être soignés à "Schweitzer". "*J'ai trop souvent vu des enfants mourir dans mes bras des suites de cette maladie pour ne pas attendre avec impatience le moment où un vaccin, même partiellement efficace, sera disponible*", explique Maxime Agnandji. C'est dans le centre de recherche, jumelé avec l'université de Tübingen, en Allemagne, que le jeune homme et l'équipe de Peter Kremsner, spécialiste du paludisme, recevront les enfants participant à l'essai. En clair, c'est là que les examens sanguins seront pratiqués pour

J.M. MAAS/DARBYFILMS

< ^ Parmi les nombreuses familles venues pour consulter, certaines seront sélectionnées pour prendre part aux tests. Leur signature doit être recueillie au bas d'un document de "consentement éclairé".



> Maxime Agnandji, arrivé il y a un an au centre, est le principal responsable de l'essai gabonais.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

évaluer la présence du parasite dans l'organisme de Boumba. C'est également là qu'elle sera reçue si un symptôme de la maladie apparaît après la vaccination. Déjà, sa mère est attentive aux signes du paludisme, elle qui partage sa maison avec ses propres parents et sa grand-mère et prend soin de coucher chaque nuit sa fille sous une moustiquaire. Toutes les générations rassemblées sous l'abri de tôle parlent d'une même voix lorsqu'il s'agit de décrire le paludisme. "*Une très grande fièvre, une très grande fatigue, plus d'appétit, la douleur partout, et tu restes pendant des jours à trembler comme si tu brûlais et que tu avais froid en même temps.*" Les traitements sont efficaces, mais ne permettent pas d'éviter le retour régulier de crises parfois très violentes. Tous espèrent donc beaucoup plus du vaccin. Peut-être trop. Car, pour eux, le RTS, S apparaît déjà comme un rempart contre la maladie. "*Je veux que mon enfant fasse le test parce que le vaccin va le protéger*", affirme sans hésiter la mère de Boumba, malgré les explications plus nuancées de Brigitte, l'une des assistantes de recherche de l'hôpital, chargée de recruter les enfants.

LE MEILLEUR MOMENT POUR VACCINER

Cette dernière a pour mission d'expliquer les risques et les limites liés à tout essai médical. Elle doit aussi recueillir la signature des familles en bas d'un document de "consentement éclairé" retraçant les engagements des deux parties, laboratoires et volontaires. Mais Brigitte a beau faire, les enfants qui ont participé à la phase II dans les villages alentours sont de véritables "publicités" vivantes pour le vaccin. Même ceux ayant fait partie du groupe "contrôle", celui qui n'a pas reçu d'injection du RTS, S mais d'un autre vaccin, généralement celui contre la rage ! Explication : tous ces enfants ont bénéficié d'un suivi médical très efficace et gratuit pendant l'essai et ils sont souvent en meilleure santé que leurs frères et sœurs n'ayant pas profité de cet avantage considérable dans un pays où l'accès aux soins reste un luxe. Comme Brice, solide petit gaillard d'à peine 2 ans, qui poursuit à toute allure sur la place du village un poulet égaré. Sa mère est d'ailleurs persuadée que la forme éclatante de son fils est liée au vaccin. L'amalgame entre les bénéfices des soins gratuits et l'efficacité supposée du RTS, S se fait donc dans les esprits sans y prendre garde. Même si les scandales antérieurs concernant les tests vaccinaux contre le sida et l'utilisation de volontaires en tant que simple "cobayes" restent ici dans →

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

→ toutes les mémoires, les mères n'hésitent pas vraiment à inclure leurs enfants dans la nouvelle étude.

C'est d'ailleurs dans un bâtiment flambant neuf, jouxtant le pavillon plus ancien, que l'équipe du centre de recherche analysera les résultats du premier groupe de 600 enfants de la phase III, dont fait partie la petite Boumba. "*L'étude porte sur deux classes d'âges, les enfants de 5 à 17 mois et ceux de 6 à 12 semaines*, décrit Maxime Agnandji. *Nous pourrons ainsi déterminer le meilleur moment pour effectuer la vaccination.*" Le protocole exact consistera à comparer le nombre de manifestations cliniques de la maladie (fièvre principalement) dans trois groupes distincts: le groupe 1 recevra quatre injections de RTS, S étalées sur un an et demi, tandis que les enfants du groupe 2 recevront les trois premières doses, mais la dernière sera remplacée par un autre vaccin bien connu et utile dans ces régions, celui contre la méningite C. Enfin, le groupe 3 ne recevra aucune injection de RTS, S, mais trois doses du vaccin contre la rage et une de celui contre la méningite C. L'étude peut ainsi être menée en "double aveugle", c'est-à-dire que ni les médecins, ni les parents ne savent à quel groupe l'enfant appartient. "*Il s'agit de savoir si la protection observée lors de la phase II est bien produite par l'antigène du vaccin ou s'il s'agit d'une action inflammatoire transitoire provenant de l'adjuvant du vaccin par exemple.*"

METTRE SUR PIED D'AUTRES VACCINS

Mais ce ne sera pas suffisant. Car deux autres questions restent encore en suspens. La période de protection conférée par le vaccin sera-t-elle suffisamment longue pour protéger

J.M.MAAS/DARBYFILMS - C.TOURBE

les enfants aux âges où ils sont le plus fragiles? De même, la protection transitoire du vaccin ne risque-t-elle pas de provoquer un déplacement de l'immunité "acquise" – apparition naturelle d'anticorps contre le parasite – vers un âge plus tardif, provoquant des cas plus graves dans une tranche d'âge au cours de laquelle les enfants apprenaient naturellement à résister au parasite? "*Cette question de l'immunité 'acquise' doit être éclaircie*, reconnaît Joe Cohen. *Mais mon hypothèse optimiste est que le vaccin aide l'immunisation naturelle à se mettre en place.*"

Et si le RTS, S se révèle efficace, les pays auxquels il est destiné pourront-ils se le payer? "*Oui, car le Fonds mondial contre le paludisme, un organisme lié à l'OMS, et la*

< Le service de pédiatrie de l'hôpital reçoit les enfants atteints de crises de paludisme. Certains auront fait plusieurs heures de voyage pour être soignés.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

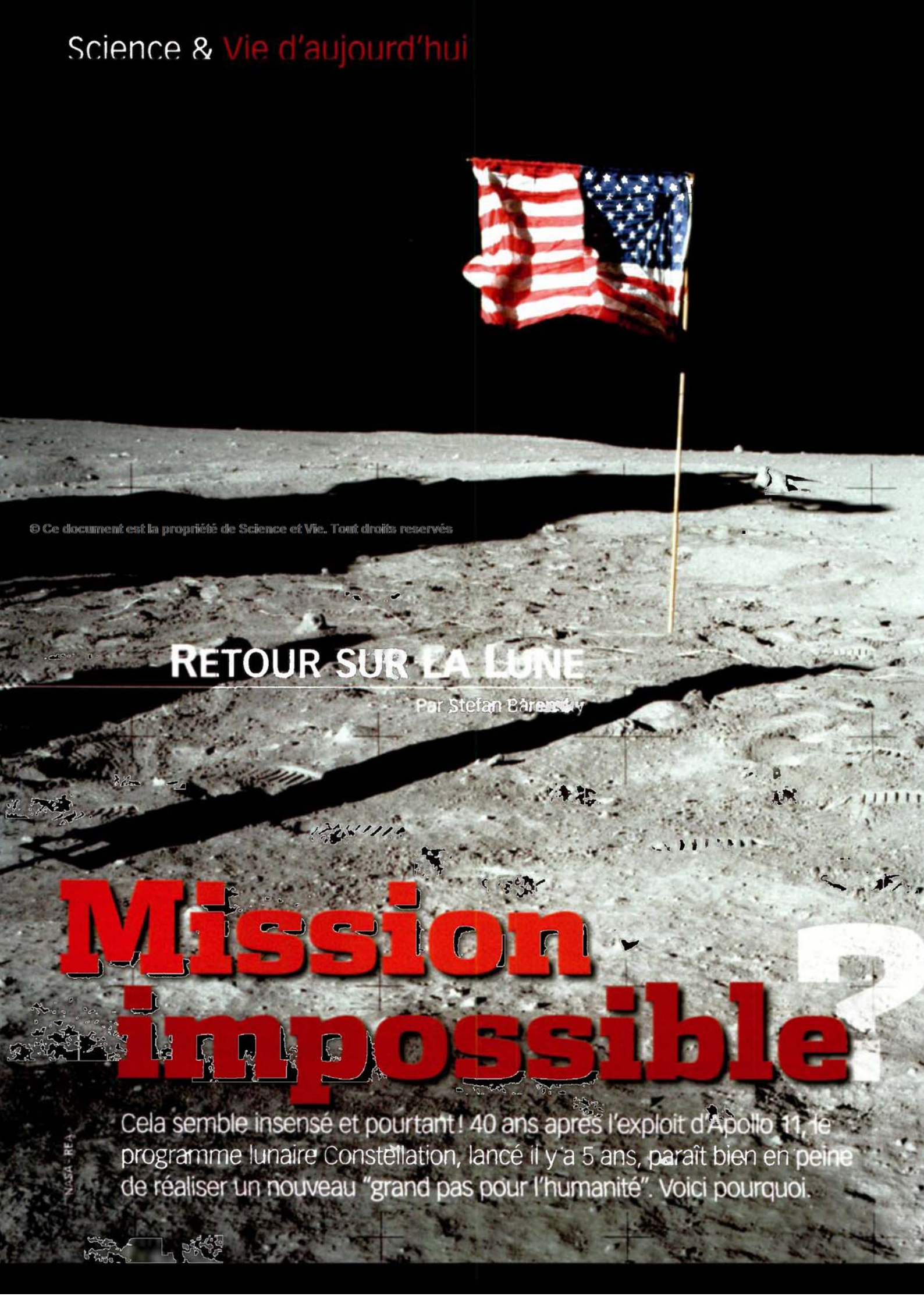
fondation Bill et Melinda Gates ont déjà prévu le financement pour la distribution du vaccin", répond Ripley Ballou, ancien chercheur à GSK et aujourd'hui conseiller… de la fondation Bill et Melinda Gates. C'est d'ailleurs lui qui a orienté le soutien, désormais inconditionnel, du couple vers le projet RTS, S. Et il l'assume : "*Ce sont les données qui ont parlé, pas moi. Et il n'y a pas beaucoup de laboratoires qui auraient pu présenter un tel projet*", explique-t-il, alors qu'il accompagne Joe Cohen lors de son passage à Lambaréné. Tout est donc prêt pour que GSK puisse finir le développement de son vaccin et le vendre.

A l'inverse, le RTS, S a-t-il le "droit" d'échouer? Car s'il se révèle une impasse, la grande crainte du monde de la recherche est que les fonds ne soient plus disponibles pour les autres projets (voir encadré). Une crainte que Christian Loucq, président de la PATH MVI, souhaite apaiser. Venu lui aussi soutenir la préparation de l'étude au Gabon, il estime que, "*succès total ou pas, le RTS, S aura beaucoup appris à la communauté médicale et* [qu'] *il nous servira de plate-forme pour mettre sur pied d'autres vaccins qui devront être encore plus performants dans le futur*". Usée par la maladie et recroquevillée sur son vieux fauteuil de bois, l'arrière-grand-mère de Boumba veut croire que la petite fille aura une chance d'échapper au paludisme. Comme toutes les familles de la région, elle refuse l'idée d'un échec, au risque de perdre confiance dans la médecine moderne. Encore insouciante, Boumba, elle, continue à jouer tranquillement entre les jambes de sa mère sans prêter plus d'attention aux moustiques qui n'ont pas cessé de vibrionner autour d'elle. ▮

< Outre l'espoir apporté par cet essai et la renommée de l'hôpital, c'est aussi le suivi médical occasionné par les tests qui pousse les mères à inclure leur enfant dans l'étude. Brice, un solide gaillard qui a participé à la phase II, en est d'ailleurs une "publicité vivante".

Les autres pistes

La piste du RTS, S suivie par GlaxoSmithKline n'est pas la seule à être développée. Des dizaines d'autres projets émergent de laboratoires du monde entier. Ainsi, en 2005, une équipe de l'Institut Pasteur a mis au point une démarche originale pour concevoir, à partir d'observations cliniques chez l'homme, un candidat vaccin contre le paludisme. Ils ont recherché, au sein de populations infectées par le paludisme, quels étaient les antigènes déclenchant des réponses immunitaires capables d'éliminer le parasite *Plasmodium falciparum*. En étudiant les protéines parasitaires reconnues par le sérum de sujets "prémunis", vivant en zone d'endémie, en Afrique et en Asie, les chercheurs ont pu mettre en évidence l'intérêt d'un nouvel antigène, dénommé MSP3. Il existe en effet une très forte corrélation entre la présence d'anticorps dirigés contre cet antigène et la protection acquise par exposition naturelle à l'infection. Autre piste récente, qui vient de recevoir le soutien financier de PATH Malaria Vaccine Initiative, celle de la firme Sanaria qui espère mettre au point un vaccin produit directement par des moustiques génétiquement modifiés!



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

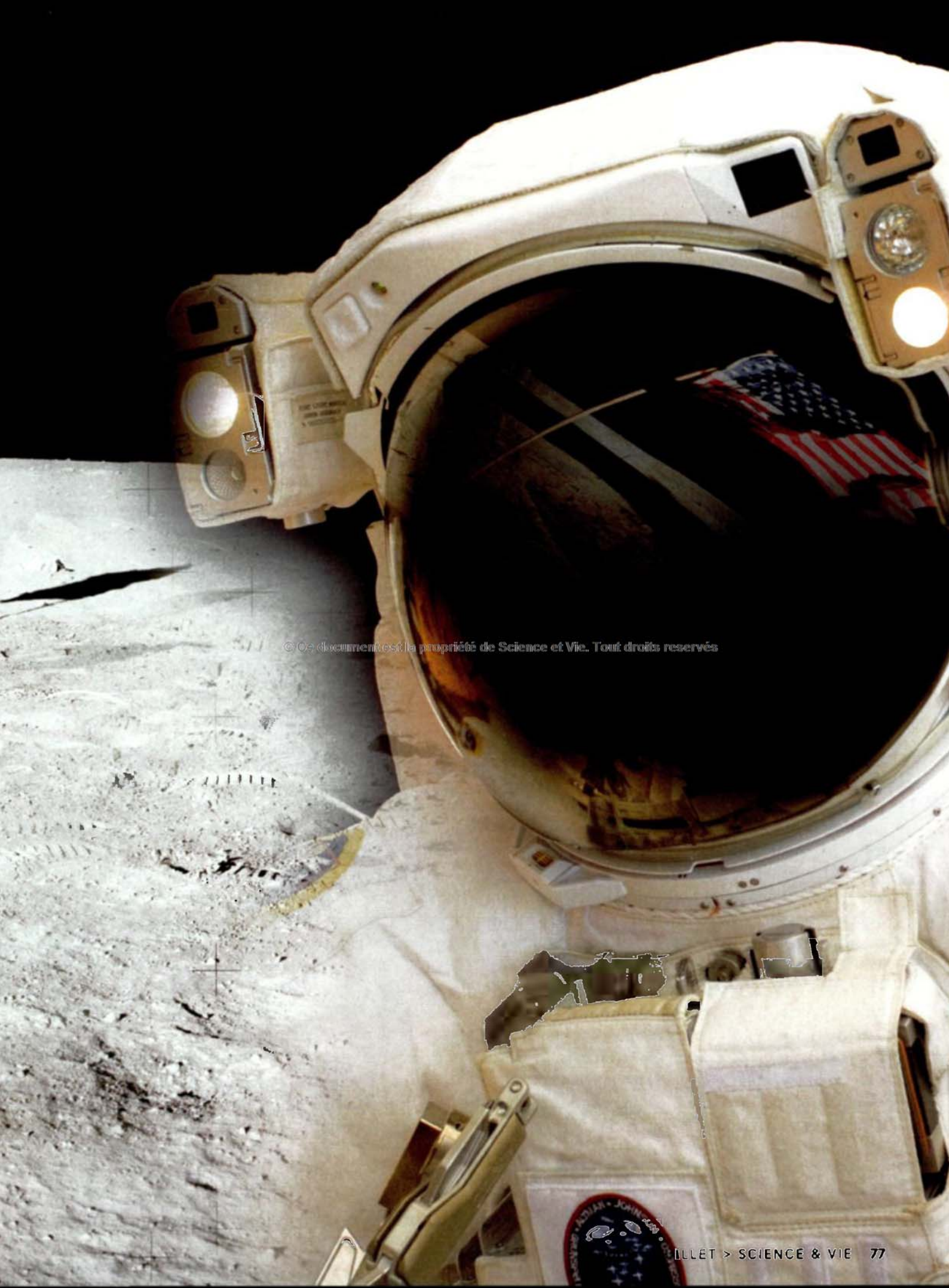
RETOUR SUR LA LUNE

Par Stefan Barensky

Mission impossible ?

Cela semble insensé et pourtant ! 40 ans après l'exploit d'Apollo 11, le programme lunaire Constellation, lancé il y a 5 ans, paraît bien en peine de réaliser un nouveau "grand pas pour l'humanité". Voici pourquoi.

NASA - REA



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

1

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Dans la nuit du 20 au 21 juillet 1969, il y a exactement quarante ans, les bottes des Américains Neil Armstrong et Buzz Aldrin foulaient pour l'éternité le régolite lunaire. Pour la première fois, l'homme marchait sur un autre corps céleste que sa planète, achevant une course à la Lune lancée par John Fitzgerald Kennedy le 25 mai 1961. Ce jour-là, le tout nouveau président des Etats-Unis avait stupéfié le monde en annonçant, à la fin de son message spécial au Congrès, que l'Amérique devait se fixer le but "*de faire atterrir un homme sur la Lune et de le ramener sain et sauf sur Terre avant la fin de la décennie*". Entre cette phrase et celle d'Armstrong – "*Un petit pas pour un homme, un bond de géant pour l'humanité*" –, huit petites années seulement se sont écoulées. Or, aussi incroyable que cela puisse paraître, en ce début de troisième millénaire, aucune puissance spatiale n'est aujourd'hui en mesure de retourner sur la Lune, et encore moins dans un délai si bref. Alors que les Etats-Unis ont relancé un programme lunaire en 2004, celui-ci ne devrait aboutir qu'en… 2020. Soit un délai de seize ans! Au minimum, car personne ne peut jurer que l'agenda sera tenu. Quatre décennies après la mission Apollo 11, malgré l'avancement des sciences et des technologies, la révolution informatique et celle des matériaux, une telle incapacité à réitérer l'exploit d'envoyer rapidement des hommes sur notre satellite apparaît, sinon insensée, du moins difficile à comprendre. C'est oublier que si les temps ont changé, ce n'est pas forcément au profit d'une reconquête de la Lune devant se dérouler comme une formalité. Loin s'en faut.

Prenons le contexte géopolitique: quel contraste aujourd'hui avec celui qui régnait il y a quarante ans! Lorsque Kennedy lance la course à la Lune, le 25 mai 1961, les Etats-Unis n'ont pas encore réussi à mettre un homme en orbite, alors que l'URSS vient d'y parvenir un mois plus tôt avec le vol réussi de Iouri Gagarine. Le défi à la Lune est ainsi totalement porté par la volonté de battre les Soviétiques sur leur terrain favori. Sans compter que, dans une atmosphère de guerre froide, il s'agit aussi de développer des moyens spatiaux qui rendront les Etats-Unis capables d'effectuer toutes sortes de missions dans l'espace circumterrestre. Si Kennedy avait été reconduit à la Maison Blanche en 1964, il est probable que le calendrier "lunaire" aurait pu être révisé au fur et à mesure que l'ampleur de la tâche serait apparue.

L'ENTHOUSIASME DE 1961 N'EST PLUS D'ACTUALITÉ

Son assassinat à Dallas en 1963 va le cristalliser. Respecter la promesse du défunt président d'envoyer des Américains sur la Lune avant la fin des années 1960 va devenir une "cause sacrée" pour les Etats-Unis, avec une priorité budgétaire qui amènera à investir jusqu'à 5,5 % du budget fédéral à la Nasa. L'aiguillon idéologique est plus que jamais d'actualité. "*Je doute que cette génération d'Américains accepte de s'endormir tous les soirs sous une Lune communiste*", ira jusqu'à scander le président Lyndon Johnson, qui a une raison de plus de vouloir tenir le calendrier fixé par son prédécesseur: il lui faut libérer au plus tôt les budgets nécessaires au financement de la guerre qui s'envenime au Vietnam. Pour y parvenir, la Nasa recentre le programme Apollo exclusivement sur la course à la Lune.

Fort de cet élan, ce dernier s'achève sur un succès technique, avec six expéditions lunaires réussies de juillet 1969 à décembre 1972, mais sans réel avenir car le programme post-Apollo qui devait lui donner un sens est passé à la trappe. La station Skylab en 1973 en sera l'ultime vestige. L'objectif initial d'humilier les Soviétiques a été atteint

Le contexte a changé

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

En 1961, dans une atmosphère de guerre froide, John F. Kennedy lance la "course à la Lune" (1) en réponse à l'URSS, qui vient de réussir à faire voler Iouri Gagarine (3), en orbite. En 2004, lorsque George W. Bush (2) évoque des missions habitées sur Mars... c'est un an après la désintégration de la navette *Columbia* (4).

mais, dans des années 1970 marquées par la défaite au Vietnam, le Watergate et les chocs pétroliers, c'est une impression de gabegie qui va s'inscrire de manière tenace dans l'imaginaire collectif. "*Apollo est allé trop vite*", estime même l'historien du spatial Jacques Villain. Qui ajoute : "*D'une certaine manière, il a tué la conquête spatiale.*"

La ressusciter, telle est la tâche que, le 15 janvier 2004, le président George W. Bush a confiée à la Nasa. Cela dans une ambiance aussi morose qu'elle fut excitante en 1961. *Exit* la féconde rivalité avec les Russes, nul défi national enthousiasmant ici, ni émotion capable de déplacer les montagnes. A la place, il est question de pallier le prochain départ à la retraite des navettes, icônes de la supériorité technologique américaine dans l'espace, jugées dangereuses après la désintégration de la première d'entre elles, *Columbia*, le 1er février 2003. Pour faire passer la pilule, George W. Bush propose donc, en plus du retour sur la Lune, l'établissement d'une base lunaire en prélude à des missions habitées vers Mars. L'instrument de ce retour est le programme Constellation composé de deux éléments principaux : la capsule *Orion* et le module lunaire *Altaïr*. *Orion* prendra place sur le lanceur *Ares 1*, et *Altaïr* sera mis en orbite sans équipage sur un lanceur géant *Ares 5*, dont l'étage supérieur servira aussi au transfert vers la Lune. Mike Griffin, ancien administrateur de la Nasa, décrit l'ensemble comme un "Apollo sous stéroïdes". →

NASA - TRIPPETT/SIPA - AKG - GETTY

Deux lanceurs au lieu d'un seul

La fusée *Saturn 5* d'Apollo va être remplacée par deux lanceurs : *Ares 1* pour mettre en orbite la capsule *Orion* et les astronautes, *Ares 5* pour le module *Altaïr* et l'étage de propulsion translunaire.

Saturn 5
(1967-73)

Hauteur : 111 m
Masse : 3040 t
Capacité d'emport : 118 t en orbite basse ; 47 t vers la Lune

Ares 1
(2014)

Hauteur : 94 m
Masse : 975 t
Capacité d'emport : 25 t en orbite basse

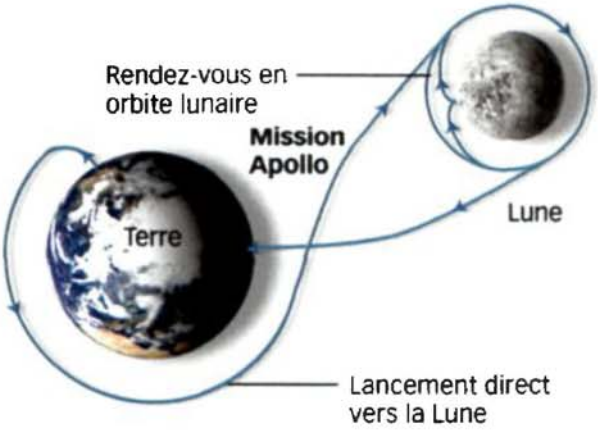
Ares 5
(2018)

Hauteur : 116 m
Masse : 3360 t
Capacité d'emport : 188 t en orbite basse ; 71 t vers la Lune

Une stratégie du double rendez-vous

Droits réservés à propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Saturn 5 plaçait l'ensemble du "train spatial" Apollo sur une orbite vers la Lune. Un seul rendez-vous avait lieu avant de repartir vers la Terre.



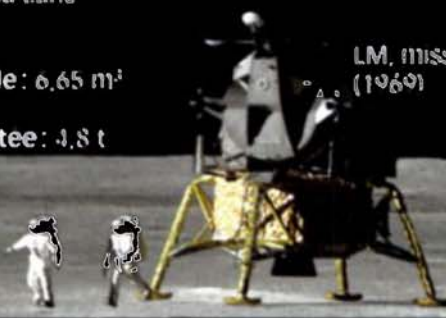
Deux rendez-vous sont prévus pour *Orion* et *Altaïr* : un pour constituer le "train spatial" en orbite terrestre, et un pour le retour de la Lune.

Altaïr, ou mais pour travailler et s'installer

Très exigu (6,6 m³), le LM n'emportait que 2 astronautes pour 3 jours maximum à la surface. Presque trois fois plus vaste, *Altaïr* doit permettre à 4 astronautes de travailler 7 jours sur place. Decline en plusieurs versions, il doit aussi livrer du materiel en automatique, notamment des modules pour construire une base près du pôle sud de la Lune, dans une zone eclairee en continu (ce qui facilite l'alimentation par panneaux solaires). Pour la relève des equipes de la base, il pourra rester au sol jusqu'à 210 jours.

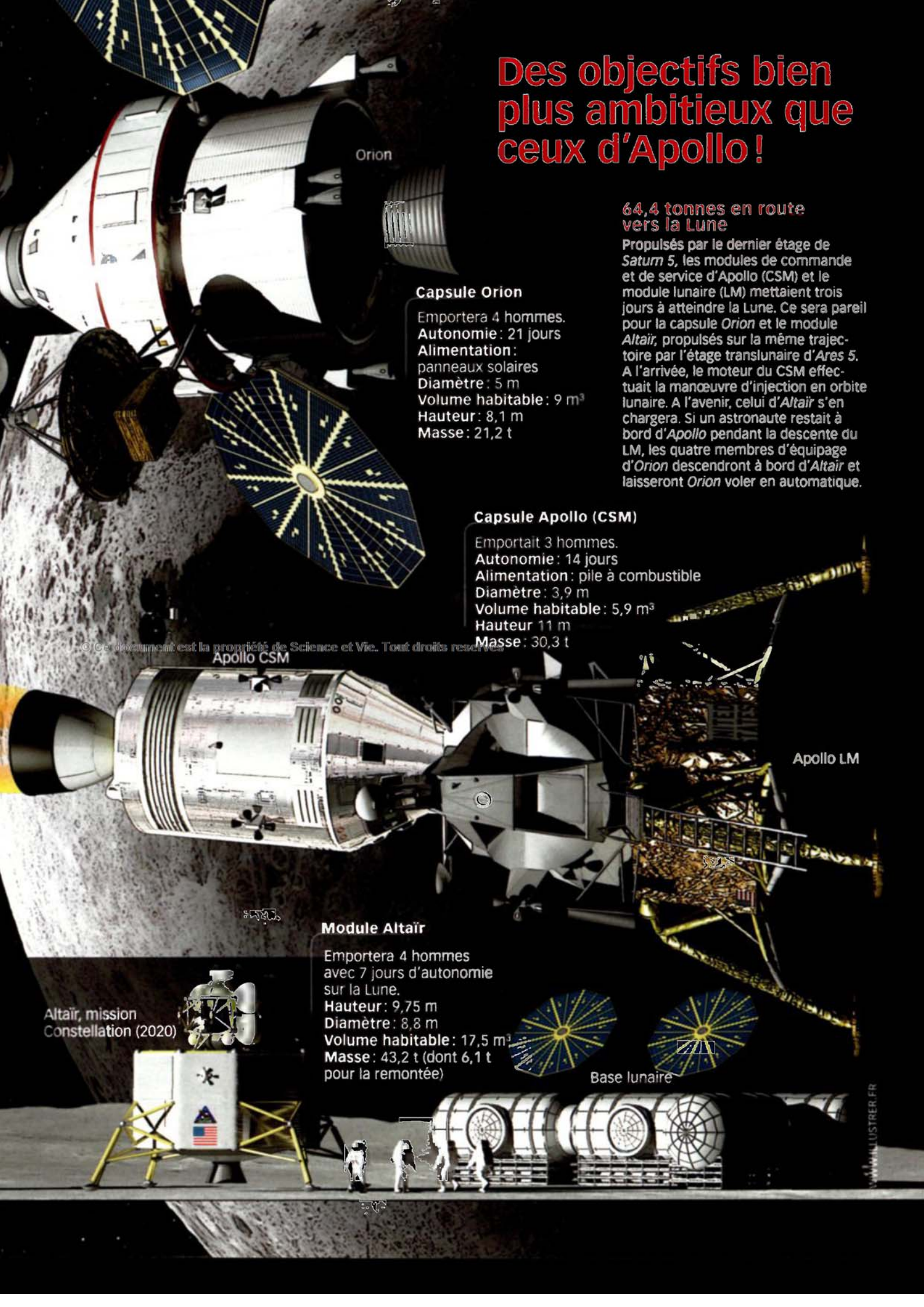
Module Apollo (LM)

Emportait 2 hommes avec 3 jours d'autonomie sur la Lune
Hauteur : 7 m
Diamètre : 4,2 m
Volume habitable : 6,65 m³
Masse : 16,5 t
Etage de remontee : 4,8 t



LM, mission Apollo (1969)

Des objectifs bien plus ambitieux que ceux d'Apollo !



64,4 tonnes en route vers la Lune

Propulsés par le dernier étage de *Saturn 5*, les modules de commande et de service d'Apollo (CSM) et le module lunaire (LM) mettaient trois jours à atteindre la Lune. Ce sera pareil pour la capsule *Orion* et le module *Altaïr*, propulsés sur la même trajectoire par l'étage translunaire d'*Ares 5*. A l'arrivée, le moteur du CSM effectuait la manœuvre d'injection en orbite lunaire. A l'avenir, celui d'*Altaïr* s'en chargera. Si un astronaute restait à bord d'*Apollo* pendant la descente du LM, les quatre membres d'équipage d'*Orion* descendront à bord d'*Altair* et laisseront *Orion* voler en automatique.

Capsule Orion

Emportera 4 hommes.
Autonomie : 21 jours
Alimentation : panneaux solaires
Diamètre : 5 m
Volume habitable : 9 m³
Hauteur : 8,1 m
Masse : 21,2 t

Capsule Apollo (CSM)

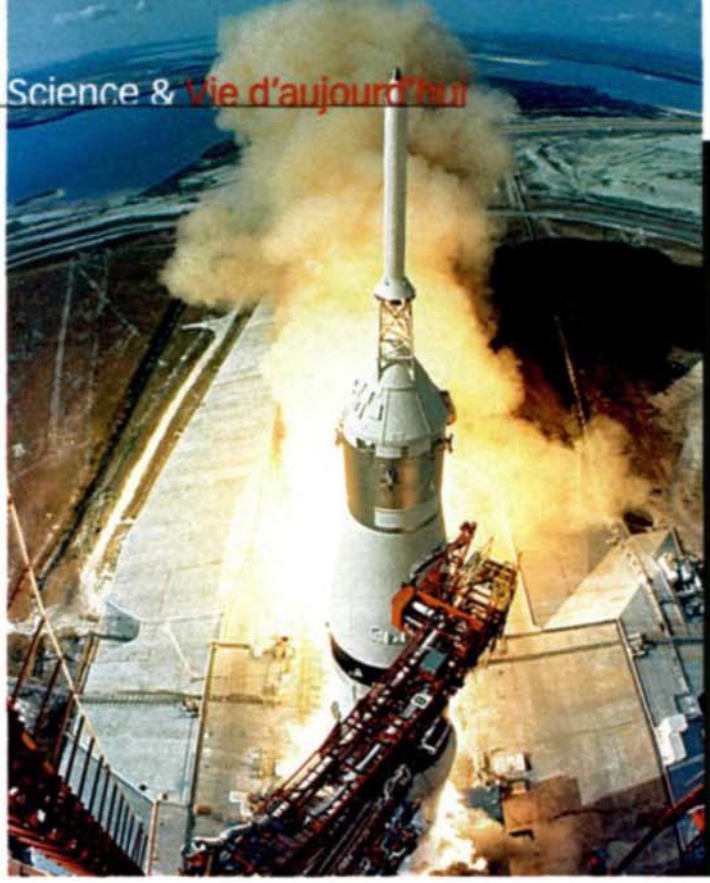
Emportait 3 hommes.
Autonomie : 14 jours
Alimentation : pile à combustible
Diamètre : 3,9 m
Volume habitable : 5,9 m³
Hauteur 11 m
Masse : 30,3 t

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Module Altaïr

Emportera 4 hommes avec 7 jours d'autonomie sur la Lune.
Hauteur : 9,75 m
Diamètre : 8,8 m
Volume habitable : 17,5 m³
Masse : 43,2 t (dont 6,1 t pour la remontée)

WWW.ILLUSTRER.FR



2

→ Mais cette ressemblance avec Apollo est en réalité trompeuse. Là où celui-ci privilégiait les véhicules dédiés à une tâche unique, les véhicules de Constellation sont nettement plus ambitieux: ils doivent faire preuve d'adaptabilité et d'une capacité d'emport améliorée.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

UN ENVIRONNEMENT ÉCONOMIQUE DÉFAVORABLE

La capsule *Orion* a un diamètre supérieur de 30 % à celui d'Apollo pour emporter quatre astronautes au lieu de trois. Le module lunaire était quant à lui un vaisseau minimaliste, conçu pour se poser sur terrain plat près de l'équateur lunaire et dans lequel deux hommes pouvaient tenir trois jours dans des conditions très spartiates. *Altaïr* est un véritable "camping-car de l'espace" dans lequel quatre astronautes pourront passer sept jours n'importe où sur la Lune et qui pourra stationner sept mois à proximité d'une base lunaire. Disponible en version cargo et doté d'une propulsion puissante, il servira aussi aux manœuvres d'injection en orbite lunaire.

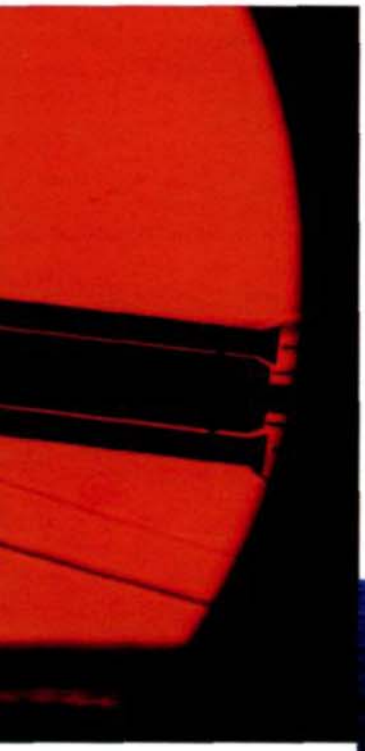
L'utilisation de deux lanceurs au lieu d'un est imposée par le besoin de pouvoir lancer les vaisseaux séparément – *Orion* pour assurer la desserte de la Station spatiale internationale, et *Altaïr* pour des missions de logistique lunaire automatiques – mais aussi pour des raisons de sécurité. Les lancer ensemble nécessiterait une fusée beaucoup plus grosse que *Saturn 5*. Or, les études effectuées à l'époque d'Apollo ont montré que cela n'était pas sans danger. "*Les trois étages de* Saturn 5 *représentaient une puissance explosive maximale de 543 tonnes de TNT, soit un peu plus d'une demi-kilotonne pour utiliser la terminologie des armes nucléaires*, explique le consultant et historien américain Dwayne Day. *En juillet 1969, l'explosion de la fusée géante soviétique* N-1, *dont la puissance a été estimée à 250 t de TNT, a complètement détruit le pas de tir et brisé les fenêtres à 45 km à la ronde.*" Pas question de prendre ce genre de risque aujourd'hui.

Plus ambitieux qu'Apollo d'un point de vue opérationnel, Constellation voit également le jour dans un environnement économique bien moins favorable. Au début des années 1960, les Etats-Unis bénéficient d'une des plus grandes périodes de prospérité économique et industrielle de l'histoire, avec une croissance de plus de 5 % et une situation de plein-emploi. Le programme a été mené principalement sous deux administrations démocrates et dans un relatif consensus politique. "*La nation était prête à être mobilisée car nous étions en pleine guerre froide*", rappelle Jacques Villain.

Au total, suivant les modes de calcul, Apollo aura coûté à l'époque entre 20 et 25 milliards de dollars, ce qui, dans les conditions actuelles, équivaut entre 145 et 180 milliards de dollars. Comparativement, en 2008, le retour à la Lune est chiffré à environ 230 milliards sur vingt ans, jusqu'à la veille de l'établissement d'une base permanente. La relative ressemblance des ordres de grandeur est trompeuse, car les programmes recouvrent des objectifs techniques différents. De plus, rapporté au PIB, le programme Apollo représenterait aujourd'hui un investissement de l'ordre de 400 milliards de dollars, soit environ 40 milliards par an. Un chiffre à comparer aux 18,7 milliards de dollars décrochés par la Nasa pour 2010, qui ne représentent que 0,52 % du budget fédéral, soit 10 fois moins qu'aux grandes heures d'Apollo. De plus, sur ce montant, seuls 3,5 milliards seront consacrés au retour sur la Lune, un chiffre qui doit passer à 5,5 milliards après l'arrêt de la navette.

Eruptions solaires : un nouveau souci

Il n'est plus question de compter sur la brièveté des missions pour espérer échapper aux effets de l'exposition aux radiations solaires et cosmiques : la grande tempête solaire d'août 1972 avait eu le bon goût d'intervenir entre les missions Apollo 16 et 17. *"Un astronaute sur la Lune à ce moment aurait absorbé 400 rem. Ce n'est pas forcément mortel, mais il aurait fallu le ramener rapidement sur Terre pour le soigner*, estime Francis Cucinotta, spécialiste des radiations au centre spatial Johnson de la Nasa. *En restant dans la capsule Apollo, mieux protégée, cela aurait réduit la dose à 35 rem, c'est la différence entre avoir une migraine et avoir besoin d'une greffe de moelle."* De plus longs séjours sur la Lune imposeront une meilleure protection, donc des modules plus lourds. D'autres risques ignorés à l'époque d'Apollo doivent aussi désormais être pris en compte, comme ceux liés à la poussière de régolite, abrasive et invasive, qui endommage les combinaisons et présente un danger pour les astronautes en cas d'inhalation.



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droit réservés

Difficile de reproduire l'exploit

Concevoir un successeur à *Saturn 5* (1) est complexe : ici, test d'aérodynamique d'*Ares 5* (2). Et si les parachutes avaient ramené *Apollo 15* (3), les essais à l'échelle d'*Orion* ont échoué (4).

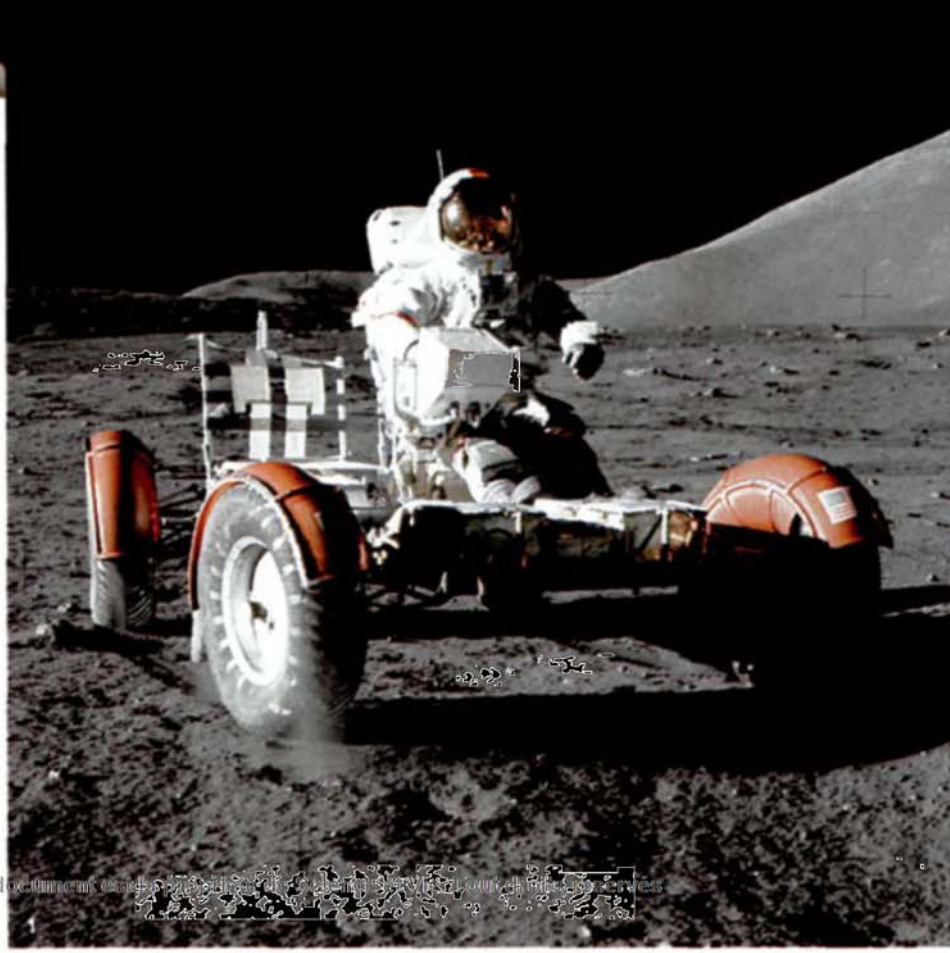
L'"économie de guerre" qui a permis Apollo n'est plus possible aujourd'hui, alors que le monde affronte une grave crise financière et que les Etats-Unis n'ont plus d'adversaire crédible pour justifier une nouvelle course à la Lune. Avec un financement moindre, le programme doit s'étaler dans le temps, ce qui augmente la facture globale et la fragilité politique, comme le rappelle Michael Sender, du Jet Propulsion Laboratory : *"En vingt ans, nous passerons sous trois à six administrations différentes, comment conduire un programme à long terme avec une vision politique à court terme ?"*

TECHNIQUEMENT, IL FAUT REPARTIR DE ZÉRO

Pourtant, on pourrait penser que reproduire Apollo quarante ans après coûterait bien moins cher que la première fois. C'est faux. Relancer la production des *Saturn 5* se heurterait à trois problèmes de taille. Le premier, qui serait cocasse s'il n'était affligeant, c'est qu'une grande partie de la documentation technique a été perdue. *"Quand le programme a été arrêté, la documentation détaillée était dispersée chez les multiples contractants*, explique Dwayne Day. *Et la Nasa ne l'a pas récupérée pour la conserver."* En outre, les outillages nécessaires, rendus caducs à la fin du programme ou simplement obsolètes quelques années plus tard, n'existent plus, tout comme la documentation technique qui avait permis leur réalisation. Enfin, certains procédés industriels ne se pratiquent plus, notamment pour des raisons de pollution ou de sécurité sanitaire : la *Saturn 5* comportait ainsi une grande quantité d'amiante pour l'isolation thermique des réservoirs ou celle des kilomètres de câblages qui la parcouraient. Pour reconstruire une *Saturn 5* aujourd'hui, il faudrait entièrement la reconcevoir avec les technologies modernes. Autant repartir d'une feuille blanche pour concevoir un lanceur mieux adapté.

Même si les avancées dans le domaine des matériaux rendent possible la production de structures à la fois plus grandes, plus légères et plus robustes, même si les moteurs RS-68 et J-2X utilisés sur les lanceurs *Ares* descendent en droite ligne du J-2 des lanceurs *Saturn*, concevoir un lanceur géant demeure un défi d'ingénierie. Certes, l'informatique a envahi le spatial et vient aujourd'hui →

NASA



© Ce document est la propriété exclusive de Science & Vie. Tous droits réservés

La Chine est-elle dans la course ?

Depuis qu'elle a lancé son premier homme dans l'espace en 2003, la Chine est présentée aux Etats-Unis comme un concurrent sérieux pour une nouvelle "course à la Lune". En mai, Christopher Scolese, administrateur intérimaire de la Nasa, a estimé que la Chine pourrait déposer des astronautes sur la Lune avant que la Nasa n'y retourne. De fait, le vaisseau *Shenzhou* a été développé à partir de la technologie du *Soyouz* russe, conçu initialement pour des vols circumlunaires. Par ailleurs, des officiels chinois ont cité la Lune et Mars comme des objectifs logiques après l'établissement d'une station en orbite terrestre.
Mais le pragmatisme qui prévaut dans le spatial chinois depuis l'époque de Deng Xiaoping s'accorde assez peu avec l'idée d'une "course". Les vols habités chinois se succèdent prudemment, avec un 2e en 2005 et un 3e en 2008. Une accélération est attendue pour la prochaine décennie avec la mise en place d'une station modulaire. Des missions lunaires sont aussi prévues avec des sondes automatiques. Le vol habité suivra logiquement, quand la Chine s'estimera prête. Un concept de fusée géante a néanmoins déjà été évoqué par des officiels.

< Avec Yang Liwei en 2003, la Chine est la troisième nation, après l'URSS en 1961 et les Etats-Unis en 1962, à réaliser un vol habité.

→ renforcer la robustesse et la fiabilité des systèmes en les dotant de capacités d'autonomie et de diagnostic. Mais cette médaille a un revers : le développement et la qualification de systèmes "intelligents" prennent de plus en plus de temps et coûtent de plus en plus cher. Le "débogage" informatique d'*Ariane* 5 après l'échec de son premier vol en 1996 avait pris un an. La qualification du "cerveau" du cargo européen ATV en a pris quatre…

LA VIE DES ASTRONAUTES NE PEUT ÊTRE MENACÉE

Or, la recherche de fiabilité est devenue le cœur de la définition de véhicules destinés à opérer souvent et longtemps, sur et autour de la Lune. Dans le monde d'Apollo, où il ne s'agissait que d'une "expédition lunaire" et d'une logique d'affrontement Est-Ouest, la perte d'un équipage – comme celui d'*Apollo 1* en janvier 1967 – était héroïquement envisageable. Elle ne l'est plus dans celui de Constellation. Comme la guerre, la conquête spatiale ne doit plus faire de victimes. La perte de sept astronautes à bord de *Challenger* en 1986 a coûté à la navette son avenir commercial. Celle de sept de plus sur *Columbia* lui a coûté son avenir tout court. Plus question de se retrouver dans des cas où une défaillance unique mettrait en danger la vie des astronautes. Selon les standards actuels, une mission comme Apollo 8 paraît ni plus ni moins suicidaire car une seule panne moteur aurait condamné les astronautes à agoniser en orbite lunaire. La survie miraculeuse de l'équipage d'*Apollo 13* n'a été possible que parce que la défaillance a eu lieu en début de mission, à

2

© Ce document est la propriété de Science et Vie, Tout droits réservés

un moment où on pouvait "piocher" dans les ressources du module lunaire pour organiser le sauvetage. Qu'une panne soit survenue sur la Lune ou autour de celle-ci et rien n'aurait sauvé les astronautes. Aujourd'hui, plus question de s'en remettre à un tel facteur chance… (voir encadré p. 83)

Cinq ans après son lancement officiel, le programme Constellation est donc mal en point. Le soutien populaire est inexistant et, dans une économie en récession, il ne bénéficie que d'un soutien politique faible, basé sur des considérations stratégiques et économiques le plus souvent locales. Car l'une de ses raisons d'être est aussi d'assurer la pérennité des outils industriels existants et la sauvegarde de quelque 17 000 emplois. C'est pour cette raison que les lanceurs *Ares 1* et *Ares 5* font largement appel à des technologies de la navette, notamment ses propulseurs solides, quitte à adopter des architectures peu optimisées. Celles-ci sont fortement critiquées à l'intérieur même de la Nasa, où une véritable "fronde" s'est organisée pour défendre clandestinement un concept alternatif: le projet Direct, basé sur un seul lanceur modulaire – baptisé *Jupiter* et réutilisant également des technologies de la navette –, dont l'architecture rappelle celle d'*Ariane 5* en trois fois plus gros. Selon ses promoteurs, il serait capable de remplacer les deux *Ares* à moindre coût et plus rapidement.

Dans ces conditions, la Nasa, pour laquelle Barack Obama a mis cinq mois à choisir un administrateur, peine à tenir son calendrier. Alors qu'*Orion* devait à l'origine prendre la relève de la *Navette* pour la desserte de la Station spatiale internationale dès 2012, la première mission habitée n'est plus prévue que pour 2015, forçant les astronautes de la Nasa à voler sur des *Soyouz* russes pendant quatre ans. Le vol lunaire, prévu pour 2018, a glissé à 2020. Quant à la base lunaire internationale, elle pourrait être réduite à la portion congrue: *"Un peu moins qu'un avant-poste"*, selon les termes de Christopher Scolese, administrateur intérimaire de la Nasa. Une commission indépendante a été nommée en mai pour passer l'ensemble du programme en revue. Elle rendra ses conclusions en août. D'ici là, la préparation des contrats sur *Altaïr* et *Ares 5* est suspendue. La Lune s'éloignerait-elle à nouveau? Le programme s'autodétruira-t-il dans les cinq prochaines années? ▮

Objectif 2020: aller plus loin et plus longtemps

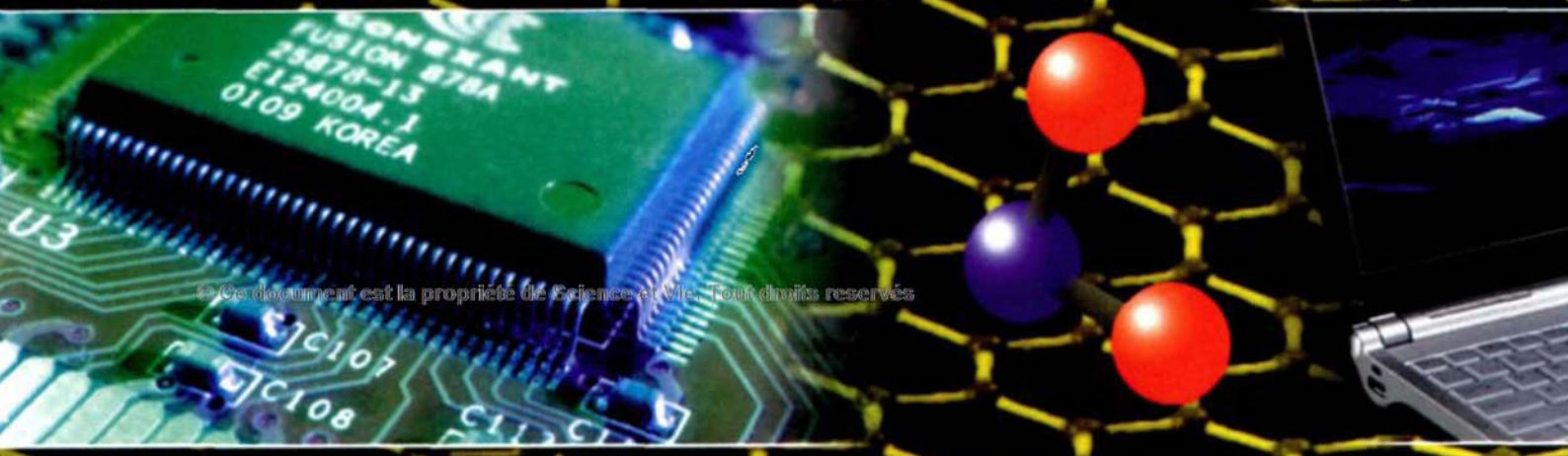
En 1972, le véhicule lunaire utilisé lors de la mission Apollo 17 (1) est plutôt "rudimentaire". Ce nouveau concept (2) possède un châssis articulé et devrait permettre une exploration plus aisée de notre satellite.

arte

The Shadow of the moon

Entre 1968 et 1972, vingt-quatre astronautes sont partis conquérir la Lune. Douze y parvinrent. *The Shadow of the moon* donne la parole à neuf d'entre eux. Archives et témoignages inédits retracent ce programme spatial à nul autre pareil. Aussi instructif qu'émouvant. *Un documentaire produit par Ron Howard. Réalisé par David Stington et Christopher Riley. En DVD, en salle et sur Arte ce mois-ci.*

CHINE NOUVELLE - NASA



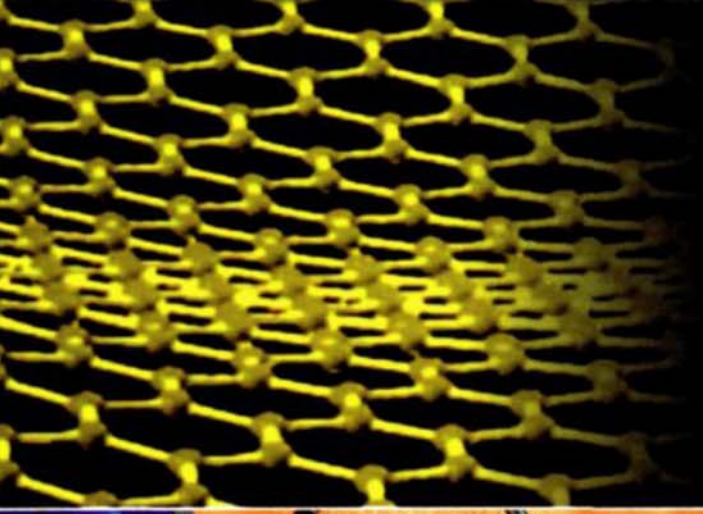
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits reservés

NOUVEAUX MATÉRIAUX

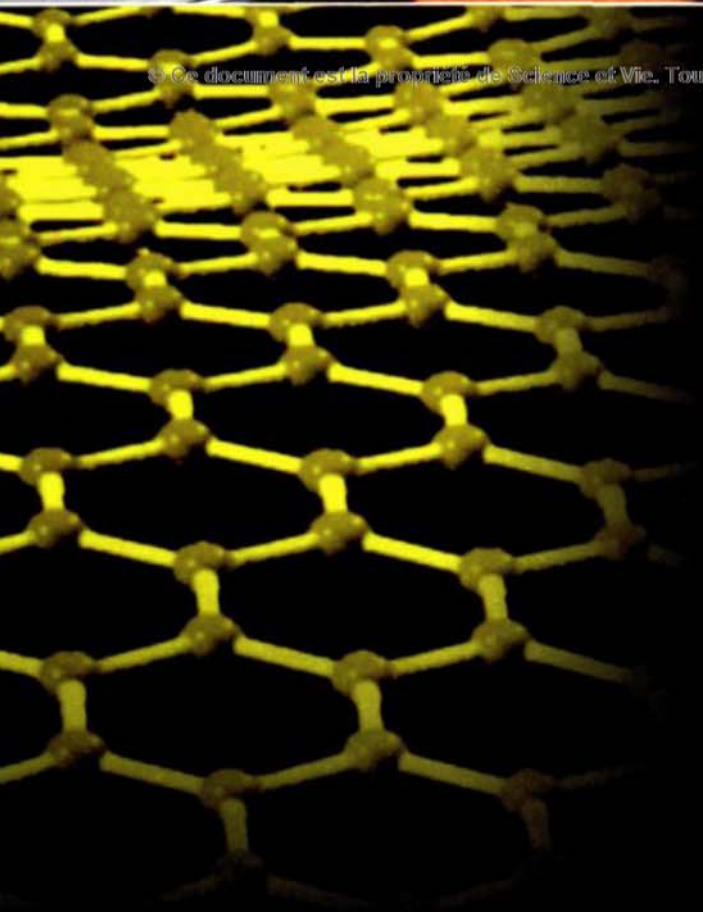
Par Mathilde Fontez

L'industrie prépare la révolution du graphène

Transparent, conducteur, hyperrésistant, doté de propriétés électroniques surclassant celles du silicium : le graphène, véritable pépite technologique mise au jour en 2004, excite aujourd'hui toutes les convoitises industrielles. Car cet étonnant cristal augure d'applications tous azimuts… dès lors que sera relevé le défi de sa production de masse. Tour d'horizon.



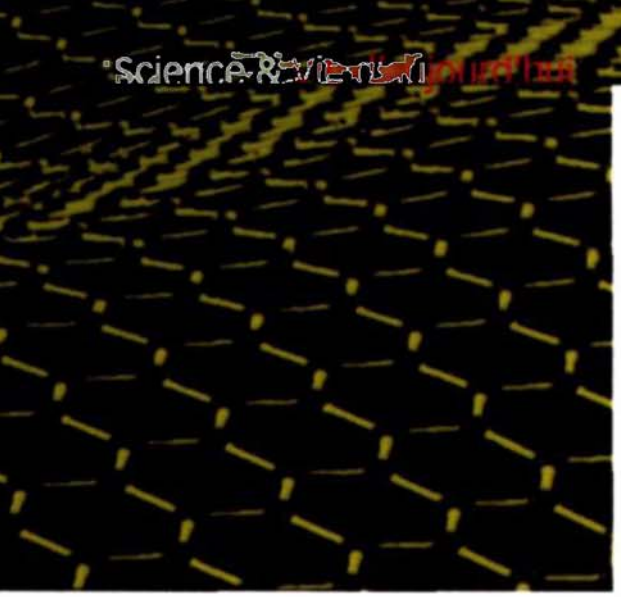
Composé d'atomes organisés en nid-d'abeilles, le graphène apparaît un matériau rêvé pour d'innombrables applications.



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

C'est la nouvelle star des labos. Depuis quelques années, les physiciens – et de plus en plus les industriels – ne se lassent pas de la lorgner sous toutes les coutures et d'imaginer tous les rôles qu'ils pourront lui faire jouer. Son nom? Le graphène. Sa particularité? Etre l'unique cristal à deux dimensions. Ses atomes de carbone, organisés en hexagones comme un nid-d'abeilles, forment une molécule plane, épaisse d'un seul atome, soit 0,1 nanomètre. Pourtant, nous le connaissons tous: il s'empile, feuille sur feuille, pour constituer le graphite du crayon à papier. Or, il n'y a pas si longtemps, les théoriciens estimaient qu'un tel cristal bidimensionnel ne pouvait être isolé: les Américains David Mermin et Herbert Wagner avaient en effet établi en 1966 que, sous l'effet de l'agitation thermique, une couche unique d'atomes devait immédiatement se désordonner... et le matériau se liquéfier. Cela n'a pas empêché, en 2004, le physicien russo-néerlandais Andre Geim et son équipe de l'université de Manchester de réussir à isoler le cristal impossible (voir encadré p. 91). En réalité, l'honneur de la théorie est sauf car le graphène n'est pas parfaitement plat et présente d'infimes ondulations qui absorbent l'énergie d'agitation thermique. Depuis sa découverte, le graphène ne cesse de révéler des propriétés hors du commun: ses caractéristiques en font un matériau à la fois transparent et conducteur, idéal pour les cellules →

DR - GETTY - MESOSCOPIC PHYSICS GROUP - H.RAGNET/CNRS PHOTOTHEQUE/THALES



> Grâce à une nouvelle génération de transistors en graphène, les charges circulent 30 fois plus vite.

→ solaires ou les cristaux liquides ; sa résistance mécanique augure des matériaux ultrasolides ; enfin, ses propriétés électroniques fascinent. C'est que le graphène a une vitesse de transmission incroyablement élevée : 30 fois supérieure à celle du silicium, matériau de base de l'industrie de l'électronique.

Alors, à quand les usines de graphène ? Les laboratoires s'activent sur deux méthodes de production de masse. La première est notamment étudiée par le Georgia Institute of Technology (Atlanta, Etats-Unis). Elle consiste à chauffer un cristal de carbure de silicium à plus de 1000 °C jusqu'à ce que ses atomes de silicium se dissocient et s'évaporent. Reste alors les atomes de carbone, qui se lient spontanément en formant le réseau hexagonal du graphène. "*Les feuillets que nous produisons mesurent désormais quelques dizaines de micromètres de largeur, et, surtout, nous avons pu prouver cette année que la pureté de nos échantillons était suffisante pour des applications en microélectronique*", se félicite Claire Berger, qui travaille sur le sujet au Georgia Institute. Preuve que l'industrialisation se prépare, une start-up, Graphene Works, a vu le jour à Atlanta en décembre 2008…

"*Mais c'est une autre voie qui devrait donner lieu, dans cinq ans, aux premières applications du graphène*", prédit Thierry Poiroux, chercheur au CEA-Leti, laboratoire de recherche appliquée en électronique situé à Grenoble. Parce qu'elle est d'une simplicité enfantine. Les chercheurs ont en effet découvert que lorsqu'on oxydait le graphite dans un milieu acide, il se séparait en feuilles de graphène… A partir de là, il suffit de purifier le cristal à l'aide d'un solvant réducteur. Et justement, une équipe de l'université de Californie vient de découvrir que l'hydrazine, un composé d'azote et d'hydrogène, remplissait très bien ce rôle. "*Avec cette méthode, on obtient des couches de bonne conduction, et peu chères!*", s'enthousiasme Vincent Tung, qui a participé aux recherches. Ce procédé semble produire des feuilles de graphène insuffisamment pures pour des applications en microélectronique, mais qu'importe, bien d'autres applications sont dans les starting-blocks. Quelle sera la première ? Les paris sont ouverts !

GRAPHENE INDUSTRIES - M.D.STOLLER

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Informatique

Un successeur pour le silicium

Un atome d'épaisseur, dix de large… Le plus petit transistor du monde est en graphène ! Dans la course perpétuelle à la miniaturisation des transistors qui, selon la fameuse loi de Moore, voient leur taille fondre de moitié tous les deux ans, le graphène a tous les atouts pour prendre le relais du silicium, dont les limites seront atteintes d'ici dix à vingt ans. "*On va bloquer à une dizaine de nanomètres d'épaisseur. Les transistors seront alors trop petits pour que la chaleur qu'ils produisent soit évacuée*", confirme Mark Goerbig, du Laboratoire de physique des solides de l'université Paris-Sud. Dans son rapport de 2008, le Comité international de veille pour les semi-conducteurs (ITRS), qui fixe

les priorités dans le monde de l'électronique, recommande donc le graphène comme successeur du silicium. Sa taille joue évidemment pour lui, mais, surtout, c'est sa vitesse de transmission électronique qui lui réserve un bel avenir. Dans un transistor, en effet, la performance dépend de la vitesse des charges: plus elles se déplacent rapidement, plus les informations voyagent vite. *"Or, dans cette fine feuille de matière, les charges vont trente fois plus vite que dans le silicium. Et en électronique, les gens sont pressés!"*, s'amuse Christian Glattli, qui travaille sur le sujet au centre de recherche du CEA à Saclay. De nombreux transistors en graphène ont déjà été réalisés par les différentes équipes de spécialistes. *"Reste à passer de ces prototypes à l'intégration de milliards de transistors sur une même puce..."*, ajoute Thierry Poiroux. Tous les géants de la microélectronique y travaillent. Dans la plus grande discrétion...

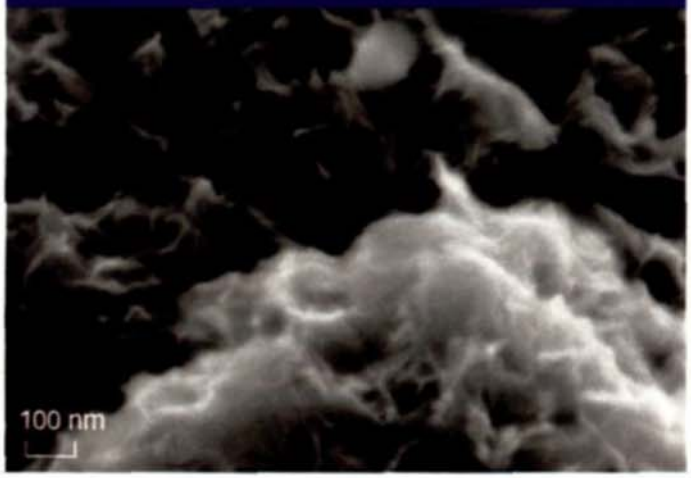
Energie

Une piste pour stocker électricité et hydrogène

Il se recharge en quelques secondes et ne s'use pratiquement pas. Le supercondensateur est le parfait complément de la batterie. Son énergie provient du transfert d'ions à la surface de deux électrodes métalliques. Une milliseconde suffit à la réaction (contre une minute pour une batterie). C'est ce qui fait sa puissance, mais aussi sa faiblesse: il ne pourra jamais emmagasiner autant d'énergie qu'une batterie. Cependant, grâce au graphène, des chercheurs de l'université d'Austin, au Texas, pensent qu'il est possible de doubler la quantité d'énergie stockée. Ils ont en effet déployé des feuilles de graphène sur chacune des électrodes. *"Grâce à la minceur et à la conductivité exceptionnelles du cristal, nous avons pu augmenter la surface des électrodes, et donc leur capacité à fixer les ions"*, détaille Rod Ruoff, qui a dirigé les recherches. Un gain qui pourrait ouvrir aux supercondensateurs de nouvelles applications comme le stockage de l'énergie solaire ou éolienne.
Et ce n'est pas tout. Au rayon énergie, le graphane, un cousin, a été fabriqué en janvier par une équipe internationale qui a réussi à lier un atome d'hydrogène à chaque carbone du cristal. Les chercheurs pressentent pour ce matériau à peine né une application toute trouvée: le stockage de l'hydrogène. Car il suffit de chauffer ce graphane pour qu'il libère ses atomes d'hydrogène. Et les physiciens d'imaginer un réservoir qui stockerait dans un faible volume de grandes quantités d'hydrogène facilement libérables.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

V Déployé sur les électrodes d'un supercondensateur, le graphène pourrait doubler la quantité d'énergie stockée.



Mécanique

Un matériau ultrasolide

A peine inventé, le graphène s'arrache dans les laboratoires de matériaux. Il faut dire qu'il a tout d'un recordman de la mécanique. Des tests réalisés en 2008 par une équipe de l'université Columbia, aux Etats-Unis, ont montré que sa résistance était exceptionnelle : deux cents fois plus costaud que l'acier ! Les chercheurs ont en effet étudié la résistance à la rupture d'un feuillet de graphène à l'aide d'un microscope à force atomique. Le résultat est sans appel : le graphène est le matériau le plus solide qui ait jamais été observé ! Il peut supporter une masse de deux tonnes sur une surface de la taille d'une pointe de crayon. Ces propriétés s'expliquent par l'absence de défauts sur le feuillet du cristal, car c'est surtout de la taille et du nombre de défauts contenus dans un matériau que dépend sa résistance à la rupture. Mais les chercheurs des universités de Princeton et de Northwestern, aux Etats-Unis, n'ont pas attendu ces résultats pour être convaincus que le cristal avait de l'avenir dans le domaine des matériaux. Ils ont eu l'idée d'insérer des feuilles de graphène dans un composite en polymère. Leurs résultats, publiés en mai 2008, sont enthousiasmants : des ajouts minimes de graphène suffisaient à augmenter de façon importante la dureté et la stabilité thermique des polymères. Alors, à quand un avion en graphène ?

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Imagerie

Une plaque idéale pour microscope électronique

Les atomes sont farouches. Si les plus lourds se laissent aisément regarder au microscope électronique, le carbone ou l'hydrogène, trop petits, sont difficiles à capter : lorsque le faisceau d'électrons de l'instrument devient trop intense, les atomes lourds de la plaque sur laquelle repose l'échantillon réagissent, et leur diffusion masque celle des atomes à observer… Mais une équipe de l'université de Berkeley, en Californie, a pensé à utiliser le graphène, à la fois solide et transparent. Les résultats, publiés en juillet 2008, sont concluants. Le cristal est assez stable pour supporter plusieurs heures d'affilée des faisceaux d'électrons très énergétiques. Ainsi, les physiciens ont vu apparaître avec émotion l'insaisissable atome d'hydrogène. Mieux, ils ont filmé en temps réel le mouvement des atomes de carbone au bord de la feuille de graphène.

MESOSCOPIC PHYSICS GROUP - COURTESY H POSTMA/CSU NORTHRIDGE - DR

Electronique

Des cristaux liquides plus résistants

Bientôt un écran de télé au graphène ? Pourquoi pas… Kostya Novoselov et son équipe de l'université de Manchester ont mis au point en avril 2008 un dispositif à cristaux liquides au graphène, profitant de la transparence du fameux cristal : avec son atome d'épaisseur, *"chaque feuille de graphène absorbe uniquement 2,5 à 3 % de la lumière"*, précise Thierry Poiroux, spécialiste du sujet au CEA-Leti. Cela tombe bien puisque les cristaux liquides nécessitent une couche de conducteur en surface, qui fait office d'électrode négative et doit être transparente pour laisser passer la lumière. Les anodes actuelles, aux ressources limitées, ont tendance à se dégrader avec le temps. *"Cette application sera l'une des premières"* du graphène, prédit Thierry Poiroux… Et pas seulement pour les cristaux liquides : les cellules solaires nécessitent aussi cette anode transparente.

< Epais d'un atome seulement, le graphène (ici étalé en couches) s'avère 200 fois plus résistant que l'acier.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reserves

Biotechnologies

Une sonde pour séquencer l'ADN

Il a fallu treize années de travail pour séquencer le génome d'un être humain, et Henk Postma, chercheur à l'université Northridge, en Californie, propose de réussir l'exploit en quelques heures! Selon lui, il suffirait d'utiliser une feuille de graphène comme une sonde. L'idée est de soumettre les paires de bases azotées qui constituent notre ADN à un champ électrique par l'intermédiaire de cette feuille. Chaque base créerait alors un courant électrique spécifique dans le cristal. Et, en le mesurant, on pourrait identifier les bases en continu! *"J'ai pensé que ces propriétés électriques des bases étaient la meilleure idée à explorer pour séquencer l'ADN. Restait la question suivante: quel matériau utiliser comme contact?"*, relate Henk Postma. Le graphène, pardi! Le chercheur estime que, avec ce système, une base pourrait être lue en seulement 3,6 microsecondes.

v Utilisé comme une sonde, le graphène pourrait "lire" le génome humain en quelques heures.

> TROIS QUESTIONS À...

Andre Geim

PHYSICIEN À L'UNIVERSITÉ DE MANCHESTER, IL EST LE PREMIER, AVEC SON ÉQUIPE, À AVOIR ISOLÉ LE GRAPHÈNE.

Comment avez-vous eu l'idée d'isoler le graphène?
J'étais envieux des belles découvertes de mes collègues qui travaillaient sur les nanotubes de carbone et je me suis dit: *"Pourquoi ne pas faire la même chose, mais avec une feuille de carbone étalée et non roulée?"* Nous sommes partis d'un cristal de graphite que nous avons effeuillé avec... du ruban adhésif! A cette époque, personne ne croyait que l'on pouvait réussir à isoler une seule couche d'atomes. Mais finalement, grâce à notre "truc du Scotch", nous avons fini par réussir en 2004.

Qu'a-t-il de particulier, ce matériau?
Le graphène, c'est une bénédiction pour un physicien. D'abord théoriquement. Avec une épaisseur d'un atome, on peut dire que c'est le premier matériau bidimensionnel! Mais ce sont surtout ses propriétés électroniques qui sont stupéfiantes. A l'intérieur d'une feuille de graphène, les charges se déplacent comme des particules quantiques relativistes, comme si elles avaient perdu leur masse et se déplaçaient à la vitesse de la lumière. Cette physique était presque inaccessible auparavant. C'est comme un accélérateur de particules... sauf qu'il tient sur un bureau!

Et quelles applications promet-il?
Le graphène est le candidat numéro un pour remplacer le silicium dans les composants électroniques. Je suis très optimiste sur ses chances d'intégrer un jour les ordinateurs... Peut-être d'ici une quinzaine d'années...

DISPARITION DES CORAUX

Par Rafaële Brillaud

Alerte à l'étoile de mer géante

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Acanthaster planci a déjà sévi plusieurs fois dans les eaux du Pacifique, mais aujourd'hui, les scientifiques polynésiens s'inquiètent de la prolifération de l'échinoderme hors norme. La raison ? Cette dévoreuse de corail laisse derrière elle des récifs exsangues. Comment protéger un écosystème-clé de notre environnement ? Enquête.

TYRONA D. STEWART/NATIONAL GEOGRAPHIC/MINDEN PICTURES

L'impressionnante étoile mesure environ 30 cm, mais peut atteindre 80 cm et peser 3 kg ! Chaque individu avale entre 5 et 13 m² de corail par an.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Un animal redoutable

1. Chaque femelle produit 12 à 24 millions d'œufs et les larves parcourent jusqu'à 300 km. 2. Pour manger, *A.planci* s'accroche grâce à ses ventouses (à dr.), extrait son estomac (à g) et le pose sur sa proie. 3. Ses épines rouges sont venimeuses.

1

2

3

> On repère aisément le passage des étoiles géantes sur le corail : il ne reste que le squelette, d'un blanc immaculé.

Son seul nom évoque la souffrance. L'étoile de mer "couronne d'épines", traduction littérale de l'anglais *crown-of-thorns starfish*, est un échinoderme hors norme qui mérite la crainte qu'il inspire. Lorsqu'on l'aperçoit dans les eaux calmes d'un lagon ou, plus en profondeur, sur les pentes d'un récif, elle impressionne d'emblée avec son corps massif, de couleur pourpre, verte ou bleue, couvert de piquants acérés. Elle mesure une trentaine de centimètres de diamètre en moyenne – mais peut atteindre 80 centimètres ! – et pèse de 200 grammes à 3 kilos. Certains la surnomment ironiquement "coussin de belle-mère", car sa piqûre est très toxique pour les autres organismes marins comme pour l'homme. Les scientifiques, eux, parlent plus sobrement d'*Acanthaster planci*... la dévoreuse de corail ! Et ils s'inquiètent de ses explosions démographiques, qui laissent derrière elles des récifs exsangues et menacent actuellement ceux de la Polynésie française.

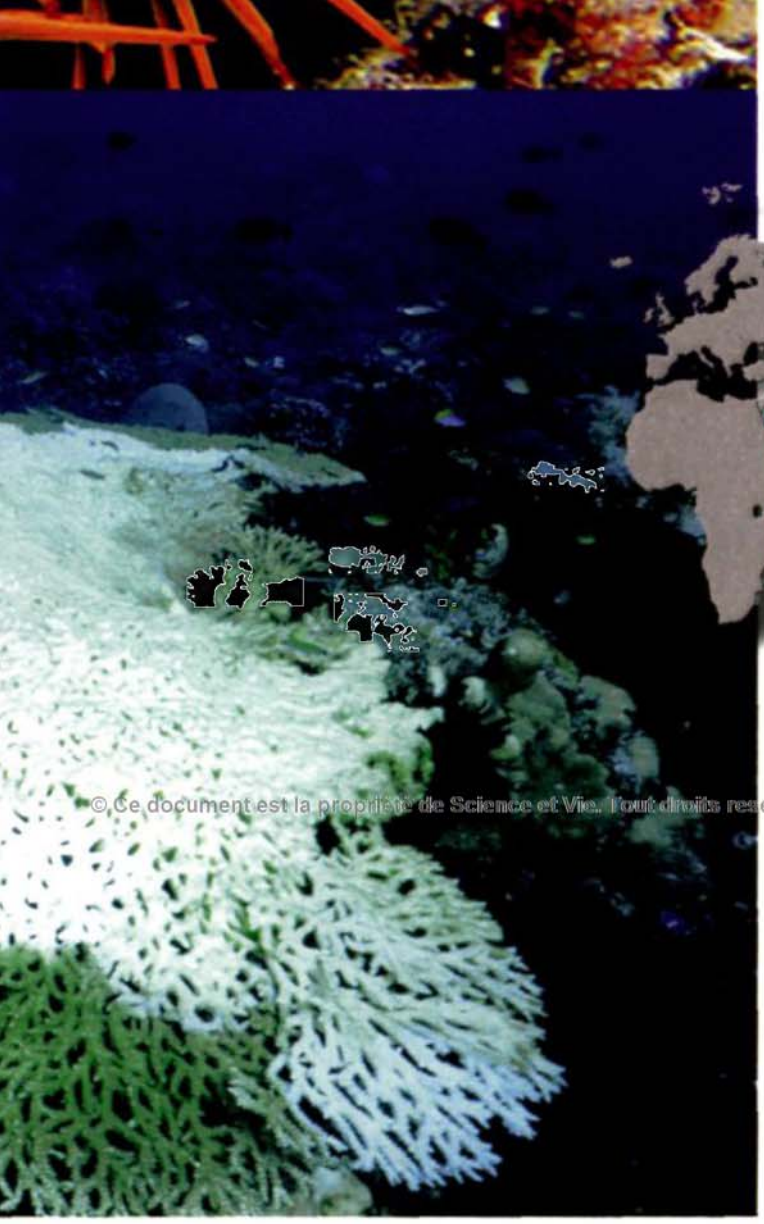
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

Car il ne faut pas se fier à ses indolents déplacements, effectués grâce à ses podia, des organes locomoteurs terminés en ventouses : malgré sa lenteur, *A. planci* est un redoutable prédateur. Elle est dénuée de mâchoire ? Qu'importe !

ELLE AVALE ENTRE 5 ET 13 M² DE CORAIL PAR AN

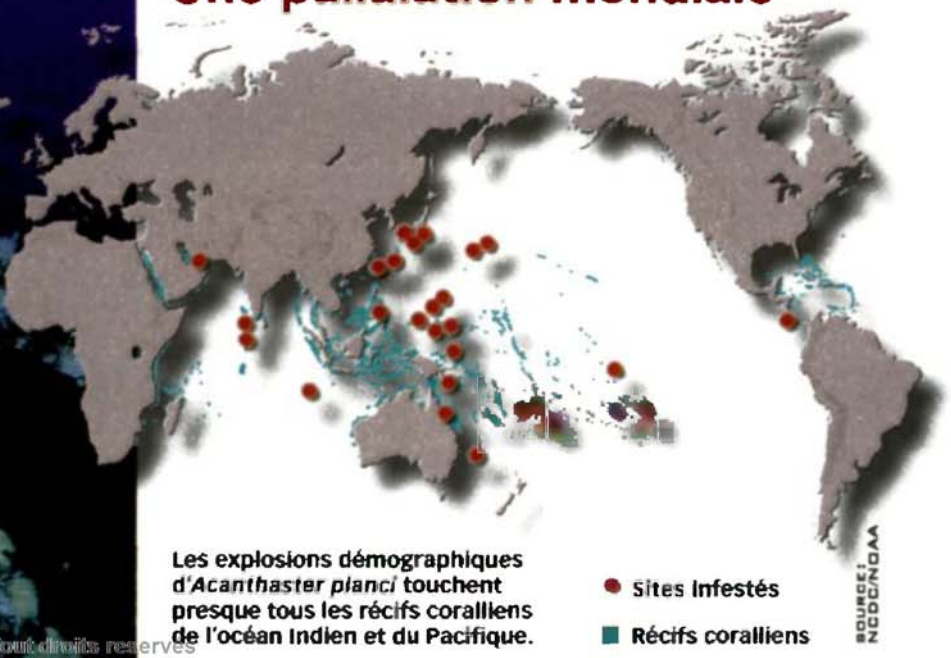
Elle possède une technique implacable, propre à quelques étoiles de mer : elle "dévagine" son estomac, autrement dit elle l'expulse de son corps et le pose directement sur sa proie. Des enzymes réduisent alors cette nourriture à l'état de bouillie, que des cils amènent ensuite à la bouche du monstre. Cette méthode permet à *A. planci* de manger des organismes fixés, telles les colonies de polypes insérés dans leur logette de calcite dont sont formés les coraux. D'une grande souplesse, l'énorme étoile de mer se glisse dans les interstices des récifs et les vide peu à peu de leur substance. On repère aisément son passage aux "cicatrices alimentaires" qu'elle produit : après chaque festin, il ne reste plus que le squelette du corail, d'un blanc immaculé.

Concrètement, l'échinoderme consacre pas moins de 45 % de son temps à se nourrir ; doté d'un large estomac, il avale entre 5 et 13 m² de corail par an ! En temps normal, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a que 5 à 7 individus par kilomètre carré, les récifs peuvent supporter leurs assauts sans dommage important. Mais si *A. planci* vient à pulluler, si l'on dénombre plus de 30 individus au kilomètre carré, le corail n'a plus aucune chance : il est consommé plus rapidement qu'il ne peut se développer. En bref, il régresse. Et c'est ce qui se passe en ce moment en Polynésie française. Depuis 2004, des hordes de taramea, nom tahitien de la bête, envahissent les fonds de ce territoire réparti sur 118 îles. "*Ce sont de véritables troupeaux qui avancent et qui broutent tout sur leur passage*", raconte Bernard Salvat, professeur émérite à l'Ecole pratique des hautes études. Résultat, l'état des coraux est au plus bas : sur les pentes externes de Moorea, à 12 mètres de profondeur, le recouvrement corallien a chuté de 55 % à moins de 5 % ! En plus, le problème dépasse largement le seul archipel. Présente un



R.DEFTS/DEEP SEA IMAGES - M.KONTENTE

Une pullulation mondiale



Les explosions démographiques d'*Acanthaster planci* touchent presque tous les récifs coralliens de l'océan Indien et du Pacifique.

© Ce document est la propriété de Science et Vie, tout droits reservés

peu partout dans l'océan Indien et le Pacifique, A. *planci* s'est d'abord fait repérer en grande quantité dans les années 1930 vers les îles Fidji. Depuis, de nombreuses pullulations ont été répertoriées, avec parfois des densités vertigineuses de 14000 individus par kilomètre carré ! A chaque fois, l'étoile de mer épineuse a provoqué de terribles dégâts. Dans les années 1960, au nord de la Grande Barrière australienne, 80 % du récif fut détruit entre 2 et 40 mètres de profondeur.

Des scientifiques s'en alarment donc, d'autant plus que les activités humaines augmenteraient la fréquence et l'intensité des pullulations depuis les années 1970. Les dragages, la déforestation, l'agriculture, les constructions et la pollution auraient pour conséquence de charger les eaux en sels nutritifs, favorisant le développement des larves d'A. *planci*. En outre, l'étoile de mer voit peu à peu disparaître son principal prédateur, le mollusque *Charonia tritonis*, pêché à outrance pour sa magnifique coquille dont raffolent les touristes.

Dans les eaux de Tahiti, la situation s'aggrave encore avec la présence d'un autre fléau : sans que l'on sache précisément pour quelle raison, une algue brune colonise les substrats morts dégagés par les taramea. "*Depuis les années 1980 et l'événement d'El Niño, on observe une croissance incontrôlée de* Turbinaria ornata, *une espèce autochtone*", confirme Claude Payri, spécialiste des algues et professeur d'écologie marine récifale à l'université de la Polynésie française, détachée à l'IRD de Nouméa. Or, l'algue grandit plus vite que les coraux, prend leur place et les empêche de repartir !

D'habitude, on estime qu'il faut douze à quinze ans pour qu'un récif détruit retrouve son état originel. Mais les assauts de plus en plus fréquents d'A. *planci*, combinés à ceux de *Turbinaria ornata*, ne laissent plus autant de temps aux coraux. Ainsi fragilisés, comment vont-ils réagir face aux menaces de nouvelles perturbations liées au réchauffement climatique (lire encadré p. 97) ? La question est cruciale car les coraux forment un écosystème-clé de notre environnement : "*Ils protègent nos côtes et font vivre un demi-milliard d'individus, grâce à la pêche ou au tourisme*", explique Bernard Salvat. Ces oasis, qui représentent 1 % de la surface des océans, abritent pas moins d'un tiers de la vie marine. Leur préservation est donc essentielle, mais elle risque d'être mise à mal par A. *planci*. →

> FAITS&CHIFFRES

Sur les **284803 km de récifs coralliens** qu'il possède, le monde en a déjà perdu **19 %**. Ce bilan risque fort de s'alourdir puisque, selon l'Icri (l'Initiative internationale pour les récifs coralliens), **54 % des récifs sont aujourd'hui menacés** : 15 % pourraient disparaître dans les 10 à 20 ans à venir, puis encore 20 % dans les 20 à 40 ans. Et ces prédictions ne tiennent pas compte des menaces liées au réchauffement climatique !

< Principal prédateur de l'étoile, le mollusque *Charonia tritonis* disparaît peu à peu, pêché à outrance pour sa coquille très appréciée.

> Les biologistes utilisent donc un moyen radical pour éliminer *A. planci*: l'injection de bisulfate de sodium à l'aide de seringues géantes.

V Afin de limiter les dégâts causés sur les récifs coralliens, pêcheurs et plongeurs effectuent aussi des campagnes de ramassage.

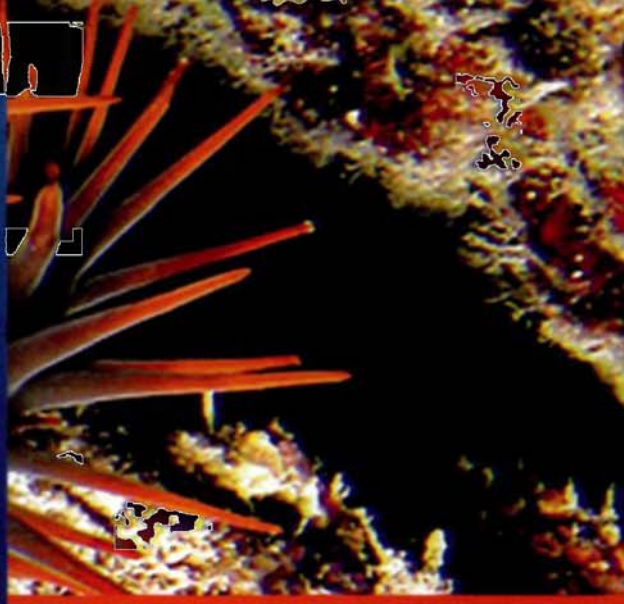
→ D'autres scientifiques refusent toutefois de s'inquiéter de telles infestations. A leurs yeux, ces explosions démographiques ponctuelles suivraient un cycle naturel. La taramea n'en est pas à sa première explosion démographique dans les eaux tahitiennes; la région a déjà connu deux séries d'infestations, vers 1969, puis vers 1980.

©Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

CES ÉTOILES AURAIENT-ELLE UN RÔLE À JOUER?

Preuve que le phénomène est loin d'être nouveau: des restes d'*A. planci* ont été identifiés dans les sédiments fossiles de la Grande Barrière. L'étoile de mer permettrait même à l'écosystème de se régénérer: se nourrissant de préférence des espèces coralliennes à croissance rapide, telles celles de la famille des *Acroporidae*, elle libérerait de la place pour les autres espèces moins compétitrices et augmenterait la diversité du milieu. Selon les partisans de cette théorie, le credo est donc de ne rien faire. *"C'est comme si vous vouliez empêcher les feuilles de tomber à l'automne!* s'exclame Yannick Chancerelle, biologiste au Centre de recherches insulaires et observatoire de l'environnement (Criobe), laboratoire du CNRS à Moorea. *Il ne faut pas toujours voir la destruction d'un point de vue négatif. Ces étoiles de mer ont sûrement un rôle à jouer: à nous de le montrer et de continuer à les surveiller."* Autre chercheuse du Criobe, Sylvie Geoffroy plonge régulièrement pour relever les densités de taramea: *"La prolifération va durer encore un an"*, estime-t-elle. Les étoiles de mer ayant ravagé les coraux, elles ne vont bientôt plus rien avoir à manger et devraient par conséquent disparaître d'elles-mêmes. Les larves de coraux en suspension dans l'eau pourront ensuite s'installer sur le substrat mort et former de nouvelles colonies. Jusqu'à la prochaine hécatombe.

Dans le doute cependant, afin de limiter les dégâts, les Polynésiens ramassent comme ils peuvent les taramea qu'ils croisent lors de leurs plongées ou de leurs pêches. Mais se débarrasser de cet animal vieux de 500 millions d'années



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

n'est pas une sinécure ! Il est impossible de l'attraper à pleines mains : ses épines chargées de venin infligent une douleur très violente et provoquent des vomissements, voire des réactions allergiques. Une fois qu'il l'a pêchée, l'homme s'est souvent contenté de la couper en deux dans l'espoir de l'achever. Peine perdue ! L'étoile de mer est capable de se régénérer à partir d'un morceau d'elle-même : voilà donc deux taramea qui repartent au lieu d'une. Enfin, *A. planci* a tout de l'envahisseur tenace : elle dispose d'une relative longévité (plus de 8 ans en laboratoire) et atteint la maturité sexuelle dès l'âge de 2 ans ; chaque femelle produit en moyenne 12 à 24 millions d'œufs (avec des pics à 60 millions !) ; les larves se dispersent alors, pouvant parcourir 300 kilomètres et coloniser les récifs alentours.

Face à de telles armes, Elodie Lagouy a opté pour la manière forte. Cette consultante en biologie marine et coordinatrice en Polynésie du réseau Reef Check, dédié à la conservation des récifs coralliens, demeure convaincue qu'il est urgent de donner un coup de pouce aux coraux face aux hordes d'échinodermes. Avec l'accord du gouvernement, elle a donc équipé 52 bénévoles du réseau d'immenses seringues. Les plongeurs les enfoncent en plein disque de l'animal en lui injectant un poison, du bisulfate de sodium, et l'étoile de mer épineuse n'y survit pas. En attendant de mieux comprendre les facteurs à l'origine de ses pullulations, l'association a déjà tué de la sorte 15 000 individus sur 48 zones sélectionnées, où elle espère sauver le corail qui peut encore l'être. ▮

Les autres menaces pour les coraux

Les pullulations d'*Acanthaster planci* sont malheureusement loin d'être le seul fléau qui ravage les récifs coralliens. Les activités humaines demeurent la principale cause de régression de ce formidable écosystème : la déforestation favorise l'écoulement de sédiments dans les océans ; les rejets d'engrais et de produits chimiques accentuent la pollution ; la pêche à la dynamite ou le remblaiement des zones côtières détruisent les fonds marins, etc. Les coraux ne sont pas non plus épargnés par des phénomènes naturels tels que les cyclones, dont la fréquence pourrait s'accentuer avec le changement climatique. Enfin, deux inquiétudes majeures sont apparues avec le réchauffement. La hausse de la température de l'eau s'accompagne d'un phénomène de blanchissement : sous l'effet du stress, les polypes expulsent les algues avec lesquelles ils vivent normalement en symbiose. Ils perdent ainsi leur coloration, mais aussi leur source de nourriture, et ne tardent donc pas à mourir. L'acidification des océans, elle, induite par l'augmentation des émissions de CO_2, pourrait considérablement freiner la croissance des coraux en rendant difficile la fabrication de leur squelette de carbonate de calcium.

R.STEWART/J.H.EDITORIAL - N.WU/MINDEN PICTURES - J.A. SUGAR/NGS/GETTY IMAGES

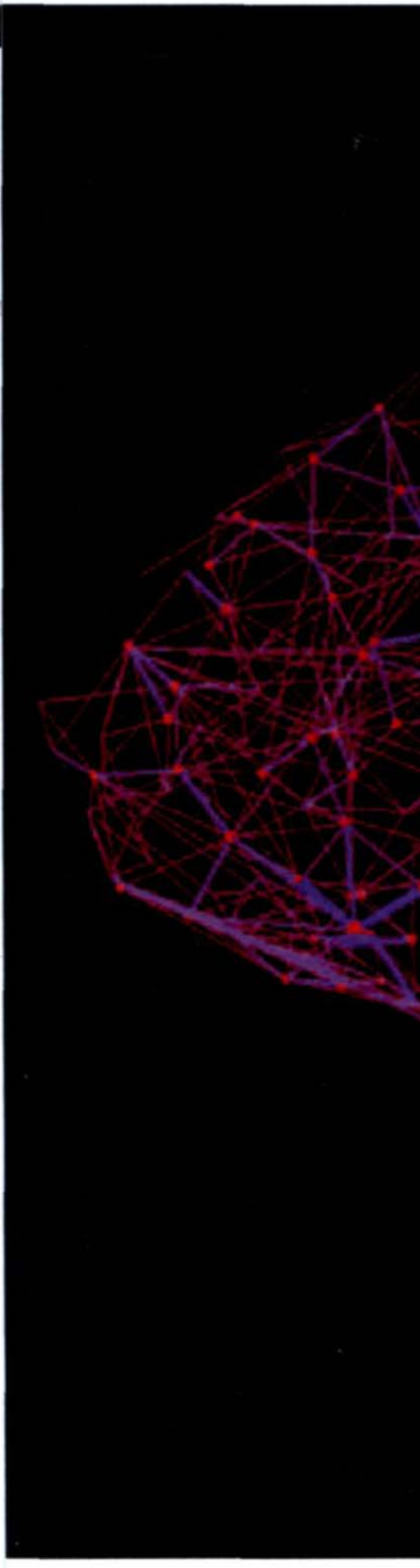
REPÈRES

La manière dont on se représente le monde extérieur a longtemps été vue comme un processus direct, censé produire en continu une image unique. Mais dans les années 1990, une autre vision s'impose : celle d'un cortex qui engendre en permanence plusieurs "scénarios" probables du monde perceptible. Cette conception du "cerveau probabiliste" est en passe d'être inscrite dans le langage mathématique.

Cerveau

Le voici tout près d'être mis en équation

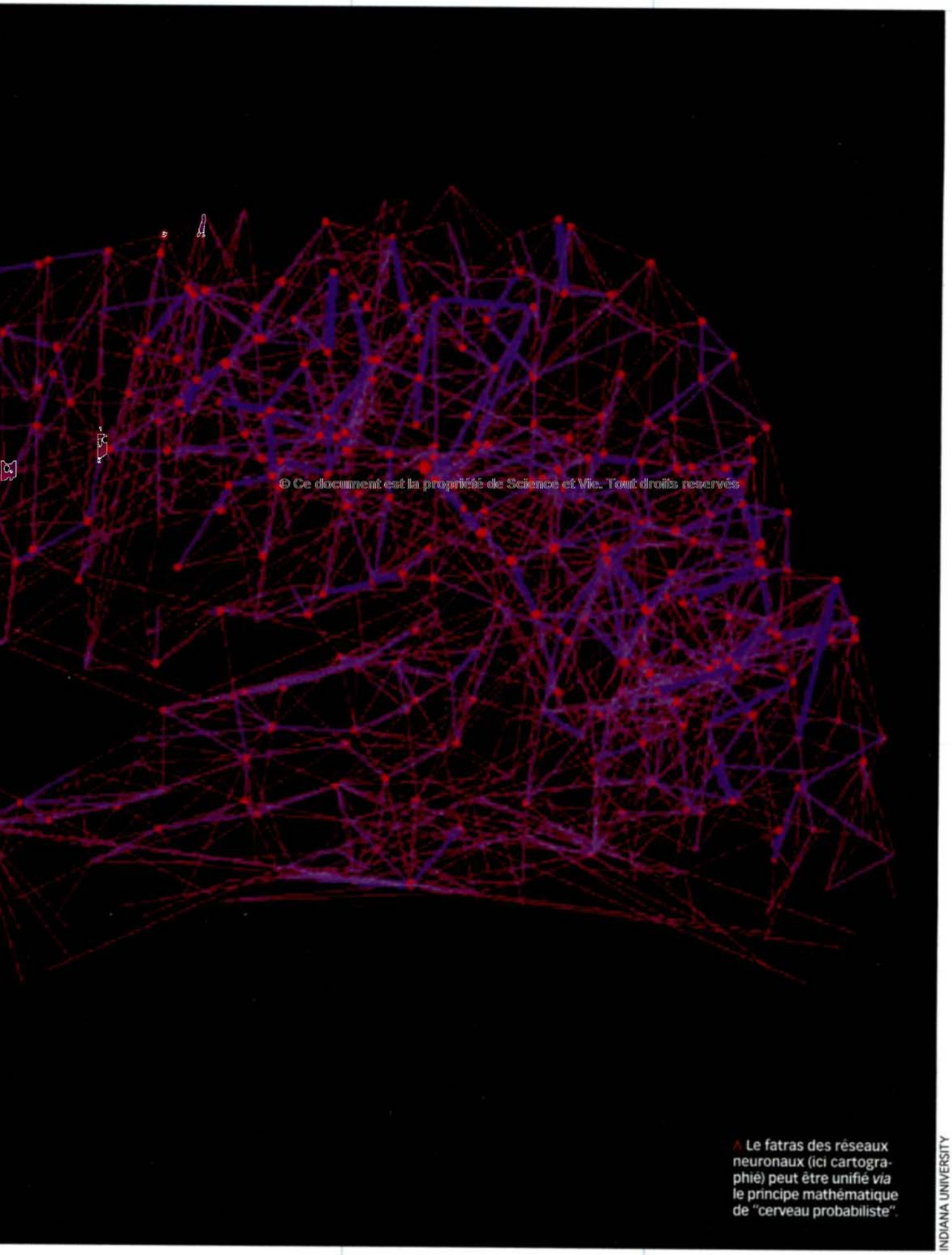
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés



Par Róman Ikonicoff

Formulée en 1915, l'équation de la relativité générale du grand Albert permit d'unifier les lois cosmiques. Le même exploit se reproduisit avec les lois qui régissent les particules élémentaires, *via* l'équation de Schrödinger, formulée en 1925-1926. Ce qui fut réalisé pour le cosmos et l'infiniment petit, voilà que les neurosciences sont en passe de le rééditer… pour le cerveau ! En effet, des chercheurs sont aujourd'hui tout près d'unifier sous une seule et même équation les centaines de modèles du fonctionnement cérébral ayant été élaborés jusqu'ici. Equation qui, dès lors, promet de livrer tous les secrets du cerveau – son fonctionnement global, comme celui de chacun de ses milliards de neurones. Mais aussi de dévoiler notre manière de nous représenter le monde, de penser, d'agir !

En 2008, Stanislas Dehaene, directeur du laboratoire Unicog de neuro-imagerie cognitive au service hospitalier Frédéric-Joliot à Orsay, vendait d'ailleurs la mèche : "*Le cerveau est le résultat de 500 millions d'années de bricolage. Comment un tel fatras pourrait-il être capturé par une seule loi mathématique ? Eh bien, je n'affirmerai pas que quelqu'un y soit déjà arrivé, mais* [je crois] *à la possibilité qu'une telle loi puisse exister.*" Les développements les plus récents des sciences du cerveau viennent aujourd'hui lui donner raison. Car dans cette course à "l'équation de Schrödinger du cerveau", comme →



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

▲ Le fatras des réseaux neuronaux (ici cartographié) peut être unifié *via* le principe mathématique de "cerveau probabiliste".

INDIANA UNIVERSITY

→ l'a joliment nommée Stanislas Dehaene, un pas crucial a été franchi : si l'équation elle-même n'est pas encore écrite en détail, ses termes essentiels sont posés (voir encadré) grâce à un principe mathématique qui met aujourd'hui tous les chercheurs d'accord. Son nom ? Le "cerveau probabiliste".

UN CALCUL À NOTRE INSU

Ce principe dit, en substance, que tout ce que nous voyons, touchons, entendons et sentons du monde extérieur est transformé "en temps réel" par le cerveau en probabilités mathématiques. Le monde serait, pour le cerveau, une gigantesque collection de probabilités continuellement mises à jour au fil de nos perceptions. Saisissant… mais étrange : difficile d'admettre que notre pensée s'élabore à partir des lois mathématiques propres au calcul des probabilités.

C'est oublier que si les probabilités sont au cœur de l'activité cérébrale, c'est… à notre insu. Les calculs nourrissant nos pensées s'exécutent en quelques petits dixièmes de seconde, inconsciemment, au cœur des réseaux de neurones, et leur but est de permettre à chacun d'anticiper en permanence les changements possibles du monde pour se préparer à y faire face. Les probabilités calculées par notre cerveau sont donc d'un genre bien particulier. "*Le concept de 'cerveau probabiliste', qui a émergé dans les années 1990*, explique Alexandre Pouget, directeur du Laboratoire de neurosciences cognitives computationnelles à l'université de Rochester (Etats-Unis), *affirme que le cerveau est une machine à calculer les probabilités des causes possibles de ce qu'il perçoit.*" Un exemple (voir infographie) : vous vous promenez sur un chemin à travers champs, quand votre attention est attirée par la soudaine agitation du feuillage d'un arbre. A cet instant, sans que vous en ayez forcément conscience, votre cerveau émet aussitôt une hypothèse sur ce qui a pu agiter le feuillage, et lui affecte une probabilité : il y a 100 % de chances que ce soit le vent. Si vous ne ressentez pas de vent, la probabilité de la cause "vent" diminue, au profit d'autres hypothèses suggérées par l'environnement. Vous voyez des oiseaux quitter le feuillage ? Il y a 50 % de chances que ce soit le vent – mais vous ne l'avez pas senti – et 50 % que les feuilles aient été agitées par les oiseaux. Puis vous vous souvenez avoir lu que la région est sismique… Vous estimez alors qu'il y a une probabilité faible (5 %) que le feuillage s'agite parce que le sol vient de trembler… et ainsi de suite. Le but de ce calcul ? Savoir comment réagir. Si l'hypothèse d'un séisme finissait statistiquement par l'emporter – un poteau électrique vient de tomber un peu plus loin sur le chemin –, vous chercheriez l'endroit le plus sûr pour vous y réfugier… Bien sûr, les hypothèses – vent ? oiseaux ? séisme ? – n'échappent pas à la conscience : vous pouvez les nommer. Par contre, le poids accordé à chacune d'elles à chaque instant reste le plus souvent inconscient. Elles sont le fruit du calcul encodé dans le réseau de neurones, qui les compare sans cesse aux informations fournies par les sens, la mémoire, l'état émotionnel…

"Le cerveau ? Une machine à calculer les probabilités des causes de ce qu'il perçoit"

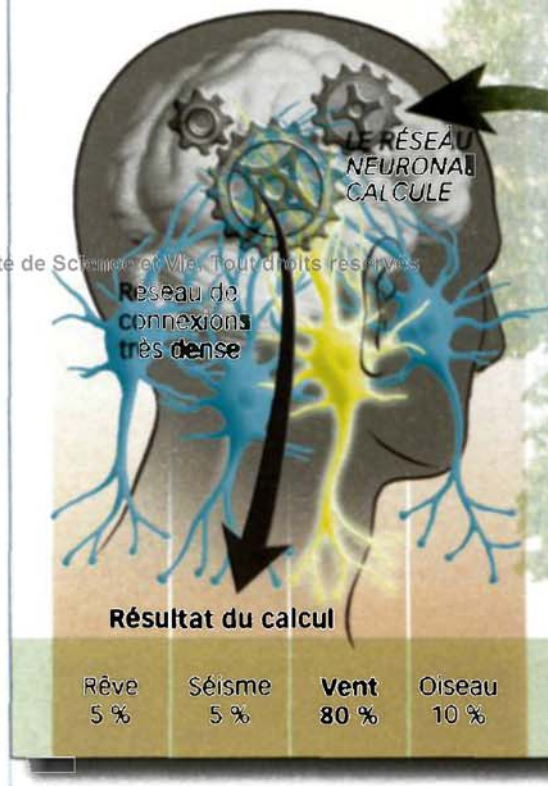
ALEXANDRE POUGET, DE L'UNIVERSITÉ DE ROCHESTER (ETATS-UNIS)

D'où vient cette idée d'un calcul encodé dans le cerveau et réductible à une équation, "*que la majorité des chercheurs en neurosciences computationnelles admet*", comme l'affirme Alexandre Pouget ? Tout simplement de l'observation de l'activité des neurones. "*Il se pourrait en effet que les neurones encodent, d'une manière ou d'une autre, des probabilités sur les causes des* stimuli *qu'ils reçoivent de leurs voisins*", explique Yann LeCun, du Centre de science neurale de l'université de New York. Concrètement, "*la membrane du neurone est le siège de variations électriques plus ou moins aléatoires (bruits parasites)*

Le cerveau calcule

1 Face à un événement, un réseau de neurones s'active…

Imaginez : vous passez devant un arbre et les feuilles se mettent à bouger. Est-ce le vent ? Un oiseau ? Avez-vous rêvé ? Dans le cerveau, des interconnexions neuronales s'activent, traduisant un calcul de probabilités, que la cause du mouvement des feuilles soit le vent, un oiseau, etc. Ici, l'hypothèse du vent domine *a priori*.



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

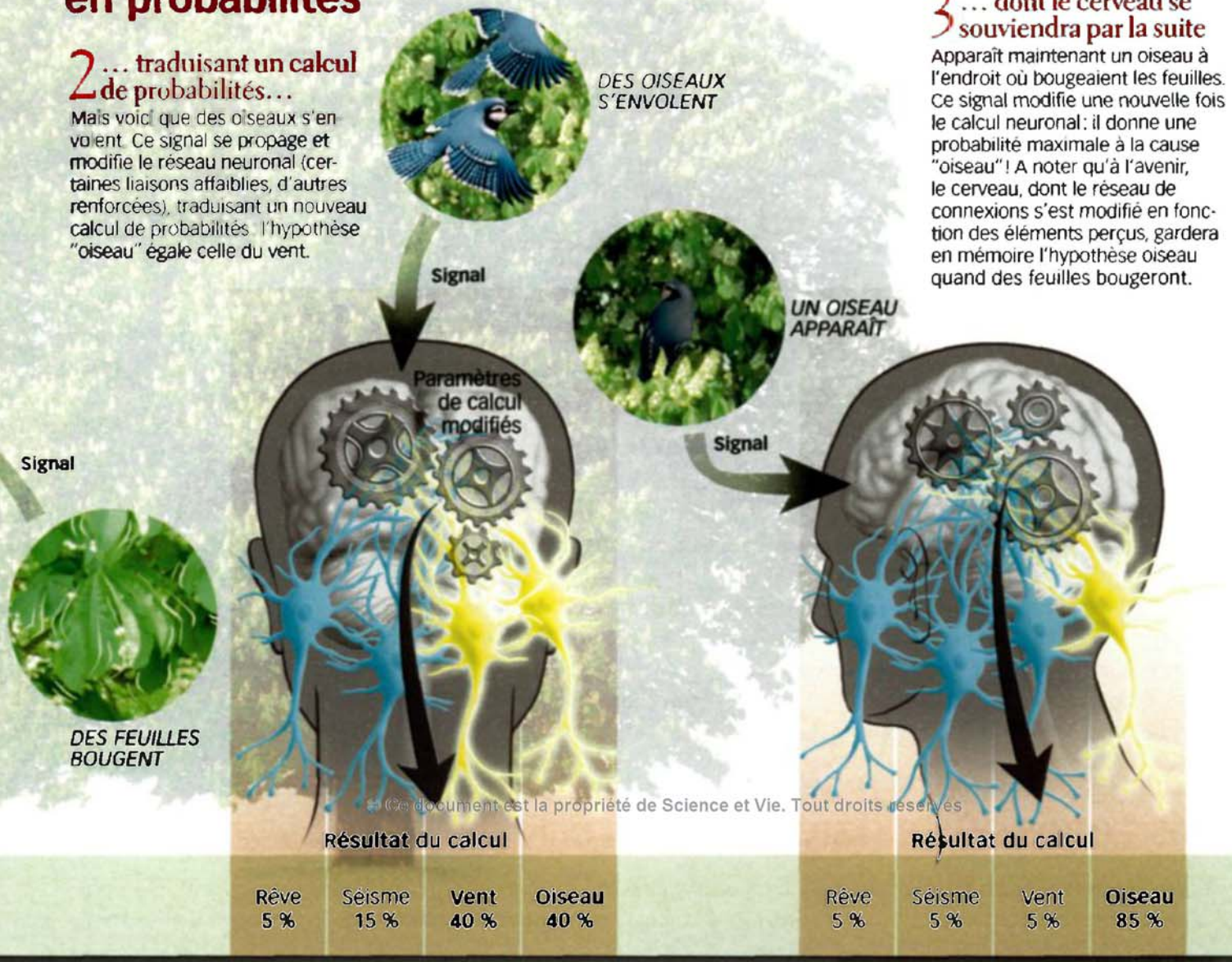
en probabilités

2 … traduisant un calcul de probabilités…

Mais voici que des oiseaux s'en volent. Ce signal se propage et modifie le réseau neuronal (certaines liaisons affaiblies, d'autres renforcées), traduisant un nouveau calcul de probabilités : l'hypothèse "oiseau" égale celle du vent.

3 … dont le cerveau se souviendra par la suite

Apparaît maintenant un oiseau à l'endroit où bougeaient les feuilles. Ce signal modifie une nouvelle fois le calcul neuronal : il donne une probabilité maximale à la cause "oiseau" ! A noter qu'à l'avenir, le cerveau, dont le réseau de connexions s'est modifié en fonction des éléments perçus, gardera en mémoire l'hypothèse oiseau quand des feuilles bougeront.



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

qui pourraient représenter un calcul de probabilités", détaille Boris Gutkin du Groupe de théorie neurale de l' Ecole nationale supérieure (ENS). Et les chercheurs vont plus loin : le calcul de probabilités ne se limiterait pas à l'échelle d'un neurone, mais vaudrait pour toutes les échelles du cerveau, jusqu'à celle des grandes régions du cortex.

Car, comme le souligne Thomas Serre, du Massachusetts Institute of Technology (MIT), "*le cerveau est à toutes les échelles proprement assailli de bruits parasites*". Et ces "bruits parasites", assimilables à des signaux aléatoires, sont autant d'indices d'un cerveau effectuant des calculs probabilistes. Pourquoi ? "*C'est un résultat obtenu en intelligence artificielle*, rappelle Alexandre Pouget. *Vers la fin des années 1980, Geoffrey Hinton, chercheur à l'université de Toronto (Canada), a simulé à l'ordinateur des réseaux de neurones dans lesquels certains paramètres prenaient des valeurs aléatoires. Il a alors montré que ces réseaux formels étaient des engins à calculer les probabilités sur les causes possibles des informations qu'on leur transmettait.*"

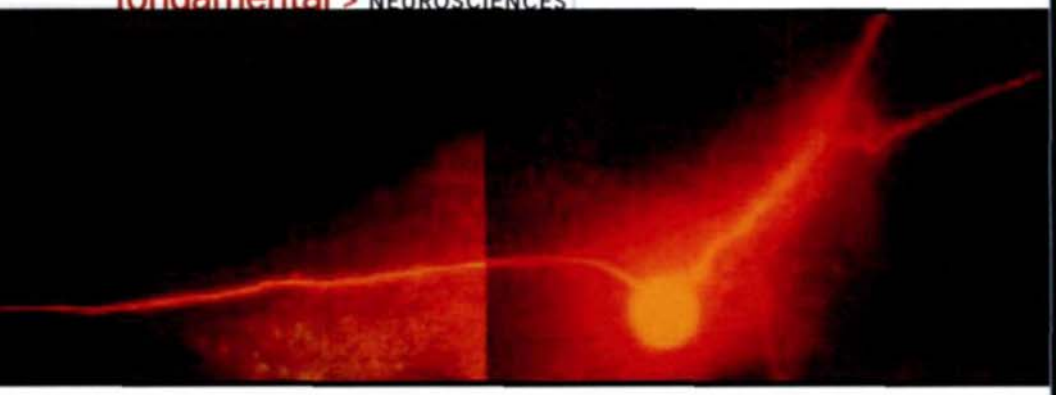
DES NEURONES "BRUITÉS"

Un résultat que les chercheurs en neurosciences ont transposé aux réseaux de neurones biologiques du cerveau humain. Leur idée : si le cerveau est notamment composé d'un immense réseau de neurones fortement "bruité", c'est qu'il doit être une machine à →

LES HYPOTHÈSES DU CERVEAU MISES EN ÉQUATION

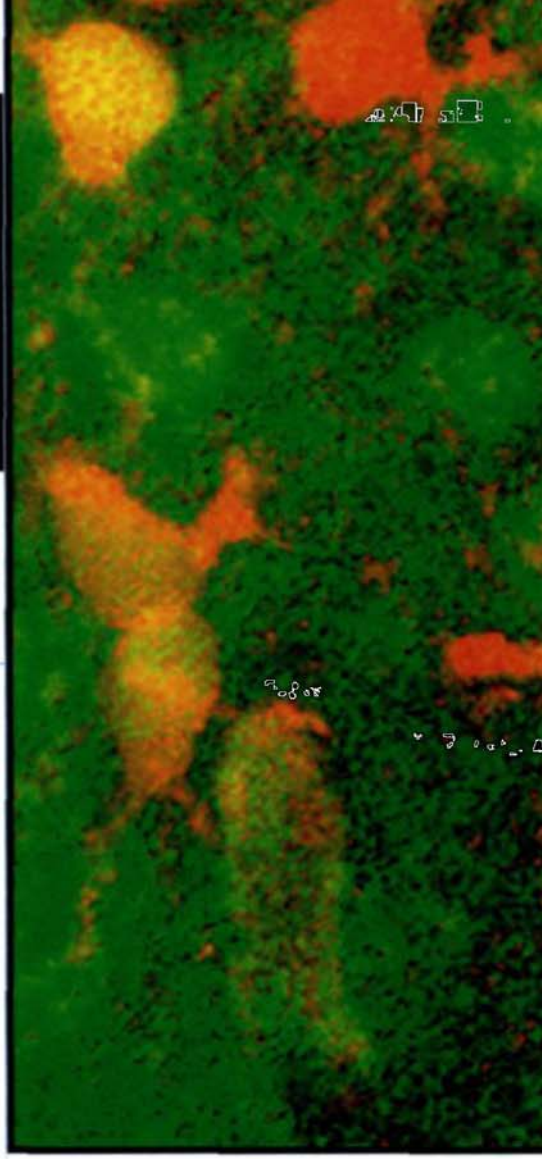
- **Les attentes du cerveau :** $p(y, \theta)$. Le cerveau a encodé dans son réseau la probabilité p que ce qu'il a perçu (y : mouvement du feuillage) ait une certaine cause (θ : vent).
- **L'équation :** le cerveau mesure la différence entre ses attentes et les nouvelles données (q : υ les oiseaux et λ le réseau) *via* l'équation $F(y, \lambda) = -\ln p(y, \theta) + \ln q(\upsilon, \lambda)$ (ln désignant une fonction mathématique).
- **Le calcul :** $\min F(y, \lambda)$. Il cherche la valeur minimale de cette différence en modifiant son calcul de probabilité p afin de coller à q. Ce processus modifie l'état biophysique du réseau neuronal λ.

J. RAJOTTE/WPN - ILLUSTRATION : S.DESSERT



^ Les variations électriques de la membrane du neurone (ci-dessus) témoigneraient d'un calcul de probabilités.

> Le comportement des neurones (ci-contre en vert) est désormais observable dans un cerveau vivant grâce à la microscopie à deux photons.



→ calculer des probabilités. Une idée pertinente, à condition de considérer qu'il est possible de rendre compte des "programmes" se déroulant dans le cortex en se concentrant uniquement sur les neurones et leurs interconnexions. Car le cerveau est aussi composé d'autres cellules essentielles à son fonctionnement, et toutes communiquent *via* des dizaines de molécules au rôle encore mal compris... Une complexité dont se sont affranchis les chercheurs, en s'inspirant du formalisme de la thermodynamique, qui permet notamment de rendre compte de l'évolution d'un gaz (sa température, sa pression, son volume...) sans rien connaître des molécules qui le composent. A partir de ces principes, les équations mathématiques liées au modèle informatique de Hinton ont donc été adaptées au cerveau de chair et de nerfs. Et ce sont ces équations qui forment, en théorie, autant de déclinaisons du principe mathématique de "cerveau probabiliste".

Rendent-elles bien compte, dans le détail, de l'activité cérébrale?

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

Il reste encore à situer précisément les zones où se déroulent ces calculs

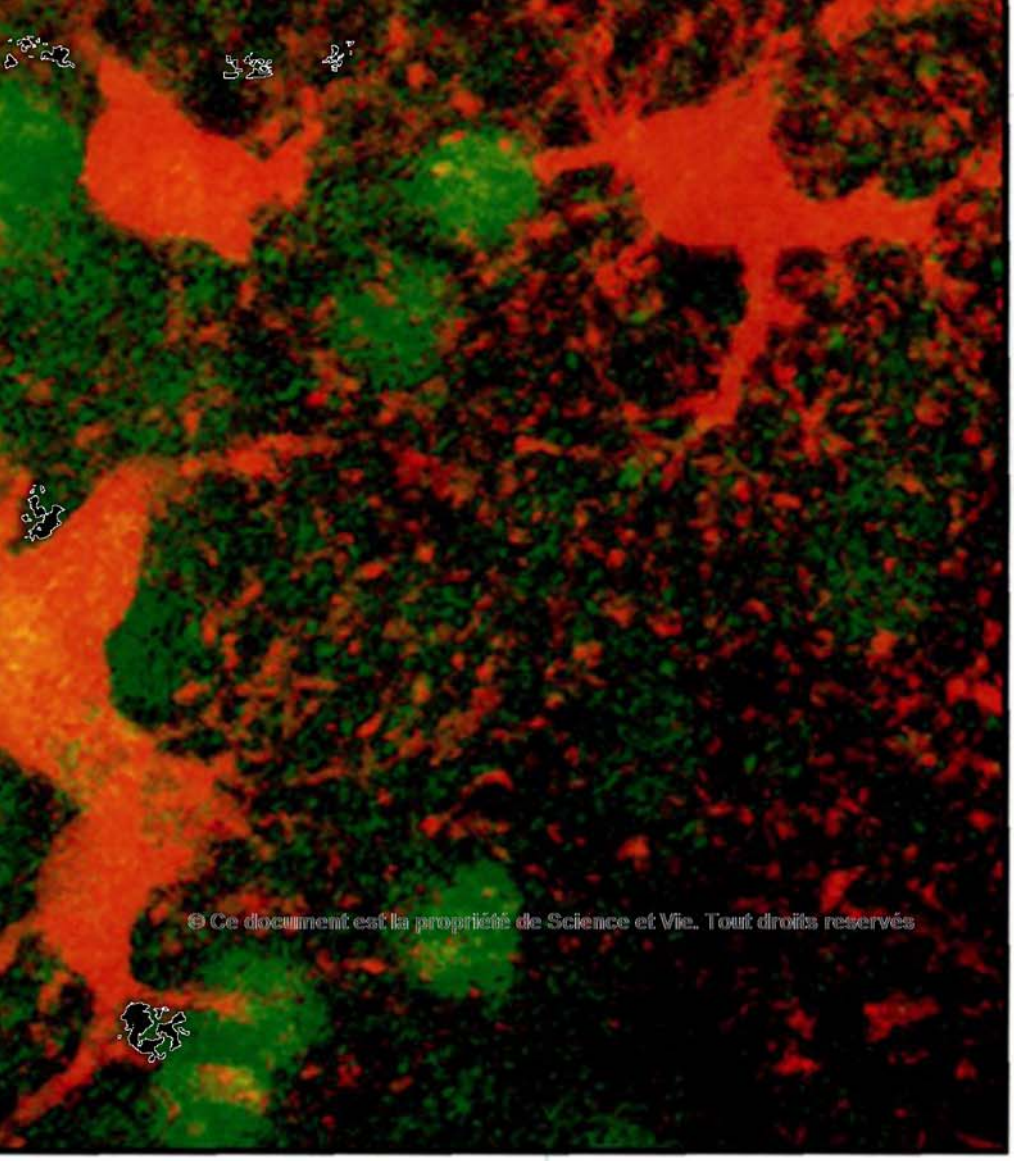
Autrement dit: peut-on voir *in vivo* le mécanisme biophysique par lequel le cerveau calcule des probabilités? Les chercheurs se font ici modestes et répondent par la négative. Sans s'avouer vaincus, car l'imagerie cérébrale leur permet, au moins, d'observer des phénomènes biologiques qui, pour eux, sont des indices des calculs à l'œuvre. Thomas Serre relève ainsi que dans de nombreux cas d'expériences en imagerie cérébrale où les chercheurs présentent des images à un individu, "*on voit d'abord des influx nerveux 'descendants'* [de l'œil vers les différentes couches de l'aire visuelle dans le cerveau], *qui signalent que l'aire visuelle enregistre les modifications de l'image. Cela se passe durant les 150 premières millisecondes de présentation de l'image. Puis apparaissent des signaux 'montants'* [des couches profondes vers les couches périphériques de l'aire visuelle], *qui signeraient le processus physique de calcul de probabilités*".

"Il se pourrait bien que les neurones encodent le calcul des probabilités"

YANN LECUN, DU CENTRE DE SCIENCE NEURALE DE L'UNIVERSITÉ DE NEW YORK

DES TECHNIQUES PROMETTEUSES

Est-ce une preuve suffisante du cerveau probabiliste? Pas encore. "*Le problème, c'est qu'on est trop limités par la technologie actuelle pour valider le modèle*, avoue Yoshua Bengio, de l'université de Montréal (Québec). *Il faudrait pouvoir faire des mesures sur un cerveau vivant avec une précision des millions de fois supérieures à ce que l'on obtient aujourd'hui... ça pourrait prendre encore dix ans.*"



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

DR - M. ZOCHOWSKI ET AL. - S.SCHULTZ - OLYMPUS -DR

L'enjeu est de situer précisément les "lieux" où se déroulent ces calculs, afin d'affiner l'équation pour en faire un outil précis, utile à la modélisation des fonctions cérébrales. Les "unités de calcul" probabiliste sont-elles les neurones eux-mêmes où plutôt des groupes de neurones ? La question fait débat, mais une piste sérieuse se dessine : les "circuits canoniques". "*S'il y a une équation probabiliste du cerveau, elle est du côté des 'circuits canoniques'*, postule Alexandre Pouget. *Ce sont des microarchitectures de neurones qui se répètent, identiques sur tout le cortex. Elles sont peut-être les unités fondamentales du calcul cérébral, à l'instar des 'portes logiques' de microprocesseurs* [groupement de quelques transistors] *grâce auxquels l'ordinateur effectue tous les calculs qu'on lui demande.*"

L'équation du cerveau est donc encore trop générale et en mal de validation. Mais cela pourrait changer. "*Il y a deux techniques prometteuses*, juge Yoshua Bengio. *La microscopie à deux photons et le 'connectome'*". La première consiste à se servir des interférences entre deux photons pour observer le comportement d'un neurone dans un cerveau bien vivant. Quant au connectome – inspiré du terme "génome" –, il consiste à élaborer un plan complet en 3D des quelque 100 000 milliards de connexions entre les neurones d'un cortex humain. Ce projet au long cours de l'université Harvard, démarré en 2005, pourrait clarifier la question des circuits canoniques…

En attendant, le concept du cerveau probabiliste a déjà ouvert des perspectives : que le réel soit, dans notre tête, une affaire de probabilités promet d'éclairer d'un nouveau jour les

"Le cerveau est assailli de bruits parasites qui sont l'indice de calculs"

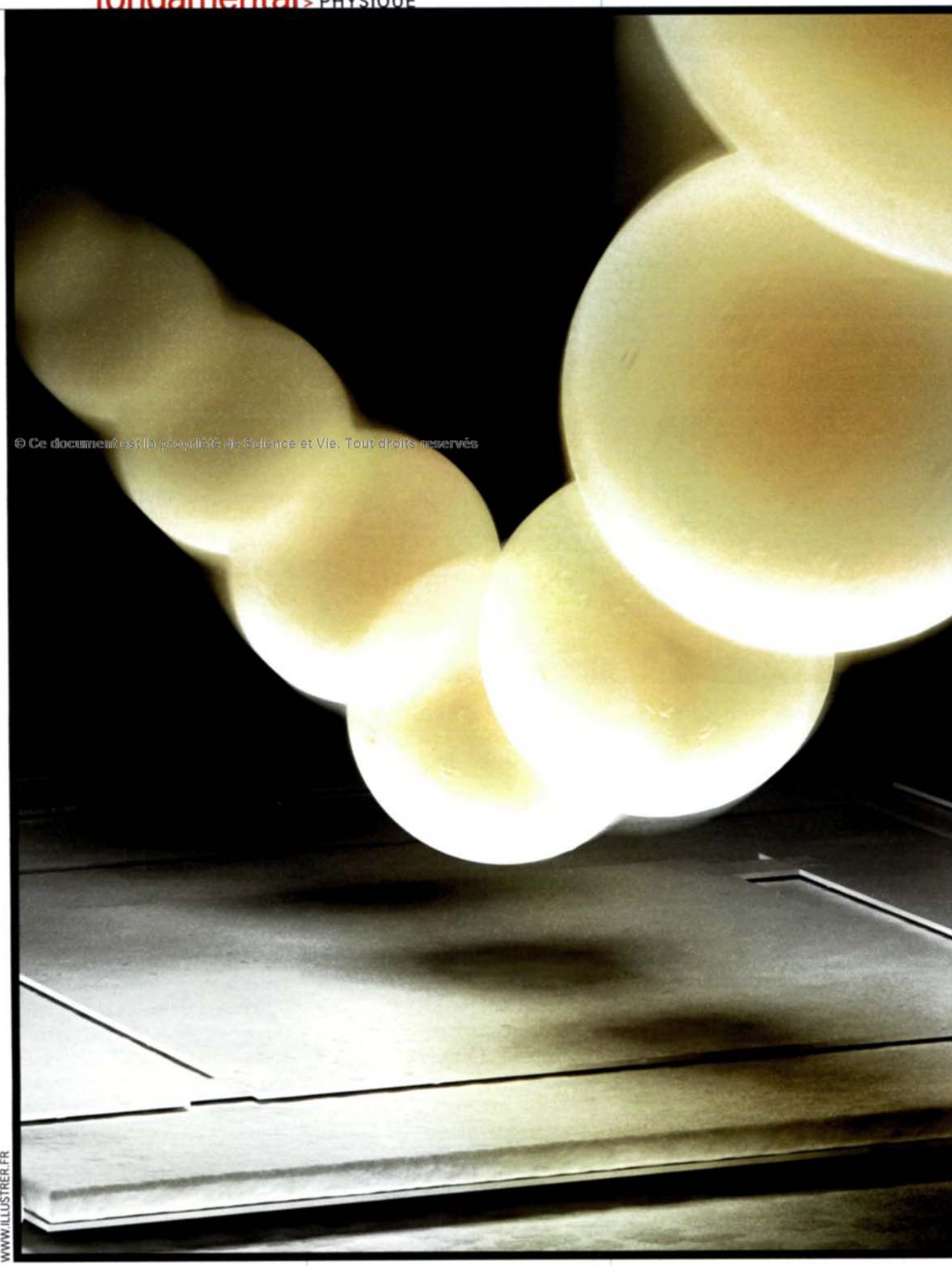
THOMAS SERRE, DU MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (ETATS-UNIS)

travaux menés en psychologie expérimentale, s'agissant en particulier de l'adaptation aux changements ou de la créativité. "*Peut-être que le cerveau fonctionne sur deux modes*, imagine ainsi Yoshua Bengio. *Des phases où le taux de phénomènes aléatoires (bruits) est très fort et des phases où il est faible. La première pourrait alors correspondre à un état de grande créativité, la seconde à un état de grande efficacité*", sorte de cerveau mi-artiste mi-sportif.

Pour vérifier ce genre d'hypothèse, les chercheurs doivent encore préciser les termes de leur "équation de Schrödinger du cerveau" et s'assurer que ces termes correspondent bien aux mécanismes biochimiques cérébraux observables. Si tel est le cas, les scientifiques auront alors à leur disposition une "machine à calculer" capable de mimer le fonctionnement du cortex. De quoi reproduire, par la simulation, certaines des extraordinaires capacités de raisonnement et d'adaptation de notre matière grise. Et de concevoir, qui sait, des machines disposant d'une intelligence proche de la nôtre. ▮

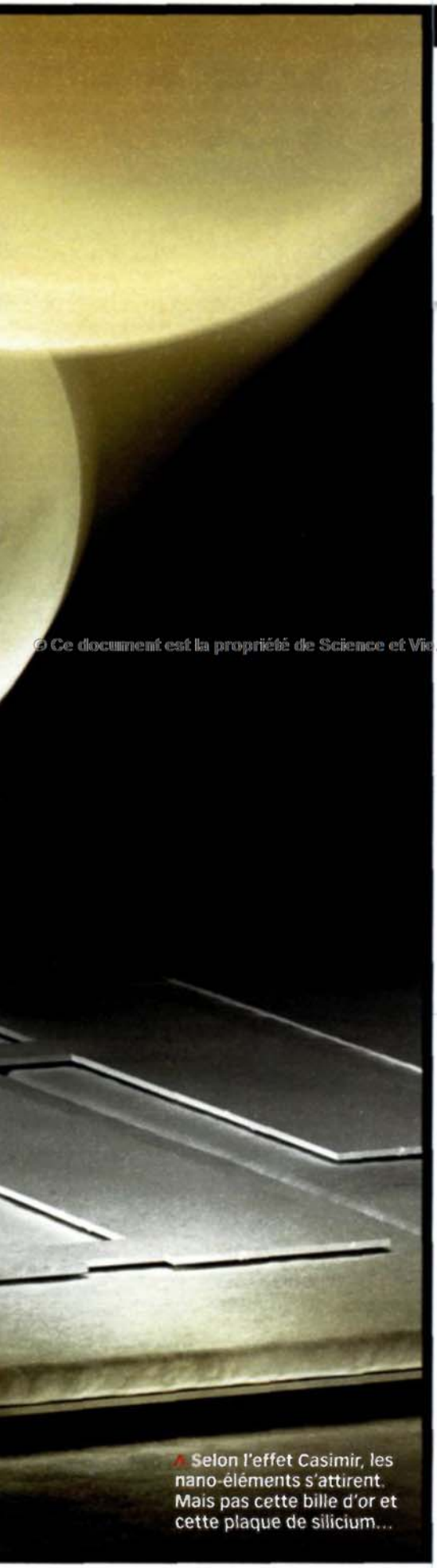
EN SAVOIR PLUS

Le cerveau dans toutes ses dimensions : http://thebrain.mcgill.ca/flash/index_a.html



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

WWW.ILLUSTRER.FR



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

Selon l'effet Casimir, les nano-éléments s'attirent. Mais pas cette bille d'or et cette plaque de silicium...

REPÈRES

Il y a plus d'un demi-siècle était théorisée une force venant du vide quantique : la force de Casimir, du nom de son découvreur. Insignifiante pour l'homme, cette force est géante au niveau nanoscopique et limite la miniaturisation toujours plus poussée des minimachines. Mais deux physiciens viennent de réussir à inverser son effet. Un véritable exploit qui pourrait ouvrir sur des applications industrielles inédites.

La force du vide a pu être inversée !

Par Benoît Rey

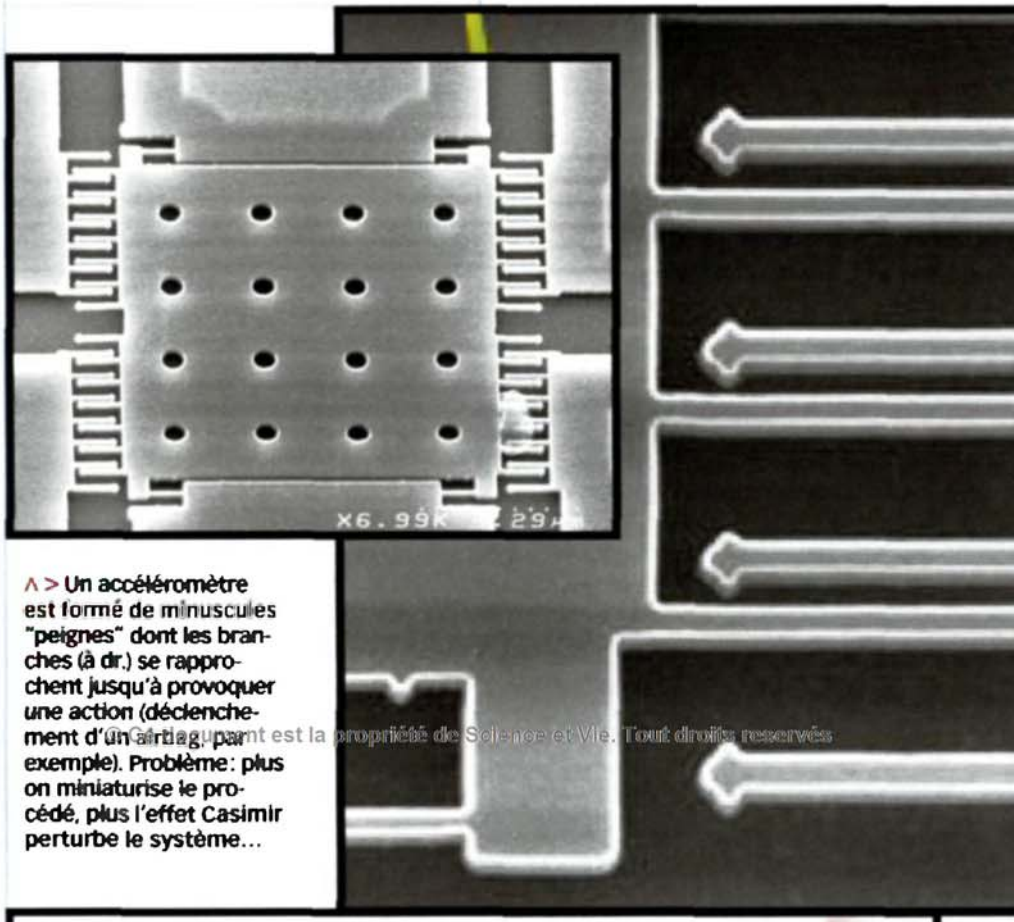
On le sait depuis bientôt un siècle : le vide n'est pas de ce monde. Le rien n'existe pas. La preuve ? Prenez une boîte, aspirez tous les molécules et atomes qu'elle contient, plongez-la à la température du zéro absolu, et vous verrez tout de même apparaître spontanément des photons, c'est-à-dire des particules de lumière, qui disparaîtront aussitôt. Etranges en soi, ces fluctuations du vide engendrent un effet tout aussi surprenant : si vous placez dans votre boîte deux petits miroirs parallèles réfléchissant les photons et séparés d'une distance de l'ordre du micromètre, eh bien... une force mystérieuse surgit de cette "lumière du vide" : les deux miroirs se rapprochent, jusqu'à se coller l'un à l'autre ! Ici, tout se passe comme si les photons frappaient plus fort à l'extérieur des miroirs qu'entre eux. Il en résulte une différence de pression de radiation (voir "Jargon" page suivante) entre leurs faces interne et externe, ce qui crée cette force "attractive". Dès 1948, le physicien néerlandais Hendrik Casimir avait prédit l'existence de ce curieux effet auquel son nom est désormais attaché. Dix ans plus tard, il était vérifié expérimentalement, mais n'en restait pas moins une simple curiosité : il apparaît à des échelles de taille si petites que la →

→ force de Casimir ne constituait jusqu'à récemment qu'une anecdote scientifique, une singularité réservée à une poignée d'initiés.

En 2009, ce n'est plus le cas! Car les temps ont changé et, avec eux, les ordres de grandeur. A l'ère des nanotechnologies, l'effet Casimir est passé du statut de simple curiosité à celui de véritable fléau.

UNE ATTIRANCE GÊNANTE

Et pour cause: les mécanismes technologiques ont été tellement miniaturisés que cette force joue désormais un rôle considérable, provoquant des frottements du plus mauvais effet dans les rouages des minimachines! "*Dès que l'on a dans un composant deux surfaces en regard, dont l'une est mobile, et que la distance entre elles descend au-dessous de 200 ou 300 nanomètres, elles s'attirent et peuvent même se coller entre elles de manière irréversible!*", témoigne Philippe Andreucci, responsable de projets "Nanosystèmes" au Laboratoire d'électronique et des technologies de l'information à Grenoble (Leti). Son laboratoire travaille notamment sur les Mems (pour Micro Electro Mechanical Systems), des structures essentiellement composées de silicium qui peuvent remplir le rôle de gyroscopes, de capteurs de pression ou d'accéléromètres comme ceux présents dans les manettes de la Wii ou les airbags. Ces derniers, par exemple, sont formés de deux peignes en silicium imbriqués l'un dans l'autre et connectés à un circuit électrique. Lors d'une décélération brutale de la voiture, les branches des deux peignes se rapprochent, ce qui est mesuré électroniquement. Au-delà d'un certain seuil fixé lors de crash tests, le système commande à l'airbag de se déclencher. Imaginons que l'on veuille miniaturiser encore plus ces composants: la force de Casimir

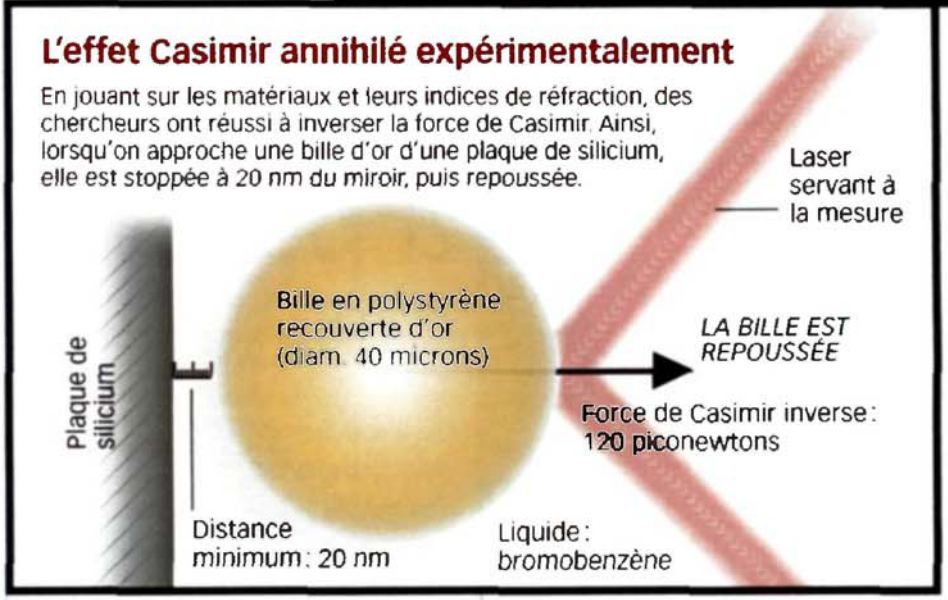


^ > Un accéléromètre est formé de minuscules "peignes" dont les branches (à dr.) se rapprochent jusqu'à provoquer une action (déclenchement d'un airbag, par exemple). Problème: plus on miniaturise le procédé, plus l'effet Casimir perturbe le système...

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

L'effet Casimir annihilé expérimentalement

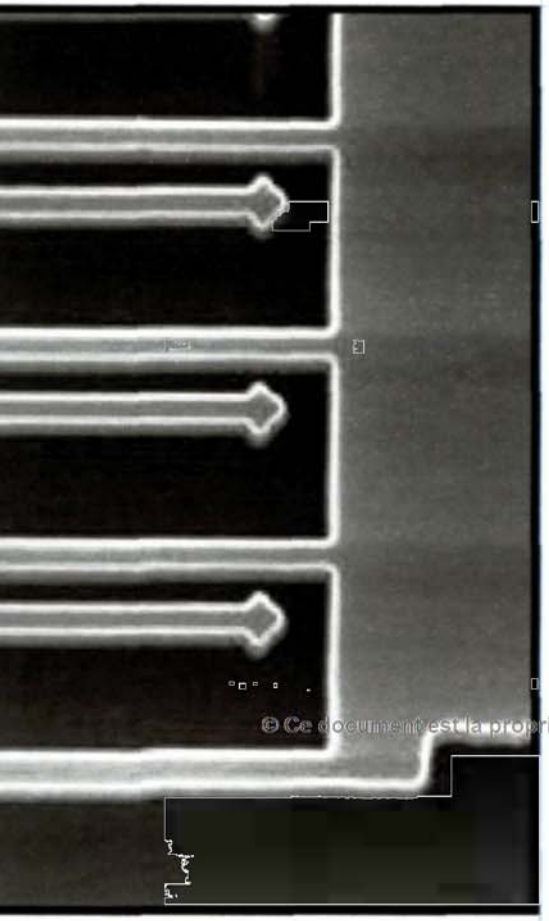
En jouant sur les matériaux et leurs indices de réfraction, des chercheurs ont réussi à inverser la force de Casimir. Ainsi, lorsqu'on approche une bille d'or d'une plaque de silicium, elle est stoppée à 20 nm du miroir, puis repoussée.



> JARGON

Pression de radiation: toute surface exposée à un champ électromagnétique est soumise à une pression de radiation. Chacun des milliards de photons qui la bombardent lui donne une petite impulsion. Ce qui, au final, peut la déplacer.

Indice de réfraction: définit la vitesse de propagation de la lumière dans un milieu, qui dépend de l'interaction de la lumière avec les molécules de ce milieu. Ainsi, la lumière ne se déplace à 300000 km/s que dans le vide. Dans l'eau, on divise cette vitesse par l'indice du milieu (1,33 pour une longueur d'onde de 589 nm à 20 °C), ce qui donne 225000 km/s.



P. ANDREUCCI - ILLUSTRATION E. JULLIEN

interviendrait alors, faussant la précision du mouvement des peignes!

Le problème, c'est que, en matière de miniaturisation, les besoins des industriels sont insatiables: leurs produits doivent cumuler de plus en plus de fonctions sans gagner en poids. Pour les contenter, le défi consiste à fabriquer des accéléromètres toujours plus petits, de passer de systèmes micrométriques à des systèmes nanométriques. C'est-à-dire passer des Mems aux "Nems"! Mais impossible de transposer simplement la technique à des échelles inférieures: la force de Casimir introduit de formidables perturbations. Pour continuer à réduire encore et toujours les tailles des composants, il faut donc résoudre le "problème" Casimir. Justement, des chercheurs américains viennent de démontrer expérimentalement que l'on peut annihiler la force de Casimir, et même la rendre... répulsive! Dès lors, plus de problème de micromécanique en perspective! "*Pour obtenir une force de Casimir répulsive, le choix des matériaux en présence s'avère crucial, car ils doivent avoir un comportement particulier face à la lumière*", explique Jeremy Munday, de l'Université Harvard, l'auteur principal de cette expérience ardue. Les calculs ont en effet montré que si l'on joue sur les indices de réfraction (voir "Jargon") des différents matériaux, la force peut devenir répulsive comme par magie! Explication? "*L'indice de réfraction exprime le comportement d'un matériau vis-à-vis de la lumière, donc des fluctuations du vide. Dans le vide, cet indice est égal à 1, la lumière ne sera absolument pas détournée de sa trajectoire. Mais au fur et à mesure que l'indice du milieu augmente (dans un liquide, par exemple), elle est de plus en plus déviée*", précise Joël Chevrier, chercheur dans le groupe "champ proche" de l'Institut Néel (laboratoire de physique-chimie), à Grenoble. Or, la condition pour observer la forme répulsive de l'effet Casimir est que les indices des deux miroirs soient différents, et que celui de l'interstice les séparant soit compris entre eux deux. Ce qui est strictement impossible si l'on plonge des miroirs dans le vide, car celui-ci possède l'indice minimum! Oui, mais si la force de Casimir est très importante entre deux miroirs parfaits dans le vide le plus total, elle se manifeste en réalité entre tous types de matériaux et dans n'importe quel milieu, à condition qu'il ne soit pas opaque...

Avec ses collègues, Jeremy Munday est donc parti à la recherche des matériaux adéquats. Premiers éléments

L'astuce? Domestiquer la force du vide dans un milieu autre que le vide

choisis pour les miroirs: l'or et le silicium. Restait à trouver le meilleur milieu (gaz ou liquide) dans lequel les plonger. Et là, la réelle difficulté provient de ce que l'indice de réfraction varie avec la longueur d'onde. Par exemple, un mur peut nous paraître opaque en lumière visible, alors qu'il est "transparent" pour les UV et les infrarouges. "*Ainsi, nous avons essayé de trouver un fluide dont l'indice serait compris entre celui de l'or et celui du silicium, sur une bande de fréquence le plus large possible*, détaille Jeremy Munday. *Et c'est tombé sur un liquide: le bromobenzène.*" Car, outre son indice de réfraction approprié, →

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

CASIMIR À NOTRE ÉCHELLE?

Et si la force de Casimir existait aussi à notre échelle? Dans un livre écrit en 1836, un marin du nom de Caussée avait déjà observé un effet similaire: quand deux navires s'éloignent d'un port côte à côte, ils ont tendance à se rapprocher progressivement l'un de l'autre... C'est en 1996 qu'un physicien en trouva l'explication. Alors que les coques sont fouettées, sur leur flan externe, par toutes les vagues de l'océan, elles empêchent certaines vagues de se faufiler entre les deux bateaux. Chacun d'eux subit donc plus de vagues d'un côté que de l'autre, et c'est ainsi qu'ils sont poussés l'un vers l'autre. De la même manière, dans l'étrange force de Casimir, les deux miroirs subissent, sur leur face externe, la totalité des fluctuations électromagnétiques du vide, mais pas sur leur face interne. Les photons frappent "plus fort" d'un côté que de l'autre et font se rapprocher les miroirs.

EN COSMOLOGIE, LE VIDE POURRAIT CONTENIR LE TOUT

Et si l'Univers était né du vide ? L'hypothèse n'est pas aberrante. Elle semble même très plausible aux théoriciens de la cosmologie. Toutes ces galaxies, toutes ces étoiles, tous ces atomes, bref, toute la matière qui nous entoure pourrait avoir pris naissance à partir... d'une fluctuation du vide ! Ces fameuses fluctuations sont en effet présentes en tout point de l'Univers : des particules y apparaissent spontanément, pour disparaître aussitôt. A ce bouillonnement imperceptible correspond une énergie, "l'énergie du vide", que l'on peut calculer. Et lors du big bang, il y a 13,7 milliards d'années, l'embryon d'Univers contenait probablement des poches où l'énergie du vide était considérable. A tel point que des bulles gigantesques de matière auraient pu naître de ces fluctuations, chacune donnant naissance à un univers. Autrement dit, il aurait pu y avoir plusieurs big bangs. Et nous habiterions un univers-bulle parmi d'autres, autant de mondes parallèles avec lesquels il nous serait absolument impossible de communiquer ! Mais ce n'est pas tout. Le vide pourrait également jouer le premier rôle dans un phénomène ahurissant, découvert en 1998 et toujours inexpliqué : l'accélération de l'expansion de l'Univers. Avant sa découverte, on pensait que depuis le big bang, sous l'effet de la gravité, l'Univers était en train de ralentir sa croissance, et pourrait même un jour se recroqueviller... En réalité, c'est l'inverse qui se produit ! Il existe une composante de l'Univers qui s'oppose à l'effet de la matière et du rayonnement, et l'emporte sur eux. Ce "quelque chose", les théoriciens le nomment "énergie sombre", ou "énergie noire", sans réellement comprendre sa nature. Les astrophysiciens suspectent aujourd'hui fortement les fluctuations du vide d'en être la cause. Ces remous ont un effet négligeable à l'échelle du système solaire, mais à celle de l'Univers, ils pourraient générer une pression négative qui le pousserait à se dilater. Seul – petit – problème, la quantité d'énergie du vide estimée dans tout l'Univers est 10^{120} fois supérieure à l'énergie visiblement responsable de son expansion...

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

> **Les galaxies (ici, Abell 85) sont-elles nées de "l'énergie du vide" ?**

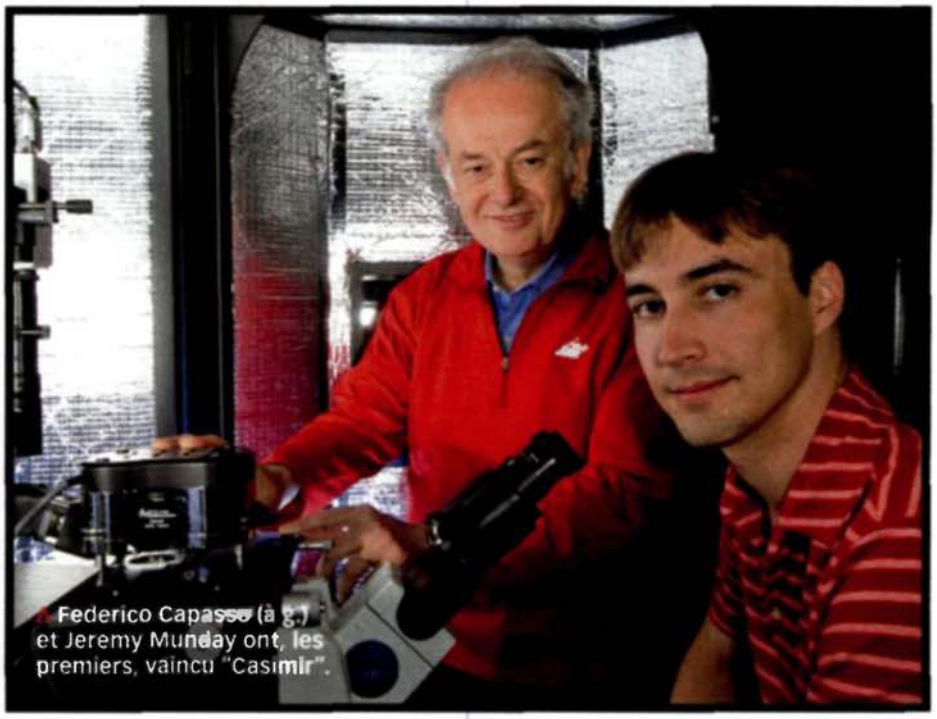
NASA/CXC/SAO/A.VIKHLIMIM ET AL. - SDSS - DR

→le bromobenzène possède un fameux atout pour le bon déroulement de l'expérience : il reste impassible au contact de l'or et du silicium, alors que des molécules d'eau, par exemple, créeraient un champ électrique qui, même faible, masquerait les fluctuations électromagnétiques du vide. La force de Casimir serait alors indétectable.

Enfin, il y avait un dernier obstacle à dépasser : le parallélisme entre les deux plaques doit être parfait, ce que l'on ne peut pas garantir puisque l'une des deux doit rester mobile pour se déplacer par rapport à l'autre. Les chercheurs ont donc utilisé une sphère de polystyrène de seulement 40 micromètres de diamètre recouverte d'or, face à la plaque de silicium.

PROBLÈME : IL FAUT UN LIQUIDE

"*C'est ainsi que l'on effectue la plupart des mesures de la force de Casimir*, explique Joël Chevrier, *car quelle que soit son orientation, une sphère n'est jamais 'de travers'* !" Tout comme la Terre, qui nous semble plate à notre échelle, la boule (même si son diamètre est deux fois plus petit qu'un cheveu) paraît plate face à la plaque lorsque la distance qui les sépare est de quelques dizaines de nanomètres seulement. Une fois ces préparatifs terminés, Jeremy Munday et ses collègues n'avaient plus qu'une chose à faire : rapprocher progressivement les matériaux, en pointant un laser sur la sphère pour mesurer sa tendance



Federico Capasso (à g.) et Jeremy Munday ont, les premiers, vaincu "Casimir".

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

à s'éloigner de la plaque. Verdict : la sphère fait bel et bien preuve d'une résistance au mouvement ! Une miniforce répulsive grandit au fur et à mesure que la sphère s'approche du miroir de silicium, pour finalement atteindre son apogée à 120 piconewtons. Soit le poids d'une vingtaine de bactéries *Escherichia coli*. *"Cela peut sembler faible : par comparaison, c'est la pression qu'exerce une pomme posée sur la paume de notre main. Mais c'est beaucoup en regard des échelles de distance de 20 nanomètres auxquelles elle s'exerce,* relativise Jeremy Munday. *Et elle reste dans les mêmes ordres de grandeur que la force de Casimir attractive."*

Le rêve des micromécaniciens est donc désormais accessible : la force de Casimir peut être vaincue, et même détournée à leurs fins. Au lieu de rapprocher les surfaces, elle pourrait les écarter les unes des autres et amoindrir ainsi notablement les frottements. Ce qui en ferait en quelque sorte un lubrifiant pour nanomachines !

Mais certains chercheurs refusent de placer leur espoir dans cette direction. Car un obstacle majeur demeure pour appliquer cette solution à l'industrie : elle ne fonctionne que *via* un liquide. Or, injecter un liquide dans les Mems serait une manipulation compliquée. Sans compter qu'il engendrerait des frottements, et son mouvement modifierait le comportement mécanique du capteur. Les chercheurs privilégient donc d'autres pistes pour réduire les effets de Casimir. Par exemple, sculpter des motifs dans les plaques et créer des interférences entre elles. On peut ainsi diminuer la différence de pression de radiation entre l'intérieur et l'extérieur. *"Deuxième piste possible, réduire l'épaisseur des miroirs,* explique Philippe Andreucci. *Plus ils sont fins, plus ils sont perméables. Ils laissent passer davantage d'ondes, et la différence entre pressions de radiation externe et interne s'en trouve également diminuée."*

L'inversion de l'effet Casimir rend les nanomondes plus accessibles...

Tous les moyens sont donc bons pour lutter contre cette force qui, après avoir été si longtemps discrète, essaie de s'imposer dans le nanomonde et commence à faire beaucoup parler d'elle... Mais grâce à Jeremy Munday et son équipe, on sait qu'elle a beau se cacher dans les plus petits recoins des matériaux, elle n'est plus invincible. ▮

EN SAVOIR PLUS

www.seas.harvard.edu/capasso/publications/Munday_PhysToday_review.pdf

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

> L'équipe de Serge Ahmed, de l'université de Bordeaux, a mené une expérience montrant que le sucre a des effets similaires à ceux de la cocaïne sur des rats.

R. ESCHER

REPÈRES

Découvertes dès 1954 par les Américains Olds et Milner, les zones du cerveau associées au circuit dit "de la récompense" sont considérées depuis comme intimement liées au phénomène d'addiction. C'est le détournement du fonctionnement normal de ces voies qui expliquerait la mise en place d'une dépendance. Une théorie incomplète, d'après certains scientifiques qui remettent ce dogme en question.

Sucre

Il remet en cause la théorie de l'addiction

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Par Muriel de Véricourt

Le sucre pourrait rendre dépendant! La nouvelle n'étonnera pas les "accros" aux bonbons ou au chocolat. Mais elle constitue une réelle surprise pour les spécialistes des drogues dures: jusqu'ici, ils n'imaginaient pas qu'un vulgaire aliment puisse avoir des effets comparables à ceux des substances les plus violemment addictives. Et pourtant, les indices s'accumulent. Notamment sur la paillasse de Serge Ahmed, de l'université de Bordeaux. En août 2007, ce neurobiologiste et son équipe ont placé quarante-trois rats n'ayant jamais consommé de cocaïne dans une cage comprenant deux leviers permettant, huit fois par jour, d'obtenir une récompense: de l'eau sucrée pour l'un, de la cocaïne pour l'autre. Résultat: 94 % des animaux ont actionné préférentiellement le levier distribuant... du sucre! Mieux: en réitérant l'expérience avec trente animaux préalablement habitués à prendre de la cocaïne, les chercheurs ont constaté que ce taux se maintenait à 90 %. "*Or, toutes les données de la littérature semblent indiquer que la drogue devrait être préférée dans les deux cas*", souligne Serge Ahmed.

Et ce n'est pas tout! Car si les rats optent, contre toute attente, pour la solution sucrée, une variante du test a montré qu'ils sont prêts à se donner nettement plus de mal pour l'obtenir. Véritablement surprenants pour les spécialistes des drogues dures, ces travaux viennent cependant renforcer un parallèle déjà mis en avant entre →

→ sucre et drogues. Ainsi, dès 1991, une étude menée à l'université du Michigan rapportait une prédilection pour les boissons sucrées chez des "accros" à la cigarette. Une observation vérifiée chez les personnes consommant de l'alcool, de la cocaïne ou des opioïdes. A l'inverse, comme l'a souligné en septembre 2008 une équipe de l'université du Minnesota, des lignées de rats sélectionnées sur leur tendance à ingérer de grandes quantités de sucre s'avèrent plus susceptibles de montrer des signes d'addiction aux drogues.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

ENDORPHINES ET DOPAMINE

Comment expliquer ces observations ? De la même façon que l'on explique le pouvoir récompensant des drogues, répondent en chœur les neurobiologistes travaillant sur le sujet. C'est en effet bien connu : l'ingestion d'aliments au goût plaisant provoque la libération d'endorphines, des neurotransmetteurs qui procurent une atténuation de la douleur et une sensation de plaisir.

Cette libération en implique une autre, celle de la dopamine, un neurotransmetteur également associé au plaisir. Or, ce mécanisme naturel, détourné, serait à la base de la dépendance aux drogues dures. Les scientifiques savent depuis longtemps que les substances addictives connues (cocaïne, nicotine, alcool...) provoquent la délivrance d'une quantité anormalement élevée de dopamine dans le noyau accumbens et dans le cortex préfrontal à partir de l'aire tegmentale ventrale.

Ces structures cérébrales, qui appartiennent au "circuit de la récompense", engendrent une sensation intense de satisfaction physique et psychique, que la personne droguée essaye de revivre en permanence. C'est donc la violence de la satisfaction qui expliquerait que le drogué cherche à retrouver à tout prix cette sensation. Oui, mais d'après cette théorie, la prise d'une drogue devrait être préférée à l'ingestion d'un aliment, aussi délicieux soit-il. D'où l'étonnement généré par les travaux de Serge Ahmed. Lequel insiste : "*Même si on connaissait le fort pouvoir récompensant du sucre, le fait qu'il puisse être préféré à une drogue, alors qu'il est à l'origine de concentrations en dopamine dans les zones du cerveau concernées moins importantes, de l'ordre d'un facteur cent, est une vraie surprise.*"

"Attention, le sucre n'est pas un nouveau produit toxicomanogène"

JEAN-POL TASSIN, COLLÈGE DE FRANCE

DES SYSTÈMES SOUS INFLUENCE

Depuis des décennies, les neurobiologistes seraient-ils alors passés à côté de certains des mécanismes provoquant l'addiction ? Serge Ahmed l'envisage : "*Lorsqu'un adolescent est ivre pour la première fois, le cerveau enregistre les sensations liées à cette expérience sous la forme de modifications synaptiques. Or, à mon sens, la neurobiologie a jusque-là confondu ce phénomène de mémorisation avec l'addiction, qui résulte plutôt d'une motivation pathologique. Pour comprendre sa mise en place, il faudrait davantage chercher du côté des circuits de la motivation et du contrôle du désir, plutôt que de celui de la récompense.*"

Conscient que ses observations contredisent la théorie en vigueur – selon

Même habitués à la cocaïne, injectée via ce cathéter, des rats ont privilégié le sucre.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Elaborée avec précision, une solution d'eau sucrée a été proposée huit fois par jour à une quarantaine de rats.

laquelle les circuits dopaminergiques jouent un rôle déterminant dans la mise en place d'une dépendance –, Serge Ahmed avance l'hypothèse que les phénomènes décrits par les neurobiologistes jusque-là pourraient s'avérer insuffisants pour expliquer l'addiction. Une position qui rappelle celle des spécialistes des dépendances dites "sans substance", tel le jeu pathologique, etc. "*Du point de vue clinique, les effets des dépendances sans substance sont comparables à ceux des drogues. D'ailleurs, les stratégies thérapeutiques sont très proches*", souligne le Dr Marc Valleur, de l'hôpital Marmottan, à Paris. Pourtant, toutes les dépendances décrites par les cliniciens ne sont pas reconnues comme des addictions par les neurobiologistes! "*La conception actuelle, c'est que l'addiction est liée à une perturbation durable et irréversible dans le cerveau. Je pense plutôt qu'il peut y avoir addiction avant même qu'il y ait perturbation des circuits cérébraux. Mais on a tendance à prendre une conséquence – la perturbation neuronale – pour une définition stricte de l'addiction*", avance le psychiatre.

Le cas du sucre permettra-t-il de porter un regard neuf sur ces questions? "*C'est la première fois qu'on donne le choix entre une drogue et du sucre. La prise en compte des observations comportementales dans cette situation conduit à une remise en cause de la neurobiologie de l'addiction*", estime Serge Ahmed. Pour Jean-Pol Tassin, du Collège de France, il ne faut toutefois pas se méprendre: "*En disant que le sucre est préféré à la cocaïne par une majorité d'individus, on donne l'impression d'avoir trouvé un nouveau produit toxicomanogène. C'est faux: le sucre se distingue juste par un goût très agréable. Mais on confond trop souvent la dépendance avec l'action de la dopamine, elle-même liée au plaisir. Or, la dépendance peut exister sans plaisir et réciproquement.*" Selon les travaux du chercheur, les circuits dopaminergiques sont eux-mêmes sous l'influence d'un système de régulation, celui de l'équilibre entre deux neurotransmetteurs, la noradrénaline et la sérotonine. Un équilibre perturbé par les drogues: leur consommation conduirait à un "découplage" de la noradrénaline et de la sérotonine, qui ne serait supportable qu'en prenant de nouveau de la drogue.

Reste à savoir si le sucre pourrait avoir un tel effet. "*Nous commençons à peine à étudier la question*, expose Jean-Pol Tassin. *Mais mon pari, c'est que le sucre agit sur la dopamine sans passer par ces circuits, donc ne conduit pas à une addiction vraie. Seule, peut-être, la découverte de ce plaisir gustatif intense par un animal qui ne le connaissait pas, suivie du stress d'en être privé, pourrait conduire au découplage.*" Ce qui revient à dire que le phénomène mis en évidence par Serge Ahmed pourrait ne pas être spécifiquement lié au goût sucré. "*Il est possible que le simple fait de proposer une alternative plaisante à la consommation de drogue suffise à séduire la plupart des individus*, reconnaît le chercheur. *L'une des interprétations possibles de nos résultats est la suivante: la prise de drogue dans un environnement où elle constitue le seul plaisir accessible est une réponse normale à une situation anormale. Si on normalise la situation en introduisant un choix, seule une petite minorité continue à choisir la drogue. Or, jusqu'à présent, les travaux sur l'addiction ont observé ces individus vulnérables sans les distinguer des individus normaux.*" Pour le scientifique, il faut donc se focaliser sur ceux qui persistent à choisir la drogue. "*D'ici à dix ans*, prédit-il, *notre vision de la biologie de l'addiction va totalement changer.*" ▮

Que du sucre puisse être préféré à une drogue, voilà une véritable surprise!

S. SINDEU - R. ESCHER

EN SAVOIR PLUS

Les addictions, M. Valleur et J.-C. Matysiak, éd. Armand Colin, coll. Sociétales, 2006.

REPÈRES

L'esclavagisme chez les fourmis est un phénomène connu depuis deux siècles. Elles sont ainsi près de 50 espèces à asservir leurs congénères issues de nids différents. Si les chercheurs pensaient que ces dernières s'intégraient totalement dans la nouvelle colonie, un cas inédit de rébellion vient toutefois d'être mis au jour. Un étonnant comportement d'adaptation qui apporte un éclairage différent sur les processus de coévolution.

L'incroyable révolte des fourmis esclaves

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

Par Boris Bellanger

Le combat était déloyal. L'issue inévitable. Lorsque, dans l'intimité de la pouponnière, une dizaine d'ouvrières se ruèrent sur la nymphe dont elles avaient pourtant la garde, rien n'aurait pu empêcher la malheureuse sans défense d'être mise en pièces et dévorée… Vulgaire acte de cannibalisme de la part de fourmis tiraillées par la faim ?

DÉROBER ŒUFS ET LARVES

Bien plus que cela, suggèrent Alexandra Achenbach et Susanne Foitzik, myrmécologues de l'université Ludwig-Maximilians à Munich. Car ce comportement qui vient tout juste d'être observé est, selon les scientifiques, totalement inédit et, d'une certaine manière, réjouissant, puisqu'il s'agirait de la révolte de fourmis esclaves contre leurs maîtres !

Que les fourmis, insectes sociaux par excellence, pratiquent l'esclavagisme n'émeut plus guère les éthologues. Ce penchant pour l'asservissement de congénères est connu depuis les travaux de l'entomologiste suisse Pierre Huber en 1810, et concerne plusieurs dizaines d'espèces de fourmis, qui sont incapables comportementalement d'élever leur progéniture – voire de se nourrir – sans avoir recours à une horde de serviteurs zélés. Pour se procurer cette main-d'œuvre indispensable, les fourmis se font donc esclavagistes en réalisant la seule chose pour laquelle elles sont vraiment adaptées : des raids contre les colonies d'autres espèces →

T. LONGISPINOSUS, L'INSOUMISE

Sur 12000 espèces de fourmis recensées, 50 en réduisent d'autres en esclavage. Loin d'être docile, comme *Formica fusca* (ci-contre), l'esclave *T. longispinosus* se rebelle contre son maître, *P. americanus (ci-dessus, à gauche).*

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reserves

WWW.BERNHARDHUBER.COM - A.WILD

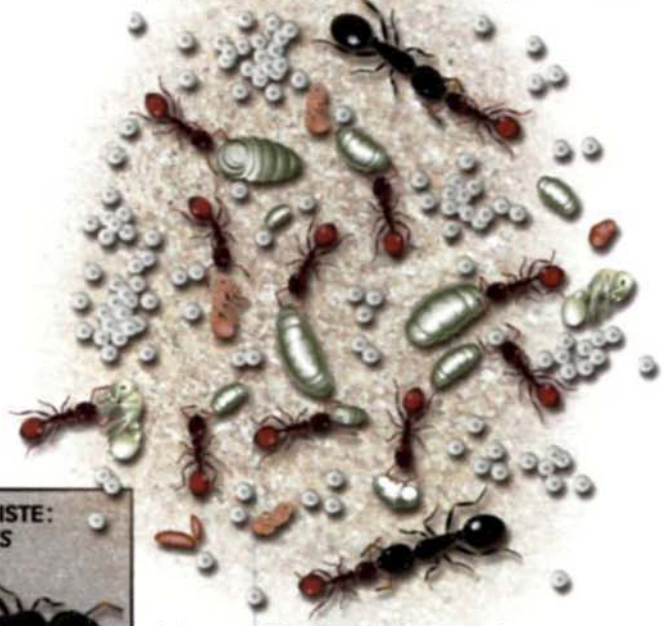
De l'asservissement à la rébellion

1 La prise de contrôle de la fourmilière

Une reine de l'espèce esclavagiste *P. americanus* s'introduit dans le nid de *T. longispinosus*. Elle tue toutes les fourmis adultes et commence à pondre. Plus tard, la descendance épargnée de la fourmi hôte assurera l'entretien de la colonie.

2 Les fourmis envahies élèvent les œufs des esclavagistes

Une première génération d'ouvrières *P. americanus* apparaît, qui seront nourries par les esclaves. Le nombre de *T. longispinosus*, privées de leur reine, quant à lui, décroît.



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

→ de fourmis afin de leur dérober œufs, larves et nymphes. Dès lors, la progéniture volée poursuivra sa maturation dans le nid du parasite ; une fois adultes, les ouvrières esclaves assureront jusqu'à leur mort le fonctionnement de la colonie esclavagiste. Et ce, sans que leurs maîtres aient à donner le moindre coup de fouet ! "*Classiquement, les ouvrières esclaves se comportent dans le nid du parasite comme elles le feraient dans leur propre nid*, explique Luc Passera, de l'université Paul-Sabatier à Toulouse. *Car le comportement d'appartenance à une colonie relève d'un phénomène d'empreinte, un processus précoce et bref d'imprégnation qui marque la fourmi pour la vie.*"

Mais si les fourmis enlevées au berceau se plient d'ordinaire à leur condition d'esclaves, les razzias à répétition réduisent fortement l'espérance de vie des colonies pillées. Les interrogations foisonnent donc sur la coévolution de ces couples parasites-hôtes : quelles stratégies les esclavagistes ont-elles développées pour parvenir à d'aussi efficaces enlèvements de bébés d'autres espèces ? Jusqu'à quel point ces espèces parasitées peuvent-elles faire face à la perte d'une partie de leur descendance et de leur force de travail ? Quelles adaptations ont émergé chez les espèces esclaves sous la pression exercée par les esclavagistes ?

"Il y avait un consensus sur le fait que les esclaves ne pouvaient se rebeller..."

SUSANNE FOITZIK, DE L'UNIVERSITÉ LUDWIG-MAXIMILIANS, MUNICH

QUEL MOYEN DE DÉFENSE ?

Sur ce point, divers comportements de défense ont été observés dans les colonies subissant les raids : reconnaissance de l'ennemi, élimination de la fourmi esclavagiste envoyée en éclaireur avant qu'elle ne prévienne le gros des troupes, ou encore fuite organisée en emportant la descendance. "*Une première ligne de défense est donc souvent mise en place pour limiter la prédation*, constate Susanne Foitzik. *Mais la question qui nous taraudait était de savoir, une fois*

3 Les *P. americanus* partent capturer des fourmis esclaves

Quand le nombre d'esclaves devient insuffisant, les *P. americanus* partent chercher des œufs, larves et nymphes dans les nids de *T. longispinosus* alentour. Les fourmis esclaves les élèvent également et leur population est ainsi renouvelée.

4 Les fourmis esclaves se rebellent

Les fourmis esclaves prennent soin des œufs et larves sans faire de distinction. En revanche, une fois que la progéniture parvient au stade de nymphe, elles se mettent à les attaquer et en tuent une grande partie, sans que les ouvrières esclavagistes réagissent.

cette défense franchie, le couvain volé et la fourmi réduite en esclavage, si celle-ci avait encore un moyen de se défendre contre la fourmi esclavagiste." Il a longtemps été admis que toute rébellion était vaine. Par exemple, la désertion et le retour de l'esclave dans sa colonie d'origine sont très improbables. Pour une bonne raison : enlevée alors qu'elle était encore immature, la fourmi ne sait littéralement pas d'où elle vient. Et quand bien même elle tomberait sur son nid d'origine par hasard, la fourmi esclave serait attaquée par ses sœurs car elle porte désormais l'odeur de la colonie esclavagiste. De même, refuser de travailler pour l'esclavagiste pourrait forcer celle-ci à conduire de nouveaux raids pour compenser la perte. Ce qui au final augmenterait la pression sur la colonie de la fourmi hôte. Il semble donc que, quoi qu'elle fasse, la fourmi enrôlée ne peut améliorer ni son sort ni celui de ses sœurs. Et, pour couronner le tout, l'ouvrière esclave ne se reproduit pas et ne peut donc transmettre son patrimoine génétique. "*Jusqu'à présent, il y avait un consensus sur le fait que les esclaves étaient dans une impasse évolutive, aucun comportement ne leur permettant d'obtenir un avantage direct ou indirect*, résume Susanne Foitzik. *Mais, de notre côté, nous pensions qu'une stratégie de rébellion n'avait pas été envisagée : les esclaves tuant la descendance des esclavagistes afin de réduire la pression des raids sur leur colonie d'origine.*"

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

C'est bien de manière délibérée qu'elles exterminent la descendance des maîtres

Dans l'espoir de mettre au jour cette stratégie inédite, la chercheuse s'est penchée sur *Protomognathus americanus*. Native de l'ouest des Etats-Unis, cette fourmi esclavagiste forme de petites colonies – une reine et deux à cinq ouvrières esclavagistes, entretenues par une dizaine d'ouvrières esclaves de l'espèce *Temnothorax longispinosus*. Ces colonies esclavagistes étonnent les scientifiques car, malgré une ponte importante, très peu d'adultes émergent. Au point de se demander si l'esclave ne serait pas inapte à s'occuper de la progéniture. En comparant, sur plusieurs dizaines de colonies élevées en laboratoire, la mortalité des nymphes dans les nids esclavagistes avec celle des nids des hôtes, Susanne Foitzik a montré que, si *Temnothorax* prend soin efficacement de sa propre progéniture, les pertes sont très élevées lorsqu'elle élève celle de *Protomognathus*. Et l'explication de cette disparité n'a pas échappé à la chercheuse : les ouvrières esclaves en charge des nymphes de l'esclavagiste les exterminent en fait de manière délibérée ! Soit en les mettant en morceaux, soit en les sortant de la pouponnière et en les abandonnant à leur sort. Etonnamment, les esclaves s'occupent très bien des œufs et →

WWW.BERNHARDHUBER.COM

→ des larves de l'esclavagiste : elles ne commencent à s'en débarrasser qu'une fois atteint le stade de nymphe. Autre surprise : les nourrices meurtrières ciblent spécifiquement les femelles ! En effet, 67 % des nymphes d'ouvrières, et jusqu'à 83 % des nymphes de reines, sont éliminées, contre seulement 3 % des nymphes mâles.

UN INFANTICIDE DE MASSE

Une telle attitude soulève de nombreuses questions : pourquoi l'esclave passe-t-elle subitement d'un comportement maternel à un infanticide de masse ? Comment et pourquoi distingue-t-elle les mâles des femelles ? *"Comme c'est souvent le cas chez les fourmis, nous pensons qu'elles se basent sur des informations chimiques*, indique Susanne Foitzik. *Les larves n'ont pas de profils chimiques, elles sont 'neutres'. Alors que les nymphes des esclavagistes présentent sur leur cuticule (squelette externe) une signature chimique distincte de celle des nymphes des esclaves. De même, les profils chimiques sont différents selon les castes."* Autre piste : la morphologie des nymphes pourrait aussi servir à l'esclave lors de son tri entre mâle et femelle.

Détection chimique ? Morphologique ? Trop tôt pour le dire. En tout cas, ce comportement infanticide apparaît comme une seconde ligne de défense jamais observée contre des esclavagistes. Reste à savoir si cette stratégie est efficace du point de vue de l'évolution. *"Ce comportement de rébellion n'a de sens que s'il peut procurer un bénéfice direct ou indirect dans la reproduction de l'espèce hôte"*, prévient Serge Aron, directeur de l'unité d'éco-éthologie évolutive de l'Université libre de Bruxelles. Pour Susanne Foitzik, tel est bien le cas : *"En tuant la progéniture de l'espèce esclavagiste, les esclaves réduisent le nombre d'ouvrières esclavagistes disponibles pour les raids, ce qui diminue leur efficacité et augmente du même coup les chances de survie des colonies dont les fourmis esclaves sont issues."* Un succès qui implique toutefois la présence, dans le voisinage immédiat de la colonie esclavagiste, des nids de fourmis de la même espèce que la rebelle et ayant des relations de parenté étroites avec elle. C'est le cas quand une même colonie occupe plusieurs nids, ou lorsqu'une jeune reine en démarre une autre à proximité de celle de sa mère. *"Ainsi, les colonies proches géographiquement le sont aussi génétiquement*, explique Serge Aron. *En diminuant la force de frappe des esclavagistes, la fourmi rebelle protège les nids hôtes, et donc les copies de ses propres gènes chez ses sœurs, ses cousines..."* D'autant plus que les liens de parenté au sein d'une fourmilière sont très particuliers. *"Une ouvrière est génétiquement plus proche de sa sœur qu'elle ne le serait de sa fille*, rappelle Luc Passera. *En épargnant ses sœurs, une esclave obtient donc un succès reproductif indirect supérieur à celui qu'elle aurait en ayant elle-même des filles."*

Une donnée qui manquait à Darwin pour expliquer l'altruisme des fourmis, comportement qui constituait de son propre aveu une faille dans sa théorie de l'évolution... Cette particularité génétique qui expliquerait aussi comment la capacité de rébellion a pu être sélectionnée, alors même que les ouvrières esclaves ne se reproduisent pas ! Malgré son élégance, cette interprétation ne fait pas l'unanimité dans la communauté des myrmécologues. *"Je ne suis pas absolument convaincu, car cette étude n'apporte pas la preuve que le comportement de cannibalisme ou d'abandon du couvain par les esclaves*

Au bout de cette révolte, il y a l'idée d'augmenter la survie de son espèce

> **Pour comprendre pourquoi la fourmi esclavagiste *P. americanus* a de si petites colonies, Susanne Foitzik a observé sur des nids reconstitués en laboratoire la façon dont son esclave, *T. longispinosus*, élève sa descendance. Après avoir vérifié que cette dernière était une bonne nourrice dans son propre nid (à droite), les chercheurs ont eu la surprise de constater qu'elle mettait en pièces les nymphes de sa maîtresse (ci-dessous).**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

DR - WWW.BERNHARDHUBER.COM - A. WILD

soit spécifiquement dirigé contre l'espèce parasite", fait ainsi valoir Pierre Jaisson, du laboratoire d'éthologie expérimentale et comparée de l'université Paris-XIII.

© Science et Vie, Tout droits réservés

VERS UNE CONTRE-RÉVOLTE ?

Pour en être sûr, il aurait fallu que les chercheurs fassent artificiellement adopter la descendance de l'espèce esclave par une autre espèce de fourmis, non esclavagiste cette fois. Et observer la réaction des ouvrières adoptées une fois adultes. "*Si elles s'étaient mises à tuer le couvain de leur famille adoptive, cela aurait montré que ce comportement infanticide peut être seulement dû au fait d'être adopté et non pas au fait d'être esclaves de leur parasite*, poursuit le chercheur, qui n'hésite pas à proposer au passage une tout autre interprétation. *On peut se demander si cette espèce esclavagiste n'est pas sur la voie de l'inquilinisme* [voir encadré], *qui est caractérisé par la disparition de la caste ouvrière. Dans ce cas, la reine manipulerait les esclaves pour qu'elles détruisent le plus possible d'ouvrières de son espèce.*" La complexité de l'organisation des sociétés de fourmis permet ainsi de multiples interprétations, sans qu'il soit toujours possible de trancher.

UN INSECTE EXPERT EN PARASITISME DE TOUTE SORTE

Asservir d'autres fourmis n'est qu'une des quatre formes de parasitisme pratiquées par ces insectes. La plus simple, la xénobiose, caractérise les fourmis qui ne savent pas se nourrir seules et s'invitent dans des nids hôtes pour solliciter une régurgitation. Le stade suivant, le parasitisme social temporaire, s'applique lorsque la reine est incapable de fonder une colonie seule. Après l'accouplement, elle pénètre dans un nid hôte, en tue la reine et dispose des ouvrières, qui élèveront sa descendance. Avec le temps, la proportion d'ouvrières parasites s'accroît, et les ouvrières hôtes disparaissent. L'espèce parasite s'assume ensuite seule. L'esclavagisme proprement dit, qui concerne près de 50 espèces, constitue le troisième stade du parasitisme. Il est dit "facultatif" si les ouvrières parasites assurent toutes les tâches de la colonie, les esclaves n'étant là que pour en augmenter la productivité. Si, au contraire, les ouvrières parasites ne sont capables que de faire des raids, les esclaves se chargeant de l'ensemble des tâches, l'esclavagisme est dit "obligatoire". Le dernier stade, l'inquilinisme, est décrit chez environ 80 espèces. La caste ouvrière y est réduite, voire absente. La reine parasite infiltre un nid hôte, mais n'en tue pas la reine, seule à même de produire des ouvrières. Chez certaines espèces, la reine parasite passe même une grande partie de sa vie sur le dos de la reine hôte, dont elle dépend entièrement.

< *Myrmecocystus mimicus* pratique un esclavagisme facultatif sur sa propre espèce.

Pour sa part, Susanne Foitzik entend étayer sa théorie en tentant de calculer le bénéfice pour les colonies hôtes dans les environs. Pour cela, elle va déterminer le degré de parenté entre les esclaves et les colonies alentour, et évaluer en quoi ce comportement rebelle accroît spécifiquement la santé de la colonie dont elle est génétiquement la plus proche. Si son interprétation se révèle pertinente, ce comportement sera donc bien une première. "*Entre les parasites et les hôtes, c'est une véritable course aux armements qui s'engage*, explique Serge Aron. *Alors qu'on pensait que les esclavagistes avaient toujours un coup d'avance, il semble que ces ouvrières aient adopté une stratégie leur permettant de résister au parasite. Résister seulement, car elles sont toujours esclaves au final...*"

Et si cette résistance devenait trop forte, si les esclaves éliminaient l'intégralité de la descendance de l'esclavagiste, c'est sa survie qui serait menacée. "*Pour autant, il n'y a pas de raisons d'imaginer que les combinaisons génétiques chez les esclavagistes ne conduiront pas un jour à la sélection d'individus dont le couvain aurait une odeur que les esclaves ne reconnaîtraient pas, par exemple, ou alors que ces parasites ne se rabattront pas sur d'autres espèces hôtes*", estime Serge Aron. La contre-révolte est donc probablement déjà en marche. ▮

EN SAVOIR PLUS

Les Fourmis, L. Passera et S. Aron, Presses scientifiques du CNRC, 2005.

Q&R

Pourquoi les allergies alimentaires sont-elles en hausse ?

Question de Nitcheva Fiorentini, Castellare di Casinca (20)

Les raisons sont multiples. Dans les faits, les allergies alimentaires ont doublé en cinq ans et touchent aujourd'hui au moins 4 % des Français adultes et 8 % des enfants. Tous les aliments peuvent en principe causer une allergie, mais le lait, l'œuf et l'arachide concernent 80 % des enfants touchés. L'allergie est due à une réaction anormale de notre système immunitaire lors d'un contact avec un agent pathogène. Habituellement, les aliments, comme d'autres substances étrangères telles que le pollen, les poils de chat, etc., sont bien tolérés.

L'IMMUNITÉ CHAMBOULÉE

Mais pour une raison qui reste inexpliquée, en leur présence, notre organisme réagit parfois en produisant des anticorps particuliers, les immunoglobulines E, ou IgE, responsables des symptômes de l'allergie : urticaire, boutons, crises d'asthme, etc.

Une des raisons du boom des allergies alimentaires serait notre mode de vie moderne qui aurait déstabilisé notre immunité : "*On pense qu'aujourd'hui, à cause du recours massif aux antibiotiques, de la diminution de l'allaitement maternel et d'un environnement aseptisé, les bébés ne sont pas assez confrontés aux bactéries, inoffensives pour la plupart, qui sont indispensables à 'l'éducation' de leur système immunitaire, qui est vierge à la naissance*", explique Gisèle Kanny, du service de médecine interne, immunologie clinique →

> L'arachide est, avec l'œuf et le lait, l'un des aliments les plus sensibles : il représente 80 % des allergies infantiles.

V L'affection est due à une réaction disproportionnée du système immunitaire (ici, test avec des agents alimentaires).

E.WATKINS/SPL/COSMOS - I.HANNING/RÉA

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

La diminution de l'allaitement contribue à surprotéger les bébés des bactéries.

→ et allergologie, au CHU de Nancy. Ces microbes apprennent au système immunitaire à tolérer certains éléments étrangers à l'organisme, poursuit-elle. Faute d'un contact suffisant avec ceux-ci, "*le système immunitaire est ainsi désorienté et se met à lutter contre certains aliments, les pollens ou les acariens, provoquant plus d'allergies*". C'est la "théorie hygiéniste". Autre facteur pouvant expliquer la hausse des allergies alimentaires: la pollution de notre environnement par le transport automobile, les peintures d'intérieur, etc. Ces substances toxiques peuvent favoriser la production de cellules immunitaires spéciales baptisées TH2, et qui encouragent la production des IgE. Mais médecins et chercheurs pointent aussi du doigt l'industrie agroalimentaire.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés.

TRAITEMENTS INDUSTRIELS

C'est que les plats tout prêts peuvent contenir un grand nombre d'aliments – de 10 à 20 en moyenne – et sont donc plus susceptibles de renfermer des ingrédients responsables d'allergies. De plus, les nombreux traitements industriels subis par les produits alimentaires peuvent provoquer la transformation de molécules "naturelles" inoffensives en protéines allergisantes. Enfin, l'association de différents produits peut aussi faire apparaître de nouveaux allergènes ou des réactions croisées. Ainsi, une étude réalisée en 2003 par des chercheurs anglais a prouvé que mélanger du lait de soja avec de la cacahuète multiplie par 2,6 le risque d'allergie à la cacahuète.

Autre facteur de l'augmentation des allergies: le mode d'alimentation. "*Les aliments consommés sont en effet de plus en plus diversifiés; or de nombreux produits exotiques, tels que le sésame ou les fruits à coque (noix de macadamia, noix de pécan...) peuvent entraîner des réactions allergiques; d'où une augmentation des allergies*", souligne le médecin du CHU de Nancy. De plus, les systèmes de culture intensive favorisent la production, dans les fruits et légumes, de protéines de stress (des "profilines"), très allergisantes.

Aujourd'hui, les allergies, d'une manière générale, figurent au 4e rang des maladies chroniques les plus fréquentes dans le monde, selon l'Organisation mondiale de la santé. Elles touchent un Français sur cinq, surtout des enfants. Et les prévisions ne sont pas bonnes: une personne sur deux pourrait être allergique en 2020. Kheira Bettayeb

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À

SCIENCE & VIE

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

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

LES ALLERGIES DANS LE MONDE

Les allergies dues aux agents extérieurs tels que les pollens sont les plus fréquentes: 94 % des allergies aux Etats-Unis, 90 % au Royaume-Uni, 82 % en Italie, 80 % en France, 73 % en Allemagne et 63 % en Espagne. Viennent ensuite les allergènes d'intérieur (moisissures, poussières, acariens), qui affectent davantage les Américains (68 % des allergiques) et les Français (63 %). Les Américains (35 %) et les Français (30 %) sont aussi les plus sensibles aux animaux, devant les Espagnols (27 %). Le printemps est la saison où les allergiques souffrent le plus (92 %). La gêne (boutons, difficultés respiratoires) dure de 6 à 30 semaines pour la moitié des individus, moins de 6 semaines pour 39 % et plus de 31 semaines chez 11 %. Toutes ces affections sont en plein boom, pour les mêmes raisons que les allergies alimentaires, notamment la mauvaise éducation du système immunitaire.

G. BONNEFONT/IP3

Ces vents hyper violents se situent à une altitude comprise entre 8 et 15 km.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Quelle est l'origine des jet-streams ?

Question de Sandrine Lesmarie, Liévin (62)

Etonnant phénomène, en effet, que ces courants aériens extrêmement rapides au sein desquels l'air peut se déplacer à des vitesses dépassant les 360 km/h. Larges de quelques centaines de kilomètres, ils se situent entre 8 et 15 kilomètres d'altitude et font le tour du globe en soufflant globalement d'ouest en est. Ces vents particuliers se forment à cause des différences de pression et de température qui existent entre l'équateur et les pôles. En effet, le gradient de pression dépend de la température de l'air : c'est-à-dire que pour une même valeur de pression au sol, l'air chaud est moins dense que l'air froid. Donc plus la différence de température est grande entre deux masses d'air, plus la différence de pression augmentera avec l'altitude et la diminution de la température, et plus les vents seront forts.

TRÈS VIOLENTS EN HIVER

C'est ce qui se passe notamment au-dessus des étroits couloirs qui séparent les masses d'air froid des masses d'air chaud en plusieurs endroits de l'atmosphère, principalement autour des hémisphères… là où des jet-streams apparaissent. La rotation de la Terre, ainsi que l'écoulement de l'air, qui s'effectue des zones chaudes vers les zones froides, forcent ces vents à se diriger de l'ouest vers l'est quel que soit l'hémisphère. Leur parcours est cependant influencé par la situation et les déplacements des anticyclones et de l'air polaire. Leur position et leur intensité varient ainsi, au fil des saisons, entre 25 et 45° de latitude. Ils sont plus forts en hiver et peuvent être à l'origine de fortes tempêtes dans les régions tempérées. L'été, ils se décalent vers les pôles. Ces vents d'altitude sont cartographiés plusieurs fois par jour par les satellites météo, notamment pour informer les pilotes d'avion qui peuvent ainsi gagner du temps et de l'énergie en les empruntant ou, s'ils sont en sens contraire, en les évitant. **G.A.**

EN SAVOIR PLUS

Historique, schémas, localisation : www.astrosurf.com/luxorion/meteo-jetstream.htm

NASA

Les mammifères marins font-ils des paliers en remontant à la surface ?

Question de Ludovic Nicolle, Treillères (44)

"*En principe, non,* répond Vincent Ridoux, du Centre de recherche sur les mammifères marins à La Rochelle. *Ces animaux dotés de poumons et vivant dans l'eau font, après une plongée, une remontée lente, mais régulière, sans réels paliers de décompression.*" Ces arrêts sont pratiqués chez l'homme afin d'évacuer en douceur l'azote dissous dans le sang lors de la descente, et d'éviter ainsi la formation de bulles qui peuvent causer des lésions, voire la mort. Or, les mammifères marins vident leurs poumons avant de plonger et n'ont donc qu'un faible apport d'azote supplémentaire. En outre, cet air est "stocké" dans des zones de l'appareil respiratoire où il n'y a aucun échange entre le sang et l'air.

Cependant, des animaux comme le cachalot peuvent souffrir d'accidents de décompression. Ainsi, une étude de la Woods Hole Oceanographic Institution (Massachusetts) montre qu'une interaction avec des sonars peut perturber la façon dont les animaux gèrent leur vitesse de remontée lors d'un mouvement de fuite ou de panique. **K.B.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

> Leur appareil respiratoire n'admet pas d'échanges entre le sang et l'air, évitant la formation de bulles d'azote.

La médecine fait-elle dégénérer l'espèce humaine ?

Question de Marc Pierard, Morville (Belgique)

Difficile, dans votre question, de ne pas entrevoir le spectre de l'eugénisme, cette idéologie qui estime qu'au lieu d'alourdir le "fardeau génétique" de l'humanité par des soins qui aident les "inaptes" à se reproduire, on ferait mieux de les stériliser. Mais d'un point de vue évolutionniste, la question est pertinente. En soignant les personnes malades, par définition moins adaptées que les autres à leur environnement, s'oppose-t-on à la sélection naturelle qui veut que seuls les plus aptes survivent ? "*La réponse la plus honnête est oui*, convient Steve Jones, généticien à l'University College de Londres. *Mais cela n'a aucune importance*". Car un "mauvais" gène n'est problématique que dans un environnement donné.

LES BONS GÈNES VARIENT...

"*A la préhistoire, ma myopie m'aurait empêché de chasser. Aujourd'hui, elle n'est pas handicapante. On ne vit plus dans la nature*", souligne-t-il. Et heureusement : renvoyés à l'âge de pierre, nous ne survivrions pas longtemps. Pour preuve, les animaux élevés en captivité sur des générations résistent mal à une réintroduction en milieu naturel : ils accumulent des mutations qui n'ont aucun impact en captivité mais sont délétères en milieu sauvage.

"*En fait, la médecine ne supprime pas la sélection naturelle, elle la modifie*", indique Michel Raymond, de l'Institut des sciences de l'évolution (Montpellier). Là où le choléra sévit, les individus sans gènes de résistance à l'infection sont défavorisés. Mais là où elle a disparu, ces gènes n'ont plus d'intérêt. Ainsi, le matériel génétique

SEA WORLD OF CALIFORNIA/CORBIS - ARIANESPACE

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits reservés.

qui "compte" pour notre survie varie avec l'environnement. Impossible de dire si les gènes que l'on juge défectueux aujourd'hui seront un problème demain ! En outre, selon plusieurs généticiens, les qualités physiques qui favorisaient nos ancêtres sont désormais moins discriminantes que nos capacités intellectuelles.

Néanmoins, l'espèce humaine est de plus en plus tributaire de la médecine et certains le perçoivent comme une régression. "*Si les césariennes se généralisent, les nouveau-nés pourront être plus gros et on ne pourra plus accoucher sans césarienne*", explique Michel Raymond. Nous ne pourrons quantifier l'influence de la médecine sur notre génome avant des milliers d'années. Mais puisque la médecine existe, rien ne peut justifier que l'on sacrifie des individus pour le bien hypothétique du génome de la population. **M.Co.**

Pourquoi les navettes spatiales pivotent-elles après avoir décollé ?

Question de Michel Doux, Portets (33)

C'est vrai : lorsqu'on observe un lancement de la navette spatiale américaine ou de la fusée *Ariane 5*, on voit qu'elles pivotent parfois jusqu'à 180°, juste après le décollage, pendant la phase d'ascension verticale. Cette manœuvre, pilotée par les ordinateurs de bord, est appelée *roll program* et sert à créer un angle d'attaque favorable entre la fusée et le vent rencontré lors de la traversée de l'atmosphère. Ce nouvel angle permet d'atténuer considérablement les frottements liés à la pression de l'atmosphère sur la surface du lanceur. Les performances de la navette sont aussi augmentées car elle consomme moins de carburant et peut ainsi transporter une charge utile plus importante. De plus, cette position facilite le retour en urgence de l'équipage à la base de lancement en cas de problème. Le *roll program* est conditionné par la configuration et l'orientation au sol des pas de tirs. **G.A.**

Juste après son lancement, *Ariane 5* s'incline afin de traverser l'atmosphère sans souffrir des frottements.

le point sur

Les antennes-relais

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Qui n'a jamais entendu parler des antennes-relais permettant la diffusion et la réception des ondes électromagnétiques émises par les téléphones portables? Cette technologie est au cœur d'un houleux débat concernant sa possible nocivité pour notre santé (tumeur du cerveau, etc.). Ainsi, en avril a débuté en France un "Grenelle des antennes". Le but? Rapprocher les points de vue des opérateurs, des parlementaires, des associations et des élus en vue de répondre aux craintes du public relatives aux éventuels dangers de l'exposition aux ondes électromagnétiques.

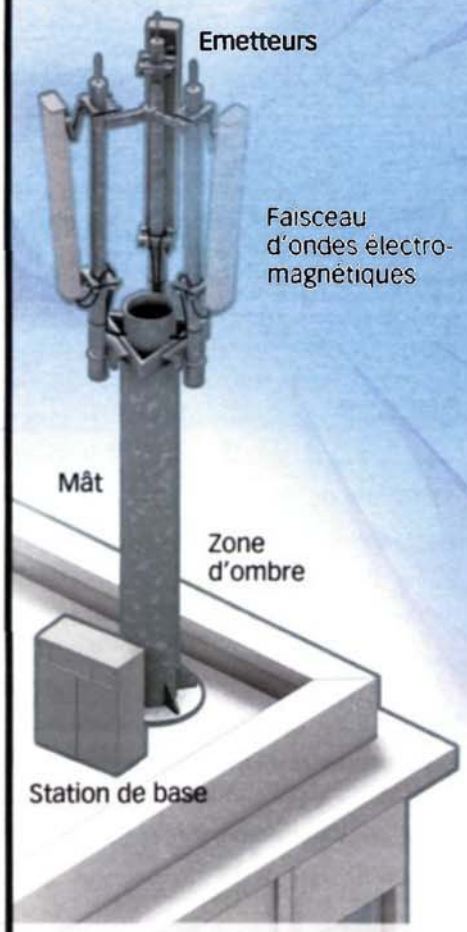
130000 RÉPARTIES EN FRANCE

Concrètement, si le terme antenne-relais fait essentiellement référence aux réseaux de téléphonie mobile, il concerne aussi les réémetteurs de télévision terrestre et les équipements de radiocommunications (gendarmerie, police, etc.). Sur les 130000 antennes-relais couvrant la France fin 2008, 49000 (soit 37,7 %) sont exploitées par les opérateurs de téléphonie mobile. En une quinzaine d'années (voir "Un peu d'histoire"), ils ont déployé des réseaux qui couvrent aujourd'hui plus de... 98 % de la population, sachant que fin 2008, on comptait 58 millions de portables en circulation en France (1)!

Il existe trois grands types d'antennes-relais selon la gamme de fréquences considérée. Les antennes du réseau GSM 900 (Global System for Mobile Communications) utilisent la bande 935-960 MHz pour la transmission (envoi du signal de l'antenne vers le mobile) et la bande 890-915 MHz pour la réception (du mobile vers l'antenne). Celles du réseau GSM 1800 utilisent la bande 1805-1880 MHz pour la transmission et la bande 1710-1785 MHz pour la réception. Ces deux types sont dits de deuxième génération (2G). Ils sont dédiés au service de la voix car leur débit de transfert de données n'est que de 9,6 kilobits/seconde. Les antennes du réseau UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) →

1 Les antennes transmettent des ondes électromagnétiques

Les antennes-relais émettent des ondes en un faisceau très concentré: 7° dans le plan vertical et 65° dans le plan horizontal. Chaque station de base comprend trois antennes-relais à 120° l'une de l'autre, généralement disposées sur un point haut (toit de bâtiment, château d'eau, haut de pylône, colline...)



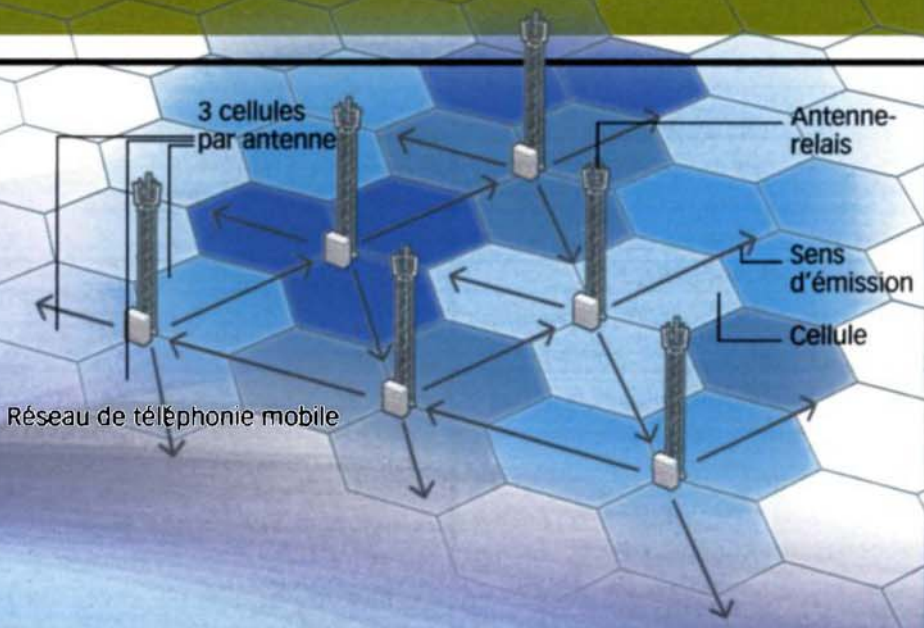
A.DAGAN

COMMENT ÇA MARCHE

Les réseaux sans fil "prolongent" les réseaux filaires téléphoniques nationaux en tout point du territoire, la propagation sans fil étant limitée au trajet du signal entre l'antenne-relais et le téléphone mobile. Tous les réseaux téléphoniques classiques étant reliés entre eux, la couverture des réseaux sans fil est donc mondiale.

2 Elles sont réparties selon un maillage géométrique

Chaque antenne couvre trois cellules. Les antennes sont disposées pour que ces cellules s'imbriquent et que chaque faisceau couvre la zone d'ombre (pied du mât, zone intercellulaire) de la cellule voisine. En ville, les antennes sont séparées de quelques centaines de mètres. A la campagne, de 10 à 15 km.



Propagation : plus on s'éloigne d'une antenne, plus le rayonnement ambiant diminue : ici, exemple pour une antenne de 10 W

Rayonnement ambiant : 6 V/m entre 0 et 23 m de l'antenne

Entre 23 et 68 m, le rayonnement ambiant passe de 5,33 V/m à 2 V/m

Au-delà de 100 m, le rayonnement ambiant est au maximum de 0,67 V/m

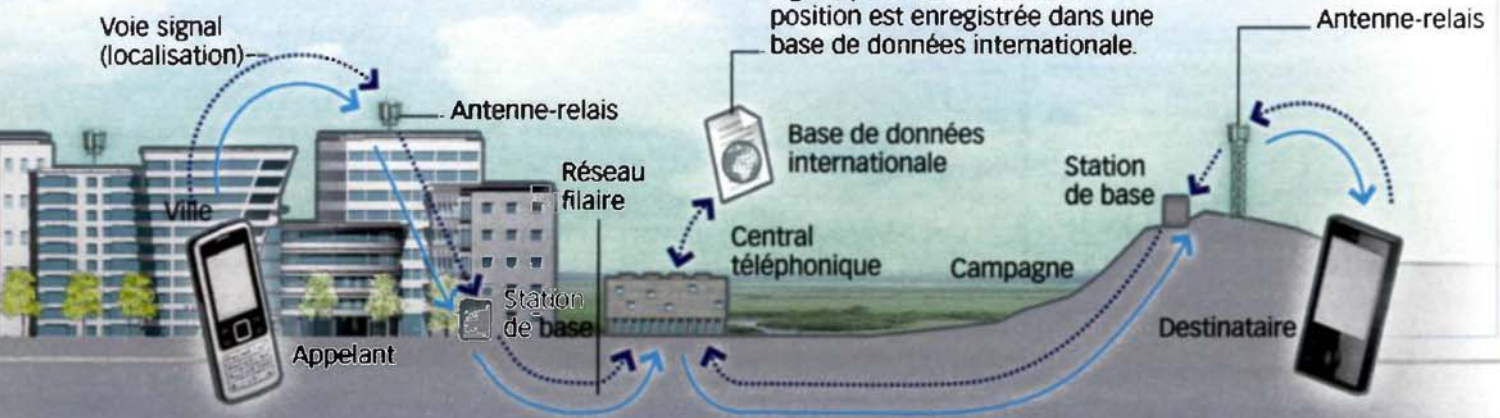
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

Les bandes de fréquence 900 MHz et 1 800 MHz (2G) servent à transmettre la voix, et le réseau UMTS (3) permet de transférer images, vidéos et mails en plus.

3 Et reliées entre elles par un réseau filaire

Chaque antenne est reliée au réseau filaire téléphonique. Le signal reçu par l'antenne est donc injecté dans le réseau téléphonique classique, puis transmis par son intermédiaire jusqu'au destinataire, sur son téléphone fixe ou sur son téléphone mobile *via* l'antenne-relais la plus proche.

Localisation : le mobile communique en permanence avec les antennes (*via* la voie signal) pour être localisé. Sa position est enregistrée dans une base de données internationale.



→ utilisent des gammes de fréquence allant de 1 920 à 2 170 MHz. Cette troisième génération (3G) offre un débit de 384 kbit/s, ce qui permet de transférer images, vidéos et mails, en plus de la voix. Afin de réduire le nombre d'installations, les opérateurs utilisent de plus en plus des antennes "multibandes".

POLÉMIQUE SANITAIRE

Une antenne-relais émet à une puissance maximale de 80 watts : soit en moyenne 100 fois inférieure à celle des émetteurs de radio et de télévision. Pour émettre la voix et les autres données (mail, vidéo…), tout téléphone mobile communique par ondes radio avec l'antenne-relais la plus proche et disponible du réseau de son opérateur. Les ondes sont converties au sein de la station de base en un signal électrique ; ce signal est alors transmis jusqu'au téléphone du destinataire *via* les câbles du réseau de téléphonie filaire ("Comment ça marche").

On parle de téléphonie cellulaire car chaque antenne couvre une portion de territoire baptisée "cellule". En ville, chaque station de base rayonne ainsi sur une zone de 300 mètres de diamètre. A la campagne, chacune couvre de 10 à 15 km, car il y a moins d'obstacles à la propagation des ondes (immeubles, etc.), et moins de risques de saturation du trafic.

Malgré la polémique sanitaire autour des antennes-relais (voir "Bon à savoir"), les opérateurs français Bouygues Telecom, Orange et SFR poursuivent le déploiement pour accompagner la croissance du trafic téléphonique et proposer de nouveaux services multimédias. Les constructeurs d'antennes, eux, planchent sur une nouvelle génération de réseaux (voir "Et demain") offrant un débit de transfert de données plus important. **K.B.**

(1) Association française des opérateurs mobiles.

UN PEU D'HISTOIRE

L'histoire des antennes-relais s'intègre dans celle des télécommunications utilisant des ondes électromagnétiques – radio, télévision etc. Le concept de l'électromagnétisme a été forgé au XIXe siècle, grâce aux travaux de différents scientifiques, comme le mathématicien et physicien français André Ampère (1775-1836) ou le chimiste anglais Michael Faraday (1791-1867).

Propager l'information

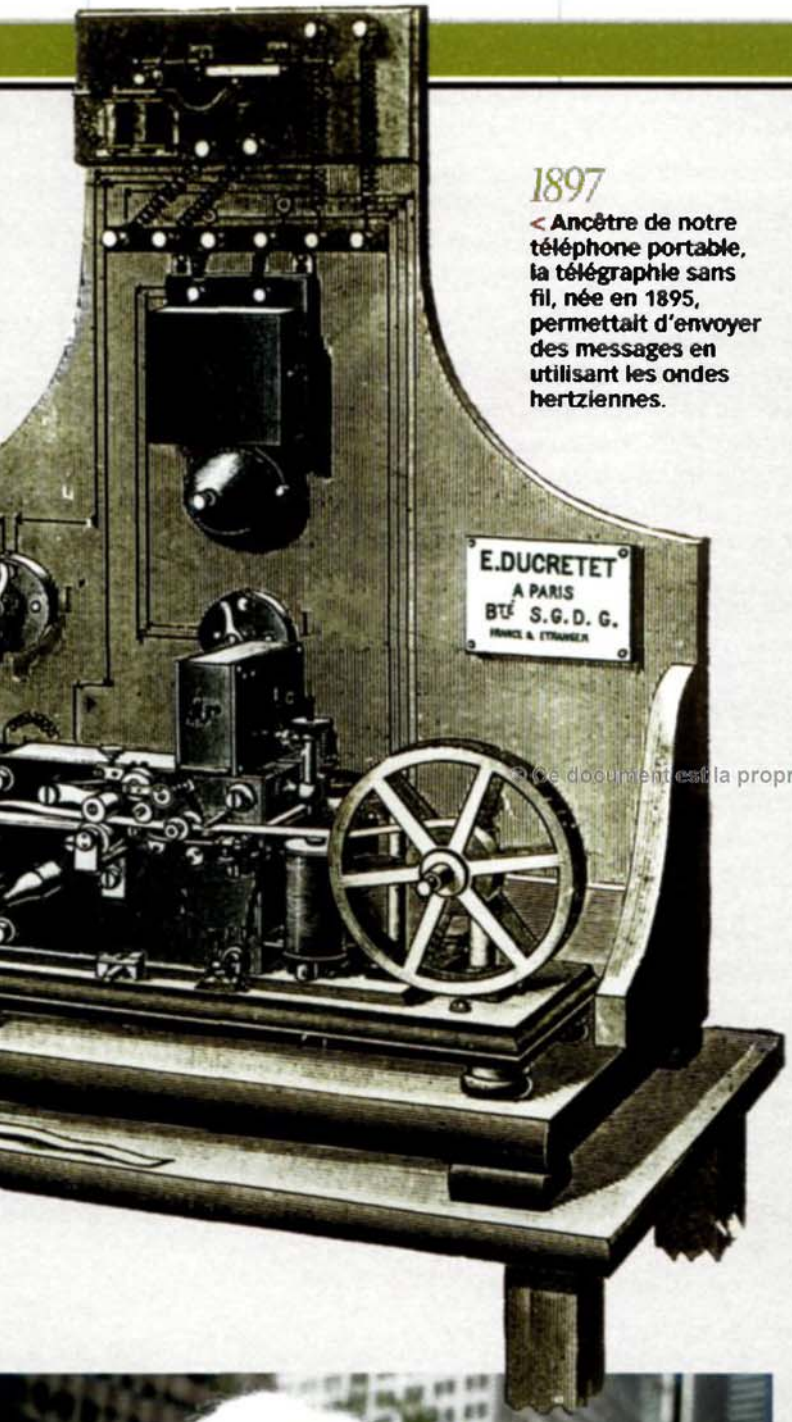
Mais ce fut le physicien et chimiste danois Hans Œrsted (1777-1851) qui observa le premier qu'un fil parcouru par un courant dévie l'aiguille d'une boussole placée à proximité ; preuve qu'un courant électrique produit un champ magnétique. Puis, le physicien et mathématicien écossais James Clerk Maxwell (1831-1879) émit la théorie à l'origine des télécommunications hertziennes, selon laquelle les ondes électromagnétiques se propagent à la vitesse de la lumière. Mais c'est Heinrich Hertz (1857-1894) qui apporta entre 1887 et 1888 les preuves expérimentales étayant cette théorie. En travaillant à très haute fréquence (quelques centaines de mégahertz), il obtint d'abord des ondes électriques dans des fils métalliques, puis il démontra l'existence d'ondes électromagnétiques dans l'air. Comme la voix et les données peuvent être transportées par des ondes électromagnétiques, en réalisant une simple modulation d'amplitude ou de fréquence, ces dernières furent considérées comme d'excellents moyens de propagation d'information entre un émetteur et un récepteur. Hertz construisit alors les premières antennes émettrice et réceptrice d'ondes. Les télécommunications à base d'ondes hertziennes se développèrent rapidement à la fin du XIXe siècle, grâce à la mise au point d'émetteurs et de récepteurs de plus en plus perfectionnés. Ainsi, en 1895, le Russe Aleksandr Popov (1859-1906) réalisa en laboratoire la première transmission de signaux Morse par voie hertzienne. La télégraphie sans fil (TSF) était née. Mais ce n'est qu'en 1947 que les scientifiques des Laboratoires américains Bell – les fameux Bell Labs, qui font actuellement partie d'Alcatel-Lucent – développèrent ce qui semble être les toutes premières antennes-relais. Elles furent implantées dans un premier réseau cellulaire de téléphonie destiné à la recherche. Il s'agissait de cellules hexagonales qui transmettaient et recevaient des signaux dans trois directions. Ce réseau permettait de suivre des utilisateurs pendant qu'ils se déplaçaient dans chaque cellule avec des téléphones très volumineux. Ces derniers pouvaient alors passer leur appel d'une cellule à l'autre sans interrompre leur communication. Suite à cette expérience, il faudra attendre 1970 pour que les Bell Labs installent le premier réseau commercial de téléphonie cellulaire à Chicago (États-Unis). Ce réseau permettait alors d'appeler uniquement dans la ville. Quant à l'invention du téléphone mobile, elle est généralement attribuée à l'Américain Martin Cooper, alors directeur de la

XIXe siècle

^ Le physicien James Clerk Maxwell émet la théorie à l'origine des télécommunications hertziennes, selon laquelle les ondes électromagnétiques se propagent à la vitesse de la lumière.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

THE GRANGER COLLECTION NYC/RUE DES ARCHIVES - RUE DES ARCHIVES - ASSOCIATED PRESS



1897

< Ancêtre de notre téléphone portable, la télégraphie sans fil, née en 1895, permettait d'envoyer des messages en utilisant les ondes hertziennes.

1973

< Utilisant le réseau cellulaire, Martin Cooper, directeur de la recherche chez Motorola, passe son premier appel sur un téléphone de la taille d'une brique.

recherche et du développement chez Motorola. Ce serait en voyant le capitaine Kirk de la série télévisée *Star Trek* parler dans son communicateur, qu'il se décida à faire des recherches en téléphonie mobile. Il passa son premier appel sur un cellulaire en avril 1973. Le téléphone utilisé restait volumineux comme une brique, lourd comme un PC portable et muni d'une antenne longue de 10 cm! Ce n'est qu'en 1983 que Motorola lança aux Etats-Unis le premier téléphone véritablement portable : le Motorola DynaTAC 8000X, qui ne pesait plus que 800 g. Les premiers services commerciaux de radiotéléphone cellulaire se développèrent alors un peu partout en Europe et aux Etats-Unis.

Les antennes-relais du premier réseau cellulaire français furent installées en 1985. Il s'agissait du système de radiotéléphonie Radiocom 2000, un réseau de mobiles français classés dans la catégorie des mobiles de première génération (1G) et fonctionnant sous la bande de fréquence des 400 MHz. L'abandon de ce réseau au profit de la norme GSM date du 28 juillet 2000.

Ainsi arrivèrent les premières antennes-relais 2G, permettant essentiellement l'envoi et la réception de la "voix". La 3G offrant un meilleur débit et permettant d'envoyer des SMS, des images et des vidéos et de se connecter à Internet, apparut, elle, en 2002 quand l'opérateur norvégien Telenor annonça le déploiement du premier réseau commercial 3G (UMTS). En France, c'est l'opérateur SFR qui développa le premier un réseau 3G fonctionnel, en 2004.

Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

Risques à démontrer

Au cours de ces deux dernières décennies, le nombre d'antennes-relais n'a cessé de croître en France. Ainsi, 2430 nouvelles stations de base ont été déployées en 2007 et 2008. Cette évolution est liée à une augmentation du nombre de mobiles en France, qui sont passés de 0,28 million fin 1990 à 58 millions fin 2008.

Mais les plaintes contre les antennes-relais ne cessent de se multiplier. Par exemple, en mars, l'association Robin des Toits, luttant pour la sécurité sanitaire dans les technologies sans fil, a lancé cinq plaintes sous forme d'assignations contre les opérateurs de téléphonie mobile, visant à empêcher l'installation d'antennes à Paris et en province. De plus, début février, Bouygues Telecom a été condamné en appel, à démonter une antenne-relais dans le Rhône. Cette décision de la cour d'appel de Versailles s'est basée sur "l'incertitude" concernant les éventuels impacts sur les riverains. Il s'agit d'une première en France! Reste que les risques sanitaires des antennes, s'ils existent, n'ont pas encore été démontrés rigoureusement...

Bon à Savoir

■ *Combien coûte une antenne-relais ?*

De 500 à 1 500 € l'unité, selon le type (2G ou 3G) et le fait que l'installation soit mono ou multibande.

■ *Où les trouve-t-on ?*

Perchées entre 12 et 50 mètres : 40 % sont sur des bâtiments, 40 % sur des pylônes, 15 % sur des châteaux d'eau, et 5 % sur diverses infrastructures (lieux de culte, silos, phares…).

■ *Sont-elles nocives ?*

Les scientifiques ont encore du mal à trancher sur l'éventuelle nocivité des ondes émises par les antennes. En cause : la difficulté des médecins à se mettre d'accord sur les résultats des études réalisées chez l'humain et à extrapoler chez l'humain les résultats obtenus chez les animaux ; le manque de recul (le portable ne s'est répandu que depuis une dizaine d'années) ; l'éventuelle pression exercée par les opérateurs…

■ *Peut-on faire mesurer le niveau d'exposition aux ondes à son domicile, son travail, etc. ?*

Oui, et ce gratuitement après une demande écrite à son maire ou à l'un des trois opérateurs. La mesure est payée par ces derniers. Le seuil d'émission des antennes-relais en France est de 41, 58 ou 61 volts par mètre selon la fréquence utilisée ; contre 28 V/m pour la radio FM et 31-41 V/m pour la télé.

■ *Peut-on se protéger des ondes émises par les antennes ?*

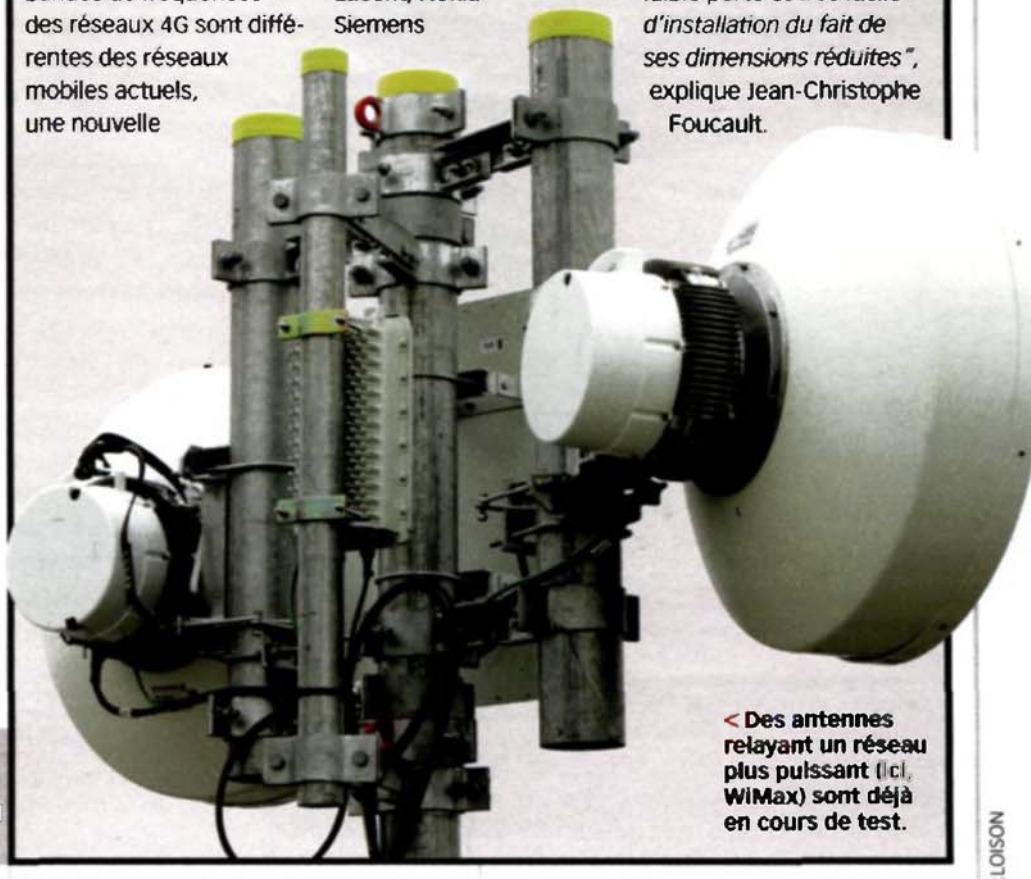
"Il n'existe pas de bouclier anti-ondes", explique Myriam Hervé, au Centre de recherche et d'information indépendantes sur les rayonnements électromagnétiques. De fait, les gadgets, et les rideaux et peintures anti-ondes vendus dans le commerce n'ont pas apporté la preuve de leur efficacité… *"La seule solution est de limiter son exposition."*

En savoir plus

Le site www.cartoradio.fr recense toutes les antennes de métropole et des DOM.

Et demain ?

Une des évolutions les plus attendues dans le domaine des antennes-relais pour les trois prochaines années est l'arrivée de réseaux de quatrième génération (4G), permettant une plus grande vitesse de transfert de données. *"Si avec les actuels réseaux de troisième génération UMTS (3G) on atteint des débits de 384 kbit/s, les réseaux 4G permettront, eux, d'aller jusqu'à plusieurs dizaines de Mbits/s* [1 Mbit = 10^6 bits] ! *De quoi améliorer et intensifier considérablement certaines fonctionnalités comme la télévision, la visioconférence…"*, précise Jean-Christophe Foucault, directeur d'Arialcom, fabricant d'antennes. Dans la mesure où les bandes de fréquences des réseaux 4G sont différentes des réseaux mobiles actuels, une nouvelle technologie d'antennes est en cours de développement : les antennes LTE (Long Term Evolution). Par ailleurs, un autre standard de réseau, le WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) est déjà en cours de test. Cette dernière technologie autorise des débits très importants de plusieurs dizaines de Mbits/s. Mais le LTE présente certains avantages sur le WiMax, comme une plus grande bande passante et une meilleure mobilité (meilleure gestion du passage d'une station de base à une autre en cours de déplacement). Ce qui laisse supposer une émergence plus précoce de LTE. En tout cas, plusieurs équipementiers (Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Network, Huawei, Nortel…) et opérateurs télécoms (Orange, Vodafone, T-Mobile…) travaillent actuellement ensemble pour développer des réseaux LTE d'ici à fin 2010. En parallèle du développement des antennes 4G, les fabricants continuent à perfectionner les antennes déjà existantes. *"On tente notamment d'améliorer la qualité du signal émis ou reçu en limitant les pertes d'énergie dues aux câbles reliant la station de base aux antennes, et qui peuvent représenter à ce jour jusqu'à 10 % de l'énergie. Pour y arriver, ces câbles coaxiaux peuvent être remplacés par de la fibre optique, qui est une liaison à très faible perte et très facile d'installation du fait de ses dimensions réduites"*, explique Jean-Christophe Foucault.



< Des antennes relayant un réseau plus puissant (ici, WiMax) sont déjà en cours de test.

P.LOISON

Musée des arts et métiers

L'avion de l'exploit

1909, Louis Blériot traverse la Manche

Exposition
23 juin - 18 octobre 2009
60 rue Réaumur 75003 Paris - www.arts-et-metiers.net

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

EADS · CONTITECH · parisson · AEROSPATIALE MATRA

ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE | PLUS DE 34% DE RÉDUCTION

1 AN | 12 NUMÉROS

SOIT PLUS DE 34% DE RÉDUCTION

SEULEMENT 42,80 € au lieu de ~~65.40~~ €*

+ LE HUB USB (Prix public 15€)

> Le Hub USB en étoile avec 4 ports dépliables est assez pratique pour des multi raccordements à votre ordinateur. Son design unique trouvera à coup sur une place sur votre bureau.

- 4 ports repliables USB type A • Taux de transfert jusqu'à 480 Mbps
- Compatible Windows 98/ME/2000, XP
- Alimentation externe intégrée en USB (câble de 0.70m)
- Dimensions : 100 X 100 X 20 mm

BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner dans une enveloppe affranchie à : Science & Vie - Service abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15.

☐ **Oui** je profite de votre offre exceptionnelle :
je m'abonne à **Science & Vie pour 1 an – 12 n° + le HUB USB***
pour 42.80 € au lieu de ~~65.40~~€*

☐ Je préfère seulement m'abonner à Science & Vie 1 an – 12 n° pour 41.80€ au lieu de ~~50.40~~€*

☐ Je ne souhaite pas m'abonner mais commander uniquement le Hub USB au prix public de 15€*

> **Voici mes coordonnées :**

Nom :

Prénom :

Adresse :

Code Postal : Ville :

Tél :

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

E-mail :

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

> **Mode de paiement :**

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

☐ Carte bancaire

N°

Expire à fin

Code Crypto
(Les 3 chiffres au dos de votre CB)

Date et signature obligatoires

C 1102 B

*Prix de vente au numéro en kiosque et prix public. Offre valable jusqu'au 31/08/2009 et en France métropolitaine uniquement. Je peux acquérir séparément chaque numéro de Science & Vie au prix de 4.20€. Je peux également acquérir séparément le Hub USB au prix unitaire de 15€. Après enregistrement de votre demande, vous recevrez sous 3 semaines votre premier numéro. Vous disposez du droit de rétractation de 7 jours ouvrés pour le Hub USB. Ce droit ne s'applique pas pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi «Informatique et Liberté» n°78-17 du 06/01/1978, nous vous informons que les renseignements ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et que vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de rectification et de suppression de ces données par simple courrier. Sauf refus de votre part, ces informations peuvent être utilisées par des partenaires Science & Vie - Service Abonnements - 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15 - Excelsior Publications SA RCS B 572 134 773 - Capital : 1 717 360 €

technofolies

Le premier téléviseur au format salle de cinéma

C'est une petite révolution dans le domaine du Home Cinema : le téléviseur Cinema 21:9 de Philips est en effet le premier au monde à respecter les proportions de l'image cinématographique. Ces dernières années, les écrans 4/3 ont peu à peu été supplantés par les téléviseurs 16/9, entraînant une conversion progressive des programmes télévisés à ce nouveau format. Toutefois, le 16/9 engendre de larges bandes noires horizontales dues au format panoramique des films destinés au grand écran. L'exploit du téléviseur Cinema 21:9 est de réussir à afficher ces films en plein écran sur une dalle de 56 pouces, soit 142,4 cm de diagonale ! En outre, son mode Super 16/9 permet de redimensionner et d'afficher en plein écran les programmes 16/9 autres que les films. La qualité d'image est garantie par une résolution full HD de 2560 x 1080 pixels et la technologie Clear LCD 200 Hz, qui évite toute saccade des images en mouvements. Son temps de réponse, moins d'une milliseconde, fait du Cinema 21:9 le téléviseur le plus "rapide" du monde. Il dispose du système Ambilight : des dizaines de diodes LED sur les rebords de l'écran, adaptant leurs couleurs en fonction de l'image. En outre, une connexion à Internet par câble et wi-fi facilite l'accès à certains sites comme YouTube, Ebay… et autorise des fonctions de navigation dirigées par la télécommande. **D.Z.**

Prix : env. 4000 €.
Rens. : www.philips.com

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés.

> Le cadre contient 15 % de fibres de lin, qui absorbent les vibrations.

LA RAQUETTE SOUPLE EN FIBRES DE LIN

Artengo 820 Flax Fiber est la première raquette de tennis en fibres de lin. Son cadre contient en effet 15 % de fibres, qui absorbent les vibrations, et du carbone, qui apporte de la rigidité. Plus respectueuse de l'environnement, elle amortit aussi mieux les chocs de la balle. Résultats: le confort de frappe est amélioré, et les muscles et articulations sont moins traumatisés. Cette raquette s'adresse à tous les joueurs réguliers, du débutant au confirmé. Une version "light", plus légère de 10 g, et avec un tamis plus grand sera disponible en septembre prochain. F.H.

Prix: env. 80 €.
Rens.: www.decathlon.fr

< Son écran de 56 pouces (142,4 cm!) autorise la diffusion de films de cinéma sans les bandes noires du format 16/9.

Ça change la vie...

La voiture qui détecte les risques de collision

Détecter une éventuelle collision à 360° autour d'un véhicule, c'est l'ambition de Toyota avec son tout dernier modèle, la Crown Majesta. L'innovation majeure étant ici un système qui utilise deux radars à haute fréquence placés de chaque côté du pare-chocs avant (Front-side Pre-crash System), pouvant détecter un obstacle à une distance de 50 m, avec un angle de 20°. Si la probabilité d'un impact est élevée, le conducteur sera averti par un signal sonore. Dans le même temps, le système serre les ceintures de sécurité, augmente la force de freinage du véhicule ainsi que la force d'amortissement des suspensions tout en préparant le déploiement des airbags... Utile en particulier pour éviter les collisions aux intersections, cet équipement est combiné avec le Front System qui lui, gère les risques d'impact de face via un radar haute fréquence, qui détecte jusqu'à 120 m. Il peut être combiné à une caméra pour la détection des passants, une technologie baptisée Rear System, également installée à l'arrière du véhicule. Cet ensemble peut être associé à un système qui redresse automatiquement les sièges des passagers et modifie la position des appuie-tête pour éviter le coup du lapin en cas d'impact. **D.Z.**

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

Prix: env. 8500 € pour l'ensemble des systèmes.
Rens.: www.toyota.com

^ Sur les côtés du pare-chocs avant sont installés des radars à haute fréquence.

DR

Un mini-kayak solide et facile à transporter

Le kayak est une activité sportive intense, qui nécessite de pouvoir transporter une embarcation pour le moins encombrante (4 m de long en moyenne). Mais si l'on se tourne par commodité vers un kayak gonflable, encore faut-il bien le choisir. L'Airis Play 8 de Walker Bay est le plus léger du marché (7 kg). C'est aussi le plus rigide. Sa toile est faite de sept couches de PVC (à l'extérieur) et de tissu reliées entre elles par des milliers de fibres polyester en maille coulée. Résultat : il se gonfle en cinq minutes jusqu'à une pression de 0,45 bar pour être quasiment aussi rigide qu'un kayak à coque, et ce sans qu'il soit nécessaire de recourir à des inserts en aluminium. Sur l'eau, il ne craint pas les rochers puisqu'il résiste aux déchirures et à l'abrasion. Sa forme le rend particulièrement stable. De plus, sa longueur réduite (2,44 m) et son aileron arrière permettent de le manœuvrer très facilement, que ce soit en mer ou en rivière. Une fois replié, il se glisse dans son grand sac à dos et s'emporte partout : en voiture, à pied ou à vélo. Il est livré avec une pompe de gonflage, deux pagaies et un kit de réparation, au cas où. Sa charge maximale est de 102 kg. **L.B.**

Prix : env. 650 €.
Rens. : www.walkerbay.com

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

DES VERRES TOUJOURS NETS

Finis les rayures, les salissures et les reflets. Le Crizal Forte, mis au point par Essilor, est un verre très performant, obtenu grâce à l'ajout de trois pellicules ultrafines : la première durcit la surface, la deuxième empêche les poussières de coller au verre et la troisième est constituée de particules fluorées très denses qui empêchent l'eau, le gras et les poussières d'adhérer. Un traitement antireflet permet, en outre, de restituer 99 % du message lumineux, alors qu'un verre ordinaire en réfléchit en moyenne 80 %. S.M.

Prix : env. 100 € la paire.
Rens. www.essilor.fr

< Le traitement antireflet est ici bien visible sur le verre gauche.

Un four à deux étages autonomes

Cuire un poisson et un gâteau au chocolat en même temps, mais pas à la même température, et sans mélange d'odeur, c'est la particularité du four Twin Convection de Samsung. Une plaque en céramique se glisse à l'intérieur pour former deux cavités autonomes hermétiques : ainsi, températures, modes et temps de cuisson peuvent être différents à chaque étage. Le tout dans des dimensions équivalentes à celles d'un four encastrable classique. En plus du temps gagné, la consommation électrique est réduite : 33 % de moins qu'en faisant cuire un plat après l'autre. Mais ce four permet aussi d'utiliser une seule des deux cavités. Dans ce cas, l'économie d'énergie est de 25 % par rapport à un four traditionnel de même classe énergétique (classe A). Il est équipé de touches sensitives et d'un système de nettoyage à pyrolyse ou à vapeur d'eau. **L.B.**

^ Les compartiments hermétiques permettent de cuire à températures différentes, sans mélange d'odeur.

Prix : env. 800 €.
Rens. : www.samsung.com

^ Il pèse 7 kg et sa structure en sept couches de PVC et polyester le rend quasiment aussi rigide qu'un kayak traditionnel à coque.

La tondeuse qui envoie un SMS en cas de problème

Cette tondeuse-robot Husqvarna n'est pas seulement autonome, elle est capable d'envoyer un SMS lorsqu'elle rencontre un problème. L'Automower 260 ACX dispose en effet sous son capot d'une antenne GSM et d'un emplacement pour carte SIM (non fournie). C'est le premier modèle du marché. Il suffit de programmer des messages du type "tondeuse arrêtée" ou "tondeuse soulevée" sur son clavier et son écran : ils seront alors envoyés automatiquement en cas d'arrêt non programmé ou de soulèvement de la machine. Et quand tout se passe bien, elle tond le gazon pendant une heure quarante grâce à sa batterie NiMH avant d'aller se recharger seule sur sa base. **L.B.**

Prix : env. 4 200 €.

Rens. : www.automower.fr

V Des SMS préprogrammés alertent à distance lorsqu'une action non prévue est détectée.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Le premier "inhalateur" de chocolat en poudre

Une envie subite de chocolat ? Voici le Whif. Cet "inhalateur" de chocolat unique en son genre a été mis au point par le scientifique David Edwards, professeur de génie biomédical à Harvard. Après avoir inventé un inhalateur à insuline en 2000, il a souhaité appliquer cette idée dans le domaine alimentaire. Développé au Laboratoire (lieu de création associant art et science, à Paris), le Whif ressemble à un tube de rouge à lèvres, sans gaz sous pression, contenant 200 mg de chocolat en poudre. Il suffit de l'ouvrir en tirant sur son embout, de le tenir à l'horizontal, puis d'aspirer par la bouche. On sent alors une fine poudre de cacao tapisser son palais et sa langue. Les particules font plus de 10 micromètres de diamètre et, en outre, les trous prévus pour l'aspiration dispersent la poudre de manière circulaire dans la bouche, et non vers le fond de la gorge. Un seul Whif permet de prendre environ quatre aspirations de chocolat. Même si les doses restent homéopathiques, l'avantage est qu'on peut l'emporter partout et qu'il n'est quasiment pas calorique (moins d'une calorie). Il se décline en cinq saveurs : chocolat, chocolat-mangue, chocolat-framboise, chocolat-menthe et chocolat-cannelle. **L.B.**

Prix : 1,80 € l'unité (chez LaboShop à Paris ou sur www.laboshop.fr)

Rens. : www.lewhif.com

> Le Whif contient du chocolat en poudre que l'on aspire.

LE TÉLÉPHONE RÉSOLUMENT TOUT-TERRAIN

Le Samsung Solid B2100 résiste à toutes les agressions : poussière, humidité, chocs… D'après son constructeur, il tient trente minutes en immersion jusqu'à 1 m de profondeur. Il survit également à des chutes de 2 m et à la poussière : une vis au dos de la coque évite qu'il ne se disloque en tombant et des joints toriques empêchent les particules de pénétrer à l'intérieur. Enfin, il tolère des températures de –20 °C à 60 °C. Equipé d'une batterie longue durée de 1000 mAh, il promet une autonomie de 600 heures en veille et 9 en communication. Le B2100 dispose d'un appareil photo 1,3 mégapixel et d'une radio FM. **E.L.**

Prix : env. 130 €, hors abonnement.
Rens : www.samsung.com

> Immergé à 1 m de profondeur, l'appareil résisterait trente minutes.

^ GPS intégré et base de données de cartes permettent à ce caméscope d'afficher les lieux de prises de vues.

Il mémorise les lieux de tournage

Pour localiser vos vidéos et photos de vacances, voici le caméscope avec GPS intégré. Le TG7 de Sony, premier modèle à mémoire flash du genre, renferme une puce GPS et une base de données de cartes mondiales. Chaque vidéo ou photo est ainsi enregistrée avec ses coordonnées GPS, en plus de la date et de l'heure locale. Résultat : l'utilisateur peut visualiser sur une carte les lieux de ses prises de vues (symbolisées par des épingles), que ce soit sur l'écran du caméscope ou sur son ordinateur (avec un logiciel fourni). Dans ce second cas, la visualisation se fait directement sur Internet *via* le site Google Maps. L'avantage est que l'on peut sauvegarder la carte de son voyage contenant ses vidéos et photos et la partager en ligne avec ses amis. A noter que l'antenne GPS de ce caméscope peut aussi servir à se localiser à tout moment sur une carte, mais sans pour autant avoir d'indications de navigation. Très compact, il peut enregistrer jusqu'à 6 heures de vidéo en Full HD (1920 x 1080 pixels) sur sa mémoire interne de 16 Go, voire plus en ajoutant une carte Memory Stick. La résolution de ses photos est de 4 mégapixels et son autonomie d'environ 1h40. **L.B.**

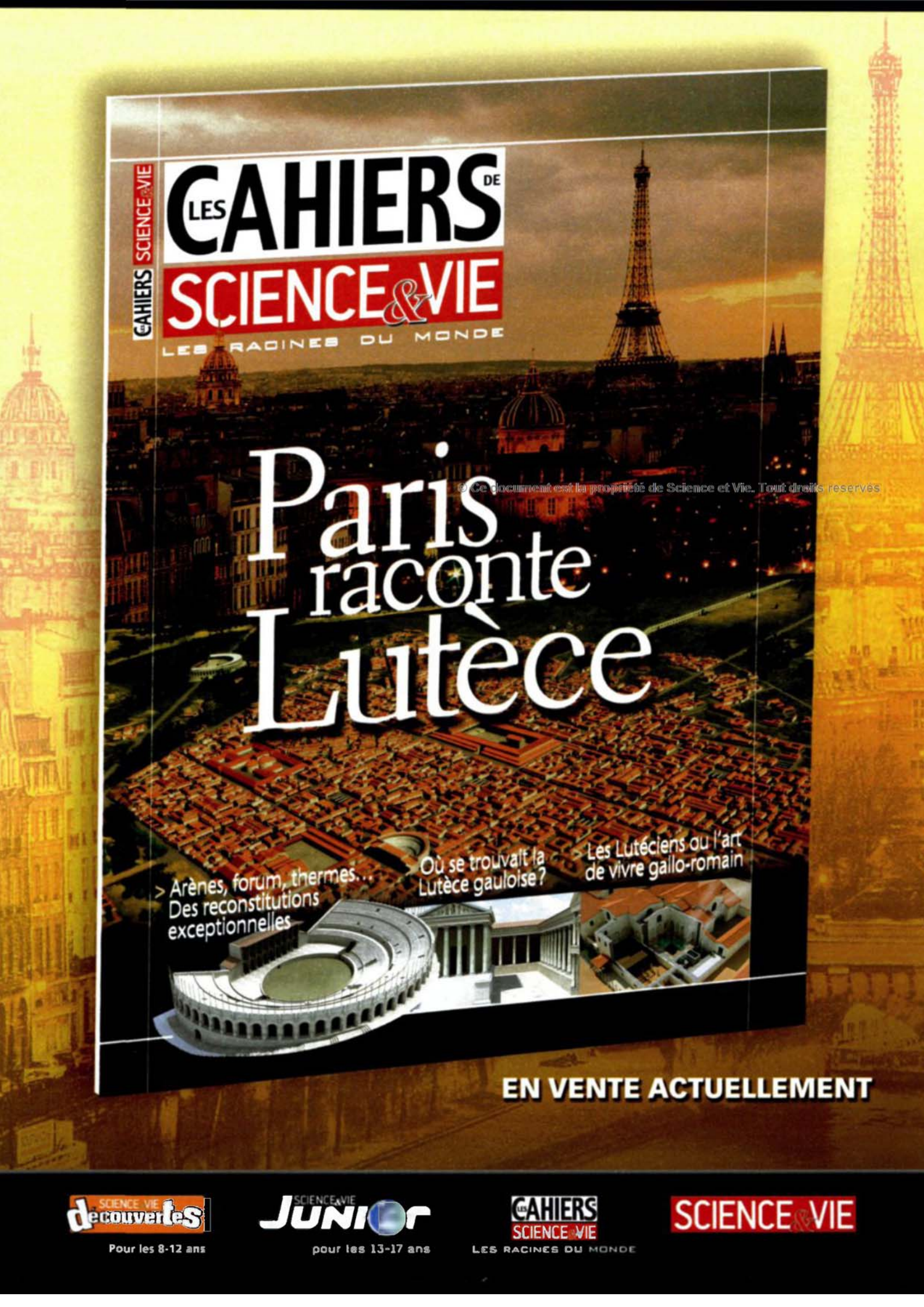
Prix : env. 900 €.
Rens. : www.sony.fr

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits réservés

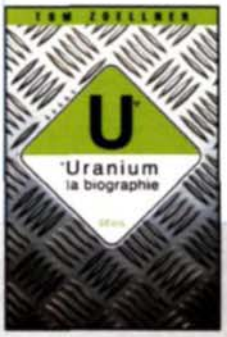
DR

Il y a 50 ans…

Prenez une feuille de papier que vous lâchez horizontalement à quelques centimètres au-dessus d'un parquet lisse. La feuille tombe d'abord verticalement puis glisse latéralement sur la couche d'air "comprimé" entre elle et le parquet. Voilà le principe qui a inspiré ce prototype "Air-Car" qui ne s'élève *"qu'à 30 cm au-dessus du sol"*. Il peut tourner sur place et évoluer sur n'importe quelle surface (même l'eau). Du coup, le journaliste de *Science & Vie*, en juillet 1959, se montrait très optimiste : *"A notre avis, la mise au point du matelas d'air sera une révolution encore plus importante dans le transport que naguère celle du pneumatique"* ! **M.V.**



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés



Uranium, la biographie
Tom Zoellner, éd. du Seuil, 240 p., ***21 €.***

Anatomie de la "pierre à pas de chance"

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reserv

C'est un métal pas comme les autres. Il fut d'abord un colorant jaune pour céramiques, puis devint une arme apocalyptique… avant d'être aujourd'hui présenté comme "la" solution au problème énergétique actuel. Sur le tableau périodique des éléments, il est représenté par la lettre U. L'uranium figure d'ailleurs tout en bas du tableau, car l'atome est très gros: 92 protons s'entassent dans son noyau et lui confèrent une grande fragilité. "L'impact d'un seul neutron peut suffire à l'ouvrir et à disperser ses particules constituantes comme des éclats de grenade, éclats qui eux-mêmes détruisent les atomes voisins, ce qui mène à la célèbre réaction en chaîne", *explique Tom Zoellner, journaliste et écrivain américain, désormais biographe de ce métal radioactif. Qui ajoute:* "Une sphère d'uranium de la taille d'une grappe de raisin suffit à rayer une ville entière de la carte." *Pour conter l'histoire du minerai, l'auteur nous emmène à Joachimsthal, en République tchèque, où les mineurs craignaient de tomber sur la "pechblende", la "pierre à pas de chance", qui annonçait souvent la fin de la veine d'argent et impliquait de creuser un nouveau puits. Un siècle plus tard, en 1789, la pechblende arrive entre les mains d'un pharmacien berlinois passionné de chimie, Martin Klaproth, qui lui donne le nom de la planète Uranus récemment découverte. On se rend également à Shinkolobwe, en République démocratique du Congo, qui a fourni les deux tiers d'uranium de la bombe d'Hiroshima… On n'en est encore qu'à la jeunesse de l'uranium et on est déjà séduit par cet étonnant livre de vulgarisation.* **Rafaële Brillaud**

FERRANDO/ANDIA.FR

L'uranium (ici, extrait au Niger), peut rayer une ville de la carte... ou sauver la planète.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

La fin du monde par la science
Eugène Huzar, éditions Ere, 160 pages, ***15 €.***

Une vision des catastrophes

En 1855, avant l'Exposition universelle de Paris, paraît *La fin du monde par la science*. Si l'auteur, Eugène Huzar, est un avocat obscur au crédit scientifique douteux, l'ouvrage connaît un franc succès. "*Alors que 5 millions de visiteurs arpentaient le Palais de l'industrie et que la presse était saturée d'éloges du progrès, le but de Huzar était manifestement de provoquer*, souligne en préface Jean-Baptiste Fressoz, historien des sciences. *Et il réussit fort bien.*" Huzar déborde d'imagination apocalyptique mais fait parfois mouche: "*Dans 100 ou 200 ans, le monde étant sillonné de chemins de fer, de bateaux à vapeur et couvert d'usines, dégagera des billions de mètres cubes d'acide carbonique et d'oxyde de carbone* [qui] *pourront bien troubler un peu l'harmonie du monde.*" Cette œuvre catastrophiste s'oppose surtout à la théorie d'une révolution industrielle inconsciente de son impact sur l'environnement: "*Je ne fais la guerre ni à la science ni au progrès, mais suis l'ennemi implacable d'une science ignorante, d'un progrès qui marche à l'aveugle sans critérium ni boussole.*" **R.B.**

Et aussi...

SECRETS DE RUCHE

Par son activité pollinisatrice, l'abeille se hisse au troisième rang des animaux domestiques les plus utiles, après la vache et le cochon! Ce livre fait le point des connaissances sur ce fascinant "super-organisme"... et révèle que le précieux hyménoptère a encore bien des secrets. **R.B.**

L'Etonnante Abeille, éd. De Boeck, 280 p., ***35 €.***

LES GÈNES S'EXPRIMENT

Non, le vivant n'est pas gouverné par un programme génétique omnipotent. Ce recueil passionnant invite à la découverte de l'expression aléatoire des gènes: le changement de perspective qu'elle induit (notamment pour la compréhension du cancer), les recherches en cours, les réticences des biologistes... **R.B.**

Le hasard au cœur de la cellule, éd. Syllepse. 194 p., ***15 €.***

AVENTURIERS DE PÈRE EN FILS

Il y a Auguste, le physicien, double du Professeur Tournesol et premier homme à s'être élevé dans la stratosphère. Puis Jacques, le fils océanographe qui s'est aventuré à 10000 m de profondeur. Et enfin Bertrand, le petit-fils, psychiatre, héros d'un tour du monde en ballon. Voici l'album de la famille Piccard! **R.B.**

A la conquête du ciel et des abysses, éd. Gallimard, 192 p., ***39 €.***

ÉVÉNEMENT

La Cité de l'espace à Toulouse se transforme en Cité de la Lune

Il y a 40 ans, on marchait sur la Lune ! La Cité de l'espace de Toulouse fête l'événement en se transformant en Cité de la Lune. Elle nous parle de ce que fut l'exploration lunaire et de ce qu'elle sera si l'homme y retourne un jour (voir p. 76). Outre une programmation spéciale de concerts et de feux d'artifices le 20 juillet, jour anniversaire de ce "grand pas pour l'humanité", la Cité propose au dôme Imax la projection de Walking on the Moon, *un film en 3D réalisé à partir d'images d'archives de la conquête lunaire. Le planétarium accueille "Rendez-vous", un spectacle ayant pour décor une base lunaire en 2029. L'exposition "Décrochez votre visa pour la Lune" propose au public de tester ses aptitudes avant, pourquoi pas, de postuler au poste de futur premier homme à remarcher sur la Lune en 2020. Huit défis sont à relever parmi lesquels : réussir le voyage, construire une base lunaire ou parvenir à se nourrir.* **Er.H.**

"40e anniversaire de l'homme sur la Lune", à la Cité de l'espace, à Toulouse, le 20 juillet. Rens. : www.cite-espace.com

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

CHANTIERS

Restaurer le patrimoine

Pourquoi ne pas utiliser votre énergie à la restauration de châteaux et autres lieux d'exceptions menacés de disparition ? Nul besoin d'être un spécialiste : Rempart, un réseau d'associations culturelles, vous forme aux techniques de base : taille des pierres, enduit, peinture murale, maçonnerie. On dort en gîtes, dans des tentes ou des dortoirs, on fait les courses et la cuisine, et il faut compter 35 heures de travail hebdomadaire. Bref, de quoi passer des vacances actives. **Er.H.**

"Chantiers de bénévoles Rempart", en France et à l'étranger. Rens. : www.rempart.com

FESTIVAL

Imaginaire scientifique

Savant mélange de science, de théâtre et d'art, les Journées de l'imaginaire scientifique et technique du cœur d'Hérault vous emmènent aux frontières de la connaissance humaine, là où l'imagination règne pour toujours en maître. Soirées, spectacles, films, conférences, ateliers sont au programme de cette 7e édition consacrée à l'astronomie et à la biologie. **Er.H.**

"Frissons à Aniane, Gignac, Puéchabon...", dans l'Hérault, du 2 au 4 juillet. Rens. : www.imaginairescientifique.fr

M.HUYNH/CITÉ ESPACE - REMPART - DR

^ Au programme : projection 3D, concerts et ateliers d'entraînement... dans un décor lunaire.

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

EXPOSITION

Des dinosaures au pied de la roche de Solutré

Si tout ce que vous connaissez de la roche de Solutré, c'est un président de la République – François Mitterrand – la gravissant chaque année en une sorte de pèlerinage, alors ce musée est fait pour vous. Situé au pied de la célèbre roche, le musée départemental de la préhistoire retrace l'histoire de ce promontoire, l'un des plus grands gisements préhistoriques d'Europe, qui pendant 25 000 ans, au Paléolithique supérieur (de –35 000 à –10 000), fut occupé par des chasseurs venus piéger les hordes de chevaux et de rennes dont les habitudes migratoires avaient fait des environs de la roche de Solutré un lieu de passage obligatoire. Actuellement, une exposition temporaire est consacrée aux dinosaures. **Er.H.**

^ Parmi les reconstitutions à taille réelle... un squelette d'allosaure.

"A la découverte des dinosaures", au musée départemental de préhistoire, à Solutré (Bourgogne), jusqu'au 6 septembre 2009. Rens. : www.musees-bourgogne.org

Et aussi...

> Festivals/Conférences

Tautavel (Pyrénées-Orientales) "Deuxième Festival d'astronomie". Observation, conférences et concert. Du 23 au 26 juillet. Rens. : www.astreschevelus.fr

Entremont-le-Vieux (Savoie) "Fête préhistorique". Visitez la grotte dans laquelle plus de 12 000 fragments d'os d'ours des cavernes datant de –45 000 à –24 000 ont été découverts. Au musée de l'Ours des cavernes, les 12 et 13 juillet. Rens. : www.musee-ours-cavernes.com

Villeneuve-d'Ascq (Nord) "La Lune et ses relations avec la Terre". Pierre Thomas, géologue et planétologue, fait le tri entre science et croyances. Au Forum départemental des sciences, le 3 juillet à 19 h. Rens. : www.forumdepartementaldessciences.fr

> Expositions/Evénements

Avranches (Manche) "Lumière sur le ciel". Présentation d'ouvrages écrits par des hommes qui ont tenté de nous rendre l'Univers intelligible. A ne pas rater : *"Dialogue sur les deux grands systèmes du monde"* de Galilée. Au scriptorial d'Avranches, jusqu'au 20 septembre. Rens. : www.scriptorial.fr

Petersbach (Bas-Rhin) "Les effets de la tempête de 1999 : 10 ans après". Randonnée pédestre pour observer comment les arbres du parc régional des Vosges du nord ont réagi depuis le passage de la tempête. Rendez-vous à la mairie de Petersbach, le 3 juillet, à 14 h. Rens. : www.parc-vosges-nord.fr

FRANCE INTER : LA DIFFÉRENCE.

"La Tête au carré"

france inter

l'émission des sciences et de leurs actualités

de Mathieu Vidard

du lundi au vendredi de 14 h à 15 h.

Et retrouvez la chronique "biologie et médecine" de *Science & Vie* chaque mardi.

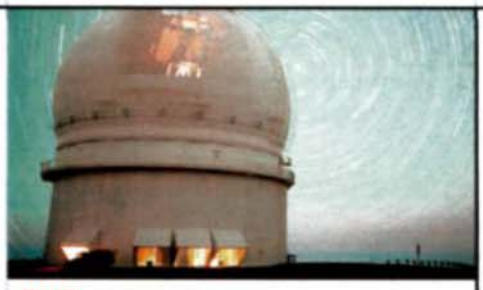
DVD

Retour sur l'histoire des androïdes

Il est fascinant de constater que certains objets high-tech d'aujourd'hui étaient déjà connus, quoique sous une autre forme, à des époques très anciennes. C'est le cas des "robots" androïdes qui, comme le rappelle Philippe Sayous dans son film *Les androïdes Jaquet-Droz*, ont connu un fort engouement dès le XVIIIe siècle. En partant de la présentation des trois androïdes de l'horloger suisse Jaquet-Droz, les seuls qui soient parvenus jusqu'à nous, le réalisateur nous raconte l'histoire de cette passion. **Er.H.**

"Les androïdes Jaquet-Droz", de Philippe Sayous, Talia films. Rens. : www.talia-films.fr

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés



DVD

L'Univers du Mauna Kea

Hawaiian Starlight époustouflera tous les amateurs de très belles images d'astronomie. Le film, d'une quarantaine de minutes, alterne les prises de vues de l'Univers réalisées depuis l'observatoire de Mauna Kea, situé à 4 200 mètres d'altitude, sur l'archipel d'Hawaï, et des scènes de l'environnement de l'observatoire tout aussi époustouflantes. L'ensemble est rythmé par une musique aux accents mystiques. **Er.H.**

"Hawaiian Starlight", film de Jean-Charles Cuillandre, musique de Martin O'Donnell et Michael Salvatori. Rens. : www.cfht.hawaii.edu/dvd

CINÉMA 3D

Chez les cétacés

La Géode propose une immersion dans le monde des cétacés. Trois ans de tournage, six cents heures passées sous l'eau à filmer la vie quotidienne d'une douzaine d'espèces (cachalots, baleines, dauphins, lamantins…) résumées en une quarantaine de minutes. Le film en 3D, dont la vocation est de sensibiliser au problème de la conservation de ces espèces, est présenté par Jean-Michel Cousteau. **Er.H.**

"Baleines et dauphins 3D", film de Jean-Jacques Mantello, présenté par Jean-Michel Cousteau, à la Géode. Rens. : www.lageode.com

Le ciel du mois

Par Serge Brunier

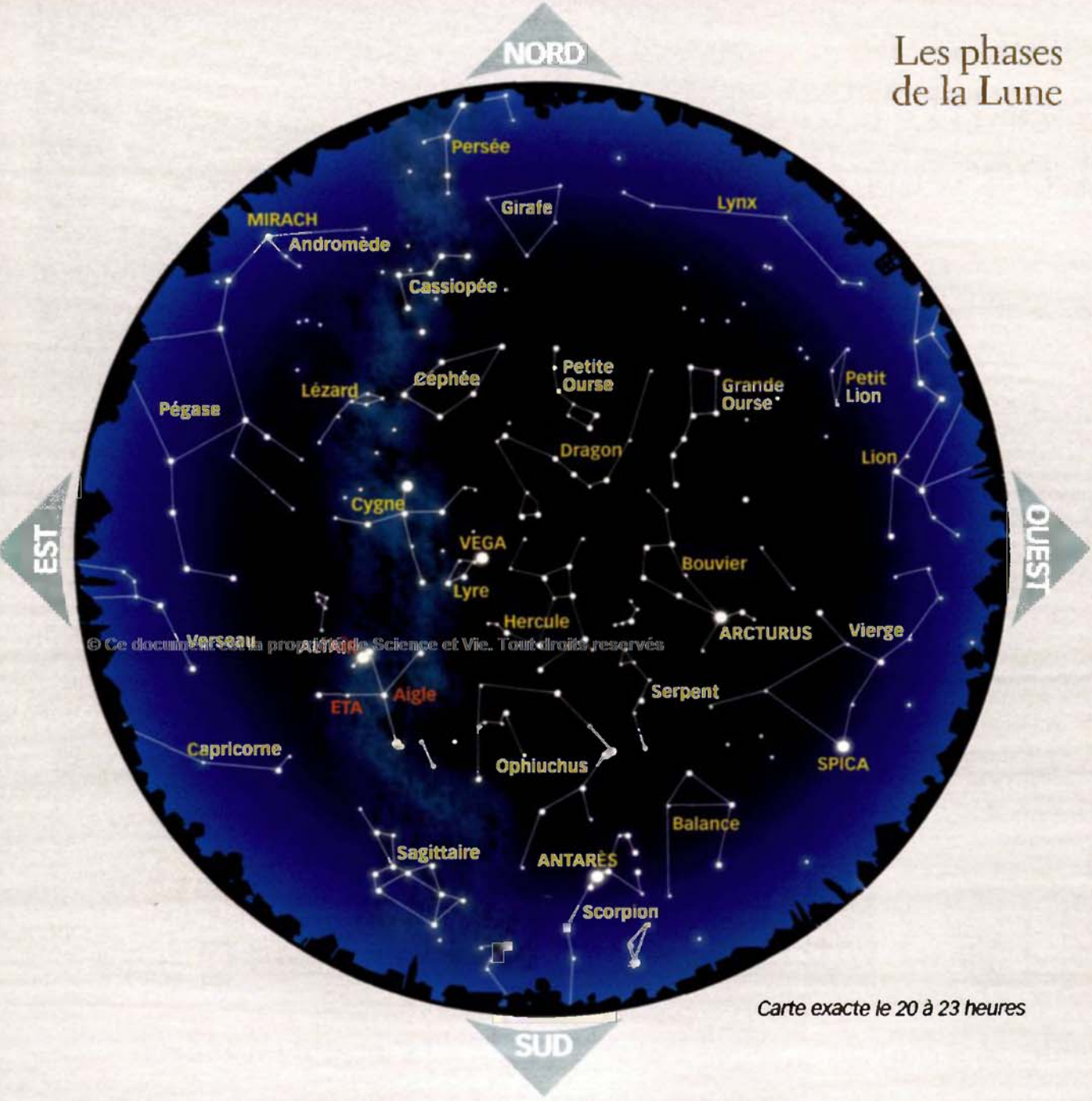
▲ Eta de l'Aigle voit son éclat varier d'un facteur deux chaque semaine.

Une fantasque supergéante

Eta de l'Aigle est bien visible à l'œil nu, tout l'été, juste sous l'éclatante Altaïr. Cette supergéante rouge, distante de 1 200 années-lumière, est un globe de gaz qui pulse régulièrement selon un rythme de sept jours et quatre heures. Cette variation cyclique est due à une instabilité de son cœur nucléaire vieillissant en quête de combustible, qui se terminera fatalement dans quelques millions d'années par une brutale explosion. A l'œil nu, le cycle d'Eta de l'Aigle est parfaitement visible, car l'étoile voit son éclat varier d'un facteur deux en une semaine ! A son minimum d'éclat, l'étoile est deux mille fois plus lumineuse que le Soleil, à son maximum, quatre mille fois.

Retrouvez la chronique "Du côté des étoiles" sur France Info tous les dimanches et sur www.france-info.com

COELUM AND J.-C. CUILLANDRE - DR - A. FUJII/DAVID MALIN IMAGES/NOVAPIX - P. LÉCUREUIL/NOVAPIX - M. KONTENT



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

Carte exacte le 20 à 23 heures

Les phases de la Lune

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

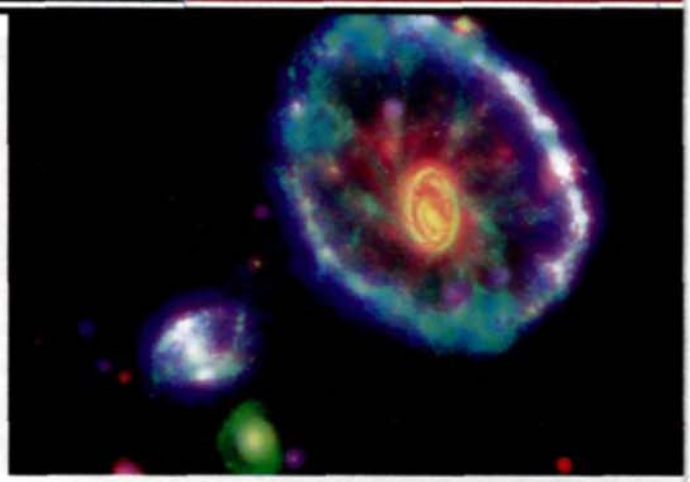
A ne pas manquer... le 5

Durant quelques jours, autour du 5 juillet, une belle rencontre céleste aura lieu en fin de nuit au-dessus de l'horizon nord-est. Evénement rare, Vénus et Mars, les planètes les plus proches de la Terre, seront en effet côte à côte. Vénus, éclatante, dominera le duo; Mars, cent fois moins brillante, étant reconnaissable par sa tonalité orangée. Au moment de la rencontre, Vénus sera à 175 millions de kilomètres de la Terre, Mars, à 260 millions de kilomètres. La planète rouge, cachée depuis des mois derrière le Soleil, se rapproche peu à peu; en janvier, elle brillera de tous ses feux.

< La rencontre entre Vénus, éclatante, et Mars aura lieu en fin de nuit.

WEB PARTICIPATIF

Les astronomes ont besoin de vous



Galaxyzoo : le retour. Il y a quelques mois (n° 1094), nous vous parlions de ce site créé par des astronomes qui fait appel aux internautes pour analyser près d'un million de clichés de galaxies photographiées dans le cadre du projet Sloan Digital Sky Survey, et les classer suivant leur forme. Deux cent mille personnes se sont, à ce jour, prêtées au jeu et ont permis de créer, en un temps record, la plus grande base de données de galaxies du monde. Du coup, les scientifiques remettent ça en demandant aux internautes une foultitude de détails pour enrichir la base de données. De quoi ensuite repérer des galaxies de formes exotiques et nouvelles qui feront l'objet d'études approfondies et, pourquoi pas, d'une publication. Dernière découverte : les galaxies "peas" (pois), petites, compactes et véritables pouponnières à étoiles. **Er.H.**

www.galaxyzoo.org

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

BLOG

Les maths sont partout

Consacré aux mathématiques et à leur côté ludique, ce blog est une mine d'or ! Vie de tous les jours, art, architecture, humour… Didier Müller, l'auteur, a débusqué de vraies pépites. On a apprécié dans la rubrique "Il y a des maths là ?" le post du 21 mars 2009 intitulé Beauté du visage et nombre d'or, qui montre comment les beaux visages obéissent tous aux mêmes règles mathématiques. **Er.H.**

www.apprendre-en-ligne.net/blog/index.php

SITE ÉCOLO

Protégez les cétacés

Association de protection des mammifères marins recherche équipiers scientifiques. Circé, basée dans le sud de l'Espagne, propose des séjours d'une semaine dédiés à l'observation des baleines, dauphins et orques qui croisent dans le détroit de Gibraltar et le golfe de Cadix. Attention, si aucune compétence particulière n'est requise, il s'agit d'un vrai travail de scientifique et pas de farniente. **Er.H.**

www.circe-asso.org/french/index.html

GALERIE

L'Inserm en images

Depuis janvier, l'Institut national de la santé et de la recherche médicale a mis en ligne une nouvelle version de son site dédié à la diffusion des images et des films réalisés dans ses laboratoires. Résultat : 9000 photos, souvent dignes d'une galerie d'art, et 1 500 vidéos, en accès libre. Beaucoup de microbes y sont fichés, ce qui permet, enfin, de mettre "un visage" sur les responsables de maux. **Er.H.**

www.serimedis.inserm.fr

NASA/IPL/CALTECH - DR

COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION DE SCIENCE & VIE

5,20 € seulement
frais de port offerts

Un mensuel pour tous, qui de façon claire et accessible, décrypte l'actualité scientifique mais aussi nourrit le questionnement et l'émerveillement face au monde.

1090 (Juillet. - 08)
Et si la mer montait de 3 mètres

1091 (août. - 08)
Les 10 plus grandes énigmes de la science

1092 (sept. - 08)
La chirurgie s'attaque enfin aux gènes

1093 (oct. - 08)
Une Terre unique ?

1094 (nov. - 08)
Quand les scientifiques trichent

1095 (déc. - 08)
Internet au bord de l'explosion

1096 (jan. - 09)
Automobile. La révolution électrique

© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tout droits reservés

1097 (fév. - 09)
La physique quantique rend-elle fou ?

1098 (mars. - 09)
La science sait lire dans les pensées

1099 (avril. - 09)
Quand l'homme fait trembler la terre

1100 (mai. - 09)
Solaire. Pourquoi on peut enfin y croire

1101 (Juin. - 09)
Ce que Darwin ne savait pas

BON DE COMMANDE

A RETOURNER SOUS PLI AFFRANCHI AVEC VOTRE REGLEMENT A SCIENCE & VIE SERVICE VPC - 1 RUE DU COLONEL PIERRE AMIA 75503 PARIS CEDEX 15

☐ **Oui,** je commande les numéros suivants de Science&Vie :

N° _____ soit ____ numéros à 5,20€ franco l'un.

☐ **Oui,** je commande _____ reliure(s) Science & Vie au prix de 10€ frais de port inclus.

Pour protéger et consulter facilement vos numéros, rangez-les dans de superbes reliures. De couleur bordeaux, marquée SCIENCE & VIE, chaque reliure permet de classer 12 numéros.

Montant total de la commande : _____ €

Je règle par :

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

N° _____

Expire à fin ____ ____

Code Crypto ____ Les 3 chiffres au dos de votre CB

Date et signature obligatoires

Voici mes coordonnées :

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code Postal : _____

Ville : _____

Tél : _____

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

E-mail :

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

Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

Offres valables en France métropolitaine dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 31/08/2009.

VPC 1102

Joseph Sifakis est informaticien, directeur de recherche au CNRS, fondateur du laboratoire Verimag à Grenoble (systèmes embarqués). En 2007, il a reçu le prix Turing, la plus haute récompense internationale scientifique en informatique.

Qu'est-ce qui vous a déjà fait changer d'avis ?

Il y a trente-cinq ans, je pensais pouvoir modéliser les systèmes informatiques – les réseaux ou les microprocesseurs – comme des systèmes électromécaniques. Je croyais qu'un jour on pourrait décrire leur comportement avec des équations dites "linéaires", comme on le fait avec des circuits électriques. J'ai changé d'avis lorsqu'après deux années d'études, j'ai réalisé que ce n'était pas possible, même pour des systèmes aussi simples qu'un "bit" de mémoire. Cette impossibilité prive l'informatique de la prédictibilité telle qu'elle est possible en physique. Si bien que la construction des grands systèmes informatiques s'effectue, encore aujourd'hui, de façon empirique : brique après brique. Comme on construisait les cathédrales au Moyen Age. Du coup, lorsqu'on prépare un nouveau microprocesseur ou une nouvelle plate-forme web, on n'a jamais de garantie sur le résultat final. Jusqu'à 30 % des gros projets informatiques actuels échouent complètement… avant même leur achèvement.

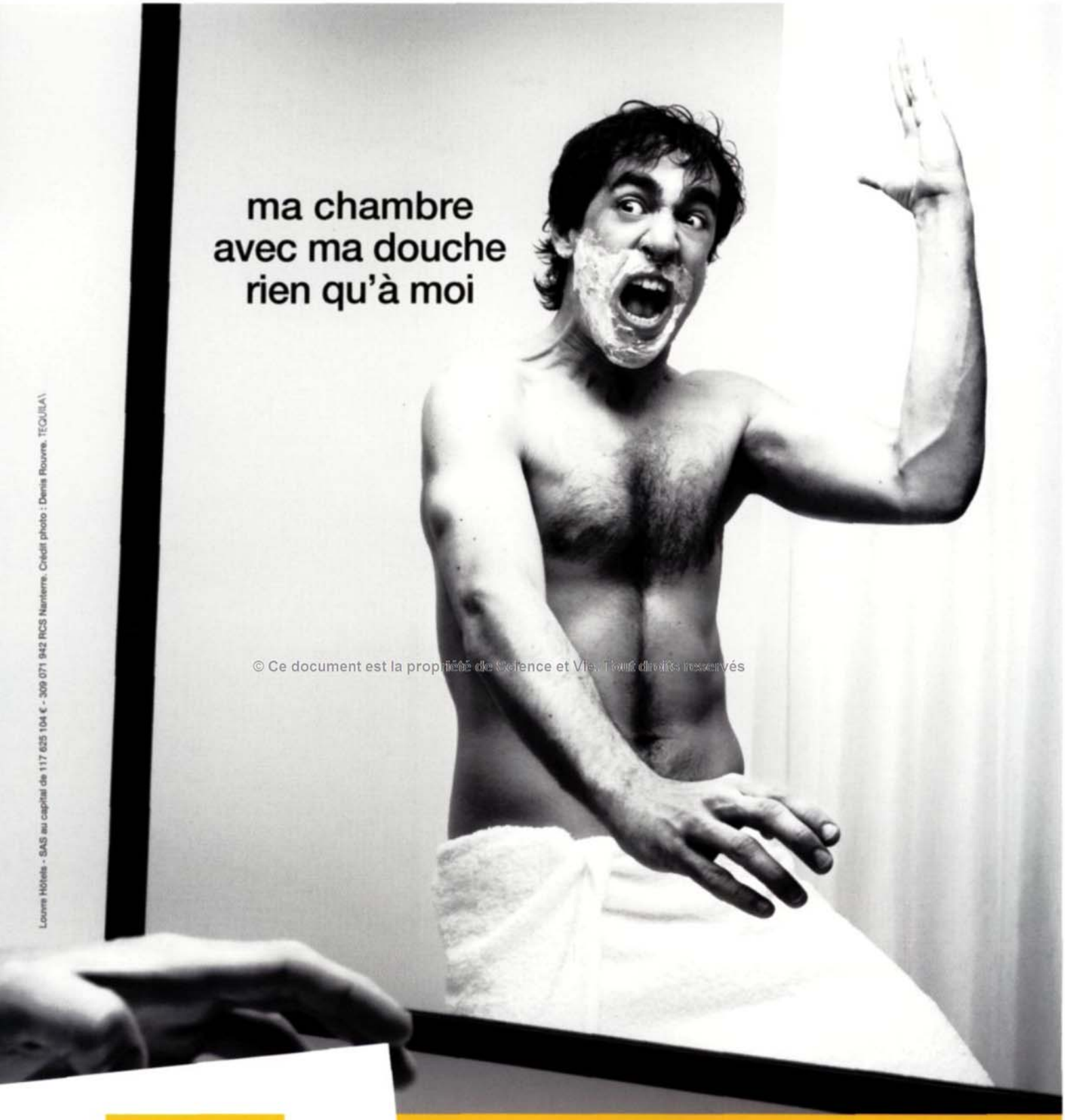
© Ce document est la propriété de Science et Vie. Droits réservés

Qu'est-ce qui vous semble important et dont on ne parle jamais ?

Les échecs en recherche. Il s'agit d'"accidents" inhérents à ce type d'activité, dont on se garde bien, hélas, de faire le bilan. Un exemple : la disparition de l'intelligence artificielle au milieu des années 1990. Pendant dix ans, elle a été considérée par les agences de financement de la recherche comme un domaine aussi important que l'informatique "classique" et a mobilisé un nombre considérable de chercheurs qui espéraient construire des ordinateurs aussi intelligents que les humains. Après quelques années, on a compris que c'était inaccessible, et les recherches se sont orientées vers des systèmes informatiques capables "simplement" de s'adapter à un environnement donné. A l'époque, il aurait fallu faire une analyse de cet échec. Non pas pour déterminer des responsabilités, mais pour tirer des leçons et avancer plus efficacement ensuite. Le problème, c'est que les communautés scientifiques préfèrent passer à autre chose car elles sont par nature obnubilées par le succès et leurs intérêts sont volatils.

De quoi êtes-vous sûr sans qu'il soit possible de le démontrer ?

Je suis persuadé que le monde physique est doté de "modèles de calcul" très différents de ceux que nous avons en informatique. Prenons la théorie de l'évolution des espèces. Je suis sûr que l'on ne parviendra jamais à expliquer avec les modèles actuels de l'informatique l'émergence d'organismes intelligents. Pourquoi ? Parce que si l'on cherche à comprendre comment des organismes simples ont pu évoluer vers des créatures bien architecturées et intelligentes, il faut inventer de nouveaux modèles de calcul analogiques capables de saisir les phénomènes continus, propres à notre monde. Ce que ne font pas les modèles numériques actuels, qui fonctionnent par pas de calcul discontinus. En même temps, ceci est plutôt une bonne nouvelle car notre monde serait un cauchemar permanent s'il était construit comme un système informatique. Dans un tel univers, deux instants consécutifs pourraient être sans lien apparent : vous ouvrez une porte et soudain, vous voilà devant un précipice !



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés

Louvre Hôtels - SAS au capital de 117 625 104 € - 309 071 942 RCS Nanterre. Crédit photo : Denis Rouvre. TEQUILA\

PREMIERE CLASSE
HOTELS

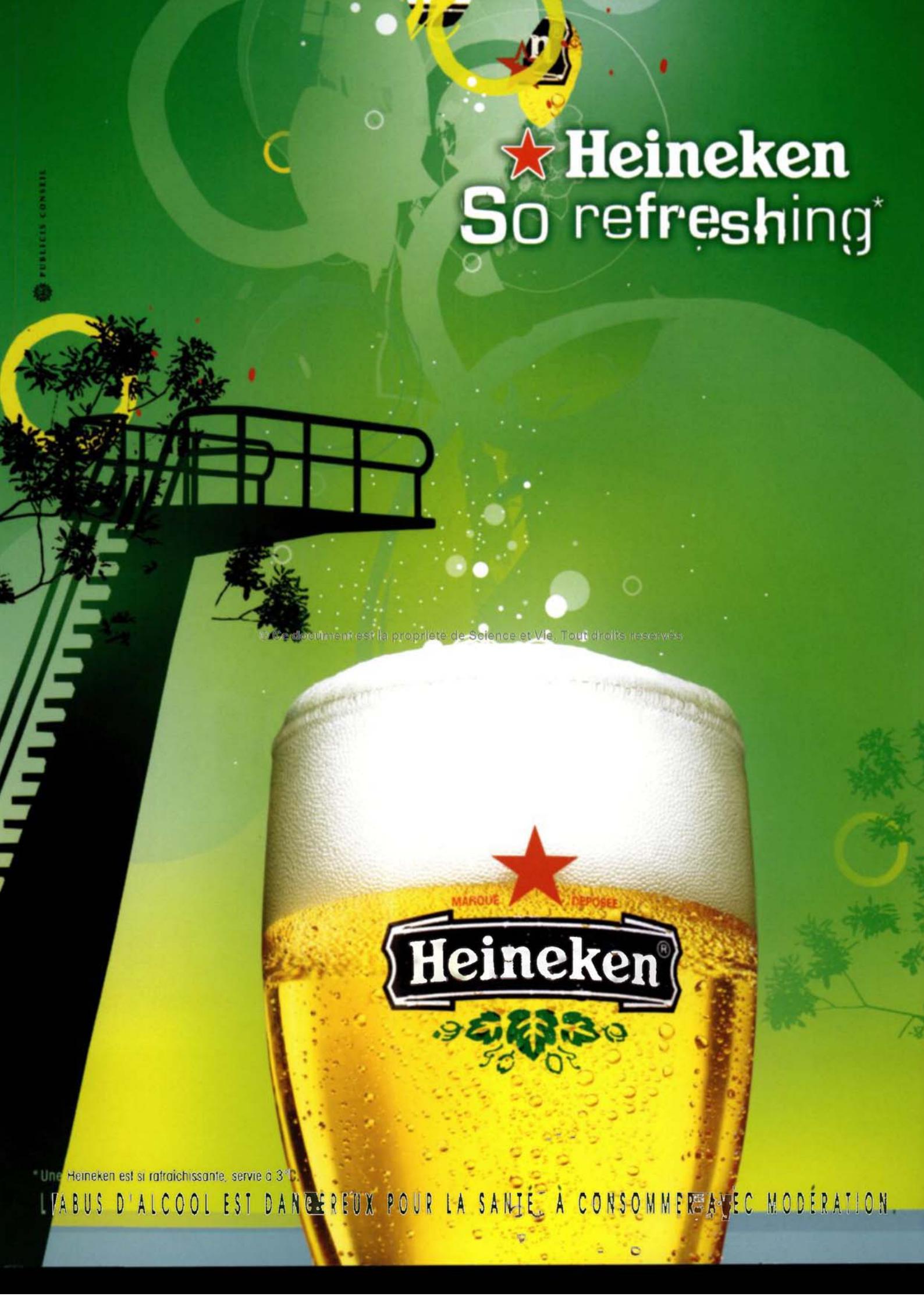
**PREMIERE CLASSE
PREMIER PRIX
SANS COMPROMIS**

Chez nous, pas question de quitter votre chambre pour aller prendre une douche au bout du couloir.

Une chambre pour 1, 2 ou 3 personnes avec douche et WiFi gratuit*
36€ à Montpellier / 37€ à Nantes / 39€ en Ile de France.**

premiereclasse.com

*Dans la majorité des hôtels équipés.
**Prix semaine en juin 2009 pour une nuit en chambre 1, 2 ou 3 personnes.
36€ au Première Classe de Montpellier Saint-Jean-de-Védas.
37€ au Première Classe de Nantes Sainte Luce.
39€ ou moins dans 25% des hôtels Première Classe de l'Ile de France.



© Ce document est la propriété de Science et Vie. Tous droits réservés