

FEUX DE CHARBON
ILS EMBRASENT
LA PLANÈTE

MINI-TROU NOIR
RETOUR VERS
LE BIG BANG

**DINOSAURE,
MAMMOUTH,
NEANDERTAL...**

ILS PEUVENT REVIVRE

Le génie génétique au bord de l'exploit

France métro : 4,20 € - DOM surf : 4,80 € - DOM avion : 6,90 € - BEL : 4,70 € - CH : 8,50 FS - CAN : 6,50 \$
CAN - D : 6,90 € - A : 5,30 € - ESP : 5,50 € - FIN : 6,20 € - GR : 4,90 € - ITA : 4,90 € - LUX : 4,70 € - MAR :
45 DH - MAY : 6,40 € - TOM : 5,750 A / 1 400 CFP - PORTCONT : 4,90 € - TUN : 6,5 DTU

M 02578 - 1131 - F : 4,20 €



MÉDICAMENTS
VIVE LES EFFETS
SECONDAIRES !

LE CERVEAU
DOPÉ AUX
ÉLECTROCHOCs



NOUVEAU VOYAGER.
TOUT EST NOUVEAU. MÊME LA MARQUE.



NOUVEAU LANCIA VOYAGER 7 PLACES.

Avec Lancia, la référence des monospaces revient avec de nouvelles ambitions. Grâce à son système révolutionnaire de sièges escamotables dans le plancher Stow'n Go*, vous pouvez passer sans effort, de 2 places avec un plancher complètement plat à 7 vraies places en quelques secondes. Confortablement installés dans les sièges en cuir*, vous gérez vocalement radio, CD, DVD, MP3 et 2 programmes différents en simultané sur les écrans vidéos. Le nouveau Voyager est proposé en 2 motorisations qui conjuguent puissance et technologie : le 2.8 Diesel Multijet II de 163 ch et le 3.6 V6 Essence de 283 ch avec boîte automatique 6 rapports.

Avec le Nouveau Lancia Voyager, vivez de nouvelles histoires.



* Sièges avant : assise centrale et appuie-têtes en cuir (vache), autres parties en simili cuir. Sièges 2^{ème} rangée : partie centrale milieu de siège en cuir (vache), autres parties en simili cuir. Sièges 3^{ème} rangée : simili cuir. Consommations mixtes : 7,9 à 10,8 l/100km. Émissions de CO₂ : 207 à 252 g/km.



« En manipulant le vivant (ici, un embryon de poulet), les biotech dessinent un rapport inédit au temps.

UNE VIE SANS FIN

Ressusciter des espèces disparues ? Trois biologistes s'engagent sur cette voie. À chacun son espèce, à chacun sa méthode. Notre dossier détaille ces projets et les difficultés qu'ils rencontreront. Les difficultés techniques sont réelles mais les obstacles théoriques ont été levés. Compte tenu des progrès fulgurants dans le domaine des biotechnologies, ces projets pourraient effectivement aboutir à court ou moyen terme. Aussi, est-il raisonnable de se préparer à l'idée de croiser prochainement un dinosaure, un mammoth ou un homme de Neandertal... Un sacré saut dans le futur pour eux, ou plutôt un vertigineux voyage dans le passé pour nous ! ? Un rencontre inconcevable en tout cas. Et pourtant.

Où cette rencontre aura-t-elle lieu ? À la campagne, à la ville, dans un jardin, dans un zoo ? Probablement pas à la campagne, et encore moins en ville, pas plus qu'au bureau ou chez soi. Si rencontre il y a, ce sera bien plus certainement d'abord dans un laboratoire, puis peut-être dans un zoo, voire dans un parc d'attractions. Car – et les écologues nous l'expliquent fort bien – les écosystèmes propres aux espèces disparues ont, eux aussi, disparu. Et rien ne sert de prétendre ressusciter une espèce dont le monde n'existe plus. Tout juste ces biologistes du troisième type parviendront-ils sans doute à exhiber dans des foires publiques quelques spécimens au génome hybride. Inutile ? Inutile, et peut-être même

dangereux. Non pas que ces créatures puissent briser leurs chaînes et reconquérir leurs espaces d'antan. Le risque serait plutôt de propager une idée fausse selon laquelle il est inutile de préserver la biodiversité puisqu'il suffit de la stocker au congélateur pour la faire revivre le moment venu.

Pourtant, en poussant le bouchon aussi loin, en affirmant être en mesure de faire revivre des espèces disparues, les biotechnologies pourraient gagner sur tous les plans. Pour y parvenir, elles vont devoir s'affranchir de quantité de difficultés qui, une fois réglées, porteront quantité de progrès dans les savoirs et techniques de la biologie fondamentale, dont on peine à imaginer les retombées. Et, chemin faisant, elles auront également le mérite d'alerter le public sur les extraordinaires possibilités qui sont désormais les siennes. À réfléchir...

Pendant ce temps-là, des sondes, des rovers et des satellites refusent de mourir et poursuivent leur bonhomme de chemin au-delà de la mission qui leur a été assignée. Dans l'indifférence générale et dans la solitude glacée des plus grands espaces.

Pendant ce temps-là, on croit savoir que d'innombrables petits trous noirs hantent tout l'Univers depuis toujours, depuis le big bang, ou presque. À ce jour, nous n'avons toujours pas mis la main dessus.

S&V



26

MALADIES CHRONIQUES

POURQUOI ELLES SONT DEVENUES L'ENNEMI N°1

Quel est le lien entre le mode de vie et les maladies chroniques ? Pourquoi les maladies chroniques sont-elles devenues l'ennemi n°1 ?



44

ACTUS

10 LABOS

Une cellule métallique se rapproche de la vie; Des enfants aussi dessinaient dans les grottes; Les babouins savent raisonner par analogie, etc.

22 TERRE

La carte du tsunami a parlé; La méduse aussi sait chasser; Le climat peut affaiblir les herbivores, etc.

28 ON EN REPARLE

Hivers rigoureux: ils pourraient bien être dus à la faible activité du Soleil

32 ON TENAIT À VOUS DIRE

Un mauvais procès fait à la science

34 MÉDECINE

Le cerveau s'ouvre enfin aux traitements; On va pouvoir prédire le risque d'arrêt cardiaque, etc.

38 FOCUS

Radioactivité: on peut enfin repérer les cancers qu'elle provoque

44 LES CLÉS POUR COMPRENDRE

Maladies chroniques: pourquoi elles sont devenues l'ennemi n°1

46 TECHNOS

Le plastique se conçoit désormais à la demande; Une prothèse recrée enfin le sens du toucher, etc.

50 IDÉE NEUVE

"J'envisage de crypter des messages avec des bactéries"

Exclusivité wawacity.ws

DINOSAURE, MAMMOUTH, NEANDERTAL...

ILS PEUVENT REVIVRE

vingt ans, Jurassic Park en faisait une réalité virtuelle; or, voici que la science est au bord d'en faire une réalité biologique! Trois projets cherchent à ressusciter des espèces disparues. Pas n'importe lesquelles: l'un fait revivre un dinosaure, l'autre un mammouth et le troisième un... Neandertal! Au-delà des questions qu'ils posent, ces projets existent un vertige: celui de voir renaître ce qui fut. Pour de vrai.

54

FONDAMENTAL

À LA UNE

54 DINOSAURE, MAMMOUTH, NEANDERTAL

ILS PEUVENT REVIVRE

74 DÉCRYPTAGE

MINI-TROUS NOIRS: LA VOIE ROYALE VERS LE BIG BANG

80 ENQUÊTE

MÉDICAMENTS: VIVE LES EFFETS SECONDAIRES!

86 PORTRAITS

CES ROBOTS DE L'ESPACE QUI REFUSENT DE MOURIR

96 TENDANCE

CERVEAU: LE DOPER À L'ÉLECTRICITÉ DEVIENT TENTANT

104 CASSE-TÊTE

ALERTE AUX FEUX DE CHARBON: ILS EMBRASENT LA PLANÈTE



80

128



N° 1131



146

EN PRATIQUE

126 BON À SAVOIR

128 ZOOM DU MOIS
Spécial Noël: notre sélection des beaux livres de science

134 QUESTIONS / RÉPONSES

142 TECHNOFOLIES

Le visiocasque 3D hollywoodien; Des méduses dans votre salon; Le smartphone que l'on consulte au poignet, etc.

150 À FAIRE

Voir le monde microscopique avec une goutte de verre

152 LE CIEL DU MOIS

154 Contre-sommaire

FORUM

La traque arrive à son terme : l'existence du boson de Higgs est tout près d'être révélée... Notre dossier du numéro d'octobre 2011 (n° 1129) a fait réagir les lecteurs.

Matérialiser le boson de Higgs exige de multiplier les collisions...

Vous écrivez que le LHC atteint des énergies de l'ordre du téra-électron-volt, alors que la masse du boson de Higgs est, vraisemblablement, inférieure à 300 giga-électron-volts [soit 0,3 TeV]. Alors, pourquoi n'a-t-il pas encore été observé ? Par ailleurs, vous dites que le boson confère leur masse aux autres particules. D'où sa masse provient-elle ?

Olivier Barbotin, Internet

SV Vous avez raison : l'énergie de collision du LHC est suffisante pour observer cette hypothétique particule, cruciale pour l'équilibre de notre vision des constituants de la matière – c'est même pour cela que cet accélérateur géant a été construit ! Actuellement, le

LHC communique à chaque proton engagé dans une collision 3,5 TeV d'énergie cinétique. Ce qui, multiplié par deux lors du choc, fournit un total de 7 TeV. Mais le proton étant une particule composée de 3 quarks, chaque collision élémentaire met en réalité à disposition un tiers de 7 TeV, soit 2,3 TeV. C'est suffisant pour matérialiser le boson de Higgs dont la masse ne devrait pas excéder quelques centaines de GeV... mais chaque collision peut être à l'origine d'une multitude de phénomènes qui sont autant de bruits parasites. Ce qui exige de multiplier les événements "intéressants" : une entreprise de longue haleine. La réponse à votre seconde question est, elle, élémentaire

...ce qui enfle la masse des données

Comment savoir si la recherche du boson de Higgs a progressé depuis la rédaction de votre dossier ?

Daniel Robert, Paris

SV Le Cern protège ses analyses intermédiaires et ne devrait pas les rendre publiques avant le Conseil de l'organisation, la semaine du 12 au

16 décembre. Se fondant sur l'intégralité des données de 2011, soit plus du double de celles qui ont alimenté les colloques de l'été dernier, auxquelles nous nous référons dans notre dossier. En l'état, il semble que ces données contiennent quelques "excès" compatibles avec l'existence d'un boson à faible masse, autour de



et vertigineuse : le Higgs doit sa masse à... lui-même ! Imaginez une entité mathématique appelée "champ de Higgs" : invisible à nos yeux, mais baignant tout l'Univers, ce champ perturberait l'évolution des particules qui y sont sensibles, les rendant plus lentes et massives. Or, tout champ quantique se com-

porte comme une mer agitée qui souffle des embruns : si on lui fournit de l'énergie, il présente différents états d'excitation qui se manifestent par la matérialisation de particules – en l'occurrence des bosons de Higgs. Une fois créés, ceux-ci baignent à leur tour dans le champ de Higgs, acquérant du coup une masse.

La rédaction de
SCIENCE & VIE
a besoin de vous !

Que vous connaissiez très bien notre magazine ou très peu (même si vous le lisez pour la première fois),
votre avis
nous intéresse !

Répondez à
notre enquête sur
www.enqueteSV.fr

En traversant les siècles, on gagne en caractère. C'est parce qu'elle bénéficie de plus de 300 ans de savoir-faire que la bière 1664 a un goût si affiné.

LE GOÛT
À LA FRANÇAISE



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

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



NOUVELLE KIA RIO OBJET DE CONVOITISE



Vous avez plusieurs vies dans votre vie ? Véritable citadine polyvalente, aussi urbaine que routière, la Nouvelle Kia Rio a été conçue pour toutes les situations. Vous apprécierez son intérieur raffiné, son tableau de bord ergonomique, ses nombreux équipements de haute technologie et ses incroyables performances. Comme toutes les Kia, la Nouvelle Kia Rio est garantie 7 ans. Découvrez celle qui aiguise les convoitises sur www.kia.fr/nouvelle-rio.

3,2 L / 100 km - 85 g CO₂/km sur Nouvelle Kia Rio 1,1 L CRDi Motion

Équipements disponibles de série ou en option selon finition : Système de navigation avec écran tactile 7" • Caméra de recul • Démarrage sans clé • Régulateur / limiteur de vitesse • Phares avant diurnes à technologie LED • Toit ouvrant électrique • Système Stop & Go (ISG) pour des consommations et des émissions de CO₂ parmi les plus basses du segment • Connectivité iPod[®], Bluetooth[®] et MP3.



Plus de vidéos, plus d'infos
sur facebook.com/kiafrance



Consommations mixtes et émissions de CO₂ de la Nouvelle Kia Rio : de 3,2 à 6,4 L/100 km - de 85 à 150 g/km.

www.kia.fr

* Garantie 7 ans ou 150 000 km (l'un des deux termes échu) valable pour tous les modèles KIA en France métropolitaine et Corse (hors DOM-TOM) et dans tous les Etats membres de l'UE ainsi qu'en Norvège, Suisse, Islande et à Gibraltar. Hors véhicules utilitaires et véhicules à usage commercial. ** iPod[®] est une marque déposée par Apple Inc. dans l'Union européenne et dans d'autres pays. Facebook est une marque déposée par Facebook Inc. MOTUL

FORUM

Bactéries : un monde à explorer

Dans votre article sur la biodiversité et sur le nombre d'espèces qu'il reste à découvrir (S&V n° 1128, p. 26), vous avez oublié de mentionner qu'il s'agit d'espèces eucaryotes. Oublier les procaryotes serait une injustice envers ces organismes vivants dont la masse totale dépasse de loin celle des eucaryotes.

Frédéric Schmitt, Internet

SV En effet, les auteurs parlent bien d'espèces eucaryotes, soit des animaux, des plantes, des champignons et un groupe d'organismes vivants pour la plupart unicellulaires, les protistes. Leur étude repose sur la classification du vivant traditionnellement utilisée depuis Linné : phylum, classe, ordre, famille, genre – par exemple, pour le loup gris, cela donne :

chordés, mammifère, canidé, canis. Les chercheurs ont établi des corrélations entre les différents étages de cette classification pour en déduire le nombre total d'espèces. Mais, ils le reconnaissent eux-mêmes, cette démarche est mal adaptée au reste du vivant, c'est-à-dire aux bactéries et aux archées (des organismes visuellement semblables aux bactéries mais à la biochimie et au métabolisme complètement différents), que l'on regroupe dans les procaryotes : les organismes unicellulaires dont le patrimoine génétique n'est pas contenu dans un noyau cellulaire. Pour quelle raison ? Avant tout parce qu'on connaît beaucoup moins bien les procaryotes que les eucaryotes ! En effet, on commence à avoir une image précise de la composition des étages



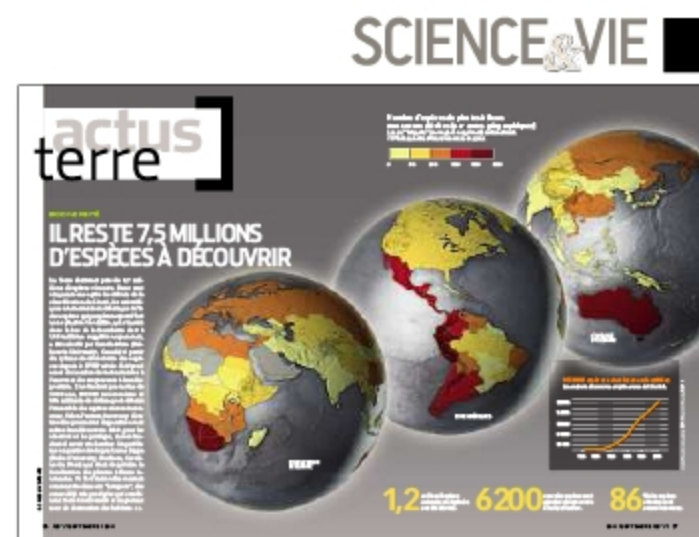
Scooter électrique : une vieille histoire

Dans votre numéro de septembre 2011, vous mentionnez le scooter électrique (60 km d'autonomie à 45 km/h), mais je me permets de vous rappeler qu'en 1942, Jean-Albert Grégoire a parcouru Paris-Tours, plus

de 230 km à près de 43 km/h avec un cabriolet électrique à structure aluminium de sa conception, réalisé pour CGE-Tudor. Il était alimenté par des batteries au plomb. A l'arrivée, il lui restait encore de quoi rouler pendant une dizaine de kilomètres.

A. Dunin, Paris

SV Certes, le véhicule inventé par Jean-Albert Grégoire, grande figure de l'ingénierie automobile française, a battu un record établi en 1901 – ce qui



supérieurs de la classification des eucaryotes (phylum, classe, ordre...), mais le monde des procaryotes demeure beaucoup moins familier même si le rythme des découvertes ne faiblit pas. La classification des procaryotes est ainsi beaucoup moins précise et beaucoup moins complète. A l'arrivée, les chercheurs ne peuvent donner qu'une estimation de la valeur minimale du nombre d'espèces existantes chez les procaryotes, et ils s'accordent eux-mêmes à dire que cette estimation est

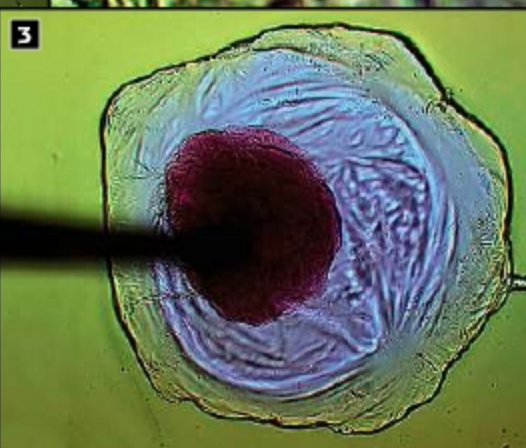
sans doute largement sous-évaluée. Elle a en effet de quoi surprendre : ils prédisent 10 100 espèces procaryotes (9680 bactéries et 455 archées) contre 8740000 espèces eucaryotes ! D'autres auteurs, avec d'autres méthodes, donnent des nombres d'espèces bactériennes compris entre 600 000 et... 6 milliards ! Il faut donc, pour le moment, laisser aux taxonomistes le temps de décrire ces petits organismes avant de songer à les classer et à les dénombrer sérieusement.

construit en Belgique par les frères Limelette à environ 400 exemplaires entre 1941 et 1943 (50 km d'autonomie à 25 km/h pour 75 kg). Le premier véhicule électrique vraiment digne de l'appellation scooter (petites roues, roue arrière et moteur caréné) serait le modèle Roger Paupe commercialisé par New-Map au début des années 1940. Equipé de 2 moteurs, dont un pour franchir les côtes, il annonçait 60 à 80 km d'autonomie, 25 à 40 km/h et 130 kg.



L. CRONIN/UNIV. GLASGOW

▲ La cellule artificielle 1 se compose d'une membrane métallique entourant une solution d'ions 2, dans laquelle sont ensuite injectés des oxydes métalliques qui formeront une vésicule 3, l'équivalent d'un noyau cellulaire ou d'une mitochondrie.



BIOLOGIE SYNTHÉTIQUE

UNE CELLULE MÉTALLIQUE SE RAPPROCHE DE LA VIE

"Certains tentent de créer une vie synthétique en utilisant du carbone organique, mais ces efforts ont une portée limitée, puisqu'on sait déjà que ça marche." L'ambition de Lee Cronin, à l'université de Glasgow, est de concevoir une vie qui n'utilise pas la chimie du carbone lié à l'oxygène. Lui et son équipe viennent de franchir un pas dans cette direction, en créant des cellules aux

membranes métalliques, et non lipidiques. Ils ont mis en contact des ions polyoxométallates (oxydes métalliques de tungstène ou molybdène) et des cations (ions positifs) : il s'est alors formé une membrane métallique autour de la solution de cations. En quoi s'agit-il de cellules ? Ces sphères de quelques fractions de millimètres, baptisées iCELLs (Inorganic Chemical Cells),

sont, comme leurs équivalentes biologiques, compartimentées : des vésicules plus petites ont pu y être enfermées, et des réactions chimiques confinées. Capable de s'autoréparer, leur membrane est perméable à de petites molécules. Mais pour être admises dans le club du vivant, il leur faudra avoir un "patrimoine génétique" et produire de l'énergie – deux conditions

nécessaires à la reproduction et à l'évolution. Déjà, certaines briques de base des membranes (un oxyde de molybdène) peuvent se dupliquer, comme l'ADN avant une division cellulaire, et pourraient servir de matériel génétique. Et selon le chercheur, des expériences en cours donneront "des indices" d'une sorte d'évolution. Affaire à suivre... **V.E.**

ARCHÉOLOGIE

DES ENFANTS
AUSSI DESSINAIENT
DANS LES GROTTES

Si la grotte de Rouffignac, en Dordogne, est connue pour ses représentations graphiques de mammouths – d'où son surnom de grotte des cent mammouths –, de chevaux et de rhinocéros, la majorité des dessins qui ornent ses parois sont des tracés digitaux, des entrelacs de lignes dessinés par le glissement de deux ou trois doigts sur la paroi meuble de la grotte, il y a 13 000 ans. Or, Jessica Cooney et Leslie Van Gelder, deux archéologues américaines, viennent de démontrer que certains de ces tracés ont été effectués par de tout jeunes enfants. Pour arriver à de telles conclusions, les archéologues ont comparé les mensurations des empreintes de doigts laissées dans la

grotte à celles réalisées par des adultes et des enfants d'aujourd'hui. Conclusion : les empreintes laissées par trois doigts et mesurant moins de 2,8 cm de largeur appartiennent à des enfants de moins de 5 ans ; celles mesurant moins de 3,3 cm à des enfants de moins de 7 ans. L'index et l'annulaire n'ayant pas la même taille chez les hommes et les femmes, les deux archéologues ont également pu déterminer le sexe des jeunes artistes. D'après elles, l'artiste le plus prolifique de la grotte fut une petite fille âgée d'environ 5 ans. Le sens de ces dessins – rituel, entraînement destiné à certains enfants ou simple divertissement – reste en revanche encore mystérieux. C.H.



Certains de ces tracés, qui ornent les parois de la grotte de Rouffignac depuis 13 000 ans, sont l'œuvre d'enfants de moins de 5 ans.

ÉTHOLOGIE

CETTE LARVE ATTAQUE SON

C'est un cas unique d'inversion des rôles : au lieu de se laisser dévorer par des amphibiens, des larves de carabidés parviennent à parasiter et à dévorer ces prédateurs pourtant bien plus gros qu'elles ! Gil Wizen et Avital Gasith, de l'université de Tel

Aviv (Israël), ont découvert par quel stratagème ces coléoptères réussissent à prendre l'avantage sur trois espèces d'amphibiens. Les larves *Epomis circumscriptus* et *Epomis dejeani* agitent leurs antennes ou leurs mandibules, invitant le prédateur

PRÉDATEUR !

à s'approcher. Puis, tout en esquissant le coup de langue fatal, elles profitent de l'attaque pour s'agripper à la gorge de l'amphibien... qui sera consommé intégralement par l'insecte ou, au mieux, s'en sortira avec une grosse cicatrice. R.B.

ON BÂILLE
PLUS EN HIVER

En montrant à des passants la photo d'une personne en train de bâiller, des chercheurs américains ont constaté qu'elle déclenchait un bâillement chez 45 % d'entre eux en hiver, contre 24 % en été. Ce serait la preuve que le bâillement constitue un mécanisme de refroidissement du cerveau, mécanisme contre-productif lorsque l'air est chaud. C.H.

IL EXISTE UN
GÈNE DU RÉVEIL

On vient de découvrir comment notre horloge biologique sonne l'heure du réveil ! Des biologistes canadiens ont identifié chez la souris et la drosophile un gène, *KDMSA*, qui agit sur notre horloge interne comme un interrupteur : il synthétise une protéine qui réactive l'activité biologique de l'horloge, mise en sommeil durant la nuit. O.D.

L'ENVIE FAIT
VRAIMENT
SALIVER

L'expression "en baver d'envie" a de véritables bases biologiques : des chercheurs américains viennent en effet de montrer que, comme la faim, la perspective d'une récompense matérielle (une belle voiture, de l'argent), favorisait le processus de salivation ! E.A.

BIOLOGIE

L'EMBRYON SE NETTOIE
DES DÉFAUTS DE SA MÈRE

Place au neuf ! Après les premiers jours de division cellulaire, les cellules d'un embryon font le grand ménage : toutes les protéines endommagées héritées de la mère sont éliminées. C'est ce qu'a montré la chercheuse suédoise Malin Hernebring, de l'université de Göteborg. La question se posait depuis longtemps : comment se fait-il qu'un nouveau-né, formé à partir d'une cellule maternelle et de l'ADN de deux parents, n'hérite pas de leurs marques de vieillissement ? En effet, division après division, nos cellules accumulent les dégâts : protéines oxydées, erreurs dans l'ADN... Les scientifiques ont d'abord pensé que les cellules précurseurs des ovules et des spermatozoïdes étaient à l'abri de ce vieillissement. C'est vrai pour l'ADN, réparé dans ces cellules, mais pas pour les protéines, qui arrivent aussi altérées dans les cellules souches embryonnaires qu'elles l'étaient chez la mère. Ces protéines doivent donc subir une cure de jouvence, qui a lieu dans les cellules tout juste différenciées. Les protéines anormales y sont alors détruites par un complexe d'enzymes appelé protéasome. "Il y a sans doute un seuil à partir duquel les dégâts deviendraient toxiques, analyse Malin Hernebring. Un nettoyage au début de la vie d'un nouvel organisme l'éloigne de ce seuil." V.E.



Après quelques jours de division cellulaire, cet embryon verra ses protéines anormales détruites.

J. COONEY, L. VAN GELDER - C. WIZEN - SPL



La larve laisse s'approcher l'amphibien... avant de s'agripper à sa gorge.



PHYSIOLOGIE ANIMALE

LE "LAIT" DES PIGEONS EST RICHE EN NUTRIMENTS

L'allaitement n'est pas le privilège des mammifères: les pigeons aussi, comme les flamants roses et les pingouins, produisent un lait destiné à nourrir leurs petits. Mais selon un mécanisme bien différent, puisqu'ils n'ont pas de glande mammaire et que ce lait est produit, chez les mâles comme les femelles, dans le jabot, un renflement sur l'œsophage

habituellement utilisé pour stocker la nourriture avant la digestion ! L'Australienne Meagan Gillespie, du CSIRO (Organisation fédérale pour la recherche scientifique et industrielle), a observé l'évolution de la structure du jabot parental à l'approche de l'éclosion des œufs. Sous l'action d'une hormone, les cellules qui tapissent le jabot se multiplient et

évoluent en une masse cellulaire à la texture proche du lait caillé. Cette substance riche en protéines, lipides et minéraux est transmise par régurgitation aux oisillons durant leurs tout premiers jours. Ce lait présente aussi une forte teneur en anticorps et antioxydants, ce qui confère aux pigeonneaux un gros avantage pour résister aux infections en ville. **E.H.**

PHYSIQUE

On a pu visualiser la densité d'électrons autour de molécules

L'équipe de Léo Gross, du laboratoire de recherche IBM de Zurich, a réussi à cartographier les "orbitales" moléculaires, soit les endroits où sont susceptibles de se trouver les électrons. Ils ont utilisé un microscope à "effet tunnel" dont ils ont augmenté suffisamment la sensibilité pour repérer la densité d'électrons en chaque endroit de la molécule — ici, le pentacène (1) et la naphthalocyanine (2). De quoi vérifier les calculs de la mécanique quantique et ouvrir la voie à des appareils à l'échelle moléculaire. **R.B.**

R.B.

CHIMIE

UNE REINE S'APPLIQUAIT UNE POMMADE CANCÉRIGÈNE

De l'huile de palme, de l'huile de noix de muscade mais aussi de la créosote... autrement dit un dérivé de goudron ! Voilà ce que contenait l'une des fioles ayant appartenu à la reine-pharaon Hatchepsout, aujourd'hui conservée au musée égyptien de l'université de Bonn (Allemagne). Les chercheurs Michael Höveler-Müller et Helmut Wiedenfeld ont découvert que la texture et la composition du contenu évoquaient une pommade contre l'eczéma.

Malheureusement pour Hatchepsout, l'un des composés de la créosote n'est autre que le benzopyrène, un hydrocarbure fortement cancérigène. De là à penser que le cancer dont elle fut victime fut provoqué par sa pomme, il n'y a qu'un pas... C.H.



JAC SAATCHI & AD

36 39⁽¹⁾

labanquepostale.fr⁽²⁾

LA BANQUE POSTALE. BIEN PLUS QU'UNE BANQUE.

Pour en savoir plus : reportez-vous aux conditions générales du contrat d'assurance Auto disponible en bureau de poste. ⁽¹⁾ 0,15 € TTC/min + surcoût éventuel selon opérateur. ⁽²⁾ Coût de connexion selon fournisseur d'accès. LA BANQUE POSTALE - Société Anonyme à Directoire et Conseil de Surveillance au capital de 3 185 734 830 €. Siège social et adresse postale : 115 rue de Sévres - 75275 Paris Cedex 06. RCS Paris 421 100 645. Code APE 6419 Z. Intermédiaire d'assurance immatriculé à l'ORIAS sous le n° 07 023 424. LA BANQUE POSTALE ASSURANCES IARD - Entreprise régie par le Code des Assurances - Société Anonyme au capital de 2 640 000 €. Siège social : 34 rue de la Fédération - 75015 Paris. RCS Paris 493 253 652. LA BANQUE POSTALE ASSURANCES IARD est une société commune de LA BANQUE POSTALE et de GROUPAMA SA.

**ET SI VOUS PASSIEZ
À UNE ASSURANCE AUTO
CLAIRE ET FACILE ?**

- Un seul tarif et les mêmes garanties sur Internet, en bureau de poste et par téléphone.
- Indemnisation du conducteur en cas de blessures suite à un accident.
- Aucuns frais à avancer pour vos réparations, quel que soit le garage choisi.
- Assistance 24h/24, où que vous soyez, même en cas de panne.

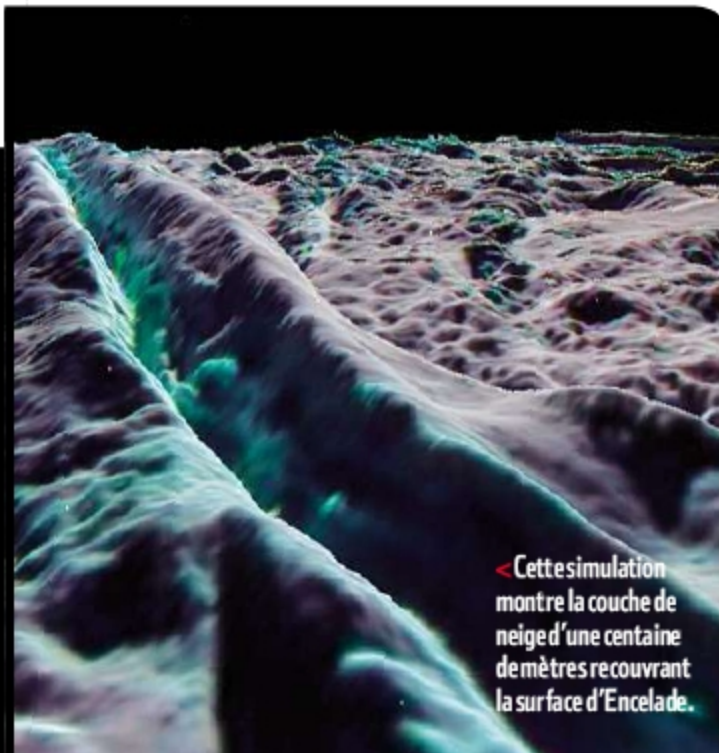
Sameo
14
Janvier

ARAGE
du 18^h 0

LA BANQUE



POSTALE



« Cette simulation montre la couche de neige d'une centaine de mètres recouvrant la surface d'Encelade. »

PLANÉTOLOGIE

SUR CE SATELLITE DE SATURNE, IL NEIGE EN CONTINU

Les images de la sonde *Cassini* sont formelles : Encelade, un des satellites de Saturne, est recouvert d'une couche aux reflets bleutés, caractéristique de la neige d'eau fraîche. C'est une succession de découvertes qui a mené le géologue américain Paul Schenk, du Lunar and Planetary Institute de Houston, à cet examen poussé des clichés de la sonde. En 2004, on apprenait en effet que d'immenses geysers situés au pôle Sud d'Encelade propulsaient de la glace en altitude. Cette glace se mettait à orbiter autour de Saturne, alimentant l'anneau E, particulièrement ténu et brillant... Puis, en 2010, le physicien allemand Sascha Kempf avait modélisé les

flux de glace éjectée par les geysers. Il suggérait qu'une partie de cette glace restait dans l'atmosphère d'Encelade, puis retombait en flocons, les plus gros dépôts dessinant deux faucilles, pointant vers le pôle Nord. Paul Schenk vient effectivement d'observer ces formes sur les images de *Cassini*. La neige serait épaisse d'une centaine de mètres, ce qui, d'après le modèle, indique qu'il neige sur Encelade depuis au moins 100 millions d'années. Les geysers, et la source de chaleur souterraine qui les alimente, seraient donc actifs depuis très longtemps. Cette chaleur a aussi pu faire fondre la neige et constituer des océans d'eau liquide sous la glace... **A.D.**

ENDOCRINOLOGIE

La taille de l'annulaire en dit long sur nos hormones

Si les hommes ont l'annulaire plus grand que l'index, contrairement aux femmes, c'est à cause du ratio d'hormones présentes dans les doigts au cours du développement embryonnaire. Plus il y a de testostérone (hormone mâle), plus l'annulaire est long, et inversement avec l'œstrogène (hormone femelle). Deux biologistes de l'université de Floride viennent de montrer, chez la souris, que ces hormones régulent les gènes contrôlant les divisions cellulaires au niveau des phalanges. **E.H.U.**



▲ Consommée avec des aliments acides, cette baie donne l'illusion qu'ils sont... sucrés !

BIOLOGIE

VOICI COMMENT CE FRUIT TROMPE NOS PAPILLES...

C'était une énigme depuis plus de quarante ans : comment la miraculine, une protéine contenue dans les fruits rouges du *Richadella dukifika*, petit arbuste d'Afrique de l'Ouest, arrive-t-elle à faire croire à vos papilles que vous dégustez des sucreries alors que vous mangez des cornichons acides ? Le mystère vient d'être percé par des biologistes japonais : la miraculine se lie en fait aux récepteurs des cellules gustatives responsables de la sensation sucrée. Et quand le milieu devient acide, sa faculté à se lier à ces récepteurs augmente, les poussant à s'activer deux fois plus. De quoi imaginer de nouveaux additifs alimentaires au pouvoir "sucrant". **O.D.**

l'écologie aime l'économie

Des pièces en matières plastiques BASF peuvent remplacer celles en métal pour construire des voitures plus légères et donc plus économes. Cela signifie moins d'émissions de CO₂, moins de besoins en carburant et moins d'argent qui file hors de vos poches. Si préserver l'environnement ne nuit pas à vos finances, c'est parce que chez BASF, nous créons de la chimie. www.basf.fr/chimie



International Year of
CHEMISTRY
2011

BASF is a Global Sponsor

BASF
The Chemical Company



PRIMATOLOGIE

LES BABOUINS SAVENT RAISONNER PAR ANALOGIE

Comme les hommes, les singes sont capables de raisonner par analogie. Placés devant des paires de figures géométriques, ils parviennent à déterminer si elles sont identiques ou différentes, et à faire ensuite des associations entre deux paires. C'est ce que Joël Fagot, de l'université de Provence et du CNRS, et Roger Thompson, du Franklin & Marshall College, aux États-Unis, ont démontré en étudiant 29 babouins *Papio papio*. À l'aide

d'un écran tactile, ils leur ont par exemple présenté deux carrés, avant de leur demander de choisir entre deux autres paires : un triangle et une étoile, ou deux ovales. Le babouin était récompensé s'il touchait les deux formes géométriques représentant la même relation que la paire initiale, en l'occurrence l'identité. Au terme d'un apprentissage intensif de plusieurs milliers d'essais, six babouins ont répondu correctement, montrant leur

capacité à résoudre des problèmes d'analogie. Les scientifiques pensaient jusque-là qu'il était impossible de produire des analogies sans le langage, et que seuls les hommes et quelques grands singes en étaient capables. Or, selon cette étude, le raisonnement par analogie serait indépendant du langage. Il aiderait par exemple les singes à identifier une relation de dominance dans différentes situations, et à réagir en conséquence. **R.B.**

GÉNÉTIQUE

LES HOMMES SE DÉPLACENT LE LONG DES PARALLÈLES

Au cours de leur évolution, les hommes ont préféré migrer le long des parallèles (est-ouest) plutôt que des méridiens (nord-sud), s'exposant à moins de changements climatiques. La preuve en est apportée par deux généticiens de l'université du Michigan (États-Unis). En comparant les génomes de 68 populations américaines et eurasiatiques, ils ont montré que les différences génétiques sont moins marquées le long des parallèles. Ces migrations auraient accompagné la diffusion de certaines technologies, comme l'agriculture ou l'écriture. **A.D.**

PALÉONTOLOGIE

La plus ancienne "nurserie" de requins se situe en eau douce

La formation sédimentaire de Madygen, au sud-ouest du Kirghizistan, abritait il y a 230 millions d'années une "nurserie" de requins, la plus ancienne découverte à ce jour. Des paléontologues allemands ont exhumé des douzaines de fossiles d'œufs (ci-contre) et de dents. Le site, en eau peu profonde, servait de refuge pour la ponte et le développement des jeunes. Un comportement bien connu de nos requins... en mer. Or, les dépôts de Madygen sont lacustres. On ne sait pas encore si les adultes y vivaient ou retournaient en mer. **E.Hu.**



THE SINGLETON™

SINGLE MALT SCOTCH WHISKY



TANT D'ARÔMES À DÉCOUVRIR

The Singleton est né dans le Speyside, berceau des single malts écossais les plus fins. Naturellement riche, délicieusement onctueux et parfaitement équilibré, The Singleton révèle de subtils arômes fruités de poire, bâton de réglisse, citron et cassis, associés à des senteurs de noisettes grillées.

La composition chimique de l'eau de la comète Hartley 2, proche de celle de nos océans, relance le débat sur l'origine de l'alimentation en eau de la Terre.



ASTRONOMIE

L'EAU SUR TERRE PROVIENDRAIT BIEN DES COMÈTES

D'où vient l'eau sur Terre? Une équipe internationale vient de démontrer, grâce aux données du télescope spatial *Herschel*, que l'eau de la comète Hartley 2 ressemblait furieusement, d'un point de vue chimique, à celle de nos océans. Une découverte qui relance le débat, puisque les meilleurs candidats à l'alimentation de notre planète en eau étaient jusqu'ici les astéroïdes. En effet, au moment de sa formation, notre planète, très chaude, a vu ses maigres réserves d'eau s'évaporer. L'eau qui s'y trouve aujourd'hui aurait donc été déposée quelques dizaines de millions d'années plus tard par des corps venus la bombarder. Comètes ou astéroïdes? Les comètes, qui

proviennent en majorité du nuage de Oort à la périphérie du système solaire, ont longtemps été privilégiées, car elles contiennent jusqu'à 50 % de glace d'eau. Mais des analyses avaient montré que cette eau contenait une proportion de deutérium (hydrogène lourd) deux fois plus forte que celle des océans. Avec une composition semblable à celle des océans, les chondrites carbonées, des astéroïdes issus de la ceinture située entre Mars et Jupiter, sont alors apparues comme des candidats idéaux... Elles ont désormais de nouvelles concurrentes: les comètes du type de Hartley 2, qui ne vient pas du nuage de Oort mais de la ceinture de Kuiper, plus proche. **A.D.**

NEUROLOGIE

Les bébés ressentent la douleur juste avant de naître

Le neurologue Lorenzo Fabrizi, de l'University College of London, a étudié l'électroencéphalogramme de nouveau-nés (prématurés ou nés à terme) alors que ceux-ci étaient soumis à un stimulus douloureux, comme la piqûre d'une aiguille au talon pour une prise de sang. Il a alors constaté que c'est seulement à partir de 35 à 37 semaines de gestation, soit quelques semaines avant le terme prévu, que leur cerveau montre une activité différente face à la douleur. **C.H.**



ARCHÉOLOGIE

ON A RETROUVÉ DES PALETTES DE PEINTURE VIEILLES DE 100 000 ANS

Dans la grotte de Blombos, en Afrique du Sud, une équipe internationale d'archéologues a mis au jour ce qui semble être le plus ancien atelier de fabrication de pigments. Dans des coquilles d'ormeaux grandes comme la main (ci-dessus) ont été retrouvés les restes d'une peinture fabriquée à partir d'oxydes de fer. Des pierres utilisées comme meules et outils de percussion pour broyer ces pigments, et des fragments d'os spongieux, dont la moelle a pu être utilisée comme liant, accompagnaient ces coquillages transformés en palettes de couleurs. La datation de ces "kits de peinture", dont la destination reste mystérieuse, a révélé qu'ils étaient vieux de 100 000 ans. **C.H.**

552.081.317 RCS PARIS - Siège social : 22-30, avenue de Wagram, 75008 Paris - M. LUXEMBOURG

Et si votre confort passait par ce fil

Rejoignez les 800 000 clients qui nous ont fait confiance. Avec EDF Bleu Ciel, un conseiller vous aide à définir votre projet de travaux de chauffage et d'isolation et à faire des économies. Pour les réaliser, il pourra vous mettre en relation avec des partenaires qualifiés. Plus de 9 clients sur 10* sont satisfaits des travaux réalisés et sont prêts à recommander les Partenaires Bleu Ciel d'EDF.

Appelez votre conseiller au 3929* ou rendez-vous dans votre boutique EDF Bleu Ciel.

bleuciel.edf.com

EDF
bleu ciel

L'énergie est notre avenir, économisons-la!

*Source : enquête BVA réalisée du 16 au 27 mai 2011 auprès de 1108 personnes ayant effectué des travaux avec un Partenaire Bleu Ciel d'EDF. ** 0,05€ TTC/min hors surcoût éventuel selon opérateur.

actus terre

PARTICULES FINES

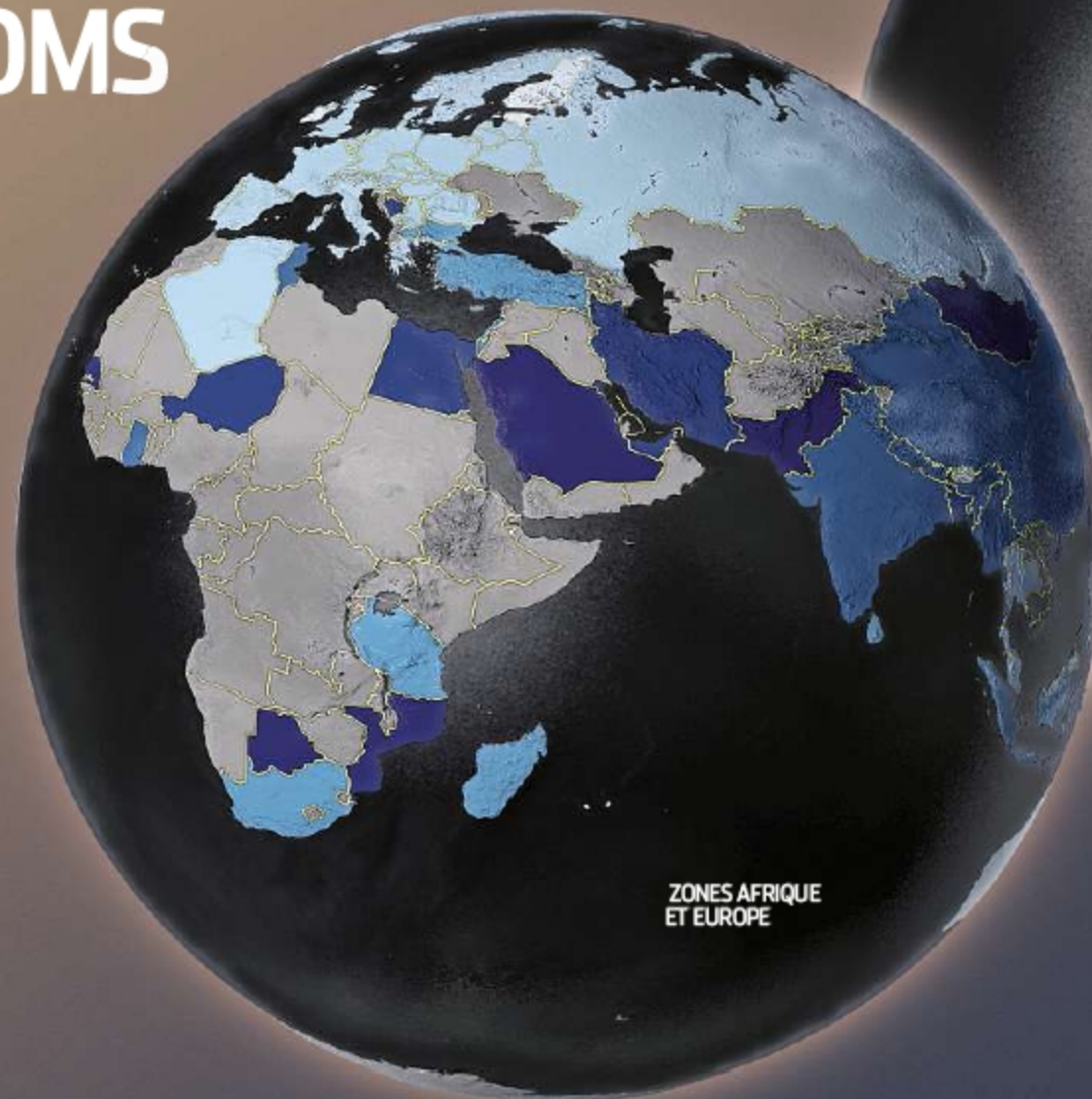
LA POLLUTION DE L'AIR DÉPASSE LARGEMENT LES NORMES OMS

Pas plus de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: tel est le seuil préconisé par l'OMS pour la concentration atmosphérique en particules fines de taille inférieure à 10 micromètres (PM10). Or, selon son dernier rapport, ce seuil est dépassé dans plus de la moitié des 1 100 villes passées au crible. Sans surprise, l'Inde et la Chine, au fort développement économique, enregistrent des teneurs très supérieures aux normes de l'OMS : respectivement 109 et 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces pays sont coiffés au poteau par la Mongolie (279 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Oulan-Bator, seule ville échantillonnée), le Botswana (216 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et le Pakistan (198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Mais les pays en développement ne sont pas les seuls mauvais élèves. La France aussi est épinglée : Paris y enregistre la plus forte concentration de PM10 (38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), devant Antibes (34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et Lyon (33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Partout, la faute en revient aux véhicules motorisés, aux industries, à la combustion de biomasse et aux centrales électriques au charbon. En tout, 80 des 91 pays analysés ne respectent pas les valeurs recommandées. Si c'était le cas, l'OMS estime que plus d'un million de morts pourraient être évitées chaque année.

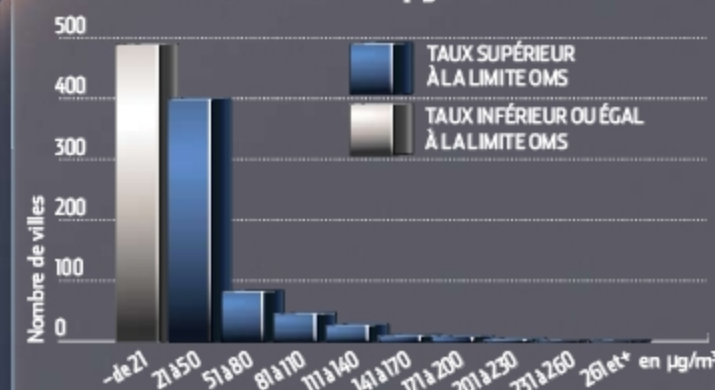
C.H.

Taux de particules fines mesuré dans les villes et moyenné par pays

(Données collectées entre 2005 et 2010, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Plus de la moitié des 1 100 villes sondées excèdent le seuil de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10

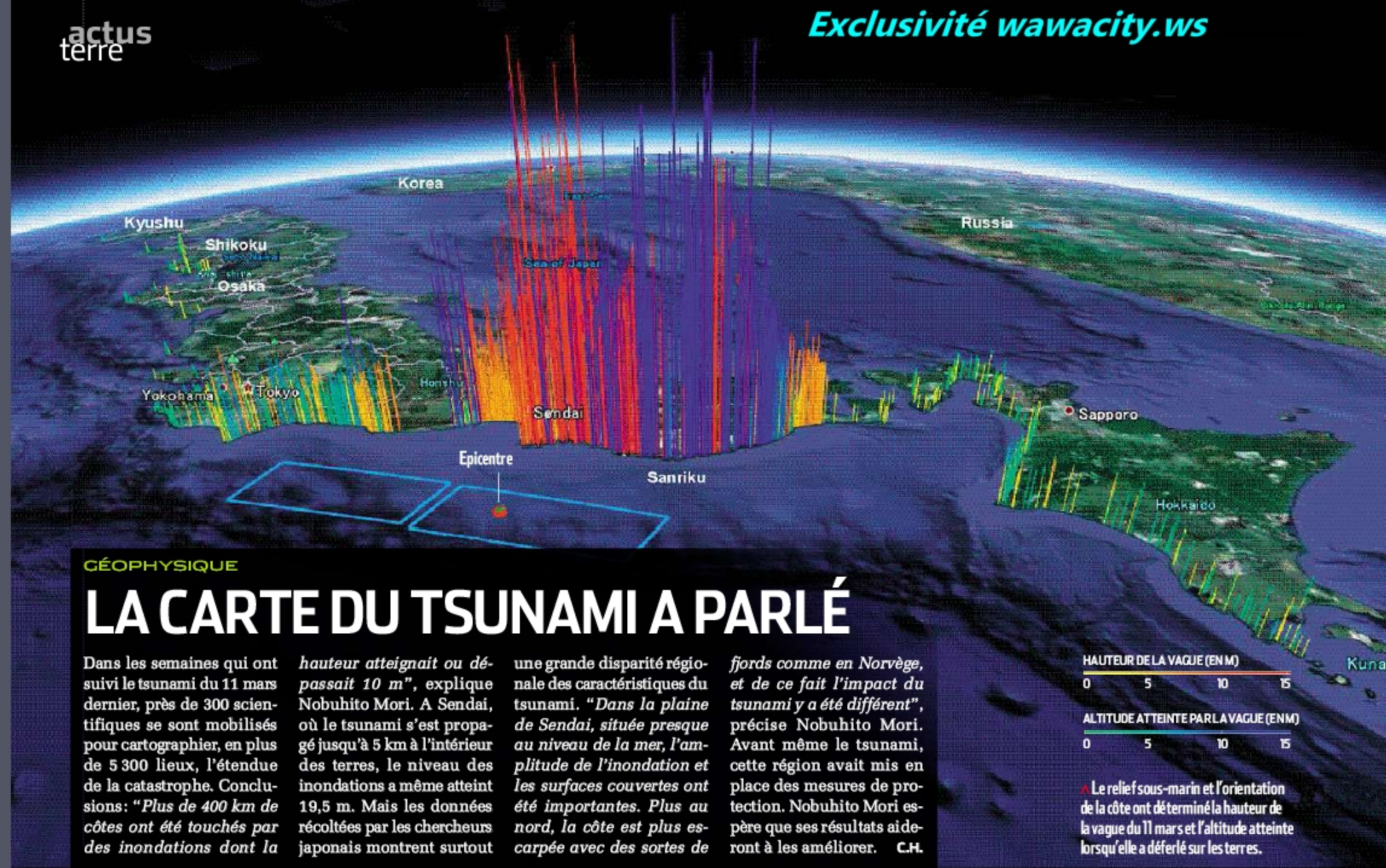


SOURCE : OMS, 2011

70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: c'est la concentration moyenne en PM10, soit 3,5 fois plus que le seuil préconisé.

372 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: c'est le taux record enregistré à Ahwaz, en Iran.

2 millions de personnes meurent chaque année à cause de la pollution de l'air.



GÉOPHYSIQUE

LA CARTE DU TSUNAMI A PARLÉ

Dans les semaines qui ont suivi le tsunami du 11 mars dernier, près de 300 scientifiques se sont mobilisés pour cartographier, en plus de 5 300 lieux, l'étendue de la catastrophe. Conclusions: "Plus de 400 km de côtes ont été touchés par des inondations dont la

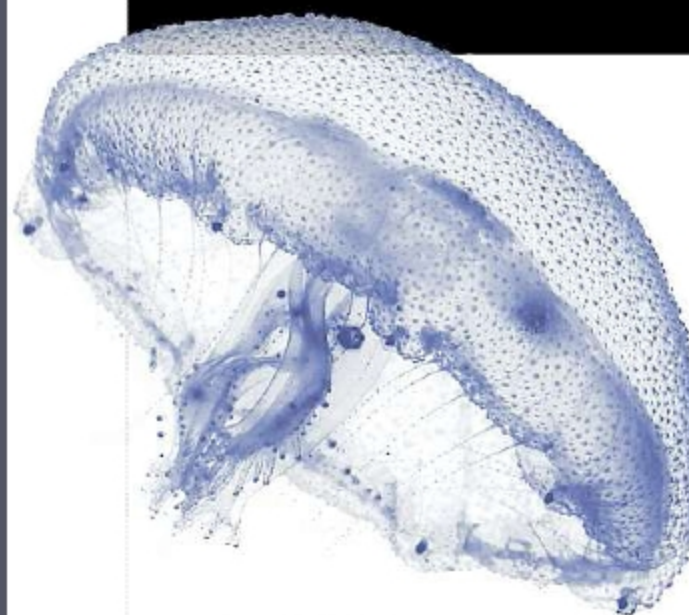
hauteur atteignait ou dépassait 10 m", explique Nobuhito Mori. A Sendai, où le tsunami s'est propagé jusqu'à 5 km à l'intérieur des terres, le niveau des inondations a même atteint 19,5 m. Mais les données récoltées par les chercheurs japonais montrent surtout

une grande disparité régionale des caractéristiques du tsunami. "Dans la plaine de Sendai, située presque au niveau de la mer, l'amplitude de l'inondation et les surfaces couvertes ont été importantes. Plus au nord, la côte est plus escarpée avec des sortes de

fjords comme en Norvège, et de ce fait l'impact du tsunami y a été différent", précise Nobuhito Mori. Avant même le tsunami, cette région avait mis en place des mesures de protection. Nobuhito Mori espère que ses résultats aideront à les améliorer. C.H.

HAUTEUR DE LA VAGUE (EN M)
0 5 10 15
ALTITUDE ATTEINTE PAR LA VAGUE (EN M)
0 5 10 15

▲ Le relief sous-marin et l'orientation de la côte ont déterminé la hauteur de la vague du 11 mars et l'altitude atteinte lorsqu'elle a déferlé sur les terres.



ÉCOLOGIE

LA MÉDUSE AUSSI SAIT CHASSER

Les méduses, bien qu'aveugles et tributaires des courants, capturent le plancton avec la même efficacité que les poissons. C'est la conclusion de José Luis Acuña (université d'Oviedo, Espagne) qui a réalisé le bilan énergétique de la prédation chez ces deux animaux. Résultat: les chiffres sont comparables, car les méduses limitent la dépense d'énergie en se déplaçant lentement. Les probabilités de croissance sont donc similaires. De plus, elles ont tendance à augmenter leur taille afin d'accroître les chances de capture. Cette découverte explique qu'à la faveur de la surpêche, elles aient déjà remplacé les populations surexploitées de poissons dans de nombreuses mers du globe. Pa.G.

1900

C'est le nombre de fibres synthétiques relarguées à chaque lavage par nos machines à laver. Le biologiste Mark Browne a également montré que ces microparticules de plastique se retrouvent en grande quantité dans les sédiments côtiers de toute la planète. C.H.

DES BALEINES FRANCHISSENT L'ARCTIQUE

Pour la première fois, deux baleines à bosse ont emprunté le passage du nord-ouest, ce raccourci entre l'Atlantique et le Pacifique, ouvert par la fonte de la banquise arctique. Il s'agit de deux mâles de 15 et 17 mètres, qui se sont croisés, sans se rencontrer. Pa.G.

BIOCARBURANT DE SECONDE GÉNÉRATION

La France a inauguré mi-octobre sa première usine pilote de fabrication de biocarburant à partir de paille, de bois, et autres déchets végétaux. Champignons et levures seront mis à contribution pour en extraire 180 000 litres de bioéthanol chaque année. En cas de succès, un prototype industriel devrait voir le jour en 2015. B.B.

THON ROUGE: LA SURPÊCHE S'ACCENTUE

En 2010, plus de 35 000 tonnes de thon rouge ont été pêchées en Méditerranée et dans l'Atlantique Est, selon les estimations du Pew Environment Group. Alors même que les quotas alloués par la Commission internationale pour la conservation des thons de l'Atlantique n'en autorisaient que 13 000 tonnes. B.B.

> Ces décharges électriques se forment au cœur d'un nuage orageux.



AÉROLOGIE

ON A ENFIN PU ANALYSER DES JETS LUMINEUX GÉANTS

Des décharges électriques prenant leur source au cœur d'un nuage d'orage et se propageant au-dessus de lui sur des dizaines de kilomètres. Voici ce qu'a pu photographier et filmer Patrice Huet, de la Maison du Volcan à la Réunion. Analysés par Serge Soula, de l'université de Toulouse, ces documents inédits ont permis, pour la première fois, de caractériser en détail la structure et la dynamique des jets géants, un phénomène lumineux connu depuis 2001. Les jets sont précédés d'une série de flashes probablement dus à des décharges électriques à l'intérieur du nuage, mais qui n'atteignent pas le sol. Ils démarrent ensuite dans la zone la plus électriquement active, emportant une charge négative qui peut aller jusqu'à plusieurs centaines de coulombs, à plus de 80 km d'altitude. Au total, leur durée s'étale de 333 à 850 millisecondes. La base d'un jet géant est bleue et la partie supérieure produit une lumière rouge. Le jet se propage en accélérant après 50 km d'altitude: sa vitesse passe de 1000 à 10 000 km par seconde. S.F.

COURTESY OF J. LACUNA - N. MORI, D. P. KYOTOU UNIV. - P. HUET

GÉOMORPHOLOGIE

LES RACINES DES ARBRES ONT FAIT LE LIT DES RIVIÈRES

Les rivières à chenaux stables sont apparues il y a environ 300 millions d'années... peu après les premiers arbres. Coïncidence ? Pas pour Neil Davies, géologue de l'université de Dalhousie (Canada), qui a étudié 68 formations sédimentaires âgées de 450 à 200 millions d'années. « Nous y avons cherché une preuve que l'apparition des arbres a pu forcer les rivières à se comporter différemment, explique-t-

il. Nous avons ainsi découvert que les rivières, et les dépôts qu'elles ont laissés derrière elles, ont changé au cours du temps ». Les dépôts les plus anciens témoignent ainsi de la présence de cours d'eau "en tresses", réseaux changeants dont le lit peu profond se compose de plusieurs bras temporaires. Mais, il y a 360 millions d'années, les lits se font plus profonds, les berges plus nettes, les sédiments plus

fins : des marqueurs caractéristiques des cours d'eau anastomosés. « Nous avons aussi observé beaucoup de débris de bois fossilisés : les racines des arbres qui poussaient sur les berges, ou de branches charriées par les courants », ajoute Neil Davies. C'est donc la stabilisation des berges par des systèmes racinaires de plus en plus profonds qui aurait contribué à fixer les cours des rivières. **E.H.**

Il y a 360 millions d'années, ce sont les racines des arbres qui ont rendu le chenal des cours d'eau plus stable.

CLIMATOLOGIE

LE CLIMAT PEUT AFFAIBLIR LES HERBIVORES

Le nombre d'herbivores pourrait décroître avec la hausse des températures. C'est ce qu'envisage Mary O'Connor (université de Colombie-Britannique, Canada) à partir d'une modélisation simulant l'impact du réchauffement sur l'abondance des plantes et des organismes vivants qui s'en nourrissent. D'après cette étude, les herbivores se développeront à un rythme plus élevé que ne le feront les plantes lorsque les températures grimperont. Ils risquent ainsi de manquer de nourriture, ce qui affecterait en retour les ressources disponibles pour les humains. **S.F.**

BIODIVERSITÉ

Pour déterminer la faune dans un endroit, il suffit de fouiller le sol

Et si, pour dénombrer la faune, nous nous contentions de fouiller le sol ? Il contient en effet de nombreux fragments d'ADN, issus de morceaux de peau, d'écaille ou d'excréments, qui permettraient d'évaluer la biodiversité. Eske Willerslev (université de Copenhague, Danemark) a démontré l'efficacité de cette méthode, en prélevant 10 cm de terre de certains parcs. Grâce à l'ADN ainsi récupéré, il a déterminé le nombre d'espèces présentes dans la zone étudiée, mais aussi le nombre d'individu de chaque espèce – en pondérant les quantités d'ADN par le poids de chaque animal ! **R.B.**



José Mourinho
Entraîneur de Football de l'Année

Beau et même plus intelligent que vous. Heureusement, ce n'est qu'un rasoir.

Braun Series 7, avec Technologie Sonic intelligente, anticipe chaque courbe de votre visage et s'adapte à la densité de votre barbe – pour le meilleur rasage de près jamais réalisé par Braun.

Braun Series 7 avec Technologie Sonic intelligente. Conçu pour faire la différence.



SCIENCE & VIE
N° 1119
DÉCEMBRE 2010

HIVERS RIGoureux

ILS POURRAIENT BIEN ÊTRE DUS À LA FAIBLE ACTIVITÉ DU SOLEIL

Le faible rayonnement UV émis par le Soleil récemment observé semble effectivement corrélé aux hivers plus rudes constatés en Europe du Nord. Voici en tout cas ce qui ressort d'un nouveau modèle climatique.

En décembre 2010, nous n'hésitions pas à barrer la Une de *Science & Vie* d'un intrigant "Le Soleil en panne!". Un faisceau d'indices convergeait alors pour affirmer que la vigueur de notre étoile était étonnamment faible. Au point d'envisager que le Soleil n'entre bientôt dans une période de calme prolongé, semblable à celle observée lors du petit âge glaciaire. Avec quel impact sur les températures? A l'époque, une analyse statistique sur les 350 dernières années apportait un début de réponse: lors des périodes d'activité solaire réduite, les hivers rigoureux ont été plus fréquents en Europe du Nord. Un lien que viennent étayer aujourd'hui Sarah Ineson, du Met Office Hadley Centre (Royaume-Uni), et son équipe grâce à un modèle climatique inédit.

DES PRÉDICTIONS CLIMATIQUES PLUS PRÉCISES

Celui-ci prend en effet en compte une observation très récente dont nous nous étions fait l'écho: la mise en évidence, lors du minimum du dernier cycle solaire, en 2007, d'une diminution bien plus importante qu'envisagée du rayonnement ultra-violet émis par le Soleil. Or, les UV contribuent au réchauffement de la haute atmosphère. L'équipe anglaise a



donc cherché à simuler la réponse du climat à ce moindre bombardement d'UV. Résultat? Le modèle prévoit des températures plus basses d'un à deux degrés l'hiver en Europe du Nord, mais plus élevées d'autant en Europe du Sud. En cause? Le moindre réchauffement de la stratosphère lors du minimum solaire modifie la circulation atmosphérique, réduisant les vents d'ouest sur l'Europe du Nord et favorisant l'arrivée d'air polaire. De quoi expliquer, pour les auteurs, la rigueur particulière des hivers au cours des trois dernières années. "Etant donné la quasi-

▲ Lors d'une période d'activité solaire réduite, la moyenne des températures en Europe du Nord chute de 1 à 2°C l'hiver.

régularité du cycle solaire de onze ans, nos résultats pourraient aider à améliorer la prédiction climatique décennale", concluent les chercheurs, précisant toutefois que l'observation satellite du spectre solaire qui a révélé cette chute du rayonnement UV doit encore être confirmée. Lors de leur publication en 2010, ces mesures avaient en effet suscité une vague de scepticisme, nombre de scientifiques y voyant juste le fruit d'une erreur instrumentale. Il faudra donc attendre d'avoir dissipé ces doutes avant d'identifier clairement l'influence du Soleil sur le climat régional. **B.B.**

J. WHITE/GETTY

Saviez-vous qu'il faut 35 000 litres d'eau pour fabriquer une voiture ?*



Parce que l'eau est présente dans les objets qui nous entourent comme dans notre organisme, les entreprises de l'eau élaborent sans cesse des solutions innovantes pour réduire l'impact des activités humaines, notamment industrielles, et protéger ainsi nos ressources en eau : nouveaux systèmes de production d'eau de process et de traitement des effluents, réutilisation des eaux usées traitées et recyclage des eaux de pluie pour l'industrie, dessalement d'eau de mer, systèmes intelligents de mesure et de contrôle des fuites...

* Source : waterfootprint.org

LES ENTREPRISES DE L'EAU

AGUR • CHOLTON • LYONNAISE DES EAUX
NANTAISE DES EAUX SERVICES • SAEDE • SAUR
SEFO • SOGEDO • S.T.G.S. • VEOLIA EAU

www.lesentreprisesdeleau.com

L'EAU A SOIF DE TOUTES LES COMPÉTENCES



HYDROLOGIE

EXPLOITER LES RÉSERVES D'EAU MODIFIE LES OCÉANS

L'exploitation des réserves d'eaux souterraines a fait grimper le niveau des océans de 12,6 mm entre 1900 et 2008. C'est l'étonnant résultat d'une étude menée par l'hydrogéologue Léonard Konikow de l'United States Geological Survey (USGS). De quoi expliquer 6 % de l'élévation totale du niveau des mers observée sur cette période. En cause: le pompage excessif des nappes

phréatiques pour la consommation humaine, l'agriculture et l'industrie. Une fois extraite, l'eau stockée dans les aquifères depuis plusieurs centaines, voire plusieurs milliers d'années, se retrouve dans les océans où elle s'accumule. Et la situation irait en s'amplifiant. L'exploitation des eaux souterraines serait plus soutenue depuis les années 1950 et plus encore depuis le début

du XXI^e siècle. Entre 2000 et 2008, elle contribue ainsi pour 0,4 mm à la montée du niveau des océans, soit 13 % du total. L'équivalent de la contribution du Groenland! La baisse du niveau des nappes phréatiques a d'autres impacts négatifs sur la disponibilité en eau pour l'alimentation, mais aussi, sur les écosystèmes, contribuant en particulier à la disparition des zones humides. **P.L.**

GÉOCHIMIE

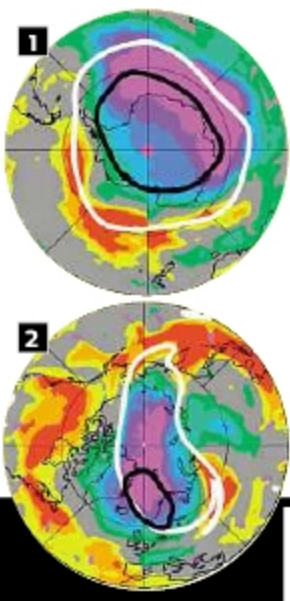
Ce sont les volcans qui ont favorisé l'accumulation d'oxygène dans l'air!

La croissance des continents et le volcanisme aérien qui l'a accompagnée il y a 2,7 milliards d'années aurait conduit à l'oxygénation de l'atmosphère. Selon les calculs de Fabrice Gaillard, de l'Institut des sciences de la Terre d'Orléans, ce type de volcans libérait en effet de bien plus grandes quantités de dioxyde de soufre que les volcans sous-marins qui dominaient jusqu'alors. Or, une fois dissout dans les océans, ce soufre aurait oxydé le fer ferreux présent dans l'eau. De quoi permettre à l'oxygène produit par des bactéries photosynthétiques de ne pas réagir avec ce fer, et de se répandre dans l'atmosphère. **B.B.**

AÉROLOGIE

DÉSORMAIS, L'ARCTIQUE A AUSSI SON TROU D'OZONE

Un trou comparable à celui de l'Antarctique (1) s'est formé dans la couche d'ozone au-dessus de l'Arctique (2) début 2011. Sa superficie équivaut à cinq fois celle de l'Allemagne, d'après Gloria Manney, du California Institute of Technology. La raison: un refroidissement de février à mars exceptionnellement intense au-dessus de l'Arctique qui a entraîné la destruction de 80 % de l'ozone situé entre 18 et 20 km d'altitude (en violet). Ce trou s'est déplacé au-dessus du nord de la Russie, du Groenland et de la Norvège, exposant les populations à des niveaux élevés de rayonnement ultraviolets. **P.L.**



**390 KG
DE DÉCHETS
PAR PERSONNE
ET PAR AN
C'EST BEAUCOUP,
ET SI ON
AGISSAIT
AUTREMENT?**



**En donnant ou en vendant
ce qui est en bon état et ne sert plus,
on peut réduire ses déchets
de 13 kg par personne
et par an.**



**RÉDUISONS
VITE NOS DÉCHETS,
ÇA DÉBORDE.**

reduisonsnosdechets.fr



UN MAUVAIS PROCÈS FAIT À LA SCIENCE

Par Boris Bellanger

Quatre siècles après Galilée et Giordano Bruno, l'Italie serait-elle en train de renouer avec les grands procès faits à la science ? Sans aller jusqu'à cette comparaison extrême, le procès qui s'est ouvert le 20 septembre dernier à L'Aquila, et dans lequel comparaissent, pour homicide involontaire, six géologues et un haut fonctionnaire de la protection civile, devrait faire date.

Que reproche-t-on à ces experts ? De ne pas avoir alerté la population avant le tremblement de terre qui a dévasté la ville de L'Aquila le 6 avril 2009. Pire : d'avoir laissé penser qu'il n'y avait aucun danger ! Bilan : 309 morts et 1 500 blessés. Alors que des dizaines de catastrophes semblables se produisent chaque année dans le monde, c'est la première fois qu'une telle accusation est portée. Quelle que soit l'issue de l'instruction, on peut d'ores et déjà s'interroger sur son fondement. Difficile en effet de ne pas y voir un mauvais procès fait à la sismologie, et une flagrante confusion des genres entre la responsabilité des experts scientifiques et celle des autorités politiques.

Car, faut-il le rappeler, les sismologues sont aujourd'hui encore, et probablement pour longtemps, dans l'incapacité totale de prédire avec exactitude où, quand, et avec quelle intensité, la terre va trembler. Ils en sont réduits à faire des prévisions, forcément entachées d'incertitudes. C'est-à-dire, calculer la probabilité qu'un séisme d'une magnitude donnée se produise à un moment donné dans un endroit donné. Et un tremblement de terre est loin de se prévoir aussi facilement qu'un orage. Les sismologues ne sont pas des météorologues. Ils ne disposent pas d'équations comparables à celles qui permettent de prévoir l'évolution du temps

avec un haut niveau de certitude. Leurs prévisions reposent sur une connaissance encore très incomplète des mécanismes à l'œuvre dans la croûte terrestre.

Dans l'état actuel des connaissances, les sismologues ne pouvaient donc pas dire plus que cela : la probabilité qu'un séisme survienne à brève échéance à L'Aquila est faible... mais non nulle. Une chance sur 200 000, sans doute un peu plus compte tenu des soubresauts qui agitaient la région depuis quelques mois. Un chiffre qui reflète plus l'imprévisibilité de l'événement que la certitude qu'il n'ait pas lieu. Et c'est là que s'arrêtent leur art, mais aussi leur mission. Ensuite, c'est aux politiques de trancher. De donner à cette probabilité une valeur pour la société en la traduisant, ou non, en actes de prévention. D'estimer les coûts et les bénéfices. Le problème est qu'il n'existe aujourd'hui, ni en Italie ni ailleurs, aucun protocole standardisé qui faciliterait cette prise de décision. Aucune grille identifiant les seuils de probabilité à partir desquels il convient d'alerter la population, d'évacuer une ville.

Ce procès aura au moins le mérite d'éclairer d'une lumière crue le fossé qui sépare l'expertise scientifique et son interprétation par la société. Espérons qu'il ne provoquera pas un désengagement des scientifiques travaillant sur la prévision des événements rares mais aux conséquences désastreuses. Et qu'il encouragera au contraire une meilleure communication entre experts, preneurs de décisions et public.



3 AQUINO

À QUEL TITRE L'INCERTITUDE SCIENTIFIQUE SERA-T-ELLE JUSTIFIABLE ?

3 AQUINO

Et si plus d'1 million de personnes
soutenaient vos projets ?



Quand les enseignants se mobilisent pour réaliser leurs projets, ils créent leur propre banque. En permettant à l'épargne de tous ses Sociétaires de financer les projets de chacun, la CASDEN démontre depuis 60 ans la performance d'un système bancaire coopératif.

Rejoignez-nous sur casden.fr ou contactez-nous au 0826 824 400
(0,15 TTC/min en France métropolitaine)



L'offre CASDEN est également disponible dans le Réseau Banque Populaire.

casden
BANQUE POPULAIRE

Casden, la banque coopérative de l'éducation, de la recherche et de la culture

actus médecine

DR BYNOE/CORNELL UNIVERSITY

> Dans le cerveau de souris, les plaques protéiques caractéristiques de la maladie d'Alzheimer (en orange) ont pu être la cible d'anticorps venus de l'autre côté de la barrière hémato-encéphalique.

NEUROLOGIE

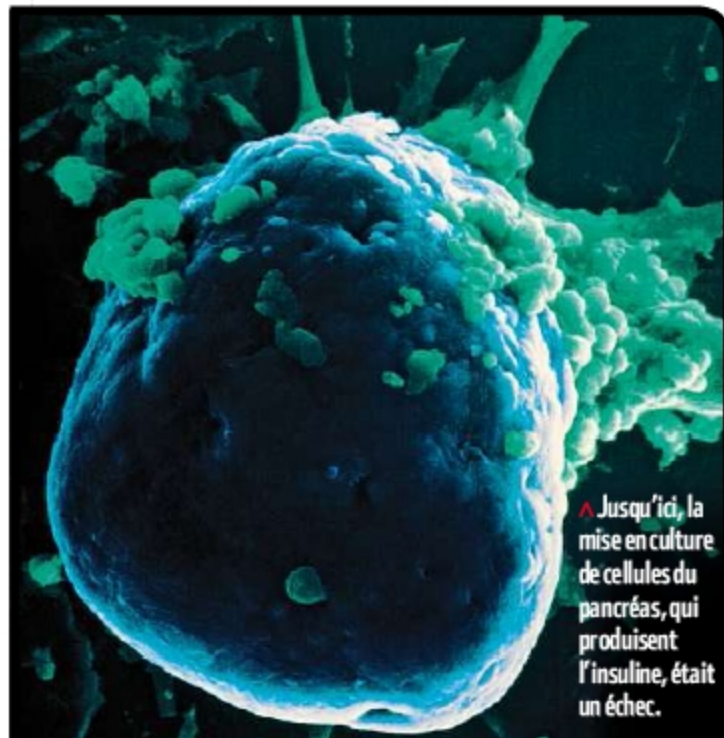
LE CERVEAU S'OUVRE ENFIN AUX TRAITEMENTS

La barrière entre le cerveau et les vaisseaux sanguins qui l'entourent est-elle aussi imperméable qu'on le dit ? Censée protéger le cerveau de toute substance étrangère, cette "barrière hémato-encéphalique" interdit aussi aux médecins d'y faire passer des médicaments. Mais une équipe de l'université Cornell (Etats-Unis) vient de trouver un

moyen de la franchir. Ils se sont servis de molécules, les récepteurs de l'adénosine, situées à la surface de la barrière, côté circulation sanguine. Plus précisément, ils ont montré qu'elles se comportent comme des serrures : lorsqu'elles sont activées, elles ouvrent un passage du sang vers le cerveau. Avec un composé organique

appelé NECA (un amide), les chercheurs ont réussi à créer un passage pas moins de dix-huit heures durant sur un modèle de maladie d'Alzheimer, les anticorps passant du sang vers le cerveau pour se lier aux plaques protéiques bêta-amyloïdes caractéristiques de la maladie. L'expérience n'a été menée que chez la souris, mais les chercheurs

ont montré qu'une autre substance, le regadenoson (Lexiscan), ouvre aussi les serrures. Or, ce produit est déjà autorisé en médecine pour l'imagerie cardiaque. Les médecins pourraient donc bientôt tester *in vivo* des traitements potentiels contre des maladies neurologiques comme Alzheimer, Parkinson ou la sclérose en plaques. **M.K.**



▲ Jusqu'ici, la mise en culture de cellules du pancréas, qui produisent l'insuline, était un échec.

HÉPATOLOGIE

DES CELLULES DU PANCRÉAS ONT PU ÊTRE PRODUITES !

Après plusieurs décennies d'échecs, une équipe française a réussi à créer une lignée de cellules β humaines. Ces cellules du pancréas permettent, en temps normal, de réguler la quantité de sucre dans le sang. Chez les diabétiques, elles sont détruites. L'annonce est primordiale pour les chercheurs qui étudient le diabète car ils espèrent un jour remplacer les cellules β plutôt que de prescrire de l'insuline aux patients. "La clé du succès a résidé dans le choix du matériel de départ, explique Philippe Ravassard, du CNRS, décrivant la complexité de la méthode. Nous avons prélevé sur des fœtus humains issus d'IVG, non pas les cellules productrices

d'insuline, mais celles qui leur donnent naissance." Pour permettre à ces cellules de se différencier en cellules β , il a fallu les greffer chez la souris, où elles ont formé un mini-pancréas humain. Les chercheurs ont aussi modifié leur génome afin de les rendre immortelles. Après divers essais, ils ont sélectionné la lignée "EndoC-BH1". "C'est un excellent outil pour tester in vitro des candidats médicaments, souligne Philippe Ravassard. En revanche, on ne peut pas envisager de l'utiliser in vivo chez le patient diabétique, car ce sont des cellules tumorales. Mais nous travaillons à rendre leur immortalité réversible." **O.C.**

RECU DE LA TUBERCULOSE

Pour la première fois, l'Organisation mondiale de la santé a enregistré une baisse des nouveaux cas de tuberculose en 2010. L'an passé, 1,4 million de personnes en sont mortes, contre 1,8 million en 2003. Les principaux reculs ont été enregistrés en Chine, au Brésil, au Kenya et en Tanzanie. **M.N.**

NOUVELLE GÉNÉRATION DE CONTRACEPTIF

Cibler les enzymes directement responsables de l'ovulation, plutôt qu'agir sur le cycle hormonal, c'est la nouvelle stratégie contraceptive imaginée par des chercheurs américains. Ils ont, pour l'heure, réussi à bloquer l'ovulation chez la femelle macaque en lui injectant un inhibiteur de ces enzymes clés. **C.H.**

LA RITALINE, POUR UN RÉVEIL MIRACLE ?

La ritaline, utilisée depuis les années 1960 pour traiter les troubles de l'attention, pourrait devenir la pilule du réveil après une anesthésie générale. Chez des rats, elle provoque un réveil quasi instantané en 1,30 min au lieu de 5 min sans intervention. Et l'animal récupère immédiatement ses facultés intellectuelles. Reste à adapter les doses pour envisager un test chez l'humain. **M.L.**

CANCÉROLOGIE

LA CHÈVRE POURRAIT NUIRE AUX POUMONS

La cause du cancer bronchio-alvéolaire reste inconnue. Forme rare du cancer du poumon, il est apparemment sans rapport avec la cigarette. Cependant, les personnes atteintes ont une activité commune : une profession qui les met en contact fréquent avec des chèvres, ce que révèle une étude épidémiologique menée par une équipe du CHU de Lyon. Or, ce type de cancer se retrouve chez les petits ruminants. Il est induit par un rétrovirus (JSRV), contagieux au sein des troupeaux. Seroit-il transmis à l'homme chez qui il causerait la même maladie ? Cela reste à déterminer. **M.K.**



Un son
exceptionnel



LA MUSIQUE COMME VOUS L'AIMEZ.

SEULS LES PC HP SONT ÉQUIPÉS DE **beatsaudio**.

Redécouvrez vos musiques avec le HP Pavilion dv7-6162 et son processeur Intel® Core™ i5-2430M. Équipé de la technologie Beats Audio™, de 4 haut-parleurs et d'un caisson de basse, il offre un son exceptionnel au prix tout aussi exceptionnel de 699 € TTC**.

Everybody On **hp**

hp.com/fr/beats

* Tout le monde maintenant. ** Prix public conseillé. ©2011 Hewlett-Packard Development Company, L.P. Tous droits réservés. Les informations ici présentes ne sont pas contractuelles et peuvent évoluer sans préavis. Intel, le logo Intel, Intel Inside, Intel Core et Core Inside sont des marques de commerce d'Intel Corporation aux États-Unis et dans d'autres pays.



RADIOACTIVITÉ

ON PEUT ENFIN REPÉRER LES CANCERS QU'ELLE PROVOQUE

Arriver à déterminer si une tumeur a une origine radioactive, ou non : c'est l'exploit qu'ont réalisé des chercheurs du CEA. Leur technique, testée sur des dizaines de cancers, pourrait dès lors aider à définir les responsabilités en cas d'accident nucléaire.

Va-t-on enfin connaître les conséquences sanitaires exactes des catastrophes nucléaires ? C'est en tout cas l'espoir que soulève, moins d'un an après la catastrophe de Fukushima, le succès de l'équipe de Sylvie Chevillard, du Laboratoire de cancérologie expérimentale du Commissariat à l'énergie atomique (CEA).

AU NIVEAU DE L'INDIVIDU

Les chercheurs français ont en effet développé une technique qui a, pour la première fois, déterminé l'origine, radioactive ou non, de plusieurs dizaines de cancer. Jusqu'à présent, les effets de la radioactivité ne pouvaient être observés qu'au niveau d'une population, et non au niveau individuel. Ainsi, à la suite de la catastrophe de Tchernobyl, une augmentation statistique du nombre de certaines maladies, en particulier des cancers, fut observée. Mais impossible de savoir quelle part de cette augmentation

est imputable aux radiations, et non à d'autres facteurs tels que l'alcoolisme, le tabagisme, ou plus simplement l'amélioration du dépistage (voir *SV* n° 1063, p. 106). La méthode développée au CEA, qui parvient à identifier dans chaque tumeur la présence ou l'absence d'une signature moléculaire spécifique des cancers radio-induits, constitue probablement la clé de cette boîte noire.

Le principe est simple. Les chercheurs ont analysé l'expression des gènes dans des tumeurs induites par des radiations, à la fois des cancers du sein engendrés, de manière rare et accidentelle, par une radiothérapie, et des cancers de la thyroïde apparus chez des enfants habitant près de la centrale de Tchernobyl dans les années suivant la catastrophe d'avril 1986. En comparant leurs résultats à l'expression des gènes dans des cancers du sein ou de la thyroïde apparus indépendamment de radiations,

ils ont alors repéré des dizaines de gènes dont l'expression variait très spécifiquement en fonction de l'origine, radioactive ou non, des tumeurs. L'analyse de ces gènes dans treize échantillons de cancers de la thyroïde leur a alors permis de déterminer, sans erreur, si chacun d'entre eux était lié ou non à la catastrophe de Tchernobyl. Seuls deux échantillons n'ont pas pu être classés par cette méthode. Les mêmes résultats ont été obtenus pour déterminer sans erreur, sur vingt-deux cancers du sein, si vingt d'entre eux avaient été induits par radiothérapie ou non.

Si elle confirme son potentiel à grande échelle et sur d'autres

types d'échantillons, cette méthode pourrait à l'avenir aider à la définition de responsabilités juridiques dans les conséquences sanitaires des catastrophes nucléaires.

"ROUILLE CELLULAIRE"

Un travail essentiel mais particulièrement difficile, comme l'a démontré, le 7 septembre dernier, le non-lieu prononcé par la cour d'appel de Paris dans l'affaire des retombées en France du "nuage" de Tchernobyl. En mettant en évidence les dérégulations de gènes spécifiques de cancers induits par des radiations, cette méthode devrait également éclairer les scientifiques sur les effets biologiques précis

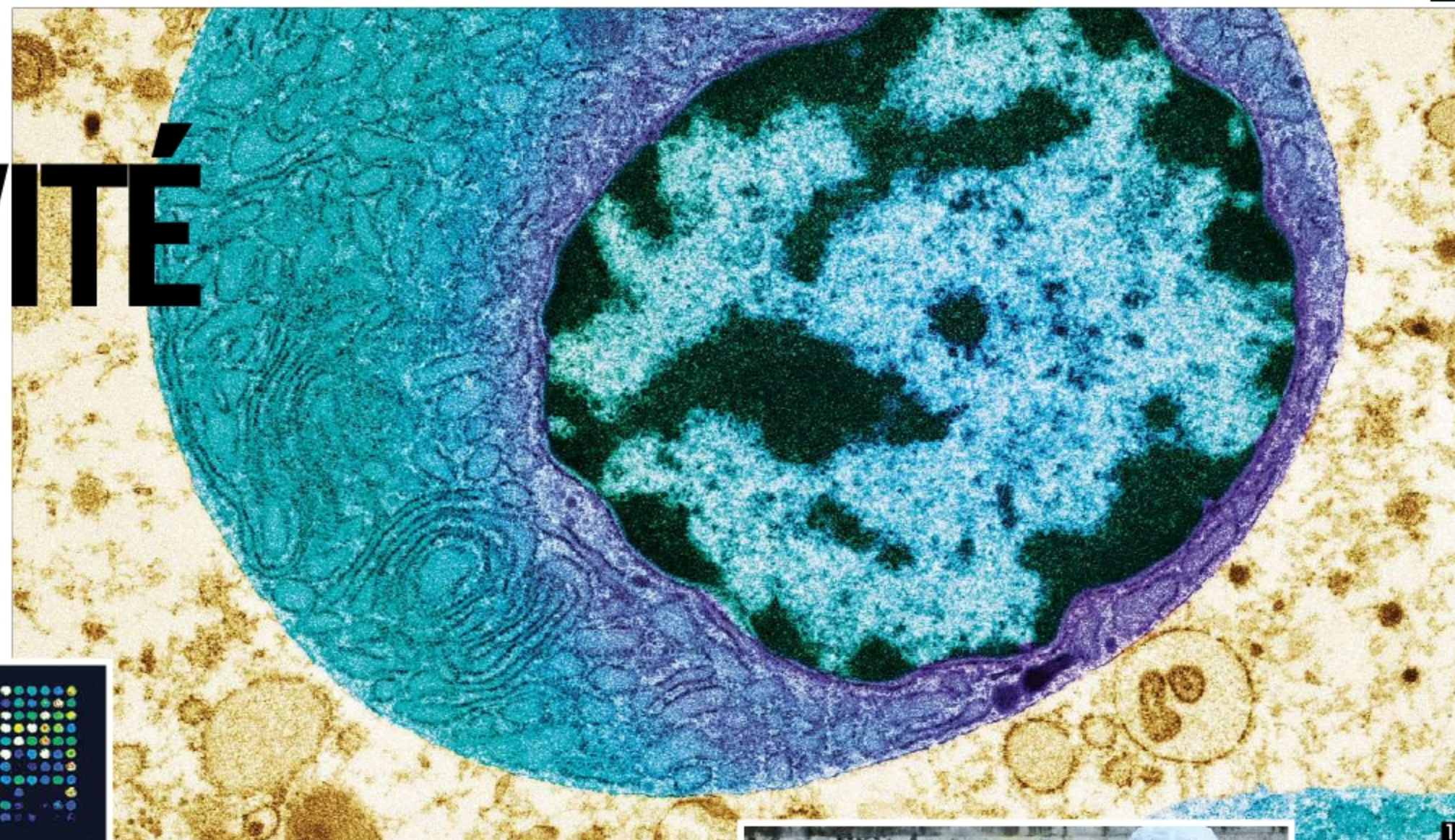
de ces dernières. D'ailleurs, Sylvie Chevillard a déjà une piste : "Nous avons trouvé des empreintes communes dans les cancers post-Tchernobyl et ceux liés aux radiothérapies, en particulier un stress oxydant plus

élevé", révèle ainsi la chercheuse. Ce phénomène de "rouille cellulaire", normalement associée au vieillissement, pourrait ainsi jouer un rôle dans les cancers liés à une exposition aux radiations.

E.A.



2



1



3

1 Des cellules cancéreuses (ici, de la thyroïde) ont été analysées...

2 ...via des puces à ADN, qui ont permis de repérer, sans erreur, les tumeurs engendrées par les radiations.

3 De quoi mieux évaluer les conséquences sanitaires d'une catastrophe (ici, à Fukushima).

CARDIOLOGIE

ON VA POUVOIR PRÉDIRE LE RISQUE D'ARRÊT CARDIAQUE

Comment prédire un arrêt cardiaque chez une personne souffrant de maladie coronarienne? Une équipe de chercheurs et de médecins américains dirigée par Zeeshan Syed, de l'université du Michigan, pense avoir trouvé la solution grâce à un simple électrocardiogramme (ECG). En procédant à un traitement informatique et à une analyse des données recueillies, ils ont identifié trois marqueurs clés associés à une augmentation du risque. Le premier, la

variabilité morphologique, traduit les différences entre des battements cardiaques consécutifs; le second se nomme la discordance symbolique, et résulte de la comparaison des ECG de différents patients; le troisième est une analyse des motifs du rythme cardiaque, destinée à identifier d'éventuelles anomalies. L'équipe a déterminé ces trois paramètres chez 4500 patients, ce qui lui a permis de montrer qu'une forte variabilité morphologique multiplie par 3,31 le

risque de décès par rapport à ceux dont la variabilité morphologique est faible. Ce risque est multiplié respectivement par 2,36 et 2,21 quand la valeur des deux autres marqueurs est élevée. "Grâce à ces biomarqueurs, on prédit une fois et demie plus de risques de décès qu'avec des méthodes classiques, précise Zeeshan Syed. L'analyse de ces paramètres peut être facilement automatisée et pourrait, de ce fait, être aisément intégrée en médecine clinique." **C.H.**

• L'analyse automatisée de trois marqueurs clés recueillis à l'aide d'un électrocardiogramme pourrait sauver des vies.

VIROLOGIE

LA THÉRAPIE GÉNIQUE CIBLE LE VIH

Guérir le VIH par thérapie génique? L'idée consiste à injecter au patient des cellules résistantes au virus, car dépourvues de la "serrure" dont le VIH se sert pour les pénétrer – on leur supprime le gène des corécepteurs CCR5. Le premier essai chez l'homme a confirmé que l'on peut prélever sans danger des cellules du patient, supprimer le gène et les retransfuser. De plus, le virus est resté indétectable pendant trois mois sans antirétroviraux chez l'un des participants, qui, il est vrai, est aussi porteur d'une mutation génétique diminuant le nombre de CCR5. **R.P.**

NEUROLOGIE

L'insuline s'avère efficace contre la maladie d'Alzheimer

Deux vaporisations nasales d'insuline par jour pendant quatre mois ont permis à 74 patients atteints d'Alzheimer suivis par Suzanne Craft, de l'école de médecine de Seattle (États-Unis), d'améliorer leur mémoire. Trois hypothèses sont avancées: l'influence de l'insuline sur la synthèse des synapses, son implication dans l'utilisation du glucose dans le cerveau ou sa capacité à freiner l'agrégation de la protéine impliquée dans l'apparition de la maladie. **C.H.**



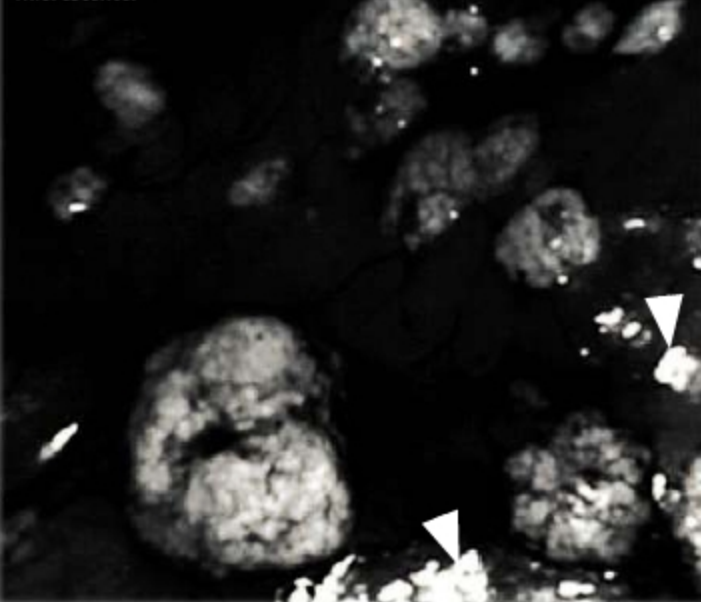
VOUS AVEZ UN PTÉRODACTYLE DANS LE CARBURATEUR.

Les hydrocarbures sont essentiellement issus de la transformation de plantes et d'animaux qui vivaient il y a plus de 65 millions d'années. Soit juste à la fin de l'histoire des dinosaures. Donc, dans une autre vie, votre carburant a peut-être volé, galopé ou brouté. Entre-temps, il a quand même subi un certain nombre de transformations.

Pour plus de précisions sur la formation et la transformation du pétrole et sur les autres énergies, rendez-vous sur planete-energies.com

planete-energies.com
une initiative de **TOTAL**

Des tumeurs ovariennes de moins de 1 mm sont révélées par une molécule fluorescente.



CANCÉROLOGIE

LA FLUORESCENCE RÉVÈLE LE CANCER DE L'OVAIRE

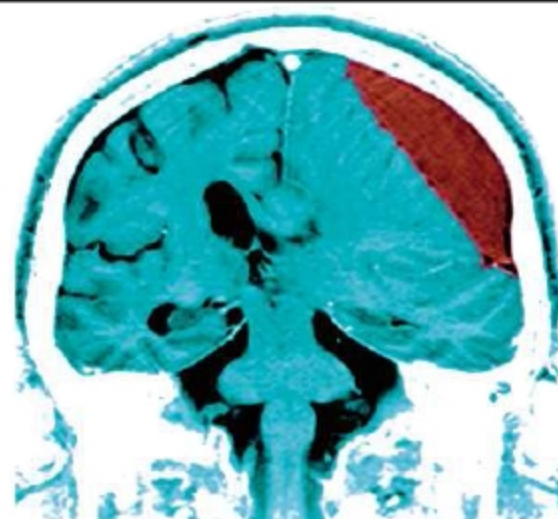
Pas facile de distinguer, au cours d'une opération, les cellules cancéreuses des cellules saines. Des chercheurs ont développé une technique qui "allume" les amas cancéreux dans les ovaires. De quoi espérer en retirer une plus grande proportion. Ce nouveau procédé d'imagerie moléculaire repose sur l'injection d'une molécule fluorescente, "l'isothiocyanate de fluorescéine", attachée à une autre molécule, le folate (la vitamine B9). Car, dans 90 à 95 % des cancers de l'ovaire, les cellules tumorales présentent à leur surface une protéine sur laquelle se fixe le folate. Comme cette protéine est absente des cellules saines, la sonde fluorescente marque spécifiquement les tissus

cancéreux. L'Allemand Vasilis Ntziachristos et ses collègues néerlandais et américains ont injecté cette sonde à quatre femmes, peu avant leur intervention chirurgicale. Puis ils ont visualisé sur écran les tissus marqués grâce à une caméra capable de détecter les agents fluorescents. Les tissus cancéreux leur sont bien apparus par fluorescence chez trois patientes – la quatrième ayant développé un cancer ne présentant pas le récepteur du folate. "Des tumeurs de moins d'un millimètre ont été détectées", se réjouissent les auteurs. Reste à transformer l'essai sur un plus grand nombre de femmes et à évaluer le bénéfice réel sur l'issue du cancer. **K.B.**

TRANSPLANTATION

L'horloge biologique influe sur le succès des greffes

En transplantant des artères de souris dont l'horloge biologique est perturbée à des souris normales, Daniel Rudic, chercheur à la Georgia Health Sciences University (États-Unis), a constaté que les artères transplantées se sclérosaient en quelques semaines. En revanche, l'artère d'une souris normale greffée sur une souris à l'horloge déréglée n'était pas affectée. S'il se confirme que l'horloge s'exprime de façon indépendante dans les organes, il faudrait le prendre en compte pour réussir une greffe. **C.H.**



DIAGNOSTIC

UN CHOC CRÂNIEN PEUT SE VOIR DANS LE SANG

Une équipe bordelaise a développé un test sanguin pour diagnostiquer les traumatismes crâniens même légers en moins d'une heure. Estimé à 15 €, ce test serait dix fois moins cher qu'un passage au scanner ! Il consiste à doser une protéine, la S-100B, qui est produite par le cerveau à la suite d'une lésion. Un premier essai sur 292 patients a été concluant : pour 7 % d'entre eux, le test à la protéine S-100B a été positif, information confirmée par le scanner ; pour les autres, le test n'a pas révélé de traumatisme, diagnostic contredit une seule fois par le scanner, chez un patient qui n'a d'ailleurs pas développé de complications. **K.B.**

Dell recommande Windows® 7.



Le pouvoir d'en faire plus



Tout en finesse.
Tout en puissance.

Découvrez un portable révolutionnaire. Avec une épaisseur maximum de 2,5 cm (0,97"), le XPS 15z est l'un des ordinateurs les plus fins du monde. Pour une mobilité intense.

Constatez la différence sur dell.fr/xps15z ou appelez 0 825 387 356

Du lundi au vendredi de 9h à 19h. Numéro Indigo : 0.15 € TTC/min.

Performances sur mesure et réactivité au top. Processeur Intel® Core™ i7 de 2e génération. Le top des performances visuellement intelligentes.



Intel, le Logo Intel, Intel Inside, Intel Core et Core Inside sont des marques de commerce d'Intel Corporation aux États-Unis et dans d'autres pays. Dell S.A. capital : 1 676 939 €. 1 Rond Point Benjamin Franklin - 34938 Montpellier Cedex 9 - France. N° 351 528 229 RCS Montpellier - APE 4651Z.

MALADIES CHRONIQUES

POURQUOI ELLES SONT DEVENUES L'ENNEMI N°1

Cancers, diabète, infarctus... ont totalisé près des deux tiers des décès dans le monde en 2008! Et les pays en développement sont de plus en plus contaminés par ces "maladies de riches"...

"[Nous] notons avec préoccupation que l'ampleur, en croissance rapide, des maladies non transmissibles touche des personnes de tous âges, de tous sexes, de toutes races et de tous niveaux de revenus", affirmaient en septembre dernier les représentants des Etats des Nations unies.

TOUT LE MONDE EST TOUCHÉ

Pour la deuxième fois de son histoire, l'Onu tirait la sonnette d'alarme sur un problème de santé publique. La première fois, c'était en 2001, afin de braquer les projecteurs sur les ravages du sida, de la tuberculose et du paludisme. L'événement avait débouché sur la création du Fonds mondial, qui, depuis, a engagé plus de 20 milliards de dollars pour conduire des actions dans plus de 150 pays.

Si les Nations unies s'emparent du problème des maladies chroniques ou non

transmissibles (cancers, diabète, maladies cardiovasculaires, maladies respiratoires chroniques), c'est qu'il ne s'agit pas – ou plus – de maladies de riches: 80 % des décès consécutifs à une maladie chronique sont enregistrés dans les pays en développement. L'OMS prévoit une augmentation de 17 % du nombre de décès par maladies chroniques dans le monde dans les dix ans – et même de 24 % en Afrique.

"Les maladies non transmissibles sont une menace pour le développement. [Elles] frappent particulièrement les pauvres et les plus vulnérables et les plongent un peu plus encore dans la pauvreté", souligne ainsi Ban Ki-moon, le secrétaire général des Nations unies. A peine enregistre-t-on les premiers succès significatifs sur les fronts de grandes épidémies comme le paludisme, que l'avenir des pays



REPÈRES

Les 19 et 20 septembre 2011, les Nations unies ont organisé une "réunion de haut niveau" consacrée à la prévention et au contrôle des maladies non transmissibles. Elle a abouti à une demande de recommandations avant la fin 2012, pour fixer, en 2013, des "objectifs volontaires" de prévention et de soins.

pauvres s'obscurcit déjà. Avant même de s'être débarrassés des "maladies de pauvres", ces pays sont déjà les plus touchés par les "maladies de riches".

Les ravages sont et seront d'autant plus importants que les programmes de prévention comme les structures de prise en charges sont rares, et les traitements inabordables. Ainsi, en Afrique subsaharienne, faute de pouvoir s'offrir de l'insuline, les malades atteints de diabète de type 1 ont une espérance de vie qui ne dépasse pas sept ans.

L'Onu pourra-t-elle faire avancer les choses? Rien n'est moins sûr. L'OMS avait proposé de fixer un objectif de réduction de 25 % de la mortalité par maladies chroniques d'ici à 2025; or, les Etats n'ont pas réussi à s'accorder pour qu'un quelconque objectif chiffré figure dans la résolution des Nations unies.

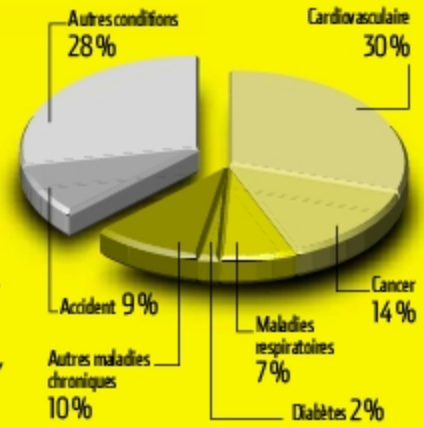
M.K. et M.N.

D. SEVELL/OCCUPANCE VU - M. KONTENTE

CLÉ N°1

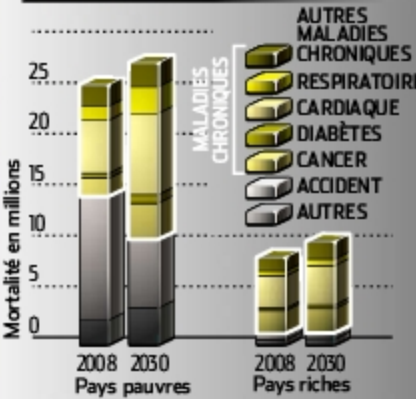
Les maladies chroniques sont la première cause de mortalité...

En 2008, sur 56 millions de décès dans le monde, 36 étaient dus à des maladies chroniques (cancers, diabète, infarctus...). Avec 63 % du total, c'est la première cause de mortalité, tous pays confondus. Elles comptent plus que les maladies infectieuses (regroupées dans la catégorie "Autres" avec les décès périnataux et les problèmes nutritionnels) et les accidents réunis.



SOURCE: UNIVERSITY OF WASHINGTON

CLÉ N°2



...et leur impact va encore augmenter

La mortalité liée aux maladies chroniques va continuer d'augmenter partout dans le monde pour atteindre 52 millions en 2030. Si aucune mesure d'envergure n'est prise rapidement, elles feront alors 5 fois plus de morts que les maladies infectieuses. Recul des épidémies et vieillissement dans les pays pauvres rendront le problème plus aigu encore.

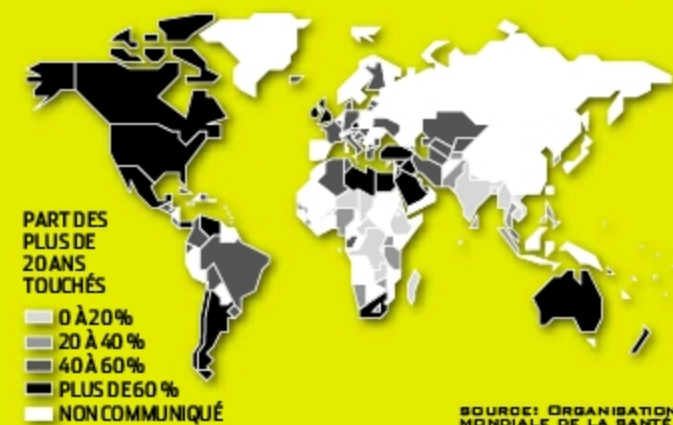
SOURCE: UNIVERSITY OF WASHINGTON

CLÉ N°3

Quatre facteurs de risque ont été identifiés

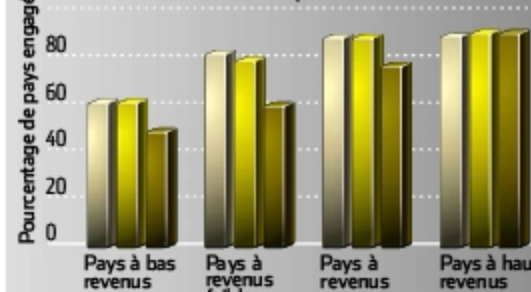
Le tabac, l'inactivité physique, les déséquilibres alimentaires et la consommation excessive d'alcool sont les 4 facteurs de risque principaux. Ce constat établi par l'OMS est valable pour toutes les régions du monde. Les conduites à risque favorisent la formation de tumeurs cancéreuses, conduisent à un surpoids corporel, à l'élévation de la pression artérielle, ainsi qu'à celle des taux de glucose et de cholestérol dans le sang.

Prévalence du surpoids dans le monde



SOURCE: ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

TRAITEMENT PRÉVENTION SUIVI ÉPIDÉMIOLIQUE



SOURCE: ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

CLÉ N°4

Les pays pauvres n'ont pas les moyens de faire face

Plus d'un tiers des pays pauvres – notamment sur le continent africain – sont dans l'impossibilité de financer le traitement et le suivi des maladies chroniques. Et seulement 59 % de ces pays bénéficient de fonds provenant de donations internationales afin de mener des actions de lutte contre ces maladies.

actus technos

➤ Trouver un nouveau type de plastique (au centre) nécessite de nombreux essais. Des chercheurs britanniques ont trouvé un système pour fabriquer des plastiques aux caractéristiques définies au préalable.

THE DOW CHEMICAL COMPANY

MATÉRIAU

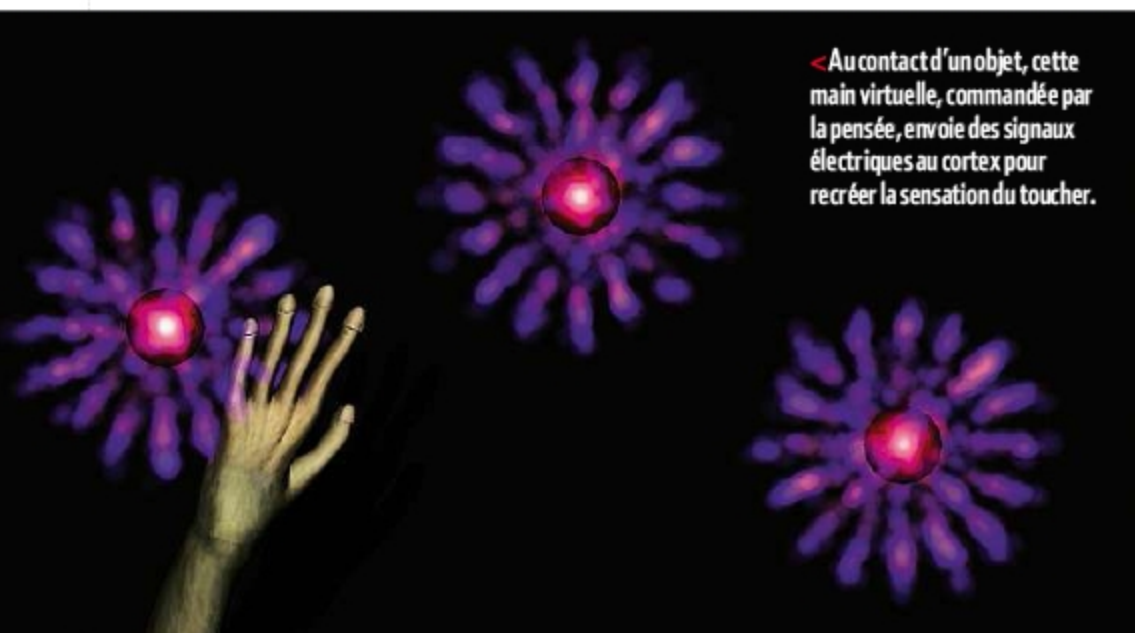
LE PLASTIQUE SE CONÇOIT DÉSORMAIS À LA DEMANDE

Pour fabriquer du plastique, on connaît depuis bien longtemps les ingrédients de base que sont les polymères. Seulement, quand il s'agit d'en produire un nouveau type, impossible de prévoir les propriétés du produit final... Des chercheurs des universités de Leeds et de Durham (Angleterre) viennent d'établir une sorte de livre de recettes. Au lieu de multiplier

les essais comme on le faisait jusqu'ici – ce qui est coûteux et nocif pour l'environnement – les industriels pourront désormais obtenir du premier coup le plastique voulu : plus ou moins élastique, plus ou moins léger, résistant, etc. Autant de nouvelles possibilités pour de futurs emballages ou bioplastiques, par exemple. La "recette" tient en fait dans un code

informatique à deux composantes : l'une qui prédit la taille et la forme que prendront les polymères lors des réactions chimiques, l'autre qui en déduit quelles seront les propriétés viscoélastiques de la matière obtenue. "Ceci est possible parce que tous les polymères, que ce soit du polyéthylène ou du polypropylène, sont de longues molécules linéaires et que

le comportement des molécules dépend, non pas de leur formule chimique, mais justement de leur structure et de la façon dont leurs maillons – les monomères – sont liés les uns aux autres", explique Daniel Read qui a conduit les recherches. Selon le chercheur, une machine, intégrant ce code informatique, pourrait être commercialisée d'ici deux ans. L.B.



< Au contact d'un objet, cette main virtuelle, commandée par la pensée, envoie des signaux électriques au cortex pour recréer la sensation du toucher.

INTERFACE

UNE PROTHÈSE RECRÉE ENFIN LE SENS DU TOUCHER

Assis devant un écran, un singe fait bouger une main virtuelle par la pensée. En retour, il perçoit la texture d'objets virtuels comme s'il les touchait ! Cette première, réalisée dans le laboratoire de Miguel Nicolelis à l'université Duke de Durham (Etats-Unis), suscite un espoir énorme. Car, si l'on sait déjà, via les interfaces cerveau-machine, contrôler les mouvements d'une prothèse

de main, cette sensation du toucher indispensable pour en maîtriser l'usage manquait toujours. Pour cette expérience, des électrodes ont été implantées dans le cerveau du singe et connectées à un ordinateur. Chaque intention de mouvement provenant de son cortex moteur a fait ainsi bouger une main virtuelle à l'écran. Et, selon la zone de l'écran touchée, des signaux électriques de

fréquence différente ont été renvoyés vers son cortex sensoriel pour recréer artificiellement le sens du toucher. " Dans un futur proche, les paralytiques bénéficieront de cette technologie, pas seulement pour bouger leurs bras et marcher à nouveau, mais aussi pour ressentir la texture des objets qu'ils tiendront dans leurs mains ou la surface du sol ", se réjouit Miguel Nicolelis.

L.B.

AUTOMOBILE

CE PROTOTYPE DE BATTERIE GAGNE 35 % D'AUTONOMIE

Les batteries lithium-ion (Li-ion) utilisées sur certains véhicules électriques fonctionnent avec du dioxyde de cobalt ou du phosphate de fer. Mais ces accumulateurs ont un rendement faible, et donc une autonomie réduite. Ce problème pourrait bientôt être résolu par le fabricant britannique Axion, qui vient de présenter un prototype fonctionnant avec du nickel-cobalt-manganèse. Il nécessite moitié moins de volume et 30 % de masse en moins que la technologie Li-ion-phosphate (LFP). Résultat : des performances en hausse de 35 % ! Le conditionnement de ces batteries, en pochettes, devrait également permettre de gagner en encombrement.

E.T.A.

K.Z. HUANG OF THE NICOLELIS LAB, DUKE CENTER FOR NEUROENGINEERING

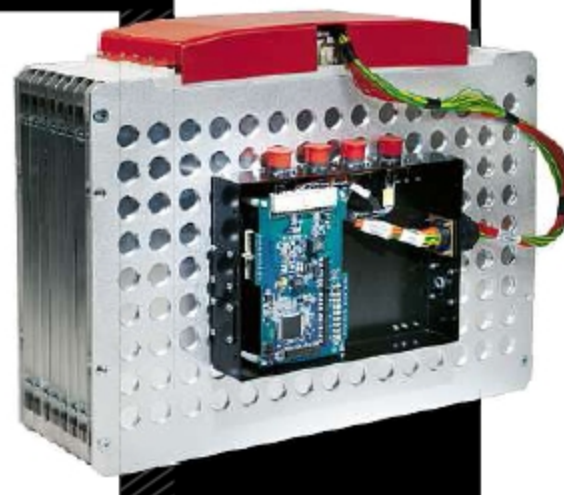
SÉCURITÉ CIVILE

Un appareil détecterait les victimes sous les décombres

En mesurant les taux de dioxyde de carbone, d'ammoniac et d'acétone, émis par la respiration, la transpiration et les urines, on pourrait retrouver des victimes de catastrophes sous des décombres. Des chercheurs dirigés par Paul Thomas, en Grande-Bretagne, ont mis au point un détecteur muni de capteurs de gaz (NH_3 , CO_2 , O_2 et CO) et de mouvements. Le prototype a été expérimenté avec succès. Reste à le déployer sur le terrain.

C.H.

> Plus petite, plus légère, la batterie au nickel-cobalt-manganèse dépasse nettement en performances celles au lithium-ion.



DÉFENDEZ VOTRE PEAU



AIDE À SE DÉFENDRE CONTRE 5

FEU DU RASOIR
PICOTEMENTS
ROUGEURS
À COUPS
TIRAILLEMENTS

Gillette

LA PERFECTION AU MASCULIN™

Défendez votre peau contre 5 signes d'irritations liées au rasage. Utilisez le gel à raser Gillette® Irritation Defense qui lubrifie et rafraîchit pour aider à lutter contre le feu du rasoir, les picotements, les rougeurs et les tiraillements. Utilisez-le avec le rasoir Gillette® ProGlide équipé de meilleures lames, plus fines pour moins d'à-coups et de tiraillements.*

*4 lames à l'avant plus fines que Fusion



J'ENVISAGE DE CRYPTER DES MESSAGES

AVEC DES BACTÉRIES

SON IDÉE

MANUEL PALACIOS, chimiste à l'université Tufts
(Massachusetts, États-Unis)

Science & Vie : Comment vous est venue cette idée ?

Manuel Palacios : En discutant avec deux collègues chimistes, qui ont développé un concept de cryptographie basée sur l'émission de signaux lumineux, j'ai eu l'idée d'utiliser des colonies de bactéries fluorescentes. Le concept n'est pas totalement nouveau puisque l'ADN des organismes vivants constitue lui-même un code. Mais décoder de telles informations nécessite normalement des techniques de séquençage onéreuses. Avec la méthode que j'ai mise au point, la SPAM (Steganography by Printed Arrays of Microbes), le message est beaucoup plus facile à lire.

S & V : Concrètement, comment fonctionne ce cryptage ?

M.P. : Sept souches de la bactérie *E. coli* ont été génétiquement modifiées pour produire chacune des protéines fluorescentes de couleur différente. Elles servent de base de cryptage,

chaque caractère alphanumérique étant codé par une paire de colonies bactériennes : la lettre "a" correspond par exemple à une colonie verte suivie d'une orange. Le message codé – l'enchaînement de bactéries – est "imprimé" sur une feuille de nitrocellulose (où les bactéries peuvent vivre plusieurs jours), puis envoyé. Le destinataire n'a plus alors qu'à "développer" le message en le posant sur un milieu de culture bactérien, qui les fait proliférer, puis à le lire à l'aide d'une LED bleue. La prochaine étape serait d'utiliser des levures à la place de bactéries, pour augmenter la durée de vie du message.

S & V : Quel intérêt par rapport aux procédés classiques de cryptographie ?

M.P. : D'abord, la possibilité de transmettre des informations quand les communications classiques (satellitaire, mails, etc.) sont compromises. Car le message peut être mis

Dans les laboratoires, des bactéries génétiquement modifiées peuvent devenir fluorescentes et ce, dans différentes couleurs. Pourquoi ne pas utiliser cette propriété, et se servir de colonies bactériennes, parfaitement invisibles à l'œil nu, pour véhiculer des messages secrets, ou assurer l'authenticité de certains produits industriels ?

dans une simple lettre envoyée par la poste. Et même si celle-ci est interceptée, la présence des micro-organismes est invisible. En outre, il y a deux niveaux de cryptage : biologique et lumineux. De fait, la SPAM est un procédé de cryptage difficile à casser.

S & V : Vos recherches ont été financées par l'armée américaine. Cela signifie-t-il qu'à l'avenir, elle utilisera votre procédé pour coder ses messages ?

M.P. : L'armée est intéressée par le développement de techniques chimiques et biologiques permettant de transmettre des informations. Ce qu'elle en fera ensuite est pure spéculation... et j'imagine que ça pourrait devenir un secret d'État. Néanmoins, la SPAM pourrait également être utilisée par les industriels, pour créer par exemple une sorte d'"ADN" à leurs produits, et ainsi lutter contre la contrefaçon.

Propos recueillis par C.H.

N.BROOKS/POLARIS

DÉCOUVREZ LE NOUVEAU KINDLE D'AMAZON.

99 € seulement.



99€

Découvrez le Kindle, la nouvelle liseuse d'Amazon.

Peut contenir jusqu'à 1 400 livres.

Grâce à son écran E Ink, il se lit comme un livre papier, même en plein soleil.

Téléchargement des livres en moins de 60 secondes via un réseau sans fil.

Plus léger qu'un livre de poche.

Jusqu'à 1 mois d'autonomie de batterie.

amazonkindle

Pour en savoir plus : www.amazon.fr



✓ Jetée dans l'eau, cette feuille de cellules photovoltaïques produit de l'hydrogène.

ÉNERGIE

L'HYDROGÈNE SOLAIRE DEVIENT FACILE À PRODUIRE

Un nouveau pas vient d'être franchi vers la production de carburant, à partir d'énergie renouvelable. Fin septembre, des chercheurs du MIT (Etats-Unis) ont présenté un dispositif peu onéreux permettant de produire de l'hydrogène à partir d'énergie solaire. D'autres équipes y étaient déjà parvenues, mais en utilisant des catalyseurs rares et précieux, comme le platine, ce qui bloquait toute possibilité de développement à grande échelle. Le cœur du dispositif, cette fois-ci, est constitué d'une feuille de cellules photovoltaïques en silicium. Sur la cathode, les chercheurs ont remplacé le platine par une combinaison inédite de métaux abondants et bon marché: nickel,

molybdène et zinc. Côté anode, ils ont utilisé du cobalt. Il suffit de jeter cette feuille dans un récipient d'eau pour voir, en quelques secondes, les bulles d'oxygène et d'hydrogène remonter à la surface. "Les métaux utilisés ont un avantage certain: ils sont utilisables dans de l'eau à pH 9, alors que les alternatives au platine nécessitent souvent une eau très basique, corrosive pour le silicium des cellules photovoltaïques", décrypte Vincent Artero, chercheur au CEA à Grenoble. Prochaine étape: développer le système de collecte et de stockage de l'hydrogène, pour pouvoir l'utiliser demain dans une pile à combustible et produire ainsi de l'électricité.

P.-Y.B.

ROBOTIQUE

Le tapis volant est né

Des chercheurs de l'université de Princeton ont inventé un mini-tapis volant. Ce n'est pour l'instant qu'une feuille de plastique de 10 cm, connectée à des capteurs piézoélectriques et des fils conducteurs. En appliquant un courant électrique, le tapis se déforme et crée des fluctuations d'air d'avant en arrière qui le font décoller à la vitesse de 1 cm par seconde ! Les scientifiques espèrent un jour atteindre une vitesse proche du mètre par seconde. Ils étudient en outre un modèle fonctionnant à l'énergie solaire pour le rendre autonome.

J.J.



> L'impression 3D est réalisée grâce à des microbilles de Nylon.

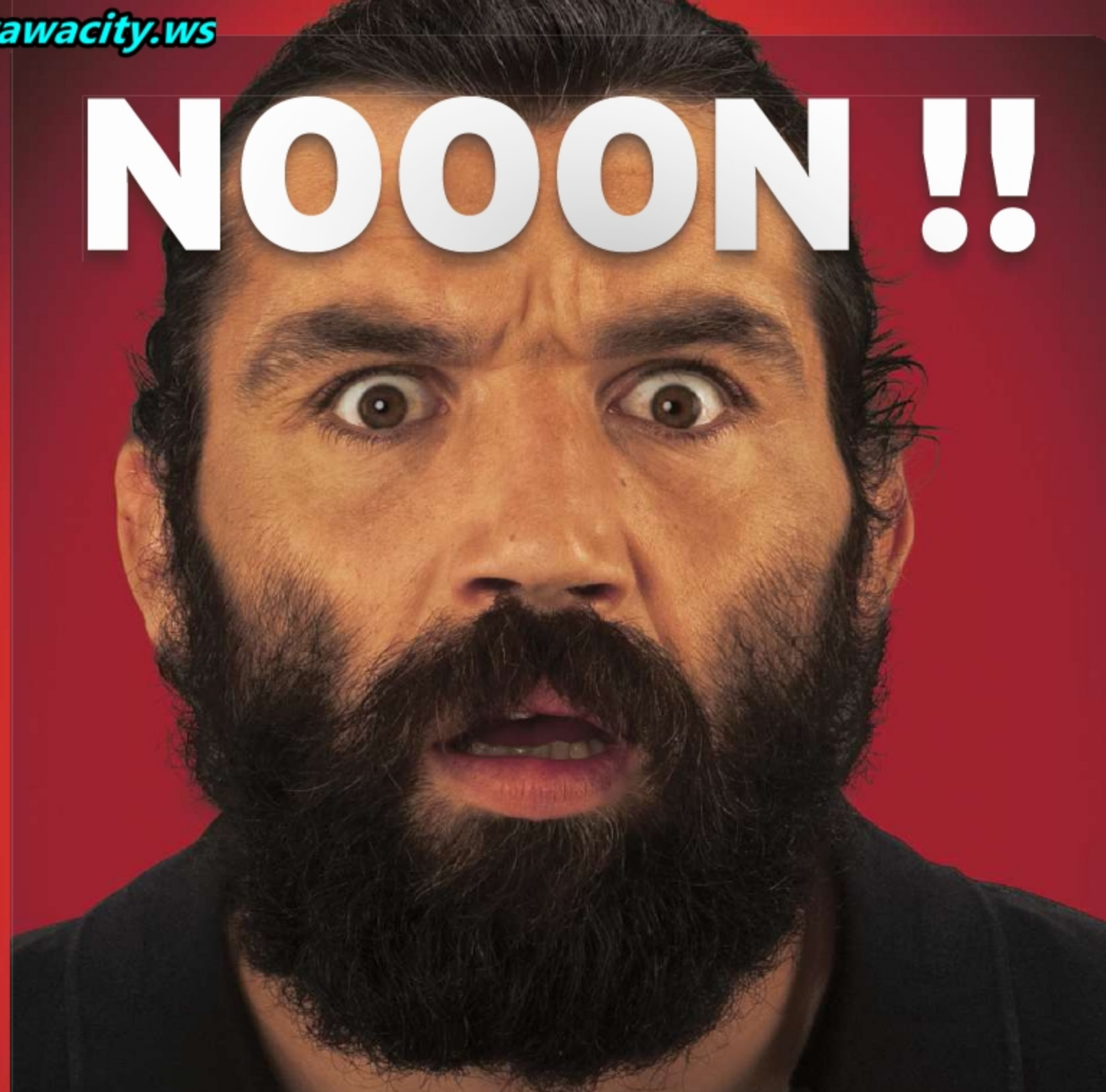
AÉRONAUTIQUE

ON SAIT IMPRIMER EN 3D DES AVIONS QUI VOLENT !

Imprimer un avion en 3D, un défi trop complexe à relever ? Pas pour les scientifiques de l'université de Southampton (Grande-Bretagne). Après avoir conçu sa forme sur ordinateur, les chercheurs ont utilisé une imprimante 3D et des microbilles de Nylon pour donner vie à un drone de 2 mètres d'envergure, baptisé SULSA. L'imprimante a utilisé un rayon laser pour chauffer les microbilles jusqu'à leur limite de fusion et les souder entre elles. Puis, elle a créé couche par couche le corps de l'objet. Plus précise que l'impression 3D classique, cette méthode, dite de frittage laser, permet de développer en un temps record (une semaine !) des avions de forme complexe, prêts à décoller. Ce spécimen a d'ailleurs pris son envol avec succès.

J.J.

NOOON !!



ÊTES-VOUS SÛR QUE VOTRE SÉCURITÉ INTERNET VOUS PROTÈGE ?

La plupart des victimes d'une attaque en ligne ont pourtant un logiciel de sécurité installé sur leur ordinateur. Il n'est tout simplement pas suffisamment efficace. Avec Trend Micro, c'est différent : nous bloquons les menaces dans le cloud avant qu'elles n'arrivent jusqu'à vous. Toute votre vie numérique est donc en sécurité.



Ne faites pas cette tête.
trendmicro.fr/noon



DINOSAURE,
MAMMOUTH,
NEANDERTAL...

ILS PEUVENT REVIVRE



Il y a vingt ans, Jurassic Park en faisait une réalité virtuelle ; or, voici que la science est au bord d'en faire une réalité biologique ! Trois projets cherchent à ressusciter des espèces disparues. Pas n'importe lesquelles : l'un veut faire revivre un dinosaure, l'autre un mammouth et le troisième un... homme de Neandertal ! Au-delà des questions qu'ils posent, ces projets font exister un vertige : celui de voir renaître ce qui fut. Pour de vrai.

PAR ÉMILIE RAUSCHER AVEC LISE BARNÉOUD

Leur pouvoir de fascination, elles le tirent avant tout de leur disparition. Depuis des milliers ou des millions d'années, elles dorment dans les profondeurs de la Terre, réduites à l'état de squelettes emblématiques. Leur mise au jour a engendré des légendes, mais elles-mêmes furent bien réelles : ce sont toutes ces espèces disparues, mineures ou écrasantes, que nous n'arrivons pas à oublier – et que notre imagination se plaît à ressusciter encore et toujours. Parce que, tout de même... et

s'il était possible de voir un jour de ses yeux un mammouth, ce mythique mastodonte disparu depuis cinq mille ans ? Ou un dinosaure ? Que ressentirait-on à croiser celui qui domina le monde il y a plusieurs dizaines de millions d'années, avant que ses os ne soient réduits en poudre ou transformés en pierre ? Mais le plus vertigineux serait peut-être de se retrouver face à notre *alter ego* : un homme de Neandertal en chair et en os, qui peuplait encore l'Europe il y a trente milliers d'années. →



ILS ONT DISPARU IL Y A...

65 millions d'années
pour les dinosaures



30 milliers d'années
pour l'homme de Neandertal



5 milliers d'années
pour les mamouths

→ On peut rêver, guère plus... Sauf que trois scientifiques annoncent de tels projets. Le premier, George Church, estime qu'il serait possible de ramener Neandertal à la vie pour 30 millions de dollars. Le second, Akira Iritani, promet de faire naître un mammoth viable d'ici quatre ou cinq ans. Et le dernier, Jack Horner, pense qu'il ne lui faudra pas plus de temps pour donner vie à quelque chose qui ressemblera de près à un dinosaure... Délires d'illuminés? Certes non: ces trois chercheurs travaillent dans de prestigieuses institutions. George Church, généticien à la Harvard Medical School, à Boston (Etats-Unis), est l'un des chefs de file de l'ingénierie génétique et de la "biologie synthétique", ce nouveau domaine qui s'attache à explorer des formes de vie artificielle. Akira Iritani, généticien à l'université de Kinki, à Osaka (Japon), est l'un des plus éminents biologistes du pays, responsable il y a trente ans de l'une des premières fécondations animales *in vitro*. Jack Horner,

paléontologue à l'université d'Etat du Montana (Etats-Unis), est, lui, l'un des meilleurs spécialistes mondiaux des dinosaures.

Depuis la découverte en 1953 de la structure de la molécule d'ADN, support du patrimoine génétique de tout le vivant, les progrès des biotechnologies

LES PROGRÈS EN GÉNIE GÉNÉTIQUE ONT OUVERT DE FANTASTIQUES PISTES

ont été tellement fulgurants que même les auteurs de science-fiction ont été dépassés. Pour faire revivre un dinosaure, un mammoth ou un homme de Neandertal, ils envisageaient plutôt de voyager dans le temps afin de ramener à notre époque quelques spécimens des temps révolus; ou bien ils comptaient sur la chance pour découvrir dans la glace un antique individu parfaitement préservé. Au début des années 1990, le film *Jurassic Park* (dont Jack Horner fut

conseiller scientifique) fut le premier à suggérer une solution qui ne viendrait pas de la physique mais de la biologie: c'est la découverte d'un bloc d'ambre abritant des moustiques gorgés de sang de dinosaures qui permettait, après décryptage et clonage, la recreation des redoutables sauriens. Las, cette technique n'a aucune chance de succès. La structure de l'ADN se dégrade inexorablement avec le temps et devient indécryptable après une centaine de milliers d'années – *a fortiori* après plusieurs dizaines de millions.

C'est là qu'interviennent nos trois spécialistes. Car, selon eux, il existe différents moyens de ressusciter une espèce disparue. Sachant que tout dépend du matériel biologique disponible – on ne s'attaque pas de la même façon à un dinosaure, à un mammoth ou à un homme de Neandertal. Pour le mammoth, le défi est presque classique: il existe des dépouilles

congelées, impressionnantes de fraîcheur apparente. Akira Iritani fait le pari que l'une d'elles contient des cellules en assez bon état pour permettre un clonage, avec pour mère porteuse une éléphante. Une technique qui, depuis le clonage de la brebis Dolly en 1996, a fait ses preuves. Le clonage réussi d'une souris congelée réalisé en 2008 avait ravivé les espoirs. Rendez-vous dans quelques années pour voir ce qu'il en est du parent laineux de l'éléphant (voir p. 62). Pour l'homme de Neandertal, la situation est plus compliquée: il n'y a pas de corps conservé permettant d'envisager un clonage. Mais il existe des squelettes assez récents et bien préservés pour que de l'ADN soit extrait des cellules osseuses. C'est ainsi que le séquençage du génome de notre cousin a été réalisé en 2010. Avec ce patron en main, George Church pense possible de transformer la séquence de six milliards de lettres d'un ADN humain en y intégrant les différences constatées entre

lui et son cousin, avant d'introduire ce génome modifié dans une cellule idoine. De quoi redonner vie à l'autre grande espèce d'*Homo* (voir p. 66)?

REMONTER LE COURS DE L'ÉVOLUTION

Pour le dinosaure, la situation est encore différente: impossible de récupérer une cellule ou un génome. Jack Horner, avec le généticien Hans Larsson, compte ici suivre une trace plus originale: recréer le mythe à partir d'embryons d'oiseaux, qui en sont les derniers descendants vivants (voir p. 58).

Clonage cellulaire, réécriture génétique, reprogrammation embryonnaire: en plongeant dans les trois techniques de résurrection, on comprend l'ampleur et les limites de la révolution biotechnologique. Et ces projets ne manquent pas de poser des questions éthiques ou écologiques. Mais ils prouvent que le génie génétique maîtrise de mieux en mieux la vie à toutes ses échelles. Au point de faire renaître ce qui n'est plus?

BIOTECH, 50 ANS DE RÉVOLUTIONS

1953 Elucidation de la structure en double hélice de l'ADN par James Watson et Francis Crick.



1973 Premier organisme génétiquement modifié (une bactérie avec un gène d'amphibien).

1977 Séquençage du premier génome (un virus bactériophage).

1996 Premier clonage (la brebis Dolly).

2001 Fin du séquençage du génome humain.

2007 Premier séquençage d'un ADN ancien (le mammoth).

2009 Clonage d'une espèce disparue, *Capra Pyrenaica* (un bouquetin).

2010 Première réalisation d'un génome artificiel (une bactérie).



FAIRE REVIVRE DES DINOSAURES...

...par la manipulation d'embryon

Quand *Jurassic Park* a débarqué sur les écrans en 1993, ce fut l'émotion. Jamais dinosaure n'avait paru si réel ! Mais ce n'était pas encore assez pour Jack Horner, qui fut conseiller scientifique du film de Spielberg, garant de ce réalisme. Car ce qu'a toujours voulu ce spécialiste mondialement reconnu des dinosaures, c'est pouvoir en toucher un, en vrai. Le problème, s'il fallait n'en citer qu'un, est que les dinosaures ont disparu il y a quelque 65 millions d'années. D'eux, il ne reste que des squelettes de pierre, désertés depuis bien longtemps de toute vie et de toute trace d'ADN, qui renferme le patrimoine génétique.

Jack Horner le sait bien, mais n'y voit pas un problème. « Pas besoin d'ADN ancien, note-t-il tranquillement. Les oiseaux sont les descendants des dinosaures : ils portent cet ADN ancestral ! La majeure partie du programme génétique concernant les traits des dinosaures que nous voulons ressusciter est toujours là, chez les oiseaux – chez le poulet, par exemple. » D'où une idée aussi simple qu'originale : « Réveiller le dinosaure qui sommeille en chaque poulet. » En gros, partir de la volaille pour lui faire parcourir en sens inverse le chemin que l'évolution lui a fait prendre depuis quelques dizaines de millions d'années, et faire réapparaître ces traits ancestraux perdus au fil du temps.

Quels traits ? En comparant les ossatures du *T. rex* et de son très lointain petit-neveu, le paléontologue s'est concentré sur les différences les plus

emblématiques – à savoir la perte de la queue, des mains griffues et du museau dentu. Qu'on les fasse revenir, et on obtiendra quelque chose qui ressemblera beaucoup plus à un petit raptor qu'à un banal gallinacé. Voilà la ligne directrice qu'il a tracée pour faire d'un poulet un néodinosauure, un « pouletosaure », comme il l'appelle.

Le point de départ de ce vaste projet est l'embryon. En effet, « lors d'un stade précoce de son développement embryonnaire, le poulet possède des traits dinosauriens comme une longue queue, des dents et des mains à trois doigts », souligne le professeur. Des traits qui disparaissent ensuite, comme les ébauches de branchies de notre propre vie embryonnaire. Si vous trouvez les gènes qui causent

IL S'AGIT ICI DE RÉVEILLER LE SAURIEN QUI SOMMEILLE DANS CHAQUE POULET

la disparition de la queue ou provoquent la fusion des doigts pour constituer une aile, et que vous éteignez ces gènes, vous verrez grandir un animal qui possède certaines des caractéristiques des dinosaures. »

Serait-ce donc aussi simple ? En tout cas, en 2006, une étude de Matthew Harris et John Fallon a prouvé que ce type d'expérimentation n'était pas une douce utopie. Alors qu'il étudiait des embryons de poulets mutants, Matthew Harris en découvrit un spécimen conservé dans du formol dont le bec semblait garni de... bourgeons dentaires ! Un poulet qui aurait des dents ?

L'idée fait sourire, elle remonte pourtant à ses origines sauriennes. Pour en avoir le cœur net, le chercheur entreprit de stimuler, par ajout de facteur de croissance, la production d'une protéine précise chez un embryon normal pour voir s'il pouvait reproduire ce curieux constat. Et ce fut le cas !

AJOUT DE PROTÉINES DE CROISSANCE

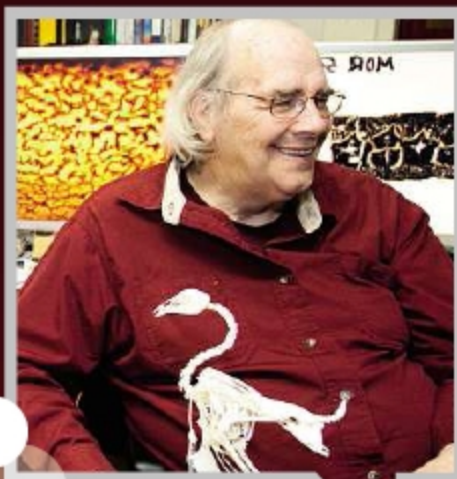
« Par une simple manipulation, l'ajout de protéines et de facteurs de croissance, des dents rudimentaires rappelant celle des alligators ont poussé chez l'embryon de poulet et sa mâchoire s'est modifiée, se rappelle ce biologiste du département de génétique d'Harvard. Notre travail a beaucoup intrigué parce qu'il montre qu'il est possible de réactiver des capacités et des structures considérées comme perdues. » Une publication fondatrice, aujourd'hui au cœur d'un travail en cours dans le laboratoire du professeur Arkhat Abzhanov, de Harvard. Son objectif : comprendre les mécanismes en jeu derrière ces altérations du bloc dents-mâchoires et les signaux moléculaires qui les dirigent – pour en prendre le contrôle. Tout comme →

Comment y parvenir ?

Le poussin a dans son génome les gènes du développement de ses ancêtres sauriens. Les chercheurs injectent des molécules qui modifient le développement du poussin et font réapparaître des caractères ancestraux inhibés.



Des traits anciens, comme la queue, apparaissent chez l'embryon de poulet.



JACK HORNER

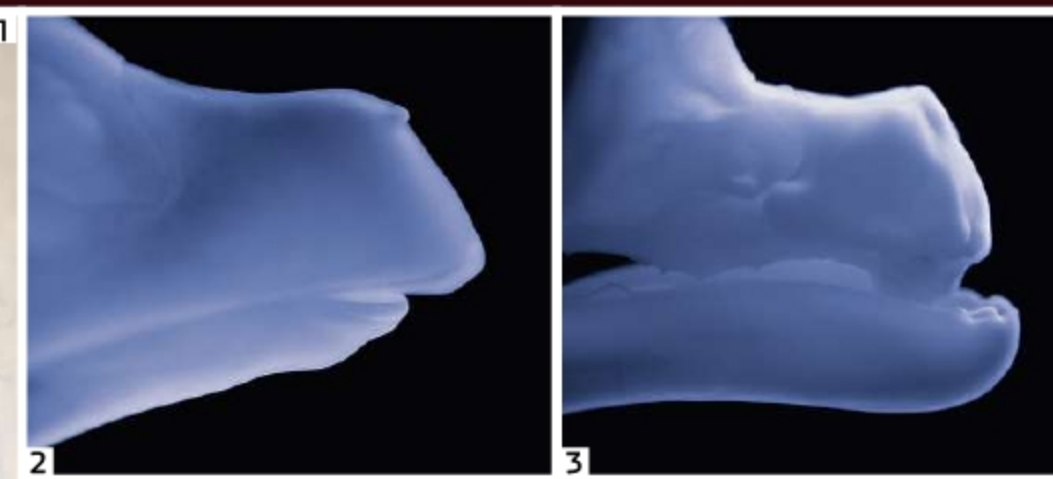
PALÉONTOLOGUE À L'UNIVERSITÉ
D'ÉTAT DU MONTANA

*Il n'y a aucun danger de
propagation puisque le
génomme n'est pas altéré*



Des traits ancestraux présents seulement chez l'embryon

La queue, mise en évidence par le marquage
bleu du squelette d'un embryon de poulet (1),
et des bourgeons dentaires sur un mutant
conservé dans du formol (3) – comparé à un
bec normal (2) – disparaissent au fur et à
mesure du développement dans l'œuf (4).



À LA RECHERCHE D'AUTRES CANDIDATS...

Recréer un animal disparu en transformant un de ses cousins vivants...
L'idée bluffe, mais elle est difficile à mettre en œuvre. "Il faut un des-
cendant actuel et un animal modèle sur lequel mener des travaux de
génétique notamment, pose François Bonneton, généticien et évolu-
tionniste à l'université de Lyon. Il faut aussi de bonnes données paléon-
tologiques pour connaître l'état ancestral d'une espèce." Or, mis à part
les dinosaures, trouver le candidat idéal n'est pas évident... Mouche et
scarabée ont déjà été ramenés à un stade antérieur. Mais pour des
espèces plus attendues, ici le dodo, il manque des éléments : un cousin
proche, le pigeon, a été identifié, mais il n'est pas son ancêtre.

→ Horner, qui se focalise lui sur la
queue et les membres supérieurs.

Pour mettre les mains dans ce cam-
bouis moléculaire, le paléontologue
s'est tourné vers le généticien Hans
Larsson, de l'université McGill (Ca-
nada). Ce spécialiste de "l'atavisme
expérimental" cherchait déjà à pousser
des animaux actuels à réexprimer des
traits ancestraux. Depuis 2008, son
équipe travaille à suivre les réseaux
d'activation de gènes chez l'embryon
de poulet, analysant les réactions bio-
chimiques et génétiques à l'ajout de
cocktails de protéines de contrôle et
de facteurs de croissance. Le but : iden-
tifier quand, comment et où agir dans
l'embryon pour voir se maintenir chez
lui les traits sauriens tant désirés (voir
infographie p. 58). Les deux passionnés

ont déjà obtenu quelques résultats et
Jack Horner a donné rendez-vous dans
cinq ans... Tous les spécialistes ne sont
toutefois pas convaincus de la faisabi-
lité de la chose.

DES INFORMATIONS MANQUANTES

"Quoique passionnant intellec-
tuellement, ce projet a des points faibles,
tempère Matthew Harris. Beaucoup de
choses peuvent être retrouvées dans
l'ADN, mais il y a des pertes d'infor-
mation : par exemple, on ne retrouve
pas le gène de l'émail dentaire chez le
poulet. Et on ne sait pas comment se
déroulait le développement embryon-
naire d'un dinosaure, quels gènes
opéraient et comment ils interagis-
saient." Jack Horner et Hans Larsson
ont conscience de cette complexité.

Ils ont aussi toujours pris garde de ne
pas prétendre que leur pouletosaure
serait un *T. rex*, ou un autre des rep-
tiles mythiques. Ils ont également
prévu qu'au moindre signe que leur
"bébé" ne pourrait pas vivre dans de
bonnes conditions, ils ne le laisse-
ront pas éclore ; sachant qu'il n'y a ici
"aucun danger de propagation : c'est
le développement du poulet qui est
altéré, non son génome. S'il se sauvait
ou copulait (ce qui n'est pas prévu),
le résultat serait un poulet normal".
Et il ne s'agit pas non plus de lancer
une production à grande échelle. Il y
aurait donc, dans le meilleur des cas,
un unique pouletosaure, membre
unique d'une espèce virtuelle – mais
en soi, cette possibilité vaudrait tous
les films de fiction...



C.MUSCH/LOBE&MAIL - J.OSBORNE/POLARIS/STARFACE - CDC/BSIP - M.HARRIS, HARVARD MEDICAL SCHOOL - NHML/BIOS

FAIRE REVIVRE UN MAMMOUTH...

...par le clonage cellulaire

Vingt ans qu'il y pense. Il a même déjà tenté trois fois en quinze ans la délicate manipulation – sans succès... Mais aujourd'hui, avec les avancées de la biologie moléculaire, Akira Iritani, de l'université de Kinki, au Japon, a le sentiment qu'il va enfin pouvoir mener à bien son ambitieux projet : cloner un mammouth. Et si la technique commence à se banaliser pour certaines espèces très étudiées, l'expérience prend ici un caractère tout à fait exceptionnel. Rien de rédhibitoire pour le généticien nippon, pour qui faire revivre le proboscidien laineux tient autant du devoir que de la recherche scientifique.

Le clonage? Popularisée depuis 1996 par la brebis Dolly, cette technique consiste à injecter le noyau (et son précieux ADN) d'une cellule appartenant à un individu "A" dans un ovule "B" dont on a au préalable ôté le noyau; la cellule obtenue est ensuite stimulée électriquement et implantée dans l'utérus d'une mère porteuse. Si B apporte certains éléments lors du développement embryonnaire, tout comme la mère porteuse, c'est cependant A qui est cloné. Habituellement, donneur, ovocyte et mère porteuse sont vivants et de la même espèce (avec des taux de réussite variables : il fallut 277 œufs fécondés pour obtenir Dolly); pour le mammouth, la situation sera indéniablement moins classique...

Concernant le problème très matériel mais incontournable de l'ovule et de la mère porteuse réquisitionnée, le mammouth ayant depuis longtemps

disparu, il faut se résoudre à se tourner vers une autre espèce. En l'occurrence, l'éléphant d'Afrique, son plus proche parent. Toutefois, les éléphants ne produisent qu'un unique ovule tous les quatre mois environ et, pour peu qu'elles deviennent gestantes, cinq ans d'attente sont nécessaires avant qu'elles ne relancent un cycle de maturation de ces précieuses cellules reproductrices. La solution? L'équipe d'Akira Iritani a contacté les zoos du Japon pour qu'ils leur cèdent les ovocytes à la mort de leurs éléphants. Pas besoin donc de prélèvements compliqués et risqués pour ces dernières.

LA MÊME MANIPULATION QU'AVEC LA BREBIS DOLLY, MAIS À UNE AUTRE ÉCHELLE

Reste le donneur, c'est-à-dire le mammouth. Lui est mort et congelé depuis quelques milliers d'années. En conséquence, son noyau cellulaire est forcément dénaturé et son ADN en lambeaux – dès que survient la mort, diverses réactions chimiques s'y attaquent. Trouver une cellule suffisamment préservée pour permettre le clonage n'est donc pas évident. Les merveilleuses momies de bébés mammouths récemment exhumées du permafrost sibérien peuvent laisser croire que ce souci est écarté... Trompeuse illusion! Le froid qui a protégé leur apparence n'a pas épargné leurs cellules : la congélation n'est pas assez rapide pour empêcher toute dégradation, et les cristaux de glace qui se forment les déchirent de l'intérieur.

Oui, mais en 2008, Teruhiko Wakayama, un autre généticien japonais, réussissait à cloner une souris restée seize ans dans un congélateur. Un espoir pour Akira Iritani qui, dès 2009, s'est inspiré des travaux de son collègue pour tenter de cloner un animal congelé autrement plus imposant : un taureau. Et ce fut une réussite!

TROUVER LA CELLULE ADÉQUATE

Parallèlement, son équipe se lançait dans la récupération de l'ADN nucléaire d'un mammouth pour tester son injection dans des ovules de souris. "Nous avons démontré que la récupération du noyau d'une cellule morte depuis une longue période était possible, de même que sa transplantation dans un ovocyte. Ceci est le premier pas vers la résurrection d'animaux anciens", concluait sa publication scientifique. Un premier pas toutefois incomplet puisque cet ADN resta muet... D'autres pas restaient donc à franchir. Le premier d'entre eux étant d'obtenir une cellule de mammouth en parfait état, condition *sine qua non* pour tenter de récupérer son noyau, comme Akira Iritani l'annonçait courant 2011 : →

Comment y parvenir?

Des cellules sont extraites d'un mammouth prisonnier du permafrost, dans l'espoir que l'une d'elles soit assez bien préservée pour que son noyau puisse être transplanté dans un ovule d'éléphant, sa plus proche parente, qui servira de mère porteuse.

Mammouth dans la glace

UN ÉCHANTILLON DE TISSUS DE MAMMOUTH CONGELÉ EST RÉCUPÉRÉ

Cellules vues au microscope

UN NOYAU INTACT EST RECHERCHÉ

Ovule d'éléphant

LE NOYAU EST INJECTÉ DANS UN OVULE D'ÉLÉPHANTE

APRÈS 20 À 22 MOIS, L'ÉLÉPHANTE DONNE NAISSANCE À UN MAMMOUTH

← En 2009, Akira Iritani tentait de transplanter de l'ADN nucléaire de mammouth (flèche) dans un ovule.



AKIRA IRITANI
GÉNÉTICIEN À L'UNIVERSITÉ DE KINKI

Un mammouth en bonne santé pourrait naître d'ici quatre ou cinq ans

→ *“Les problèmes techniques ont été résolus et les opérations préparatoires devant nous permettre d'atteindre notre but ont été menées. Tout ce dont nous avons besoin maintenant, c'est d'un bon échantillon de tissu prélevé sur un mammouth encore gelé.”* Pour ce faire, le professeur prévoyait cet été une expédition en Sibérie, dont la terre gelée a été jusqu'ici la meilleure pourvoyeuse en momies glacées de mammouths. Pour l'heure, ses résultats ne sont pas connus mais, en cas d'échec, des accords avec des laboratoires russes devraient lui donner accès à des carcasses déjà exhumées et bien préservées. De quoi tester les cellules de différents tissus pour sélectionner les plus belles, et lancer la manipulation avec ces heureuses élues... Sauf que les spécialistes de l'ADN ancien sont unanimes: *“J'ai eu la chance de travailler sur de nombreux tissus de mammouth, intestin, foie, reins... mais aussi poils ou os pour en extraire l'ADN. Et, à chaque fois, l'ADN est en kit...”* pointe Régis Debruyne, du Muséum national d'histoire naturelle de Paris, associé

au programme de recherche spécialisé “Mammothus”. Le jeune paléogénéticien a pourtant eu accès aux plus beaux spécimens récemment dégagés, tels les bébés Lyuba et Khroma: *“Le génome du mammouth fait quatre milliards et demi de paires de bases, contre trois chez l'homme. Chez Khroma, qui est le mieux conservé, nous sommes ravis quand on récupère des fragments de 2 000 paires de bases!”*

UNE SOLUTION SYNTHÉTIQUE

Même constat chez Stéphane Schuster, qui a dirigé le séquençage du génome du mammouth en 2008: *“L'ADN est trop fracturé pour que l'on puisse travailler avec. Sans parler des chromosomes qui sont évidemment perdus.”* Parvenir à lire l'ADN a ainsi tenu de la gageure avec un résultat final complet à 80 %, mais difficilement exploitable tant il est fractionné. Au final, il n'est donc pas sûr que le professeur Iritani puisse trouver sa cellule au noyau et au génome quasiment intacts.

Mais tout n'est pas perdu. Certains spécialistes suggèrent en effet une

autre option: plutôt que de chercher une hypothétique cellule idéale, pourquoi ne pas la créer? La séquence de l'ADN du mammouth étant désormais largement connue, il “suffirait” de reconstituer les chromosomes (en s'inspirant de ceux d'un éléphant, qui en possède 56) et un noyau artificiel pour les y placer. Or, certaines technologies d'ingénierie génétique et de biologie moléculaire commencent déjà à obtenir des premiers résultats sur des cellules rudimentaires.

Evidemment, on est encore loin d'une cellule artificielle de mammouth, mais c'est une piste. Qui pourrait conduire au dernier problème se trouvant sur la route de la résurrection du grand disparu: trouver un moyen d'implanter chez une éléphante d'Afrique l'embryon né dans les labos. Son utérus est en effet situé à 2,5 m de profondeur! Une performance jamais tentée. Qu'elle réussisse, et on aura la réponse à la question que tout le monde se pose: quelle sorte de mammouth naîtrait effectivement de tant d'efforts?

Exclusivité wawacity.ws



Khroma renferme l'ADN de mammouth le mieux conservé

Retrouvé dans le permafrost sibérien, ce bébé mammouth a été autopsié en 2010. Son parfait état de conservation a permis de prélever la majorité de ses organes internes et ses muscles encore rouges. Son ADN reste cependant très fractionné.



À LA RECHERCHE D'AUTRES CANDIDATS...

Quel reste biologique d'animal disparu pourrait être en assez bon état pour permettre un clonage? Plusieurs phénomènes chimiques et des environnements plus ou moins naturels momifient les corps: le permafrost, les tourbières, certaines cavernes ou des déserts secs; le formol est aussi utilisé pour conserver artificiellement les tissus. On dispose ainsi d'animaux anciens incroyablement préservés – comme le tigre de Tasmanie, disparu depuis 1936. Mais le constat est généralement le même: si l'apparence est sauve, les cellules sont altérées et l'ADN se retrouve en confettis. Il faut une congélation rapide et intense, par exemple avec de l'azote liquide, pour récupérer des cellules utilisables pour un clonage.



COURTESY TASMANIAN MUSEUM & ART GALLERY

KYODOMAXPPP - FLATRELLE

FAIRE REVIVRE UN HOMME DE NEANDERTAL...

...par la technique
de réécriture génétique

George Church est le roi de la formule choc – mais c'est aussi un généticien de génie et un jusqu'au-boutiste. Si bien que lorsqu'il déclara en 2009 que l'homme de Neandertal pourrait être ramené à la vie pour 30 millions de dollars, ses collègues ne le prirent pas à la légère. Deux ans plus tard, ce défi n'a pas été officiellement lancé, essentiellement pour des raisons éthiques. Car sur le plan technique, certains pensent que le jour n'est plus si loin où notre cousin pourrait se dresser devant nous. Grâce aux avancées des biotechnologies, dues pour beaucoup à George Church, et aux connaissances toujours plus approfondies sur les génomes anciens.

Ici, pas de cellules congelées susceptibles d'être exploitées, juste des squelettes en assez bon état et assez récents pour avoir permis, en 2010, à l'équipe de Svante Pääbo, du Max Planck Institute (Allemagne), de séquencer à près de 70 % l'ADN de Neandertal, après quatre ans de travail ! Une prouesse inconcevable il y a encore dix ans, et qui a apporté son lot de révélations. A commencer par la proximité entre nos espèces (plus de 99,7 % d'identité entre nos deux patrimoines) et les échanges d'ADN qui nous lient. Mais surtout, cette séquence, le texte brut du génome néandertalien, a offert un matériau de premier choix au généticien de Harvard. Voilà une sorte de clef qui, à peine modifiée, pourrait ouvrir la voie à une autre humanité...

Pour Church, inutile de fabriquer l'interminable molécule d'ADN d'*Homo neanderthalensis* à partir de zéro.

Comme chez *Sapiens*, elle est composée de plus de trois milliards de paires de bases, ou lettres. Il "suffirait" de prendre une molécule d'ADN d'*Homo sapiens*, laquelle est séquencée depuis dix ans, et de la retoucher en y intégrant les millions de différences de lettres existant entre notre texte génétique et celui de notre cousin.

Deux façons de faire sont ici envisageables, en partant de la molécule de *Sapiens* et en la modifiant pour l'amener à ressembler à sa contrepartie néandertalienne. La première serait de prendre l'ADN *sapiens* pour, dans un premier temps, le couper en quelques dizaines de milliers de fragments afin de pouvoir les insérer dans des bactéries : ces précieuses petites usines cellu-

L'IDÉE EST DE MODIFIER
NOTRE GÉNOME POUR QU'IL
SE "NEANDERTALISE"

lares, très utilisées en biotechnologie, ne pouvant prendre en charge de trop longues molécules en raison de leur très petite taille. Ce sont elles qui vont introduire des mutations dans les fragments d'ADN *sapiens* pour les transformer en leur version néandertalienne. Tous ces fragments modifiés seraient ensuite récupérés, vérifiés et réassemblés en un ADN imitant au plus près celui de Neandertal... Y parvenir serait une énorme performance pour les biotechnologies ! Toutefois, même si les techniques actuelles, après des améliorations de rendement, autorisaient une telle réécriture génétique, des spécialistes pointent que la séquence d'ADN

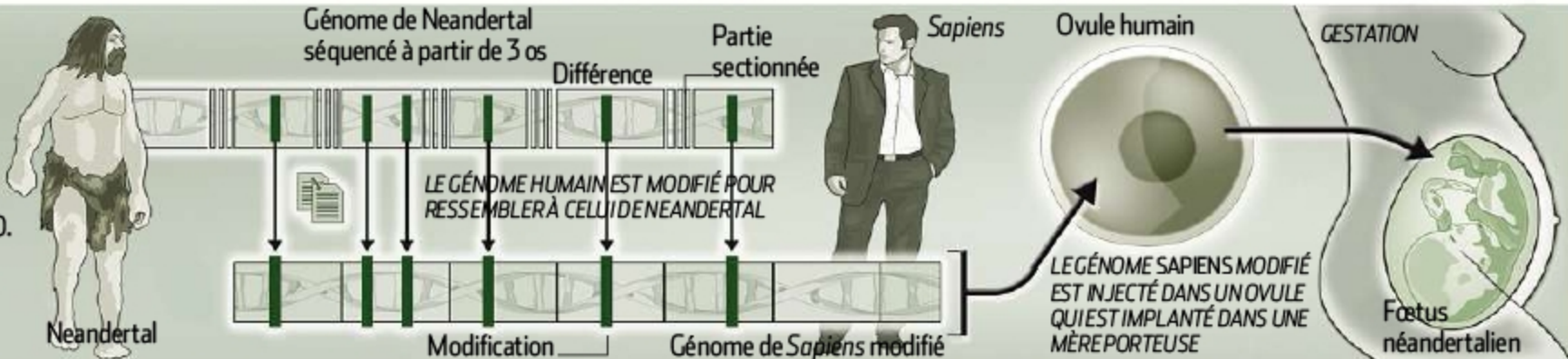
brute ne fait pas tout. Il suffit de se rappeler l'image bien connue de nos chromosomes pour s'en convaincre : pour les former, notre long filament d'ADN se replie encore et encore sur lui-même afin de pouvoir d'une part tenir dans nos cellules et, d'autre part, être utilisé de la bonne façon par lesdites cellules. Car ce repliement, assuré par la machinerie cellulaire propre à chaque espèce, est hautement stratégique : il permet de cacher les portions de l'ADN qui ne doivent pas servir et de mettre en avant les autres.

NOS DIFFÉRENCES SYNTHÉTISÉES

La cellule joue également un rôle incontournable dans la bonne régulation de l'expression de la molécule patrimoniale. Or, une séquence brute reconstituée quasi *ex nihilo* n'aurait accès à aucune de ces informations fondamentales ; un peu comme si nous nous retrouvions avec un guide d'utilisation regroupant sans ordre tous les appareils électroménagers possibles d'une maison, sans schéma ni ponctuation ou chapitre. De là une seconde approche, qui permettrait de pallier une partie de ces problèmes. →

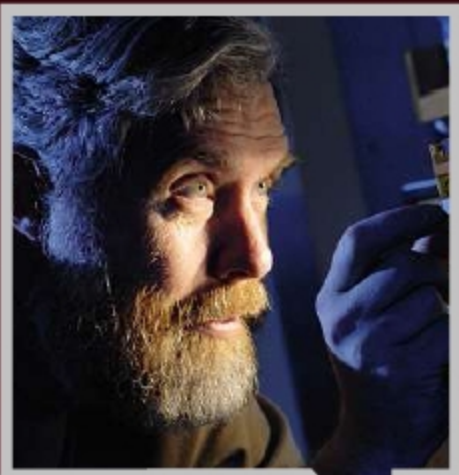
Comment
y parvenir ?

Partant d'une cellule humaine, les scientifiques réécrivent son ADN là où il diffère de celui de Neandertal, connu depuis 2010. La cellule "néandertalisée" obtenue serait introduite dans un ovule, lui-même implanté dans une mère porteuse.



Le texte du génome de Neandertal a été séquencé en 2010.

Location: 3: 1189, 3084
Intensity: 421
Status: Passed Filter (Library)



GEORGE CHURCH
GÉNÉTICIEN À LA HARVARD MEDICAL SCHOOL

**On pourrait ramener
Neandertal à la vie pour
30 millions de dollars**

Exclusivité wawacity.ws



Quatre ans de recherches pour séquencer 70 % de l'ADN de Neandertal

400 mg d'os de Neandertal datant de plus de 30 000 ans ont été extraits (1) pour préparer son ADN. Il fut ensuite déposé sur des lames (2) afin d'être séquencé et analysé en 2010 par l'équipe de Svante Pääbo, au Max Planck Institute (3).

→ Elle s'appuie sur les technologies "Mage" (pour Multiplex automated genome engineering) développées là encore par les laboratoires de George Church. Le principe: modifier *in vivo* le génome d'une cellule vivante de *Sapiens*! Cette fois, il faudrait créer de tout petits bouts d'ADN néandertalien centrés chacun sur une ou plusieurs des différences répertoriées entre notre génome et celui de notre cousin disparu; les "synthétiseurs d'ADN" actuels font cela couramment. Ces petits bouts seraient ensuite introduits dans ladite cellule dont on veut modifier le patrimoine: certaines propriétés propres à l'ADN font en effet que des bouts qui se ressemblent s'assemblent spontanément et mélangent leurs informations; quand ils sont parfaitement identiques, c'est évidemment sans conséquence – mais quand il y a de légères différences dans le texte porté, elles peuvent passer de l'un à l'autre. Les "corrections" portées par les petits fragments artificiels peuvent

ainsi se retrouver intégrées dans la molécule mère présente dans la cellule.

Aujourd'hui, cette technologie est utilisée en biologie moléculaire chez la mouche ou la souris pour introduire jusqu'à quelques centaines de modifications. Pour effectuer la conversion Neandertal/*Sapiens*, il faudrait être capable de passer à l'échelle du million !

UN EMBRYON DE NEANDERTAL ?

La cellule pourrait alors être utilisée pour créer un embryon, qui serait lui-même implanté dans une mère porteuse. Mais certains doutes subsistent: "Faire le saut 'j'ai le génome, je peux recréer l'espèce' est un raccourci simpliste, souligne François Bonneton, de l'université de Lyon. On peut bien sûr comparer deux génomes, mais ça reste un travail presque abstrait. Car le génome n'est qu'une molécule – certes, une molécule du vivant, mais il n'est pas vivant lui-même: pour que l'information qu'il porte soit bien lue, il faut la bonne cellule... Et, en l'occurrence,

les cellules anciennes dont on aurait besoin n'existent plus." En effet, si la majeure partie des différences de séquences entre *Sapiens* et Neandertal peut être "corrigée", la cellule, elle, restera fondamentalement *sapiens*; elle interagira donc "sapiensment" avec son ADN "néandertalisé". Qui sait alors ce que pourrait donner un tel mélange? "Un hybride, ni tout à fait l'un ni tout à fait l'autre", pense l'évolutionniste moléculaire français.

George Church, lui, estime que, les premières étapes de développement embryonnaire passées, les gènes néandertaliens pourraient bien prendre le dessus sur leur environnement

sapiens. Il est fort à parier qu'un laboratoire ou un autre tentera cette expérience dans les années à venir – sur le sulfureux couple *Sapiens*-Neandertal ou sur d'autres moins ambigus. Quel vocable alors utiliser pour le futur individu? Car il sera difficile de juger de sa "néandertalité" lors du développement de l'embryon... Church admet que, son environnement et sa culture ayant disparu, il serait plus logique de parler de "néo-Neandertal". Mais ces deux composantes essentielles de l'identité, des individus comme des espèces, ne sont pas du ressort de la biologie ni des biotechnologies, qui auront fait leur part du travail.

À LA RECHERCHE D'AUTRES CANDIDATS...

Les paléogénéticiens parviennent de plus en plus fréquemment à exhumier des séquences d'ADN ancien d'ossements millénaires conservés dans des conditions adéquates (voir les encadrés précédents p. 61 et 65), et même à le faire s'exprimer dans d'autres génomes. Mais réussir à obtenir le génome entier est une autre paire de manches. Le mammoth et Neandertal sont pour l'heure les seuls à avoir vu leur génome entièrement séquencé... Ce qui ne veut pas dire qu'ils sont condamnés à le rester: le rhinocéros laineux (photo), fréquemment retrouvé dans les sols gelés de Sibérie au côté du célèbre mastodonte, semble un parfait candidat. Ours des cavernes et tigres à dents de sabre ont aussi fait l'objet d'études génétiques (pour répondre à des questions d'ordre généalogique, par exemple), mais leur ADN n'est pas reconstitué de bout en bout.



UN MOYEN DE PRÉSERVER LA BIODIVERSITÉ ?

Ressusciter des espèces disparues... pour quoi faire ? Des zoos ? Un remède à la crise de la biodiversité ? Pas si simple...

D'étranges cris résonnent dans l'immense animalerie. Vous entrez. À gauche, une première division annonce : "Disparus modernes". Deux tigres de Tasmanie y côtoient un dodo et une autruche géante. Un peu plus loin, voici la division des "disparus du cénozoïque", où l'on peut admirer des mammouths, un tigre à dents de sabre, un rhinocéros laineux... Mais ce qui attire le plus de monde, c'est la division du fond : celle des "disparus du mésozoïque", avec des oiseaux-dinosaures au museau dentu, aux griffes acérées et aux ailes pointues qui s'agitent dans une gigantesque volière.

Cette scène, Steven Spielberg l'avait imaginée... et les biologistes moléculaires sont peut-être en train d'en faire une réalité (voir p. 54), ouvrant dès lors la voie à de "vrais Jurassic parks". Mais encore ? Redonner vie au passé ne servirait-il qu'à créer de lucratifs parcs à dinosaures ? Cela serait déjà un spectaculaire résultat, certes, mais certains biologistes voient plus loin : la perspective de faire revivre le passé serait surtout l'occasion d'enrayer la crise actuelle de la biodiversité. Effet d'annonce ? Réalité ?

Une chose est sûre : Noé a du souci à se faire. Exit son arche où accueillir toutes les créatures terrestres ; désormais, un petit bout de chaque espèce suffit pour les sauver. Et pas seulement sauver

celles en voie d'extinction, mais aussi ressusciter celles déjà disparues ! D'où la multiplication de banques de tissus d'espèces en danger dans l'espoir, un jour, d'aider ces populations à se reconstituer. Pour le biologiste mexicain Raúl Piña-Aguilar, "ces pistes biotechnologiques ne représentent pas une solution à tous les problèmes de conservation mais elles pourront, dans certains cas, s'avérer très utiles". Notamment pour les espèces sur le point de disparaître, comme le rhinocéros blanc du Nord.

"Ces espèces sont de toute façon condamnées à s'éteindre. C'est de l'acharnement thérapeutique", conteste Robert Barbault, écologue

SI ON PEUT FAIRE REVIVRE LES ESPÈCES, PLUS AUCUNE N'EST ALORS EN DANGER...

au Muséum d'histoire naturelle de Paris. Un acharnement qui présenterait au moins l'avantage d'ajouter, pour le clonage, d'autres spécimens aux quelques survivants ; il deviendrait ainsi possible de réintroduire de la diversité génétique dans ces populations en déliquescence. Or, cela offre plus de chances de combinaisons gagnantes face à la prochaine épidémie ou à tout autres modifications de l'environnement, et donc, *in fine*, une meilleure chance de survie du groupe. Mais qu'en est-il des espèces

déjà disparues ? Pourra-t-on, grâce à ces nouvelles prouesses biotechnologiques, envisager de les réintroduire en milieu sauvage ? La tentative la plus aboutie en la matière concerne une sous-espèce de bouquetin des Pyrénées, *Capra Pyrenaica*, dont le dernier individu est mort en 2000. Neuf ans plus tard, une équipe franco-espagnole est parvenue à lui redonner vie grâce au clonage. Las, ce petit revenant est mort sept minutes après sa naissance : comme la plupart des clones, il souffrait d'une malformation pulmonaire.

MAIS CE MONDE N'EST PLUS LE LEUR !

Admettons cependant que les généticiens parviennent à mieux maîtriser ces techniques : ces espèces ressuscitées pourraient-elles alors s'adapter à leur environnement présent ? Rien n'est moins sûr... Car de deux choses l'une : soit l'espèce a disparu depuis très peu de temps et les raisons environnementales ayant présidé à son déclin sont toujours là ; soit l'espèce a disparu depuis si longtemps que l'environnement qui lui était favorable n'existe plus. Dans les deux cas,

peu de chance qu'elle survive durablement dans la nature.

"Pour aider une espèce à se reconstituer, il faut d'abord remettre en fonctionnement son écosystème. C'est un principe de base en conservation !" affirme Pierre-Henri Gouyon, spécialiste des sciences de l'évolution au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Certes, certains projets envisagent de reconstruire les écosystèmes du passé, comme en Sibérie, aux Pays-Bas ou en Lituanie, où de grands herbivores (bisons, élans, chevaux) et prédateurs →



→ (loups, ours, lynx) sont réintroduits sur de vastes étendues inhabitées, afin de retrouver les paysages de grandes steppes à mammoths de l'époque du pléistocène. Toutefois, ces projets restent très localisés. Et, en dehors de ces zones, les réintroductions risquent de se heurter à des écosystèmes perturbés par les activités humaines. Ainsi, l'homme aura beau s'évertuer à recréer des tigres de Tasmanie, si leur chasse reste pratiquée, l'espèce ne se reconstituera pas.

Ces revenants d'outre-tombe seront-ils acceptés par les populations? Le simple retour dans nos montagnes d'espèces sauvages existantes comme le loup ou l'ours soulève déjà énormément d'opposition... De surcroît, ces bêtes ne seraient pas la copie conforme de l'espèce disparue puisqu'elles auront été portées par une autre espèce. Or, l'environnement utérin module tellement l'expression des gènes que l'animal

ET SI LE GÉNIE GÉNÉTIQUE NE CRÉAIT FINALEMENT QUE DES ... BÊTES CURIEUSES

recréé ne pourrait sans doute pas être classé comme appartenant à l'espèce en question! Ces chimères isolées risquent donc de devenir des bêtes curieuses, confinées dans des animaleries ou des parcs, ou alors traquées de toutes parts. Ce qui, au demeurant, pourrait être une bonne chose: rien ne dit que ces espèces ressuscitées ne deviennent pas envahissantes si elles parvenaient un jour à trouver leur équilibre!

Apprentis sorciers, ces biologistes? "De toute évidence, ils n'ont aucune idée précise de ce qu'est l'écologie,

critique Pierre-Henri Gouyon. *La biodiversité est un processus dynamique qui ne peut pas se congeler!*" De fait, les formes du vivant qui nous entourent sont le fruit de plusieurs milliers d'années d'évolution et sont amenées à évoluer encore pour s'adapter aux modifications de l'environnement.

DES PERSPECTIVES FASCINANTES

L'objectif de la conservation n'est donc pas de figer une image romantique ou sauvage de la nature: il s'agit de faire en sorte que sa capacité d'adaptation aux changements soit préservée. Une capacité d'adaptation qui ne peut se recréer en laboratoire.

Au-delà de ces interrogations d'écologues, se pose une autre question: faudrait-il dépenser autant d'argent à sauver certains spécimens disparus alors que tant d'espèces vivantes

sont chaque jour un peu plus proches de l'extinction? "C'est un peu comme si, au milieu d'une grave épidémie

mondiale, vous consacriez d'énormes moyens à faire revivre un individu qui vous amuse plutôt que de sauver ceux qui ne sont pas encore morts..." compare Pierre-Henri Gouyon. Et quelles espèces choisir? Celles exterminées par l'homme, comme le tigre de Tasmanie? Celles qui nous font le plus rêver? Celles utiles à l'homme? Et qui fera ces choix? Sans compter que ces résurrections pourraient avoir un effet pervers. "En remettant en cause le côté irréversible de la perte d'une espèce, ces nouvelles possibilités risquent

d'amenuiser notre responsabilité vis-à-vis de la biodiversité, estime Virginie Maris, philosophe de la biodiversité au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive de Montpellier (CNRS). *Il me semble que la crise actuelle de la biodiversité devrait au contraire nous inciter à abandonner cette posture très cartésienne, où l'homme se veut maître et possesseur de la nature.*"

Maîtres et possesseurs de la nature... Peut-être pas. Mais magiciens du génome, ces biologistes le sont! En

Exclusivité wawacity.ws



quelques années, la résurrection est passée du domaine de la religion ou de la fiction à la réalité. En promettant de faire revivre un mammoth ou un vélociraptor, les virtuoses de l'ADN concrétisent des rêves, avec de fascinantes perspectives scientifiques sous-jacentes. Il faut vraisemblablement chercher là les vraies motivations de ces biologistes révolutionnaires. Car si la résurrection des morts par la biotechnologie semble à portée de main, aucun miracle n'est à attendre du côté de la conservation... ☒

YAMONGET



QUE FAIRE DE NEANDERTAL S'IL REVENAIT PARMI NOUS?

Selon George Church, il serait donc désormais possible de "recréer" un homme de Neandertal grâce à la technique de "réécriture génétique" (voir p. 66). Imaginons qu'il ait raison. Imaginons même qu'il parvienne à en recréer un. Qu'en ferions-nous? Ira-t-il à l'école? Resterait-il dans un laboratoire? Une animalerie? Bien sûr, les questions que l'on pourrait "tester" sur cet individu sont fascinantes: depuis le rôle de l'inné et de l'acquis jusqu'à l'apprentissage du langage, en passant par l'influence génétique sur certains comportements sociaux. Mais cela justifie-t-il une telle expérience? Non, répondent presque unanimes les scientifiques. "Les nouvelles biotechnologies sont souvent jugées immorales jusqu'à ce qu'elles fassent leurs preuves, avance de son côté le généticien américain. Si la technique de réécriture génétique s'avère sûre et fiable, elle sera acceptée comme l'a été la fécondation in vitro." Mais dans quel but? "Recréer des traits génétiques qui pourraient être bénéfiques à la société", répond le chercheur, qui s'appuie sur des travaux tentant de démontrer comment des individus atteints de dyslexie, d'autisme léger ou de désordres bipolaires développent des capacités de compensation potentiellement utiles, notamment en période de crise. Certains traits propres à Neandertal pourraient-ils donc nous servir? "Cette possibilité stimule les discussions autour de la diversité de fonctionnement cérébral et nous encourage à repenser nos efforts de lutte contre les discriminations sociales", conclut le scientifique, visiblement plus intéressé par ces discussions que par l'idée de donner réellement corps à un Neandertal. Mais le pavé est lancé: on peut désormais le faire. Reste à savoir s'il le faut...

"JURASSIC PARK: UNE HISTOIRE VRAIE?"

Une enquête qui revient sur ces prouesses de la biotechnologie moderne qui concurrencent la science-fiction

Proposé en DVD pour 2,75 € en plus du prix de ce numéro de S&V. Les abonnés pourront l'acquérir par correspondance dans une offre spéciale qui leur sera faite en fin d'année.



MINI TROUS NOIRS

LA VOIE ROYALE VERS

LE BIG BANG

Dans la famille des trous noirs, ceux d'une masse intermédiaire, aussi lourds qu'une comète, sont les moins célèbres... mais les plus recherchés. C'est que, forgés lors du big bang, ils seraient les plus vieux objets de l'Univers! Un Graal pour les astrophysiciens, qui ont démarré la traque.

PAR ANNE DEBROISE

Depuis quelques mois, la traque s'intensifie. Une traque vertigineuse, à côté de laquelle la recherche d'une aiguille dans une botte de foin ressemble à une aimable plaisanterie. Car il s'agit de découvrir, perdus dans l'espace immense et ténébreux, des astres encore plus sombres que lui et, qui plus est, minuscules. Quels astres? Il s'agit de trous noirs, mais pas n'importe lesquels! Ni supermassifs, à l'instar de celui qui trône au centre de notre galaxie, ni stellaires, tels ceux qui se forment lors de l'effondrement d'une étoile, ceux-là se révèlent être

plus petits qu'un atome, et pourtant aussi lourds qu'une montagne. Or, ces "mini-trous noirs" pourraient se balader par millions dans notre système solaire, et par milliards de milliards dans notre galaxie... Surtout, ils sont d'un intérêt prodigieux. Et pour cause: ces mini-trous noirs seraient les plus vieux objets de tout l'Univers! Parce qu'ils auraient été forgés juste après sa création, dans les toutes premières fractions de la première seconde après le big bang. Une période dont on ne sait pas grand-chose, sinon que toute la suite en dépend... En un mot, ces mini-

astres errants seraient les seuls témoins de la genèse cosmique à une échelle jusqu'ici inaccessible. Sur le papier du moins. Car, pour l'heure, nul n'en a jamais observé. "La compréhension des mini-trous noirs primordiaux est l'un des enjeux théoriques majeurs de ces trente dernières années, assure Aurélien Barrau, du Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie de Grenoble. Leur découverte représenterait une avancée considérable."

WWW.ILLUSTRE.FR

Depuis leur apparition dans les équations de la théorie de la relativité générale d'Einstein, les membres de la famille

des trous noirs (voir p. 77) ont suscité l'étonnement, la peur ou la fascination. Ils se comportent tous de la même façon: dans ces corps, la matière se trouve tellement comprimée et la gravité devient tellement forte que l'espace-temps se déforme tout autour de sorte que plus rien, ni matière, ni rayonnement, ne semble pouvoir en sortir.

DES "OGRES" ÉPHÉMÈRES

Le physicien britannique Stephen Hawking démontra en 1974 que cela n'est pas tout à fait vrai: les trous noirs s'évaporent. A de toutes petites dimensions de temps et d'espace,

le vide connaît en effet des fluctuations d'énergie qui font naître constamment des paires de particules et d'antiparticules, lesquelles s'annihilent aussitôt en se percutant. Cependant, "quand ces fluctuations se produisent à l'horizon d'un trou noir, l'effet de marée dans ces zones peut éjecter une particule de la paire vers l'extérieur, pendant que l'autre retombe dans le trou noir", explique Aurélien Barrau. Résultat: peu à peu, l'ogre se vide de sa matière.

Les premiers spécimens identifiés parmi ces monstres cosmiques furent les trous noirs stellaires, qui proviennent de l'effondrement gravitationnel d'une grosse étoile. Puis furent découverts les trous noirs supermassifs, tapis au cœur de quasiment toutes les galaxies, lourds de milliards de masses solaires. A l'opposé, en se basant sur des théories spéculatives autorisant des dimensions spatiales supplémentaires, les physiciens ont imaginé l'existence de micro-trous noirs, pas plus lourds qu'un cheveu et cent milliards de milliards de fois plus petits qu'un noyau atomique. Des corps très éphémères: alors qu'il faut attendre un temps →

UNE MENACE POUR LA TERRE ?

Aurait-on trouvé un ogre à notre mesure ? En 2008, le nouvel accélérateur de particules du Cern avait suscité l'émoi, certains craignant qu'un micro-trou noir issu de ces collisions engloutisse par gravité toute la Terre. Une frayeur déplacée pour des objets beaucoup plus petits que les particules élémentaires et très éphémères. Mais qu'en est-il des mini-trous noirs primordiaux ? Avec ces

corps lourds comme une montagne, le scénario de l'aspiration ne semble plus impossible. Massimo Ricotti rassure : "Ces mini-trous noirs se déplacent à une vitesse de l'ordre de 200 km/s; ils vont trop vite pour être capturés par la Terre. Même si l'un d'entre eux la traversait, il ne pourrait pas absorber de la matière à une vitesse suffisante pour être dangereux. Il ne laisserait probablement aucune trace de son passage." Tant pis pour les amateurs de sueurs froides...

→ fantastiquement supérieur à l'âge de l'Univers pour que se vident les trous noirs stellaires ou supermassifs, les micro-trous noirs, eux, disparaissent en une fraction de seconde.

NÉS AU CŒUR DU BIG BANG

Depuis plus de quarante ans, on soupçonne l'existence d'un autre membre de cette famille turbulente. Sans doute moins connu du grand public, le mini-trou noir est peut-être encore plus fascinant... C'est un physicien russe, Yakov Zeldovich, qui, en 1967, imagina pour la première fois son existence. D'après ses calculs, la densité qui régnait juste après le big

bang pouvait être suffisante pour que la matière, par endroits, s'effondre sur elle-même. Quelques années plus tard, Stephen Hawking et son collègue Bernard Carr définirent les mécanismes permettant un tel processus. "Les premières phases d'expansion de l'Univers sont marquées par des transitions de phases, des changements brutaux de température et de composition au cours desquels apparaissent certaines particules, explique Massimo Ricotti, astronome à l'université du Maryland. Mais, comme lorsque l'eau liquide se change en glace, la transition n'est pas uniforme. Il y a des fluctuations



AURÉLIEN BARRAU

LABORATOIRE DE PHYSIQUE SUBATOMIQUE
ET DE COSMOLOGIE, GRENOBLE

La compréhension
des mini-trous noirs
est l'un des enjeux
théoriques majeurs de
ces 30 dernières années



LES SUPERMASSIFS

DIAMÈTRE DE L'HORIZON

Entre un million et des milliards de kilomètres

MASSE

Entre un million et des milliards de masses solaires

LIEU

Au centre des galaxies

ORIGINE

Expansion de trous noirs stellaires ou collision de galaxies

EXISTENCE CONFIRMÉE

Oui

DURÉE DE VIE

Quasi infinie

qui favorisent la formation de mini-trous noirs."

D'après ces modèles, les premiers trous noirs pourraient être apparus dès le "temps de Planck", cette période de 10^{-43} seconde après le temps zéro du big bang, qui est la limite au-delà de laquelle les théories physiques ne peuvent pas remonter. Ces premiers spécimens auraient cependant une taille comparable à celle des micro-trous noirs, et auraient donc disparu en moins de temps qu'il n'en faut pour le dire. Sauf qu'au fur et à mesure, les trous noirs naissants auraient été de moins en moins nombreux, mais de plus en plus gros. A 10^{-21} seconde après le

S. FRAPPAT - WWW.ILLUSTRE.FR

MINI-TROU NOIR : LE 3^e REJETON DE LA FAMILLE

LES STELLAIRES

DIAMÈTRE DE L'HORIZON

De quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres

MASSE

Entre 3 et 100 fois la masse du Soleil

LIEU

A l'emplacement d'anciennes étoiles

ORIGINE

Effondrement d'une étoile

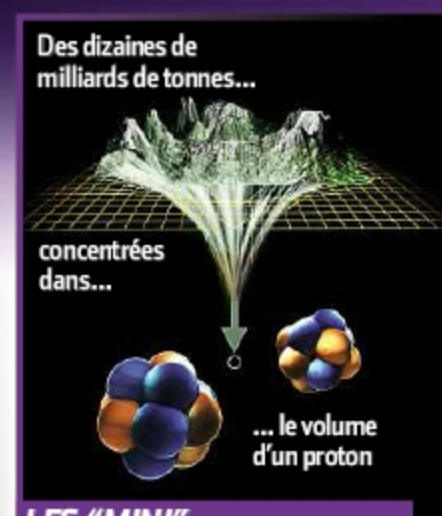
EXISTENCE CONFIRMÉE

Oui

DURÉE DE VIE

Quasi infinie

big bang, quand la probabilité de formation de ces corps devient très faible à cause de la dilution de la matière dans un espace de plus en plus vaste, les trous noirs auraient atteint la masse de 100 milliards de tonnes – soit le poids d'une boule de plomb de 3 km de diamètre. Avec une telle masse, le phénomène d'évaporation est si lent que ces objets n'auraient pas encore eu le temps de disparaître. Il pourrait ainsi exister autour de nous toute une population de ces mini-trous noirs primordiaux, certains sur le point de s'évaporer, quand d'autres ont encore la masse d'une grosse météorite concentrée en un minuscule point.



LES "MINI"

DIAMÈTRE DE L'HORIZON

Entre 1 et 100 milliardièmes de milliardième de mètre

MASSE

De 1 à 100 milliards de tonnes

LIEU

Sans doute partout dans l'Univers

ORIGINE

Big bang, voire pré-big bang

EXISTENCE CONFIRMÉE

Non

DURÉE DE VIE

D'une fraction de seconde à plusieurs milliards d'années

Or, les astrophysiciens ont aujourd'hui les moyens de repérer ces astres. Jane McGibbon, de l'université de Caroline du Nord (Jacksonville), s'est ainsi lancée activement dans



LES "MICRO"

DIAMÈTRE DE L'HORIZON

Un centième de milliardième de milliardième de milliardième de mètre

MASSE

10 milliardièmes de gramme

LIEU

Sur Terre, dans les étoiles, etc.

ORIGINE

Collision de particules

EXISTENCE CONFIRMÉE

Non

DURÉE DE VIE

Une fraction de seconde

comment les distinguer parmi les nombreuses flambées de rayons gamma de l'Univers ? Facile : ce sont les seuls dont l'émission s'intensifie au fur et à mesure de l'explosion.

Ce n'est pas la seule piste : en s'évaporant, les mini-trous noirs émettent des quantités égales de matière et d'antimatière. Et si l'émission de matière passe inaperçue, Aurélien Barrau a démontré que l'émission d'antiprotons, un phénomène beaucoup plus rare dans l'Univers, serait suffisamment importante pour être repérée. Le détecteur d'antimatière AMS, installé sur la Station spatiale internationale en mai dernier, pourrait ainsi repérer ces →

TÉMOINS DE LA GENÈSE DE L'UNIVERS, ILS POURRAIENT EN LIVRER LES SECRETS

leur recherche. "A la fin de son existence, un trou noir explose en émettant des rayons gamma, indique-t-elle. La meilleure chance de les observer repose donc sur les télescopes à rayonnement gamma comme Fermi, un télescope spatial lancé par la Nasa il y a trois ans." Mais

→ minuscules vagabonds. Une perspective fascinante. Car les trous noirs primordiaux gardent la mémoire de ces temps *a priori* inaccessibles où tout s'est joué. En vrac : l'inflation gigantesque que connaît l'Univers à partir de 10^{-35} seconde, son refroidissement, l'apparition des premières briques de la matière actuelle (quarks et antiquarks) vers 10^{-32} seconde, la naissance des quatre forces qui gouvernent la matière, la disparition de l'antimatière...

ATTEINDRE "L'INACCESSIBLE"

Massimo Ricotti, de son côté, a récemment montré que la présence de mini-trous noirs aux temps primordiaux *"augmenterait l'abondance d'hydrogène primordial. Et pas qu'un peu : celle-ci pourrait être multipliée par 100. Avec, pour conséquences, un Univers qui se refroidit plus vite, et des étoiles et des galaxies qui apparaissent plus tôt"*. Certains avancent même que ces astres pourraient constituer la fameuse "matière noire" imaginée par les physiciens pour expliquer la masse manquante de l'Univers.

Encore plus impressionnant, mais aussi plus spéculatif : Bernard Carr, qui fut à l'origine de leur description, vient de démontrer qu'ils pourraient avoir existé avant... le big bang ! Impensable ? Pas si sûr : car le physicien se place dans l'hypothèse, très sérieusement étudiée, d'un Univers qui rebondit, le nôtre étant issu d'un précédent qui se serait effondré en "big crunch" avant de connaître une phase d'expansion. Dans ces conditions, nos mini-trous noirs pourraient avoir traversé le big bang en gardant leur individualité. Ce ne seraient alors plus seulement les objets les plus



JARGON

Le big bang est le scénario qui explique la naissance de notre univers, il y a 13,7 milliards d'années, par une dilatation extrêmement rapide de l'espace. Imaginé dès les années 1920, ce scénario repose sur trois observations : l'expansion de l'Univers, la proportion d'atomes qu'il renferme et le rayonnement fossile dans lequel il baigne.

vieux qu'il nous ait été donné de voir : ils seraient même plus vieux que l'Univers lui-même ! Une perspective sidérante qui touche carrément aux frontières de la science : le chercheur lui-même émet des doutes sur notre capacité à déterminer si un mini-trou noir est né avant ou après le big bang...

Ce ne sont de toute façon pas les équations qui font actuellement rêver les astrophysiciens, mais les observations. Et, pour l'heure, ces mini-trous noirs sont restés indétectables. Ce qui permet déjà de tirer quelques conclusions, selon Aurélien Barrau : *"Si nous n'en voyons pas avec la résolution actuelle de nos moyens de détection, c'est que leur densité est finalement extrêmement faible. D'après nos calculs, ils représentent moins d'un*

<A> Grâce au télescope à rayons gamma Fermi (à g.) et au détecteur d'antimatière AMS, installé sur la Station spatiale internationale (en haut), les astrophysiciens ont désormais les moyens de rechercher dans l'espace les fameux mini-trous noirs.

millardième de la masse de l'Univers." Ce qui fait malgré tout (potentiellement) des milliards de milliards de trous noirs primordiaux dans une galaxie comme la Voie lactée... *"Même si nous apprenions que les mini-trous noirs n'existent pas, cela serait très instructif, souligne Aurélien Barrau. Car cette découverte signifierait par exemple que les fluctuations à l'origine de l'Univers étaient très faibles, trop pour créer des trous noirs. Nous aurions ainsi une meilleure image de tout ce qui s'est passé à des distances très petites, normalement inaccessibles avec les paramètres d'observation classiques de la cosmologie!"*

La tête dans les modèles théoriques et les yeux dans le télescope, les astrophysiciens vont donc continuer leur quête de ces mini-trous noirs primordiaux, témoins des premiers temps, enfants terribles d'une famille qui n'a pas fini de nous faire rêver...

NASA

LA RÉVOLUTION KINECT 4 IDÉES QUI CHANGENT TOUT

On le sait : avec Kinect, pas besoin de manette, on joue avec son corps... L'accessoire high tech dédié à la Xbox 360 va encore plus loin avec la commande vocale qui permet de jouer mais aussi, de regarder la télé, juste en lui parlant !



Programmes TV, vidéos, films en VOD, musique, jeux en ligne, tchat... d'un mot, Kinect donne accès au meilleur du web.

1 Pas besoin de manette c'est interactif, fun, et transgénérationnel

On connaissait Kinect pour sa caméra à détecteur de mouvements qui permet de jouer sans manette, juste en bougeant. Kinect s'enrichit à la fin de l'année d'une nouveauté : obéir à la voix. Ne pas avoir besoin d'appuyer sur un bouton est bien sûr un avantage énorme ! Apprendre la dernière danse tendance, parfaire son swing de golf : on joue avec son corps, on contrôle à la voix, ce qui rend le jeu totalement intuitif. Tout le monde s'amuse !

2 Dites «jouer» ou «regarder L'Arnacœur», Kinect obéit...

La magie de la reconnaissance vocale change tout. Allongé sur son canapé,

on ordonne, Kinect exécute... Naviguer dans les applications, mettre sur «pause», passer d'un jeu au visionnage d'un film : tout se fait d'un mot. Le jeu vidéo devient totalement interactif, tout comme l'accès à la TV : pour la première fois sans télécommande !

3 Films et séries, vidéo, tchat... on accède au meilleur du web

Autre fonctionnalité épatante, Kinect donne accès au meilleur du web. Avec CANAL+, Allociné, YouTube, Dailymotion, ou le très large catalogue de VOD (vidéo à la demande), on accède au meilleur du divertissement. Et l'on peut aussi tchatter avec ses amis, via Messenger, jouer en réseau et télécharger des jeux... Pour plus d'infos : www.xbox.com/live

4 Les nouveaux jeux «pur bonheur»

Une nouveauté : Kinect Disneyland Adventures qui a bien sûr pour décor le célèbre parc Disney reproduit dans ses moindres détails. It's a small world, Space Mountain, Pirates des Caraïbes... 18 attractions mythiques s'invitent chez nous autour de 100 défis et mini-jeux, en compagnie de Nemo, Peter Pan, Blanche-Neige, Mickey, Buzz l'Eclair (il y a 35 personnages !).

On ne rate pas non plus Les Lapins Crétins partent en Live qui utilise la nouvelle reconnaissance vocale Kinect.

A la voix ou d'un geste, on interagit avec ces délirants lapins et on les accueille même à la maison grâce à l'étonnante «réalité augmentée» qui leur donne vie juste à côté de nous. Bodybuilding, concours de air-guitar... les 45 mini-jeux inédits sont jouables seul, à 2 ou 4.

Une idée pour Noël ?

Le pack «tout en un» qui comprend la console Xbox 360 4Go, le capteur Kinect, 2 jeux et 3 mois d'accès au Xbox LIVE Gold. Pour en savoir plus www.xbox.com/kinect



Il fallait y penser : si un médicament provoque d'indésirables effets secondaires, ceux-ci peuvent servir à soigner dès lors qu'ils sont utilisés à bon escient. A la clé ? Une vraie manne thérapeutique.

MÉDICAMENTS

VIVE

LES EFFETS

SECONDAIRES

PAR ELSA ABDOUN

Cela ressemble à une provocation : actuellement, de nombreux scientifiques traitent les effets secondaires des médicaments comme des effets... désirables ! Là où ces fameux effets sont d'ordinaire considérés comme délétères, eux y voient une occasion formidable : celle d'élaborer de tout nouveaux traitements ! Et pas de manière ponctuelle et marginale, non. De manière systématique ! A la clé ? L'espoir de trouver des remèdes à de nombreuses maladies incurables et, pour l'industrie pharmaceutique, une solution à sa crise de l'innovation.

Car c'est un fait : tous les médicaments génèrent des effets secondaires. Agissant sur des protéines dont une modification de l'activité ou de la quantité peut avoir des répercussions sur tout l'organisme, "comment un médicament quel qu'il soit pourrait-il n'avoir qu'un seul effet ?", s'anime Atul Butte, de l'université Stanford (États-Unis). Ainsi, le Mediator : ce coupe-faim censé favoriser la synthèse par le foie de glycogène a provoqué des lésions au niveau des valves cardiaques. De même le Pandemrix : ce vaccin contre la grippe H1N1 aurait

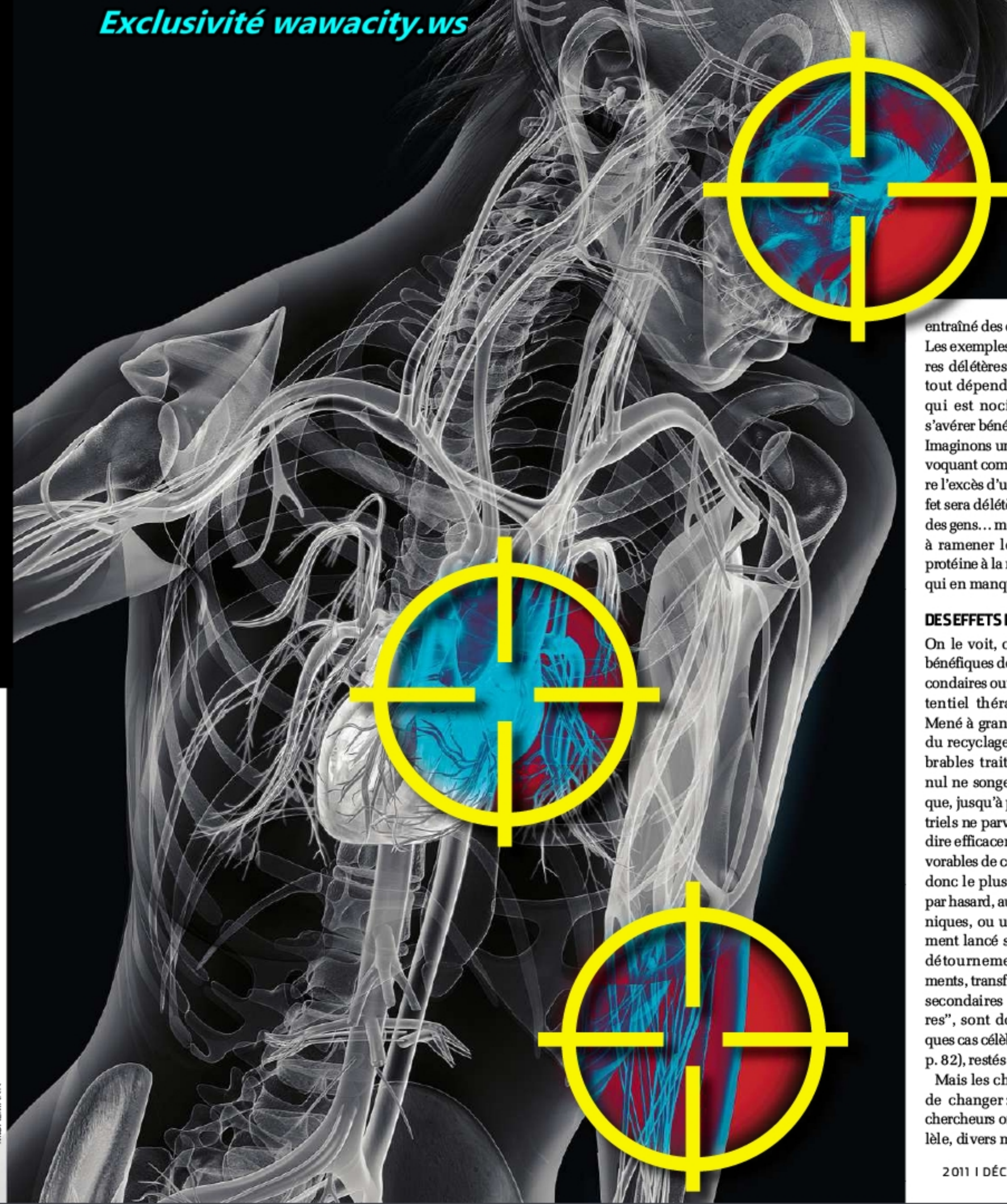
M. SAEMANN

entraîné des cas de narcolepsie. Les exemples d'effets secondaires délétères sont légion. Mais tout dépend pour qui ! Car ce qui est nocif chez l'un peut s'avérer bénéfique chez l'autre. Imaginons un médicament provoquant comme effet secondaire l'excès d'une protéine : cet effet sera délétère chez la plupart des gens... mais il pourrait aider à ramener le niveau de cette protéine à la normale chez ceux qui en manquent !

DES EFFETS BÉNÉFIQUES !

On le voit, chercher les effets bénéfiques derrière les effets secondaires ouvre la voie à un potentiel thérapeutique inédit. Mené à grande échelle, cet art du recyclage augure d'innombrables traitements auxquels nul ne songeait jusqu'ici. Sauf que, jusqu'à présent, les industriels ne parvenaient pas à prédire efficacement les usages favorables de ces effets. Ils étaient donc le plus souvent observés par hasard, au cours d'essais cliniques, ou une fois le médicament lancé sur le marché. Les détournements de médicaments, transformant leurs effets secondaires en effets "primaires", sont donc, hormis quelques cas célèbres (voir encadrés p. 82), restés peu nombreux.

Mais les choses sont en train de changer : des équipes de chercheurs ont trouvé, en parallèle, divers moyens de pré-



ILS SONT NÉS D'EFFETS SECONDAIRES...



ATUL BUTTE
UNIVERSITÉ STANFORD
(ÉTATS-UNIS)

Comment un médicament quel qu'il soit pourrait-il n'avoir qu'un seul effet ?

→ dire les effets thérapeutiques de molécules nouvelles, avant même qu'elles soient testées chez l'homme. Ils ont, pour cela, suivi des pistes qui, trop simples, n'avaient encore jamais été envisagées...

La première, explorée par l'équipe d'Atul Butte, consiste simplement à croiser deux bases de données disponibles gratuitement sur Internet : la première recense les effets de 164 médicaments sur l'expression des gènes dans des cellules humaines ; la seconde décrit les effets de 100 pathologies différentes sur ces expressions de gènes. Les chercheurs ont alors comparé ces profils d'expression sur la base de l'hypothèse que tous les médicaments ayant une action génétique inverse de celle d'une maladie seraient de bons candidats pour traiter cette dernière.

FAITS & CHIFFRES

En 2007, l'industrie pharmaceutique a investi près de **40 milliards de dollars** en recherche et développement pour **19 nouveaux médicaments** approuvés par l'agence américaine. Le nombre le plus bas depuis 1983. En 1996, **56 nouveaux médicaments** avaient été lancés pour moins de **20 milliards de dollars** d'investissement.

Viagra : de l'angine de poitrine à la dysfonction érectile

L'effet secondaire le plus rentable de l'Histoire ! En 1991, Pfizer lance un essai clinique avec le sildénafil, une molécule censée traiter les angines de poitrine. Les effets sont décevants au niveau cardiovasculaire, mais les volontaires rapportent des effets secondaires troublants : tout désir sexuel provoque chez eux des érections fortes et durables. Un essai sur 3 700 hommes impuissants est donc mené de 1993 à 1995. Le Viagra est né... Des dizaines de millions de boîtes en sont vendues chaque année.

Une logique payante. De nombreux appariements proposés par cette méthode correspondaient en effet à des traitements déjà sur le marché, confirmant la fiabilité des prédictions. Sur-tout, les chercheurs ont vérifié *in vivo* la validité de deux appariements médicament-maladie qui ne correspondaient à aucun traitement actuel. La cimétidine, aujourd'hui prescrite contre l'ulcère, a réduit, comme prédit, la croissance de tumeurs du poumon chez des souris ; tandis que l'antiépileptique topiramate a diminué, là aussi comme prévu, les symptômes de colites chez des rats. Au total, sur les 16 400 associations médicament-maladie étudiées, près de 1 500 présentaient des profils opposés, laissant penser à un effet bénéfique de la molécule ! Des candidats ont ainsi été mis en évidence pour plus de la moitié des maladies testées. Un ratio qui devrait encore s'améliorer, car "les bases de données sur les médicaments devraient fortement s'élargir dans les prochaines années", promet Atul Butte.

Ce n'est pas tout. En juin dernier, des chercheurs de l'université de Tel-Aviv ont démontré

l'efficacité d'une autre méthode. Baptisée Predict, elle vise à regrouper des médicaments et des maladies en fonction de la proximité de leurs effets sur l'organisme. Les chercheurs testent alors chaque médicament pour toutes les maladies proches de celle pour laquelle il a été développé. Et inversement : ils testent sur chaque maladie tous les médicaments proches de celui qui la soigne.

UN POTENTIEL FANTASTIQUE

Là encore, le concept est confondant de simplicité... et donne de très bons résultats. "Plus de 90 % des combinaisons qui sont ressorties positives de notre analyse correspondaient à des traitements existants", se réjouit Roded Sharan, directeur des travaux. Appliquée à de nouvelles molécules, la méthode a livré des combinaisons médicament-maladie inédites, ainsi que 27 % des traitements actuellement testés par l'industrie pharmaceutique. Quelques boucles de calcul rattrapent ainsi des années de recherche...

A Lille, au pôle de Recherche interdisciplinaire pour le médicament, Benoît Deprez et Terrence Beghyn explorent une

Baclofène : du torticolis à l'alcoolisme

Le traitement miracle contre l'alcoolisme se cachait depuis des années dans un médicament contre les torticolis ? Suspecté chez le Baclofène, cet effet a été rendu célèbre par le cardiologue français Olivier Ameisen, qui raconte dans *Le Dernier Verre*, publié en 2008, comment il a réussi à sortir de l'alcoolisme en prenant de très fortes doses de Baclofène. Un essai clinique vient de débiter. Résultats attendus en 2013.

Avastin : du cancer du côlon à la cécité due à l'âge

Pour un prix 40 fois moindre, l'Avastin, prescrit contre le cancer du côlon, protégerait aussi bien contre la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) que Lucentis, le traitement spécifique ! Depuis que cet effet aurait été observé par hasard, en 2005, par un ophtalmologue atteint de ces deux maux, de nombreux médecins préfèrent prescrire l'Avastin, dont la dose coûte 30 €... plutôt que Lucentis à 1200 € la dose.

autre piste. Ils testent les effets des médicaments sur des cultures de cellules de patients atteints de maladies génétiques rares, afin de déceler ceux qui entraînent un retour à une expression normale des gènes. "Une molécule donne déjà des résultats très encourageants", révèle Benoît Deprez.

L'avantage de toutes ces méthodes ? Contrairement aux stratégies employées jusqu'alors par l'industrie pharmaceutique, elles reposent sur des tests sys-

tématiques qui ne nécessitent aucune hypothèse initiale sur le fonctionnement du médicament. Car, pour Benoît Deprez, "les systèmes biologiques sont trop complexes pour modéliser les effets des médicaments sur eux". C'est donc un retour à l'empirisme, et une leçon d'humilité pour les laboratoires, qui communiquent sur leurs futurs traitements personnalisés, ciblés... mais qui sont bien en peine de produire de nouveaux médicaments.

Aspirine : de l'antidouleur à la prévention des accidents vasculaires

Une utilisation aujourd'hui essentielle du célèbre acide acétylsalicylique provient de ce qui fut longtemps considéré comme son principal effet indésirable ! C'est en effet en cherchant à comprendre pourquoi cet antidouleur favorisait les hémorragies, que des chercheurs ont mis au jour, en 1967, son action anticoagulante. Il aura donc fallu attendre les années 1970 pour que cette molécule centenaire soit utilisée dans la prévention des accidents vasculaires.

L'intérêt pour l'industrie pharmaceutique est évident. Développer plusieurs traitements différents à partir d'une même molécule active est en effet plus rapide et moins coûteux que de produire une nouvelle molécule pour chaque maladie. Car la pharmacocinétique (la manière dont la molécule est dégradée par l'organisme), la pharmacodynamique (la manière dont cette molécule agit sur le →

16 400 MOLECULES TESTÉES

L'équipe d'Atul Butte a dressé ce tableau en comparant les effets de chaque médicament et de chaque maladie sur



→ corps), ainsi que la sécurité du produit sont déjà connues. Les premières phases de tests sont donc évitées. "C'est la recherche de demain!", s'enthousiasme ainsi Catherine Lassale, directrice scientifique au LEEM, la fédération des entreprises du médicament présentes en France. Les médicaments perdant leur brevet d'exploitation au bout de vingt ans, l'utilisation de cette méthode par les entreprises pharmaceutiques devrait se faire pour des molécules "encore en développement, ou qui ont récemment obtenu une autorisation de mise sur le marché pour une première indication", prédit Catherine Lassale. Le recyclage de vieux médicaments, notamment pour fabriquer de nouveaux traitements contre des maladies actuellement incurables, devrait quant à lui être réservé à de plus petits laboratoires.

Mais cette stratégie est-elle aussi une bonne nouvelle pour le patient? Pour Roded Sharan,



BENOÎT DEPREZ

PÔLE DE RECHERCHE
INTERDISCIPLINAIRE POUR LE MÉDICAMENT (LILLE)

Les systèmes biologiques sont trop complexes pour modéliser les effets des médicaments

LA LOI A CHANGÉ

Le projet de loi sur le médicament, adopté par les députés en octobre, devrait enfin mener à un encadrement plus strict des prescriptions hors autorisation de mise sur le marché (AMM). Médicaments développés pour une maladie et prescrits pour une autre, destinés aux adultes et donnés aux enfants, prévus pour une posologie précise et pris à plus fortes doses... Les prescriptions hors AMM, indispensables pour des maladies ne disposant pas de traitements spécifiques (cer-

taines maladies pédiatriques, rares...), représentent en effet 15 à 20 % du total des prescriptions en France. La nouvelle loi prévoit cependant d'obliger les médecins à en informer patients et pharmaciens en le mentionnant sur l'ordonnance. Les autorités de santé devraient aussi pouvoir exiger des industriels qu'ils lancent des essais cliniques sur la nouvelle indication en cas d'utilisation hors AMM trop importante.

cela ne fait aucun doute: leur utilisation devrait en effet permettre *"un saut important dans le nombre de médicaments, notamment pour soigner les maladies encore incurables"*. Mais la recherche en amont des effets multiples d'une molécule assurera également plus de sécurité aux patients.

SOIGNER LES MALADIES RARES

En effet, quand un médicament présente un effet secondaire intéressant pour d'autres malades que ceux initialement visés, les médecins peuvent leur prescrire la molécule malgré l'absence d'autorisation de mise sur le marché (AMM) pour cette indication: ce sont les prescriptions hors AMM (voir encadré ci-dessus). Le rapport bénéfice/risque est alors inconnu, ce qui comporte un danger sérieux comme l'a démontré l'affaire du Mediator, destiné aux diabétiques mais prescrit à des personnes souhaitant perdre du poids. Prévoir ces détournements en amont permettrait donc de s'assurer que leur rapport bénéfice-
risque est bien favorable.

Cette méthode pourrait aussi accélérer le développement de

traitements contre les maladies rares, aujourd'hui largement ignorées des grands groupes pharmaceutiques. Le développement de molécules spécifiques contre des pathologies qui ne touchent que quelques milliers de personnes n'est en effet pas rentable pour ces entreprises. Or, la prédiction des multiples effets d'une molécule permet d'utiliser un médicament pour traiter à la fois des maladies fréquentes et des maladies rares. Comme dans le cas du Glivec, mis sur le marché en 2001 par Novartis pour soigner la leucémie myéloïde chronique, une forme de cancer très rare, dont l'indication a très rapidement été étendue à des cancers plus fréquents... rapportant finalement des milliards de dollars au groupe suisse.

Les méthodes systématiques du type de celles qui viennent d'être développées promettent de multiplier ces exemples de détournements réussis de médicaments. Le gros du travail est fait; ne reste plus aux industriels qu'à en cueillir les fruits. A eux de décrocher le regard de l'horizon pour découvrir, à leur pied, la formidable récolte qui les attend... et qu'attendent les patients. ■

TARIF SPECIAL NOËL
OFFREZ OU OFFREZ-VOUS UN ABONNEMENT À SCIENCE & VIE

Bénéficiez d'une
réduction de

30%

soit 3 numéros gratuits

35€
seulement

**1 an d'abonnement
12 numéros**



BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à:
SCIENCE & VIE - TSA 10005 - 8 RUE FRANCOIS ORY 92543 MONTROUGE CEDEX

Oui, je m'abonne
à **Science & Vie**
1 an - 12 numéros pour
seulement 35€ au lieu de 50,40€

je m'abonne à
Science & Vie
12 n°+ les 4 hors-séries
pour 49€ au lieu de 70€



PLUS D'OFFRES ET D'AVANTAGES SUR
WWW.kiosquemag.com

➤ **Voici mes coordonnées :**

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Complément d'adresse (résidence, lieu dit, bâtiment...) :

Code Postal : Ville :

Tél : [] [] [] [] [] [] [] [] Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrions vous contacter si besoin
pour le suivi de votre abonnement

E-mail:

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

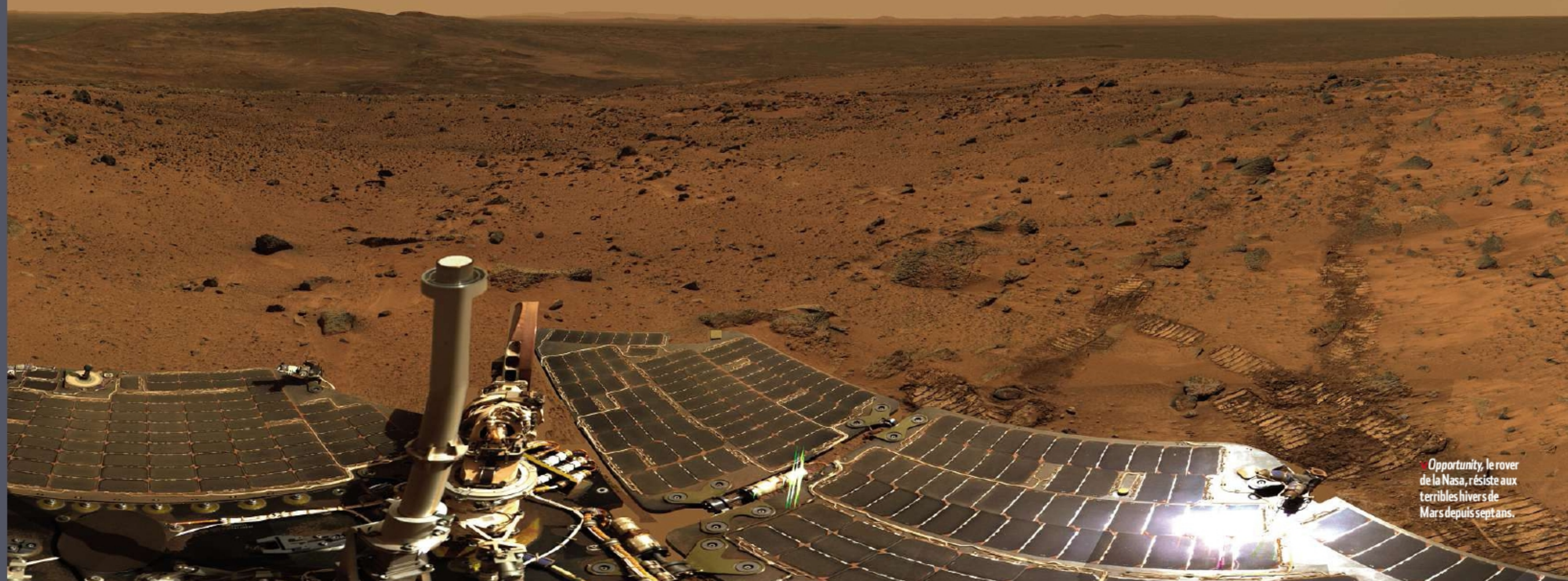
➤ **Mode de paiement :** ☐ Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie

| _____

Expire à fin					Code Crypto			
--------------	--	--	--	--	-------------	--	--	--

Les 3 chiffres au dos de votre C2

*Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1^{er} abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 28/02/2012. Après enregistrement de votre demande, vous recevrez sous 3 semaines votre premier numéro. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. Conformément à la loi « informatique et libertés » du 6 janvier 1978, cette opération donne lieu à la collecte de données personnelles pour les besoins de l'opération ainsi qu'à des fins de marketing direct. Ces informations sont nécessaires pour le traitement de votre commande. Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification des informations vous concernant ainsi que votre droit d'opposition, en écrivant à l'adresse ci-après. Vous êtes susceptible de recevoir des propositions commerciales de notre société pour des produits et services associés aux objets de l'opération. Si vous ne le souhaitez pas, veuillez cocher la case ci-contre. ☐ Science & Vie - Services Abonnements 8 rue François Ruy 92543 MONTROUGE C. EDEX - Mondadori Magazines France SAS RCS 472 791 262 MATIERE



Opportunity, le rover de la Nasa, résiste aux terribles hivers de Mars depuis sept ans.

SONDES, ROVERS, SATELLITES...

CES ROBOTS QUI REFUSENT DE MOURIR

Ils furent envoyés à la conquête de l'espace ; ils rapportèrent moult informations ; leur mission terminée, ils auraient dû cesser de fonctionner. Eh bien non ! Parmi tous les engins robotisés que l'homme a expédiés dans le cosmos, certains n'en finissent pas de jouer les prolongations, continuant d'émettre ou d'explorer bien au-delà de ce qui était prévu. Pour rien ni personne, parfois. Nous avons retrouvé la trace de 5 de ces "Wall-e" abandonnés. Hommage.

PAR VINCENT NOUYRIGAT

Bip, bip, bip... Du fin fond du système solaire, les battements de leur cœur électronique nous parviennent encore. Alors qu'on ne leur donnait au départ que quelques mois à vivre, ces satellites, rovers et autres sondes spatiales sont toujours vivants après plusieurs décennies de bons et loyaux services. Une magnifique pugnacité qui, techniquement inattendue, suscite l'admiration des ingénieurs.

Car, *a priori*, survivre plus que de raison dans l'espace n'est pas gagné. Même s'ils sont conçus pour voyager dans le système solaire, une fois qu'ils sont lâchés dans le vide inter-sidéral, les robots doivent y affronter, seuls et presque sans assistance, toutes sortes de dangers. Rencontre brutale avec une météorite, tornades de particules cosmiques aptes à griller leurs circuits électroniques – autant dire leur système nerveux –, accident de terrain,

enlèvement, défaillances inexplicables... "On craint encore plus les énormes variations de température de l'ordre de 300 °C sur la Lune, entre le jour et la nuit, qui, par cycles de dilatations-contractions, fragilisent leurs organes mécaniques", s'inquiète Francis Rocard, chargé de l'exploration à l'Agence spatiale française. Des conditions extrêmes auxquelles les agences préparent avec le plus grand sérieux leurs créatures *via* les tests les plus sévères. Résultat : robustesse, simplicité et doublons caractérisent le squelette de ces explorateurs automatisés. On ne mégote pas non plus sur les réserves de carburant, garantes du maintien du vaisseau dans la bonne position... "Parfois même avec des marges excessives, au détriment de l'installation d'autres instruments scientifiques à bord", remarque Francis Rocard.

"ILS NE SONT PAS CLINIQUEMENT MORTS"

Alors, à force de précautions, le miracle se produit parfois : certains robots refusent de mourir, continuant leur mission coûte que coûte, obstinément, en dépit de tout ! Ce qui pose un cas de conscience : faut-il les débrancher ? L'idée est parfois évoquée, mais l'euthanasie est une décision des plus délicate... Prenez le cas du satellite d'observation astronomique *IUE* lancé le 26 janvier 1978 : prévu pour durer entre trois et cinq ans, il aura fallu dix-huit ans pour que, au terme de palabres épiques entre ceux qui estimaient en avoir encore besoin ou pas, ordre lui soit donné de prendre enfin un repos bien mérité *via* la vidange à distance de ses soutes. Une décision autoritaire qui n'est peut-être pas le pire de ce qui attend ces papys de l'espace, menacés de sombrer dans l'oubli. Parce que, au fil des ans, de petits nouveaux toujours plus puissants et précis sont apparus, captant toute l'attention de la communauté scientifique. Et tant pis pour les vieux ! Pourtant, parmi les quelque 2 000 satellites à la retraite qui tournent au-dessus de nos têtes, certains respirent encore, et essaient peut-être même de nous parler. "Beaucoup de ces appareils ne sont pas cliniquement morts, avance Alice Gorman, pionnière de l'archéologie spatiale (voir encadré ci-contre). Pourquoi ne pas essayer d'en réanimer certains et d'en tirer quelque chose ?" A l'image de la Chine qui utilise certains de ses satellites géostationnaires placés en "orbite cimetière". Quoi qu'il en soit, ces héros métalliques qui refusent de mourir méritent bien un hommage. Voici le nôtre, en images.

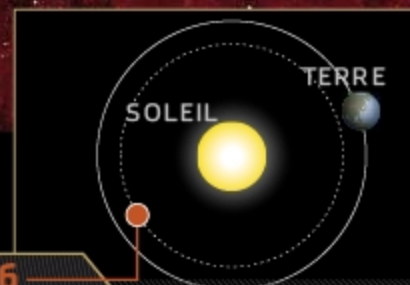
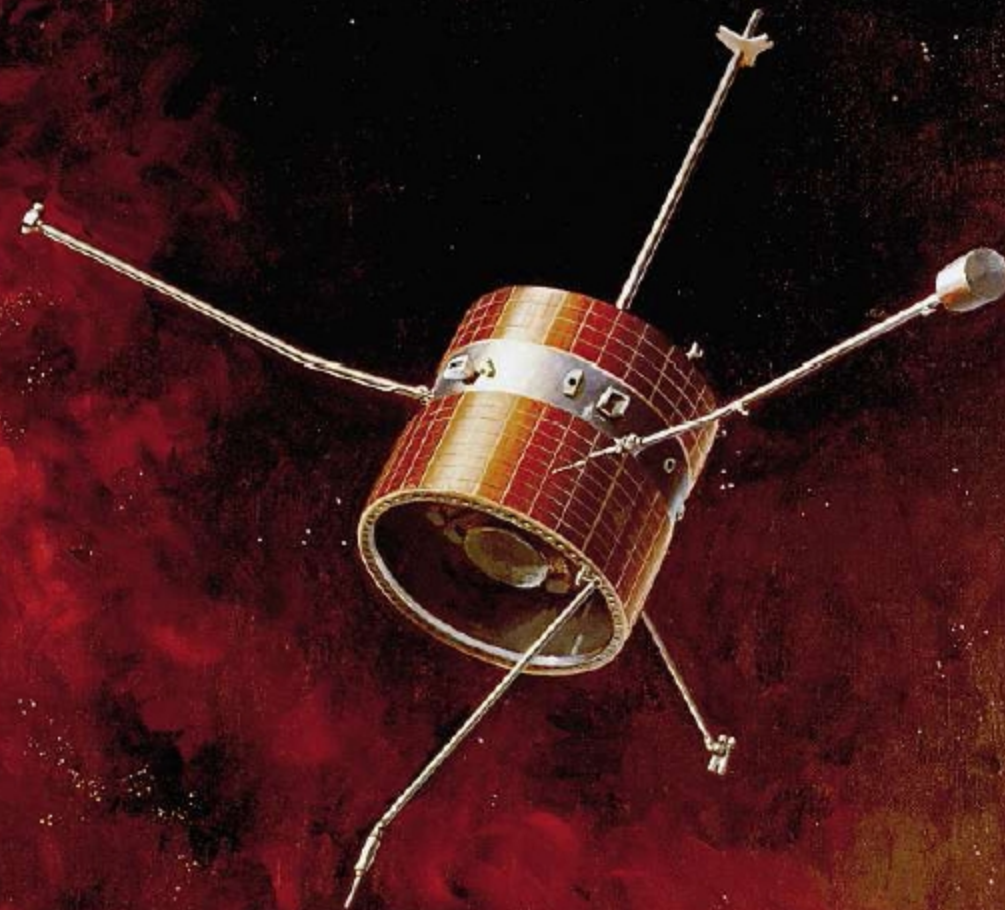
M.KONTENTE - NASA AMES

L'ARCHÉOLOGIE SPATIALE : UNE NOUVELLE DISCIPLINE ?

Alors que toutes les agences spatiales souhaitent débarrasser l'orbite terrestre de ces débris et satellites hors d'usage, quelques voix s'élèvent pour s'y opposer. Ainsi Alice Gorman, archéologue à l'université de Flinders (Australie), estime que certains de ces astronefs constituent un véritable patrimoine historique à préserver en orbite : "Je pense par exemple à Vanguard 1, le doyen des satellites encore en orbite, à Syncom 3, premier satellite géostationnaire lancé à

l'occasion des J.O. de 1964, ou encore à Astérix qui a fait de la France en 1965 la troisième nation spatiale."

Les astronomes de l'université de Glamorgan (Royaume-Uni) viennent de leur côté de se lancer à la recherche de la partie supérieure du module de la mission *Apollo 10*. Celui-ci, baptisé Snoop, avait volontairement été éjecté de l'orbite sélène. Et, depuis quarante-deux ans, ce morceau de patrimoine technologique tourne autour du Soleil sans que personne n'en connaisse la position. Une quête qui laisse rêveur...

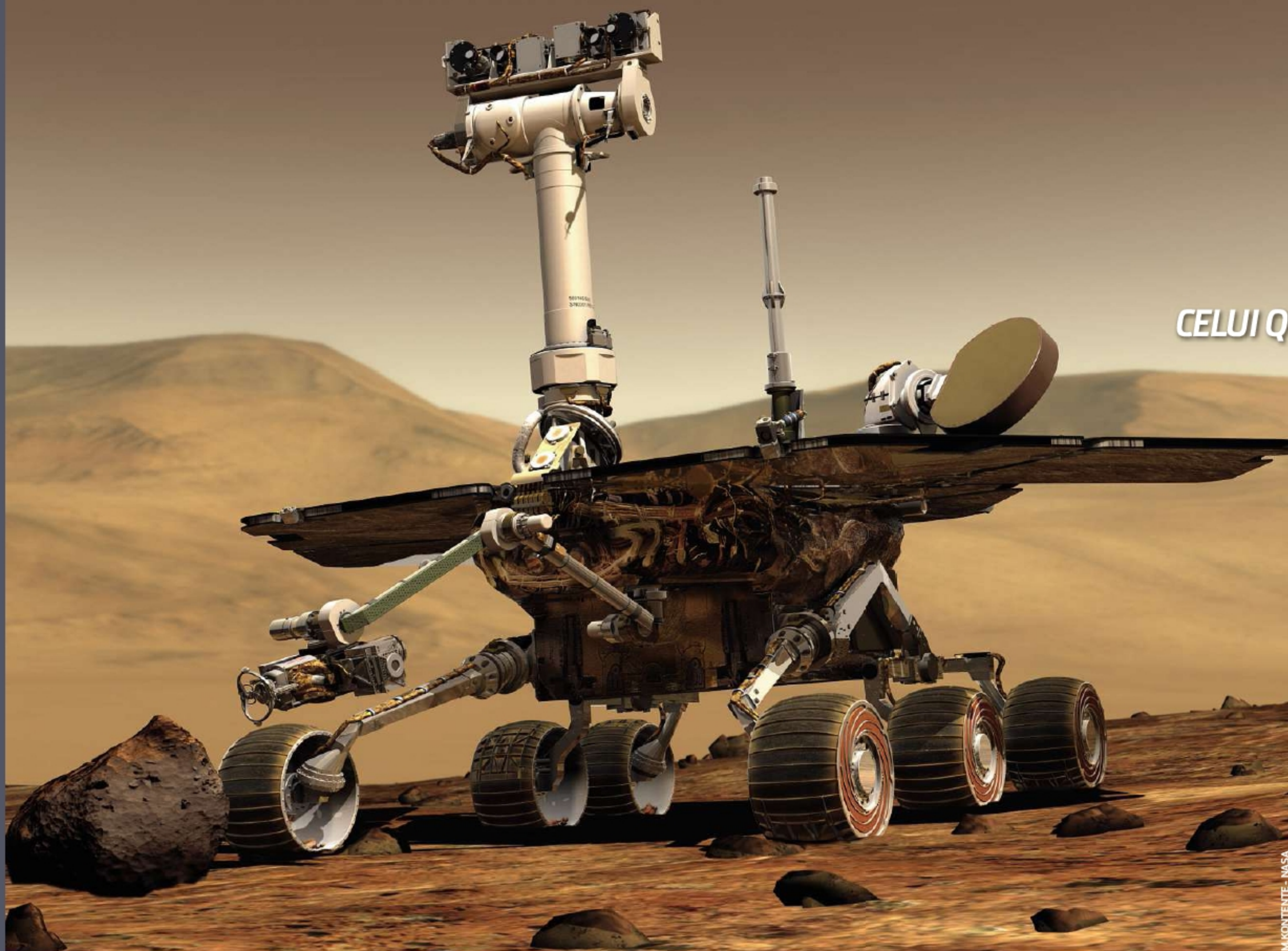


PIONEER 6

TYPE	Sonde
PAYS	Etats-Unis
MISSION	Analyse du vent et du champ magnétique solaire
DÉBUT DE LA MISSION	16 décembre 1965
DURÉE PRÉVUE	6 mois

CELLE QUE L'ON N'ÉCOUTE MÊME PLUS

Et dire que cet engin a été conçu pour fonctionner six mois ! Quarante-six ans après son lancement, *Pioneer 6* continue de mouliner des données... mais plus personne ne l'écoute. Oh, bien sûr, la santé du plus vieux vaisseau spatial en activité est vacillante et ses panneaux photovoltaïques sont sérieusement érodés, il n'empêche : ses instruments de mesures du plasma et des rayons cosmiques fonctionnent encore. "Mais voilà, notre réseau d'antennes d'écoute de l'espace profond est mobilisé par des projets récents et plus intéressants", avoue Lawrence Lasher, directeur à la Nasa des programmes *Pioneer*. La dernière conversation détaillée avec *Pioneer 6* remonte au 8 décembre 2000. La Nasa lui reproche de rater ? Pourtant, cette petite sonde rustique s'accroche à la vie.

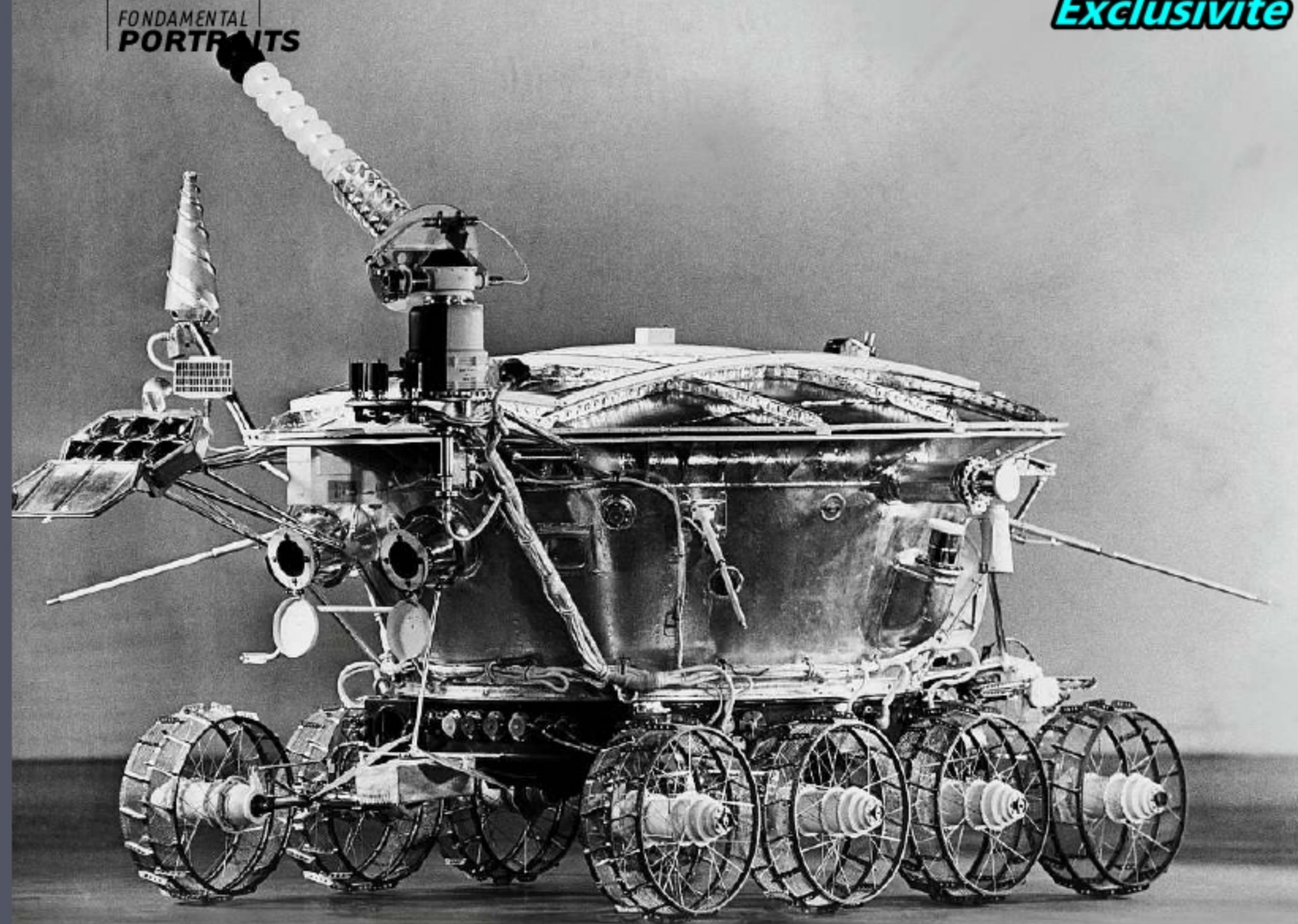
**OPPORTUNITY**

TYPE	Rover
PAYS	Etats-Unis
MISSION	Recherche d'indices géologiques d'écoulements d'eau passés
DÉBUT DE LA MISSION	25 janvier 2004
DURÉE PRÉVUE	3 mois

CELUI QUI S'ÉTERNISE SUR MARS

Imaginez un soldat envoyé en mission pour trois mois, et qui bataillerait sept ans sans rechigner... Le rover *Opportunity* est de cette trempe-là ! Construit pour rouler quatre-vingt-dix jours dans les conditions clémentes de l'été martien, ce fleuron de la Nasa résiste depuis 2004 aux épouvantables hivers de la planète rouge. Des hivers qui, caractérisés par un froid glacial (-100°C) combiné au faible ensoleillement illuminant les panneaux solaires – sources du chauffage électrique –, menacent organes électroniques et batteries d'une hypothermie fatale. Certains n'y ont pas résisté comme les robots *Phoenix*, en 2008, et *Spirit*, en 2010. Sans parler de la menace permanente de la poussière martienne qui encrasse les panneaux solaires. John Callas, responsable d'*Opportunity* à la Nasa depuis 2006, explique cette longévité par la bonne constitution de son protégé et son entraînement intensif avant le décollage. Mais "il a eu aussi un brin de chance, reconnaît-il. Des coups de vent ont débarrassé ses panneaux solaires de leur poussière faisant repartir sa production d'énergie". *Opportunity* a pourtant déjà frisé le coma rappelle son collègue Steve Squyres: "J'ai eu sa dernière heure arrivée lors d'une monumentale tempête de sable qui, en juillet 2007, bloqua les rayons du Soleil." Aujourd'hui, ce vieux grognard ne peut plus bouger le bras, ses roues menacent de rompre... Mais la Nasa ne le laissera pas tomber: elle attend de lui d'autres découvertes.

M. KONTENTE - NASA



CELUI QUI ATTEND QU'ON S'OCCUPE DE LUI

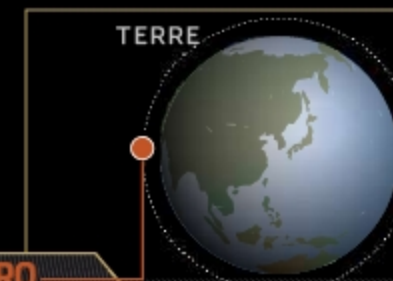


LUNAKHOD

TYPE	Rover
PAYS	URSS
MISSION	Exploration de la surface lunaire, mesure de la distance Terre-Lune
DÉBUT DE LA MISSION	10 novembre 1970
DURÉE PRÉVUE	11 mois

Déclaré cliniquement mort le 4 octobre 1971 par les Soviétiques, ce robot n'a pourtant jamais cessé de mobiliser les scientifiques. Car après avoir exploré la Lune, ce mastodonte de 750 kg doté d'un miroir devait s'échouer à un endroit précis pour permettre de mesurer la distance Terre-Lune par des tirs laser. Seulement voilà : on a eu beau arroser la zone de rayons... Aucune trace de Lunakhod 1. "Jusqu'à ces dernières années, je consacrais encore 10 min par-ci par-là à sa poursuite...", raconte Tom Murphy, responsable du pointeur laser Apache (Nouveau-Mexique). Les Soviétiques avaient-ils mal garé leur robot ? A-t-il été recouvert de poussière par l'impact d'une météorite ? Le capot protecteur du miroir s'est-il refermé ? Mystère... jusqu'à ce qu'en mars 2010 une sonde américaine repère un petit point blanc. Le 22 avril 2010, Tom Murphy pointe son laser dessus. Et reçoit un signal éblouissant. "On tirait simplement à côté, explique-t-il. Et après 40 ans de mutisme, il a beaucoup à dire !" Même s'il a expiré il y a longtemps, sa mission n'est pas finie...

CELUI QUI PARLE DANS LE VIDE



PROSPERO

TYPE	Satellite
PAYS	Grande-Bretagne
MISSION	Prestige national et, accessoirement, analyse des micrométéorites
DÉBUT DE LA MISSION	28 octobre 1971
DURÉE PRÉVUE	2 ans

Unique satellite de Sa Majesté à avoir été lancé par une fusée britannique pur jus, Prospero circule depuis quarante ans au-dessus de nos têtes, toujours alimenté par ses panneaux solaires. Même si cette dérisoire machine de 60 kg n'a jamais servi à grand-chose, une équipe du *so british* laboratoire spatial Mullard s'est mis en tête de vérifier si elle répondait toujours... Problème : le dernier contact radio établi remonte à 1996 et, depuis, la station de réception de ses signaux a été démantelée, sa fréquence de communication réattribuée et tous les détails techniques se sont évaporés. "Il nous a fallu plonger dans les archives nationales, raconte Adrien Content, un étudiant impliqué dans le projet. Notre manœuvre revient à réactiver une télévision en veille." Prospero sortira-t-il de son coma ? Le résultat de cette réanimation se fait attendre...



M.KONTENTE - KEYSTONE - SPPL/CETTY



CELLE QUI ERRE SANS FIN

Le parcours de cette sonde trentenaire n'est pas banal : après avoir exploré, comme prévu, Jupiter, Saturne et Titan, la Nasa avait décidé, en 1980, de prolonger son aventure en la propulsant... hors du système solaire. Bien lui en a pris : depuis l'espace profond, à 17,4 milliards de kilomètres de la Terre, *Voyager 1* répond toujours. Elle n'est pas trop à plaindre : "Le milieu interstellaire qu'elle traverse est assez dément", signale Lawrence Lasher de la Nasa. Et *Voyager 1* porte encore beau : ses batteries, qui turbinent au plutonium 238, promettent de tenir au moins jusqu'en 2020. Elle semble même avoir conservé toute sa souplesse : en mars dernier, elle a encore effectué la culbute pour orienter au mieux ses capteurs, alors qu'elle s'apprête à quitter la zone d'influence du Soleil. Bref, rien ne semble pouvoir lui arriver... sauf qu'en fuyant à 17 km/s, son signal devient toujours plus difficile à décoder. Au risque de ne jamais recueillir ses dernières paroles...

M. KONTENTE - NASA

VOYAGER 1	
TYPE	Sonde
PAYS	Etats-Unis
MISSION	Exploration de Jupiter et Saturne
DÉBUT DE LA MISSION	5 septembre 1977
DURÉE PRÉVUE	3 ans

400 MORTS/JOUR
JE NE PRENDS PAS CE RISQUE
JE ME TESTE ET JE M'INFORME

www.fedecardio.com

Tabac, hypertension artérielle, cholestérol, diabète... autant de risques pour moi
Avec la Fédération Française de Cardiologie, j'aime mon cœur



Placer des électrodes sur son crâne et, quelques décharges électriques plus tard, voir ses capacités cérébrales améliorées. Validée par nombre de travaux scientifiques, cette méthode rudimentaire de stimulation ouvre une nouvelle voie : celle du "lifting de la cognition" à la portée de tous.

PAR FRANÇOIS LASSAGNE

Exclusivité wawacity.ws

CERVEAU

LE DOPER À L'ÉLEC TRICITÉ DEVIENT TENTANT



▲ Au Brmlab de Prague, Petr Navrátil, jeune neurobricoleur de 26 ans, a réalisé sur lui-même une quarantaine d'expériences pour doper ses capacités cognitives !

neurosciences affirme que lors de ses essais, en fonction de l'emplacement des électrodes, l'acuité de sa vue, l'intensité de sa réflexion et sa facilité de lecture se sont améliorées.

Fort de ces résultats, il n'a pas hésité à "équiper" le crâne de certains membres de sa famille souffrant de maux de tête, apposant sur leur scalp les deux électrodes "faites main" reliées au boîtier électronique de son cru. "La douleur disparaît ! Ça marche mieux que les médicaments", s'enthousiasme le neurobricoleur.

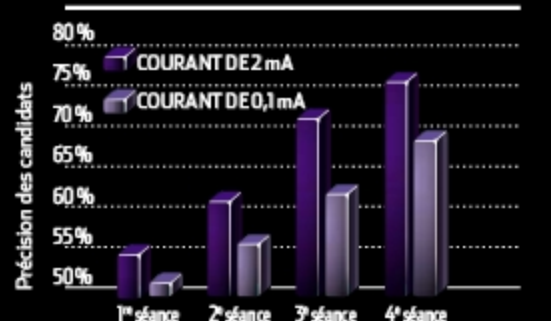
Trop beau pour être vrai ? Après presque deux siècles d'essais peu fructueux, l'idée de stimuler le cerveau avec du

AGILITÉ, LOGIQUE, VISION : 3 EXPÉRIENCES CLÉS



La stimulation électrique permet de...

Pour détecter des objets suspects, les candidats stimulés à 2 mA étaient plus performants



...mieux distinguer les détails visuels d'une scène

Relever, comme des soldats en zone dangereuse, les détails suspects (bidons abandonnés, silhouettes sur un immeuble) de scène urbaine présentée sur écran... Telle était la mission de la centaine de volontaires de l'expérience menée en 2010 par Vincent

Clark du département de psychologie de l'université du Nouveau-Mexique (Etats-Unis). Les volontaires qui ont reçu du courant de 2 mA ont amélioré de 87 % leur capacité à détecter des détails cachés par rapport à ceux qui ont reçu une stimulation quasi-nulle de 0,1 mA.

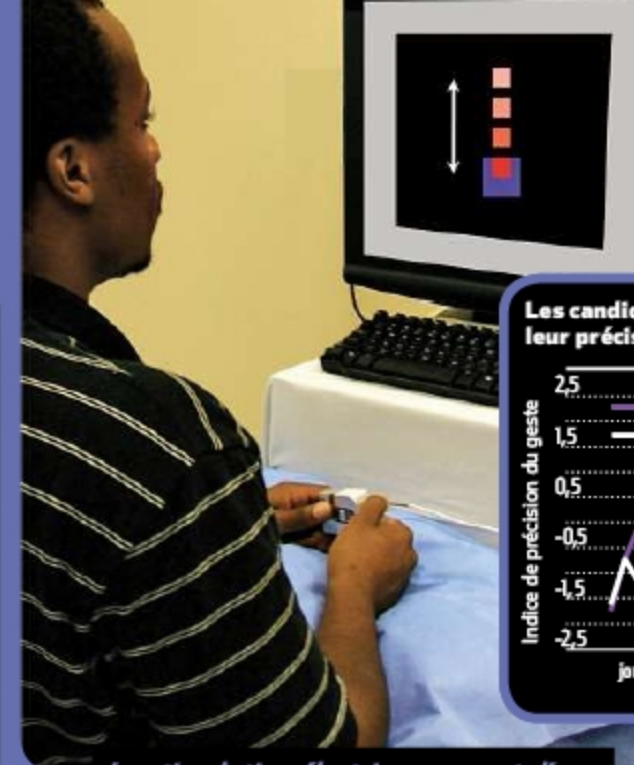
mois de février. Le hacker pragois assure que les courants qu'il s'applique affinent sa vision ? C'est, cette fois, l'équipe de Vincent Clark, de l'université du Nouveau-Mexique, appuyé par le département de recherche de l'armée américaine, qui lui donne raison. Quant au contrôle du mouvement, il est aussi concerné comme l'ont montré, il y a trois ans, Leonardo Cohen et ses collègues de l'Institut national de la santé à Bethesda, aux Etats-Unis.

Reste la stimulation électrique contre les maux de tête : eh bien, elle fait écho aux résultats obtenus en 2006 par l'équipe de

Felipe Fregni, chercheur au Centre de stimulation cérébrale non invasive à Boston, auprès de patients souffrant de douleurs musculaires chroniques.

AMÉLIORER L'APPRENTISSAGE

Cette simplissime technique de stimulation du cortex serait-elle donc capable de jouer sur tous les tableaux de la vie cérébrale ? On est tenté de le croire à la lecture de publications scientifiques qui rapportent également des effets d'amélioration de la lecture, de la mémoire de travail ou encore de la qualité du sommeil (voir tableau p. 101). Mais comment expliquer →



La stimulation électrique permet d'...

...améliorer la précision de ses mouvements

Agir vite ou agir précisément : tel est le compromis auquel sont soumis tous nos mouvements. En 2009, Janine Reis, de l'Institut national des troubles neurologiques de Bethesda (Etats-Unis), a testé la capacité à allier au mieux vitesse et précision chez 24 volontaires chargés de déplacer un curseur en des

points donnés d'un écran, par simples pressions sur une manette, en un temps limité. La moitié des volontaires recevait une stimulation, l'autre non. Résultats : ceux dont le cerveau était stimulé ont vu leur capacité à allier vitesse et précision s'améliorer plus vite et davantage, sur 5 jours, que les autres.

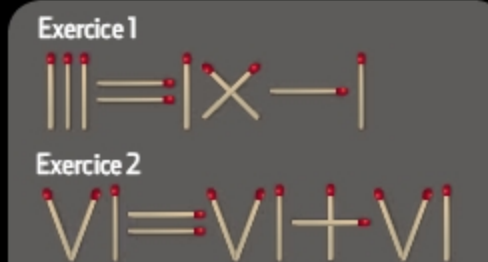
Les candidats électriquement stimulés améliorent leur précision gestuelle plus rapidement



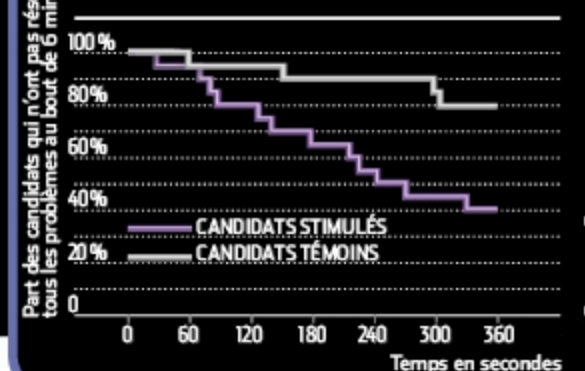
La stimulation électrique permet de...

...mieux résoudre des problèmes mathématiques

Le défi : corriger des équations écrites en chiffres romains avec des allumettes. Les soixante volontaires de l'expérience menée cette année par Alan Snyder, du Centre pour l'esprit, à l'université de Sydney, ont dû résoudre une première série de problèmes en transformant un X en V (ici III = IX-I doit devenir III = IV-I). Ils ont ensuite dû résoudre une deuxième série en transformant cette fois un + en = (ici VI = VI + VI doit devenir VI = VI = VI). Sans stimulation, ils n'étaient que 20 % à réussir, contre 60 % après une stimulation.



Les candidats électriquement stimulés résolvent plus vite les problèmes



Petr Navratil a 26 ans. Et des idées plein la tête. De drôles d'idées... Car cet étudiant en chimie reconver-ti dans les neurosciences a pris son cerveau comme cobaye pour des expériences menées de sa propre initiative ! Cela se passait au Brmlab de Prague, un lieu d'accueil et d'expérimentation pour passionnés de sciences et techniques, que le jeune homme a rejoint l'an dernier. A l'instar des autres *hackerspaces* ayant essaimé ces dernières années en Europe et aux Etats-Unis, le Brmlab se veut un espace de recherche scientifique amateur. Les règles d'usage, l'accès au matériel, le choix des projets de recherche y sont fixés collectivement, sans lien avec le monde académique. Ainsi, en quelques mois, Petr Navratil a réalisé sur lui-même une quarantaine d'essais d'une technique de modification du fonctionnement cérébral : la stimulation trans-crânienne par courant continu – ou tDCS.

UNE SIMPLE PILE DE 9 VOLTS

Derrière ce nom compliqué se cache un équipement en réalité simplissime : une source de courant continu de faible voltage (typiquement, une pile 9 V), un petit montage électronique de régulation du courant, deux électrodes (en pratique, du tissu imprégné d'eau salée) et un bandeau élastique pour plaquer les électrodes sur le crâne. Notre apprenti sorcier en

courant a fini par passer davantage pour du charlatanisme que de la science (voir encadré p. 102). Sauf que les résultats obtenus ces dernières années avec la tDCS, et publiés dans des revues reconnues, rendent les observations du jeune amateur plausibles (voir ci-dessus).

Il prétend avoir amélioré l'intensité de sa réflexion ? Richard Chi et Allan Snyder, de l'université de Sydney, ont aussi réussi à doper les performances mathématiques de volontaires engagés dans le cadre d'une expérience aux résultats statistiquement indiscutables, publiée au

→ qu'on puisse améliorer ses capacités mentales simplement en branchant des électrodes au bon endroit – à l'aplomb du cortex visuel pour la vision, du cortex moteur pour le mouvement, du cortex frontal pour les fonctions cognitives telles la lecture, la mémoire, la logique? En réalité, ce que l'on sait des mécanismes physiologiques induits dans le cerveau par de faibles courants continus semble accréditer l'idée d'une technique de dopage tout terrain.

UN OUTIL ENCORE IMPRÉCIS

En pratique, la tDCS ne provoque aucun comportement nouveau des neurones: elle ne fait que les rendre plus réactifs aux signaux qu'ils échangent entre eux, en modifiant la polarisation électrique de leurs membranes. En clair, elle facilite leur activité. *"La tDCS ne cause rien, explique Jared Horvath, qui donne des cours de tDCS au Centre de stimulation cérébrale non invasive de Boston. Quelle que soit la durée ou l'intensité de la stimulation, la fonction cérébrale visée ne sera améliorée que lors d'exercices portant sur cette capacité précise."*

Voilà qui ouvre tout de même des perspectives qui, sans surprise, intéressent les militaires. Andy McKinley, du Laboratoire de recherche de l'armée de l'air américaine, le reconnaît: *"La littérature scientifique suggère que la tDCS peut améliorer les capacités telles que l'apprentissage d'une langue, la mémorisation ou la prise de décision, ce qui peut avoir des applications très diverses sur le terrain militaire."* Michael Weisend, qui a travaillé avec Vincent Clark sur l'amélioration de la capacité à détecter des objets dans une scène, confirme: *"Je crois que la tDCS*

pourrait être utilisée pour améliorer l'apprentissage, en général, dans de nombreuses situations, aussi bien civiles que militaires."

Reste à savoir comment garantir l'efficacité de la technique pour des tâches aussi variées. Et là... c'est une autre paire de manches.

"Nous devons en apprendre davantage sur comment marche la tDCS afin d'en faire un outil plus précis", tempère Vincent Clark. Car malgré les succès récents, la manière dont de faibles courants appliqués sur la tête affectent le fonctionnement cérébral reste obscure. "Les mécanismes physiologiques théoriquement produits sont simples, explique Jean-Pascal Lefaucheur, professeur au service de physiologie de l'hôpital Henri-Mondor. Mais s'il y a vraiment un effet de po-

LES NEURONES NE FONT RIEN DE NOUVEAU, ILS SONT SEULEMENT PLUS RÉACTIFS

larisation, il reste difficile de déterminer dans quel circuit cérébral et au niveau de quelle électrode l'effet se produira."

Au moins sait-on qu'une partie des courants délivrés sur le crâne, même faibles (quelques milliampères), circule bien à l'intérieur du cortex. Des mesures l'ont montré, chez l'animal notamment, et des modèles informatiques l'attestent (voir

ci-contre, à droite). Mais les mesures n'ont encore rien dit de l'effet précis des courants sur les réseaux de neurones, et les modèles restent très rudimentaires. La lumière commence tout juste à être faite grâce à quelques rares études donnant à voir le cerveau en action (comme par tomographie à émission de positons, ce qui permet de visualiser l'activité cérébrale en temps réel) avant et après la stimulation électrique. *"Si la tDCS revient aujourd'hui sur le devant de la scène, estime Jared Horvath, c'est parce que nous avons désormais les outils d'imagerie pour étudier précisément ses effets: il était temps de 'retourner vers le passé'."*

Un retour qui exige cependant une grande prudence dans l'interprétation des expériences. Ce que Chris Chambers, de l'équipe Neuroscience cognitive au

ANODE	CATHODE	CAPACITÉS AMÉLIORÉES
B2	D	Acuité spatiale
C2	D	Apprentissage du langage
C3,C5	D	Mémoire de travail
C4	D	Fluidité verbale
A4	E	Mémoire déclarative
C2	B3	Dénomination d'images
C5	D	Prise de risque
C5	D	Réduction de la dépression
C3,C5	D	Réduction de la douleur
C5	A5	Dépendance à l'alcool
C4	A4	Compétences mathématiques
C5	D	Capacité de planification
C4	A4	Prise de décision
C2	D	Précision des gestes
A5,A1	F	Discrimination visuelle

D'APRÈS M. A. NITSCHKE ET AL., 2008, « TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION: STATE OF THE ART 2008 », BRAIN STIMULATION DOI: 10.1016/j.brs.2008.06.004

département de psychologie à l'université de Cardiff, résume: *"Il faut être conscient que l'amélioration d'une capacité donnée peut être due à la somme d'effets, à la hausse ou à la baisse, sur d'autres capacités. Faisons l'hypothèse que la tDCS puisse améliorer quelque chose d'aussi complexe que le 'raisonnement déductif'. Comment savoir ce qui s'est vraiment passé? Est-ce le niveau d'attention qui a augmenté? La capacité de concentration sur un certain type de problème? Ou autre chose encore?"*

Faire la part des causes de l'influence de la tDCS sur le comportement est une gageure. Pour y faire face, une seule solution: appliquer la plus grande rigueur scientifique. Ce qui explique l'aspect souvent très basique et artificiel des tâches proposées dans les laboratoires, tout comme la définition d'un protocole strict. Ainsi, après quelques années

UNE STIMULATION AFFINÉE QUI CIBLE LES CAPACITÉS

La stimulation du cerveau par des courants électriques de quelques milliampères peut améliorer des capacités cérébrales aussi variées que la mémoire, la prise de décision, la précision des gestes... Les expériences menées ces dernières années montrent que l'emplacement des électrodes, positive (anode) et négative (cathode), détermine le type d'effet obtenu.

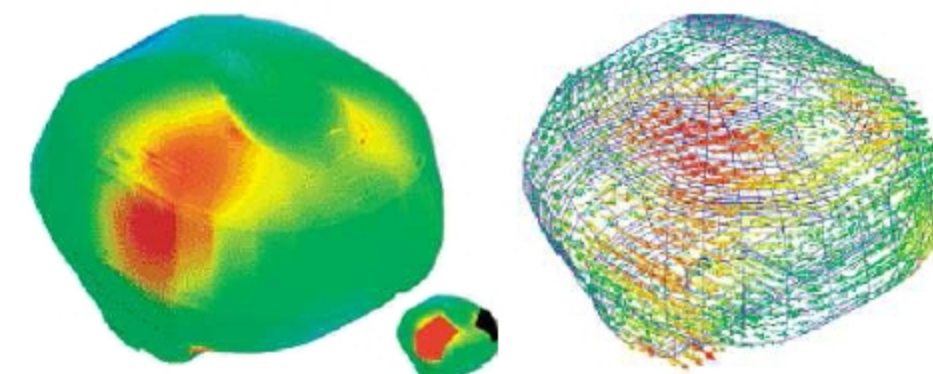
de tâtonnements, les scientifiques s'accordent aujourd'hui sur un ensemble de recommandations sur la gamme des courants appliqués, la nature et le placement des électrodes, ou les durées de la stimulation.

TOUS NEUROBRICOLEURS?

Tout est donc là, à disposition des chercheurs souhaitant tester un nouvel effet ou en confirmer un autre établi au préalable... et à disposition des bricoleurs. Si Petr Navratil, à Prague, a pu s'essayer à la tDCS, c'est tout simplement en piochant dans la littérature scientifique. De même pour Dave Asprey, "serial entrepreneur" de la Silicon Valley qui donne régulièrement des conférences sur l'optimisation individuelle... des électrodes collées aux tempes: *"Je me réjouis du jour où les gens fabriqueront leur propre dispositif de tDCS à la maison. Les gens au 'soi quantifié' comme moi [Dave Asprey prétend mesurer*

et ajuster en permanence son temps de sommeil et de nutrition, son rythme cardiaque...] prennent déjà le contrôle de leur santé. Une technique accessible telle que la tDCS fait partie de notre évolution."

Un discours tonitruant qui ne doit pas occulter une grande diversité d'états d'esprit chez les amateurs inspirés par les mystères du cerveau. Henry Meier, membre d'un espace du même genre que le Brmlab de Prague, en Arizona, nourrit ainsi une ambition autrement plus... raisonnable. *"Nous souhaitons réaliser une recherche crédible, éventuellement à plus grande échelle que dans une université. La simplicité de la tDCS le permet, mais elle peut aussi inciter certains à prendre des succès anecdotiques pour des faits établis, voire à vendre des appareils à des malades désespérés. Quelles que soient les potentialités de la tDCS, nous tenons à ce qu'elles reposent sur des preuves rigoureuses."* →



200 ANS DE STIMULATIONS

1804 Cinq ans après que le physicien Alessandro Volta a inventé la première pile électrique, le neveu de Luigi Galvani – lui-même pionnier de l'expérimentation électrique sur les animaux – publie un *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. Giovanni Aldini y décrit l'application de courants électriques sur le crâne comme un traitement possible de la mélancolie, des psychoses... et comme une voie possible pour ressusciter les morts.

1938 Le premier traitement par électrochocs (courants forts) d'un patient psychotique

est réalisé par Ugo Cerletti et Lucino Bini à la clinique pour les maladies nerveuses mentales de Rome.

1964 Démonstration sur des rats par des chercheurs du département de physiologie de l'université de Londres que des courants faibles, appliqués directement sur le cerveau, modifient l'excitabilité des neurones.

1975 Des psychiatres de l'université de Californie apportent la preuve, chez l'homme, que les courants faibles

traversent le crâne et affectent l'activité cérébrale.

2000 La tDCS peut moduler l'activité du cortex moteur comme le démontrent des chercheurs du département de neurophysiologie clinique de l'université de Göttingen.

2005 A l'Institut national des troubles et attaques neurologiques de Bethesda, aux États-Unis, la preuve est faite que la tDCS peut moduler les fonctions cognitives du cerveau.



→ Une fois les effets de tDCS bien établis, peut-on envisager sereinement un usage amateur ? *“La stimulation cérébrale pourrait aider à vivre mieux dans le monde actuel ceux qui ont du mal à apprendre à lire, à se concentrer en classe ou à résoudre des problèmes logiques...”*, fait valoir Vincent Clark.

Sauf qu'il y a des dangers. Au Centre pour le futur de l'humanité de l'université d'Oxford, Anders Sandberg estime que *“si la tDCS semble améliorer la cognition sans risque, on peut aussi craindre qu'elle la mette sens dessus dessous”*. Ne peut-on redouter un phénomène d'accoutumance, des changements durables du métabolisme du cerveau, des migraines chroniques et autres effets encore insoupçonnés par manque de recul ? Au-delà du risque

de perturber la cognition elle-même, il ne faudrait pas que *“des ‘ingénieurs-maison’ augmentent l'intensité du courant dans l'idée d'augmenter les effets”*, redoute Jared Horvath. Ce qui serait non seulement inutile – les effets ne sont prouvés que pour des courants faibles –, mais surtout dangereux.

▲ Les travaux de Cerletti et Bini ont ouvert la voie à l'usage des électrochocs dans le traitement des maladies mentales : ici en 1947, dans la clinique du Dr Gaston Ferdière, à Rodez.

Si la tDCS n'a que peu d'effets secondaires connus (maux de tête, irritation, rougeur de la peau, démangeaison... ceux-ci étant loin d'être systématiques), ce n'est qu'à condition d'être employée en respectant les protocoles établis par les établissements de recherche qui y ont recours.

GARE À LA MÉDICALISATION

L'éventuel succès de la tDCS auprès du grand public soulève une autre inquiétude, pointée par le spécialiste de la plasticité cérébrale et de la stimulation non invasive Roy Hamilton, à l'université de Pennsylvanie, aux États-Unis. Il appelle ses confrères à réfléchir sérieusement au risque de “médicalisation” des capacités cognitives, conduisant la tDCS à suivre le même chemin que des techniques chirurgicales, passées de la médecine réparatrice à celle du confort et de l'esthétique. La crainte serait alors que le “lifting de la cognition” vienne s'ajouter à celui des peaux vieillissantes. Ou pis : que la possibilité de “doper” facilement des traits de l'esprit humain aussi importants que la mémoire, la prise de décision ou l'humeur modifie en profondeur l'appréciation collective de ce que sont les dons, talents et accomplissements dont les hommes sont capables. Si la course à la performance file aujourd'hui bon train, c'est à grands renforts de substances chimiques, stimulants licites, comme l'alcool, la caféine et les antidépresseurs, ou illicites, comme la cocaïne et les amphétamines. Que la quête éperdue d'individus “surhumains” accélère demain sur un mode électrique, peu cher et facile d'accès, n'est pas forcément une perspective électrisante. ■

INFOS

ZOOM

Actualités commerciales

1 | CONTRÔLE, PUISSANCE, CRÉATIVITÉ :

Canon permet aux photographes de passer à un niveau supérieur avec le nouvel EOS 60D

Canon annonce aujourd'hui le lancement d'un nouveau modèle pour sa célèbre gamme de reflex numériques EOS : l'Eos 60D. Successeur de l'Eos 50D, l'Eos 60D a été conçu pour les photographes qui souhaitent élever leurs compétences à un niveau supérieur. Pour cela, il met à leur disposition de hautes performances, un large éventail de fonctions créatives, un écran LCD orientable et une ergonomie optimisée. Autant d'innovations qui vont permettre aux passionnés de photographie d'enregistrer des photos mais aussi des vidéos Full HD spectaculaires. Atouts principaux du Canon EOS 60D :

- Enregistrement d'une grande richesse de détails grâce à l'extraordinaire capteur 18 millions de pixels
 - Contrôle créatif grâce à la fonction Basic +
 - Cadrage sous des angles inhabituels grâce à l'écran LCD orientable
 - Processeur DIGIC 4 pour de hautes performances en conditions de faible éclairage
 - Personnalisation des images grâce aux effets de filtres créatifs
 - Enregistrement de vidéos avec diverses cadences d'acquisition
- Prix de vente conseillé 1099€ TTC - Prix du boîtier nu uniquement.



Consulter notre site internet
www.canon.fr

2 | GRIMBERGEN ROUGE,
Renaît dans les Magasins

Bière de caractère au subtil mélange de saveurs fruitées et épicées, Grimbergen Rouge est destinée aux hommes souhaitant varier leurs dégustations, et aux 50% de femmes qui consomment de la bière en France et pour qui l'amertume est souvent peu appréciée. Avec une mousse de couleur rosée, Grimbergen Rouge présente une robe grenat brillante. Au nez, elle dégage une intensité forte dominée par les fruits rouges, avec des notes épicées de réglisse et de caramel. En bouche, Grimbergen Rouge présente un bon équilibre aux saveurs sucrées, amères et légèrement acides, exaltées par des arômes de fruits rouges (fraise, airelle rouge et sureau) et d'épices. Elle titre à 6°.

* L'abus d'alcool est dangereux pour la santé, à consommer avec modération.

Consulter notre site internet
www.grimbergen.fr

COMMENT EXPLIQUER LE BIG BANG
À VOS ENFANTS ?

LE CÉLÈBRE ASTROPHYSICIEN STEPHEN HAWKING ET SA FILLE LUCY RETRAÇENT L'HISTOIRE DE L'UNIVERS À TRAVERS UN ROMAN. À LIRE DE 9 À 99 ANS !

POCKET JEUNESSE
www.pocketjeunesse.fr

● Les principaux
feux de charbon
en activité dans
le monde

Ils sont en train d'embraser la planète...

ALERTE AUX FEUX DE CHARBON

Au contact de l'air, le charbon s'enflamme spontanément et brûle tant qu'il peut s'alimenter lui-même. Un phénomène bien connu... qui est en train de prendre des proportions considérables aux quatre coins du globe. Car dans d'innombrables mines abandonnées ou mal obturées, des feux de charbon échappent à tout contrôle, menaçant désormais villes, populations et environnement. Et le pire, c'est que nul ne sait vraiment comment les éteindre. Pourtant, il va bien le falloir...

PAR VINCENT NOUYRIGAT

Comment une mine de charbon s'embrase

1 Le charbon s'échauffe... 2 ...Il s'enflamme 3 Et le feu se propage

Dans les mines mal surveillées, le charbon mis au contact de l'oxygène de l'air s'oxyde spontanément et s'échauffe.

Au-dessus de 50 °C, le charbon est prêt à s'enflammer tout seul ou au contact de la moindre étincelle.

Tant qu'il reçoit de l'air, le gisement de charbon brûle le long des galeries et consume la veine jusqu'à 100 m de profondeur.



Un nuage menaçant d'émissions toxiques, des villes laissées à l'abandon pour des décennies, des bataillons de pompiers envoyés au cœur de l'enfer, des ingénieurs désemparés... Tchernobyl? Fukushima? Non. Ce tableau est celui d'un autre drame de la course à l'énergie qui, pour être largement moins médiatisé qu'une catastrophe nucléaire, sévit pourtant en ce moment même aux quatre coins de la planète. A savoir qu'aujourd'hui, des centaines de mines de charbon sont en feu ! Dis comme cela, on imagine mal l'ampleur du problème. Alors, imaginez que ces feux souterrains s'enfoncent jusqu'à 100 mètres de profondeur, qu'ils brûlent parfois depuis plusieurs décennies sur des kilomètres de galeries, que personne ne les contrôle... Et, à force de se propager, qu'ils en viennent à menacer les populations et les villes alentour, sans parler de l'environnement. Or, voilà bien le drame : des pays aussi puissants que les États-Unis, la Chine ou l'Inde se montrent pour l'instant incapables d'éteindre ces charbons ardents qui rongent leur territoire...

Comment en est-on arrivé là? La faute en revient à plus d'un siècle d'extraction frénétique et souvent sans précautions. Pourtant, tout mineur le sait : le charbon est un matériau foncièrement dangereux ! Pas seulement

à cause de ses fameux "coups de grisou" dus à l'explosion du méthane contenu dans le charbon, mais parce qu'il est également prompt à s'enflammer pour un rien. En effet, dès qu'il se retrouve exposé à l'air, ce véritable concentré de carbone enfoui depuis des temps géologiques réagit vigoureusement avec l'oxygène et s'échauffe. Or, s'il ne parvient pas à évacuer cette chaleur – rôle qui incombe d'habitude au système de ventilation sophistiqué d'une mine –, le charbon peut entrer spontanément en combustion. Et quelquefois dès 40 °C de température ambiante...

DES MINES À LA MERCI D'UNE ÉTINCELLE

Certes, ce genre d'accident se produit dans la nature depuis la nuit des temps. Mais voilà, l'activité minière humaine a fait exploser le nombre de ces foyers. Non pas tant à cause des mines officielles en activité, où le moindre départ de feu est traité sur le champ, mais plutôt dans ce que l'appétit de charbon a de plus déraisonnable : ces mines abandonnées pour aller extraire ailleurs un charbon plus facile, et qui n'ont jamais été obturées (États-Unis), cette exploitation "sauvage" et sans contrôle des filons qui affleurent en surface (Chine, Inde, Indonésie, Pologne...). Comme le raconte Maohua Zhong,

S. DAS/PANOS/REA - A. JOYCE/REUX/REA - ANYFORM DESIGN



À CAUSE DES FEUX DE CHARBON...

LA SANTÉ
DES POPULATIONS
MENACÉE EN INDE

A 200 km de Calcutta, la ville de Jharia donne une idée assez juste de l'enfer. La soixantaine de feux de charbon qui y sévit, certains depuis 1913, engendre un brouillard toxique continu à l'origine des maladies respiratoires les plus variées, et bloque 15 % de la lumière du soleil. Dans le même temps, l'agglomération part en morceaux au gré des affaissements de terrain : routes, voies ferrées, ponts, lignes électriques, canalisations... Sans parler de l'odeur de soufre insoutenable ou des 17 km² de sols agricoles rendus stériles. Entre 300 000 et 400 000 personnes devraient être évacuées incessamment de la région...



spécialiste chinois des feux de charbon, "l'extraction 'non réglementée' a ouvert des veines de charbon à l'air libre, tandis que les galeries creusées ensuite clandestinement ont fourni un passage idéal à l'oxygène". D'autant que ces mines plus ou moins abandonnées, non refermées et non surveillées, sont à la merci de la moindre étincelle... qu'elle soit provoquée par un feu de forêt ou d'ordures, du matériel d'extraction obsolète ou toute autre négligence.

L'ennui, c'est que ces brasiers des profondeurs n'ont rien de commun avec les classiques et assez bien maîtrisés feux de forêt. "Les feux de charbon brûlent sans flamme, selon le mode de combustion le plus persistant qu'il existe sur Terre : songez qu'en Australie, un filon se consume ainsi depuis 6000 ans !", s'exclame Guillermo Rein, chercheur en sécurité incendie à l'université d'Edimbourg (Ecosse). Cette extraordinaire ténacité est liée au fait que la chaleur entretenant l'incendie provient du combustible lui-même, quand une flamme classique est alimentée par les seuls gaz de combustion." Pour ne rien arranger, les vides laissés par le charbon consommé entraînent des affaissements de terrain qui génèrent des fissures jusqu'à la surface, assurant ainsi de nouveaux apports en oxygène... →



À CAUSE DES FEUX DE CHARBON...

UNE VILLE RAYÉE DE LA CARTE AUX ETATS-UNIS

Située à trois heures de route de New York, Centralia est aujourd'hui une cité fantôme. La mine sur laquelle elle a été bâtie s'est enflammée en mai 1962, à la suite d'un banal feu d'ordures. Depuis, les ingénieurs américains ont entrepris 8 opérations, plus ou moins bien préparées, d'extinction de ce feu de charbon... En vain ! Gaz mortels, effondrements de terrain, routes éventrées (ci-dessus)... En 1984, l'Administration n'a plus eu le choix : elle a fait évacuer ses 1100 habitants. Il ne reste presque plus rien des 522 logements de cette localité désormais digne d'un film d'épouvante (ci-dessous). Et en 2011, le charbon de Centralia continue de brûler, défiant les villes voisines...



→ Combustible à volonté, chaleur intense, oxygène renouvelé : ce trio infernal transforme n'importe quelle mine de charbon en un irréductible dragon fumant ! En Chine, ces monstres couvrent 720 km² ; les Etats-Unis comptent à ce jour officiellement 188 veines de charbon en feu (surtout des mines abandonnées depuis les années 1950) ; l'Inde et l'Indonésie semblent dépassées... Quand bien même ces feux "couvent" plus qu'ils ne flambent spectaculairement, et même s'ils ne parcourent pas plus de 100 mètres par an, "ces fléaux sont beaucoup plus difficiles à éteindre que le plus virulent des feux de forêts", gronde Maohua Zhong.

Il n'y a pourtant parfois plus d'autre choix que de les affronter ! C'est que, des Etats-Unis à l'Inde en passant par la Chine, leurs effets peuvent devenir ingérables. Par exemple, "dans la mesure où ces zones sont victimes d'effondrements de terrain, on assiste à la destruction progressive des bâtiments, des routes, des canalisations", déplore Alfred Whitehouse, de l'agence fédérale américaine des mines, qui a traité le cas de la ville de Centralia, en Pennsylvanie. En proie à un feu de charbon, cette

N. CARNIC/KUZUMA/REA - D. EMMERT/AF - M. SASSE/LAIFREA



À CAUSE DES FEUX DE CHARBON...

UN ÉNORME MANQUE À GAGNER ÉNERGÉTIQUE EN CHINE

Les feux de charbon qui ravagent depuis 1978 le gisement de Wuda (Mongolie intérieure) représentent un immense gâchis. Chaque année, en Chine, ce fléau brûle en pure perte 13,6 millions de tonnes de charbon. Qui plus est, ces brasiers rendent inexploitable 200 millions de tonnes de charbon voisin, soit la production annuelle d'un pays comme la Russie. Leur extinction est devenue une priorité.



bourgade de 1 100 âmes a dû être totalement évacuée en 1984. Aujourd'hui, il n'en reste qu'une cité fantôme, avec une seule maison encore debout (voir ci-contre)...

UNE MENACE CONCRÈTE POUR LA PLANÈTE

Mais la fragilité des sols n'est pas la seule calamité : ces combustions étouffent aussi les régions voisines de leurs émanations toxiques. Outre le mortel monoxyde de carbone, "j'ai relevé un cocktail d'émissions de mercure, d'arsenic, de gaz acides tel le dioxyde de soufre, de composés organiques volatils cancérigènes, comme le benzène, mais aussi de particules fines", expose Alan Kolker, géochimiste à l'Institut d'études géologiques des Etats-Unis. Sans parler de la pollution des sols et des eaux souterraines. Selon certains chercheurs, le CO₂ émis par ces combustions aurait un impact sur le climat. A démontrer. Toujours est-il, insiste Glenn Stratcher, expert américain en feux de

charbon à l'East Georgia College, que "ces phénomènes, beaucoup plus fréquents et durables qu'une marée noire ou un accident nucléaire, ont des méfaits cumulés supérieurs à ceux de la plupart de ces catastrophes environnementales". Pourtant, constate Alfred Whitehouse, "les autorités les ont laissés prospérer jusqu'à ce qu'ils deviennent une menace concrète".

Aujourd'hui, un peu partout dans le monde, l'heure est au combat. Maohua Zhong se félicite que "le gouvernement chinois attache une grande importance aux feux de charbon, dont l'extinction a été inscrite au très officiel 'agenda du XXI^e siècle de la Chine'". Pour des raisons environnementales, et aussi parce que toutes ces réserves sont brûlées en pure perte... Depuis dix ans, des chercheurs allemands leur prêtent main-forte afin "d'étudier cet objet très complexe qui mêle physique, thermodynamique, hydraulique et chimie", souligne Thomas Wünderlich, spécialiste de la lutte →

ET EN FRANCE ?

L'Hexagone est épargné par les feux de charbon. Pour une raison simple : nos veines de charbon sont assez profondément enfouies pour être inaccessibles aux mineurs "amateurs" et à l'air libre, gage de combustion. Même si, reconnaît Marc Nicolas, un ancien des mines de Lorraine, "certaines galeries ont dû être évacuées puis obturées à la suite de feux non maîtrisés".



→ contre les feux de charbon à l'université de Wuppertal (Allemagne). Plusieurs provinces chinoises ont ainsi récemment formé des brigades de pompiers spécialisées... Mais tout spécialistes qu'ils soient, chaque foyer leur demandera dans le meilleur des cas trois ou quatre années d'une lutte acharnée!

Au vrai, la situation de ces pompiers n'est pas beaucoup plus enviable que celle des "kamikazes de Fukushima"... *"Ces interventions peuvent être très dangereuses avec les effondrements de terrain, la menace du monoxyde de carbone, la chaleur insupportable des entrailles portées à 800 °C..."*, admire Glenn Stratcher. Sans compter, poursuit-il, *"qu'au milieu des kilomètres de tunnels souterrains, il est parfois impossible de localiser le front de l'incendie"*. Une seule chose est sûre: pour en venir

CES FEUX CONSTITUENT L'UN DES PLUS GRANDS RISQUES GÉOLOGIQUES DU SIÈCLE À VENIR

à bout, il faut éliminer un élément du trio infernal combustible-chaleur-oxygène.

L'idéal serait bien sûr de pouvoir extraire, à l'aide d'une noria de bulldozers, le volume de charbon concerné par le feu. Seulement voilà, rétorque Maohua Zhong, *"cette opération est très risquée et il faut pouvoir forer et retirer le charbon en allant plus vite que l'incendie"*. A moins de consacrer environ un milliard de

DES MOYENS DE LUTTE DÉRISOIRES

Qu'il s'agisse d'injecter dans les galeries, via un moteur d'avion, de l'azote pour l'étouffer (ci-dessus en Australie), ou d'aller le défer avec des citernes d'eau afin d'abaisser sa température (à droite, en Chine)... les moyens mis en œuvre pour lutter contre le feu de charbon s'avèrent, pour l'heure, longs, coûteux et d'une efficacité très limitée.

dollars pour chaque foyer imposant, et de mobiliser l'armée américaine ou chinoise, personne ne croit à cette idée radicale... Sinon pour des feux dérisoires à moins de 20 mètres de profondeur. Une autre manœuvre paraît plus rationnelle: il s'agit tout simplement d'injecter de l'eau dans les entrailles du monstre.

Objectif? Evacuer la chaleur de l'incendie pour faire redescendre la température de la mine sous les 40 à 50 °C fatidiques. Oui, mais là encore, plus facile à dire qu'à faire! Il faut que la veine soit très bien préservée, sans circonvolutions inaccessibles à l'eau. Selon Guillermo Rein, *"cette stratégie ne pourrait pas être utilisée à Centralia, où le réseau de galeries est très intriqué et rongé par le feu depuis trop longtemps"*. Avant d'ajouter que, même lorsque cette thérapie promet d'être efficace, *"les quantités d'eau requises sont considérables: d'après nos travaux en laboratoires, il faut de 1 à 2 litres d'eau par kilo de charbon"*. Une opération longue et non dénuée de risques, avertit Thomas Wüdrich: *"L'injection d'eau dans ce gouffre brûlant peut déclencher une explosion de vapeur transformant votre puits en geyser!"*

Hélas, une mine de charbon refroidie n'épuise pas tous les risques d'un nouveau départ de feu... Le charbon reste capable de s'oxyder et de s'échauffer à nouveau. Il faut donc débarrasser l'atmosphère de la mine de son oxygène. Comment? Les ingénieurs américains ont tout expérimenté, y compris insuffler, à l'aide d'un moteur d'avion, de grandes quantités d'azote

LMC GREGOR/EPA/CORBIS - M. SASSÉ/LAIFREA

Exclusivité wawacity.ws



(un gaz inerte) des jours durant... Sans grand résultat. Et pour cause: le secret de l'étouffement définitif réside dans l'obturation de la moindre arrivée d'air. Maohua Zhong a sa technique: *"Je fais couler lentement une boue spéciale dans toutes les fissures et interstices menant à la mine. Puis je recouvre le tout, en surface, d'une couche de terre de 1 à 2 mètres – ni trop fine pour interdire le passage de l'oxygène, ni trop épaisse pour continuer d'évacuer la chaleur résiduelle."*

ENTRE CAPITULER ET SE MOBILISER

Hourra? Pas si vite: ce dispositif réclame encore au moins trois ans de surveillance, compte tenu de la menace des affaissements de terrain et de la déformation des matériaux sous l'effet de la chaleur. Au risque de voir l'incendie repartir de plus belle... De fait, quelques beaux succès annoncés en grande pompe par les autorités chinoises ont vite été démentis. Ainsi, en 2004, tout le monde s'était réjoui de l'extinction de la mine de Liu Huangou, qui empoisonnait depuis vingt ans la ville d'Urumqi et ses 2,3 millions d'habitants. Mais voilà, reconnaît dépit Maohua Zhong, *"dès 2005, de nouveaux dégagements de fumées sont apparus et l'incendie est reparti"*. A priori, nos travaux de recouvrement ont redistribué les contraintes dans le sol et créé de nouveaux chemins pour l'oxygène. Mais des opérations illégales d'extraction du charbon peuvent aussi avoir réactivé ce feu! Devant un phénomène aussi

LA TOURBE, L'AUTRE FEU QUI COUVE

Quand elle n'est pas assez humide, la tourbe brûle exactement comme le charbon! *"De tels incendies ont enfumé Moscou en 2010 et perturbent régulièrement le trafic aérien et maritime autour de l'Indonésie"*, raconte Guillermo Rein de l'université d'Edimbourg. L'Indonésie réussit l'exploit de réunir dans un même espace feux de tourbe et de charbon – l'un pouvant déclencher l'autre. Or, ces incendies de tourbières laissent derrière eux des sols ravagés, à l'épaisseur réduite de 90 %. Et leurs émissions de CO₂ atteindraient des sommets: selon Guillermo Rein, *"elles pourraient représenter 10 à 30 % des émissions humaines"*. Voilà qui mériterait l'attention des chercheurs...

diabolique, la tentation de capituler n'est jamais loin. Pour preuve, l'Administration américaine ne parle plus d'éteindre le feu de Centralia, qui fait rage depuis 1962. Il s'agit plutôt de contrôler sa progression en creusant d'immenses tranchées. Mais l'ingénieur Michael Kuhns, qui a lutté des années contre cet incendie, n'en démord pas: *"Si on ne tente plus rien, d'après mes calculs, ce feu sévira encore au moins un siècle et touchera d'autres villes."* D'ailleurs, malgré cinquante années de vains combats à Centralia, les propositions continuent d'affluer. A l'image d'une mousse très sophistiquée dont un pompier texan, Mark Cummins, propose de remplir la mine. L'optimisme est de mise, renchérit Guillermo Rein: *"Le nombre croissant de publications scientifiques et l'arrivée de nouveaux outils de lutte issus de l'industrie pétrolière me rendent confiant."* Surtout, la volonté se fait enfin jour de régler ce problème! Jusqu'à présent, observe Thomas Wüdrich, *"les gouvernements en avaient peu parlé, sans doute pour des raisons d'image de marque; dans la plupart des cas, ces feux sont la conséquence d'activités minières irrespectueuses des règles"*.

C'est en train de changer. *"Les Chinois ne cachent plus que ces feux constituent l'un des plus grands risques géologiques du siècle à venir"*, confie Thomas Wüdrich. Un discours que l'industrie nucléaire n'est toujours pas prête à tenir concernant l'énergie de l'atome... ■

★
EN
SAVOIR
PLUS

Le site de Anupma Prakash, grande figure de la lutte contre les feux de charbon: <http://www.gi.alaska.edu/~prakash/coal-fires/coalfires.html>. Un site dédié à Centralia: <http://www.offroaders.com/album/centralia/centralia.htm>.

MISE À JOUR VERSION 2.0

ENCORE +

DE CONTENU

3 APPLICATIONS EN 1 !

skypix[®]

SCIENCE & VIE

Carte du ciel • actu • encyclopédie

NOUVEAUTÉS DE LA VERSION 2.0

- Nouvelle rubrique : l'actualité du ciel en direct
- Intégralité du catalogue messier en fiches astro
- Affichage de l'ensemble des objets célestes sur la carte
- Ergonomie améliorée
- Notifications «Push» pour être alerté des nouveaux contenus : fiches astro, photos, vidéos, dernières actus...

Version 2.0
3
APPLICATIONS
EN 1 !

1



UNE CARTE GÉOLOCALISÉE

- Une **carte intelligente** : Skypix vous géolocalise et vous propose la carte du ciel visible de l'endroit où vous vous trouvez.
- Une **imagerie exclusive** : la seule application intégrant une véritable photo du ciel, l'exceptionnelle photo de Serge Brunier, référence reconnue dans le monde entier.
- Une **banque de données gigantesque** : Skypix répertorie des milliers d'objets célestes des catalogues astronomiques Messier, Hipparcos et NGC.



2



NOUVEAU

TOUTE L'ACTUALITÉ DU CIEL

- Un **fil d'actualités mis à jour régulièrement** permettant de ne plus rien manquer des dernières découvertes en matière d'astronomie : photos des astres les plus récents, dernières observations...
- Un **agenda** pour être alerté et visualiser les événements à venir : éclipses, conjonctions, étoiles filantes, passages de comète...



3

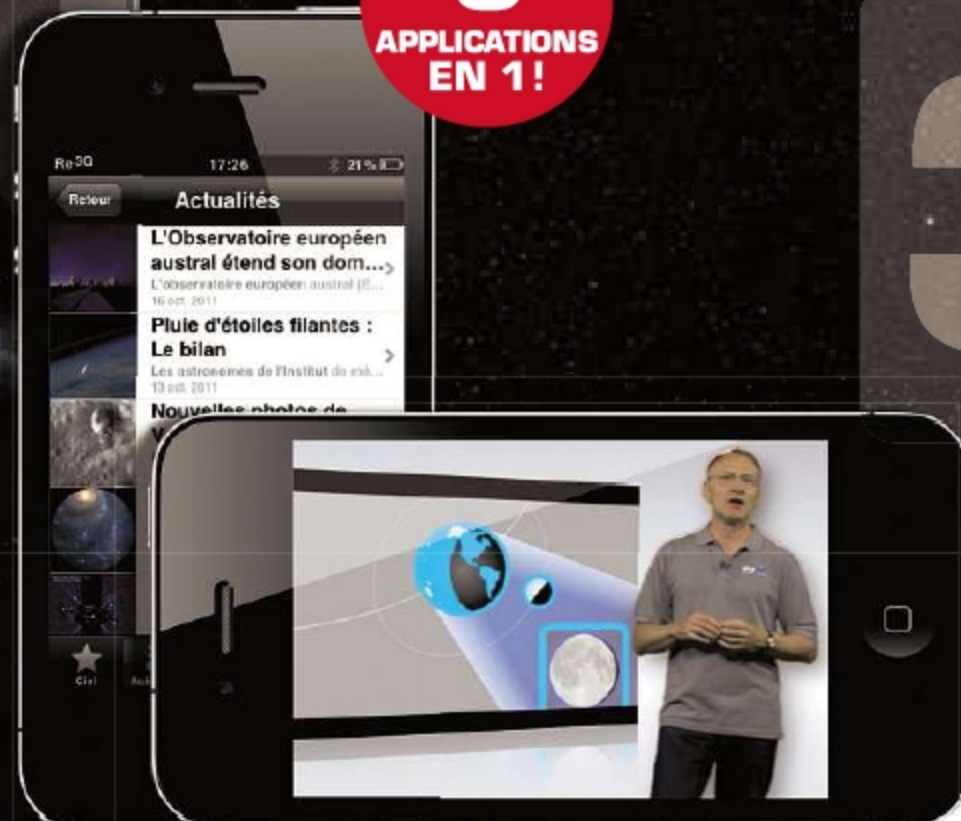


UNE ENCLYCLOPÉDIE MULTIMÉDIA

- Des **«fiches astro»** décrivant des centaines d'objets célestes : planètes, galaxies, constellations, comètes... Ces descriptions, réalisées exclusivement pour Skypix, sont également proposées en lecture audio. Chaque objet céleste est agrémenté de galeries photo et vidéo, enrichies régulièrement.
- Des **tutoriaux vidéo** pour acquérir une vraie connaissance du ciel : les saisons du ciel, la Lune au fil des nuits, comment photographier le ciel...



skypix[®]
SCIENCE & VIE



Disponible sur
App Store



Retrouvez-nous sur Facebook

SCIENCE & VIE
AU CŒUR DE LA VIE



DÉCEMBRE 1961
ET SOUDAIN
L'ÉCRAN DEVINT
TERRAIN DE JEUX
P. 116

TECHNOLOGIE
DES JEUX DOPÉS
PAR L'INNOVATION
P. 118

INDUSTRIE
UNE VAGUE
LUDIQUE QUI
CONCURRENCE
LE CINÉMA
P. 120

SOCIÉTÉ
VERS UN MONDE
OÙ TOUT DEVIENT
JEU?
P. 122

JOUR J
MÉCANISME
FAITS & CHIFFRES
DÉBAT

50 ANS APRÈS SPACEWAR...

LA PRISE DE POUVOIR DES JEUX VIDÉO

PAR EMMANUEL MONNIER

Téléchargements par millions, supports multiples, technologies pointues... 50 ans après Spacewar, les jeux vidéo ont conquis la planète... plus d'un Français sur deux avoue s'y adonner, femmes comprises. Et la vague ludique continue d'enfler, touchant le monde du travail, le médical. Dossier sur une activité juvénile arrivée au stade de la maturité.



▲ Le jeu n'est plus un sport de geek : Angry Birds, disponible sur simple mobile, a dépassé les 100 millions de téléchargements.

DÉCEMBRE 1961 ET SOUDAIN L'ÉCRAN DEVINT TERRAIN DE JEUX

Conçu par trois geeks du MIT, ce devait être un logiciel de démonstration. Mais l'écriture de son code source va révolutionner l'usage du PC. Récit.

"Tiens, la voilà ta routine pour les sinus et cosinus!" Triomphant, Alan Kotok jette à son collègue Steve Russel, du MIT (Massachusetts Institute of Technology, Etats-Unis), les bandes de papier perforées qu'il est allé chercher au siège de la société informatique DEC. En ce mois de décembre 1961, Steve doit se faire une raison: il n'a plus d'excuse pour reporter, encore une fois, l'écriture d'un programme qui fait piaffer d'impatience tous les mordus d'informatique de l'institut. A commencer par ses deux complices, Wayne Witanen et Martin Graetz, âgés comme lui de 25 ans et tout aussi férus de science-fiction, de livres et de films de série B truffés de combats intergalactiques. Le trio s'est vu confier, il y a quelques mois, une mission: concevoir un programme de démonstration qui révélerait les capacités du nouvel ordinateur PDP-1 que la firme DEC compte offrir au MIT. Comment exploiter au mieux son écran de 30 pouces? Wayne, Martin et Steve ont isolé quelques idées-forces: le résultat doit utiliser un maximum de ressources, être intéressant à regarder, ce qui signifie prendre une forme différente à chaque fois, et impliquer

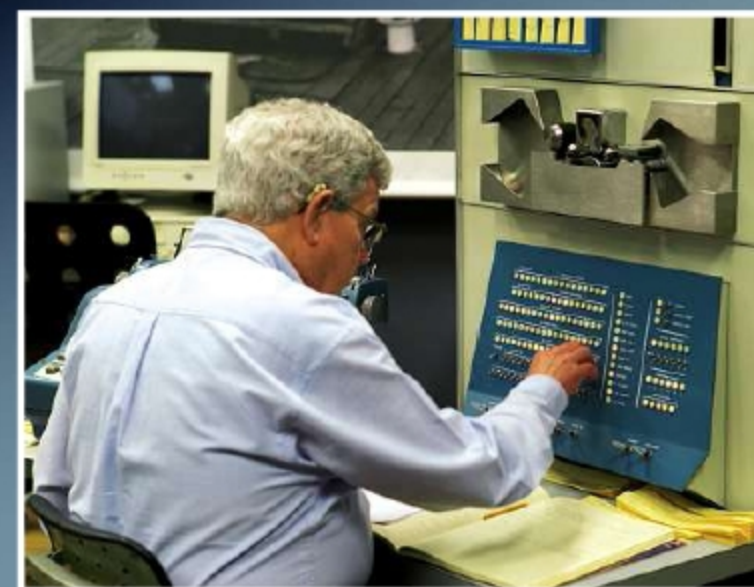
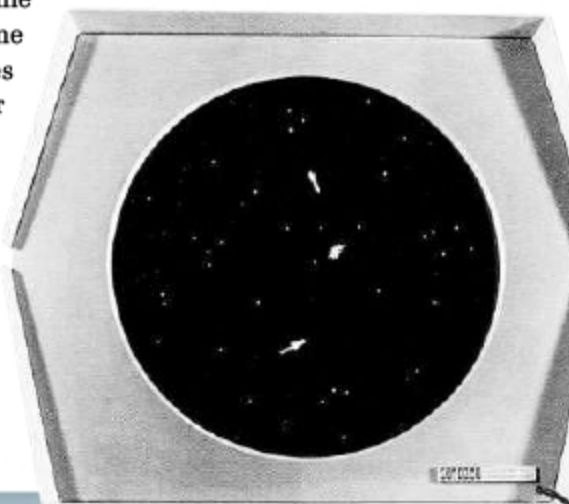
activement le spectateur. En un mot, il faut faire... un jeu, dans lequel – idée originale – on contrôlerait quelque chose qui se déplacerait sur l'écran. "Un combat dans l'espace, bien sûr!", se sont-ils écriés. Les règles ont été rapidement définies: deux vaisseaux, du carburant en quantité limitée, des missiles pour tirer à tout-va...

AVEC QUELQUES ÉTOILES EN FOND...

Les ingrédients de *Spacewar* étaient jetés – sans savoir que s'ouvrirait la voie à un usage inédit de l'ordinateur: celui du jeu. Encore fallait-il écrire le code de *Spacewar*. Or, Steve "la limace", qui dirige le projet et qui n'a pas hérité de son surnom pour rien, traîne les pieds. L'absence de sous-

programme capable de calculer les sinus et cosinus dans le jeu était sa dernière trouvaille pour fainéanter encore un peu. Le voilà maintenant à court d'arguments et obligé... de se lancer. C'est ce qu'il fait en ce début décembre 1961. Avec brio. Car dès la fin du mois, le programme gère le déplacement des objets! Et, en février, le jeu est opérationnel. Steve ajoute alors quelques étoiles en fond; son collègue Dan Edwards une étoile centrale qui attire les vaisseaux et pimente le tout; Martin Graetz le déplacement en hyperspace: lorsqu'on appuie sur un bouton le vaisseau disparaît et réapparaît en un lieu aléatoire de l'écran. Le tout dans un ordinateur d'environ... 9 Ko de mémoire! *Spacewar* sera terminé au mois d'avril 1962, à temps pour être présenté aux journées portes ouvertes du mois de mai au MIT. Et diffusera ensuite dans tous les laboratoires d'informatique où une génération de jeunes bidouilleurs ne cessera, pendant des années, d'y jouer et de l'améliorer. Quant au code source, il n'a jamais pris tout à fait sa retraite: il est encore possible, aujourd'hui, de jouer à *Spacewar* dans sa version d'origine grâce à l'émulateur Java (simulant un PDP-1) mis au point par des gamers du MIT.

< Deux vaisseaux spatiaux, du carburant en quantité limitée et des missiles... *Spacewar* pose d'emblée les fondamentaux du jeu de combat!



< Chargés de concevoir un logiciel pour le dernier ordinateur de DEC, trois jeunes mordus de série B et de SF imaginent une application ludique. Ce sera *Spacewar* (ci-dessus). Le code source écrit par Steve Russel (à g. devant son PC de l'époque, et en bas avec l'ancêtre du joystick) est toujours utilisé: on peut encore y jouer aujourd'hui!



TECHNOLOGIE DES JEUX DOPÉS PAR L'INNOVATION

Le succès des jeux repose sur leur qualité, elle-même permise par une série d'avancées techniques. Du processeur à l'écran, revue de détail.

Processeur

LA COURSE À LA PUISSANCE

Gérer les déplacements des personnages et leurs interactions demande énormément de calculs et de mémoire. De fait, un jeu est un programme particulièrement gourmand en ressources, beaucoup plus qu'un traitement de texte ou qu'un simple surf sur Internet. Depuis les débuts de la micro-informatique, ce sont les joueurs les plus assidus qui tirent chaque année les performances des PC à la hausse.

Connexion

TOUJOURS PLUS RAPIDE

Le réseau étend à la planète entière les possibilités de rencontre ludique. À condition de disposer d'un débit suffisant et d'un temps de latence très faible de la connexion. Dans les jeux d'action, il est crucial que le "ping" (le délai entre l'envoi d'une requête par l'ordinateur du joueur et son traitement par le serveur) soit le plus bref possible. Au-dessus de 100 ms, cela devient handicapant pour les jeux de tir. La généralisation de l'ADSL et du haut débit permet, en France, des pings inférieurs à 50 ms, une valeur considérée comme excellente.

Programmation

LA RÉVOLUTION DES MOTEURS DE JEU

Le jeu est codé sous la forme d'un programme qui comporte aujourd'hui des millions d'instructions. Son architecture est en général constituée d'un cœur de jeu qui définit sa catégorie (jeu de tir, de course...), sur laquelle se greffent les briques (éléments du décor, possibilités de mouvements du héros...). Comment

programmer tout ça ? Dans les années 1990, l'essor des "moteurs de jeu" capables de gérer tous ces éléments a considérablement simplifié la tâche. De quoi se concentrer sur le scénario, au bénéfice de la conception. Au point que des amateurs peuvent aujourd'hui créer leur propre jeu, sans vraie programmation.

Commandes

JOUER AVEC SON CORPS

Le choix de l'interface est primordial. L'idée est de la rendre la plus naturelle possible, quitte à la faire disparaître pour utiliser... son propre corps. Après la Wii de Nintendo, le système Kinect de Microsoft pousse cette logique jusqu'au bout en enregistrant directement les mouvements du corps pour les traduire en instructions de jeu : une caméra, qui détermine le contour du joueur, est couplée à une caméra infrarouge qui calcule les distances à partir des réflexions d'un laser. Le tout à une fréquence de 30 images/seconde.

Ecran

LES PROGRÈS DU RAFFRAÎCHISSEMENT

Un jeu vidéo exige une vision confortable. Or, l'image n'est pas envoyée d'un bloc, mais point par point, une ligne après l'autre. Résultat : si la vitesse de balayage de l'écran est trop faible, l'image scintille, ce qui fatigue les yeux. Un taux de rafraîchissement correct pour jouer exige que l'image soit réactualisée au moins 70, voire 100 fois par seconde. Des valeurs courantes aujourd'hui, bien que certains téléviseurs bas de gamme continuent de fonctionner à 50 Hz. L'écran peut également offrir des possibilités tactiles.

Carte graphique

LA GÉNÉRALISATION DE LA 3D

Les graphistes rivalisent d'animations 3D qui exigent un flux d'images au moins égal à la fréquence de rafraîchissement de l'écran (50 images/seconde). Cela demande des capacités énormes de calcul, prises en charge par la carte graphique. Pour construire l'image en 3D, elle décompose la scène en millions de surfaces polygonales, dont les sommets sont projetés, selon la position de l'observateur, sur une surface en 2D. À chaque pixel de cette surface est affectée une couleur qui dépend de celle du polygone correspondant, et de la lumière qu'il est censé recevoir.

Son

COMME AU CINÉMA

Focalisés au départ sur l'image, les jeux s'enrichissent maintenant d'une bande-son de plus en plus réaliste, qui contribue à créer une immersion totale. Alors que les premiers ordinateurs devaient créer eux-mêmes l'ensemble des sons produits dans le jeu, les capacités actuelles de stockage permettent d'utiliser des bruitages, des dialogues ou des musiques directement échantillonnés (enregistrés sous forme numérique) dans un fichier audio, avec une qualité acoustique équivalente à celle d'un album de musique sur CD ou d'un film en DVD.

Les jeux en réseau nécessitent de puissants serveurs. En particulier les jeux dits à univers persistant, qui continuent d'évoluer lorsque le joueur se déconnecte. Le plus emblématique, *World of Warcraft*, fédère entre 11 et 12 millions de joueurs. Au total, selon les chiffres fournis par l'entreprise Blizzard propriétaire du jeu, ce sont 13 250 serveurs et 75 000 processeurs répartis sur une dizaine de *data centers* dans le monde qui tournent en continu pour animer un univers stocké dans 112,5 téra-octets de mémoire vive (RAM) et brassant 1,3 péta-octet de données.

INDUSTRIE UNE VAGUE LUDIQUE QUI CONCURRENCE LE CINÉMA

Familiale, individuelle ou en réseau... La pratique du jeu vidéo se diversifie et touche toutes les catégories : aujourd'hui, plus d'un Français sur deux déclare jouer ! Retour en chiffres sur un marché très lucratif.

En une seule semaine, plus de 600 000 exemplaires de *Call of Duty Black Ops* ont été écoulés en France lors de sa sortie en 2010. Un record absolu qui montre, à lui seul, la place que s'est forgé le jeu vidéo dans l'industrie du divertissement. Les enquêtes confirment cette vague irrésistible : plus d'un Français sur deux avoue avoir joué à des jeux vidéo durant les derniers mois. Même chose en Angleterre, en Allemagne, aux États-Unis, où les pourcentages oscillent entre 60 et 70 %. Et cette pratique est le plus souvent régulière et intensive. Selon une étude réalisée par le groupe GfK de conseil en marketing au deuxième semestre 2009, 74 % des joueurs jouent au minimum une fois par semaine, dont 31 % tous les jours, et souvent plus d'une heure. La société d'analyse Newzoo estime ainsi à 27 millions le nombre d'heures consacrées chaque jour aux jeux vidéo en France. Un marché très lucratif, dont le chiffre d'affaires global flirte, en 2011, avec les 3,2 milliards d'euros en France, pour près de 50 millions de jeux et un million de consoles vendus.

Le portrait-robot du joueur ? Le cliché de l'adolescent reclus à du plomb dans l'aile. Le joueur français est majoritairement un homme d'une trentaine

d'années... mais les femmes représentent déjà presque la moitié des joueurs. De fait, le jeu vidéo touche toutes les catégories de la population séduites par de nouvelles pratiques.

LE VIRAGE DES RÉSEAUX SOCIAUX

Plus occasionnelles, avec la multiplication de jeux simples et directement accessibles au débutant ; plus familiales (45 % des Américains déclarent jouer au moins une fois par semaine avec leurs enfants), d'où le succès de la Wii de Nintendo conçue dans cette optique, au détriment des puissantes PlayStation 3 (Sony) et Xbox 360 (Microsoft) qui restent néanmoins privilégiées par le noyau dur des joueurs. Le jeu a également pris le virage d'Internet : les parties en réseau sont plébiscitées par les adolescents. L'étude réalisée en 2010 par Newzoo révèle en outre que 52 % des utilisateurs de réseaux sociaux jouent aux jeux, comme *Farmville*, qui s'y développent.

Pour jouer à quoi ? Le genre action-aventure domine, avec les jeux de tir ; viennent ensuite les jeux de stratégie et de rôle ; les jeux de sport, de conduite, puis de plate-forme, et les *party games*, succession de mini-jeux autour d'un thème. Une diversité qui, de plus en plus, reflète celle des joueurs.

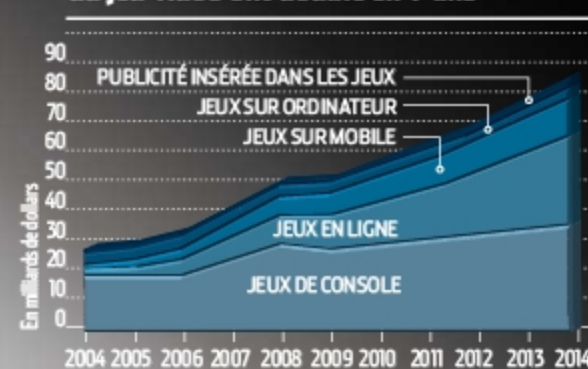
10 JEUX QUI ONT RÉVOLUTIONNÉ LE DIVERTISSEMENT

Spacewar (1961) Le premier vrai jeu vidéo.
Pong (1972) Une ligne pointillée figure le filet, deux rectangles les raquettes, le jeu d'Atari est le premier destiné au grand public.
Space Invader (1978) Des lignes d'aliens qui tombent... Le Japon entre dans l'ère du jeu.
Pac-Man (1980) C'est la première mascotte du jeu vidéo.
Mario (1983) Mario (puis *Super Mario*) est la licence de jeu vidéo la plus vendue dans le monde (plus de 210 millions de jeux écoulés !).
Tomb Raider (1996) Lara Croft, premier vrai personnage féminin, donne au joueur l'impression de vivre un grand film d'aventure.
Counter-Strike (1999) Inaugure les jeux de tir en réseau et les tournois de semi-pros.
Les Sims (2000) Il faut s'assurer qu'ils mangent, dorment, travaillent...
Call of Duty (2003) Un jeu de tir avec une scénarisation qui donne l'illusion d'être le héros d'un film de guerre.
World of Warcraft (2004) Investit le créneau des jeux en réseau, avec 12 millions d'adeptes, dont l'univers ne s'éteint jamais.
 Pour en savoir plus : *La grande histoire des jeux vidéo*, Erwan Cario, éd. La Martinière, 2011.

Un secteur florissant...

Loin d'être une activité marginale, les jeux vidéo, qu'ils soient sur console, PC ou maintenant téléphone portable, constituent aujourd'hui une industrie majeure qui génère des revenus de plus en plus importants, rivalisant avec ceux du cinéma.

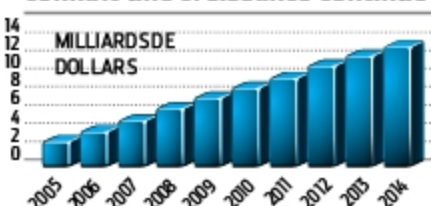
Les revenus de l'industrie du jeu vidéo ont doublé en 7 ans



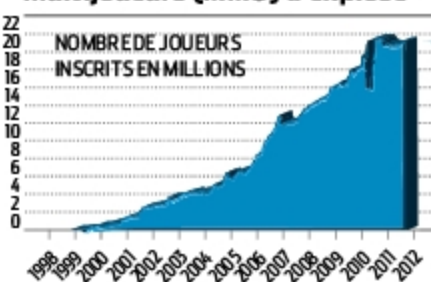
...dopé par le jeu en ligne et sur mobile

Deux domaines connaissent aujourd'hui un essor spectaculaire : d'une part les jeux sur téléphone mobile, qui s'appuient sur la simplicité et la possibilité de jouer en tous lieux ; et d'autre part, les jeux "connectés", auxquels on accède via un site web ou un réseau social de type Facebook, et ceux dits "massivement multijoueurs", rassemblant des milliers d'adeptes, connectés en même temps, qui s'affrontent dans un même univers.

Le marché des jeux sur mobile connaît une croissance continue



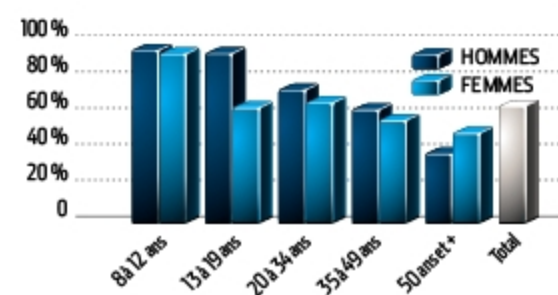
Le marché des jeux massivement multijoueurs (MMO) a explosé



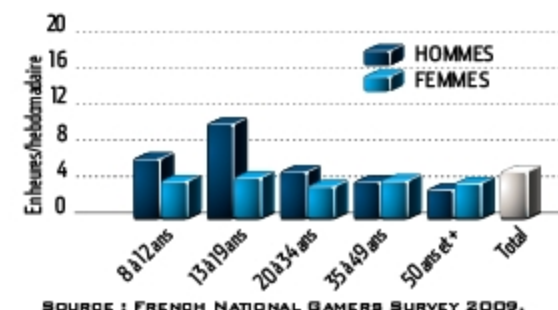
Toutes les tranches d'âge sont aujourd'hui concernées...

Les adolescents masculins ne sont pas, loin de là, les seuls à jouer. L'arrivée de jeux simples, conçus pour réunir toute la famille, a contribué à démocratiser un divertissement réservé initialement aux mordus d'informatique. Hommes et femmes jouent aujourd'hui quasiment à égalité, et à tous les âges. Et ce, pour la plupart, plusieurs heures en moyenne par semaine.

Adultes et seniors sont de plus en plus nombreux à jouer



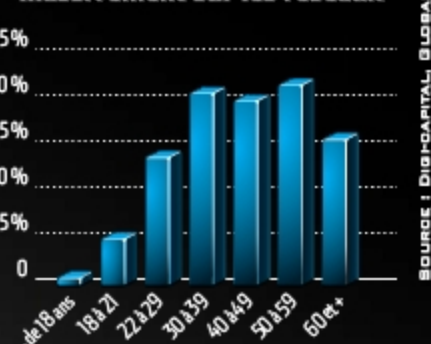
Mais seuls les jeunes garçons déclarent jouer plus de 9 heures par semaine



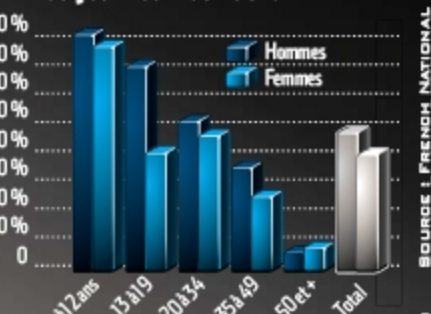
...et à chacune correspond un type de jeu

Si tout le monde, ou presque, se met à jouer, ce n'est pas forcément de la même façon. Ainsi, les femmes sont majoritaires dans la catégorie dite "casual" : des jeux simples (*Tetris*, *Démoneur*, *Angry Birds*...) disponibles sur le Web ou sur son téléphone portable, que l'on peut interrompre et reprendre à tout moment. Les jeux accessibles par l'intermédiaire des réseaux sociaux (*Farmville*...) fédèrent de leur côté un public adulte, voire âgé, les seniors y trouvant une porte d'entrée vers le jeu... Quant aux plus jeunes, ils restent attachés à leur console.

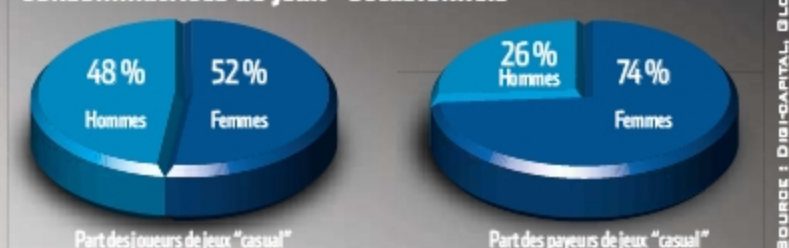
Les plus de 30 ans jouent massivement sur les réseaux



Les jeunes plébiscitent les jeux sur console...



Les femmes sont les premières consommatrices de jeux "occasionnels"



SOCIÉTÉ VERS UN MONDE OÙ TOUT DEVIENT JEU ?

De l'app gratuite sur mobile au programme de formation de l'armée américaine, le jeu, décomplexé, s'invite partout... même dans la réalité !

L'arbre, comme toujours, cache la forêt : alors que les jeux à grand spectacle drainent des budgets à faire pâlir le cinéma, le plus joué aura été, cette année, une petite application disponible depuis décembre 2009 sur de simples téléphones mobiles. *Angry Birds*, qui consiste à catapulter des oiseaux mécontents sur de méchants cochons, dépassait en mars 2011 les... 100 millions de téléchargements. Les jeux simples, accessibles, gratuits (ou presque) ont été ces dernières années, grâce à la diffusion massive des téléphones portables et des réseaux sociaux, les véritables ambassadeurs du jeu, notamment auprès des publics féminin et âgé, qui lui étaient jusque-là réfractaires. Désormais, presque tout le monde joue, à toute heure, en tout lieu, et les jeux sont souvent adaptés à différentes plates-formes interopérables : télévision connectée, smartphone, tablette, site web... concept dont tireront parti les futures consoles comme la Wii U qui devrait être commercialisée en 2012.

Jouer pour se divertir ? Pas seulement. En même temps qu'ils se démocratisent, les jeux vidéo investissent des terrains inattendus. Ainsi, des professeurs de géographie ont commencé à utiliser le célèbre jeu *Sim City*,

dont le but est de créer sa propre ville, pour enseigner l'urbanisme ; et le *Programme d'entraînement cérébral du Dr Kawashima* de Nintendo s'est vendu en 2007 à plus de 17 millions d'exemplaires dans le monde. Si l'idée de jouer avec des objectifs "sérieux" est ancienne, elle a pris une vigueur nouvelle depuis le lancement, en 2002, d'*America's Army*.

LE JEU, UN OUTIL PÉDAGOGIQUE

Ce jeu vidéo conçu et financé par l'armée américaine, distribué gratuitement, est techniquement similaire à ceux que produisent les grands éditeurs, sauf qu'il est impossible de jouer le rôle des méchants et obligatoire de respecter les règles d'engagement qu'est censé suivre le soldat américain sur le terrain. Car l'objectif premier de ce *serious game* n'est pas de divertir. "Pour l'armée américaine, le but est de faire de la publicité, de faciliter le recrutement de nouvelles troupes et leur entraînement", explique Damien Djauti, expert en *serious games* à l'Institut de recherche informatique (Irit), à Toulouse. Depuis, le concept a fait tache d'huile. Dans le secteur médical, avec *Pulse*, un jeu qui permet aux médecins de "jouer" à improviser dans des situations d'urgence ;

dans l'éducation ou la formation continue, domaine privilégié des *serious games*. Mais la science s'y met, elle aussi. Récemment, des joueurs ont ainsi résolu en trois semaines la structure d'une enzyme d'un rétrovirus de la famille du VIH que les biologistes cherchaient sans succès depuis des années. Et ce, en jouant au jeu en ligne *Foldit*. D'autres jeux en ligne, comme *Phylo*, permettent d'aider des généticiens à repérer l'origine de maladies héréditaires au sein des espèces. "L'intérêt de ces 'jeux sérieux', c'est qu'on peut y expérimenter toutes les situations sans que cela ait de conséquence sur la vie réelle. On teste une stratégie, ça ne marche pas, on corrige en en essayant une autre, etc. C'est un outil de plus dans la trousse du formateur ou du pédagogue", souligne Damien Djauti. →



▲ La formation des cadres peut également être assurée par des jeux (ici, *IndustryPlayer*)...



▲ Apprendre en jouant : à Fort Dix, l'armée américaine a fait sien ce précepte en préparant ses soldats sur *Virtual Infantry Combat Environment (VICE)*. Mais elle n'est pas la seule...



▲...et même celle des médecins : ils apprennent à improviser lors de situations d'urgence simulées par *Pulse*...



▲...Quant au jeu en ligne *Foldit*, il a permis de résoudre en trois semaines la structure d'une enzyme de rétrovirus !

→ Mais les concepteurs ont aussi appris à ne pas refaire les erreurs du passé. Car les jeux éducatifs, dans les années 1990, ont beaucoup déçu. *“La manière dont ils étaient conçus était assez limitée. Ils présentaient une partie didactique pas très passionnante – des cours à lire et des systèmes à résoudre – et si vous aviez réussi, on vous laissait jouer comme récompense. L'idée aujourd'hui est de mélanger jeu et apprentissage: pour réussir le jeu, il faut avoir compris ce qu'on vous demande d'apprendre”,* analyse le spécialiste de l'Irit.

Non content de toucher tout le monde, le jeu vidéo s'introduirait donc peu à peu dans tous les aspects de notre vie. De quoi alimenter les angoisses d'addiction nées au début des années 2000 face à des adolescents qui semblaient s'enfermer dans leur bulle. *“Les psychologues se sont affolés un peu rapidement à l'époque. Ils ont plus de recul aujourd'hui”,* constate Yann Leroux, psychologue clinicien, pour qui le terme de dépendance ne s'appuie sur aucune étude solide. *“Il faut plutôt parler de ‘jeu excessif’, explique-t-il. Les psychologues avaient du jeu vidéo une vision primaire d'une activité ‘presse-bouton’, sans doute parce qu'ils ne jouaient pas eux-mêmes. Ils réalisent aujourd'hui que c'est une activité complexe, de rencontre de soi et d'autrui.”* Le temps

passé devant l'écran ne serait donc plus un vrai critère d'inquiétude, et les travaux les plus récents en sciences cognitives montrent même que la pratique de jeux vidéo peut procurer des bienfaits insoupçonnés (capacités accrues d'attention, meilleure mémoire visuelle à court terme, plus grande flexibilité pour passer d'une tâche à une autre...).

LA FRONTIÈRE ENTRE JEU ET RÉALITÉ S'ESTOMPE

Les psychologues, eux, voient dans les jeux vidéo la possibilité d'expérimenter différentes identités, y compris masculines ou féminines, ou de transgresser les règles sociales sans conséquence dans la vie réelle. Une étude publiée en 2010 par Cheryl K. Olson, du Massachusetts General Hospital, a recensé tout ce que les enfants et adolescents déclaraient aimer dans les jeux vidéo. Outre le simple fait de lutter contre l'ennui, on trouve ainsi le plaisir de se confronter à d'autres joueurs, de relever un défi, de créer son propre monde, de passer du temps avec des amis, de se forger un statut parmi les autres joueurs, de gagner en estime de soi en réalisant des choses impossibles d'habitude, d'enseigner aux autres les astuces du jeu, de mieux contrôler ses émotions, d'évacuer sa colère, de se calmer ou d'oublier ses problèmes. Bref, le jeu vidéo n'étouffe donc ni la socialisation

ni la créativité. D'autant qu'avec sa démocratisation, une nouvelle pratique émerge: construire soi-même son jeu. Dans la lignée des vidéos amateurs mises en ligne, il est aujourd'hui possible, avec l'aide de différents logiciels, de transformer un jeu existant, voire de créer intégralement son propre jeu, sans être programmeur. La frontière entre créateur et joueur s'estompe. Comme celle entre le jeu et la réalité avec le développement à venir du jeu ubiquitaire dont le principe est de faire sortir le jeu de l'écran. *“Vous jouez par exemple sur un téléphone portable équipé d'une caméra qui capte la scène environnante et qui y ajoute des éléments pour jouer à partir du décor réel. Ce n'est pas que du jeu vidéo, c'est composite”,* explique Damien Djaouti. Quant aux jeux dits “à réalité alternée”, ils se basent sur une fiction, parsemée d'énigmes. Mais pour trouver leur solution, il faut chercher des informations dans le monde réel, se rendre dans un lieu précis, appeler une vraie personne, dans un aller-retour constant entre réalité et fiction. *“On greffe sur la vie réelle de la fiction”,* résume Damien Djaouti. Tout, dans notre vie, vaudrait-il donc devenir jeu ? Il n'y croit pas: *“Pour que le jeu reste intéressant, il faut aussi qu'il se démarque de la vie réelle.”* Le défi ultime du jeu vidéo est là: donner toujours plus l'illusion du réel sans perdre l'intérêt du virtuel. ■

LA SAGA DU JEU VIDÉO DANS SCIENCE & VIE

Jeux vidéo de réflexion et de simulation, jeux de chance ou jeux de dextérité... En août 1977, *Science & Vie* s'interrogeait sur ces nouveaux envahisseurs qui fonctionnaient alors avec *“une petite boîte branchée*

sur l'antenne d'un récepteur TV” et utilisaient la technologie du microprocesseur: *“Sagit-il là d'un nouveau type de gadget à la mode destiné à sombrer dans l'oubli ?”* ou *“sommes-nous réellement en présence d'un marché d'avenir ?”* (S&V n° 719). En décembre 1982, la réponse commence à se dessiner: S&V s'enthousiasme pour *“la ‘magie’*

terriblement prenante” des jeux vidéo qui constituent *“un phénomène social désordonné mais bien établi”,* révolutionné par l'arrivée des micro-ordinateurs domestiques (S&V Hors-Série, n° 141). Le mensuel, de son côté, salue *“un marché en pleine évolution”* qui ne laisse aucun répit aux *“fanatiques”* (juillet 1984, n° 802). Ceux-ci sont appelés en



décembre 1992 à désigner le vainqueur du combat commercial que se livrent alors les deux “samouraïs” du secteur, Sega et Nintendo (n° 903). L.B.



SCIENCE & VIE

EN PRATIQUE

126

BON À SAVOIR

En direct des publications scientifiques et autres rapports et études...

128

Spécial Noël ZOOM DU MOIS Beaux livres de science: faites votre choix!

134

QUESTIONS/RÉPONSES

Envoyez-nous vos questions et gagnez un abonnement d'un an à *Science & Vie*.

142

TECHNOFOLIES Le visiocasque 3D hollywoodien et les dernières innovations technologiques.

150

À FAIRE

Une expérience scientifique à réaliser chez soi. *Voir le monde microscopique avec une goutte de verre*

152

LE CIEL DU MOIS





EN PRATIQUE

BON À SAVOIR

CO₂: LE SEUIL DE TOLÉRANCE REVU À LA BAISSÉ

En janvier 2012, le nouveau seuil de déclenchement du malus automobile sera fixé à 190 g de CO₂ au kilomètre, au lieu de 245. Et ce malus deviendra être acquitté tous les ans! "http://www.economie.gouv.fr"

**LE BILINGUISME SE DÉCIDE AVANT L'ÂGE DE 1 AN**

À 6-9 mois, les bébés qui entendent deux langues les analysent comme s'il s'agissait d'une seule. Cette plasticité cérébrale s'estompe à 10-12 mois. Plus un enfant entend deux langues tôt, plus il lui sera donc facile de les apprendre! "Journal of Phonetics"

TROP DE TEXTOS FAIT MAL AU COU

La pratique intense du SMS et la consultation intempesive de l'écran du portable peuvent provoquer des douleurs de la nuque, des épaules et des maux de tête. En cause, les 4 à 5 kg de notre tête! "Journal of Applied Ergonomics"

LES PUNAISES DE LIT SONT DE RETOUR EN FRANCE

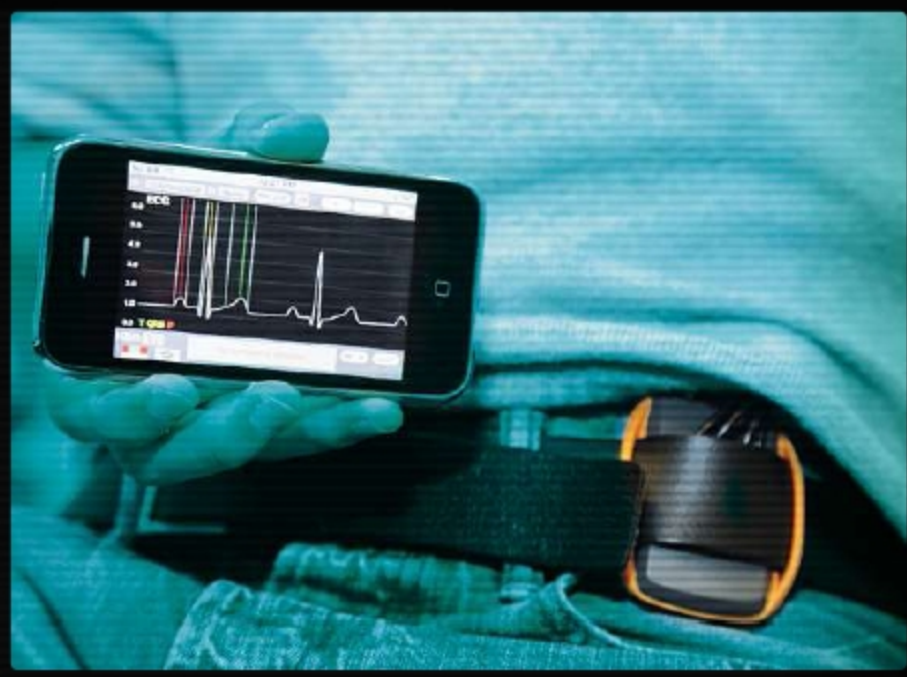
Plates, brunes et longues d'environ 5 mm, les punaises de lit (*Cimex lectarius*), qui se repaissent du sang des dormeurs en les anesthésiant, sont de retour! Après avoir colonisé Montréal, Sydney, New York, ces potentiels vecteurs d'infections qui avaient disparus depuis les années 1950, infestent de plus en plus de logements. Cachés dans la structure de matelas et les recoins de nos habitations, ces insectes sont particulièrement coûteux à éliminer. L'ampleur de l'invasion est encore mal connue mais inquiète assez pour faire l'objet d'une première étude interhospitalière. "Pascal Delaunay, CHU de Nice, journées techniques CS3D"

**60 % DES USAGÉS FRANÇAIS ONT DÉJÀ ÉTÉ PIRATÉS**

Malgré toutes les campagnes d'information, neuf millions quatre cent mille Français auraient encore été victimes de "cybercrimes" en 2010. Ce qui représenterait 1,7 milliard d'euros de perte... et bien des désagréments. Le problème restera insoluble tant que les internautes surferont sur des sites douteux, sans antivirus à jour (comme 50 % des internautes français). Quant aux usagers de smartphones, ils ne se montrent pas plus prudents! Il existe pourtant de nombreux antivirus gratuits et efficaces sur le Web. "Symantec, rapport annuel 2011"

UN SMS POUR AVERTIR QUE SON CŒUR LÂCHE

Des chercheurs de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne ont mis au point un appareil qui permet de signaler par SMS la survenue d'un problème cardiaque. Il mesure en continu les battements du cœur et alerte son porteur sur son smartphone, ainsi que son médecin par SMS ou par courrier électronique, au moindre signe d'arythmie (désynchronisation des muscles cardiaques). L'appareil doit être maintenant testé dans le cadre de plusieurs projets européens. "Ecole polytechnique fédérale de Lausanne"

**L'AROMATHÉRAPIE PEUT ÊTRE TOXIQUE**

Trois chercheurs taiwanais viennent de montrer que les composés organiques des huiles essentielles peuvent être toxiques: ils s'oxydent au contact de l'ozone pour produire des aérosols irritants pour les yeux et les voies respiratoires. "Environmental Engineering Science"

CUISINER TROP CHAUD AUGMENTE LE DIABÈTE

Grillades et fritures produisent des dérivés toxiques du glucose, les PTG, qui nuisent au métabolisme du sucre en renforçant la résistance à l'insuline. Leur réduction dans l'alimentation des diabétiques de type 2 améliore leur état général. "Diabetes Care"

DIRE DES GROS MOTS SOULAGE LA DOULEUR

Jurer permet de supporter plus longtemps la douleur. Selon Richard Stephens (université de Keele), l'effet se fait d'autant plus sentir que le sujet en a peu l'habitude: la transgression s'accompagne d'une sécrétion d'adrénaline qui a un effet anesthésiant. "Journal of Pain"

LE "QI" PEUT ENCORE CHANGER À L'ADOLESCENCE

En testant 33 adolescents à 4 ans d'intervalle, des chercheurs britanniques viennent de montrer que le quotient intellectuel pouvait varier de 20 points durant l'adolescence! Ils ont de plus observé, par scanner, que ces variations des capacités cognitives étaient associées à des réorganisations de certaines régions du cerveau, confortant ainsi leurs résultats. Raison de plus, donc, pour faire travailler ses neurones à cet âge... et ne pas trop s'attacher à ces tests. "Nature"



FOTOLIA - A.HERZOG/EPFL - A.WILD/VU/CORBIS - RUNKEL/REA

EN PRATIQUE

ZOOM DU MOIS

Par Rafaële Brillaud

Spécial Noël

Beaux livres de science

Faites votre choix!

Des arbres, des étoiles, des Gaulois, et puis des araignées, des fleurs... Cette année encore, à l'approche des fêtes, les éditeurs font paraître de très beaux livres faisant rimer érudition avec illustration, curiosité avec voyage. Nous avons fait le tour des tables. Voici notre sélection, en tenant compte des prix.

PETITE MÉTAPHYSIQUE DES JOUETS

► Nicolas Witkowski
► La Martinière
► 176 pages

► 20 €

En 1666, en Grande-Bretagne, le jeune Isaac Newton (1642-1727) achète un prisme près de chez lui, à la foire de Sturbridge. Il s'adresse à un marchand de jouets car l'objet, qui fait miroiter les couleurs de l'arc-en-ciel en déviant différemment chacune des couleurs de la lumière, était réservé à l'époque aux chambres d'enfants. Mais une fois entre les mains d'Isaac Newton, le prisme bon à amuser les bambins devient la star des laboratoires. "N'est-il pas étonnant que l'on ait joué pendant si

longtemps avec des prismes sans jamais réaliser que cet objet recélait les secrets de la lumière?", s'interroge Nicolas Witkowski. Physicien et journaliste, il conte les étonnements enfantins de grands scientifiques et leur importance parfois déterminante sur une ligne de pensée future: Einstein fasciné par l'aiguille de la boussole qui reste fixe; James Maxwell par la toupie qui reste droite; Newton constructeur de cerfs-volants à pétards et de moulins à eau. Un sujet original servi par une plume délicate.

RÊVES DE SAVANTS

► Denis Guthleben
► Armand Colin
► 160 pages

► 24 €

Ce livre dévoile un trésor, plusieurs centaines de plaques de verre photographiques immortalisant le travail de l'Office national des inventions de Meudon, l'ancêtre du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) créé en 1922. Ebauches de notre quotidien (lave-vaisselle, aspirateur, voiture électrique...)

ou idées saugrenues restées sans suite (telle l'électroculture qui postulait que l'électricité augmentait la croissance des végétaux), l'historien Denis Guthleben détaille ces "étonnantes inventions de l'entre-deux-guerres". Mention spéciale au "chasse-piéton", une armature métallique censée garnir le pare-chocs des

automobiles, alors en plein boom, au détriment de la sécurité des quidams. Son principe? La personne tamponnée debout à 20 ou 30 km/h est heurtée à la hauteur des chevilles, elle perd l'équilibre et s'affaisse avant d'être tout simplement balayée sur le côté. Bien sûr, cet "anti-écran" a perdu son utilité quand les voitures ont gagné en vitesse... Un recueil savoureux et instructif.

VOYAGE AU CŒUR DE LA MATIÈRE

► Anton Radevsky et Emma Sanders
► Verlhac
► Pop-up de 6 pages
► 29,95 €

Un livre animé et des textes concis, précis, permettent de découvrir Atlas, une des quatre grandes expériences menées dans l'accélérateur à particules du Cern (Genève). Une manière ludique de remonter le temps quelque 100 millièmes de seconde après le big bang.

QUI ÉTAIENT LES GAULOIS ?

► Dir. François Malrain et Matthieu Poux
► La Martinière/Universcience
► 208 pages

► 29,90 €

Oubliez les primitifs hirsutes vêtus de peaux de bêtes, oubliez Obélix et ses sangliers, Jules César et ses barbares... "La part de mystère qui entoure nos ancêtres les Gaulois" a autorisé toutes les dérives. Il est temps de la dissiper, en faisant partager au plus grand nombre les découvertes des archéologues",

affirment François Malrain et Matthieu Poux, qui ont dirigé ce catalogue de l'exposition présentée à la Cité des sciences, à Paris, jusqu'au 2 septembre 2012. Il en résulte un ouvrage qui se suffit à lui-même, élégant et passionnant, tordant le cou à toutes nos idées reçues. A lire, par Toutatis!



ARACHNA : LES VOYAGES D'UNE FEMME ARAIGNÉE

Christine Rollard et Vincent Tardieu
Belin/ Muséum national d'histoire naturelle
102 pages 30 €

Après un mouvement de recul, la fascination l'emporte. Jamais vous n'avez vu les araignées d'aussi près. Au-delà de leur ingéniosité de tisserandes, vous admirerez la sophistication de leurs méthodes de chasse, la diversité de leurs habitats, leur aptitude au combat... à travers le regard d'une arachnologue accompagnée de ses étudiants et la plume alerte d'un journaliste épris d'écologie. Un voyage naturaliste réjouissant.

SAVANTS ET AVENTURIERS EN ÉGYPTE

Jean-Claude Simoën
La Martinière
256 pages 45 €

Archéologues, architectes, peintres... ils ont tous foulé un jour la terre des pyramides. Remontant le cours du Nil, du delta à Assouan, ce bel ouvrage, parfaitement illustré et édité, égrène portraits et descriptions des principaux sites de l'Égypte antique. On y retrouve Champollion le déchiffreur de hiéroglyphes, Bonaparte entouré de ses savants, mais aussi l'organisateur de croisières Thomas Cook, le voyageur Gustave Flaubert ou la "redoutable English Lady" Amelia Edwards.

À LA CONQUÊTE DES GRANDS FONDS

Jacques Kornprobst et Christine Laverne
Ed. Quae
176 pages 28 €

Les abysses, plongés dans l'obscurité, se laissent difficilement photographier. Comment dès lors parler de géologie des fonds marins sans noyer ses lecteurs dans d'austères pages de texte ? Cet étonnant petit livre a eu la belle idée de miser sur... la peinture à l'eau, autrement dit l'aquarelle. Sous le pinceau de Christine Laverne, professeur à l'université Paul-Cézanne Aix-Marseille III, les profondeurs prennent couleurs et sens en toute simplicité. Une multitude de croquis et schémas accompagnent une présentation très documentée sur les méthodes permettant de connaître la nature et la structure des matériaux qui constituent le

sous-sol des océans. Jacques Kornprobst, directeur honoraire de l'Observatoire de physique du globe de Clermont-Ferrand, y passe en revue carottages, submersibles et robots, études sismiques ou magnétiques, et forages – sans oublier le mastodonte Chikyu, le dernier-né japonais destiné à forer jusqu'à 7000 mètres dans la roche ! Un livre didactique et complet, à ne pas manquer.

LA VIE SEXUELLE CACHÉE DES FLEURS

Rob Kessler et Madeline Harley
Ed. Télémaque
264 pages 42 €

Des dichés microscopiques rehaussés de teintes multicolores pour mieux magnifier l'invisible : l'infinité variété et la beauté du pollen quittant la fleur. Les travaux croisés d'une botaniste et d'un plasticien, publiés en partenariat avec les Jardins botaniques royaux de Kew et Science & Vie.

POMPÉ: UN ART DE VIVRE

Eva Cantarella et Luciana Jacobelli
Actes Sud
232 pages 59 €

Encore un livre sur Pompéi ? "Oui, mais celui-ci se veut différent, il suit pas à pas la vie des habitants de la ville grâce aux informations que la découverte de ce site extraordinaire a permis de recueillir", affirment Eva Cantarella et Luciana Jacobelli. Toutes deux, l'une spécialiste du droit et des institutions romaines,

l'autre archéologue ayant collaboré aux fouilles de la cité ensevelie sous les cendres en 79, excellent à retracer les mœurs de l'Antiquité. De la naissance à la mort, mariages, rites religieux, loisirs, animations des rues, repas, amours et sexe... rien n'échappe à leur récit très richement illustré.



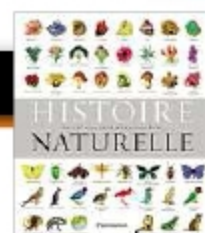
EN PRATIQUE ZOOM DU MO



HISTOIRE NATURELLE

Dir. David Burnie
Flammarion
648 pages

31,50 €



Voilà typiquement le genre de livre que l'on ouvre distraitemment et dans lequel on plonge sans parvenir à le refermer ! Microscopique, végétaux, champignons mais aussi animaux... tous se

déploient en espèces et en couleurs sur de somptueuses doubles pages dont certaines offrent des gros plans étonnants. Soit quelque 5000 illustrations belles et captivantes qui font de cette *Histoire naturelle* un ouvrage de référence et un vrai bonheur de lecture.

ÉVOLUTION

Jean-Baptiste de Panafieu et Patrick Gries
Ed. Xavier Barral
424 pages

35 €



Un pigeon surpris dans son envol. Un renard prêt à bondir sur un campagnol des champs. *Evolution* déborde de vie en ne présentant pourtant que des ossements ! Près de 200 sque-

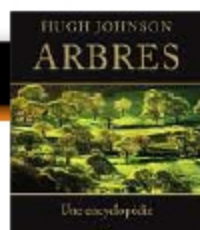
lettes, principalement issus du Muséum national d'histoire naturelle, mais parfois libérés de leurs supports métalliques, ont été photographiés sur fond noir par Patrick Gries, offrant un vi-

brant panorama de la famille des vertébrés, qui rassemble humains, poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux... Déjà salué en 2007, on applaudit encore cette nouvelle édition augmentée d'une quinzaine de spécimens, au format et au prix rétrécis !

ARBRES

Hugh Johnson
Ed. Delachaux et Niestlé
400 pages

45 €



Qu'est-ce qu'un arbre ? Selon la définition traditionnelle, un arbre est "une plante ligneuse capable d'atteindre au moins 6 mètres de hauteur et généralement constituée d'une seule tige", rappelle Hugh Johnson... pour mieux afficher ensuite l'immense variété de conifères et de feuillus. Dans

une première partie encyclopédique, ce vulgarisateur hors pair revient sur la mécanique des arbres, leurs feuilles, leurs fleurs, leurs fruits, leur histoire et celle des hommes qui les ont découverts... Avant de dévoiler ensuite plus de 600 espèces au milieu d'une luxuriance de photos et de dessins.

C'EST L'ESPACE !

Dir. Gérard Azoulay et Dominique Pestre
Gallimard
312 pages

29 €



Fêter les 50 ans du Cnes, l'Agence spatiale française, en 101 mots clefs : voilà l'invitation lancée par *C'est l'espace !*, un beau livre qui séduit d'emblée par son iconographie éclectique et pétillante. Cerise sur le vaisseau, une centaine d'auteurs sont de la partie, mêlant des horizons très divers (historiens, scienti-

fiques, écrivains, acteurs du monde spatial) pour donner à cette réunion un joli air de pagaille propre à toute fête réussie. Remontant l'alphabet, on y parle sans trop de surprise d'Etoiles, de Gagarine, de Pleumeur-Bodou ou de Satellites, mais également de Biocosmisme (un mouvement lié au lancement

de Spoutnik et selon lequel la conquête de l'espace est un aboutissement inéluctable de la révolution bolchevique), d'Hamaguir (un centre français d'expérimentation de fusées situé en Algérie), de Promesse (en l'occurrence celle du court descriptif qui identifie le Cnes depuis 2005 : "De l'espace pour la terre"), de Space art et de Terraformation. A picorer sans modération.

LES AFARS D'ÉTHIOPIE

Jean-Baptiste Jeangène Vilmer, Franck Gouéry
Ed. Non lieu
168 pages

29 €



C'était la région préférée d'Haroun Tazieff, fasciné par le volcan Erta Alé, l'un des deux seuls au monde à posséder un lac de lave permanent. C'est aussi la terre de Lucy, ce fossile de 3,2 millions d'années qui garda pendant longtemps le titre de plus lointain ancêtre de l'humanité. C'est encore une dépression

située sous le niveau de la mer, la région la plus chaude du monde (34,4 °C en moyenne), une fournaise aux couleurs violentes. Le désert du Danakil, en Éthiopie, terre des Afars qui exploitent sa couche de sel de 2000 m de profondeur, s'offre pour la première fois dans un livre de photographies. A découvrir.

ET AUSSI...

HABITER

Michel Serres
Le Pommier
192 pages
39 €



Dans sa langue subtile, poétique, le philosophe et historien des sciences Michel Serres se livre à une réflexion sur les manières d'habiter, de la coquille d'escargot au ventre de la mère, des cités des architectes au corps qui nous habille.

BIOLOGIE

De Boeck
1406 pages
89 €



Chic et sérieux, ce manuel de biologie de référence se dote d'une "version luxe" inédite, avec couverture cartonnée. Pour tout savoir sur l'hérédité, les virus, la nutrition des plantes ou le système digestif des animaux.

AUX ORIGINES DE LA MÉDECINE

Dir. Didier Sicard et Georges Vigarello
Fayard
474 pages
48,90 €



Une vingtaine de spécialistes, historiens, biologistes, sociologues ou philosophes, content les origines et le développement de la médecine, des temps préhistoriques à l'homme virtuel de demain. Complet et incontournable.



EN PRATIQUE

QUESTIONS
RÉPONSES

▲ Pour les neurobiologistes, l'identité sexuelle relève à la fois de l'inné et de l'acquis (ici, la Gay Pride à New York)...

Qu'est-ce qui détermine exactement notre identité sexuelle ?

Question de Yann Latronche, Paris 19^e

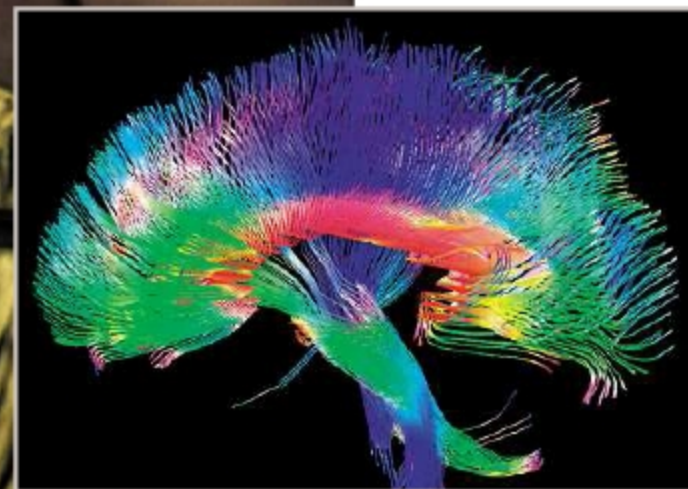
Sans doute votre question fait-elle référence à l'introduction dans les nouveaux manuels de sciences des classes de premières L et ES de la "théorie du genre", qui a suscité les protestations d'une centaine de députés jugeant cette initiative non scientifique et immorale. En cause, notamment, cet extrait tiré du manuel Hachette : "Le sexe biologique nous identifie mâle ou femelle, mais ce n'est pas pour autant que nous pouvons nous qualifier de masculin ou de féminin. Cette identité sexuelle, construite tout au long de notre vie dans une

interaction constante entre biologique et contexte socioculturel, est pourtant décisive dans notre positionnement par rapport à l'autre." Une phrase qui va à l'encontre d'une conception purement biologique du genre.

LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

C'est que, pour les scientifiques, nos chromosomes, X ou Y, nos gènes, nos organes sexuels, notre taux plus ou moins élevé d'hormones sexuelles ne suffiraient pas à définir et à distinguer masculin et féminin. Les différences de comportement ou d'habileté cognitive – l'agressivité des hommes, leur supériorité en mathématiques ou l'empathie des femmes – ne seraient pas les signes d'une origine, voire d'une programmation génétique. Catherine Vidal, neurobiologiste et directrice de recherche à l'Institut Pasteur, explique : "À la naissance, seulement 10 % de nos 100 milliards de neurones sont connectés entre eux. Les 90 % de connexions restantes s'effectuent lors des premières années de la vie en interaction avec l'environnement

de l'enfant et en fonction des influences de la famille, de la culture, de l'éducation et de la société. Le vieux débat qui visait à quantifier la part de l'inné et de l'acquis n'a plus lieu d'être, les deux se confondant dans un cerveau qui évolue au cours de la vie. C'est ce qu'on appelle la plasticité cérébrale." Une notion courante en neurobiologie et qui s'applique à la question de l'identité sexuelle, même si de rares scientifiques continuent de défendre le pouvoir déterminant de la génétique. "Un petit enfant n'a pas conscience de son sexe et ce n'est que vers 2-3 ans qu'il s'identifiera comme garçon ou fille, détaille Priscille Touraille, socio-anthropologue au Muséum national d'histoire naturelle et spécialiste du genre. Or, bien avant cette identification, son entourage lui apprend à s'insérer dans une catégorie masculine ou féminine par l'habillement, les activités sociales ou éducatives. Ce n'est que bien plus tard qu'il fera le lien avec ses organes génitaux, c'est-à-dire avec la biologie." Et la chercheuse →



▲ ...car, à la naissance, seuls 10 % de nos neurones sont connectés : à 90 %, notre personnalité résulte ensuite de l'interaction avec l'environnement.



EN PRATIQUE QUESTIONS/RÉPONSES

→ va plus loin, soutenant que l'identité sexuelle est uniquement sociale: *"L'identité, c'est le sentiment d'appartenir à un groupe et de se définir comme élément de ce groupe, ici homme ou femme. Or, cette catégorisation est une opération de l'esprit. C'est donc forcément un concept social."*

FORCÉ DE CHOISIR UN SEXE

Un exemple à l'appui? Le cas des personnes intersexuées, dont le sexe biologique est, en raison d'anomalies chromosomiques, génétiques ou hormonales, mal défini (environ 1 % des nouveau-nés présenteraient une ambiguïté sexuelle). *"Naître intersexué est un fait biologique. Or, jusqu'à il y a peu, on opérât ces personnes pour qu'elles entrent dans une catégorie, mâle ou femelle. Le biologique est ici nié par le social",* développe-t-elle. Et quand bien même aucune opération n'eut été pratiquée sur ces individus, la société leur impose de choisir une catégorie sexuelle, voire de prouver qu'ils appartiennent à l'une ou à l'autre.

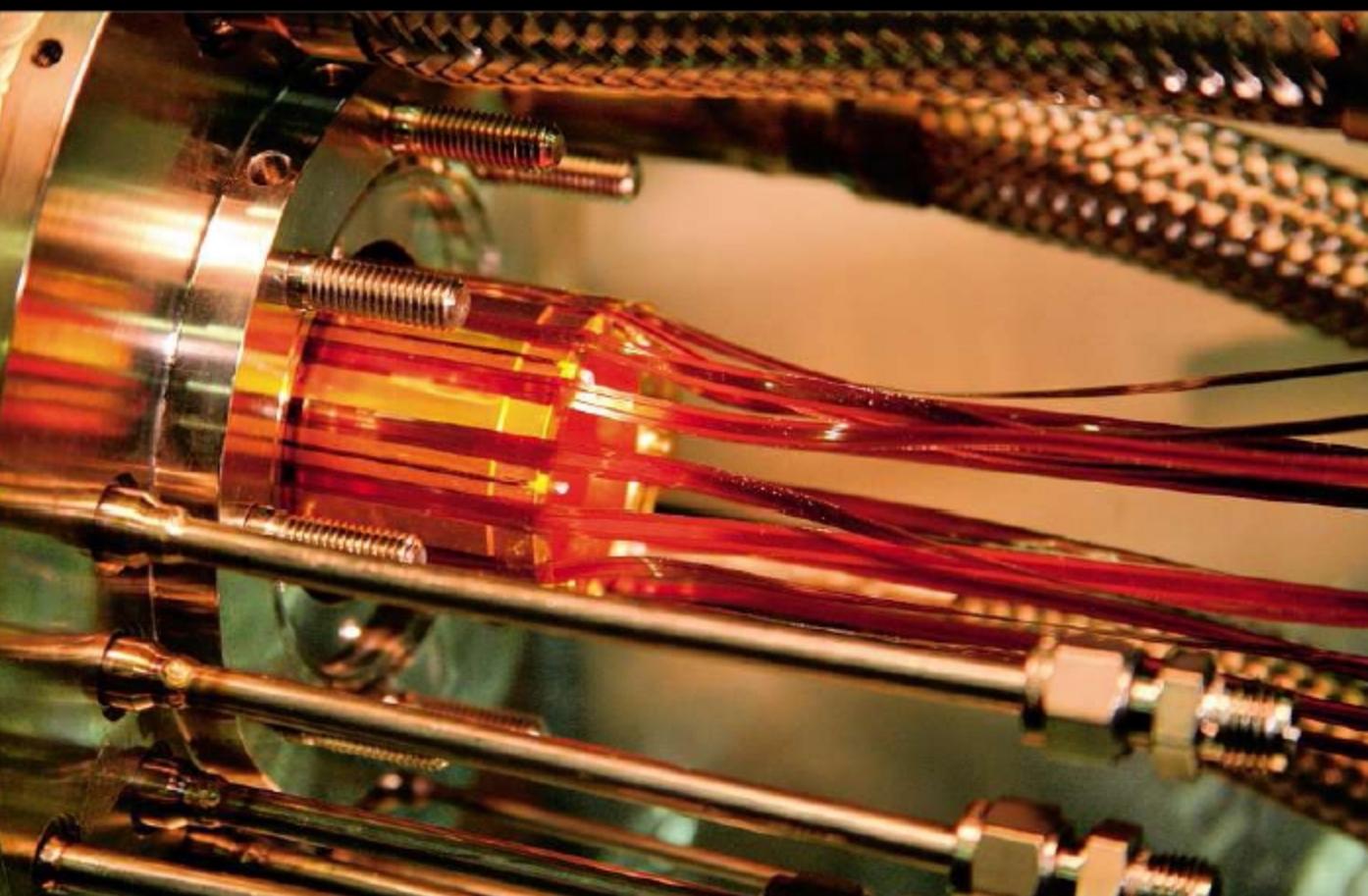
ET L'ORIENTATION SEXUELLE?

A côté de l'identité sexuelle, les nouveaux manuels de sciences abordent également la notion d'orientation sexuelle. *"Le terme d'orientation sexuelle désigne le désir affectif et sexuel, l'attraction érotique qui peut porter sur les personnes du même sexe (homosexualité), sur celles du sexe opposé (hétérosexualité) ou, indistinctement, sur l'un ou l'autre sexe (bisexualité)",* peut-on lire dans l'ouvrage publié par Hachette. Quant à savoir si l'orientation sexuelle relève du biologique et/ou du social, le débat là aussi fait rage. Les tenants de l'origine génétique ont jusqu'ici échoué à en apporter la preuve moléculaire, y compris chez les animaux, parmi lesquels le biologiste américain Bruce Bagemihl a recensé 450 espèces pratiquant l'homosexualité.

C'est ainsi qu'en 2009, lors des championnats du monde d'athlétisme, l'athlète sud-africaine Caster Semenya (championne du monde du 800 m) vit sa féminité mise en doute par ses caractères morphologiques masculins, au point qu'un test génétique lui fut imposé, confirmant biologiquement qu'elle est bien de sexe féminin.

"Lorsqu'on annonce à des parents que leur enfant est intersexué, ils ne se demandent pas comment ils vont l'élever en tant qu'enfant – question dont la réponse est loin d'être évidente –, mais s'ils vont devoir l'élever en tant que fille ou garçon. C'est bien la preuve que l'on ne considère pas et, partant, que l'on n'éduque pas de la même façon les filles et les garçons. Et c'est cette asymétrie dans l'éducation qui est à l'origine des différences entre les hommes et les femmes", ajoute Priscille Touraille. Selon l'anthropologue, c'est même cette identification de l'individu par le sexe qui est à l'origine des discriminations entre les hommes et les femmes. **C.H.**

> Grâce à ce piège à particules, les physiciens du Cern cherchent encore à élucider le comportement des antiatomes d'hydrogène face à la force de gravitation.



L'antimatière obéit-elle aux lois de la physique?

Question de Christian Andrianirina, Corbeil (91)

Bien qu'à chaque particule de matière soit associée une particule d'antimatière, il n'est pas certain qu'elles obéissent de la même façon aux lois de la physique. Pour autant, c'est bien la même physique qui s'applique à elles indifféremment. Pour le dire autrement, matière et antimatière sont soumises aux quatre mêmes interactions fondamentales de la physique: interaction forte, faible, électromagnétique et

gravitation. Oui, mais leur comportement n'est identique que pour deux d'entre elles, l'interaction forte, qui maintient la cohésion des noyaux atomiques, et l'interaction électromagnétique, à cette différence près que leur comportement dans un champ électromagnétique est inversé, la charge électrique de chaque particule d'antimatière étant opposée à celle de la particule de matière qui lui est associée (le proton est positif,

l'antiproton, négatif). Une inversion qui se manifeste aussi en ce qui concerne le spin (la rotation des particules sur elles-mêmes).

EFFETS DISSYMMÉTRIQUES

Il n'en va pas de même avec l'interaction faible, responsable de la désintégration radioactive des particules. Les effets sont ici dissymétriques. En observant des kaons et leurs antiparticules, antikaons, les physiciens ont remarqué que la probabilité qu'un kaon et qu'un antikaon se désintègrent dans un temps donné n'est pas toujours égale. Même chose pour les mésons B. Cette asymétrie matière-antimatière n'est toutefois pas assez considérable pour expliquer pourquoi la matière règne en maître dans l'Univers... ce qui reste un mystère.

Le comportement des particules d'antimatière face à la force de gravitation fait encore l'objet de recherches, la difficulté étant d'étudier des particules d'antimatière électriquement neutres, qui ne subissent que la gravité et non les champs magnétiques qu'on utilise pour les manipuler. C'est l'objectif du projet AEGIS au Cern, qui prévoit d'y parvenir d'ici à 2013. Les chercheurs espèrent voir des antiatomes d'hydrogène subir un effet de répulsion plutôt que d'attraction vis-à-vis de la force gravitationnelle. En attendant, la manipulation d'atomes neutres ne cesse de progresser, comme le montre un autre projet du Cern, Alpha, parvenu en juin dernier à produire et conserver des antiatomes d'hydrogène pendant une quinzaine de minutes. **J.B.**

Pourquoi les voitures polluent-elles plus l'hiver?

Question de Patrice Romain, Paris 20^e

La réponse n'est pas simple car tout dépend des conditions météo. Certes, lorsque le moteur est froid, les émissions de polluants sont d'autant plus importantes que la température extérieure est basse. Les régions où les hivers sont rigoureux étant plus touchées par cette surémission que les régions aux hivers doux. Pour autant, toutes les voitures ne sont pas affectées de la même façon. Ainsi, les diesels sont beaucoup moins sensibles à cette surémission en hiver que les véhicules essence, équipés d'un pot catalytique qui ne dépollue les gaz d'échappement qu'au-delà de 250 à 300 degrés. Des températures atteintes après plusieurs dizaines de minutes de circulation ininterrompue. En hiver, les moteurs à essence polluent donc plus que les diesels, malgré la surconsommation de ceux-ci au démarrage. De plus, en ville, les trajets courts, entrecoupés d'arrêts, permettent

rarement aux véhicules d'atteindre leur température normale de fonctionnement, même en été.

LEFAMEUX ANTICYCLONE...

Reste que la météo influence jusqu'à un facteur 5 sur la pollution. C'est le cas des anticyclones dont les vents faibles ne favorisent pas la dispersion des polluants. Ils sont souvent à l'origine d'inversions de températures: la masse d'air près du sol est plus froide que la couche supérieure. Les polluants sont alors bloqués à basse altitude et ne se dissipent pas bien dans la haute atmosphère. Un phénomène plus intense lors des anticyclones hivernaux. La pollution automobile, plus importante lors d'un été caniculaire, sera plus faible pendant un hiver doux et venteux. Et, inversement, plus importante lors d'un hiver rigoureux et sec que lors d'un été pluvieux. Les pics ne dépendent donc pas des saisons, mais de conditions météo ponctuelles. **S.P.**

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À

SCIENCE & VIE

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

SCIENCE & VIE, QUESTIONS/RÉPONSES
8, rue François-Ory, 92543 MONTROUGE CEDEX.



Comment les bougies absorbent-elles les odeurs ?

Question de O. Montourcy, L'Eguille-sur-Seudre (17)

En fait, elles les absorbent... très mal ! Contrairement à une croyance très répandue, la flamme d'une bougie n'a presque aucun effet sur l'odeur d'une pièce. Même si elle a tous les atouts nécessaires. Les odeurs sont des molécules volatiles dont la structure est détruite à haute température. Or, le sommet d'une flamme peut atteindre 1200 °C, ce qui détruit toute molécule odorante passant à proximité. De plus, la flamme produit un effet "aspirateur" : en chauffant l'air elle le rend plus léger ; un courant ascendant se

forme alors, qui aspire l'air à la base de la flamme. Ce flux est ainsi nettoyé de ses odeurs. Effectif, certes, mais pour une quantité d'air dérisoire ! Quant aux bougies parfumées réputées assainir l'atmosphère, elles n'ont donc d'autre fonction que de masquer les odeurs indésirables. Ce qui n'est pas sans inconvénient : la combustion de la cire dégage des composés peu recommandables du point de vue de la santé, comme le formaldéhyde qui gêne les voies respiratoires, et le benzène, un cancérigène reconnu... F.N.



▲ Cette image interférentielle permet de visualiser l'effet "aspirateur" de la flamme : le flux ascendant qui se forme à sa base est nettoyé de ses odeurs.

Pour quelles raisons les loups sont si mal tolérés en France ?

Question de B. Bouillier, Touques (14)

C'est vrai : le loup semble mieux toléré dans certaines régions italiennes et espagnoles. Mais c'est qu'il n'en a jamais disparu ! Tandis qu'en France, cela fait presque un siècle que l'élevage se développe à l'abri de tout prédateur, le dernier loup français ayant disparu dans les années 1930. En Italie et en Espagne, l'espèce a survécu aux attaques répétées des hommes avant de se voir

attribuer le statut d'espèce protégée en 1979. Dès lors, la reconquête de *Canis lupus*, tout aussi honni dans ces pays-là, a pu reprendre... Jusqu'à traverser la frontière italienne au début des années 1990 et s'installer dans les Alpes du Sud... où les éleveurs ont donc perdu depuis plus de deux générations l'habitude de se battre contre de tels prédateurs. Bilan : des centaines, et bientôt

des milliers de moutons tués (4 189 indemnisations au titre de victimes du loup en 2010). Sans parler du stress engendré sur le troupeau, qui grossit moins ou donne moins de lait. D'où la colère des éleveurs, déjà fragilisés par la crise du secteur.

BRACONNAGE LÉGAL ?

Toutefois, nos bergers français sont loin d'être isolés. Partout où le loup a recolonisé des territoires désertés (le nord de l'Italie, la France, la Suisse, la Norvège),

la cohabitation est difficile et le rejet unanime. Dans les régions où le loup a toujours été présent (sud de l'Italie et Espagne), les pertes sont moins lourdes, les éleveurs plus conciliants. Et pour cause : la trilogie "berger-chien de protection-enclos pour la nuit" existe toujours. On trouve ainsi de nombreux enclos en pierre qui protègent les troupeaux la nuit, et la main-d'œuvre moins chère favorise la présence d'un aide-berger à proximité permanente du

troupeau. Autre différence : dans les Abruzzes, l'élevage ovin est principalement destiné à la production de lait. Ces petits troupeaux sont regroupés chaque soir pour la traite dans un endroit protégé. Enfin, en Italie et en Espagne, le loup ne jouit pas d'une protection totale. "Les autorités tolèrent, voire autorisent les éleveurs à braconner l'animal", précise Laurent Garde, chercheur au Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes Méditerranée. *Faisons pareil en France et les éleveurs supporteront mieux la situation.* "Ce qui peut aussi dissuader les loups de s'approcher. Une demande partagée par nombre de bergers français. L.B.

A quoi bon se frotter les yeux quand on est fatigué ?

Question de Camille Choquet, Ligneyrac (19)

C'est simple : ce geste vise à reconstituer l'une des couches protectrices de la rétine. La surface de l'œil est en effet recouverte d'un film lacrymal composé de trois éléments superposés : une couche protéique en contact direct avec la cornée, une couche aqueuse et une couche lipidique au contact de l'air. Cette dernière évite l'évaporation des larmes et, donc, l'assèchement de l'œil. Elle lisse également les irrégularités de la cornée pour obtenir une surface optique parfaite

qui assure une vision nette. La structure de ce film lacrymal doit être maintenue en permanence. C'est l'un des principaux rôles du clignement d'yeux, qui intervient en moyenne 10 à 15 fois par minute. Les impuretés qui se fixent continuellement sur le film sont ainsi balayées.

UNE VIDANGE FORCÉE

Dans le même temps, la contraction des paupières comprime les glandes de Meibomius qui excrètent alors des corps gras,

reconstituant la couche lipidique. En cas de fatigue, comme lors d'une lecture attentive sur un écran, la fréquence des clignements chute. Le film lacrymal s'altère et l'œil se met à piquer. Cette situation inconfortable déclenche un réflexe de frottement des yeux, phénomène que l'on peut déjà observer chez le nourrisson. La pression exercée sur la paupière force la vidange des glandes de Meibomius, qui déposent une nouvelle couche de corps gras. Le geste repousse également les pollutions du film lipidique vers le coin de l'œil, où elles seront évacuées vers les voies lacrymales. Se frotter les yeux en cas de fatigue oculaire est donc un geste naturel, dont il ne faut cependant pas abuser : répété trop souvent, il finit par traumatiser l'œil. C.L.



◀ Quand il travaille, l'œil cligne moins, son film lacrymal s'altère et il se met à piquer : le premier réflexe est de le frotter.

M. FRANÇON - SCIENCEGETTY

Offre réservée
aux lecteurs de
SCIENCE&VIE

Offrez ou Offrez-vous des abonnements

Exclusivité wawacity.ws

idée
cadeau

VITE JE M'ABONNE !

Bon à compléter et à retourner à OPÉRATION NOËL
MONDADORI - BP 48 - 93501 PANTIN CEDEX

26 magazines à prix SPÉCIAL NOËL

Tarif unique !

OFFRE LIMITÉE

jusqu'au 31/12/2011

19€
SEULEMENT
l'abonnement



NOUVEAU !

vite, je clique !
-20%

Tarifs dégressifs supplémentaires
sur **www.KiosqueMag.com**
à partir de 2 abonnements souscrits en ligne

1 Je choisis mes abonnements
et je coche les cases ci-dessous.

Magazine	Réf.	Parution	Nombre de n°	Prix normal au numéro	Mon prix	Ma réduction
<input type="checkbox"/> L'Ami des Jardins	10	Mensuel	6 n°	25,80 €	19 €	-26%
<input type="checkbox"/> L'Auto Journal	42	Bimensuel	8 n°	26,40 €	19 €	-28%
<input type="checkbox"/> L'Auto Journal 4X4	44	Trimestriel	5 n°	29,50 €	19 €	-35%
<input type="checkbox"/> Auto Plus	40	Hebdo	12 n°	22,80 €	19 €	1,58€ le n°
<input type="checkbox"/> Biba Poche	16	Mensuel	15 n°	25,50 €	19 €	-25%
<input type="checkbox"/> Les Cahiers de Science & Vie	36	Bimestriel	4 n°	23,80 €	19 €	-20%
<input type="checkbox"/> Le Chasseur Français	03	Mensuel	7 n°	21,00 €	19 €	-9%
<input type="checkbox"/> Closer	17	Hebdo	16 n°	24,00 €	19 €	+ de 3 n° gratuits
<input type="checkbox"/> Diapason + 1 CD par numéro	04	Mensuel	4 n°	30,00 €	19 €	-36%
<input type="checkbox"/> Le Film Français	FF	Hebdo	4 n°	24,00 €	19 €	-20%
<input type="checkbox"/> Grazia	55	Hebdo	20 n°	34,00 €	19 €	-44%
<input type="checkbox"/> Guerres & Histoire	37	Bimestriel	4 n°	23,80 €	19 €	-20%
<input type="checkbox"/> Modes et Travaux	12	Mensuel	12 n°	24,00 €	19 €	-20%
<input type="checkbox"/> Nous Deux	14	Hebdo	12 n°	35,40 €	19 €	-46%
<input type="checkbox"/> Pleine Vie	18	Mensuel	9 n°	29,70 €	19 €	-36%
<input type="checkbox"/> Réponses Photo	05	Mensuel	6 n°	29,40 €	19 €	-35%
<input type="checkbox"/> La Revue Nationale de la chasse	01	Mensuel	5 n°	22,50 €	19 €	3,80€ le n°
<input type="checkbox"/> Science & Vie	30	Mensuel	6 n°	25,20 €	19 €	-24%
<input type="checkbox"/> Science & Vie Découvertes	35	Mensuel	5 n°	24,50 €	19 €	3,80€ le n°
<input type="checkbox"/> Science & Vie Junior	33	Mensuel	5 n°	22,50 €	19 €	3,80€ le n°
<input type="checkbox"/> Sport Auto	41	Mensuel	5 n°	27,50 €	19 €	-30%
<input type="checkbox"/> Télé Poche	50	Hebdo	26 n°	26,00 €	19 €	7 n° gratuits
<input type="checkbox"/> Télé Star	51	Hebdo	25 n°	27,50 €	19 €	-30%
<input type="checkbox"/> Télé Star Jeux	52	Mensuel	7 n°	20,30 €	19 €	2,71€ le n°
<input type="checkbox"/> Top Santé	13	Mensuel	9 n°	25,20 €	19 €	-24%
<input type="checkbox"/> Les Veillées des Chaumières	19	Hebdo	12 n°	24,00 €	19 €	1,58€ le n°
Nombre total d'abonnements				Total de ma commande		

Nouveau ! Dès 2 abonnements,
des réductions sur **KiosqueMag.com**

651018

2 Adresse(s) de livraison des abonnements :

Mes coordonnées (à remplir dans tous les cas) pour recevoir les abonnements ref. : / /

Nom : / /

Prénom : / /

Adresse : / /

Code postal : / / Ville : / /

Email : / /

☐ J'accepte d'être informé(e) des offres commerciales des partenaires du groupe Mondadori.

Coordonnées de mon ami(e) si j'offre des abonnements ref. : / /

Nom : / /

Prénom : / /

Adresse : / /

Code postal : / / Ville : / /

3 Mon règlement :

Le montant total de ma commande est de : / / €

☐ Je règle par chèque ci-joint à l'ordre de Mondadori Magazines France.

☐ Je règle par carte bancaire :

N° de carte : / / / / / / / / / / / / / / / /

Expire le : / / / /

Noter les 3 derniers chiffres du N° inscrit au dos de votre carte : / / /

Date : / / / /

Signature : / /

Offre réservée aux nouveaux abonnés en France Métropolitaine jusqu'au 31/12/2011.



EN PRATIQUE

TECHNOFOLIES

SPÉCIAL NOËL

Le visiocasque 3D hollywoodien

S'immerger chez soi dans une véritable salle de cinéma 3D : c'est la promesse du premier visiocasque haute définition. Un exploit dû à la miniaturisation d'écrans OLED embarqués. Explication.

Vous aimez voir les choses en grand ? Ce visiocasque de 420 grammes offre un rendu visuel similaire à celui d'un écran de cinéma 3D 16:9 de 19 m de diagonale qui serait regardé à une distance de 20 m ! Pour obtenir un tel effet, chaque œil est positionné à quelques centimètres

d'un mini-écran de 1,78 cm de diagonale capable d'afficher 1280 x 720 points (résolution dite 720p). Une optique a été insérée entre les écrans et le regard du spectateur afin que l'œil puisse s'accommoder aux images malgré la courte distance. "Pour chaque œil, un jeu de lentilles grossissantes fait converger sur un même plan la lumière émise par l'écran associé. L'image réelle ainsi créée est alors perçue par le spectateur comme une image virtuelle éloignée de 20 m", explique Patrick Moncet, responsable produit chez Sony France. Le spectateur peut régler l'écart interpupillaire (entre 55 et 72 mm) grâce à des petites molettes situées sur le dessus du casque. Le champ de vision horizontal obtenu avec les deux écrans est d'environ 45 degrés.

Mis en œuvre pour la première fois dans les années 1960, le principe optique d'un tel visiocasque n'est pas nouveau mais la faible résolution des écrans utilisés jusqu'ici ne permettait pas de délivrer une image virtuelle haute définition aussi grande et d'une telle qualité. Avec le HMZ T1, Sony a franchi cette

étape. Les pixels rouge, vert, bleu de chaque mini-écran mesurent 4 micromètres par 12 micromètres, ce qui permet d'agrandir les images d'un facteur 1000 sans que la scène donne l'impression d'être observée à travers un maillage dû aux interstices entre les pixels.

UN SON SURROUND 5.1

Pour atteindre un tel niveau de miniaturisation, le fabricant utilise des écrans à diodes électroluminescentes organiques (OLED) plutôt que des écrans à cristaux liquides (LCD) classiques. Plus coûteux, les écrans OLED ne nécessitent pas de dispositif de rétro-éclairage, affichent des temps de latence très courts, délivrent des taux de contraste élevés et autorisent une grande densité de pixels. Sony a encore amélioré ce dernier point en utilisant exclusivement des diodes blanches plutôt qu'une alternance de diodes rouges, vertes et bleues. Des filtres de couleur placés devant les mini-diodes blanches permettent ensuite de

recréer les couleurs avec précision. Cette astuce de fabrication lui a permis de réduire la taille des pixels d'un facteur 20 par rapport aux écrans à diodes électroluminescentes classiques.

Profitant de cette haute résolution inédite pour un visiocasque, le HMZ T1 parvient à afficher des contenus 3D. Le principe de stéréoscopie mis en œuvre est à la fois le plus ancien et le plus efficace. Les deux écrans diffusent chacun leur propre flux d'images. Il n'est donc pas nécessaire de doubler l'image pour recréer la sensation de relief comme c'est le cas au cinéma ou sur les téléviseurs 3D avec des lunettes à filtres ou à obturateurs. "Il n'y a aucun chevauchement entre les images délivrées à l'œil gauche et celles fournies à l'œil droit.

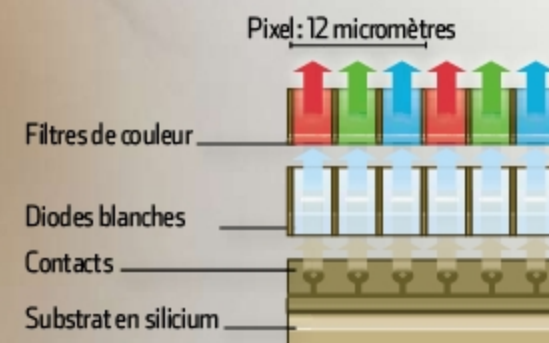
L'affichage est très fluide", souligne Patrick Moncet. Le son n'est pas en reste avec l'intégration d'écouteurs qui recréent virtuellement le son surround 5.1 d'un Home Cinema. Pour éviter de trop alourdir le casque, Sony a préféré déporter les composants chargés de convertir les signaux audio et vidéo dans un petit boîtier externe. Ce dernier est branché au secteur et à la source vidéo (lecteur Blu-ray, Playstation, PC, etc.) via un câble HDMI. Le visiocasque n'a de son côté qu'un seul fil à la patte : il est alimenté par le câble HDMI qui le relie au boîtier.

Plusieurs caches en silicone de différentes tailles sont fournis afin de bloquer la lumière qui pourrait passer en bas du casque tandis que le support frontal et les branches du casque empêchent la lumière de s'infiltrer au dessus et sur les côtés. Au final, on regrettera juste l'impossibilité de partager ses émotions avec ses proches pendant les programmes. C'est le prix à payer pour s'offrir une immersion totale dans un univers 3D haute définition. **D.M.**

Prix : env. 800 €. Rens. : www.sony.fr/hub/hmz-visiocasques

Comment ça marche ?

1. Les deux mini-écrans à diodes ont des pixels 20 fois plus petits que ceux à diode classique. Leur image (1280 x 720 pixels) peut être agrandie sans problème de définition.



2. L'image est transmise à l'œil par un système de lentilles. Les rayons convergent vers l'œil depuis l'objectif, donnant l'impression au spectateur de regarder une image de 19 m de diagonale à 20 m de distance. Comme s'il était au cinéma.



Relié à une console de jeux, un PC ou encore un lecteur Blu-ray via un petit boîtier de conversion dédié, le Personal 3D Viewer HMZ T1 promet une immersion visuelle et sonore totale.

DR - A. DAGAN



EN PRATIQUE **TECHNOFOLIES SPÉCIAL NOËL**

La télévision en relief enfin sans lunettes

Pour simplifier la télévision 3D, il ne restait plus qu'à éliminer les lunettes. C'est désormais chose faite avec le 55ZL2 de Toshiba. Le fabricant japonais fait la différence en utilisant le principe de l'autostéréoscopie – la même technologie que sur la console Nintendo 3DS. Il y a toujours deux images diffusées, une pour chaque œil, qui sont superposées par le cerveau pour recréer l'effet de relief. Mais cette fois, ce ne sont pas les lunettes qui séparent la vision de chaque œil mais l'écran lui-même, grâce à un masque imperceptible de bandes verticales. La surface de ce téléviseur de 55 pouces est en outre tapissée de microlentilles dont la forme sphérique permet de restituer jusqu'à 9 points de vue de chaque image. Pour ajuster l'angle de vision, une caméra intégrée repère, par reconnaissance faciale, la position des téléspectateurs devant l'écran (9, au maximum). L'autre innovation du 55ZL2 est sa très haute résolution Quad Full HD (3840 x 2160 pixels). Cela permet d'afficher des photos de 8 mégapixels sans perte de qualité, mais surtout de conserver une résolution HD (1280 x 720 pixels) lorsqu'on passe en mode 3D.

L.B.

Prix : à partir de 8000 €.
Rens. : www.toshiba.eu



Des méduses dans votre salon



Le Desktop Jellyfish Tank, de la société américaine Jellyfish Art, est le premier aquarium domestique capable d'héberger des méduses... Dans un aquarium classique, en effet, ces animaux marins risquent d'être piégés par le système de filtration d'eau. Or, cet aquarium est doté d'une pompe à diffusion d'air qui crée un flux circulaire : ainsi, les méduses sont maintenues au centre. En outre, ses lumières à LED changeantes en font un bel objet d'intérieur.

J.J.

Prix : à partir de 190 €.
Rens. : www.jellyfishart.com

LA BALLE QUI LA JOUE BLUETOOTH

Derrière son allure toute simple, cette balle Sphero (7 cm de diamètre) conçue par la société américaine Orbotix cache un nouveau joujou high-tech : un objet robotisé qui se connecte en Bluetooth à un smartphone ou à une tablette. Après avoir téléchargé une application gratuite, vous pourrez ainsi faire rouler la sphère comme une balle de golf, de bowling ou de billard et la diriger depuis l'écran tactile de votre téléphone. Sphero intègre également des LED dont la couleur est modifiable. Son autonomie est d'une heure. Pour la recharger, on la pose sur un socle-chargeur (fourni). Un plus : les amateurs de programmation pourront développer leurs propres logiciels ou jeux, l'interface (API) étant ouverte.

J.J.
Prix : env. 100 €.
Rens. : <http://gospheo.com>



Exclusivité **wawacity.ws**

SONY
make.believe



La qualité reflex dans un compact.

NEX-5N par Sony



En utilisant le même capteur qu'un reflex numérique, l'appareil photo NEX-5N propose une qualité d'image comparable à un reflex, dans une taille ultra-compacte. Sa nouvelle interface intuitive le rend aussi simple d'utilisation qu'un compact numérique.

www.sony.fr/photographes

Sony, *make.believe*, *α*, *NEX-5N* et leurs logos sont des marques déposées de Sony Corporation. Sony Europe Limited, société de droit étranger, immatriculée auprès du Registrar of Companies for England and Wales n° 2422874 dont le siège social est The Heights, Brooklands, Weybridge, Surrey, KT13 0XW, Royaume-Uni ; succursale Sony France, RCS Nanterre 390 711 323, 49/51 quai de Dion Bouton, 92800 Puteaux, France.

EN PRATIQUE TECHNOLOGIES SPÉCIAL NOËL



▲ C'est le premier appareil véritablement hybride pour l'image fixe et animée.

Il photographie et filme en même temps !

Cet appareil n'est ni un Caméscope qui fait ponctuellement des photos, ni un appareil photo numérique qui peut, à l'occasion, enregistrer quelques vidéos. Non, le GC-PX10, dernier produit de la société japonaise JVC, est un vrai deux-en-un : il peut filmer et photographier simultanément une scène donnée. Son design, entre bridge et caméscope, signe sa vocation de parfait hybride. Il intègre un nouveau processeur de traitement d'image, le Falcon-Brid. Résultat : l'appareil peut prendre des images de 8 mégapixels tout en enregistrant une vidéo en Full HD (1 080p). Grâce à son encodage Mpeg-4, le GC-PX10 permet également de capturer depuis une vidéo des images fixes très nettes,

avec un taux de 36 Mbps. Il dispose d'une sensibilité allant jusqu'à 6 400 ISO, pour des photos prises dans des environnements sombres et d'un mode rafale pour capturer 50 images par seconde en 8,3 mégapixels. Autre intéressante particularité : son mode ralenti à 300 images par seconde, qui ravira notamment les amateurs de photographie sportive. Ce mode peut être utilisé pendant deux heures, temps suffisant pour filmer la plupart des événements sportifs. Pour le reste, l'appareil possède un écran tactile et orientable de 3 pouces, une mémoire interne de 32 Go, un port SD HC/XC et une sortie HDMI.

J.J.

Prix : env. 670 €.
Rens. : <http://camcorder.jvc.com/>

LE COIN DES PROTOTYPES

ET VOICI LE BOLIDE QUI CARBURE À L'AIR COMPRIMÉ

129,2 km/h, c'est la vitesse de pointe atteinte par ce prototype, uniquement propulsé par un moteur à air comprimé, sans utilisation de combustible fossile ou d'électricité. Construit par Toyota industries Corporation (TICO), la filiale du célèbre constructeur japonais spécialisée dans les systèmes de compression pour climatisation automobile, KU:RIN, c'est son nom, est un cigare hyper-profilé de 3,5 mètres de long et 0,8 mètre de large. Doté de trois roues, le véhicule est propulsé par un bloc de trois cylindres pneumatiques, placé derrière le siège du conducteur. Faut-il y voir un avant-goût de ce que pourrait être une nouvelle technologie de motorisation pour le secteur de l'automobile ? Pas dans l'immédiat. Ce genre d'engin, s'il va vite, a malheureusement une autonomie qui plafonne à seulement... 3,2 km ! Il servira donc surtout aux ingénieurs de TICO comme vitrine technologique.

E.T.-A.



LE SMARTPHONE QUE L'ON CONSULTE AU POIGNET

Passer ses coups de fils, envoyer ses mails, dialoguer sur Facebook ou visionner ses photos... sans sortir son mobile de sa poche, c'est ce que propose la montre "I'm watch" de la société italienne Blue Sky. Son principe : elle se connecte au smartphone – sous iOS comme sous Android – grâce à une connexion Bluetooth 2.1 et elle affiche en miniature le contenu du mobile. Cette montre intelligente dispose d'un écran tactile de 1,55 pouce, de 64 Mo de mémoire vive, de 4 Go de carte mémoire et d'une prise casque. Seul hic : son autonomie riquiqui. 48 heures sans le Bluetooth, 30 heures activé et seulement... 4 heures en mode communication !

E.T.-A.

Prix : env. 300 €.
Rens. : www.imwatch.it



➤ ENFIN LA 3D SANS LUNETTES !

Découvrez le nouveau Qosmio F750 3D

Toshiba associe créativité et innovation pour développer des produits hautes performances. Avec le Qosmio F750 3D, la 3D nouvelle génération est née et vous emmène vers de nouvelles sensations... Préparez-vous à découvrir des images 3D époustouflantes, sans lunettes !

En savoir plus sur www.toshiba.fr/qosmio

TOSHIBA
Leading Innovation >>>

Toshiba est une marque commerciale de Toshiba Corporation. Microsoft, Windows, Windows Live et le logo Windows sont des marques commerciales du groupe Microsoft. Les noms des sociétés et des produits mentionnés ici peuvent être des marques commerciales de leurs propriétaires respectifs. Les caractéristiques et les couleurs varient selon le modèle et la disponibilité locale. Le produit réel peut différer des images qui ne sont proposées qu'à titre d'illustration. Contactez votre revendeur local pour plus d'informations.
* Toshiba, à la pointe de l'innovation

Le Nouveau Bêlier

Simplifiez votre PC

Windows 7



Le radiateur qui chauffe une pièce à toute vitesse

Ce drôle d'appareil, baptisé Dyson Hot, est capable de chauffer une pièce de 20 m² plus rapidement qu'un chauffage électrique classique. Le fabricant britannique Dyson s'est inspiré des célèbres ventilateurs sans pales qu'il a inventés il y a deux ans. Même design circulaire donc, et même principe: l'air est aspiré par la base de l'appareil, puis accéléré en passant par une fente à l'intérieur de l'anneau et projeté loin devant sur un angle de 80° (car l'appareil oscille sur lui-même). Comme cela entraîne en même temps l'air ambiant à travers l'anneau, la quantité d'air sortant est multipliée par six. Seule différence avec le ventilateur – puisque c'est un

chauffage –, l'air est chauffé au contact de deux plaques en céramique placées dans l'anneau. Peu encombrant (200 x 153 x 579 mm), cet appareil d'une puissance de 2 000 W pèse seulement 2,57 kg. Conçu à partir de thermoplastique ABS (matériau moulé utilisé aussi dans les pare-chocs ou les casques de moto), il a l'avantage également de pouvoir être touché en toute sécurité puisqu'il n'y a pas d'élément chauffant accessible depuis l'extérieur. Bon à savoir: il est équipé d'un thermostat, ce qui lui permet de s'arrêter tout seul dès que la température désirée est atteinte. **L.B.**

Prix: env. 350 €. Rens.: www.dyson.fr

UNE SOURIS QUI FAIT SCANNER

Numériser un document devient très facile avec la LG LSM-100, la première souris filaire dotée d'un capteur laser. En appuyant sur un bouton situé sur son flanc, elle se transforme en un clic en un véritable scanner. Il suffit de balayer précisément tout le document (jusqu'au format A3) pour qu'il devienne un fichier numérique (à la résolution de 320 dpi). Le résultat peut être sauvegardé dans divers formats (PNG, JPEG, TIFF, BMP, PNG, PDF). Ce périphérique est fourni avec un logiciel (compatible Mac et PC), doté d'un module de reconnaissance optique de caractères. Selon le constructeur coréen LG, cette application est capable de convertir automatiquement un document numérisé en un fichier Word ou Excel. Seuls bémols: cette souris pèse 760 grammes et sa forme ne facilite pas toujours la prise en main. **P.R.**

Prix: env. 110 €. Rens.: www.lg.com



Voyez les choses sous un autre angle



Libérez votre créativité avec le nouvel EOS 60D. Avec son écran LCD orientable et ses nombreuses fonctions personnalisées créatives, vos images reflèteront parfaitement votre propre vision des choses. canon.fr/EOS60D



Canon
OFFICIAL SPONSOR*



you can**

Le logo officiel de l'UEFA EURO 2012™ est protégé en tant que marque commerciale, par droits d'auteur ou de design. Tous droits réservés.

*Sponsor Officiel

**Bien sûr, vous pouvez

Voir le monde microscopique avec une bille de verre

Il ne faut guère plus en effet qu'une bille de quelques millimètres de diamètre collée à l'œil pour que tout d'un coup nous soyons capables de voir très précisément à quoi ressemble le monde entre 1 et 100 micromètres. C'est à un marchand de tissu néerlandais du XVII^e siècle, Antoine Von Leeuwenhoek, que nous devons l'idée d'observer le monde à travers une bille de verre. Il utilisait avec ses collègues des perles de verre pour obtenir un grossissement optique des fibres et ainsi vérifier la qualité des étoffes. Mais lui seul eut l'idée géniale de se servir de l'effet grossissant des billes pour observer toutes sortes de choses parmi lesquelles,

la salive, le sang ou l'eau d'un étang... Des observations consignées dans des rapports qu'il envoyait ensuite à la prestigieuse Royal Society of London, avant d'en devenir membre. Depuis, des lentilles bien plus performantes utilisant d'autres formes géométriques ont été élaborées. Cependant, le pouvoir grossissant de celle de Leeuwenhoek est impressionnant puisqu'elle lui permit de grossir ses sujets d'un facteur 300. Voilà donc le programme : fabriquer un microscope à bille de verre pour, comme l'inventeur, aller explorer la nature et, notamment, observer les cellules de l'épiderme d'un oignon. **Et.H.**



1 Saisissez la baguette de verre par une extrémité et maintenez-la au point le plus chaud de la flamme d'un chalumeau. N'oubliez pas de porter des lunettes de protection.



4 Découpez l'oignon et détachez une fine pelure que vous placerez à plat entre les deux plaques de verre préalablement bien nettoyées. Scotchez les plaques.



2 Le verre se ramollit. À l'aide d'une pince à épiler, détachez la goutte en formation (la chaleur n'est en effet pas assez intense pour qu'elle tombe toute seule).



3 Préparez ainsi plusieurs gouttes. Après les avoir laissées refroidir sur une surface lisse, choisissez celle qui vous semble la plus sphérique et la plus régulière.



5 Saisissez la goutte par sa partie aplatie. Approchez-la des plaques de verre et de votre œil ; dirigez votre regard à travers la goutte, comme avec une loupe.



6 En ajustant les distances entre la lentille, le verre et votre œil, vous distinguerez le contour des cellules de l'oignon (environ 0,15 mm). Refaites l'expérience avec d'autres végétaux.

LE MATÉRIEL

- # Une baguette de verre de type borosilicate
- # Une lampe à souder
- # Des allumettes
- # Une pince à épiler
- # 2 verres pour cadres photos petits formats
- # Un oignon
- # Du Scotch
- # Une paire de lunettes de protection



NOS CONSEILS

Pour obtenir une lentille la plus sphérique possible, n'hésitez pas à multiplier les essais. Elle ne doit pas faire plus de 2 ou 3 millimètres de diamètre. Les baguettes de verre se trouvent facilement sur Internet. Nous avons réalisé cette expérience avec une baguette de borosilicate (verre des vitres), mais le Pyrex donne une meilleure image. Vous pourrez voir ainsi le noyau des cellules sans utiliser un colorant. Cependant, pour fondre le Pyrex, un bec benzène est nécessaire.

POURQUOI ÇA MARCHE

La forme sphérique de la bille de verre agit sur les rayons lumineux comme une lentille biconvexe. Elle est dite convergente, et elle a un pouvoir grossissant. La trajectoire des rayons lumineux en provenance de l'objet observé subit plusieurs changements. C'est la réfraction, un phénomène optique dû au passage d'un milieu à l'autre, de densité différente. Cette déviation dépend de l'angle d'incidence des rayons à l'interface entre les deux milieux. De l'air au

verre, une première réfraction est suivie d'une seconde en passant du verre à l'air en direction de l'œil. L'image de l'objet observé à travers cette lentille apparaît plus grande que l'objet réel.



Retrouvez la vidéo du making-of de cet article sur www.science-et-vie.com (réalisé en coproduction avec universcience.tv)



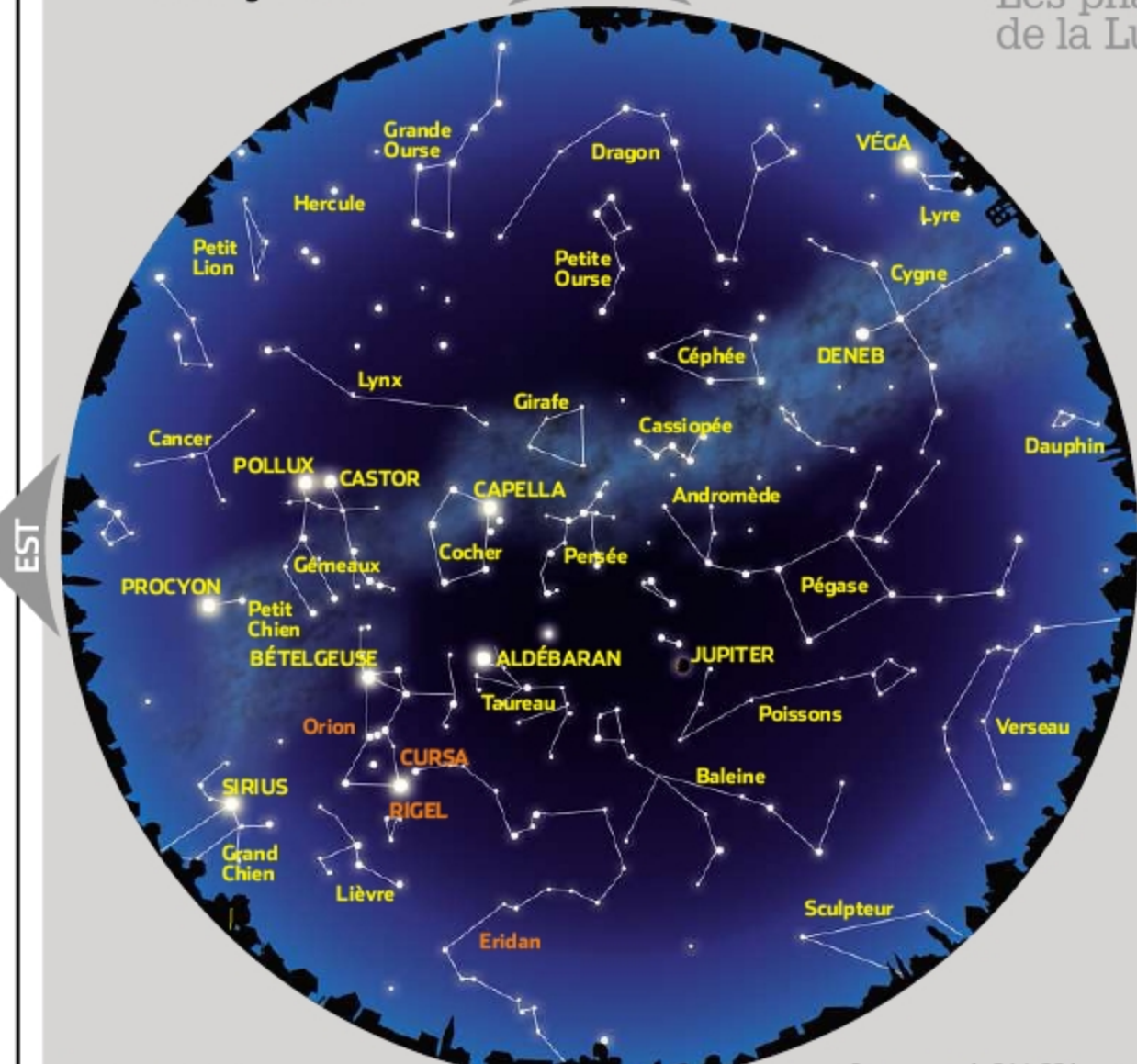
EN PRATIQUE

CIEL DU MOIS

Par Serge Brunier

NORD

Les phases de la Lune



EST

OUEST

SUD

Pour lire la carte, tenez-la au-dessus de votre tête et orientez le nord avec le nord réel: les quatre points cardinaux seront ainsi bien orientés.

Carte exacte le 24 à 22 heures.



À droite de l'éclatante Rigel, dans la constellation d'Orion, on peut voir Cursa de l'Eridan.

CURSA DE L'ERIDAN

Certaines constellations sont si lumineuses, si majestueuses, qu'elles s'approprient mêmes des étoiles qui ne leur appartiennent pas. Orion est l'une d'elles. En effet, la jolie étoile située à sa droite appartient... à la discrète et méconnue constellation voisine: l'Eridan. Cursa de l'Eridan est facile à trouver, juste à côté de l'éclatante Rigel d'Orion. C'est une géante bleue, distante de 90 années-lumière. Cinquante fois plus lumineuse que le Soleil, elle arrive au bout de sa réserve d'hydrogène et s'apprête à devenir une géante rouge. Cursa marque le début du fleuve céleste Eridan, qui court dans le ciel jusqu'à Achernar, loin dans l'hémisphère céleste austral, et invisible en Europe.



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

À NE PAS MANQUER... LE 10

Une magnifique éclipse totale de Lune – c'est-à-dire le passage de la Lune dans l'ombre de la Terre – va se dérouler, six heures durant, mais seule la fin du phénomène sera visible en France. Pour profiter pleinement du spectacle, il faudra se trouver en Extrême-Orient, en Océanie ou en Australie... La fin de l'éclipse interviendra dans l'est de la France, juste après le coucher du Soleil. A l'horizon nord-est, la Lune se lèvera encore éclipée. Au fil des minutes, elle se libérera de l'ombre de la Terre, avant de briller de tous ses feux dans le ciel d'hiver.

La Lune éclipée apparaîtra au-dessus de l'horizon nord-est.



S. SEIP/NOVAPIX - B&S, FLETCHER/NOVAPIX - M. KONTE/NT

Single Malt en toute simplicité

En le dégustant pur, vous découvrirez les délicates notes florales et fruitées de Glen Grant, en toute simplicité.



GLENGRANT
SINGLE MALT EN TOUTE SIMPLICITÉ

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

CONTRE-SOMMAIRE

Petit florilège des mots de ce numéro... par A.G.

1100 âmes p. 109	Hatchepsout p. 14
188 veines p. 108	Hourra? p. 111
Agenda du XXI ^e siècle . p. 109	Idée géniale p. 150
Aimable plaisanterie p. 74	"I'm watch" p. 146
Aplomb p. 100	Immorale p. 135
Attaques répétées des hommes p. 138	Jabot p. 14
Blombos p. 20	La "redoutable English Lady" p. 130
Bowling p. 144	La lettre "a" p. 50
Bmrlab p. 98	L'empathie des femmes p. 135
Calamité p. 109	Lifting de la cognition . p. 102
Carabidés p. 12	L'ogre se vide p. 75
Cellule métallique p. 11	Maladies de riches p. 44
Charbons ardents p. 106	Mario p. 120
Chasse-piéton p. 128	Miraculine p. 16
Chic p. 133	Nécromant p. 56
Cigare p. 146	Non-lieu p. 39
Cité fantôme p. 109	Nuage d'Oort p. 20
Club du vivant p. 11	Obélix p. 129
Colonie verte p. 50	Ordures p. 107
Cornichons p. 16	Papio papio p. 18
Cosinus p. 116	Pas pour les rêves p. 23
Coups de grisou p. 106	Pince à épiler p. 150
Cours d'eau anastomosés p. 26	Pleumeur-Bodou p. 132
Créosote p. 14	Pong p. 120
Désir affectif p. 136	"Pouletosaure" p. 58
Deux faucilles p. 16	Punaises p. 126
Dragon fumant p. 108	Regadenoson p. 35
Éliminer les lunettes ... p. 144	Riquiqui p. 146
Enfants terribles p. 78	Rouffignac p. 12
Fioles p. 14	Rouille cellulaire p. 39
Foire de Sturbridge p. 128	Scalp p. 98
Folate p. 42	Série B p. 116
Gay pride p. 134	Serious game p. 122
Geeks p. 116	Tentation de capituler .. p. 111
Glandes de Meibomius p. 139	Thonidés p. 25
Grillades p. 127	Toupie p. 128
	Trio infernal p. 108

SCIENCE&VIE

Une publication du groupe

MONDADORI FRANCE

PRÉSIDENT : Ernesto Mauri

RÉDACTION

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

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Mathieu Villiers,

assisté de Christelle Bovelli

RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS

Philippe Chambon, Grégoire Bouillier (édition)

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Dilaizon

CHEF DE SERVICE

Valérie Gueffoz (actualités)

CHEFS DE RUBRIQUE

Caroline Tourbe (médecine)

RÉDACTEURS

Elsa Abdoun, Boris Bellanger, Germain Chambost,

Mathilde Fontez, Vincent Nouyrgat, Mathieu

Nowak, Emilie Rauscher, Muriel Valin

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE RÉDACTION

Jean-Luc Gluck

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Anne Riera

MAQUETTISTES

Valérie Samuel-Chanier (1^{re} maquettiste),

Elisabeth de Garrigues

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Anne Levy (chef de service photo),

Clémence Gérard ; Emmanuel Jullien

(chef de service infographie)

DOCUMENTATION

Marie-Anne Guiffroy

CORRESPONDANTE AUX ETATS-UNIS

Sheila Kraft, tél. : (00) 1561 733 9207

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Anyform Design, L. Barnéoud, C. Baudel, K. Bettayeb,

L. Blancard, P.-Y. Boquet, J. Bodon, B. Bourgeois,

L. Bouysou, R. Brillaud, S. Brunier, O. Caponnier,

A. Dagan, A. Debroise, O. Donnar, V. Etienne, S. Fay,

R. Griset, M. Grousson, E. Hamonou, E. Hamtjens,

C. Hancock, E. Hualt, M. Kergat, M. Konte,

F. Lassagne, P. Lefevre, M. Lestelle, C. Loiseau,

M. Martin, D. Maume, E. Monnier, F. Nicolas,

R. Persiaux, P. Richard, J.-M. Sabaté, M. Saemann,

E. Thierry-Aymé, www.illustrer.fr

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE

Jean-Luc Breyse

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

DIFFUSION

Jean-Charles Guéault (directeur diffusion),

Siham Daassa (responsable diffusion marché)

MARKETING

Sébastien Petit (directeur marketing),

Claire Leprovost (responsable marketing),

Michèle Guillet (chargée de promotion),

Nathalie Carrère (abonnements)

PUBLICITÉ

Valérie Camy (directrice exécutive), Francesca

Colin (directrice commerciale), Valérie Ledère

(directrice de publicité), Virginie Commun, Lionel
Dufour (commerciaux), Sylvie Angerville
(assistante), Sabrina Rossidjendi, Stéphanie
Guillard (planning), Véronique Alex (traffic),
Jean-Jacques Benezach, Grégory Gounse,
Anne-Sophie Chauvière (opérations spéciales)
Grande-Bretagne : Publieurope LTD (info@publieurope.com) - 44 (0)20 7927 9800
Allemagne : Publieurope Munich (info@publieurope.com) - 0049 89 29081501
Suisse : Publieurope Lausanne (info@publieurope.com) - 0041 21 325 3110
Espagne : Publimedia Madrid (info@publimedia.es) - 0034 91 212 83 00

FABRICATION

Isabel Delanoy, Alexandra Millet

FINANCE MANAGER

Géraldine Pellerin-Faux

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Mathilde Janier-Bonnichon, Murielle Luche

ÉDITEUR : Mondadori Magazines France

Siège social : 8, rue François-Orly

92543 Montrouge Cedex

PRÉSIDENT ET

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Jean-Luc Breyse

ACTIONNAIRE PRINCIPAL

Mondadori France SAS

IMPRIMEUR : Mondadori Printing S.p.A.,

Via Luigi e Pietro Pozzoni, 11

24034 Cusano Bergamasco (Bergamo)

N° ISSN : 0036-8369

N° DE COMMISSION PARITAIRE :

1015 K79977. Tarif d'abonnement légal :

1 an, 12 numéros : 42,80 € ;

1 an, 12 numéros + 4 HS : 52,80 €.

DÉPÔT LÉGAL décembre 2011

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par mail : relations.clients@mondadori.fr

Par téléphone : 01 46 48 48 96

Par courrier : Science & Vie TSA 10005

8, rue François-Orly, 92543 Montrouge Cedex.

Par internet : <http://www.kiosquemag.com>

Etats-Unis et Canada : Express Mag. Tél. : 1 800

363-1310 (français) et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse : Edigroup, 022 860 84 50 - mondadori-suisse@edigroup.ch

Belgique : Edigroup Belgique,

070 233 304 - mondadori-belgique@edigroup.be

Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abon-

nement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre

dernier envoi. Les noms, prénoms et adresses sont

communiqués à nos services internes et organisés

liés contractuellement avec SGV sauf opposition

motivée. Les informations pourront faire l'objet

d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre

légal. Les manuscrits envoyés ne sont pas rendus.

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS

Par courrier : 8, rue François-Orly,

92543 Montrouge Cedex.

Par mail : sv.lecteurs@mondadori.fr

COMMANDE D'ANCIENS

NUMÉROS, RELIURES ET VPC

tél. : 01 46 48 48 97

relations.clients@mondadori.fr



EN KIOSQUE CE MOIS-CI



www.landrover.fr



Peu importe les conditions.

Il vous conduit à destination.

Avec élégance et sérénité.

Mais pour ce qui est des clés du chalet,

il ne peut rien pour vous ...

Nouvelle boîte de vitesses
automatique 8 rapports* pour toujours
plus de puissance et d'économie d'énergie

DISCOVERY 4



*sur moteurs Diesel. Consommations mixtes Norme CE 1999/94 (L/100 km) : de 8,5 à 14,1 CO₂ (g/km) : de 224 à 328.
RCS Nanterre N°509 016 804.

Exclusivité wawacity.ws



ET L'APÉRITIF PREND
TOUT SON GOÛT.



Leffe 9°, intense et pleine de caractère



Découvrez l'actualité Leffe en vous abonnant
gratuitement au magazine **LeffERVESCE**.
Rendez-vous sur www.leffe.com.



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