

SCIENCES ET AVENIR

Sciencesetavenir.fr

Intelligence artificielle

L'ordinateur qui passe
pour un humain p.84

Soleil et santé

Les 7 effets bénéfiques
Alerte sur les indices de protection
Prévenir les cancers cutanés p.30

M 02667 - 809 - F: 4,30 € - RD



JUILLET 2014 - N° 809

SCIENCES ET AVENIR - N° 809 - JUILLET 2014 - SOLEIL ET SANTÉ

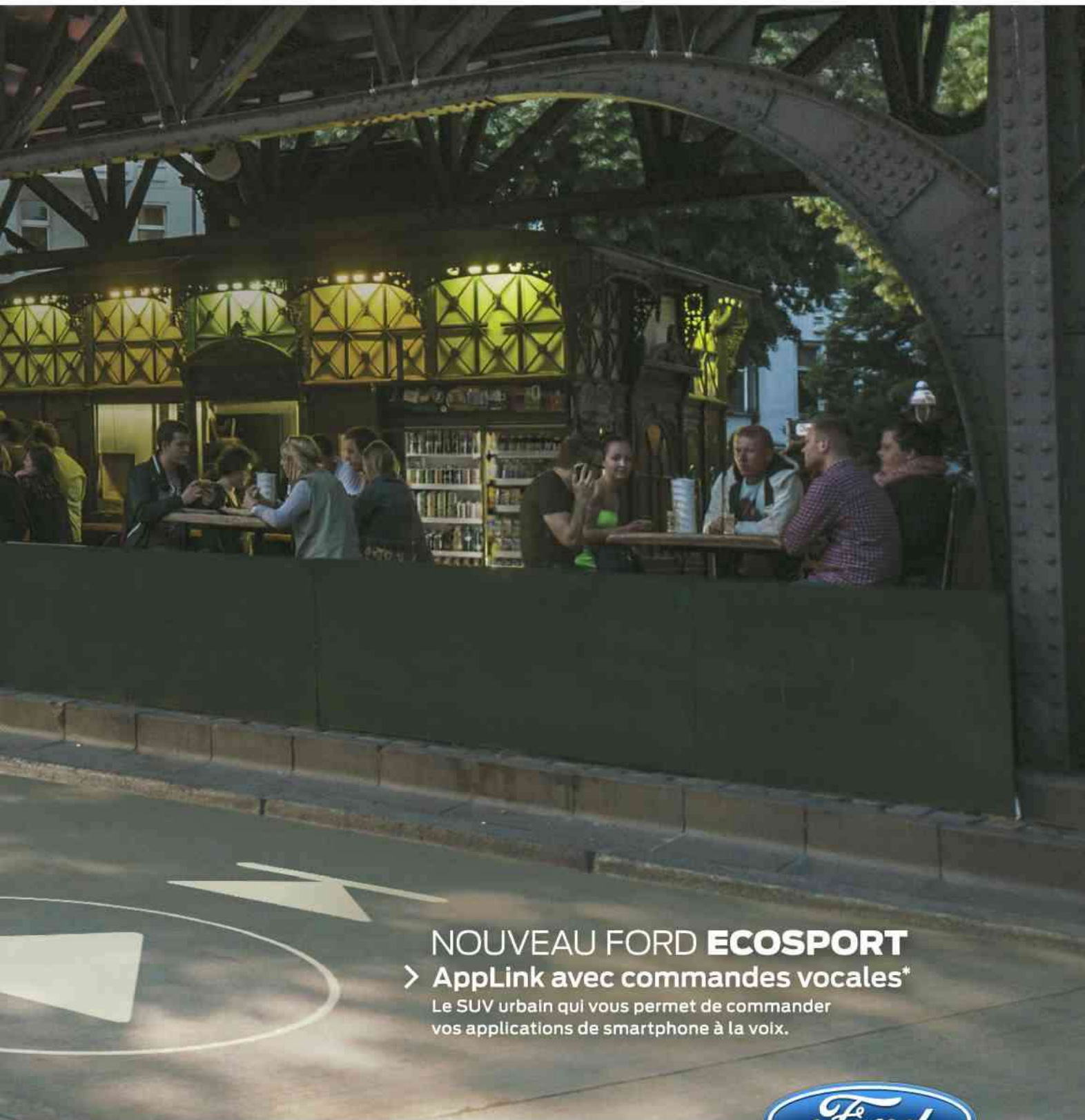
© TOTO&GETTY IMAGES
JUILLET 2014 - N° 809 - BELGIQUE : 4,90 € / LUXEMBOURG : 4,90 € / SUISSE : 7,20 FS / AUTRICHE : 4,90 € / ESPAGNE : 5,00 € / ITALIE : 4,90 € / ALLEMAGNE : 6,80 € / PORTUGAL : 4,90 € / GRÈCE : 4,90 € /
GUYANE : 4,90 € / ANTILLES - RÉUNION : 4,70 € / MAROC : 42 MAD / TUNISIE : 5,80 TND / CANADA : 6,99\$ US / TOM : 730 XPF / TOM (AVION) 1400 XPF

*Le SUV connecté.
Préparez vos playlists.*



Réservez vite un essai en appelant au
(Coût d'un appel local depuis un poste fixe, hors coût opérateur).

 0 811 022 702



NOUVEAU FORD ECOSPORT ➤ AppLink avec commandes vocales*

Le SUV urbain qui vous permet de commander
vos applications de smartphone à la voix.

*Selon téléphones compatibles, voir Ford.fr

Consommations mixtes : 4,6/6,3 l/100 km. Rejets de CO₂ : 120/149 g/km.

Ford France, 34, rue de la Croix de Fer, 78122 St-Germain-en-Laye Cedex.

SIREN 425 127 362 RCS Versailles.



Go Further

Retrouvez Ford France sur



VOS ENFANTS ONT CHANGÉ
VOTRE VIE, PAS VOS GOÛTS.



Nouvelle Golf Sportsvan. Parents, mais pas seulement.

Vous êtes des parents, oui, mais vous êtes aussi bien plus. Cédez au plaisir de conduire une voiture au design sportif, équipée des dernières technologies comme le détecteur de fatigue, le régulateur de vitesse adaptatif ACC* ou le détecteur d'angle mort Blind Spot Detection*. La Nouvelle Golf Sportsvan réussit à allier des lignes fluides et dynamiques à une modularité et à un confort sans faille. Avec son coffre de 500 à 1 520 litres, sa banquette arrière coulissante et son grand toit ouvrant panoramique*, la Nouvelle Golf Sportsvan n'a que des bons côtés pour les parents... mais pas seulement.



Das Auto.

Volkswagen recommande **Castrol EDGE Professional**

Volkswagen Group France - s.a. - R.C.S. Soissons B 602 025 538

*En option selon modèle et finition. **Modèle présenté:** Nouvelle Golf Sportsvan Carat 2.0 TDI 150 BVM6 avec options Pack 'Drive Assist II', toit ouvrant panoramique, rampes de pavillon anodisées, jantes 18" 'Marseille' et peinture métallisée. **Das Auto.: La Voiture.**

Cycle mixte (l/100 km) : 4,4. Rejets de CO₂ (g/km) : 115.

Professionnels, découvrez la version Business de ce véhicule sur www.volkswagen.fr/entreprises



Dominique Leglu
Directrice de la rédaction

Gare au soleil

Est-ce parce qu'un de nos rois les plus prestigieux l'adopta jadis comme emblème ? Est-ce parce qu'en tout temps et en tout lieu, *Homo sapiens* l'a regardé comme un dieu ? Rê et sa grande lumière chez les Égyptiens, le Tonatiuh aztèque demandeur de sacrifices, Hélios le séducteur et ses quatre chevaux blancs chez les Grecs ? Plus prosaïquement, seraient-ce les vacances, les vagues sur l'océan, le « sea, sex and sun » de la chanson de Gainsbourg qui le rendent irrésistible ? Le soleil est toujours roi. Et qui le fréquente de trop près et trop longtemps, s'y brûle. Les appels à la modération, réitérés depuis des décennies, n'y font rien ou presque. Depuis que bronzage et bonne mine sont devenus synonymes de santé et même de pouvoir, dans un diktat impitoyable de l'apparence, au diable la prudence. Au diable la compréhension des mécanismes de traversée de la peau par des rayonnements ultraviolets qui vont semer le désordre dans les gènes et détraquer les cellules (p. 33). Tous les ans, en France, il se déclenche ainsi 10 000 mélanomes supplémentaires, maladie parmi les plus

dangereuses qui soient. Un mélanome métastaté sur deux échappe encore à toute thérapeutique. Résultat : 1500 personnes en sont mortes en 2013. Et comme nous le soulignons (p. 40), c'est le cancer dont l'incidence a le plus progressé ces cinquante dernières années et dont la mortalité ne baisse pas. Voilà pourquoi *Sciences et Avenir* a voulu, en ce début d'été, avec son dossier « Soleil et santé » (p. 30) inciter à nouveau ses lecteurs à la réflexion sur le sujet. Oui, le soleil peut rimer avec santé ! Mais non, beaucoup d'entre nous n'avons toujours pas pris la mesure des dangers. Oui, le soleil est nécessaire et même bénéfique, comme nous rappelons en 7 points (p. 32). Et pas seulement pour que nous synthétisions la vitamine D ou que sa vibrante lumière aide notre humeur à s'améliorer, toutes choses... scientifiquement prouvées ! A minima, il faut apprendre à mieux se connaître. Savez-vous quel est votre phototype ? Que votre peau a gardé en mémoire tous vos temps d'exposition au soleil, depuis que vous étiez petit ? SVP, ne pas en rajouter dans une cabine de bronzage... Avez-vous

bien compris qu'il ne faut jamais exposer les enfants de moins de 2 ans ? Tous ces conseils, vous les trouverez en pp. 39 et 41. Surtout, *Sciences et Avenir* tient à alerter sur une des situations les plus dérangeantes qui soient. Le constat : nous ne connaissons pas bien et ne faisons pas l'utilisation ad hoc des crèmes solaires. Les indices (20, 30, 50 +...) donnés par les fabricants ? Il faut avoir compris à quel point les essais menés dans leurs laboratoires (p. 34), qui montrent la capacité des molécules à absorber ou repousser les nocifs UVA et UVB, n'ont rien à voir avec nos habitudes de plage. En clair, pour être réellement protégé contre coups de soleil et autres allergies, pendant le temps prévu par les indices*, il faudrait se badigeonner de crème comme on napperait un gâteau. Multiplier les tubes et dépenser des sommes folles. Tout en s'assurant que la crème en question est de qualité, ce qui est loin d'être toujours le cas. Notre conseil : privilégier l'ombre et gare à la réverbération.

* Un indice 20 signifie qu'on devrait pouvoir passer 20 fois plus de temps qu'exposé sans crème avant d'avoir pris un coup de soleil et d'être mis en danger.

**SCIENCES
AVENIR**

33, rue Vivienne 75003 Paris Cedex 02

Tél. : - 01.55.35.56.00. Fax : - 01.55.35.56.04

E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr - Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU - 01.55.35.56.02
assistée de Valérie PELLETIER - 01.55.35.56.01

Rédacteurs en chef
Carole CHATELAIN (mensuel) - 01.55.35.56.57
Aline KINER (hors-série) - 01.55.35.56.42
Olivier LASCAR (pôle digital) - 01.55.35.56.15

Adjoint à la rédaction en chef
Laurent PERICONE (édition) - 01.55.35.56.10

Rédactrices en chef adjointes
Andréa DE BEI
(photo-iconographie) - 01.55.35.56.31
Stéphane DESMICHÈLLE
(pôle digital) - 01.55.35.56.24

Direction artistique
Thierry VERRET (conception)
Dominique PASQUET
(couverture) - 01.44.88.35.51
Yves CLAVEL
(directeur artistique) - 01.55.35.56.22
Thalia STANLEY
(directrice artistique adjointe) - 01.55.35.56.21

Secrétaire générale de rédaction
Véronique MESSAGER - 01.55.35.56.18

Chefs de service
Rachef MULO (enquêtes) - 01.55.35.56.07
Mathieu NOWAK (actualités,
rendez-vous) - 01.55.35.56.38

Adjoint au chef de service
Hervé RATEL (actualités) - 01.55.35.56.45

Chefs de rubrique
Azar KHALATBARI (fondamental,
sciences de la Terre) - 01.55.35.56.46

Sylvie RIOU-MILLIOT
(médecine, santé) - 01.55.35.56.54

Rédaction
Bernadette ARNAUD grand reporter
(archéologie, histoire) - 01.55.35.56.44
Arnaud DEVILLARD (numérique,
data, généraliste) - 01.55.35.56.27
Marc GOZLAN (médecine bio,
généraliste) - 01.55.35.56.60
Olivier HERTEL (technologie,
futur, décryptage) - 01.55.35.56.03
Sylvie ROUAT
(espace, océanologie) - 01.55.35.56.40
Elena SENDER grand reporter
(biologie, neurosciences) - 01.55.35.56.43

Collaborateurs
Johan KIEKEN, Loïc CHAUVEAU,
Marie-Noëlle DELABY, Pierre MIQUEL,
Henri-Pierre PENEL

Assistante de rédaction
Isabelle RUDI-HOUET - 01.55.35.56.30 -
irudi@sciencesetavenir.fr

Ont participé à ce numéro
A. BOEHLY, L. BRASIER, M. BRASIER,
F. DANINOS, J.-F. HAÏT, P. KALDY, M. SIX

Secrétariat de rédaction
Frank MIETTON (1^{er} secrétaire) - 01.55.35.56.17

Maquette
Horia BAHRI - 01.55.35.56.19
Jean-Louis GILABERT - 01.55.35.56.28

Photo-iconographie
Isabelle TIRANT - 01.55.35.56.32

Illustration
Sylvie DAOUDAL - 01.55.35.56.20
Betty LAFON - 01.55.35.56.37

Photogravure
Karine HUET - 01.55.35.56.25

Pôle digital
Lise LOUME (rédacteur santé) - 01.55.35.56.39
Damien HYPOLITE
(chef de projet infographie) - 01.55.35.56.23
Joël IGNASSE
(rédacteur spécialisé) - 01.55.35.56.15

Hugo JALINIÈRE (rédacteur santé) -
01.55.35.56.52
Erwan LECOMTE
(chef de rubrique) - 01.55.35.56.56

Documentation
Isabelle DO O'GOMES (chef de service) -
01.55.35.56.49
Astrid SAINT AUGUSTE - 01.55.35.56.48

**RENSEIGNEMENTS AUX LECTEURS,
VENTE AU NUMÉRO**
Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
33, rue Vivienne, 75002 Paris.
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr

Fabrication
Xavier LOTH (directeur de la fabrication)
Stéphanie TERREAU (chef de fabrication)
Pierre LE SECH - 01.44.88.36.27

Informatique
Daniel DE LA REBERDIÈRE - 01.55.35.56.06

Comptabilité - Ressources humaines
Mélanie BENKHEDIMI - 01.55.35.56.14
Nathalie TRÉHIN - 01.55.35.56.13

ABONNEMENTS
Tél. : 01.40.26.86.11
142, rue Montmartre, 75103 Paris Cedex 02
abonnements@sciencesetavenir.fr

Tarif des abonnements :
France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €, 1 an complet (12 numéros
+ 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pays étrangers sur demande.

Abonnements Belgique : Partner Press,
tél. : 00.32.2.556.41.40 - www.viapresse.be

PUBLICITÉ
MediaObs, 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : - 01.44.88.97.79.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com

Directrice générale
Corinne ROUGE - 01.44.88.93.70
assistée de Marie-Noëlle MAGGIE - 01.44.88.93.70
Directeur de publicité : Sylvain MORTREUIL - 01.44.88.97.75
Directrice de clientèle et responsable Web :
Karine GROSSMAN - 01.44.88.99.08
Assistante commerciale : Séverine LECLERC - 01.44.88.97.57
Exécution : Nicolas NIRO - 01.44.88.99.26
Administration des ventes : Caroline HAHN - 01.44.88.97.58

VENTES
Numéro vert (réservé aux diffuseurs de Paris et aux dépôts)
0.800.24.69.33

Directeur commercial
Jean-Claude ROSSIGNOL - 01.44.88.35.40
Directrice commerciale adjointe
Pauline COUDERAT - 01.44.88.34.55
Directeur des ventes
Valéry SOURIEAU
Directeur des abonnements
Philippe MENAT - 01.44.88.35.02 assisté de Lina QUACH 34.54

Relations extérieures
France ROQUE - 01.44.88.35.79

Sciences et Avenir SAS
Président, Directeur de la publication :
Claude PERDRIEL

Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse,
75002 Paris. Tél. : - 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Prestatals.



Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend un catalogue Objets du Mois jeté sur couverture en diffusion partielle des abonnés. Commission paritaire n° 0615 K 7972. ISSN 00368636. Distribué par Prestatals.

#TousBranchés



RENAULT ZOE
100 % ÉLECTRIQUE, 100 % CONNECTÉE

CHANGEONS DE VIE
CHANGEONS L'AUTOMOBILE





DOSSIER P. 30

Risques et bienfaits du **Soleil**

Coups de soleil, allergies, mélanomes..., le Soleil tant attendu peut aussi être néfaste. Mécanismes biologiques, crèmes solaires, conseils... Tout ce qu'il faut savoir pour profiter de l'été sans risques.

5 Édito par Dominique Leglu

9 Courrier

ENQUÊTE

10 Face à la mer, le repli s'organise

COUPE DU MONDE

28 Innovations technologiques, santé... les dessous de la coupe du monde de football

SCIENCES FONDAMENTALES

14 **ACTUALITÉS** / Découverte de la première méga-Terre / Un mur de glace va être construit à Fukushima / Une nouvelle famille de polymères prometteurs

44 L'ISS se mue en avant-poste de la conquête spatiale

48 La nacre, une structure de choc

51 Et la matière sera !

51 Livres

HISTOIRE

16 **ACTUALITÉS** / Naïa, l'une des plus vieilles Américaines / Un sanctuaire romain d'exception / Un « vampire » exhumé en Pologne

52 Le satellite espion, apprenti archéologue

56 La datation du passé fait sa révolution numérique

59 Livres

NATURE

20 **ACTUALITÉS** / Très chère électricité nucléaire / Les oiseaux désorientés par un effet quantique inconnu / Pourquoi le poulpe ne se colle pas les pieds

60 Objectif 2 °C : mission possible ?

64 Moustique tigre : la menace venue des tropiques

67 Livres

SANTÉ

24 **ACTUALITÉS** / De l'électricité pour rêver en toute conscience / Molécules de l'érection en vente libre : danger / L'ADN du cancer détecté dans le sang

68 Le clonage humain devient réalité

72 Marion Montaigne : poil à gratter de paillasse

74 Revue de presse

76 Faut-il limiter la consommation de sodas ?

78 Le placenta a sa propre flore bactérienne

79 Livres

HIGH-TECH

26 **ACTUALITÉS** / La Chine rêve de villes aquatiques / Un avion piloté par la pensée / Les émotions sont contagieuses sur Facebook

80 Comment brouiller sa trace sur les réseaux

84 Eugene Goostman, un logiciel à 30 % humain

86 La roquette à l'œil d'aigle

87 Livres

SCIENCE PRATIQUE

88 Orages : peut-on éviter les accidents ?

90 Test : les caméras IP

94 L'observation du ciel de juillet

96 Rendez-vous

98 L'info en continu sur sciencesetavenir.fr



Le recul des côtes françaises oblige à faire des choix d'aménagements p. 10



Marion Montaigne, la « croqueuse » de sciences p. 72



Le programme qui veut se faire passer pour un humain p. 84



Innovation
that excites



NOUVEAU NISSAN JUKE UN CARACTÈRE À TOUTE ÉPREUVE.

Gonflé à l'adrénaline, le design du nouveau Nissan JUKE affiche un caractère très affirmé, intégralement personnalisable. Choisissez vos couleurs intérieures et extérieures. Sortez de l'ombre et osez la différence.



Personnalisez votre Nissan JUKE sur nissan.fr

Innover autrement. **Modèle présenté** : Nouveau Nissan JUKE Tekna DIG-T 115 ch avec options peinture métallisée et Pack Extérieur Creative Line. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 €, RCS Versailles B 699 809 174 - Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron CS 10213 - 78961 Voisins-Le-Bretonneux Cedex.

Consommations (l/100 km) : urbaine : 6,9 ; extra-urbaine : 4,9 ; mixte : 5,6. Émissions de CO₂ (g/km) : 129.



Boson de Higgs : la découverte du siècle
(Sciences et Avenir n° 786, août 2012).

« Je lis *Sciences et Avenir* depuis maintenant quelque temps et je voulais vous remercier car quel ne fut pas mon plaisir en ouvrant mon sujet de bac de physique de tomber sur l'un de vos articles [le boson de Higgs]. Vous m'avez permis de faire retomber la pression en début d'épreuve, et cela n'a pas de prix » **Audrey Watel** (courriel)

Courriels à : redaction@sciencesetavenir.fr



« France-Allemagne : les défis de la transition énergétique »

(Sciences et Avenir n° 808, juin 2014)

Qui pollue le plus ?

Dans *Sciences et Avenir* n° 808 de juin, je trouve le titre p. 64 « L'Allemagne pollue plus que la France » trompeur. En effet, il ne prend en compte qu'une seule source de pollution, à savoir le CO₂. Il ne faudrait pas oublier que la France est, si je ne me trompe pas, le deuxième plus grand pollueur du

monde en termes de déchets radioactifs. **Olivier de Broqueville** (courriel)

S. et A. : Il est malaisé de comparer les pollutions par gaz à effet de serre et déchets radioactifs. Leur nature n'est pas la même. Le CO₂ se diffuse dans l'atmosphère quand la radioactivité est (en théorie) confinée actuellement dans les centrales nucléaires et demain, peut-être, dans un site de stockage spécial, le Cigéo.

Moniteurs d'activités

Dans votre test du numéro 808 de juin 2014, sur les moniteurs d'activités, je suis déçu de ne pas y trouver celui que j'utilise avec satisfaction depuis plusieurs mois : le Withings Pulse, qui est d'origine française comme son nom ne l'indique pas. C'est un peu dommage qu'un produit issu d'une société française soit oublié par votre journaliste... C'est M. Montebourg qui ne va pas être content.

Gérard Tremblin (courriel)

S. et A. : Devant le succès de ces bracelets numériques, de nombreux modèles sont désormais disponibles sur le marché. Notre sélection ne pouvait se limiter qu'à dix moniteurs d'activités. Par ailleurs, nous avons déjà eu l'occasion d'évoquer les produits de la société Withings dans notre numéro spécial high-tech (S. et A. n° 801, novembre 2013, p. 61).



Précisions

Loi de Kepler. Dans notre dossier « les 17 équations qui ont changé le monde » du n° 808, au sujet de la gravitation, les conséquences de la seconde loi de Kepler — la loi des aires — ont été présentées de manière erronée. La voici de nouveau formulée : le rayon imaginaire qui relie une planète au Soleil balaie des aires égales en des temps égaux. De ce fait, une planète se déplace plus rapidement sur son orbite lorsqu'elle est au périhélie (point d'orbite le plus proche du Soleil) qu'à son aphélie (le point d'orbite le plus éloigné).

Électricité. Dans le n° 808 de juin 2014, le coût comparé de l'électricité entre la France et l'Allemagne, p. 65, s'exprime pour 100 kilowattheures (kWh) et non pour 1 kWh comme nous l'avons indiqué par erreur.

Les souris et la douleur

Lu dans *S. et A.* de juin 2014 page 29, « Les souris ressentent moins de douleur quand elles sont manipulées par des hommes ». Je ne veux pas imaginer ce qu'on inflige à ces êtres vivants pour affirmer des choses pareilles ! **Gérard Van Berkum** (courriel)

S. et A. : Cette étude montre, pour la première fois, que les souris de laboratoire sont particulièrement sensibles aux odeurs secrétées par les expérimentateurs masculins, et que celles-ci peuvent affecter la manière dont les rongeurs réagissent à la douleur. Le fait de les manipuler et la

simple présence des expérimentateurs, ou même d'un vêtement imprégné de leur odeur, modifient cette sensibilité, sans qu'il soit question de « tortures » animales ou de vivisection. Ces modifications ont, par ailleurs, été mesurées en examinant l'expression faciale des souris.



SPA

Face à la mer, le repli s'organise

Effondrement des falaises, érosion des dunes... Le littoral français recule, obligeant les pouvoirs publics à faire des choix d'aménagement : il faut déterminer quelles sont les zones à protéger et celles à rendre à la mer. Premier volet de notre enquête, consacrée aux côtes de la Manche et de l'océan Atlantique.

PAR
Rachel Mulot

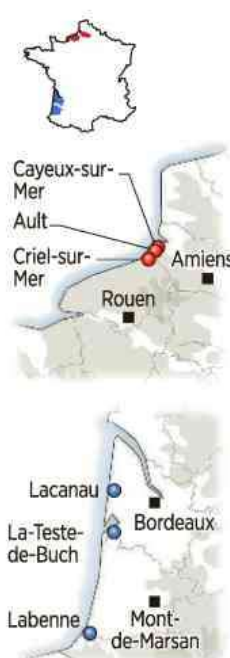
LES VILLAS SEMBLANT PELOTONNÉES contre le vent, glacial ce jour de mai. « Combien de temps avant qu'elles ne s'effondrent avec la falaise ? dix ans, trente ans ? s'interroge le géographe Stéphane Costa. Nul ne peut le dire avec précision. Mais ce "balcon sur la mer" de la côte picarde est condamné à terme. » Nous sommes à Ault (Somme), perchés à 38 mètres de hauteur sur la « casquette » : une longue coiffe de béton de 192 mètres qui sert d'imperméable à la falaise contre les infiltrations pluviales dans la craie. « Une falaise s'effrite par le haut tandis que la mer lui effrite le pied, détaille le chercheur de l'université de Caen. Pour retarder ce processus, la commune a fait dans les années 1980

des travaux pharaoniques qu'elle a mis trente ans à rembourser. » Mais en contrebas, digues et enrochements sont déjà mis à mal par le temps et les tempêtes. Et une partie du village « pend déjà aux fêlures du rocher » comme l'a écrit Victor Hugo qui visita Ault en 1837. Subsistent 170 mètres de falaise vive. Non protégée, elle est grignotée inexorablement par les éléments. Habitations et voirie sont gravement menacées. Le rythme d'érosion, estimé en 2001 à 30 centimètres par an par le Plan de prévention des risques littoraux (PPRL), serait en réalité de 70 cm/an, selon le dernier calcul. Les services de l'État réactualisent donc la carte des risques et des habitations les plus vulnérables. Annoncé pour la fin de l'année, ce nouveau PPRL est attendu

avec impatience par les Aultois et leurs élus inquiets. Selon des documents publics et confidentiels que *Sciences et Avenir* a pu consulter, de 15 à 80 éléments bâtis — dont des maisons et petits immeubles, l'ancien casino, cinq hôtels-restaurants — ainsi qu'une route de 1,7 km sont concernés à plus ou moins long terme.

Un territoire pilote pour relocaliser activités et biens

Pas étonnant que dès 2012, Ault soit devenu l'un des cinq territoires pilotes français expérimentant une « relocalisation des activités et des biens », dans le cadre de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte, une initiative de l'État*. D'ici trois à cinq ans, devrait s'organiser le repli à 160 m de la côte, sur un terrain de 6,5 hectares, des activités et des biens concernés par le risque d'effondrement. L'idée est de libérer la falaise des ouvrages qui menacent ruine et bloquent son évolution naturelle (comme la « casquette ») et de créer un « chemin tendre » pour le public, espace mouvant qui reculera naturellement avec les parois de craie. Réinvestir pour trente ans dans des ouvrages lourds de défense contre la mer mobiliserait 70 millions d'euros, selon le Syn-

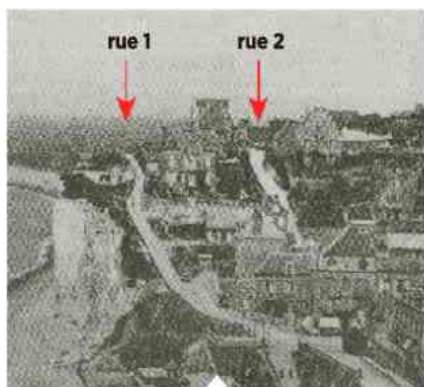


BETTY LAFON

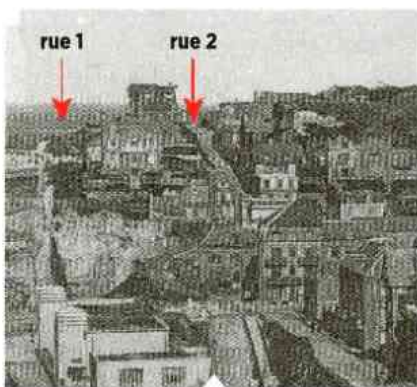


L'érosion de la falaise de craie d'Ault (Somme), estimée à 70 cm par an sur la partie non protégée, condamne les constructions les plus proches.

En 106 ans, la falaise d'Ault a reculé de 70 m



1902. Deux rues, dont l'une proche de la falaise, traversent le village.



1934. Le recul de la falaise a grignoté la rue 1, la plus proche du littoral.



2008. La rue 1 n'existe plus ainsi que plusieurs villas. La rue 2 est proche de l'à-pic de la falaise.

PHOTOS: COURTESY S. COSTA

dicat mixte, maître d'ouvrage des études, pour un bénéfice « indéterminé ». « On ne peut pas maintenir tout le trait de côte à coups de béton, c'est ruineux et les impacts sur la dynamique littorale sont souvent négatifs, analyse Stéphane Costa, qui préside le conseil scientifique de la Stratégie nationale de gestion du trait de côte. On ne peut

plus le justifier que là où les enjeux — économiques, culturels, stratégiques — sont très forts. Il va falloir faire des choix, décider quels espaces on donne à manger à la mer, quels autres on protège momentanément car la mer monte. »

Retour sur le perchoir de la « casquette » picarde. Celle-ci est en effet emblématique des

menaces d'érosion et de submersion qui concernent un quart des côtes françaises (lire S. et A. n° 806, avril 2014). À l'ouest, en amont des courants marins, les digues et les multiples ouvrages normands du Tréport (Seine-Maritime) privent Ault de son alimentation en galets et donc de protection naturelle. Sur les falaises vives de



À Lacanau (Gironde), des travaux de consolidation des dunes ont été entrepris pour remettre en état les plages, mises à mal par les tempêtes de l'hiver dernier.

► Criel-sur-Mer (Seine-Maritime), des habitants ont déjà amorcé un repli, certains expropriés et indemnisés par l'État. « Un éboulement de 12 m d'épaisseur est susceptible de survenir n'importe où le long d'un linéaire d'un kilomètre de falaise tous les trois ans », a en effet estimé Thomas Dewez, du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) d'Orléans qui préconise d'« exproprier à temps mais pas trop longtemps avant ». Avis aux maires et préfets. A l'est, en aval du village d'Ault, l'érosion fait aussi son œuvre : en contrebas, on aperçoit le Hâble d'Ault et ses polders vert tendre

qui ont été bardés de défenses ces vingt dernières années. 80 épis de béton ont été construits le long de ce territoire des oiseaux, des chasseurs et des gabions — des huttes privées louées à prix d'or pour tirer le gibier d'eau — jusqu'à la station balnéaire de Cayeux-sur-Mer, 9,5 km plus loin, ses gris-bleu éblouissants, ses plages de galets puis de dunes. Celle-ci, à son tour, a été contrainte de renforcer ses défenses face à la mer — au prix de 16 millions d'euros —, en construisant cette année 24 nouveaux épis (qui seront achevés en décembre 2014) et en rechargeant ses plages avec 480 000 m³ de galets.



« On ne peut pas maintenir tout le trait de côte à coup de béton, c'est ruineux et les impacts sont négatifs »

Stéphane Costa, géographe, président du conseil scientifique de la Stratégie nationale du trait de côte.

Pourquoi un tel appauvrissement en cailloux ? Parce que les falaises semi-figées comme celles d'Ault ne l'alimentent plus en rognons de silex et que les épis bloquent les galets en transit. Si la station balnéaire cayolaise semble aujourd'hui bien abritée derrière son cordon renforcé, on ne sait pas pour combien de temps : « Cayeux, c'est un vrai dilemme, soupire Stéphane Costa. Faudra-t-il déplacer 6000 personnes ? Et comment ? » Car demain, d'ici à un siècle au plus, Cayeux-sur-Mer sera une île, comme les inondations de février 1990 l'ont préfiguré.

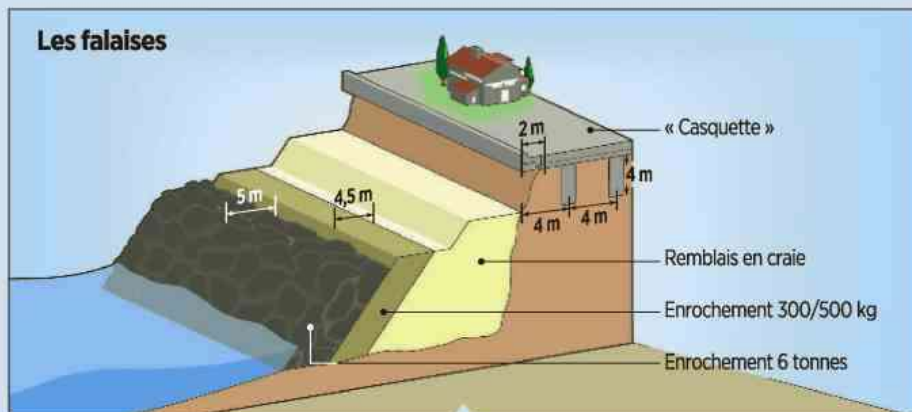
Le principal problème reste d'ordre psychologique

Une succession de tempêtes et un coefficient de marée élevé avaient alors fait céder le cordon littoral et submergé 4000 hectares. La situation ne va s'améliorer ni avec le changement climatique et donc l'élévation du niveau des mers, ni avec les tempêtes violentes de plus en plus fréquentes qui arrachent les galets puis menacent les habitations en front de mer... « On pourrait relâcher la pression en redonnant quelques terres à la mer, comme le font déjà les Britanniques, explique un élu. On a manqué l'occasion en 1990. Plus que la faisabilité technique, c'est la faisabilité psychologique qui pose problème. »

Direction le littoral aquitain, ses stations balnéaires planifiées dans les années 1970 et ses cordons de dunes mouvants. Là, des sociologues ont écumé le terrain de Lacanau, en Gironde — une commune engagée avec la Teste-de-Buch (Gironde) et Labenne (Landes) (voir la carte p. 10) dans une réflexion sur le repli stratégique — en interrogeant plus de 500 personnes pendant deux mois l'été dernier. Résultats ? « Pour 77 % des sondés, la relocalisation apparaît comme un mode de gestion tout aussi envisageable que

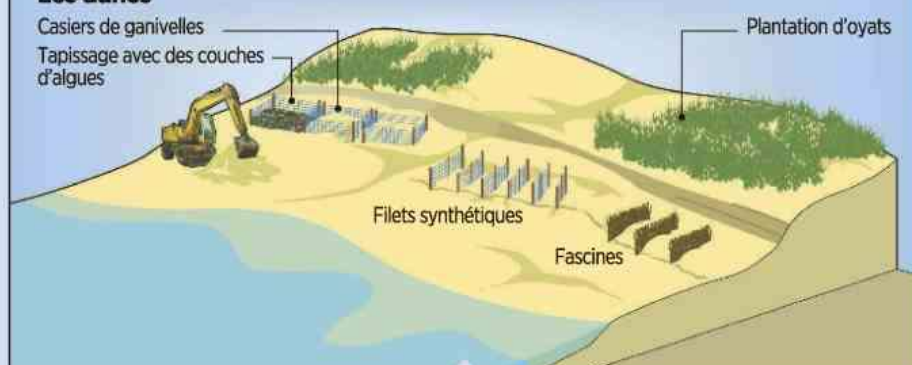
La côte de plus en plus artificialisée

Les falaises



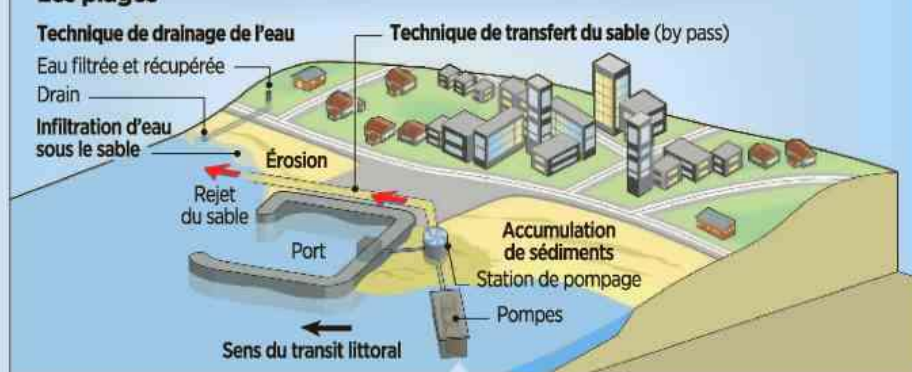
On peut stabiliser et reprofiler les falaises en en protégeant le pied avec de la maçonnerie, en modifiant la pente du versant par des terrassements, en la bardant de boudins ou de barres, en la couvrant (béton, géotextiles) et en éliminant ruissellement et infiltrations avec un drain. Une technique coûteuse.

Les dunes



On peut reconstituer le cordon dunaire avec un apport de sable puis modérer l'érosion éolienne en réduisant la vitesse du vent avec une couverture végétale — comme les oyats —, des rideaux brise-vent — comme les ganivelles — et des filets. Cette gestion souple donne de bons résultats.

Les plages



Pour « engraisser » les plages qui ne reçoivent plus de sable — bloqué par un port ou une digue, par exemple —, des systèmes de *by pass* peuvent rétablir un transfert des sédiments par pompage. On peut aussi drainer certaines plages afin de maintenir le sable au sec ce qui le rend plus compact.

les protections actuelles, voire plus pérenne », analyse Nicolas Rocle, de l'Irstea, l'Institut national de recherche en sciences et technologie pour l'environnement et l'agriculture. Les résidents permanents, secondaires et les touristes de la station de surf partagent une conscience collective des phénomènes et des enjeux, sans distinction entre profils sociologiques. Chacun a pu constater qu'il n'y avait plus un cm² de sable sec, depuis deux ans, à marée haute sur la plage centrale de Lacanau. Et depuis 2006, un groupement d'intérêt public (GIP) Littoral aquitain — fruit d'un long processus entre État, région, départements côtiers et intercommunalités — communique sur le sujet. Il s'appuie sur les données scientifiques — notamment celles de l'Observatoire de la côte aquitaine et du Réseau de recherche du littoral aquitain, rassemblant 900 chercheurs publics et privés...

Trois scénarios seront présentés à la fin de l'année

Économistes, naturalistes et géomorphologues ont été invités à plancher, les consultations publiques se sont multipliées. « Nous avons travaillé sur une douzaine de scénarios impliquant de tenir bon un temps plus ou moins long, de laisser plus ou moins faire, d'organiser plus ou moins profondément et précisément le repli. Les trois plus pertinents seront présentés à la fin de l'année », résume Nicolas Castay, directeur du GIP Littoral aquitain, qui a livré un « brouillon » confidentiel au ministère de l'Écologie en juin. « Le plus vertueux n'est pas forcément toujours le plus adapté, fait-il remarquer. Reculer coûte aussi très cher. Et les imbroglios de droits fonciers ou de financements sont nombreux. Il va falloir se montrer innovant. » D'ici là, profitez de la plage. ■

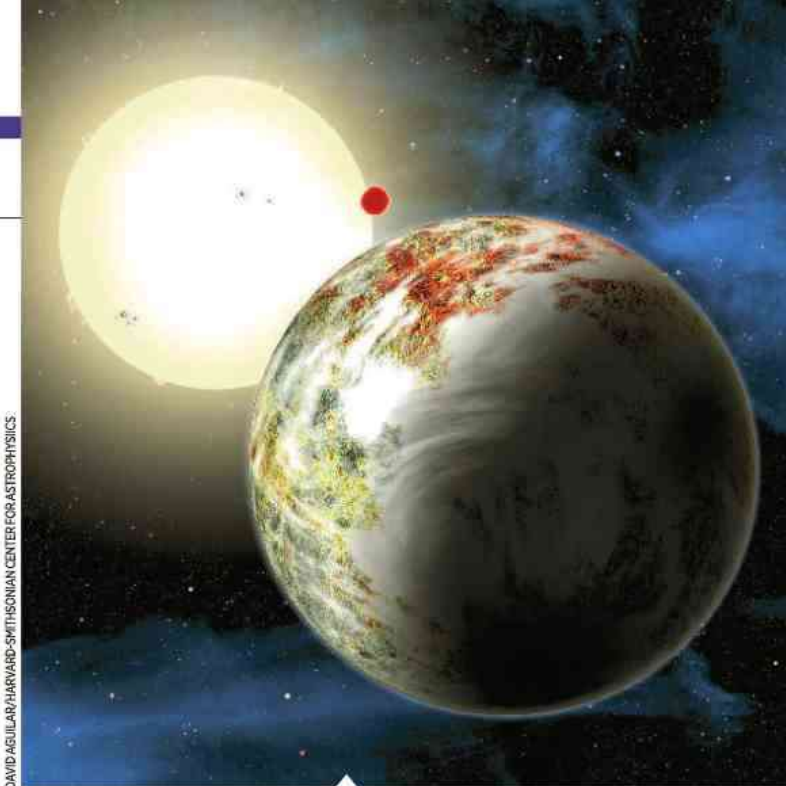
* Vers la relocalisation des personnes et des biens : sciav.fr/809seminaire

Découverte de la première méga-Terre

Située à environ 560 années-lumière, Kepler-10c possède une masse 17 fois supérieure à celle de la Terre.

PLANÉTOLOGIE Certains la surnomment « Godzilla ». Cette exoplanète (planète située hors de notre système solaire) rocheuse Kepler-10c d'une masse 17 fois supérieure à celle de la Terre ne manque pas de surprendre les astronomes – eux qui pensaient impossible l'existence d'un tel corps céleste. Théoriquement, une planète aussi mas-

sive douée d'une énorme force gravitationnelle aurait dû attirer à elle de grandes quantités d'hydrogène et se transformer en géante gazeuse, à l'image de Jupiter. Or, Kepler-10c est bel et bien une planète solide, constituée majoritairement de roches. C'est le premier exemple de méga-Terre, plus massive encore que les super-Terres déjà connues – qui ne



DAVID AGUILAR/HARVARD-SMITHSONIAN CENTER FOR ASTROPHYSICS

Observée dans la constellation du Dragon, Kepler-10c et sa petite sœur 10b tournent autour d'une étoile semblable au Soleil en 45 jours (vue d'artiste).

dépassent pas 10 fois la masse terrestre.

Observée par le télescope Kepler, Kepler-10c se situe à environ 560 années-lumière dans la constellation du Dra-

gon et tourne autour d'une étoile semblable au soleil en 45 jours. D'autres méga-Terres existent-elles dans l'Univers? C'est désormais ce que pensent les scientifiques. **A. B.**

Une batterie « carbone » recyclable

QUOI? Une batterie avec deux électrodes de carbone (donc sans métaux rares, terres rares ou métaux lourds).

POURQUOI? Facilement recyclable, moins chère à fabriquer, elle pourrait succéder aux batteries lithium-ion des voitures électriques, avec une recharge 20 fois plus rapide.

QUAND? Test d'un prototype de voiture électrique en août; commercialisation fin 2014.

QUI? La start-up Power Japan Plus et l'université de Kyushu (Japon). **A. B.**

POWER JAPAN PLUS

Des nœuds pour renforcer les fibres

MATÉRIAUX En formant des nœuds coulant dans une chaîne de polymères, un scientifique italien a créé la fibre synthétique la plus dure qui soit : cent fois plus que le Kevlar, qui sert à fabriquer des gilets pare-balles ou des ailes d'avion. **F. D.**

SOURCE : NICOLA PUGNO, UNIVERSITÉ

0+/-0,00000001

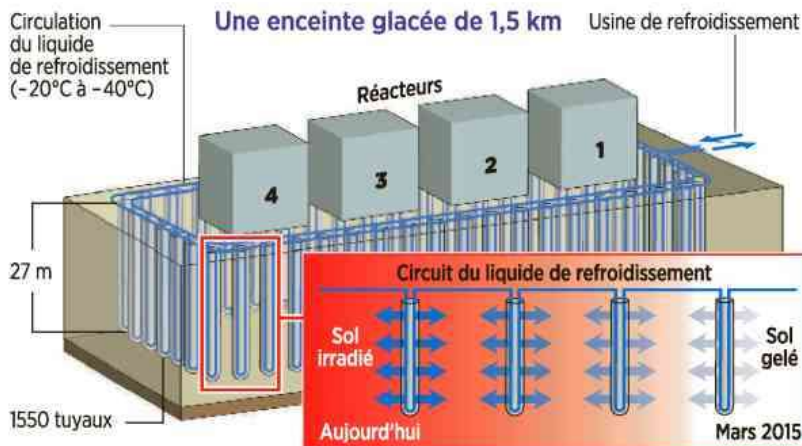
La charge électrique de l'antihydrogène

L'ANTIHYDROGÈNE, un atome d'antimatière, devrait présenter comme l'hydrogène une charge nulle : c'est bien ce qui a été mesuré au Cern avec une précision inédite à 10⁻⁸ près. **A. Kh.**

SOURCE : CHANPREET AMOLE, YORK UNIVERSITY, TORONTO, CANADA.

Un mur de glace va être construit à Fukushima

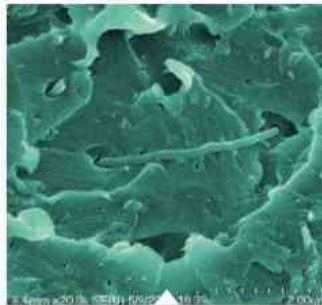
NUCLÉAIRE Le 2 juin, quelques jours après que l'Autorité de sûreté nucléaire japonaise a donné son feu vert, Tepco a annoncé le démarrage d'un projet titanesque pour isoler le sol contaminé situé sous la centrale nucléaire accidentée de Fukushima Daiichi : un immense barrage de glace qui devrait détourner les eaux souterraines ruisselantes afin qu'elles ne se mêlent plus aux eaux injectées pour refroidir les réacteurs abîmés. Il devrait aussi empêcher ces dernières de fuir vers la mer et permettre à Tepco de réduire considérablement les volumes d'eau contaminée à traiter. L'opération sera financée par le gouvernement japonais. **M. N.**



Une nouvelle famille de polymères prometteuse

Les PHT ressemblent aux plastiques thermodurcissables mais sont recyclables et peuvent s'autoréparer.

PHYSICO-CHIMIE Légers, résistants, recyclables et autoréparables... Les polymères que le centre de recherche d'IBM, en Californie, vient de mettre au point semblent promis à un bel avenir. Baptisés PHT (polyhexahydrotriazine), ils pourraient trouver de nombreuses applications dans l'aérospatial, les emballages industriels ou la microélectronique. Ces matériaux ressemblent aux plastiques thermodurcissables. Comme eux, ils sont constitués



Les PHT peuvent revenir à leur état initial.

de chaînes moléculaires qui se forment et interagissent sous l'action de la chaleur. Mais les

PHT, assemblages de petites molécules dérivées de l'ammoniac, ont la particularité de revenir à leur état initial dans une solution acide. Ils peuvent donc être recyclés. En outre, lorsqu'ils sont fendus ou brisés, ils s'autoréparent par simple contact entre les extrémités séparées. Enfin, la solidité peut être augmentée de 50 % avec des nanotubes de carbone. Léger comme du plastique, le matériau devient alors presque aussi dur que du métal.

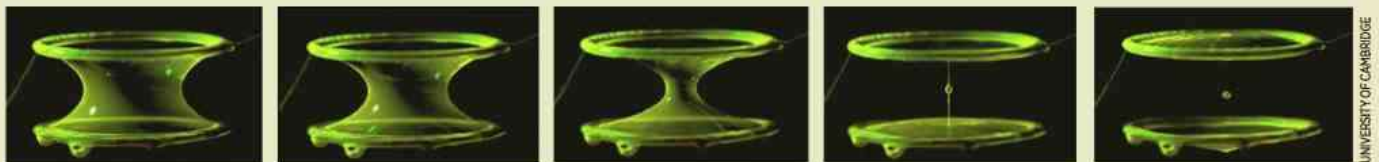
F. D.

RETOUR SUR

Les ondes gravitationnelles primordiales

COSMOLOGIE En mars, l'équipe Bicep 2 annonçait la découverte des ondes gravitationnelles primordiales (lire S. et A. n° 806, avril 2014), preuve de l'inflation, cette fraction de seconde où l'Univers est passé par une phase d'expansion très rapide. Depuis, diverses publications prônent la plus grande prudence. Le problème viendrait d'un « nettoyage » du signal : l'effet de la lumière diffusée par la poussière interstellaire n'aurait pas été bien modélisé. Les résultats du satellite Planck en octobre prochain devraient permettre de trancher. A. Kh.

Des films de savon pour trouver des singularités mathématiques



MÉCANIQUE DES FLUIDES Des scientifiques britanniques viennent de montrer que les formes complexes qu'adopte un film de savon lorsqu'on le manipule indiquent

des singularités mathématiques, c'est-à-dire les points pour lesquels une équation n'admet pas de solution exacte. Lorsque cette équation décrit une surface, ces

points seraient le lieu d'une rupture. Sur la séquence ci-dessus, c'est la gouttelette qui apparaît entre deux surfaces. A. Kh.

SOURCE : R. GOLDSTEIN, UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE, ROYAUME-UNI.

10 mm

La croissance de la Sierra Nevada californienne

GÉOGRAPHIE Des mesures par GPS et radar révèlent que la Sierra Nevada a gagné 10 mm entre 2003 et 2010. Ce phénomène est dû à la sécheresse et au pompage des nappes phréatiques de la Vallée Centrale, la région agricole au pied des montagnes. La lithosphère (l'enveloppe terrestre) se relève, entraînant les montagnes vers le haut, avec un risque sismique accru. A. D.

SOURCE : C. AMOS, WESTERN WASHINGTON UNIVERSITY, BELLINGHAM, ÉTATS-UNIS.

Le smartphone, source d'aléatoire

CRYPTOGRAPHIE Pour produire une suite de nombres aléatoires, des chercheurs ont fait appel au capteur photo d'un banal smartphone. L'appareil enregistre 400 photons dans un temps très court et les convertit en autant de nombres. Puis un algorithme en extrait une suite de nombres aléatoires, jusqu'à 1,25 Gbits/s, soit un flux un million de fois plus élevé que ce que l'on parvenait à faire jusqu'ici. A. Kh.

SOURCE : B. SANGUINETTI, UNIVERSITÉ DE GENÈVE.

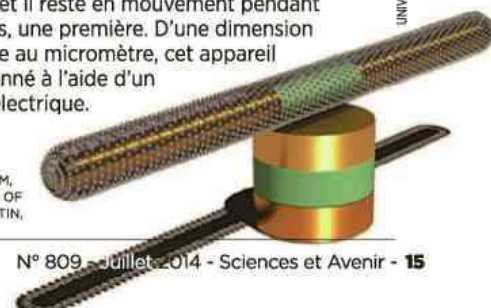
18000 tr/min

La vitesse de rotation d'une nanomachine

NANOTECHNOLOGIES Ce nanomoteur parvient à tourner aussi vite que certains moteurs d'avion, et il reste en mouvement pendant 15 heures, une première. D'une dimension inférieure au micromètre, cet appareil est actionné à l'aide d'un champ électrique.

A. B.

SOURCE : KWANOH KIM, UNIVERSITY OF TEXAS, AUSTIN.



C'est dans une grotte immergée du Yucatan (Mexique), le Hoyo Negro, qu'a été découvert le squelette.



PAUL NICKLEN / NATIONAL GEOGRAPHIC

Naïa, l'une des plus vieilles Américaines

Le plus ancien fossile humain du continent américain, daté de -12 000 ans, aurait une ascendance asiatique.

ANTHROPOLOGIE C'était une jeune femme d'une quinzaine d'années, que les chercheurs ont baptisée Naïa. Elle vivait dans le Yucatan, au Mexique, il y a 12 000 à 13 000 ans (d'après la datation au carbone 14) et serait — à ce jour — le plus vieux fossile humain du

continent américain, selon l'équipe qui l'a étudiée pendant sept ans. Son squelette quasi complet et son crâne ont été découverts en 2007 dans le Hoyo Negro (« trou noir »), immense grotte immergée. Les fractures de son bassin suggèrent une chute mor-

telle dans cette cavité autrefois au-dessus du niveau de la mer. Naïa a d'abord été étudiée sous l'eau, photographiée et reconstituée numériquement, avant que quelques fragments d'ADN mitochondrial soient extraits d'une molaire. Si l'anatomie de la jeune

femme l'apparente clairement aux autres fossiles paléoaméricains, son profil génétique renvoie, lui, à une ascendance asiatique. Ce qui vient renforcer l'idée que les premiers occupants des Amériques sont venus de Sibérie par le détroit de Béring. **L. B.**



ANTIQUITY PUBLICATION

À VOIR SUR TABLETTE

Les trésors cachés d'Angkor Vat

KHMEROLOGIE Éléphants, lions, temples et bateaux, cavaliers et divinités... 200 fresques du ^{xv}^e ou ^{xvi}^e siècle jusque-là à peine visibles à l'œil nu viennent d'être mises en évidence à Angkor Vat, au Cambodge. Ce sont des techniques de traitement d'image utilisées dans l'étude de l'art rupestre ou par la Nasa pour analyser les clichés du sol de Mars qui ont révélé ces nouvelles peintures. **L. B.**

Une prothèse dentaire gauloise

PALÉOMÉDECINE Une incisive en fer du ⁱⁱⁱ^e siècle avant J.-C. serait le plus ancien implant dentaire connu en Europe. Ce petit morceau de métal de 2,3 cm ornait la mâchoire supérieure d'une Gauloise d'une vingtaine d'années, dont la tombe a été

trouvée près de Troyes (Aube). À l'inverse des prothèses étrusques, il s'agissait d'un véritable implant, fixé dans l'os de la mâchoire. On ignore s'il fut implanté du vivant de la jeune femme — opération douloureuse et source d'infections —



ARCHÉOSPHÈRE

L'incisive en fer s'intercalait entre les dents de la défunte.

ou, ce qui est plus probable, après son décès : il aurait alors eu une fonction esthétique, pour accompagner la défunte dans l'au-delà. **L. B.**

SOURCE : GUILLAUME SEGUIN, ARCHÉOSPHÈRE, BORDEAUX.

Un fœtus dans un sarcophage miniature

ÉGYPTOLOGIE Le secret de W1013, un minuscule sarcophage égyptien de 52 cm, vient d'être percé grâce au scanner : il contient les restes d'un fœtus de 12 à 16 semaines dans son sac placentaire. Suspecté d'être un faux du ^{xix}^e siècle du fait de sa taille, il a été daté de 600 ans avant J.-C. et est donc authentique. **L. B.**

SOURCE : CAROLYN GRAVES-BROWN EGYPT CENTRE, SWANSEA, PAYS DE GALLES.

47 millions d'années

L'âge du plus ancien oiseau pollinisateur

PALÉONTOLOGIE Âgé de 47 millions d'années, le fossile du plus vieil oiseau pollinisateur jamais découvert a été déterré à Messel, en Allemagne. Cette espèce nectarivore disparue ressemblait aux colibris actuels. L'analyse de son estomac a révélé son dernier repas : des insectes, mais surtout des centaines de grains de pollen. **F. D.**

SOURCE : GERALD MAYR, MUSÉUM SENCKENBERG, FRANCFORT, ALLEMAGNE.



SENCKENBERG

Pumiliornis tessellatus mesurait seulement 8 centimètres.



THE SINGLETON™

SINGLE MALT SCOTCH WHISKY

ÉCOSSAIS JUSQU'AU GOÛT™

The Singleton est né dans le Speyside, berceau des single malts écossais les plus fins. L'utilisation d'une proportion élevée de fûts de sherry, associée à un temps plus long consacré aux étapes de fermentation et de distillation font la particularité de la distillerie fondée en 1896. Le respect de ces méthodes ancestrales, et la recherche constante des meilleurs arômes, lui permettent de produire des single malts naturellement riches, délicieusement onctueux et parfaitement équilibrés. The Singleton 12 ans d'âge est la parfaite expression du caractère mœlleux et délicatement fruité typique de la distillerie.

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

Des chiens pour chasser le mammouth

PRÉHISTOIRE L'homme aurait chassé le mammouth avec des chiens, notamment pour protéger des loups les carcasses abattues. À l'appui de cette hypothèse, la quasi-absence de traces de charognards dans les « cimetières de mammouths », et le fait que ces lieux de chasse sont contemporains des premiers canidés domestiqués en Eurasie (-40 000/-15 000 ans). **L. B.**

SOURCE : PAT SHIPMAN, PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY, UNIVERSITY PARK, ÉTATS-UNIS.

Les premiers pantalons, créés pour monter à cheval

ARCHÉOLOGIE Des pantalons vieux d'environ 3000 ans ont été découverts au Xinjiang dans l'ouest de la Chine, dans les tombes de deux hommes âgés d'une quarantaine d'années. D'autres objets trouvés à proximité indiquent que ces vêtements de laine servaient à monter à cheval. **F. D.**

SOURCE : ULRIKE BECK, INSTITUT ARCHÉOLOGIQUE, BERLIN, ALLEMAGNE.



Ce pantalon de laine a été fabriqué vers 1000 avant J.-C., selon la datation au carbone 14.

GERMAN ARCHAEOLOGICAL INSTITUTE



Cette vénus et cette tête de femme âgée évoquent l'œuvre d'Homère.

Un sanctuaire romain d'exception

La perfection des statues de ce site dans l'Oise seraient sans équivalent en Gaule.

ANTIQUITÉ Les vestiges d'un sanctuaire monumental de la seconde moitié du II^e siècle après J.-C. ont été mis au jour à Pont-Sainte-Maxence (Oise). La façade, aux dimensions impressionnantes— près de 10 m de haut pour 70 m de long et un mètre d'épaisseur seulement — en constituait la pièce maîtresse. Les sculptures sont d'une qualité sans équivalent en Gaule romaine qui indique qu'elles ont pu être réalisées par des artistes venus de Rome ou de Grèce. Parmi les milliers de blocs calcaires retrouvés, une vénus accroupie associée à une tête de vieille femme évoque un épisode de l'*Odyssée*. Il s'agit d'une scène unique dans tout le monde romain. Autre élément remarquable : un décor de têtes de divinités gigantesques, dont une de Jupiter-Ammon aux cornes de bélier, alternant avec des griffons aux ailes déployées, qui coiffait la façade. On ignore encore pour quelle raison cet édifice imposant fut érigé à cet endroit, à proximité de la voie antique Senlis-Beauvais, et dans quelles circonstances il s'est écroulé. **L. B.**



Cette tique prise dans l'ambre vivait il y a 15 millions d'années.

La maladie de Lyme sévissait avant l'homme

MICROBIOLOGIE Des bactéries similaires à celles qui provoquent la maladie de Lyme ont été retrouvées en République dominicaine au sein de tiques fossilisées dans de l'ambre il y a 15 millions d'années, 12 millions d'années environ avant l'apparition du genre *Homo*. **F. D.**

SOURCE : GEORGE POINAR, UNIVERSITÉ D'ÉTAT DE L'OREGON, CORVALLIS, ÉTATS-UNIS.

Un « vampire » exhumé en Pologne

ARCHÉOLOGIE Les restes d'un « vampire » du XVI^e ou du XVII^e siècle ont été retrouvés à Kamień Pomorski, en Pologne. Ses canines avaient été arrachées et une pierre coincée entre ses mâchoires. Un pieu enfoncé dans un fémur clouait le cadavre au cercueil pour l'empêcher de revenir hanter les vivants. Selon les croyances locales, les vampires dévoraient leur propre chair. **F. D.**

SOURCE : SŁAWOMIR GORKA, STOWARZYSZENIE NAUKOWE ARCHEOLOGOW POLSKICH, VARSOVIE, POLOGNE.



Une pierre devait empêcher le mort de se dévorer lui-même.

P. UKRAINSKI / KAMIENSKIE.INFO

TELEX

RIP NEREUS. Le seul robot sous-marin capable d'explorer les fosses les plus profondes a imploré par -9900 m au large de la Nouvelle-Zélande. **GROTTE VIRTUELLE.** La grotte de Font de Gaume aux Eyzies-de-Tayac peut désormais se visiter sur Internet : <http://font-de-gaume.monuments-nationaux.fr/> **GÉANT CHILIEN.** C'est un candidat au titre de plus gros dinosaure du monde : avec 20 m de haut, 40 m de long, et 77 t présumées, le titanosaure géant exhumé en Argentine concurrence en taille celui d'Angeac-Charente (16).

LA GALERIE DE BOTANIQUE *du Muséum*

Nouveau au
Jardin des Plantes

18 RUE BUFFON, PARIS 5^e

AVEC LE SOUTIEN DE LA



Fondation de la Maison de la Chimie

MNHN.FR

**SCIENCES
AVENIR**

Quotidien

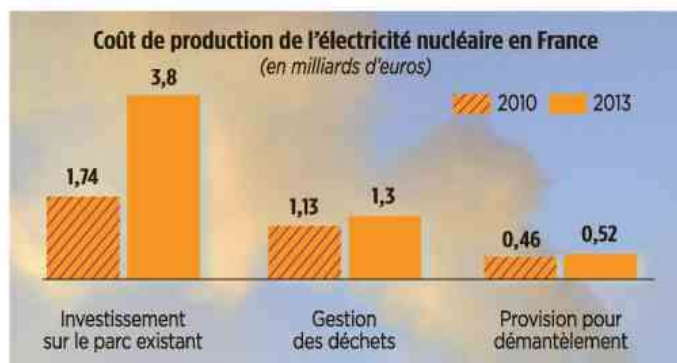


TELEX

LE CONCORDIA DÉMANTELÉ. C'est dans le port italien de Gênes que sera démantelé le *Costa Concordia* ; son remorquage commence en juillet. **SOLAR DECATHLON.** Du 27 juin au 14 juillet, 20 équipes de jeunes ingénieurs présentent leurs logements à basse énergie dans le jardin du château de Versailles. **PERMISSION D'INTERDIRE.** Les États de l'Union européenne ont désormais la liberté d'interdire la culture de semences transgéniques sans recourir à des clauses de sauvegarde.

Très chère électricité nucléaire

Des coûts importants de révision de réacteurs vieillissants et des investissements supplémentaires liés à la sûreté font grimper la facture française.



ÉNERGIE Le coût de production de l'électricité d'origine nucléaire a grimpé de 20,6 % entre 2010 et 2013 (de 49,6 € à 59,8 € le MWh). L'électricité nucléaire est donc de plus

en plus chère à produire alors que le parc de centrales, dont l'âge moyen atteint 30 ans, devrait avoir amorti ses coûts de construction, révèle un rapport de la Cour des comptes.

Un paradoxe qui n'en est pas vraiment un. Pour pouvoir allonger la durée de vie des centrales, EDF doit procéder à une révision complète des réacteurs. Ces coûts de rénovation sont alourdis par les nouvelles normes issues de la catastrophe de Fukushima. Résultat : ils explosent avec + 117 %. Autres incertitudes : les factures de la gestion des déchets radioactifs et du démantèlement des centrales en fin de vie. La Cour des comptes souligne que les évaluations financières d'EDF et de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs sont bien plus basses que celles d'autres pays nucléarisés. **L. C.**

L'Arctique pollué par les plastiques

ENVIRONNEMENT

Des milliers de milliards de particules de matières plastiques sont emprisonnées dans les glaces du pôle Nord. D'un diamètre inférieur à cinq millimètres, elles proviennent de produits cosmétiques, de résidus de vêtements, de filtres de cigarettes ou d'autres débris que les courants ont charriés vers l'Arctique avant d'y être gelés. Il y en aurait au moins 100 fois plus dans les glaces de mer que dans les eaux océaniques. **F. D.**

SOURCE : RACHEL OBBARD, DARTMOUTH COLLEGE, HANOVER, ÉTATS-UNIS.

Les cyclones au nom féminin sont plus meurtriers

MÉTÉOROLOGIE Entre 1950 et 2012, les cyclones au nom féminin ont fait aux États-Unis 1473 morts contre 427 pour ceux portant un nom masculin (ces phénomènes sont baptisés alternativement avec un prénom masculin ou féminin). À en croire des chercheurs, l'explication serait d'ordre psychologique : une appellation féminine rendrait le phénomène moins menaçant et entraînerait une moindre prudence. **L. C.**

SOURCE : KIJU JUNG, UNIVERSITY OF ILLINOIS AT URBANA-CHAMPAIGN, CHAMPAIGN, ÉTATS-UNIS.



Habitations détruites par l'ouragan Sandy à New York, le 30 octobre 2012.



Les ruches, victimes des pesticides

ENTOMOLOGIE Chez les abeilles et les bourdons, les pesticides néonicotinoïdes peuvent, à faibles doses, conduire au syndrome d'effondrement des colonies qui voit les ruches se vider après l'hiver, concluent deux études. Selon la première, les abeilles dont les larves ont été exposées à l'imidaclopride (la substance active du Gaucho) ont les sens olfactifs altérés. Selon la seconde, la moitié des abeilles exposées à l'imidaclopride ou la clothianidine (substance active du Poncho) perdent leur capacité à se nourrir et à s'orienter. **R. M.**

SOURCES : HARVARD SCHOOL OF PUBLIC HEALTH, ÉTATS-UNIS ; NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY.

45 jours

Le temps que met le
sénevé pour révéler
un gaz toxique

BOTANIQUE Le sénevé, une plante à croissance rapide, est capable de synthétiser et donc de révéler la présence de gaz toxiques en 45 jours. Des chercheurs en ont apporté la preuve en faisant pousser la plante sur des sols sableux ou argileux ayant reçu du sarin ou du gaz VX. **L. C.**

SOURCE : MATTHEW GRAVETT, DEFENCE SCIENCE AND TECHNOLOGY LABORATORY, SALISBURY, ROYAUME-UNI.

BIOGRAPHY

Pour la vie sur Mars, on ne sait pas encore. Pour les cinq vies du papier, c'est sûr.

La force de tous les papiers, c'est de pouvoir être recyclés
au moins cinq fois en papier. Cela dépend de chacun de nous.
www.recyclons-les-papiers.fr

Tous les papiers ont droit à plusieurs vies.
Trions mieux, pour recycler plus !



La presse écrite s'engage pour le recyclage
des papiers avec Ecofolio.



Les oiseaux désorientés par un effet quantique inconnu

La survie d'espèces migratrices pourrait être compromise par les ondes électromagnétiques.



Le rouge-gorge est l'une des espèces touchées par le phénomène.

ORNITHOLOGIE Le sens de l'orientation de certains oiseaux migrateurs serait perturbé par le bruit de fond électromagnétique émis par les appareils électroniques. C'est ce que montre une étude de l'équipe de Svenja Engels à l'université d'Oldenburg, en Allemagne. Les ondes interféreraient avec le compas magnétique interne qui permet à l'animal de détecter l'orientation du champ magnétique terrestre. La survie d'espèces migratrices pourrait donc être compromise. D'après les mesures, les niveaux d'exposition

sont pourtant très faibles, bien en dessous de ce qui est recommandé par l'OMS pour les antennes et les téléphones mobiles. Les biologistes ne comprennent pas comment des phénomènes aussi faibles peuvent agir sur le vivant. Ce mystère attire les experts militaires américains, à l'origine de ces travaux. Ils envisagent des phénomènes quantiques inconnus, dont ils pourraient tirer des capteurs bio-inspirés ultrasensibles. **O. H.**

Les koalas se rafraîchissent avec les arbres

ZOOLOGIE On a enfin découvert comment les koalas, qui ne boivent presque jamais et ne transpirent que par la langue, font pour réguler leur température interne lors des canicules : ils plaquent leur corps contre des troncs d'acacias et d'eucalyptus ! Ces arbres font office de climatiseurs naturels car leur température est toujours inférieure (jusqu'à 7 °C) à celle de l'air ambiant. En transférant aux arbres leur chaleur, les marsupiaux diminuent les risques de déshydratation. Il est possible que certains singes adoptent aussi cette stratégie. **F. D.**

SOURCE : NATALIE BRISCOE, UNIVERSITÉ DE MELBOURNE, AUSTRALIE.



Le tronc (en violet) où se repose un koala est plus froid que son environnement.

J. BURTON / NATURE PIA / EBNPHOTOS



▲ La peau du poulpe contient une substance qui empêche ses pieds d'adhérer.

Pourquoi le poulpe ne se colle pas les pieds

ÉTHOLOGIE Le secret des pieds du poulpe qui n'adhèrent jamais entre eux a été percé : leurs ventouses

ne collent pas au contact d'une substance présente dans la peau. Et pour reconnaître ses pieds de ceux de son voisin (l'animal est volontiers cannibale), il ferait appel à l'intelligence abritée dans son volumineux cerveau, estiment les chercheurs. **P. K.**

SOURCE : NIR NESHER, THE HEBREW UNIVERSITY OF JERUSALEM, ISRAËL.

Même les rats des champs aiment courir dans une roue

ÉTHOLOGIE En cage comme en pleine nature, les rongeurs, quand ils voient une roue, grimpent dedans et courent. Ils ne le font donc pas seulement pour tromper l'ennui. L'équipe néerlandaise qui a eu l'idée de placer une roue en extérieur s'interroge sur ce comportement. **L. C.**

SOURCE : JOHANNA MEIJER, LEIDEN UNIVERSITY MEDICAL CENTRE, PAYS-BAS.

Les criquets réduits au silence

ÉVOLUTION Des criquets de deux îles hawaïennes se sont adaptés en à peine deux ans à la menace de mouches parasites qui les tuent en moins d'une semaine. Puisque ces diptères sont alertés par le crissement de leurs ailes, les criquets sont devenus silencieux par une adaptation de leurs ailes. **L. C.**

SOURCE : SONIA PASCOAL, UNIVERSITY OF ST ANDREWS, ST ANDREWS, ROYAUME-UNI.

L'éléphant de mer, roi de l'apnée

ZOOLOGIE Si l'éléphant de mer peut retenir sa respiration 75 % du temps, c'est qu'il supporte un taux de monoxyde de carbone dans le sang équivalent à celle d'un gros fumeur. En bloquant le transport de l'oxygène par l'hémoglobine, le gaz prévient les dommages causés dans les tissus par le retour d'un sang riche en oxygène à la reprise de la respiration. **L. B.**

SOURCE : MICHAEL TIFT, UNIVERSITY OF CALIFORNIA SAN DIEGO, ÉTATS-UNIS.

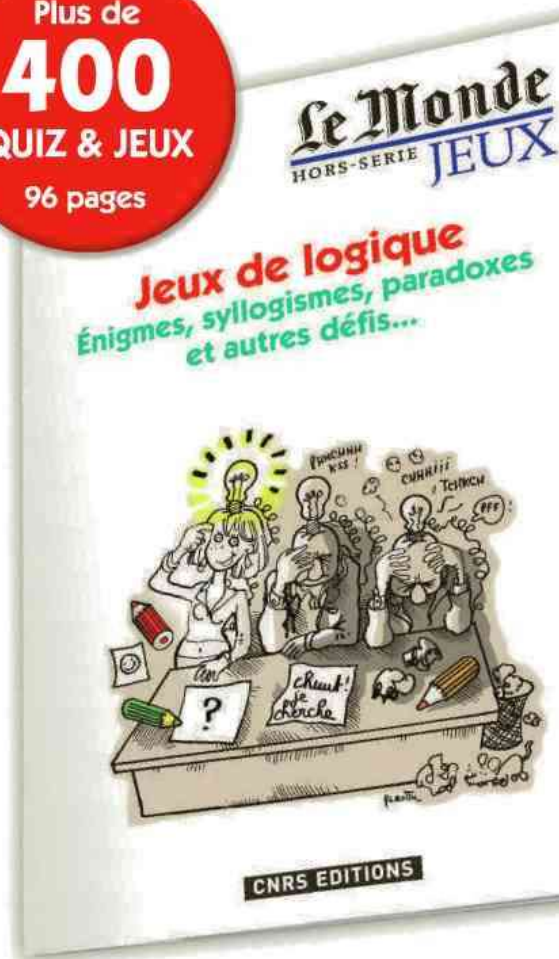


Ce phoque peut dormir sans respirer.

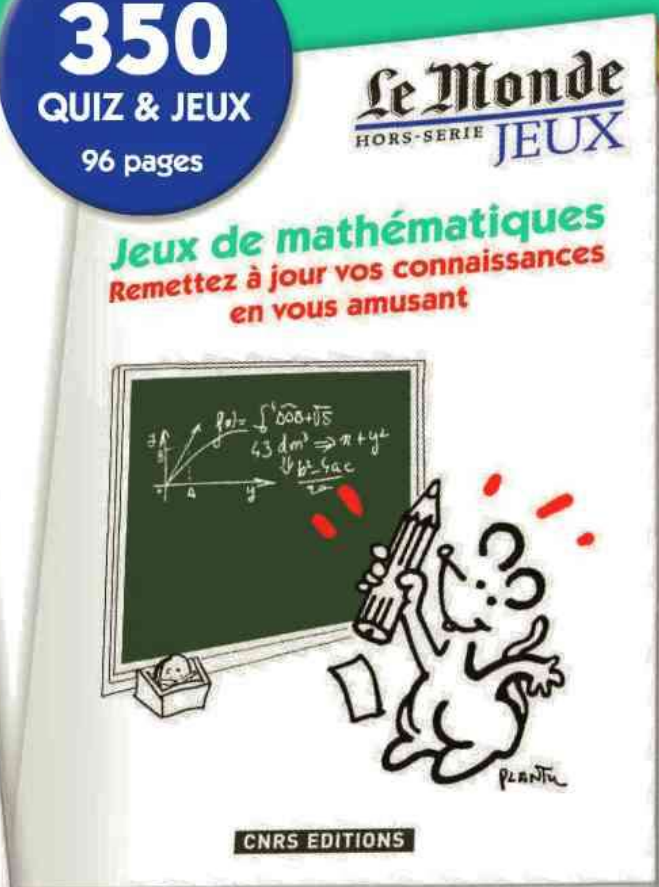
F. GOTTIER / BIOSPHOTO

Testez vos neurones avec *Le Monde*

Plus de
400
QUIZ & JEUX
96 pages



Plus de
350
QUIZ & JEUX
96 pages



2 HORS-SÉRIES JEUX
LUDIQUES
ET INSTRUCTIFS

Le Monde vous propose, cet été, un réjouissant voyage au cœur des mathématiques et de la logique avec deux cahiers de jeux de 96 pages chacun. Des syllogismes aux tangrams, du nombre d'or aux vecteurs, remuez-vous les méninges en résolvant les énigmes, quiz et autres défis ... sans vous arracher un seul cheveu !

Chaque hors-série : 5,95 € en vente dans tous les kiosques

CNRS EDITIONS

De l'électricité pour rêver en toute conscience

Un faible courant alternatif impulsé dans des zones du cerveau permet au dormeur d'être spectateur de son activité onirique.

NEUROLOGIE En appliquant sur le cerveau de faibles courants alternatifs, il est possible de rendre un dormeur en plein rêve conscient qu'il est en train de rêver. Pour le prouver, des chercheurs allemands de l'université Goethe (Francfort) sont partis du fait que, lorsque quelqu'un devient « conscient » au cours d'un rêve, des ondes gamma typiques apparaissent dans des aires frontales et temporales du cortex cérébral. En y appliquant une stimulation transcrânienne à courant alternatif de même fréquence (25 ou 40 Hz) durant 30 secondes, les

scientifiques ont observé l'apparition de telles ondes dans le cerveau de sujets endormis. Réveillés juste après, ceux-ci ont souvent déclaré avoir fait un rêve lucide, ce qui n'était pas le cas pour les autres fréquences de stimulation utilisées. Cette découverte, si elle se confirme, pourrait permettre à ceux qui font des cauchemars récurrents de ne plus les vivre à la première personne. Elle pourrait aussi avoir des applications thérapeutiques pour des troubles du fonctionnement cérébral comme la schizophrénie ou les TOC.

P. K.



J. W. GOETHE UNIVERSITY, DEPARTMENT OF PSYCHOLOGY

Seules les fréquences de 25 et 40 Hz ont permis aux volontaires de l'expérience de se « voir » rêver.

TELEX

BACLOFÈNE ET ALCOOLISME. Le décontractant utilisé dans le traitement de l'alcool-dépendance sera désormais remboursé. **PANNE D'IMAGE.** L'Académie de médecine prédit une période de pénurie de technétium pour l'imagerie médicale entre 2016 et 2018 faute de réacteur nucléaire capable d'en produire.

PSYCHIATRIE. Les personnes faisant preuve de cynisme pourraient être plus à même de développer une démence.



Un nouveau-né a été traité par Carpediem.

inférieure au millilitre. Elle a été utilisée chez un bébé de 2,9 kg souffrant d'une insuffisance rénale aiguë sévère et de troubles métaboliques. **M. G.**

SOURCE : CLAUDIO RONCO, SAN BORTOLO HOSPITAL, VICENCE, ITALIE.

Une machine pour dialyser les bébés

NÉPHROLOGIE C'est le premier appareil d'hémodialyse conçu pour des nouveau-nés et nourrissons. Carpediem (Cardio-Renal Pediatric Dialysis Emergency Machine) est capable de contrôler l'ultrafiltration du sang à une échelle

PAROLES

« La récupération du coma de Michael Schumacher n'est pas un conte de fées. Le chemin de la rééducation va être long. Selon nos statistiques, après un mois de coma suite à un traumatisme crânien, 60 % des victimes récupèrent une communication mais avec souvent de grandes difficultés d'autonomie, 20 % stagnent et 20 % décèdent. »

Steven Laureys, Coma Science group (université de Liège).

RETOUR SUR

Cellules souches « Stap » : deux articles retirés

POLÉMIQUE Après plusieurs mois de tergiversations, Haruko Obokata, du Centre Riken de biologie du développement à Kobe (Japon), a accepté de retirer ses deux articles parus en janvier dans *Nature* (lire S. et A. n° 805, mars 2014, p. 23).



Haruko Obokata, du centre Riken (Japon), auteure des études.

En cause, l'impossibilité pour d'autres équipes de reproduire les résultats. Révolutionnaires, ceux-ci promettaient l'obtention de cellules souches embryonnaires à partir de cellules adultes baignées dans une solution légèrement acide (dites Stap). Il semble aujourd'hui que les résultats de la chercheuse japonaise n'aient été au mieux qu'un artefact, au pire une fraude délibérée. **H. R.**

L'ADN du cancer détecté dans le sang

ONCOLOGIE Une méthode à la fois économique et ultrasensible a été mise au point par des universitaires américains pour déceler l'ADN tumoral dans le sang. Ciblant une centaine de gènes mutés dans le cancer du poumon, elle a permis d'identifier tous les patients dont le cancer s'était déjà disséminé dans les ganglions lymphatiques. Elle pourrait s'appliquer à d'autres types de tumeurs et même remplacer parfois les biopsies. **P.K.**

SOURCE : AARON NEWMAN, STANFORD UNIVERSITY, ÉTATS-UNIS.

Un seul peptide détruit les biofilms bactériens

BOCHIMIE Une équipe canadienne a découvert qu'une molécule, le peptide 1018, était capable de détruire les biofilms, ces tapis bactériens très résistants aux antibiotiques. Le mode d'action de ce peptide consiste à bloquer un signal interne commun à toutes les bactéries formant un biofilm. Il dissout ce dernier en quelques heures. Ce peptide pourrait servir à mettre au point un médicament efficace contre la plaque dentaire ou les infections pulmonaires des personnes atteintes de mucoviscidose. **P. K.**

SOURCE : CÉSAR DE LA FUENTE-NUÑEZ, UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA, VANCOUVER, CANADA.



QUESTIONS À

Ronald Virag Chirurgien et sexologue, spécialiste des troubles sexuels

« Molécules de l'érection » en vente libre : danger

Le laboratoire français Sanofi a annoncé vouloir commercialiser sans ordonnance le Cialis, médicament contre les troubles érectiles conçu par le laboratoire américain Eli Lilly.

Est-ce une bonne idée de vouloir mettre en vente libre un médicament contre les troubles érectiles ?

Ça me paraît une démarche très curieuse. Elle s'appuie sur l'idée que la vente sans ordonnance de ce type de produits permettrait de contrer la vente sauvage. Il n'y a aucune logique thérapeutique là-dedans. Autre argument tout aussi fallacieux : pouvoir ainsi traiter des personnes qui n'osent pas consulter... L'argument est ici clairement moins médical que purement marchand.

Peut-on craindre des dérives et un mésusage de ce produit ?

Malheureusement, les dérives existent déjà et cela n'ira pas en s'améliorant si une telle mesure est adoptée. Ces molécules contre les troubles de l'érection sont parfois utilisées de manière récréative pour accroître la performance sexuelle. Dans ce cadre,

elles peuvent être prises en association avec les « poppers », des produits illicites à base de nitrite d'amyle qui permettent de dilater les vaisseaux sanguins et d'augmenter l'intensité de l'orgasme. Or, la prise simultanée de ces médicaments et de poppers peut être mortelle.

Les autorités de santé autoriseront-elles une telle mesure ?

Rien n'est moins sûr. En France, cela m'étonnerait beaucoup que l'Anses, l'Agence nationale de sécurité sanitaire, donne son feu vert. L'avis médical pour ce type de médicaments reste indispensable, et je vois mal les pharmaciens jouer ce rôle efficacement. Vendre du Cialis sans ordonnance laisse également craindre une explosion des ventes sur Internet. Ainsi que dans les grandes surfaces, qui ne manqueront pas de vouloir les proposer dans leurs espaces santé. Il ne faut pas oublier les risques de surdosage d'une molécule qui n'est pas un bonbon, ainsi que les risques d'addiction, non négligeables.

Propos recueillis par H. R.

Des souvenirs effacés et réimplantés sur commande

NEUROSCIENCES Effacer puis restaurer, encore et encore, des souvenirs de peur conditionnée : une telle prouesse a été réalisée chez des rats ayant appris à associer un son à un choc. L'activité neuronale qui transmet l'information sonore a été remplacée par une manipulation optogénétique (de la lumière active des connexions entre neurones). Les chercheurs confirment ainsi que le renforcement de connexions synaptiques permet d'instaurer un type de mémoire alors que leur affaiblissement permet de l'effacer. **M. G.**

SOURCE : S. NABAVI, UNIVERSITY OF CALIFORNIA AT SAN DIEGO, ÉTATS-UNIS.

Blond, à une mutation près

GÉNÉTIQUE Une blonde chevelure ne serait due qu'à une simple mutation sur le chromosome 12. Une fois introduite dans les cellules de follicule pileux d'une souris au pelage sombre, elle conduit à un poil plus clair. « Ce changement altère un commutateur qui module l'expression d'une molécule de signal dans les follicules pileux », explique David Kingsley, coauteur de l'étude. **E. S.**

SOURCE : CATHERINE GUENTHER, STANFORD UNIVERSITY SCHOOL OF MEDICINE, ÉTATS-UNIS.

À VOIR SUR TABLETTE

Une synapse modélisée en 3D

NEUROLOGIE Pour la première fois, un modèle 3D d'une synapse a été mis au point, grâce notamment à l'exploitation des données de la microscopie électronique. Ce point de jonction entre les neurones permet le transfert de l'information dans le cerveau. Œuvre d'une équipe de l'université de Göttingen (Allemagne), ce modèle permet de visualiser avec une précision inédite la position de tous les éléments constitutifs d'une synapse. **H. R.**



WILHELM METAL



AP



La Chine rêve de villes aquatiques

La phase pilote d'une île-cité pourrait être lancée en 2015 au large de Hong Kong.

URBANISME Ce serait une ville à la fois flottante et sous-marine. Le cabinet d'architecture londonien AT Design a reçu commande d'un projet d'île-cité artificielle sur 10 km² de la part de l'entreprise de construction publique China Communications Construction Company (CCCC), qui veut étudier une nouvelle façon de bâtir sans détériorer les pay-

sages terrestres. Une phase pilote pourrait être lancée en 2015 au large de Hong Kong. L'ensemble compterait un centre-ville, des espaces verts au-dessus et au-dessous de la surface de l'eau, des tunnels et des canaux pour se déplacer, un port, des exploitations agricoles, une centrale d'énergie marémotrice... Des puits de lumière serviraient à ventiler et éclairer

les niveaux sous-marins. La ville reposerait sur des structures polygonales préfabriquées en béton, évidées et longues de 150 m pour une section de 30 m. Ces éléments s'empileraient pour jouer sur la hauteur des espaces urbains. Puis, les modules seraient agencés et reliés sous la surface par des tunnels permettant la circulation de l'un à l'autre.

A. D.

TELEX

TICKET POUR L'ESPACE. L'agence américaine de l'aviation civile a donné son feu vert à Virgin Galactic pour que SpaceShipTwo effectue des vols suborbitaux expérimentaux à 100 km d'altitude. **ROBOT DÉCIDEUR.** La société hongkongaise d'investissements en capital-risque DKV a nommé le logiciel Vital à son conseil d'administration pour analyser des données d'entreprise. **VOL RÉUSSI.**

L'avion solaire Solar Impulse 2, qui doit effectuer un tour du monde en 2015, a réussi son premier vol d'essai en Suisse le 2 juin.



A. FEDERGATT/UTAH/CHEN

Un avion piloté par la pensée

NEUROTECHNOLOGIE Des chercheurs des universités techniques de Munich et de Berlin (Allemagne) ont mis au point un système de pilotage par la pensée, Brainflight. Sept volontaires sont passés dans un simulateur de vol coiffés d'un casque à électrodes. Ce dispositif enregistre, sous forme d'électroencéphalogramme (EEG), l'activité électrique de leur cerveau pendant qu'ils se concentrent sur une trajectoire. Un algorithme traduit ensuite l'EEG en commandes de vol. **E. S.**

Dans la poche, une imprimante

ROBOTIQUE La première véritable imprimante de poche ne ressemble pas à un modèle traditionnel mais à un mini-robot mobile chargé d'imprimer en se déplaçant. Gros comme une balle de tennis, il ne pèse que 300 grammes. Conçu par la société israélienne Zuta Labs, il se déplace grâce à un système de roue omnidirectionnel sur la feuille à imprimer. **O. H.**



ZUTA LABS

Le mini-robot mobile mesure 10 cm sur 11,5.



AFP

La valise qui se transforme en scooter

TRANSPORTS Cette valise à roulettes se transforme en scooter électrique. Pesant 7,5 kg, le prototype mis au point après dix ans de travail par He Liangcai, un inventeur autodidacte chinois, est doté d'un GPS, d'un antiviol et même d'un klaxon. Sa batterie rechargeable au lithium assurerait à l'engin une autonomie de 55 kilomètres. **H. R.**



M. STERBA/AP/SIPA

Les émotions sont contagieuses sur Facebook

La lecture de messages positifs incite à l'être soi-même ! Et inversement...

PSYCHOLOGIE Lire des informations positives sur les réseaux sociaux incite à en poster également. La preuve en a été apportée par une équipe universitaire américaine et Adam Kramer, spécialiste des données chez Facebook. Ils ont étudié les effets d'une manipulation du contenu du « fil d'actualité » des pages des membres du réseau social. Ils ont diminué ou augmenté le nombre de « posts » émotionnellement positifs ou négatifs. Quand les contenus positifs étaient réduits, les personnes produisaient moins de posts positifs et plus de posts négatifs. Et inversement quand les chercheurs diffusaient moins de contenus négatifs. Sur Facebook, les émotions seraient donc contagieuses. Déjà, en mars, Adam Kramer avait montré dans la revue *Plos One*, que la pluie influençait le contenu émotionnel des messages postés sur Facebook. Et ces messages influençaient à leur tour ceux d'amis se trouvant dans d'autres villes où pourtant il ne pleuvait pas. **O. H.**

La voiture selon Google

AUTOMOBILE Google a présenté sa voiture autonome, sans conducteur, mais surtout, sans... volant ni pédale d'accélérateur. L'engin, aux allures de jouet, offre deux places dans un habitacle complètement dégagé. Il s'agit d'un prototype qui servira à tester les technologies développées depuis quelques années par Google dans la conduite autonome. La firme prévoit déjà d'en construire une centaine pour les faire rouler en ville. Des Google Cars pourraient être commercialisées avant 2020. **O. H.**

1h30

Le retard de la formation du brouillard à Roissy en raison des bâtiments

MÉTÉOROLOGIE La présence des terminaux de l'aéroport Paris-Charles-de-Gaulle retarde de une heure et demie la formation de brouillard sur la zone aéroportuaire, selon des simulations de Météo France et du CNRS. Mais, d'après ces calculs à très fine échelle, une fois le brouillard formé, les bâtiments n'ont plus aucune influence. **O. H.**

SOURCE : THIERRY BERGOT, CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES MÉTÉOROLOGIQUES, TOULOUSE.

MÉMOIRES DE VOLCANS

RÉALISÉ PAR FRANÇOIS DE RIBEROLLES
SPÉCIALISTE DES VOLCANS

Un film documentaire exceptionnel

© 2012, Saint Thomas Productions, ARTE France, Entre Chien et Loup. TOUS DROITS RÉSERVÉS. Komod3

Disponible en Blu-Ray, DVD et VOD le 3 juin

SCIENCES AVENIR COMMENT GAMARCHE



Un adolescent paralégitique a donné le coup d'envoi

Le cadreur l'a raté mais l'exploit était bien là : pendant la cérémonie d'ouverture, c'est un adolescent paralégitique Juliano Pinto qui a donné le coup d'envoi de la coupe du monde au Brésil en frappant du pied dans le ballon depuis le bord du terrain. Il tenait debout grâce à un exosquelette (des tiges métalliques supportant les jambes). Sur sa tête, un casque d'électrodes captant les ondes cérébrales. Celles-ci ont été traduites par un ordinateur pour que l'exosquelette déclenche le geste.

Les perdants ne sont pas des fainéants

Ce n'est pas parce qu'une équipe possède moins le ballon pendant un match qu'elle court moins. L'analyse vidéo du championnat anglais révèle qu'en moyenne, un joueur d'une équipe qui possède beaucoup la balle court 10 690 m (± 996 m) contre 10 778 m (± 979 m) pour un joueur de l'équipe adverse. En revanche, les premiers font 31 % d'efforts intenses balle au pied de plus que les seconds.

PAROLES

« Les gens mangent de façon plus saine quand l'équipe qu'ils soutiennent gagne, et inversement lorsqu'elle perd, notamment si la défaite est inattendue »

Yann Cornil, Pierre Chandon, département du marketing de l'Insead.

40 % à 80 %

C'est le pourcentage d'anciens footballeurs de haut niveau victimes d'arthrose du genou, contre 18 % à 25 % de la population générale. L'arthrose de l'épaule, non quantifiée dans la population générale et probablement inférieure à 5 %, touche, elle, de 12 % à 17 % des footballeurs retraités.



Les arbitres ne peuvent plus manquer aucun but

TECHNOLOGIE Le 15 juin, lorsque le gardien hondurien a fait entrer dans les cages le ballon envoyé par Karim Benzema en tentant de l'arrêter, l'équipe de France a été la première à profiter en coupe du monde d'une technologie sans laquelle le but n'aurait été ni vu ni accordé. Sept caméras à haute vitesse (500 images/seconde) sont pointées sur les buts. Elles sont reliées à des ordinateurs où les logiciels de la société allemande GoalControl recréent un modèle 3D des cages. Si le ballon rentre, l'arbitre en est informé par sa montre connectée par radio (lire S. et A. n° 808).



Six panneaux en forme de boomerang forment le ballon.

Le ballon de foot vole (enfin) droit

BALISTIQUE Alors que les ballons de foot traditionnels sont composés de 32 panneaux, 20 hexagonaux et 12 pentagonaux, celui utilisé lors de cette coupe du monde, baptisé « Brazuca », n'en compte que six. Mais il vole bien droit ! Une étude publiée en mai dans *Scientific Reports* a en effet confirmé que la forme du ballon a une influence directe sur sa trajectoire dans les airs. Mais les chercheurs n'en ont pas fini : il leur reste à étudier l'influence de la forme des panneaux, des coutures et de la rugosité de la surface.

Adidas a par ailleurs dévoilé un ballon (le « miCoach », vendu 299 €) doté de capteurs capables d'analyser la trajectoire et la puissance des frappes, transmettant les informations par Bluetooth sur un smartphone. Destiné à l'entraînement, il pourrait à l'avenir devenir une source de statistiques durant les matchs. Plus étonnant encore, l'équipementier allemand teste durant la coupe du monde le « Brazucam », un ballon équipé de six caméras haute définition filmant les actions dans toutes les directions.

Les ballons en chiffres

4000

Le nombre de ballons qui seront utilisés durant la coupe du monde.

20

Le nombre de ballons utilisés par match, et décorés en l'honneur des équipes qui s'affrontent.



ROBOCUP 2014.ORG

Après l'homme, le robot

Quelques jours après la coupe du monde, le Brésil accueillera une autre compétition internationale de football... avec des robots. La Robocup a été créée en 1997, avec pour ambition de parvenir à entraîner une équipe de robots pour battre des footballeurs humains en 2050. Les tenants du titre en catégorie « humanoïdes de taille adulte » sont les Japonais de l'équipe JoiTech.

A suivre sur le site www.robocup2014.org/

Les têtes cassent la tête

Selon une étude de la Yeshiva University, à New York (États-Unis), les joueurs de foot réalisent de 6 à 12 têtes par match (et une trentaine durant un entraînement), affrontant des ballons dont la vitesse dépasse les 80 km/h. Les chercheurs ont observé des images IRM de cerveaux de joueurs amateurs pratiquant le football depuis leur enfance. Les résultats sont sans appel : les joueurs qui font le plus de têtes ont davantage de lésions dans la matière blanche, lésions semblables à celles de patients victimes d'une commotion cérébrale.

KYODO/MAK PPP

250 000 \$

Le surcoût pour envoyer les échantillons d'urine en Suisse pour les contrôles antidopage

Le laboratoire brésilien initialement prévu pour les contrôles antidopage a vu son accréditation retirée par l'Agence mondiale antidopage faute d'avoir satisfait aux normes de qualité. Du coup, tous les prélèvements vont être envoyés par transporteur en Suisse, près de Lausanne.

▲
L'incroyable but de la tête
du Néerlandais
Robert van
Persie, le 13 juin
contre l'Espagne.

Des stratégies fractales

D'après l'étude d'un quart de finale de la coupe du monde des clubs 2008 et d'un match de la ligue japonaise, le ballon et les attaquants adoptent des trajectoires fractales durant tout le match. Ils suivent en effet des mouvements browniens fractionnaires très irréguliers faits de segments de ligne droite, décrits en 1939 par Andreï Kolmogorov.

Plus de penaltys arrêtés sans bouger

85 % : proportion de penaltys marqués. **94 %** : cas où la réaction du gardien est de plonger. **40 %** : plongeurs du bon côté. **25-30 %** : ballons alors arrêtés. **30 %** : penaltys tirés dans le tiers central. **60 %** : ballons arrêtés dans ce cas si le gardien ne plonge pas. « Les gardiens arrêteraient plus de ballons s'ils restaient au centre, mais cela va à l'encontre de leur réflexe consistant à agir, donc à plonger », explique l'auteur de l'étude, Michael Bar-Eli (université Ben-Gourion, Israël).

Le top des maladies du Brésil

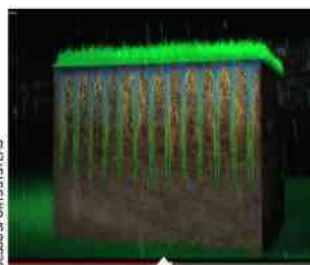
D'après une étude américaine conduite à l'université Harvard, le top 3 des maladies que vont attraper les 600 000 supporters du monde entiers venus au Brésil sera :

① **La larva migrans cutanée (LMC)**, une infection dermatologique causée par un parasite, l'ankylostome du chien ou du chat, souvent contractée par des coupures sur les pieds en marchant sur la plage où les traces de déjections animales abritant le vers sont fréquentes.

② **La « turista »** (diarrhée du voyageur)

③ **La dengue ou le paludisme**

La pelouse à l'heure de la mixité



Cette pelouse hybride combine des fibres synthétiques et des brins d'herbe.

Le match d'ouverture de la coupe du monde (Brésil-Croatie) dans le stade de Sao Paulo, l'Arena Corinthians, s'est déroulé sur une pelouse hybride : 20 millions de fibres synthétiques avaient été plantées dans le sol (à 20 cm de profondeur et ne dépassant pas plus de 2 cm) autour desquelles les brins d'herbe naturelle se sont enroulés. Ceux-ci sont ainsi renforcés et la pelouse peut accueillir davantage de compétitions sans être détériorée.

Risques et bienfaits du Soleil

On aime s'exposer à ses rayons mais tout abus peut entraîner des dégâts irréversibles. Comment profiter des bienfaits de l'été sans mettre sa santé en danger ? Voici des conseils pour comprendre les mécanismes biologiques en jeu, différencier les UVA et les UVB et décrypter les étiquettes des crèmes solaires.

DOSSIER RÉALISÉ PAR
Azar Khalatbari, Sylvie Riou-Milliot
et Elena Sender

C'EST UNE RENCONTRE des plus paradoxales. Immédiatement agréable, mais à haut risque avec le temps. D'un côté, notre peau, l'organe le plus lourd du corps — 4 kg environ — et nos yeux. De l'autre, le rayonnement du Soleil, cette étoile qui nous éclaire et nous réchauffe. Or, ce rayonnement est composé pour partie de deux types de rayons ultraviolets (UV) (1). Les premiers, les UVA, peu énergétiques mais abondants, pénètrent pour 40 % d'entre eux profondément dans le derme (voir l'infographie p. 33) et sont surtout responsables du vieillissement cutané. Les seconds, les UVB, 100 fois moins présents que les

UVA mais plus puissants, sont principalement absorbés en surface de la peau, 10 % seulement d'entre eux atteignant le derme. Ce sont eux qui sont à l'origine du coup de soleil. Les scientifiques se sont longtemps — à tort — focalisés sur les UVB, qui, en raison de leur puissance énergétique supérieure, ont été tenus pour seuls responsables des cancers cutanés. Résultat, la nocivité des UVA a été négligée. Désormais, si le Soleil a été officiellement classé cancérigène en 1992, les UVA le sont à leur tour, à titre « certain », depuis 2009.

« La peau est une calculatrice qui mémorise la consommation solaire et se souvient des UV reçus pendant toute la vie », résume le Dr Patrick Moureaux, dermato-

logue à Vannes (Morbihan) (2). Avec une exposition raisonnée, les effets de ces rayonnements peuvent être bénéfiques (lire p. 32). Mais ces avantages immédiats cohabitent mal avec les inconvénients. Le premier, c'est le coup de soleil. Le responsable de cette sensation désagréable a un nom : TRPV4. Ce canal ionique, naturellement présent à la surface des cellules de l'épiderme, facilite le passage au niveau cellulaire d'ions sodium et calcium. Sous l'effet des rayons UVB, les canaux TRPV4 s'ouvrent, provoquant la libération d'une molécule, l'endothéline. Or celle-ci intervient habituellement dans les mécanismes de la douleur et des démangeaisons. Avec le temps, les effets des UV se traduisent par un vieillissement

3 millions

de cancers cutanés diagnostiqués chaque année dans le monde selon l'OMS.

60 000

décès par an dus au Soleil dans le monde.

80 000

nouveaux cas de cancers cutanés chaque année en France.



Peaux claires, mates ou noires, cheveux roux, blonds, bruns..., nous ne sommes pas égaux face au Soleil (lire aussi p. 39).
Certains rougissent plus que d'autres, mais les études sont là pour le dire : dans tous les cas, en matière d'exposition au Soleil, la modération est de mise afin de profiter au mieux de ses bienfaits.

PHYSIOLOGIE

Les 7 bienfaits de la lumière

Le Soleil est notre unique source de lumière sur Terre. À condition de ne pas s'exposer directement ni longtemps à ses UV, c'est une source de bienfaits dont il faut savoir profiter.

Fortifier les os

Sous l'effet des UVB, certaines cellules de la peau réagissent, synthétisant de la vitamine D (cholécalférol, ergocalciférol), essentielle pour fixer à la fois le calcium et le phosphore. Celle-ci prévient le rachitisme, ainsi que l'ostéoporose chez les personnes âgées, et favorise la croissance des enfants. En moyenne, sur l'année, 15 à 30 minutes d'exposition quotidienne suffisent.

Réguler l'horloge interne

Le plus puissant des synchronisateurs du rythme biologique est la lumière, nos yeux transmettant ce signal vers le cerveau qui commande notamment la sécrétion d'hormones spécifiques. Le fonctionnement de l'organisme (veille/sommeil, température, hormones, mémoire...) est ainsi soumis à un rythme biologique calé sur un cycle d'une journée de plus ou moins 24 heures. L'horloge interne — située dans les noyaux suprachiasmatiques du cerveau — est donc resynchronisée en permanence sur ce cycle précis.

Synchroniser son sommeil

La lumière perçue par la rétine est transmise directement aux noyaux suprachiasmatiques du cerveau qui relaient l'information jusqu'à une petite glande, l'épiphyse. Celle-ci sécrète en fin de journée la mélatonine, une hormone qui facilite l'endormissement. La luminosité extérieure peut stimuler ou diminuer sa production. L'exposition à la lumière, le soir, retarde la production de mélatonine, et donc l'endormissement. Une exposition lumineuse le matin va, au contraire, avancer l'horloge.

Améliorer le moral

En 1984, le psychiatre américain Norman Rosenthal a démontré le lien entre lumière et dépression. Depuis,

des travaux ont postulé que cette action stimulante sur le moral agissait par l'intermédiaire de la sérotonine, un neurotransmetteur intervenant dans la régulation de l'humeur, du sommeil et de l'appétit. Le recours à la luminothérapie contre la dépression saisonnière a été validé en 2005.

Diminuer l'hyperactivité

Le manque d'intensité lumineuse pourrait expliquer un tiers des cas de troubles de l'attention et de l'hyperactivité (TDHA) chez l'enfant et jusqu'à 57 % chez l'adulte, selon les chercheurs du Research Institute Brainclinics (Pays-Bas). En effet, les cartes de prévalence du TDHA et celles de l'intensité solaire mesurée dans dix pays concordent. Les gens bénéficiant d'une haute intensité lumineuse seraient comme « protégés », grâce à de meilleurs rythmes des sommeil.

Mieux apprendre

La lumière constitue un stimulant puissant pour l'éveil et la cognition. Son impact sur les régions cérébrales nécessaires à la réalisation d'une tâche cognitive dépend de la couleur spécifique de la lumière reçue plus d'une heure auparavant. Selon l'université de Liège et l'Inserm. Une exposition préalable à une lumière orange aide à mieux réaliser une tâche qu'une lumière bleue, celle des ordinateurs notamment. Et ce car le photopigment (la mélanopsine) des noyaux suprachiasmatiques qui reçoit la lumière réagit différemment selon la couleur de celle-ci.

Soigner les maladies de la peau

Oui, la lumière soigne (photothérapie). Tout se passe non sur la plage... mais à l'hôpital, dans des cabines spécialement mises au point. Deux types de rayonnements (UVA, UVB) sont utilisés contre le psoriasis, l'eczéma... Mais attention, si les rayons UV semblent bénéfiques aux lésions d'acné qui régressent dans un premier temps, elles explosent à l'automne en raison d'une poussée inflammatoire secondaire à l'exposition au Soleil. ■ S. R.-M. et E. S.

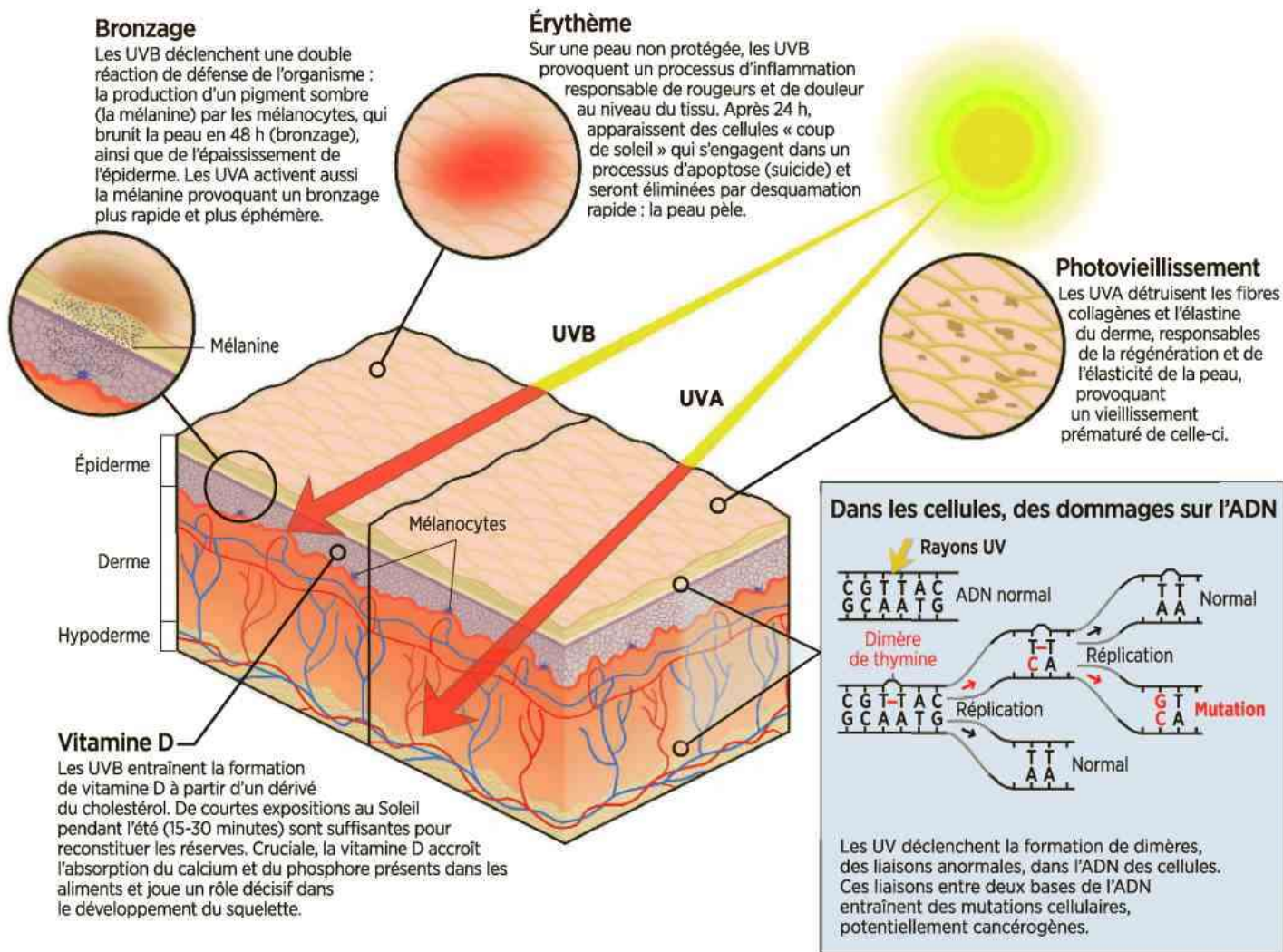
► accéléré de la peau ou, plus grave, par des atteintes de la vision et des cancers cutanés, au nombre d'environ 80 000 nouveaux cas par an (lire p. 39). Parmi eux, les mélanomes — 10 % de l'ensemble des cancers —, qui ont presque doublé en cinq ans (voir p. 40) quand les autres cancers cutanés ont été multipliés par deux en dix ans.

« Nous ne sommes pas tous égaux face aux rayons du Soleil », rappelle le Pr Martine Bagot, chef du département de dermatologie à l'hôpital Saint-Louis, à Paris. Tout dépend de nos gènes et de notre phototype, c'est-à-dire de notre type de peau, les peaux claires des blonds et des roux rougissant quand les mates brunissent. Mais les conséquences d'une exposition dépendent aussi du lieu (latitude, altitude, réverbération), de sa durée, de son mode — avec ou sans protection efficace — bref, de notre comportement, pas toujours adapté ou réfléchi, parfois par méconnaissance des effets.

Les deux types d'ultraviolets endommagent l'ADN

Si les UVB sont arrêtés par les nuages et les vitres, ce n'est pas le cas des UVA. À court terme et reçus isolément, ces derniers sont à l'origine de l'effet « bonne mine ». « Mais ce bronzage UVA est superficiel. Car seuls les UVB induisent un bronzage profond avec une production de mélanine, le pigment naturel de la peau, variable d'un phototype à l'autre. C'est elle qui remonte ensuite en surface, provoquant un épaississement de l'épiderme qui peut protéger les couches plus profondes », détaille le Pr Jacques Bazex, dermatologue. « Mais c'est une protection incomplète », insiste le Dr Jean-Claude Béani, chef de service de dermatologie au CHU de Grenoble. Les UVB et UVA ont en effet un point commun nettement moins esthétique : les dommages sur l'ADN, à l'origine des processus menant aux cancers. Tout se

UVA et UVB : des effets contrastés sur la peau



joue en effet au niveau de l'ADN des cellules de la peau, mélanocytes et kératinocytes. C'est l'action dite génotoxique des UV à risque cancérogène. « Ces effets mutagènes apparaissent pour des doses inférieures à celles déclenchées par les coups de soleil », poursuit le Dr Béani. Une raison pour laquelle il ne faut pas attendre ce stade pour se mettre à l'ombre ni se croire ensuite « protégé » par le bronzage. Car, avec le soleil, aucune « préparation » de la peau n'a de sens. « Finalement, avec les années, les altérations dues aux UVA et aux UVB se cumulent et les

capacités de réparation des cellules peuvent être dépassées », détaille le Dr Béani. Les techniques récentes d'analyse ont même mis en évidence que les UVA induisent des lésions plus graves de l'ADN que les UVB.

D'autres travaux ont montré que la mélanine, longtemps considérée comme protectrice, est en fait une molécule à double visage qui pourrait peut-être se comporter comme un photosensibilisant. « Tout semble dépendre de sa configuration chimique au moment de l'exposition au rayonnement. Mais le processus de sa synthèse,

la mélanogenèse, est encore mal décrypté », ajoute le Dr Béani. En attendant d'en savoir plus, autant faire évoluer notre comportement. « Profitons du Soleil sans intégrisme forcené mais de manière responsable, conclut le Dr Patrick Moureaux. À chacun de composer sa propre mélodie solaire et de devenir son propre chef d'orchestre. » ■

S. R.-M.

(1) Plus la longueur d'onde des UV est courte, plus le rayonnement est énergétique. La plus puissante est celle des rayons UVC (100 à 280 nanomètres) mais filtrés, ils n'atteignent pas la surface de la Terre. Suivent les UVB (280 à 315 nm) puis les UVA (315 à 400 nm).
(2) Coordinateur du livre *L'Homme et le soleil*, Robert Laffont.

Crèmes solaires : alerte sur les indices

25 à 35 % des produits commercialisés affichent des indices de protection surévalués. Pourtant, l'usage de ces cosmétiques demeure indispensable.

CENSÉES JOUER LE RÔLE de bouclier anti-rayonnements pour nous protéger des agressions multiples des ultraviolets, les crèmes solaires sont à nouveau sur la sellette. Six ans après sa dernière enquête du genre, l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM) a lancé une nouvelle campagne d'inspection pour s'assurer des bonnes pratiques d'une quinzaine d'industriels. Objectif, entre autres : vérifier la véracité des indices de protection (FPS) annoncés sur les étiquettes et les qualités de conservation à long terme de ces crèmes, par des contrôles en laboratoire. « Nous allons observer les produits solaires après six mois en incubateur à 40 °C, détaille Laurent Lempereur, directeur des contrôles de l'ANSM. Afin de tester leur résistance au stress (chaleur), leur homogénéité et leur stabilité dans le temps ainsi que le niveau de contamination



Choisir une crème à indice élevé pour une meilleure protection.

bactérienne. » La dernière enquête avait conclu à un « constat satisfaisant ». Les résultats de cette campagne-ci feront l'objet d'un rapport à la fin de cette année.

S'il est une scientifique qui se réjouit de cette initiative, c'est bien Laurence Coiffard, professeure de pharmacie à l'université de Nantes. Cette experte en cosmétiques dénonce les étiquettes trompeuses de certains produits solaires depuis 2006. « Nous avons montré que dans 25 à 30 % des produits, l'indice FPS, de 6 à 50+, annoncé sur l'étiquette, ne correspondait pas à la réalité. » En effet, ce fameux chiffre qui indique le niveau de protection contre les UVB — lesquels provoquent les coups de soleil et peuvent être responsables de cancers cutanés (lire p. 39) — est parfois surestimé. Et ce, en raison de la méthode d'évaluation choisie. Les industriels établissent en effet le FPS lors de tests dits *in vivo* réalisés sur des volontaires chez qui on mesure le temps d'apparition d'un coup de soleil en irradiant leur peau — protégée ou non par un produit solaire — par des UV. « Le FPS est un facteur multiplicateur du temps d'apparition du coup de soleil, poursuit la chercheuse. Une peau qui rougit en quinze minutes mettra 50 fois plus de temps une fois enduite d'une crème d'indice FPS 50. » Du moins en laboratoire... « Les tests *in vivo* utilisent 2 milligrammes de crème par centimètre carré de peau. Or, dans les faits, nous en utilisons trois ou quatre fois moins. Il faut donc diviser d'autant l'indice FPS. » Pour que l'indice soit effectif, l'ANSM recommande d'appliquer, pour un

COSMÉTIQUES

Les autobronzants ne protègent pas des UV

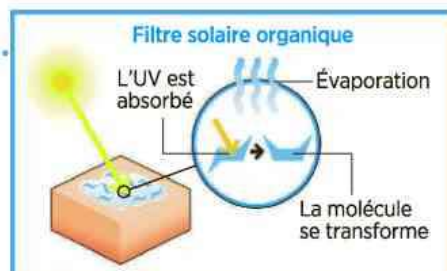
Pour bronzer sans soleil, on peut faire appel aux autobronzants. Les plus anciens contiennent comme principe actif du dihydroxyacétone (DHA), de la classe des sucres, qui colore la peau. Plus récemment, un autre sucre, l'érythrose, lui a été associé pour une coloration plus uniforme. Ces agents donnent un hâle temporaire en réagissant avec les cellules mortes de la couche cornée,

lors d'une réaction chimique appelée réaction de Maillard. Le résultat est la production de pigments, les mélanoidines, qui teintent la peau en brun. La coloration persiste quelques jours. Non toxiques pour l'organisme, les autobronzants peuvent cependant provoquer des allergies ou des irritations. Mais surtout, le grand danger serait de croire qu'ils protègent des UV. Au Soleil, il faut donc se protéger. **E. S.**

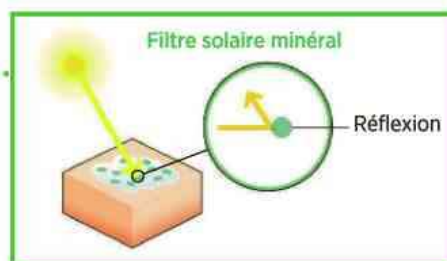
Décryptage d'une étiquette de produit solaire

Ingrédients : Aqua, Glycerin, **Octocrylène**, Alcophol Denat, Butylene Glycol Diacaptlylate/Dicaprate, **Butyl Methoxydibenzoylmethane**, Bis-Ethylhexylosyphenol Methoxyphenyl Triazine, Homosalate, **Titanium Dioxide (nano)**, Sodium Phenylbenzimidazole Sulfonate, Diethylhexyl Butamido Triazone, C18-36 Acid Triglyceride, Cetareth-20, Methylpropanediol, **Ethylhexyl Methoxycinnamate**, Tocopheryl Acetate, VP/Hexadecene Copolymer, Sodium Acrylate/C10-30 Alkyl Acrylate Crosspolymer, Trimethoxycaprylylsilane, Ethylhexylglycerin, Trisodium EDTA.

Les filtres organiques sont des molécules qui absorbent les UVB et/ou UVA. Celles-ci se transforment, évacuent l'énergie et se dégradent.



Les filtres minéraux (TiO_2) réfléchissent les UV. Plus ou moins gros, ils laissent sur la peau une trace blanche, sauf s'ils sont sous forme de nanoparticules.



BETTY LAFON

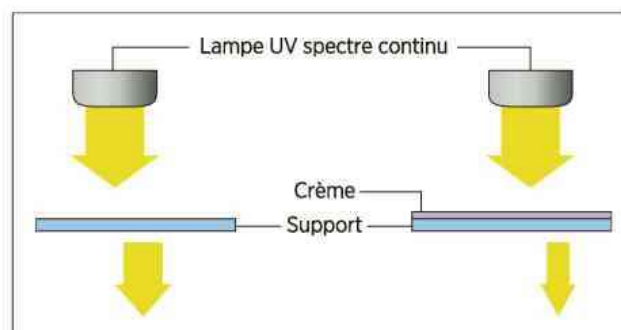
Les filtres testés « in vivo »...



S. ELLERBOMANN / LAIF / REA

L'indice de protection (anti-UVB) de 6 à 50+, est évalué par les industriels sur la peau humaine en mesurant le temps d'apparition du coup de soleil avec et sans produit solaire. L'indice UVA est évalué par l'apparition de pigments particuliers.

... et « in vitro »



BETTY LAFON

Une autre méthode plus objective consiste à évaluer l'indice en mesurant la quantité d'UV qui traverse une plaque de polymère recouverte de produit solaire. Les résultats peuvent différer de ceux obtenus *in vivo*.

adulte moyen, six cuillères à café de crème (36 g) soit quasiment un tube de 50 ml par personne ! Laurence Coiffard a fait une autre découverte en soumettant les produits du marché à des tests *in vitro*. Ceux-ci consistent à mesurer la quantité d'UV qui traverse une plaque de polymère recouverte d'une couche de produit solaire afin d'en déduire l'équivalent de l'indice FPS (voir l'infographie). « Dans trois cas sur dix, l'indice évalué

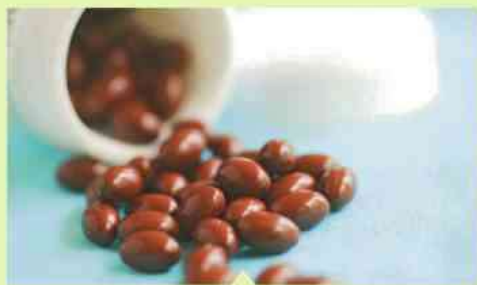
in vitro est moins élevé que mesuré *in vivo* par les industriels. » Un écart qu'avait également pointé le rapport 2008 de l'ANSM pour certains produits et que reconnaît Jean-Claude Hubaud, d'Hélioscience qui pratique les tests pour les industriels. « La mesure *in vivo* est fiable à 20 % près », affirme-t-il. En analysant finement la composition des crèmes solaires, l'équipe de Nantes a résolu le mystère : certains ingrédients contenus dans les

produits retardent le coup de soleil *in vivo*. « Des dérivés de réglisse, de l'allantoïne ou du bisabolol, qui ont des propriétés anti-inflammatoires, retardent le rougissement de la peau et, de fait, gonflent artificiellement l'indice FPS », affirme Laurence Coiffard. Dans une publication parue dans *PLoS One* (2012), l'équipe a même démontré — chez la souris — que cet effet « anti-rougeur » perdurait en l'absence de ces ingrédients, et pour cause : ►

SUPPLÉMENTATION

Préparer sa peau pour gagner quelques minutes d'exposition

Préparer sa peau au soleil est « une ineptie » selon le dermatologue Jean-Claude Béani, du CHU de Grenoble. Que ce soit au moyen des cabines solaires (*lire ci-contre*) ou en ingérant des compléments alimentaires. Ces derniers contiennent des antioxydants, (lycopène, lutéine, carotène, vitamines E et C...) qui protégeraient la peau. « Mais cela n'a jamais été démontré », prévient le Dr Béani. Pour preuve, sur 37 demandes soumises à l'EFSA (European Food Safety Authority) afin de faire figurer des allégations de santé de protection solaire sur les boîtes de ces gélules, 31 ont été refusées, trois retirées et quatre sont encore



La prise de gélules à base d'antioxydants retarde de très peu le coup de soleil.

en cours d'évaluation. Quelques études ont néanmoins montré un petit effet protecteur. Au mieux, l'étude de Mireles et Rocha (*Acta derm. Venereol.*, 2002) établit qu'une semaine de prise de gélules à base d'alpha-tocophérol (forme de vitamine E) et de vitamine C augmente la durée d'apparition des coups de soleil légers de 40 %. Soit 21 minutes au lieu de 15 par exemple... Quant à l'effet des compléments alimentaires sur la cancérogenèse, le bilan est troublant. En effet, l'étude Suvimax (*Hercberg J. Nut.*, 2007) a montré que la supplémentation en antioxydants réduit de 31 % les cancers chez les hommes et notamment les cancers de la peau. Alors que chez les femmes, c'est le contraire : la supplémentation n'a pas d'effet sur la mortalité, et un nombre plus important de cancers cutanés a été observé. « Cela est probablement dû à une meilleure alimentation en fruits et légumes au départ chez les femmes, assure Jean-Claude Béani, donc un taux général plus élevé en antioxydants. Ce qui étayerait l'hypothèse que l'oxydation cellulaire peut avoir un effet protecteur qu'il faut préserver. » **E. S.**



« Il faut prendre conscience que ces crèmes offrent une protection moins forte qu'annoncée »

Laurence Coiffard Professeur de pharmacie à l'université de Nantes, spécialiste des cosmétiques

► parmi 18 filtres solaires autorisés dans l'Union européenne, bon nombre (comme l'octocrylène) ont eux-mêmes des propriétés anti-inflammatoires.

Pas question cependant pour Laurence Coiffard de remettre en question l'utilisation d'une protection solaire, mais il faut « prendre conscience qu'elles offrent une protection moins forte qu'annoncée ». L'experte plaide ainsi pour que les produits solaires soient requalifiés en « médicaments » et non plus en « cosmétiques » pour une régulation plus sévère. Et que le test *in vitro* devienne la norme. Dominique Moyal, experte chez L'Oréal, tempère : « Moins coûteux, le test *in vitro* est certes le Graal des industriels et si la méthode était validée on l'adopterait. Mais les freins sont techniques : mauvaise reproductibilité entre les laboratoires (à 40 % près) et mauvaise affinité des produits pour la plaque de polymère du test, trop éloignée de la peau. »

Jean-Claude Béani, dermatologue au CHU de Grenoble, estime, lui, qu'il faut aujourd'hui surtout se concentrer sur la question d'une protection anti-UVA suffisante. Les premières crèmes solaires des années 1960 ne comportaient, en effet, qu'une filtration UVB car seuls ces rayonnements étaient considérés comme nocifs. Il a fallu attendre trente ans pour que le danger des UVA commence à être pris en compte. Un des premiers filtres anti-UVA a été intégré dans un produit par L'Oréal en 1992 mais ce n'est qu'en 2006 que la Commission européenne a exigé leur généralisation. Un logo doit être présent désormais sur les emballages. « La connaissance

des dégâts dus aux UVA et UVB a amené les experts de l'ANSM et les industriels à établir que la protection contre les UVA devait être au moins du tiers de celle des UVB, raconte Dominique Moyal. Ainsi, une crème FPS 30 doit assurer une protection UVA d'au moins 10. Même si Jean-Claude Béani souhaite que l'on tende vers un ratio 50/50, il estime que les produits sont globalement bons. « Il ne faut pas faire peur aux gens, sinon ils vont se tourner vers les produits "bio" qui, pour certains, n'ont pas de réel effet protecteur. »

Les filtres minéraux, une protection insuffisante ?

Autre pavé jeté dans la mare des crèmes solaires : les filtres minéraux. Les produits solaires comprennent en effet des filtres organiques ou minéraux. Or les 100 % minéraux (dont les « bio ») seraient insuffisants pour une très haute protection. Les filtres minéraux comme l'oxyde de zinc (ZnO), et le dioxyde de titane (TiO₂), laissent en effet des traces blanches sur la peau. Pour des raisons esthétiques, les industriels ont donc réduit ces matériaux en micro-particules. Pour quelle efficacité ? « Très insuffisante », assure Laurence Coiffard. Dominique Moyal détaille : « Pour de très hauts FPS (50, 50+), il est peu probable d'obtenir le niveau de protection UVA requis (d'au moins 17 pour un FPS 50 et 20 pour un FPS 50+). Et ce car plus les TiO₂ sont petits, moins ils protègent des UVA. Quant aux oxydes de zinc, ils absorbent peu les UVA. » Le comparatif du magazine *Que choisir* (juin 2013) montrait que sur six produits 100 % minéraux testés, cinq échouaient pour une

SANTÉ PUBLIQUE

Cabines solaires, une pratique à très haut risque

Le bronzage artificiel, loin de préparer la peau au Soleil, a au contraire des effets délétères avérés.

Un Français sur cinq (1) croit que réaliser une séance d'UV artificiels en cabine prépare sa peau au bronzage. 13 % de la population déclarent ainsi avoir déjà fait au moins une séance et 3,5 % des moins de 18 ans ont déjà fréquenté ces lieux censés être interdits aux mineurs, selon une réglementation datant de 1997. Mais cette pratique peut se révéler fatale. Car si le bronzage en cabine, qui émet uniquement des UVA, peut certes donner bonne mine, il peut aussi tuer. Ainsi, en France, une étude (2) a montré que 5 % des mélanomes, le plus grave des cancers de la peau, sont liés à cette pratique. Soit 100 à 350 nouveaux cas de mélanomes chaque année et 19 à 76 décès. La majorité concerne les femmes (76 % des cas). Des estimations alarmantes publiées en 2012 pour lesquelles les auteurs concluaient : « Entre 566 et 2288 décès peuvent être attendus dans les trente prochaines années si les expositions des Français aux cabines UV ne changent pas. » Soit davantage que les morts imputées au Mediator... Car les études sont formelles : le bronzage UVA, superficiel, ne protège pas contre les coups de soleil à venir et ces rayonnements peuvent avoir des conséquences délétères sur l'ADN (lire p. 33). Une situation d'autant plus préoccupante que 80 % des appareils, en France, émettent un rayonnement correspondant à un indice UV 12, celui d'une plage tropicale. « Des études ont démontré que le risque est d'autant plus grand que l'exposition aux rayons artificiels



L'exposition aux rayons artificiels des cabines, qui émettent uniquement des UVA, est dangereuse : en France, 5 % des mélanomes sont directement dus à cette pratique.

démarre avant l'âge de 30 ans », explique le Pr Jacques Bazex, dermatologue, membre de l'Académie nationale de médecine et opposant de longue date aux bancs solaires. Le marché des cabines se porte néanmoins à merveille. En hausse régulière — on en compte désormais plus de 15 000 dans l'Hexagone —, ces lieux sont souvent ouverts 7 jours sur 7, de 8 heures à 20 heures, et proposent des forfaits à des prix très attractifs. Outre l'effet bonne mine et la sensation de bien-être, les commerçants n'hésitent pas à mettre en avant des arguments pseudo-scientifiques comme une meilleure synthèse de la vitamine D. Une allégation mensongère car celle-ci

est en réalité due aux UVB et nullement aux UVA. Derniers arguments en date : les rayons artificiels feraient baisser la pression artérielle ou — un comble — augmenteraient l'espérance de vie. « La réglementation prévoit un personnel formé et une information obligatoire mais cela reste très théorique et, en pratique, les contrôles sont largement insuffisants », déplore le Dr Emmanuel Mahé, dermatologue au CHU d'Argenteuil (Val-d'Oise). Pour l'instant, seuls le Brésil et l'État australien de Nouvelle-Galles du Sud ont décidé d'interdire les cabines. Alors, scandale de santé publique en vue ? **S. R.-M.**

(1) Baromètre cancer 2010, Inpes.

(2) BEH, mai 2012.

haute protection. « Nos tests in vitro trouvent un FPS de plus de 50, proteste Damien Sineau, d'Alphanova Santé, fabricant de produits de soins bio. « Depuis trois ans les industriels réaugmentent la taille des TiO_2 pour obtenir une formule mieux équilibrée avec une protection UVA égale au tiers de la protection UVB, et l'aspect le moins blanchâtre possible. » Le TiO_2 peut aussi s'inviter sur les étiquettes des crèmes non bio

sous forme de nanoparticules (la mention « nano » est obligatoire). En toute innocence ? « Selon le rapport du Comité scientifique pour la sécurité des consommateurs (SCCS) de 2014 les TiO_2 (nano) ne peuvent traverser la barrière cutanée, note Dominique Moyal. Le SCCS a donné un avis positif à leur utilisation dans les produits solaires. » Fabrice Nesslany, chef du service toxicologie de l'Institut Pasteur

de Lille, qui a coprésidé le rapport de l'Anses sur les nanomatériaux, souhaite cependant qu'on élimine tout doute. « Il manque des études en conditions réelles, avec les mêmes TiO_2 que ceux utilisés dans les produits solaires, des expositions répétées et prolongées, sur des peaux saines mais aussi lésées par des coups de soleil notamment. » Au final les crèmes solaires n'ont pas fini de faire travailler les experts. ■ **E. S.**

Gare aux maladies du Soleil

Allergies, cataractes, cancers cutanés... La surexposition est à l'origine de nombreuses pathologies qu'il importe de bien identifier.

Insolation : un coup de chaleur à traiter en urgence

C'est une urgence (fièvre supérieure à 40 °C, nausées, vomissements), mettant en jeu le pronostic vital. Due à une trop forte chaleur ambiante, à un séjour prolongé ou à un effort physique trop important en plein soleil, l'insolation est une défaillance du système naturel de thermorégulation de l'organisme, situé dans l'hypothalamus, et qui maintient normalement la température interne du corps à 37 °C. Outre la déshydratation, les altérations du thermostat central peuvent provoquer, selon des mécanismes complexes, un stress thermique cellulaire, un syndrome inflammatoire et la libération de substances (cytokines) responsables d'une vasodilatation qui peut aboutir à un état dit de choc, avec complications cardiologiques et neurologiques. Une prise en charge rapide en réanimation s'impose.

UV : attention aussi aux yeux

Les yeux n'occupent que 2 % de la surface totale du corps mais ils sont les seuls organes à être intégralement traversés par les UV : chez l'adulte, la conjonctive et la cornée absorbent plus de 85 % du rayonnement et le cristallin de l'enfant ne filtre pas les UV avant l'âge de 12 ans. Résultat : des effets immédiats comme les coups de soleil sur la paupière, l'ophtalmie dite des neiges ou la photo-kérato-conjonctivite ; ou encore des effets



JENNIFER R. S. GORDON/NORTHWESTERN UNIVERSITY, CHICAGO

retardés comme la cataracte et la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA), respectivement par lésion du cristallin et de la rétine. « Ces dégénérescences touchent aujourd'hui une génération qui n'avait pas le réflexe de se protéger par les lunettes de soleil », pointe le Pr Jacques Bazex, dermatologue. Une prévention est désormais possible grâce aux recherches de l'équipe du Pr José-Alain Sahel, à l'Institut de la vision à l'hôpital des Quinze-Vingts, à Paris, et du groupe Essilor. Menés sur des cellules rétinienne *in vitro*, ces travaux ont démontré la toxicité d'une seule partie du spectre de la lumière bleu-violet, celle comprise entre 415 et 455 nanomètres. Une découverte qui s'est traduite par la commercialisation en 2013 du premier verre préventif, Cri-

▲
Une dermatohéliose unilatérale a été diagnostiquée chez cet ancien chauffeur-livreur de 69 ans, qui a conduit durant 28 ans. Le côté gauche de son visage a été régulièrement exposé aux UV à travers la vitre de son véhicule. Ceux-ci ont pénétré les couches supérieures de l'épiderme, conduisant à l'épaississement de la peau et la destruction des fibres élastiques.

zal Previncia, dont le concept est de filtrer sélectivement cette longueur d'onde pour éviter que ces rayons nocifs n'atteignent la rétine, tout en laissant passer le reste du spectre bleu, non nocif. Côté prévention, d'autres travaux, conduits par l'Inserm, ont démontré l'effet protecteur de caroténoïdes (zéaxanthine et lutéine) contenus dans les légumes verts.

Viellissement cutané : une invasion de rides

Responsable du photovieillissement, le soleil accélère le processus naturel de dégénérescence des cellules. Celui-ci est directement corrélé à la quantité d'UV reçue au cours de la vie. Des expositions trop intenses et fréquentes entraînent l'apparition de taches solaires (lentigo), provoquent la rupture des fibres de collagène, source d'épaississement de la peau, lui faisant perdre son élasticité et favorisant l'apparition des rides. Selon une étude australienne, l'application quotidienne toute l'année d'une crème contenant une photoprotection d'indice SPF 15 réduirait de 25 % les conséquences du vieillissement cutané.

Allergies : des rougeurs qui démangent

La lucite estivale bénigne, la plus fréquente des allergies aux UV, concerne 10 à 20 % de la population, en particulier les femmes âgées de 15 à 35 ans. Dans les douze heures qui suivent chaque expo-


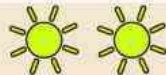

sition au soleil, décolleté et avant-bras se couvrent de petits boutons rouges qui démangent. Cette réaction solaire — qui épargne curieusement le visage — peut se reproduire plusieurs années puis disparaître brusquement. « Son mécanisme reste inconnu et sa manifestation est très différente d'un second type de réaction, la vraie allergie », précise le Pr Martine Bagot, chef du service de dermatologie de l'hôpital Saint-Louis, à Paris. Dans ce dernier cas, beaucoup plus rare, « une urticaire apparaît dans les quinze minutes et peut provoquer des manifestations très invalidantes empêchant toute sortie hors du domicile ». Et là aussi, les mécanismes sont mal connus. Enfin, un troisième type de réaction allergique, appelé lucite dite polymorphe, peut survenir à tout âge. Elle revient chaque année, avec une tendance à l'aggravation. Dans tous les cas, des traitements existent.

Cancers cutanés : moins agressifs que le mélanome




Outre les mélanomes (lire p. 40), le soleil est aussi responsable d'autres types de cancers cutanés appelés carcinomes. Nettement plus fréquents — près de 70 000 nouveaux cas par an en France —, ils sont dus à la prolifération d'autres types de cellules de la peau, les kératinocytes et non pas les mélanocytes, et se révèlent heureusement moins agressifs. Deux types principaux existent. Dans 80 % des cas, il s'agit de cancers dits basocellulaires, d'évolution lente et sans métastase, et dans 20 % dits spinocellulaires, plus dangereux. Tous apparaissent plutôt dans les zones découvertes (visage, bras). Pris à temps, la chirurgie suffit souvent à les soigner. Les formes plus évoluées, sont traitées par radiothérapie ou chimiothérapie. ■

S. R.-M. ►

À chaque peau, sa protection

				
1	Sujet extrêmement sensible au soleil	Haute protection SPF 30-50	Très haute protection SPF 50 +	Très haute protection SPF 50 +
2	Sujet sensible au soleil	Moyenne protection SPF 15-20-25	Haute protection SPF 30-50	Très haute protection SPF 50 +
3	Sujet à peau intermédiaire	Faible protection SPF 6-10	Moyenne protection SPF 15-20-25	Haute protection SPF 30-50
4	Sujet à peau assez résistante	Faible protection SPF 6-10	Faible protection SPF 6-10	Moyenne protection SPF 15-20-25
5 et 6	Sujets à peau foncée ou noire	Faible protection SPF 6-10	Faible protection SPF 6-10	Moyenne protection SPF 20

SPF : Sun Protection Factor ou facteur de protection soleil (FPS)

 Vie au grand air
  Plages, activités extérieures longues
  Glaciers, tropiques

SOURCES : AFSAPS

Des phototypes plus moins sensibles au UV



Au nombre de six, les phototypes correspondent à six types de peaux et de couleur de cheveux, des plus claires aux plus foncées, les plus pâles étant les moins protégées face aux agressions des UV.

AFP

Pour en finir avec les idées reçues

Tout le monde bronze

Les personnes à peaux très claires (phototypes I et II) ne bronzent pas ou très peu. Elles ne font que rougir ou brûler car leur peau ne fabrique que de faibles quantités de mélanine qui crée le bronzage.

La baignade protège du coup de soleil

L'eau fraîche peut prévenir le coup de chaleur et l'insolation mais donne une fausse sensation de sécurité quant au risque de coup de soleil. Pour pratiquer un sport aquatique, mieux vaut donc porter un vêtement couvrant. Les produits solaires, eux, ne résistent qu'un certain temps dans l'eau.

Je suis bronzé donc protégé

Certes, une peau bronzée est moins sensible au mécanisme du coup de soleil, car la mélanine du bronzage absorbe en partie les UVB. Mais elle laisse passer les UVA qui font courir le risque de cancer et le photovieillissement. Même bronzé, il faut se protéger.

On ne risque rien derrière une vitre

La vitre filtre les rayonnements solaires les plus énergétiques (UVB), empêchant ainsi le bronzage. Mais les UVA la traversent (sauf si elle dispose d'un traitement anti-UV) et exposent donc la peau aux mêmes dangers qu'en plein air.

Un vêtement mouillé protège comme un vêtement sec

Tout dépend du vêtement. Une fois mouillés, les vêtements peuvent laisser passer 50 % des UV car les fibres se détendent.

J'ai la peau mate, pas besoin de protection

Les personnes ayant un teint foncé sont davantage protégées des effets nocifs des UV car leur pigmentation naturelle est protectrice. Mais elles ne sont pas totalement à l'abri des dommages cutanés. Toute personne, quel que soit son phototype, doit se préserver de l'exposition aux UV.

DERMATOLOGIE

Scruter sa peau pour prévenir le mélanome

Malgré un dépistage plus précoce, la mortalité de ce cancer cutané ne baisse pas en France. L'autosurveillance de l'épiderme est primordiale pour identifier rapidement toute modification suspecte.

« **C**onnaissez votre peau pour la sauver », répète le Dr Caroline Robert, responsable du service de dermatologie de l'institut Gustave-Roussy (Villejuif). Car le mélanome, qui a tué plus de 1500 personnes en France en 2013, se « lit » d'abord sur l'épiderme. « Chacun peut prendre sa peau en photo afin d'avoir une image de référence » ou examiner son corps entier devant une glace et avec un miroir à main, insiste la spécialiste, pour suivre ainsi toute modification suspecte. Car tout commence souvent par un grain de beauté différent des autres ou qui s'étend, change d'aspect, de couleur ou saigne. « Dans la moitié des cas, il peut apparaître sur une peau saine », précise l'experte, le plus souvent sur les jambes chez la femme, le tronc chez l'homme. Des zones pas forcément exposées de manière régulière au soleil — contrairement aux autres cancers cutanés (lire p. 39) — mais de manière plus intense et intermittente. Le fait d'avoir reçu des coups de soleil dans l'enfance est un facteur de risque, comme celui d'avoir une peau claire (10 fois plus de risque qu'une peau mate), des taches de rousseur, des grains de beauté, des antécédents familiaux de mélanome. Le risque est surtout lié à l'épaisseur du mélanome car tant que sa croissance reste horizontale, il peut être retiré par chirurgie et guéri. Cette autosurveillance est primordiale car le mélanome, avec 10 000 nouveaux cas en 2013, est le cancer dont l'incidence a le plus progressé ces 50 dernières années et dont la mortalité ne baisse pas. Il peut parfois



Des grains de beauté ainsi qu'une peau claire ou le fait d'avoir reçu des coups de soleil dans l'enfance sont des facteurs de risque de mélanome.

se comporter comme une « bombe », envahissant les couches profondes de la peau avec une très forte capacité à métastaser au cerveau et au foie. « Ce déclenchement n'est pas prévisible », explique le Pr Jean-Jacques Grob, chef du service de dermatologie de l'hôpital de la Timone à Marseille. Une bonne nouvelle est cependant parvenue du congrès sur le cancer qui s'est tenu à Chicago (États-Unis) en juin avec l'arrivée annoncée de molécules innovantes. « Il y a encore cinq ans, nous étions démunis face au mélanome métastatique. C'est donc une véritable

révolution thérapeutique », se réjouit le Dr Caroline Robert. Reposant sur des mécanismes d'actions complexes, certaines sont déjà commercialisées, d'autres attendent leur d'autorisation de mise sur le marché. Une équipe de Villejuif a ainsi présenté des résultats encourageants en immunothérapie, consistant à doper les propres cellules immunitaires du patient, les lymphocytes, pour que celles-ci aillent détruire les cellules tumorales. Un médicament, un anticorps appelé Ipilimumab, a ainsi permis de réduire de 25 % le risque de récurrence. D'autre part, les thérapies ciblées progressent, adaptées au type de la tumeur. « Mais elles n'agissent pas chez tous les malades », rappelle la spécialiste. Aujourd'hui, un mélanome métastaté sur deux échappe encore à toute thérapeutique. **S. R.-M.**

« Chacun peut prendre sa peau en photo afin d'avoir une image de référence »

Dr Caroline Robert responsable du service de dermatologie de l'institut Gustave-Roussy, à Villejuif (Val-de-Marne).

10 conseils pour profiter des bienfaits du Soleil

Il est possible de vivre agréablement son séjour en plein air à condition de respecter les quelques règles simples énoncées ci-dessous.

1 Même enduit de protection solaire, éviter de s'exposer au soleil quand il est au zénith, ses rayons étant alors à la verticale (entre 12 h et 16 h). De ce fait, les UV ne traversant pas une grande portion d'atmosphère, leur énergie, peu dissipée, est la plus forte.

2 Se protéger par tous les moyens. Préférer l'ombre (parasol, par exemple) au soleil pour ne pas recevoir directement d'UV. Au soleil, porter un chapeau à larges bords pour protéger les yeux, la nuque et les oreilles, des lunettes anti-UVA et UVB, mais aussi des textiles. Les UV passent moins à travers des tissus tricotés ou tissés serrés. Les couleurs foncées arrêtent mieux les UV. Mouillés ou distendus, ils peuvent cependant perdre leurs propriétés. Les vêtements spéciaux anti-UV sont recommandés par les dermatologues, même si la preuve de leur efficacité contre le mélanome n'a pas encore été scientifiquement apportée.

3 Appliquer un produit solaire qui doit protéger contre les UVA et les UVB, et choisi en fonction de son phototype et des conditions d'exposition (voir le tableau p. 39). Aucun produit solaire ne garantit une protection totale. Selon l'ANSM, la crème solaire doit être appliquée à raison de 6 cuillères à café pour un adulte, soit 36 g, (ou renouveler très fréquemment une application



L'équivalent de 6 cuillères à café : c'est la dose de crème recommandée par l'ANSM pour une bonne protection.

moindre). Répéter après chaque bain ou transpiration. Ne pas réduire la quantité sous prétexte que l'indice est élevé.

4 Attention aux fausses sensations de sécurité. Lorsqu'il y a du vent, des nuages ou un air frais, il peut tout de même y avoir beaucoup d'UV. Un ciel voilé laisse passer 80 % des UV.

5 Même bronzé il faut continuer à se protéger car le bronzage ne protège pas des rayons UVA. De plus, certains accélérateurs (huile de monoï, graisse à traire) n'ont pas de filtre protecteur et augmentent les effets néfastes du soleil.

6 Éviter les UV artificiels, qui augmentent le risque de cancer et accélèrent le vieillissement de la peau.

7 Éviter les médicaments, déodorants et parfums, qui peuvent provoquer une photosensibilisation, des allergies et des brûlures graves au soleil. Lire attentivement les notices de ces produits avant emploi.

8 Ne pas exposer les enfants de moins de 2 ans. La peau des bébés et des jeunes enfants est particulièrement fragile, plus fine et avec une capacité de réparation moindre. On doit y faire particulièrement attention jusqu'à l'âge de 15 ans.

9 Se protéger aussi lorsqu'on pratique des activités extérieures ou des sports de plein air. Attention en cas de randonnée, l'intensité des UVB augmente avec l'altitude : tous les 1000 mètres c'est 20 % de rayonnement supplémentaire.

10 Attention à la réverbération, autrement dit à la réflexion des rayons solaires par une surface claire comme la neige, l'eau, le sable ou la glace, et même le béton. La neige réfléchit 80 % des ultraviolets, le sable environ 20 %. Les rayons atteignent donc les enfants, même si ceux-ci sont installés à l'ombre d'un parasol. ■

E. S.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Le site de la Sécurité solaire
sciav.fr/809soleil
- Un point complet sur les conséquences du rayonnement ultraviolet par l'OMS
sciav.fr/809UVOMS
- Conseils et prévention
sciav.fr/809melanome
- Informations de la Société française de dermatologie
sciav.fr/809dermato
- La campagne de prévention de l'Inpes
sciav.fr/809prevention
- Le Soleil dans la peau, Jean-Marc Bonnet-Bidaud, Patrick Moureaux, Aymeric Petit, Alain Froment, Laffont, 225 p., 2012.
- Bronzage : une Petite Histoire du soleil et de la peau, Bernard Andrieu, CNRS éditions, 127 p., 2008.
- L'invention du bronzage, Pascal Ory, Éditions Ramsay, 135 p., 2008.

Tout

Éjections solaires

Les éruptions de notre étoile varient en nombre et en importance au cours d'un cycle d'activité (*ci-contre celle du 16 avril 2012*). Le Soleil perd ainsi en moyenne 4 millions de tonnes de matière par seconde.

L'éruption du 29 mars 2014 a été classée parmi les plus puissantes observées. Au cours de ces événements, une arche de matière en fusion grande comme cinq à sept fois la taille de la Terre et se déplaçant à une vitesse de 2 millions de km/h ayant été expulsée dans l'espace. Les satellites d'observation comme les américains SDO et ISIS et l'europpéen SOHO en ont fourni des images inédites. Lors de ces éruptions, un flot de particules chargées atteint la Terre provoquant des perturbations électromagnétiques.

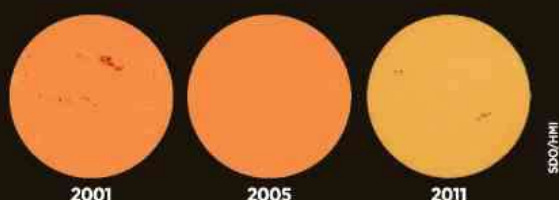
La place du Soleil dans la Galaxie



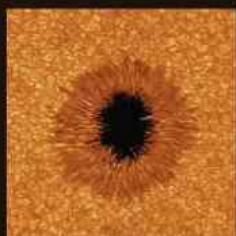
Notre galaxie (*ci-contre une représentation*) compte 240 milliards d'étoiles parmi lesquelles le Soleil (*flèche*). Âgé de 4,5 milliards d'années et de taille moyenne, c'est une « étoile standard ». Il traverse actuellement sa « séquence principale », c'est la plus longue étape de la vie d'une étoile au cours de laquelle elle convertit l'hydrogène (le plus léger des éléments dont le noyau ne contient qu'une particule) en un élément un peu plus lourd, l'hélium (dont le noyau contient quatre particules).

savoir sur le Soleil

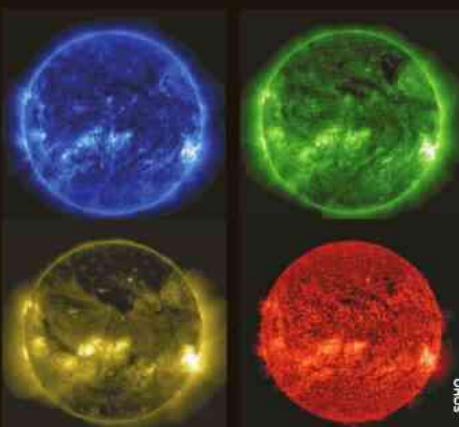
Les taches solaires



Au cours d'un cycle d'activité — onze ans en moyenne —, des taches sombres apparaissent à la surface (ci-dessus en 2001, 2005 et 2011). Elles sont les terminaisons des lignes du champ magnétique solaire et signalent les régions légèrement plus froides laissant échapper un flux de particules électriquement chargées. Des facules — plages brillantes plus chaudes et plus étendues — les entourent. De ce fait, lors de leur apparition, l'énergie envoyée par le Soleil est très légèrement plus élevée. Ce qui expliquerait, *a contrario*, que leur absence ait pu provoquer le petit âge glaciaire, cette période de très grand froid survenue en Europe vers 1645-1715. Ce minimum d'activité, appelé minimum de Maunder, pourrait en être la cause.



Soleil en ultraviolet



L'étoile, vue ici dans diverses bandes spectrales de l'UV par le satellite EIT (Extreme Ultraviolet Imaging Telescope) de la Nasa, révèle ses variations de température : en bas à gauche (jaune), brillent les régions dont la température est supérieure à 2 millions de degrés, comme la couronne et les éjections de matière ; au-dessus (bleu), les régions à 1 million de degrés ; Puis (vert) à 1,5 million de degrés ; la chromosphère, la basse atmosphère du Soleil (orange), atteint quelques dizaines de milliers de degrés.

Quiz

1. Le Soleil est :
A Une planète
B Une étoile
C Une planète flottante
- 2- La distance Terre-Soleil est appelée :
A Unité astronomique
B Année-lumière
C Axe solaire
3. Qu'appelle-t-on « vent solaire » ?
A La matière que perd le Soleil en continu
B Des vents très chauds que l'on ressent en altitude
C Un changement météorologique dû à l'ensoleillement
- 4- Le nombre de taches à la surface du Soleil est :
A Constant
B Il n'y a pas de tache sur le disque solaire
C Varie selon un cycle d'activité de onze ans
- 5- Le Soleil est dans une période où :
A Il convertit de l'hydrogène en hélium
B Il fabrique de l'uranium
C Il est stable conservant sa composition d'origine



Le spectre

En raison des réactions nucléaires qui ont lieu dans son cœur, le Soleil émet de la lumière. Environ la moitié de son énergie est ainsi sous forme de lumière visible, balayant toutes les couleurs de l'arc-en-ciel présenté par le spectre solaire (ci-dessus, entre 378 et 735 nm). Avant de nous parvenir, la lumière émise par le cœur traverse les couches superficielles de l'étoile. En fonction des éléments chimiques qui y sont présents, certaines longueurs d'onde se trouvent absorbées (traits sombres). Ces raies sont caractéristiques de l'élément et permettent de déterminer la composition chimique des couches superficielles du Soleil. Ainsi de gauche à droite, les deux raies de l'ion calcium (1, 2), puis celle de la molécule de CH (3), l'association du carbone et de l'hydrogène, puis du fer (4) à 438,4 nm, de l'hydrogène (5) à 486,1, puis du magnésium (6) et du sodium (7). L'avant-dernière raie d'absorption est encore celle de l'hydrogène (8). Enfin, la dernière (9) est due à la molécule d'oxygène, O₂, présente dans l'atmosphère de la Terre traversée par la lumière solaire avant de nous parvenir.

ASTROPHYSIQUE SUR MESURE

La couronne solaire

Le domaine d'influence du Soleil s'étend sur plusieurs millions de kilomètres au-delà de sa surface, formant une atmosphère — sa couronne — qui peut être observée lors des éclipses totales, où le disque lunaire masque la surface du Soleil. En dehors de ces événements, un coronographe — cachant entièrement le Soleil — permet de l'observer. Sa température reste une énigme : elle serait de quelques millions de degrés alors que la photosphère — la surface visible du Soleil — affiche 5500 °C et le cœur de l'étoile aux alentours de 15 millions de degrés. ■ Azar Khalatbari



Réponses aux questions du quiz : 1/B ; 2/A ; 3/A ; 4/C ; 5/A

L'ISS se mue en avant-poste de la conquête spatiale

Boudée par les fonds privés, menacée par la routine des expériences et le désengagement possible des Russes, la Station spatiale internationale cherche un nouveau souffle. Un centre d'entraînement vers Mars ?

Par Jean-François Haît



NASA

POUVEZ-VOUS DONNER LES NOMS des astronautes qui séjournent à bord de la Station spatiale internationale (ISS)* ? Non ? Vous n'êtes certainement pas un cas isolé. Certes, le complexe orbital est revenu sous les feux des projecteurs, en France, en mars : l'astronaute Thomas Pesquet a en effet reçu de l'Agence spatiale européenne son billet pour une mission de six mois à bord. Décollage prévu en 2016. Mais le reste du temps, c'est dans un relatif anonymat que les six membres de l'équipage de l'ISS vaquent à leurs occupations. Que font-ils au juste ? À quoi sert cette nef monumentale dont la construction a débuté en 1998 et s'est achevée en 2011 ? « Les agences spatiales ont vendu l'ISS comme un extra-

1998

Début de la construction de l'ISS

2011

L'achèvement de la station

400 km

Son altitude orbitale

388 m³

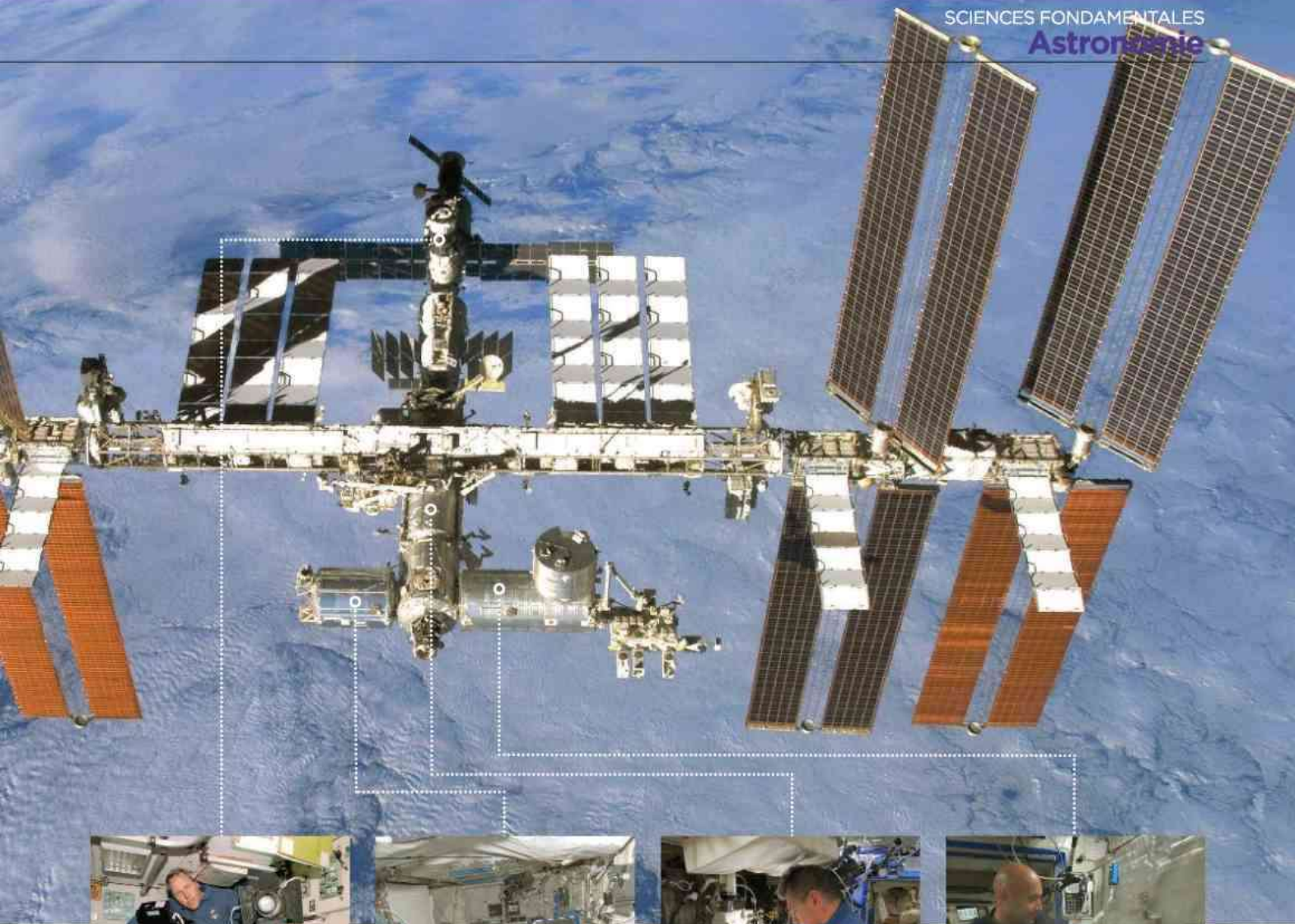
Le volume habitable (l'équivalent d'un Boeing 747)

ordinaire laboratoire », souligne Jean-Claude Worms, directeur scientifique de l'European Science Foundation, qui promeut et évalue la recherche scientifique en Europe. Parce qu'elle évolue dans l'espace, il y règne un état unique : la « micropesanteur ». Cela signifie que la pesanteur terrestre y est presque totalement annulée. Résultat : objets et astronautes y flottent. Ce qui permet de révéler des phénomènes habituellement masqués. Parmi les cinq partenaires de l'ISS, tous, sauf le Canada dont la participation est moindre, possèdent ainsi un espace réservé à la recherche. Les modules Destiny (États-Unis), Columbus (Europe) et Kibo (Japon) sont de vrais laboratoires car ils disposent de « tiroirs » spécifiques pour recevoir les expériences. La Rus-

sie, quant à elle, utilise un module de l'ISS baptisé Zvezda, en attendant le lancement de son propre laboratoire, peut-être en 2015. Les astronautes mettent en œuvre à bord les expériences conçues par les scientifiques au sol. Les domaines sont variés : physique des matériaux, mécanique des fluides, biologie, astrophysique...

Des études qui ont surtout bénéficié aux neurosciences

Mais les astronautes sont eux-mêmes des sujets de recherche, la micropesanteur agissant sur l'organisme. Il en résulte une fonte des muscles, des perturbations du système cardio-vasculaire, de l'ostéoporose... Les résultats de cette recherche peuvent aussi bien s'appliquer aux astronautes pour compenser ces effets néfastes, qu'à



Zvezda

Malgré la présence de son module, la Russie menace de quitter la station en 2020.



Columbus

C'est dans ce laboratoire européen que le Français Thomas Pesquet passera six mois en 2016.



Destiny

Dans le module américain, un astronaute manipule une expérience grâce à une « boîte à gant », et l'observe sous microscope.



Kibo

Le laboratoire japonais accueille un appareil capable de refroidir des expériences jusqu'à -80 °C.

ceux qui souffrent sur Terre de ces pathologies.

Cela suffit-il à justifier le coût colossal de la station de 100 à 150 milliards de dollars, aucun chiffre précis n'étant disponible ? Autrement dit, le laboratoire le plus cher du monde, au moins 30 fois le coût de construction du LHC, le grand collisionneur du Cern, près de Genève, qui a permis la découverte du boson de Higgs avec un prix Nobel à la clé (lire

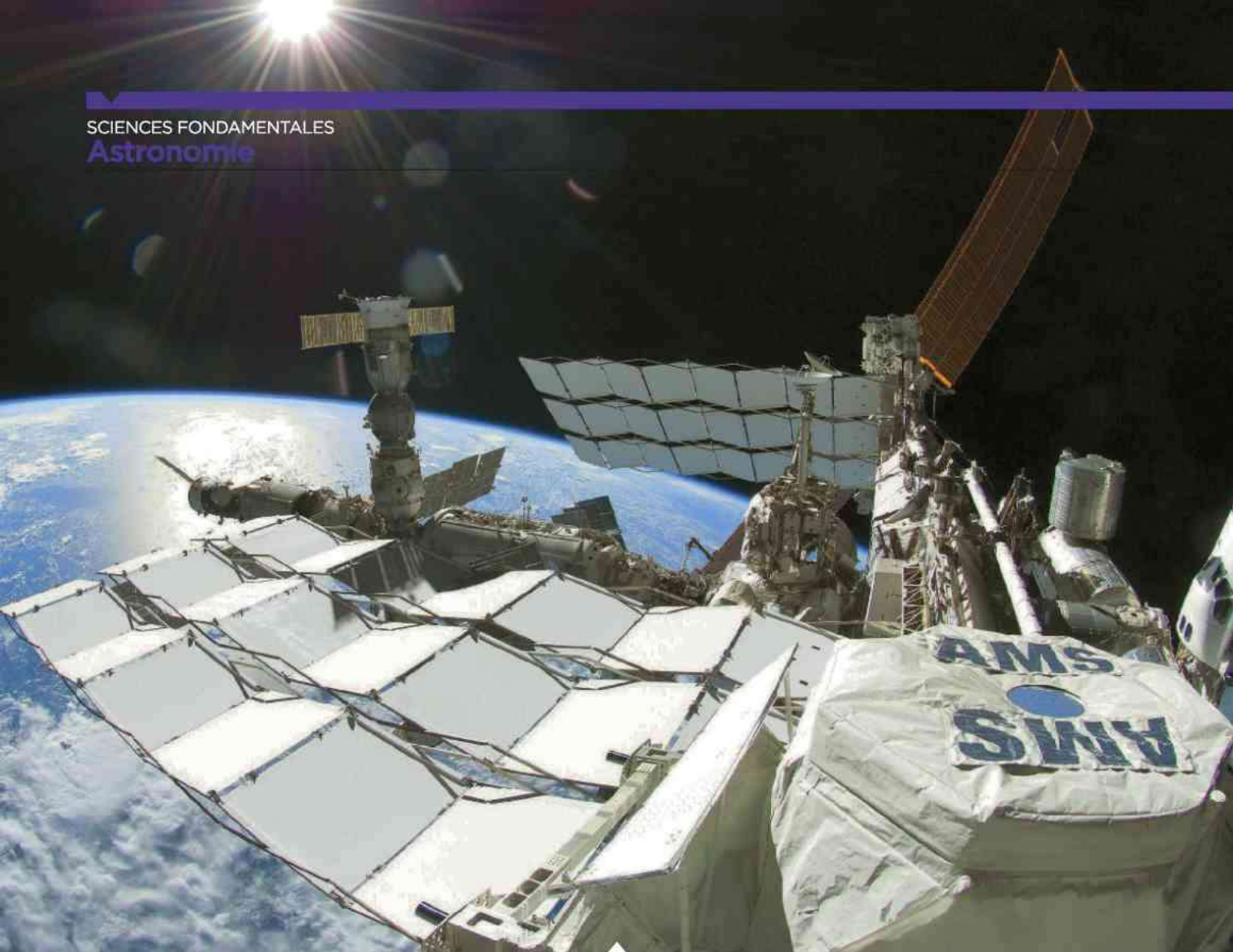
S. et A. n° 801, novembre 2013). Dès le départ, l'ISS a essuyé de nombreuses critiques, pointant qu'on pourrait faire beaucoup plus sur Terre pour le même prix. De fait, le bilan scientifique réel de l'ISS est difficile à dresser. « On y fait une recherche de longue haleine, peu spectaculaire », plaide Jean-Claude Worms, à la décharge du complexe orbital. La recherche en micropesanteur a connu de réelles réussites, notamment en neuro-

Partenaires
Russie, États-Unis, Japon, Europe, Canada.

Coût estimé
100 à 150 milliards de dollars.

Fin d'utilisation prévue
2020 ou 2024.

sciences. Mais aussi des échecs : la promesse de produire des cristaux ultrapurs de protéines et des alliages sans défauts n'a pas été tenue. En 2001, les partenaires ont tenté d'ouvrir la station à la recherche privée, en la louant à l'industrie. Les tarifs avaient même été rendus publics — un million d'euros les trois mois pour un module d'expérience avec trois heures de main-d'œuvre par exemple. Un fiasco. Aujourd'hui, ►



Le spectromètre AMS-02, arrimé depuis 2011 à l'ISS, recherche l'antimatière et la mystérieuse matière noire dans l'Univers.

► la science à bord de l'ISS reste publique et son mode de fonctionnement ressemble de plus en plus à celui des grands équipements de recherche au sol. « Avant, c'était du sur-mesure. En 2001, Claudie Haigneré avait ainsi un programme scientifique conçu spécialement pour son séjour sur la station. Mainte-

nant, on crée des séquences d'expériences réalisables par n'importe quel astronaute, en fonction du planning », explique Lionel Suchet, directeur adjoint du Centre spatial de Toulouse, qui a accompagné nombre de vols habités. Autre changement majeur : les communications. « Sur Mir, nous

ne disposions que de quinze minutes avec la Terre toutes les heures et demie. Avec l'ISS, la liaison est permanente », poursuit-il. Résultat ? « Pour beaucoup d'expériences, on fait de la télé-science : le chercheur interagit depuis le sol directement avec sa "manip" dans l'espace. L'astronaute n'est là que pour changer les échantillons à analyser et pour la maintenance », souligne Sébastien Barde, responsable du Cadmos (Centre d'aide au développement des activités en micropesanteur et des opérations spatiales) au Cnes de Toulouse. Ce centre sera notamment chargé du programme scientifique de Thomas Pesquet, qui n'est pas encore défini, mais comportera sans aucun doute le mot « exploration ». Car l'argumentaire des agences spatiales a changé. Désormais, la

GÉOPOLITIQUE

Les répercussions de la crise en Ukraine

La Russie va-t-elle abandonner la Station spatiale internationale, en réaction aux sanctions américaines dans la crise ukrainienne faisant suite à l'annexion de la Crimée ? Le vice-premier ministre russe Dmitri Rogozine a en effet annoncé le 13 mai que son pays quitterait le complexe orbital en 2020. « Cette échéance était prévue, tempère Isabelle Sourbès-Verger, du centre Alexandre-Koyré, à Paris, spécialiste des politiques spatiales. Et les Russes n'ont pas intérêt à quitter la station, même après cette date. Sans quoi ils ne pourraient guère utiliser le nouveau laboratoire spatial qu'ils doivent y arrimer en 2015. En revanche, comme les États-Unis auront leurs propres vaisseaux pour s'y rendre, les Russes ne pourront plus leur vendre des places sur les Soyouz comme c'est le cas aujourd'hui. Ils vont donc renégocier féroce-ment leur contribution à l'entretien de la station. » Pour l'heure, à 400 km au-dessus de l'Ukraine et du reste du monde, les astronautes continuent de coopérer.

station est présentée comme un avant-poste sur le chemin de la Lune, de Mars ou des astéroïdes. Il s'agit de préparer des astronautes à de longs voyages — celui vers Mars durera au moins six mois pour l'aller simple — et à de longs séjours sur les futures bases lunaires ou martiennes. L'ISS accueillera ainsi en 2015 sa première mission de longue durée. Aura-t-elle réellement le temps de jouer ce rôle ?

Des capsules privées livrent régulièrement du matériel

La vie du complexe orbital doit en effet s'achever théoriquement en 2020. Et seuls les États-Unis ont annoncé vouloir s'y maintenir jusqu'en 2024, l'Europe n'ayant pas encore pris de décision et la Russie ayant annoncé son intention de se retirer en réaction aux sanctions américaines prises en raison de la crise en Ukraine (lire l'encadré p. 46). « *Je pense que la station durera bien au-delà. On l'entretiendra et on renouvellera les expériences. Et surtout, des modules de recherche privés vont s'y amarrer* », imagine Alain Dupas, consultant dans le domaine spatial et chercheur associé au Space Policy Institute, à Washington (États-Unis). Des capsules privées, les Dragon de l'Américain Space X (trois missions en octobre 2012, mars 2013 et avril 2014) et Cygnus d'Orbital Sciences (une mission en janvier, une autre qui devait être lancée en juin) desservent déjà la station où elles livrent du matériel. D'ici à 2020, elles devraient être capables d'y transporter des astronautes. Cette arrivée du privé donnera-t-elle une deuxième chance à l'ISS ? Alain Dupas veut le croire : « *Jusqu'à présent, il était trop tôt pour juger. La station, c'est maintenant que ça commence.* » ■

* Steven R. Swanson (États-Unis), Aleksander Svorktsov (Russie), Oleg Artemyev (Russie), Alexander Gerst (Europe), Maxim Surayev (Russie), Reid Wiseman (États-Unis).

Quatre experts jugent 16 ans d'expériences



JENNIFER
NGO-ANH

CHEF DE L'UNITÉ DE
RECHERCHE
HUMAINE À L'ESA

« Il faut préparer des missions lointaines »

« Toutes les agences spatiales souhaitent se préparer à l'exploration future de la Lune, de Mars et des astéroïdes. Dans ce cadre, l'ISS est un avant-poste. Les astronautes pourront s'y acclimater à l'espace avant de partir pour de longues missions. C'est pourquoi nous prévoyons désormais des séjours prolongés dans la station. Un Américain et un Russe partiront en 2015 pour un an, puis ce sera au tour des Européens. Les Russes avaient déjà accueilli de telles missions dans la station Mir, mais le programme scientifique sera beaucoup plus complet et les résultats beaucoup plus significatifs dans l'ISS. »



ALAIN BERTHOZ

LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE
DE LA PERCEPTION ET DE
L'ACTION (CNRS ET COLLÈGE
DE FRANCE), MEMBRE DE
L'ACADÉMIE DES SCIENCES

« Certains résultats obtenus sont majeurs »

« La recherche en micropesanteur a donné des résultats majeurs, notamment en neurosciences, et ce depuis les missions du laboratoire Spacelab (de 1983 à 1998) et la station Mir. Nous avons ainsi pu démontrer dans l'espace que le cerveau possède un modèle interne des lois de la gravité, qu'il utilise sur Terre pour anticiper le trajet d'un ballon, par exemple. Dans l'ISS, des expériences en réalité virtuelle ont permis de mieux comprendre la mémoire spatiale et les référentiels que le cerveau utilise pour se déplacer dans un environnement en 3D. Ces découvertes trouvent des applications sur Terre, dans les centrales nucléaires par exemple. »



ROBERT
LAMONTAGNE

ASTROPHYSICIEN,
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE
DE L'UNIVERSITÉ DE
MONTRÉAL

« La recherche menée est beaucoup trop coûteuse »

« Mon opinion n'a pas changé depuis les débuts de l'ISS. La science qui s'y fait est sérieuse, mais elle est beaucoup trop coûteuse. Si on considère la durée de vie prévue de la station, cela revient, selon mes calculs, à 5 millions de dollars par jour et par astronaute ! Je n'ai pas non plus vu les découvertes spectaculaires qu'on nous annonçait. Aujourd'hui, l'ISS arrive à maturité, et vu l'argent investi, autant continuer à l'exploiter. Mais si elle ne démontre pas son utilité dans les années à venir, plus personne ne voudra financer de recherche dans l'espace. »



ALAIN DUPAS

CONSULTANT SPATIAL,
CHERCHEUR ASSOCIÉ AU
SPACE POLICY INSTITUTE,
À WASHINGTON

« C'est un stimulant pour le privé »

« La station est opérationnelle, occupée en permanence par six astronautes et bourrée d'équipements de haute technologie. La recherche fondamentale va enfin pouvoir s'y développer. Dès lors qu'il y aura des résultats, l'industrie, qui s'était tenue à l'écart, commencera à réfléchir sérieusement à faire de la recherche appliquée en micropesanteur. Cela va stimuler le secteur privé pour concevoir ses propres stations. Il ne faut pas oublier que la firme américaine Bigelow Aerospace a déjà lancé sur orbite deux modules. Le développement économique de l'espace ne fait que commencer. » **Propos recueillis par J.-F. Haït**

La nacre, une structure de choc

En imitant la composition de la coquille des ormeaux, des chercheurs français ont conçu une céramique dix fois plus résistante aux fissures. Une aubaine pour les matériaux industriels.

LA NACRE IRISÉE DES ORMEAUX inspire les bijoutiers, mais aussi les scientifiques. Ces derniers s'intéressent en effet à son étonnante structure microscopique qui lui confère une grande solidité. Des chercheurs français viennent de s'en inspirer pour mettre au point une céramique dix fois plus résistante aux fissures. Si ce matériau « anticasse » a peu de chance d'atterrir un jour dans nos cuisines, il pourrait bien révolutionner le monde des matériaux industriels. La céramique y est déjà prisée pour ses nombreux atouts — une dureté de surface exceptionnelle et une résistance mécanique, thermique et chimique hors du commun — mais sa fragilité reste son talon d'Achille. Cette invention pourrait chan-

ger la donne. Plus résistante à la casse, cette nouvelle céramique garde aussi toutes ses propriétés jusqu'à 600 °C. Une première. C'est donc dans la coquille des ormeaux que se cache le secret de cette prouesse. Constituée majoritairement d'un matériau très fragile — le carbonate de calcium —, la nacre affiche pourtant une résistance aux chocs 1000 fois supérieure à celle de son composant de base. Comment réalise-t-elle ce tour de force ? « *Question de structure* », répond Sylvain Deville, chercheur au Laboratoire de synthèse et de fonctionnalisation des céramiques (CNRS/Saint-Gobain), à Cavaillon (Vaucluse), où a été mise au point cette nacre synthétique. « *Lorsqu'un matériau subit un choc, l'énergie reçue per-*

« D'ordinaire, un matériau très rigide casse facilement. Ici, nous parvenons à combiner les deux propriétés »

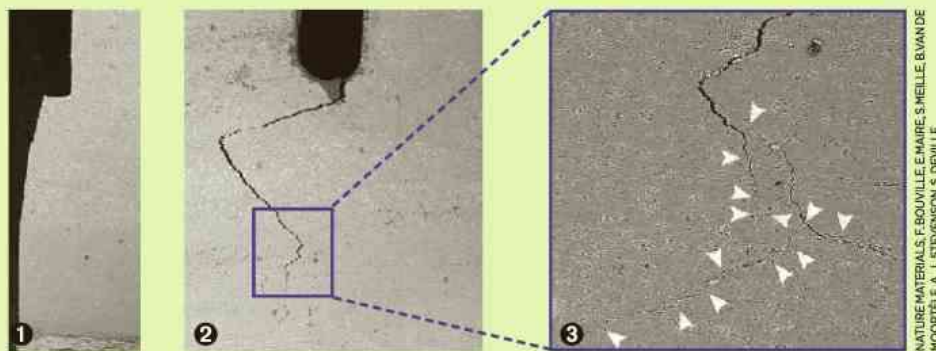
Sylvain Deville
Laboratoire de synthèse et de fonctionnalisation des céramiques (CNRS/Saint-Gobain), Cavaillon (Vaucluse).

scopique. La ténacité, c'est-à-dire la capacité à encaisser cette énergie en résistant à la fissuration, dépend en partie de la microstructure du solide », explique-t-il. Ainsi, dans les métaux, les défauts créés par le choc peuvent se déplacer localement, leur permettant de se déformer sans casser. La céramique, extrêmement dure, n'a pas cette souplesse. Sous l'effet d'un impact, des microfissures apparaissent immédiatement. Et comme rien ne s'oppose à leur progression, elle se brise très rapidement.

Une structure quasi inchangée depuis 530 millions d'années

La nacre, quant à elle, offre une ténacité étonnante grâce à sa microstructure élaborée. Comme dans un mur de briques, les plaquettes de carbonate de calcium d'environ 500 nanomètres d'épaisseur (vingt fois plus petit qu'un cheveu) sont empilées les unes sur les autres, soudées par un « mortier » fait de protéines. La propagation des fissures dans ce type d'architecture est alors rendue difficile par le chemin tortueux qu'elles doivent parcourir entre les plaquettes. Sans compter que ces dernières peuvent glisser les unes sur les autres, permettant au matériau de se déformer légèrement pour amortir le choc. « *À partir de constituants tout à fait ordinaires, la nature fabrique des matériaux aux propriétés spectaculaires en organisant les briques élémentaires de façon optimale* », analyse Adam Stevenson, coau-

Une céramique qui mène la vie dure aux fissures



Au lieu de se propager en ligne droite comme dans une céramique classique ①, les fissures doivent zigzaguer entre les minuscules plaquettes du nouveau matériau ②. Un parcours du combattant au cours duquel elles se divisent en microfissures ③ et s'épuisent avant que la pièce ne se brise.



DENIS ALLARD/REA

Les pales des turboréacteurs d'avion pourraient, à l'avenir, être recouvertes de ce type de céramique, résistante aux chocs et aux hautes températures.

teur de l'étude. « La structure de la nacre naturelle n'a presque pas changé depuis son apparition il y a 530 millions d'années, ce qui montre que la nature a trouvé là une solution très efficace », confirme François Barthelat, professeur associé au département d'ingénierie mécanique de l'université McGill de Montréal, qui étudie la nacre depuis plus de dix ans mais n'a pas participé à ces travaux. D'autres matériaux naturels présentent d'ailleurs une organisation similaire, précise-t-il, comme l'os ou l'émail dentaire.

Restait à trouver une manière de reproduire la structure complexe de la nacre, une problématique sur laquelle les chercheurs ont longtemps buté. Pour y parvenir, Sylvain Deville et son équipe ont choisi des « briques » d'une taille proche de celles trouvées dans la nacre : des plaquettes d'alumine (oxyde d'aluminium, une poudre céramique courante). Pour le mor-



FRANÇOIS GILSON/BIOS

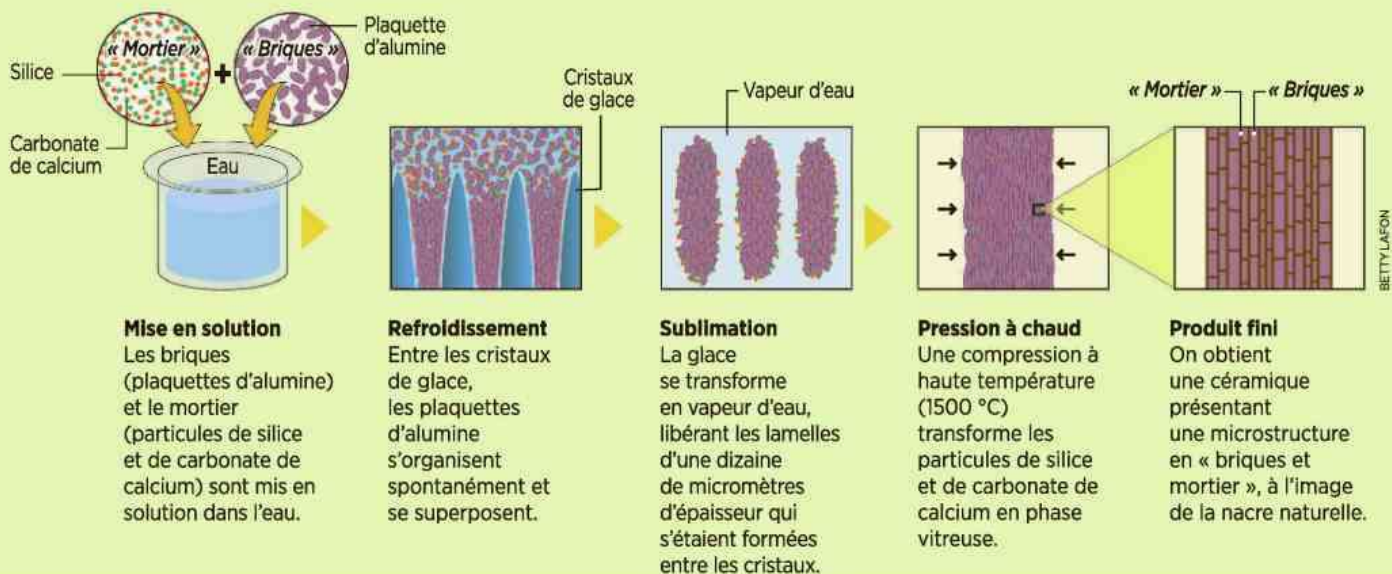
tier, ils ont remplacé les protéines par des constituants inorganiques (silice et oxyde de calcium). Les molécules organiques comme les protéines ont en effet un défaut majeur : elles ne résistent pas aux hautes températures. Restait ensuite à assembler briques et mortier. « Nous avons utilisé des cristaux de glace pour organiser les éléments au sein de la matière », explique Sylvain Deville. Un pro-

Composée à 95 % d'aragonite (un matériau fragile), la nacre de la coquille de l'ormeau est pourtant extrêmement solide. Cette ténacité tient à sa structure complexe et hiérarchisée : un empilement de petites briques soudées par un mortier composé de protéines.

cédé innovant — pour lequel il a d'ailleurs reçu la médaille de bronze du CNRS en 2012 — qui s'inspire du phénomène observé lors de la formation de la banquise dans les zones polaires. Lorsque se créent les cristaux de glace, le sel et les micro-organismes présents dans l'eau de mer sont repoussés entre ces cristaux, formant des lamelles de saumure enserrées dans la glace. Le même mécanisme s'exerce quand des particules de céramiques sont mises en solution dans l'eau. « Lorsqu'on fait croître des cristaux de glace de façon contrôlée dans le liquide, les plaquettes d'alumine viennent se déposer entre eux sous forme de couches d'une dizaine de microns d'épaisseur ». Et, miracle, au sein de ces fines lamelles, les plaquettes s'organisent spontanément en s'empilant les unes sur les autres. Il suffit ensuite d'éliminer la glace par sublimation (transformation de la glace en vapeur ►

PROCÉDÉ DE FABRICATION

Une recette innovante



BETTY LAFON

► d'eau, procédé de lyophilisation couramment employé dans l'industrie alimentaire), pour obtenir la structure finale. Pour finir, une densification sous pression à haute température (1500 °C) transforme les particules de silice et d'oxyde de calcium en phase vitreuse – le mortier – afin de solidifier l'ensemble (voir l'infographie ci-dessus).

Autre atout : la résistance aux hautes températures

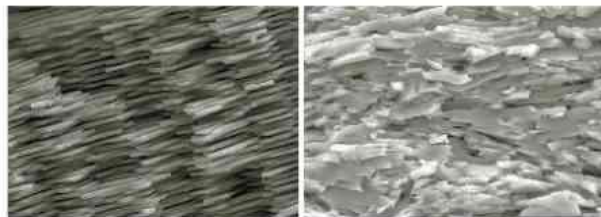
« Même si l'arrangement obtenu n'est pas entièrement identique à celui de la nacre naturelle, le résultat est tout de même suffisamment proche pour être impressionnant », estime François Barthelat. Quand on compare les deux structures au microscope, la nacre synthétique semble moins ordonnée que son alter ego naturel. Mais lorsque l'on zoome à l'échelle de la centaine de nanomètres, la ressemblance est frappante. Résultat : cette nouvelle céramique bio-inspirée est dix fois

plus résistante aux chocs qu'une céramique classique à base d'alumine. Lorsqu'une fissure se crée, elle chemine difficilement entre les plaquettes et se subdivise en plusieurs microfissures qui stoppent leur progression avant que le solide ne casse. Autre point fort de cette innovation : elle conserve une grande rigidité (résistance

à la déformation). « D'ordinaire, un matériau très rigide casse facilement, et inversement. Ici, nous parvenons à combiner les deux propriétés », précise Sylvain Deville. Sans oublier l'atout majeur de cette nacre synthétique – sa résistance aux hautes températures grâce à sa composition exempte de matériaux organiques.

Selon Adam Stevenson, d'autres types de céramique pourraient être fabriqués selon cette structure en « briques et mortier », élargissant ainsi le champ des applications. Aux premières loges, les pièces exposées à de hautes températures et de fortes contraintes comme certains composants des piles à combustible, l'habillage des hauts-fourneaux, le revêtement des pales dans les turboréacteurs propulsant les avions, ou même le bouclier thermique protégeant les navettes spatiales lors de la rentrée dans l'atmosphère. La nacre partira-t-elle bientôt à la conquête de l'espace ? ■

Audrey Boehly



À l'échelle du micromètre, la nacre semble plus ordonnée que la céramique (à droite).



À l'échelle du nanomètre, les deux matériaux (nacre et céramique) présentent la même structure en « briques et mortier ».

NATURE MATERIALS, F. BOUTILLER, E. MARÉ, S. MEILLE, B. VAN DE MOORTELE, A. J. STEVENSON, S. DEVILLE

Et la matière sera !

La combinaison de deux lasers de forte puissance permettrait de créer de la matière.

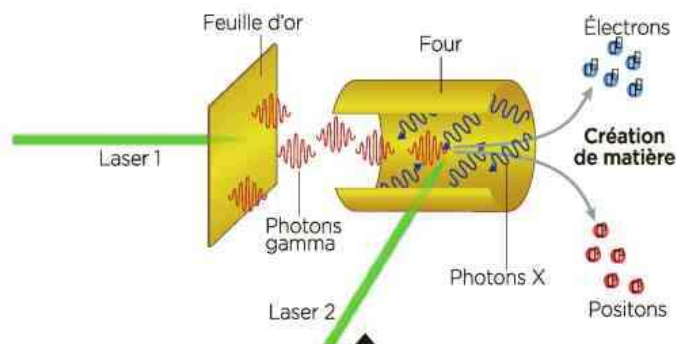
PRÉVUE DE MANIÈRE théorique par la physique quantique, la création de la matière à partir de la lumière pourrait enfin devenir réalité : une équipe de l'Imperial College de Londres propose une méthode très simple, fondée sur l'utilisation de lasers de puissance, des instruments disponibles depuis peu. Se trouvent ainsi réunis, pour la première fois, la méthode et l'outil.

Pour ce faire, deux lasers doivent se trouver sur le même site d'expérience. « C'est le cas aux États-Unis du NIF (Livermore) et d'Omega (Rochester). En France, le Laser mégajoule (LMJ), qui doit être inauguré à la fin de l'année près de Bordeaux, fera partie des rares endroits au monde où le test est possible. D'autant qu'une fraction de la puissance du LMJ pourrait suffire », précise Caterina Riconda, du Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (Luli) du CNRS. Un premier laser bombarderait une feuille d'or produisant un faisceau de rayons gamma de très haute énergie au sein d'un

minifour de 5 mm de diamètre — également en or — dans lequel régnerait le vide. Pendant ce temps, un second laser atteindrait les parois du four, qui absorberaient la lumière et qui émettraient à leur tour des rayons X. « Au final, dans le four, il y aura collision de deux faisceaux de photons de haute énergie, X et gamma, qui devrait produire de la matière sous forme de paires d'électron-positon », explique Caterina Riconda.

Ces phénomènes sont courants dans les étoiles

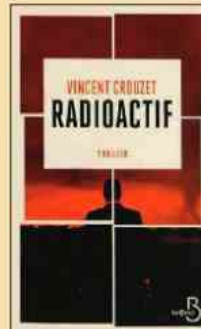
Publiés dans *Nature Photonics*, ces calculs sont fondés sur l'équivalence masse-énergie d'Einstein : $E = mc^2$ indiquent la faramineuse quantité de 100 000 paires d'électron-positon à chaque tir de laser. Ce résultat devrait aussi intéresser les astrophysiciens, puisque de tels phénomènes auraient été courants aux premiers instants de l'Univers et aujourd'hui au sein des étoiles qui envoient des bouffées de rayons gamma dans l'espace. ■ Azar Khalatbari



La collision de photons gamma et X au sein du four permet de produire de la matière (des paires d'électron-positon).

SYLVIE DAUDAL

Radioactif



Vincent Crouzet, Belfond, 496 p., 21, 50 €

Il faut avoir en tête une certaine affaire politico-scientifico-industrielle pour comprendre le « roman » de Vincent Crouzet : l'affaire Uramin, du nom de cette société canadienne dont Areva — le géant français du nucléaire — a acheté à prix d'or les mines africaines en 2007. L'auteur tisse une version explosive et à clés de l'affaire, avec tous les ingrédients du roman d'espionnage : luxe, sexe et argent. ■ A. Kh.

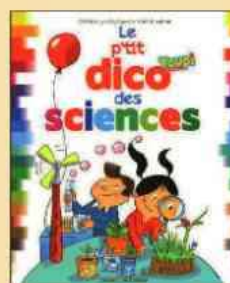
Le Nuage noir



Fred Hoyle, éditions de l'Évolution, 320 p., 15 €

Quand l'un des astrophysiciens les plus célèbres du xx^e siècle, l'inventeur du mot Big Bang (par dérision), cède à son imagination débordante, cela donne un livre culte. Cette réédition de l'ouvrage de Fred Hoyle, paru en 1962, comporte un volet inédit et précieux : James Lequeux, de l'observatoire de Paris, y examine, à la lumière des connaissances d'aujourd'hui, le roman de Hoyle. Une excellente initiative. ■ A. Kh.

Le Petit Dico des sciences



Emmanuel Chanut, Rémi Sillard et Philippe Ughetto, Bayard Jeunesse, 155 p., 15,90 €

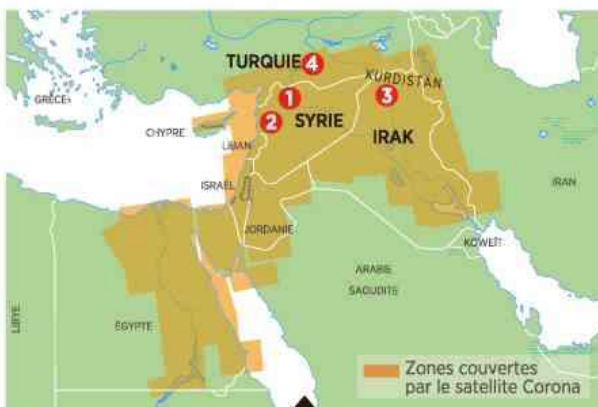
Coton, ballon, bouteille, gobelet en plastique, chaussettes, sucres, voire un bout de fromage... soit trois fois rien pour comprendre des notions parfois complexes sur un coin de table de cuisine. Les thèmes sont présentés par ordre alphabétique, ce qui fait de ce petit livre illustré un vrai dictionnaire de science amusant et très sérieux : on y comprend par exemple, les phases de la Lune, les états de la matière, la formation des nuages... qu'ignorent pas mal d'adultes. Le tout est illustré de façon gaie et légère... Une réussite ! ■ A. Kh.

Le satellite espion, apprenti archéologue

Les images déclassifiées du programme américain Corona de la CIA viennent d'être réunies en atlas. Une aubaine pour les chercheurs qui y découvrent des vestiges méconnus.

Par Arnaud Devillard

C'EST UN SITE INTERNET de recherches archéologiques entièrement constitué de photos... d'espionnage. Dévoilé en avril dernier, le Corona Atlas for Middle East (Atlas Corona du Moyen-Orient) est en effet une interface cartographique interactive, à la manière de Google Maps, révélant quantité de vestiges et traces du passé situés entre l'Égypte et l'Irak, mais dont le contenu provient de la CIA. De 1960 à 1972, l'Agence centrale de renseignement américaine a en effet espionné l'URSS et la Chine, mais aussi les pays d'Asie du Sud-Est et du Proche-Orient, par le biais du premier programme au monde d'observation par satellite, Corona (*lire l'encadré ci-dessous*). Ce ne sont pas moins de 860 000 photos noir et



Les images disponibles sur l'atlas Corona sont focalisées sur le Moyen-Orient (les numéros renvoient aux sites décrits pages suivantes).

blanc, d'une résolution de 140 à 1,83 m, selon les divers modèles d'appareils placés en orbite, qui ont été prises par les missions successives. On y voit des pistes d'aviation, des silos à missiles, des installations radar, le site de lance-



Le satellite Corona, avec dans son nez la capsule de récupération des films.

SURVEILLANCE

Douze ans de missions au cœur de la guerre froide

C'est en février 1958 que le président américain Eisenhower lance le programme Corona, premier projet de satellite de reconnaissance de l'histoire. L'enjeu ? Dans le contexte de la guerre froide, surveiller le circuit des ventes d'armes, les installations militaires, les bases de lancement de missiles, détecter cibles et menaces potentielles, etc. Après un premier vol test sous l'égide de l'US Air Force et de la CIA en février 1960, il y aura 144 lancements et huit versions du système jusqu'en mai 1972. La première image est prise le 18 août 1960 (la base aérienne de Mys Shmidt au nord-est de l'URSS, sur l'océan Arctique). La capsule spatiale, conçue par Lockheed Martin, logeait un puis deux (pour la stéréoscopie) appareils photo Itek panoramiques. Après deux semaines de mission, les rouleaux de films étaient expulsés de la capsule dans un compartiment muni d'un parachute, récupéré à 4500 m d'altitude par un C-119 de l'US Air Force, une prouesse technique à l'époque.

ment du satellite russe Spoutnik... Mais aussi des vestiges romains, des traces d'enceintes de cités antiques, les empreintes d'anciens canaux de la période des Sassanides en Iran ou des réseaux routiers datant du troisième millénaire avant Jésus-Christ ! En pleine guerre froide, les espions américains faisaient ainsi de l'archéologie sans le savoir.

Déclassifiées en 1995 sous la présidence de Bill Clinton, ces images se sont révélées être une véritable mine pour les chercheurs. Centralisées, scannées et proposées à la vente par l'USGS, l'Institut fédéral de recherche géologique des États-Unis, ces stocks d'images ont été exploités par Jesse Casana, spécialiste en archéologie du Moyen-Orient à l'université de l'Arkansas, pour la réalisation de l'atlas Corona. Précisément, le chercheur a acquis les photos de la version KH-4B du satellite, qui a accompli 16 missions entre septembre 1967 et mai 1972. Il a ensuite rassemblé des vues de l'Égypte, la Syrie, la Turquie, le Liban, la Jordanie, l'Irak et l'Irak, consistant en de longues bandes panoramiques couvrant une surface de 14 km sur 188 km au sol. Puis, avec un spécialiste de la photogrammétrie numérique du Center for Advanced Spatial Technologies de l'université de l'Arkansas, il s'est lancé ▶

Un nouvel éclairage sur des sites déjà étudiés

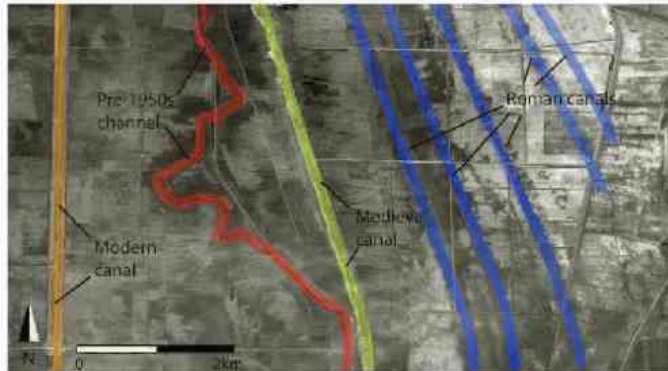


1 LA MURAILLE DE TELL RIFAAT (SYRIE)

Au dernier recensement, en 2004, la ville de Tell Rifaat, au nord de la Syrie (*ci-contre*), comptait 20 500 habitants. Elle s'organise autour d'une colline artificielle de 30 mètres de haut (visible au centre). Le site remonte à l'âge du fer et la cité a été prise par les Assyriens au ^{viii} siècle avant J.-C. Tell Rifaat a fait l'objet de fouilles dans les années 1960, mais celles-ci ont négligé les alentours du tertre, aujourd'hui complètement gagnés par l'urbanisme. Or les images de Corona (*ci-dessus*) montrent clairement que la ville basse (*en bleu*) autour du dôme central était ceinturée d'une muraille, dont on distingue le tracé circulaire. Elle avait échappé aux premiers archéologues. Les images du satellite ont permis des révélations similaires à Tell Ta'yinat ou à Zincirli Höyük, deux sites situés dans le sud de la Turquie.

PHOTOS: CENTER FOR ADVANCED SPATIAL TECHNOLOGIES, UNIVERSITY OF ARKANSAS/US GEOLOGICAL SURVEY

Des canaux de l'époque romaine recouverts par des champs



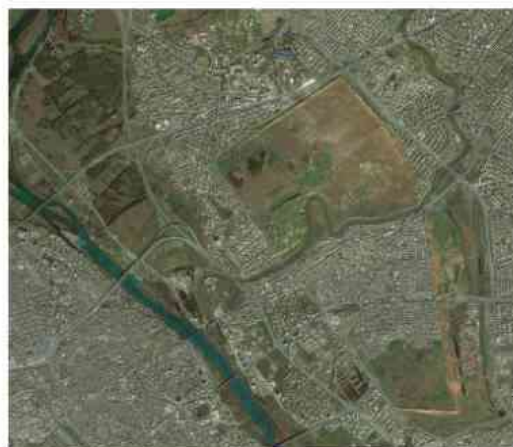
2 PLAINE DU RHÂB (SYRIE) Dans l'ouest de la Syrie, où coule l'Oronte, la région a été le théâtre d'un grand projet de drainage des marais, lancé en 1954 (le canal à gauche de l'image). Mais des travaux de ce type avaient déjà été entrepris dès

l'Antiquité romaine. Les photos de Corona permettent en effet de repérer les tracés de ces premières voies d'eau artificielles (les cinq lignes bleues à droite), destinées à transformer la région en zone d'agriculture intensive. Aujourd'hui, ces canaux disparus

sont recouverts par les champs mais ils se trahissent depuis l'espace par des à-plats rectilignes plus sombres que les sols situés de part et d'autre. De nombreux vestiges romains ont été découverts dans cette zone.

Des vestiges assyriens « noyés » dans l'extension urbaine

3 MOSSOUL (IRAK) Avec ses 2 millions d'habitants environ, Mossoul est aujourd'hui la deuxième ou troisième ville d'Irak. Son expansion a peu à peu enveloppé le site de la cité assyrienne de Ninive, sur la rive gauche du Tigre. Le dessin de l'enceinte de cette dernière reste visible sur les vues récentes, traversée d'est en ouest par le Khsor. Mais il est désormais bordé de tous côtés par les routes et les habitations. À l'époque des photos de Corona, Mossoul occupait essentiellement la rive droite du Tigre (à gauche).



Une cité fortifiée submergée par le barrage d'Atatürk

4 SAMOSATE (TURQUIE) Construit entre 1983 et 1992, ce grand projet de barrage a créé un réservoir artificiel de plus de 800 km² sur l'Euphrate. De nombreux vestiges ont été engloutis, comme l'ancienne cité fortifiée de Samosate (à gauche) sur ce qui était la rive droite du fleuve, ou le village de Lidar Höyük, remontant au début de l'âge du bronze et objet de fouilles à partir de 1979.



PHOTOS: CENTER FOR ADVANCED SPATIAL TECHNOLOGIES, UNIVERSITY OF ARKANSAS/US GEOLOGICAL SURVEY

TECHNOLOGIE

Un patient travail de correction d'image

Les missions Corona ont produit 860 000 images, dont 1200 servent pour l'heure à l'Atlas du Moyen-Orient. Mais elles ont été retravaillées. À part pour la version KH-5 du système, qui a produit des photos carrées, les vues consistent en de longues bandes rectangulaires cadrant une surface de sol de 12 à 17 km de large par 64 à 580 km de long. Ce format combiné à la courbure de la Terre et à l'optique panoramique de l'appareil (70 mm) produit des images cintrées, en forme de nœud papillon. S'y ajoutent des distorsions dues à la rotation du satellite sur son axe, qui lui permettait de procéder à un balayage nord-sud d'une région. À partir de 1962, deux appareils photo fonctionnaient simultanément,



COURTESY INTERNET ARCHAEOLGY/JESSE CASANA ET AL

pour produire des vues stéréoscopiques. Ils étaient placés dos à dos, séparés par un angle de 30°. Du coup, les deux images présentent des distorsions opposées. Tous ces défauts ont dû être corrigés et les perspectives rétablies.

Les bandes photos prises par les appareils panoramiques de Corona ont dû être retravaillées, en raison de leur format et de distorsions.

► dans un patient et fastidieux travail de correction d'images (lire l'encadré ci-dessus), d'assemblage mais aussi de correspondance avec des vues satellite actuelles des mêmes lieux. Pour un résultat spectaculaire.

Une aide précieuse aux repérages avant des fouilles

L'apport scientifique de ces photos est en effet multiforme. D'abord, par la découverte pure et simple de sites archéologiques jusqu'alors inconnus — autour de 10 000 selon Jesse Casana. Des chercheurs ont par exemple étudié les images de Corona en préalable à des fouilles dans les plaines du nord de la Mésopotamie. Entre 1999 et 2005, l'Oriental Institute de l'université de Chicago et la direction générale des Antiquités et des monuments de Syrie ont travaillé sur le site de Hamoukar, au nord-est de la Syrie, à la frontière avec l'Irak. Cette cité antique qui fut le théâtre d'une grande bataille en 3500 avant J.-C. a été initialement repérée sur les images du satellite espion. Dans la vallée d'Amik, en Turquie, objet de nombreuses

1200

images pour le Corona Atlas of the Middle East

860 000 images prises en 1960 et 1972

9,6

km de pellicules dans un satellite

640 km de pellicules au total

1,83 m pour la meilleure résolution au sol

fouilles depuis les années 1930, Corona a révélé « presque deux fois le nombre de sites archéologiques déjà connus », note Jesse Casana dans un article en ligne consacré à l'atlas Corona du Moyen Orient. Mais ces images ont aussi permis de réévaluer certaines connaissances. Ainsi, les plans urbains des villes basses des sites fortifiés syriens de Tell Halaf et Tell Ahmar, le long de l'Euphrate, apparaissent de manière évidente. « Parce que les anciennes fouilles dans la région ont eu tendance à se focaliser sur les citadelles centrales, où se trouvaient aussi les principaux bâtiments publics, les villes basses ont été laissées de côté », écrit encore Jesse Casana.

Avait-on besoin de s'en remettre à des photos datant de la guerre froide ? Les satellites d'observation actuels fournissent des images de bien meilleure qualité et certains spécialistes n'hésitent pas à utiliser Google Earth. Mais le programme Corona a une dimension inédite. « Ces images sont très utiles pour les archéologues parce qu'elles datent des années 1960 et 1970, avant l'expansion urbaine et agricole de ces dernières décennies, explique

David Thomas, ancien enseignant archéologue à l'université La Trobe de Melbourne (Australie). Elles permettent donc de « voir » ce qui se trouve aujourd'hui enfoui sous les habitations et les champs. » Par exemple, plus d'un tiers de la surface connue de Zeugma, une ville antique de Turquie noyée par le réservoir du barrage de Birecik, en 2000. Avec le Corona Atlas for Middle East, des sites coincés entre des lotissements et des bretelles d'autoroutes à Amman, la capitale jordanienne, se retrouvent à nouveau isolés dans le désert et plus facilement observables. Mais tout cela n'est qu'un début. La méthode étant éprouvée, elle ouvre la voie à d'éventuels atlas Corona pour la Chine ou pour l'Afrique, comme l'envisage déjà Jesse Casana. ■

LE + NUMÉRIQUE



L'atlas Corona pour le Moyen-Orient : sciav.fr/809coroindex.

Le rapport officiel sur la déclassification des photos :

sciav.fr/809decla

Le site du National Reconnaissance Office sur le programme Corona : sciav.fr/809NRO

CARBONE 14 Datation des matériaux organiques fondée sur la concentration de cet isotope du carbone, qui décroît après la mort de l'organisme.

DENDROCHRONOLOGIE Analyse des cernes du bois (meubles, charpente...) afin de déterminer l'année de coupe de l'arbre.

LUMINESCENCE Datation des céramiques ou des couches stratigraphiques par mesure de la radioactivité accumulée au cours du temps par des cristaux comme le quartz.

ARCHÉOMAGNETISME Étude de la configuration du champ magnétique terrestre enregistrée par les terres cuites au moment de leur cuisson.

La datation du passé fait sa révolution numérique

À l'ère des « big data », le traitement informatique des données révolutionne l'archéologie et permet d'établir de nouvelles chronologies.

DATER LES ÉVÉNEMENTS DE L'ÉGYPTE ancienne relève souvent du casse-tête pour les égyptologues. Même si certaines dynasties sont aujourd'hui bien connues, il reste de nombreuses zones d'ombre au cours des quelque 3000 ans qui ont vu prospérer cette civilisation antique. Les derniers progrès réalisés dans le domaine du traitement des données par informatique pourraient bientôt combler ces lacunes. C'est ce que montrent les travaux d'Anita Quiles, responsable du pôle archéométrie de l'Institut français d'archéologie orientale au Caire (Égypte), et l'équipe du Laboratoire de mesure du carbone 14 (LMC14) à Saclay, (Essonne) — l'un des pôles les plus performants d'Europe pour ce type d'analyse.

Ils sont récemment parvenus à dater précisément l'accession au trône des pharaons de la XVIII^e dynastie, au cours de laquelle ont notamment régné Thoutmosis III et Toutankhamon. Ces résultats, impensables il y a quelques années, sont obtenus par l'utilisation de la statistique dite bayésienne. Cette approche mathématique permet pour la première fois aux



Ce bronze yéménite, restauré puis exposé au musée du Louvre a été daté avec une meilleure précision, grâce à l'utilisation de plusieurs méthodes de luminescence combinées entre elles par la statistique.

chercheurs d'associer dans un même modèle toutes les données à leur disposition, qu'elles proviennent de sources historiques et archéologiques ou de méthodes de datations des vestiges comme le carbone 14, la luminescence ou la dendrochronologie. Ces techniques, jusqu'ici utilisées séparément, peuvent enfin être combinées grâce à la statistique. La datation serait-elle en train de passer à une nouvelle étape, celle du « big data » ? En tout cas, ces nouvelles pratiques pourraient bien révolutionner la discipline en procurant des résultats beaucoup plus précis, et parfois même de véritables scénarios chronologiques.

Les astrophysiciens sont aussi mis à contribution

Pionnière de la statistique bayésienne appliquée à l'archéologie, Anita Quiles a expérimenté sa méthodologie sur la XVIII^e dynastie en combinant des mesures au carbone 14, des informations archéologiques (hypothèse sur l'enchaînement des rois et la durée de leur règne) et des dates astronomiques. « *Les textes anciens font parfois référence à l'observation de nouvelles lunes ou de dates*

sothiaques (réapparition de l'étoile Sirius dans le ciel). Nous avons travaillé avec des astrophysiciens du Laboratoire d'astroparticules et cosmologie de l'université Paris-VII pour dater ces événements, qui sont autant de points d'ancrage chronologiques», explique-t-elle. Une date sothiaque est ainsi avérée au cours de la XVIII^e dynastie lors du règne de Thoutmosis III, grâce au calendrier d'Éléphantine découvert en 1851 et conservé au Louvre. Par leurs calculs, les astrophysiciens ont réussi à situer ce « lever » de Sirius en 1443 avant J.-C. En parallèle, des datations au carbone 14 ont été effectuées sur des objets funéraires (bouquets de fleurs, paniers), associés par les archéologues à des périodes historiques très précises grâce au contexte dans lequel ils ont été trouvés.

La technologie permet de multiplier les mesures

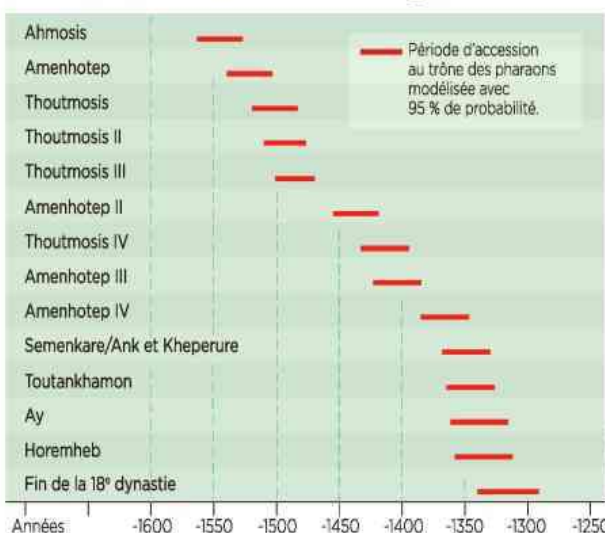
C'est au LMC14 qu'ont été effectuées les mesures physiques, grâce à Artemis, un spectromètre de masse couplé à un accélérateur de particule (AMS). Cet outil de pointe, qui traite jusqu'à 4300 échantillons par an, est capable de compter un à un le nombre d'atomes de certains isotopes du carbone présents dans l'échantillon, dont le carbone 14. L'appareil n'a besoin que de quelques milligrammes de matière pour produire un résultat fiable en moins d'une heure. « La méthode AMS a ouvert de nouvelles perspectives à la datation radiocarbone », note Anita Quiles. « On peut plus facilement dater des objets archéologiques précieux, qu'on s'interdisait auparavant d'échantillonner, confirme Bernard Berthier, directeur du LMC14. Et lorsqu'on le peut, on multiplie les mesures qui sont ensuite traitées par la statistique, ce qui permet d'obtenir des résultats plus précis. »

Près de 130 échantillons de quelques milligrammes ont ainsi été prélevés sur les vestiges funé-



La période d'accession au trône de Toutankhamon (ci-dessus) a été déterminée à l'aide de la statistique.

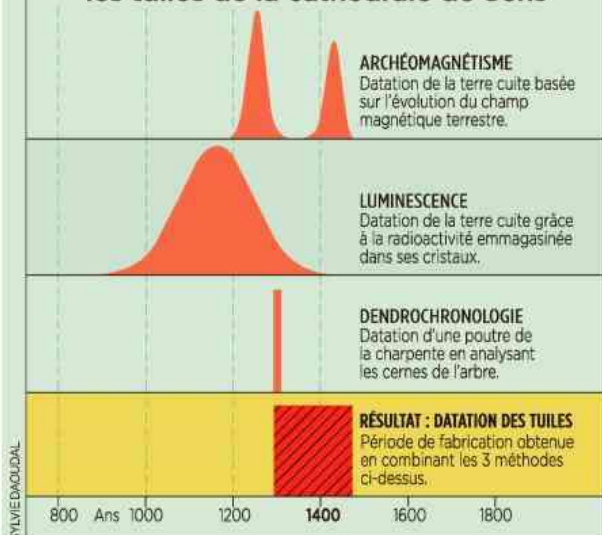
Pharaons : une chronologie affinée



La XVIII^e dynastie égyptienne a été reconstituée en combinant par la statistique des mesures au carbone 14, des informations archéologiques et des dates astronomiques issues des textes anciens. Le résultat permet aux chercheurs de déterminer la période d'accession au trône des différents pharaons.

raires. Résultat : l'ensemble de ces mesures physiques, combinées aux informations astronomiques et archéologiques, ont fourni des datations pour la XVIII^e dynastie compatibles avec les connaissances des égyptologues. Comme la plupart des chercheurs spécialisés dans le carbone 14, Anita Quiles utilise pour ses calculs un logiciel développé dès les années 1990 par le laboratoire ORAU (Oxford Radiocarbon Accelerator Unit) en Grande-Bretagne. Car, bien que théorisée par le mathématicien britannique Thomas Bayes dès le XVIII^e siècle, la statistique qui porte son nom n'a été appliquée que récemment à l'archéologie. C'est l'avènement de l'informatique qui a permis la résolution des équations complexes qu'elle met en jeu. « Il faut encore compter plusieurs heures, ►

3 techniques combinées pour dater les tuiles de la cathédrale de Sens



Une cinquantaine de tuiles de la cathédrale de Sens ont été datées en utilisant plusieurs méthodes — archéomagnétisme, luminescence et dendrochronologie. Cela a permis de situer la cuisson de ces tuiles entre 1290 et 1460. Une information précieuse pour les archéologues, qui manquent de référentiel concernant les matériaux de couverture médiévaux.



DRAC - CRMH-BOURGOGNE

► et parfois plusieurs jours, pour faire tourner un modèle un peu élaboré », avoue Philippe Lanos, directeur de recherche à l'Institut de recherche sur les archéomatériaux basé à Rennes (CNRS-Iramat), et dont l'équipe a développé le premier logiciel français du genre. « La richesse du calcul bayésien tient au fait qu'il est possible d'introduire des informations a priori dans le calcul statistique, c'est-à-dire des éléments connus avant d'avoir réalisé les mesures, explique Philippe Lanos. Lorsqu'on date une amphore gallo-romaine, on s'attend par exemple à ce que le résultat se situe entre 50 avant J.-C. et 400 après J.-C. Cette donnée peut être injectée dans le modèle, sous la forme d'une loi de probabilité, ce qui améliore le résultat final. Bien sûr, on n'a pas attendu le calcul bayésien pour intégrer ce type d'information à notre raisonnement scientifique. Mais on ne pouvait le faire de façon fiable que dans le cadre de scénarios assez simples. »

Grâce aux mathématiques, il est maintenant possible de traiter des hypothèses très élaborées : succession d'événements ou de

périodes historiques, antériorité ou postériorité entre deux objets ou deux séries d'objets (retrouvés, par exemple dans des couches stratigraphiques)... « Finalement, le schéma bayésien revient à modéliser une fonction d'apprentissage, comme celle mise en œuvre par le cerveau humain, ou par l'algorithme des moteurs de recherche sur Internet. On s'appuie sur les informations pré-acquises qui, combinées à de nouvelles observations, permettent de conduire un raisonnement plus performant », note Philippe Lanos.

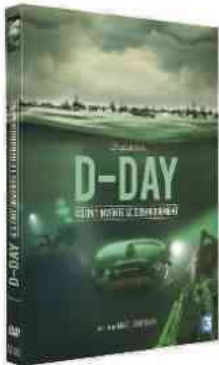
L'incertitude chute à 10 %

De plus en plus de chercheurs font appel à la statistique bayésienne pour optimiser leurs résultats. Au Laboratoire de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF), Antoine Zink traite ainsi les résultats de plusieurs techniques de luminescence appliquées à un même objet. Celles-ci indiquent la dernière chauffe ou la dernière exposition à la lumière d'un matériau. « Lorsqu'elle est pratiquée sur des objets d'art dont nous ne connaissons pas le contexte

archéologique, une seule méthode de luminescence donne en général des résultats avec une erreur de 15 à 20 %, explique-t-il. En injectant dans le logiciel les données issues de plusieurs méthodes, l'incertitude chute à 10 %. »

Antoine Zink a ainsi dévoilé l'histoire d'un superbe bronze yéménite récemment restauré au C2RMF (voir p. 56). En collaboration avec Philippe Lanos, il a aussi participé à l'étude des tuiles de la cathédrale de Sens, en associant luminescence, archéomagnétisme et dendrochronologie (voir ci-dessus). Une combinaison qui a permis de réduire presque de moitié l'incertitude de la datation. D'après Philippe Lanos, « nous sommes encore en train d'explorer toutes les possibilités offertes par la statistique bayésienne en archéologie. À l'avenir, elle pourrait même servir à établir à l'avance des stratégies de datation. Aujourd'hui, on prélève les échantillons puis on fait les calculs. Demain, on pourrait simuler des scénarios en amont et ainsi optimiser les fouilles sur le terrain ». ■

Audrey Boehly



Documentaire de Marc Jampolsky, FranceTV Distribution, 1 h 35 min, 14,99 €

DVD

D-Day. Ils ont inventé le débarquement

Ce film n'est pas une histoire du débarquement de Normandie le 6 juin 1944. Il raconte la mission archéologique D-Day qui, en 2013, a exploré 511 km² de fonds marins de la baie de Seine, au large des cinq plages du débarquement, à la recherche d'un champ de bataille oublié : des centaines d'épaves de navires, barges, tanks... engagés par les Alliés dans cette opération hors normes. Ces vestiges promis à une disparition inéluctable ont été très peu étudiés. Or, ils racontent beaucoup du travail crucial et méconnu d'ingénieurs et techniciens qui ont fait du débarquement un « triomphe de la technologie et de l'ingénierie ». À partir de plans d'époque et des données remontées, Dassault Systèmes a produit une série de modélisations 3D, notamment des ports artificiels Mulberry, hyperréalistes et qui serviront à prolonger le travail scientifique. Le livre (La Martinière, 96 p., 20 €) en dit plus sur ce volet, propose les interviews complètes des intervenants du film et entre davantage dans les détails des inventions techniques. ■ **Arnaud Devillard**

LES SEIGNEURS DU DÉSERT

Chantal Edel, Omnibus, 960 p., 29 €



Sahara, le « désert » en arabe. Ils sont une poignée à l'avoir aimé et parcouru, de Fatallah Sayeghir (1810-1814), René Caillié (1828), lady Anne Blunt (1878-1879), en passant par Gertrude Bell (1914), Lawrence d'Arabie (1916-1918) ou Wilfried Thesiger (1946-1950). Cet ouvrage rassemble les récits des « premières pénétrations européennes de ces étendues méconnues ». Un éclairage indispensable pour mieux comprendre, aujourd'hui encore, les ressorts secrets de mouvements tels que les printemps arabes. ■ **C. C.**

BD

LA MORT BLANCHE

Robbie Morrison et Charlie Adlard, Delcourt, 96 p., 14,95 €



Dans le concert de commémorations du centenaire de la « der des ders », ce récit graphique des soldats piégés sur le front italien de 1916 sort du lot. Armé d'un trait plus charbonneux et fébrile que celui dont il use dans la célèbre série *Walking Dead*, Charlie Adlard illustre ce récit d'apocalypse, cette lutte des corps et des âmes pris dans le maelström givré des montagnes alpines. ■ **H. R.**

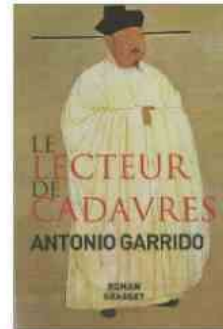
TARQUIN LE SUPERBE, ROI MAUDIT DES ÉTRUSQUES

Thierry Camous, Payot, 319 p., 25 €



Des Étrusques, il ne nous reste que des tombes et les récits douteux de leurs vainqueurs, Grecs et Romains. Thierry Camous, chercheur associé au CNRS, mène l'enquête sur l'un de leur haut dignitaire, Tarquin le Superbe (534-495 avant J.-C.), qui devint le septième et dernier roi de Rome. Décrit comme l'un des plus grands tyrans de cette histoire ancienne, où légende et réalité se confondent, était-il vraiment ce parricide accédant au trône par le meurtre de son beau-père, Servius Tullius ? ■ **C. C.**

Le Lecteur de cadavres



Antonio Garrido, Grasset, 608 p., 21,50 €

S'il n'y avait qu'un polar historique à mettre dans ses bagages cet été, ce serait celui-ci. Traduit en français cette année, ce roman-fleuve de l'Espagnol Antonio Garrido a obtenu de nombreux prix dont le Prix international du roman historique. Bâti pour être un best-seller, il réserve un rebondissement par chapitre, emportant le lecteur dans une quête échevelée au sein de la Chine médiévale. Le héros s'inspire

du personnage réel de Ci Song (ou Song Ci), né au XIII^e siècle et considéré comme le premier médecin légiste de l'histoire. Rien ne subsiste de lui sinon des traités d'une grande modernité dans l'approche de sa discipline. Antonio Garrido profite de ces zones d'ombre pour imaginer un scénario qui, n'en doutons pas, fera un jour ou l'autre l'objet d'une adaptation cinématographique. Contraint de quitter son village dans le plus profond dénuement après la mort de ses parents, Ci Song réussit, grâce à son don pour repérer les causes de la mort en examinant les cadavres, à accéder à l'université où il poursuit des études de médecine. Appelé à la cour de l'empereur pour exercer ses talents, il déjoue peu à peu un machiavélique complot. Haletant. ■ **Carole Chatelain**

La Vie sur le fil



Aline Kiner, Liana Levi, 208 p., 18 €

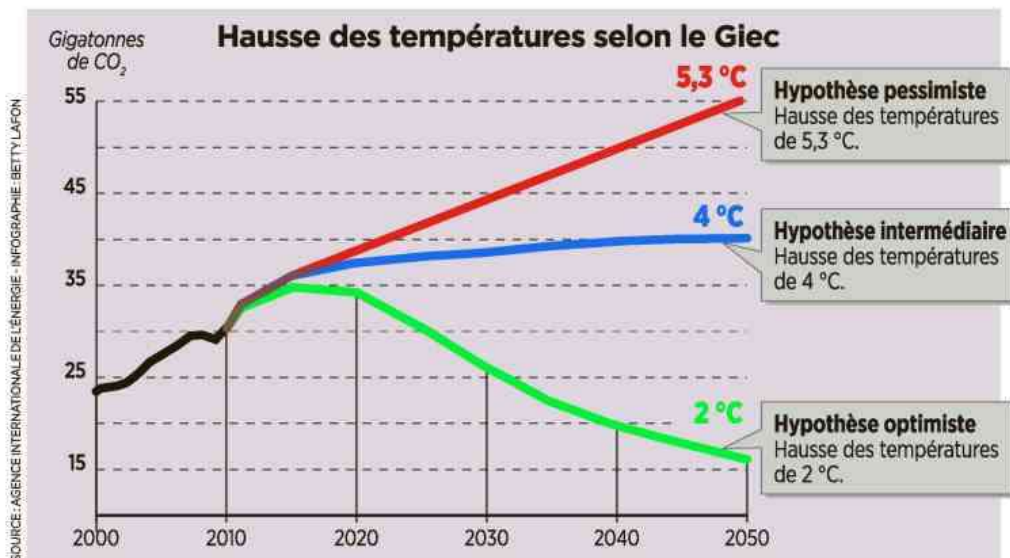
Après *Le Jeu du pendu*, premier roman couronné du prix Interpol'art, notre collaboratrice Aline Kiner, rédactrice en chef des hors-séries de *Sciences et Avenir*, quitte ici les rives du roman policier pour les bords de la Seine et du Nil. Roman très intimiste, ce récit décrit, par touches frissonnantes, quelques jours de la vie suspendue d'une jeune femme luttant pour ne pas perdre pied face à la maladie. Reliée par le biais d'une cabine téléphonique à un interlocuteur inconnu, photographe sur le site archéologique d'Abydos, en Égypte, Éva tente de dénouer l'écheveau de vies qui se croisent pour mieux retrouver la sienne. Celle dont le métier est de redonner corps à des hommes et femmes préhistoriques, dont elle sculpte les visages pour le compte de musées, part à la reconquête d'elle-même. Un roman à plusieurs voix, plusieurs géographies et plusieurs époques, qui relie toutes les générations, depuis les plus lointaines venues du fond des âges. Une réflexion sur la vie, sensible et lumineuse. ■ **C. C.**

Objectif 2 °C : mission possible ?

Un groupe de scientifiques de 15 pays propose des scénarios innovants de « décarbonation » pour limiter le réchauffement de la planète. Exclusif.

Par Elena Sender

Ça ne semble pas grand-chose, mais 2°C de plus en moyenne à l'échelle de la planète constituent une limite au-delà de laquelle l'humanité risque gros. Selon le rapport 2013-2014 du Groupe d'experts intergouvernemental sur le climat (Giec), dépasser ce seuil serait annonciateur de phénomènes climatiques extrêmes. Or, les activités humaines produisent des gaz à effet de serre (GES) qui font croître la température de telle manière que les prévisions annoncent une augmentation moyenne jusqu'à 5,3 °C d'ici à 2050. L'objectif de 2 °C (par rapport à l'ère préindustrielle) à ne pas dépasser a pourtant été acté par les Nations unies lors de la 15^e Conférence des parties sur le changement climatique à Copenhague (COP 15) en 2009. Mais cet engagement est actuellement non contraignant (ni contrôle ni sanction). Il reste donc à l'entériner et à le rendre effectif de toute urgence. Le sommet qui aura lieu à Paris, en décembre 2015, pour la COP 21 sera crucial en ce sens. Tous les acteurs de la lutte contre le changement climatique se mettent en ordre de bataille. *Sciences et Avenir* suivra au plus près les enjeux, débats, projets, qui permettront d'obtenir — ou pas — ce véritable accord ambitieux sur le climat.

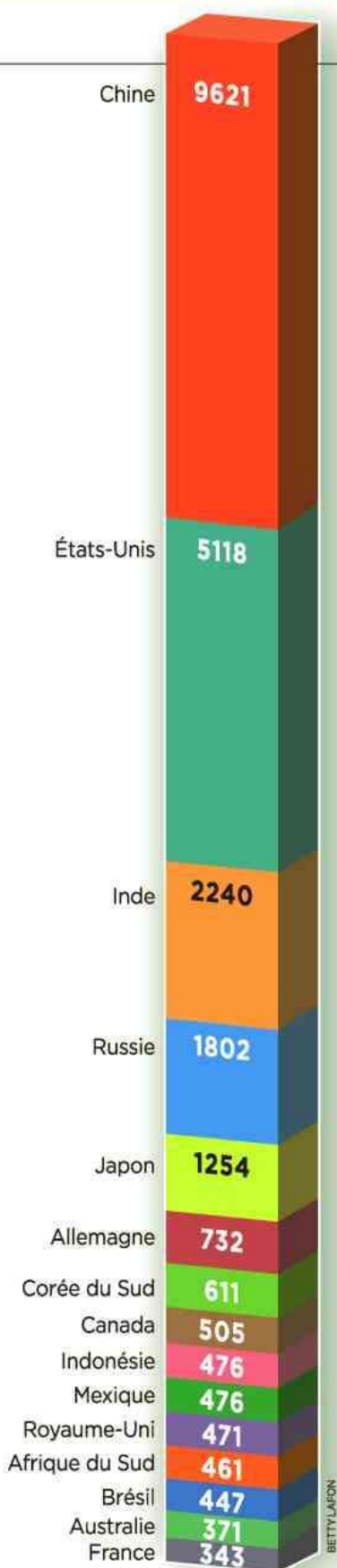


LA PLANÈTE A LA FIÈVRE. Et si nous parvenions à la contrôler ? À contenir l'augmentation moyenne de son réchauffement à 2° Celsius, comme le préconisent les experts du Giec, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ? Une équipe de scientifiques relève ce défi. Elle entend démontrer aux politiques que les stratégies pour limiter le réchauffement climatique existent dans chaque pays, pourvu qu'on les mette en œuvre dès aujourd'hui. Ce « Yes we can » de la science est porté par le Sustainable Development Solutions Network (SDSN) et l'Institut du développement durable et des relations inter-

La hausse attendue des températures moyennes mondiales est fonction de l'augmentation de l'émission de CO₂.

nationales (Iddri). Baptisé Deep Decarbonisation Pathway Project (DDPP), il va faire l'objet d'un premier rapport remis le 8 juillet à Ban Ki-moon, secrétaire général des Nations unies, dont nous avons la primeur.

Rappelons les faits : si l'humanité continue à se développer sans rien changer à son mode de consommation et de production « *business as usual* », la planète se réchauffera d'ici à 2050. Et ce, en raison de l'émission des gaz à effet de serre (GES), le protoxyde d'azote (N₂O), le méthane (CH₄) et, principalement, le dioxyde de carbone (CO₂) émanant des activités humaines (voir l'infographie ci-dessus). Ces gaz persistants dans l'atmosphère



Les 15 pays participant au projet DDPP représentant 75 % des émissions de CO₂ au monde (en millions de tonnes de CO₂ en 2012).



La Chine va devoir investir dans les énergies renouvelables (ici, le solaire) pour faire baisser sa part de production d'électricité issue du charbon, énergie hautement émissive de CO₂.

forment comme un couvercle de Cocotte-Minute au-dessus de nos têtes qui, en empêchant la chaleur d'être évacuée, fait grimper le thermomètre terrestre. Contenir l'augmentation de cette température à 2 °C implique de diviser de moitié les émissions mondiales de GES d'ici à 2050 et par quatre dans les pays les plus industrialisés. « C'est impossible, assure Christian Gollier, professeur d'économie à Toulouse School of Economics, membre du Giec. Il faudrait une action massive immédiate et générale, c'est illusoire. » Pour beaucoup, en effet, l'objectif du 2 °C est irréaliste.

Mais pas pour tous. L'économiste Jeffrey Sachs (lire p. 61), directeur du SDSN et de l'Earth Institute de l'université Columbia à New York, et Laurence Tubiana, fondatrice de l'Iddri et représentante spéciale du gouvernement français pour la conférence Paris Climat 2015, ont eu l'idée de réunir autour de la table des scientifiques issus des 15 pays parmi les plus émetteurs de GES et de leur confier

une mission : établir les trajectoires de développement de leur pays compatibles avec l'objectif de 2 °C. « Ils doivent définir des scénarios sectoriels et technologiques crédibles, réalistes et économiquement viables à l'horizon 2050, afin de permettre une division des émissions de CO₂ par 2 par rapport à aujourd'hui », explique Emmanuel Guérin, de l'Earth Institute, coordinateur du DDPP à New York. Son alter ego à Paris, Henri Waisman, de l'Iddri, précise : « Cela revient à définir ▶

AGENDA



PARIS 2015. Jusqu'à 25 000 délégués sont attendus pour 21^e conférence des parties de l'ONU (COP 21) sur le climat qui se tiendra à Paris du 30 novembre au 11 décembre 2015, sur le site du Bourget. 195 pays tenteront à nouveau de signer un accord pour limiter le réchauffement climatique. 40 000 à 50 000 personnes sont attendues.

LES PROCHAINS RENDEZ-VOUS

22 septembre 2014 : sommet sur le climat lors de l'Assemblée générale des Nations unies.

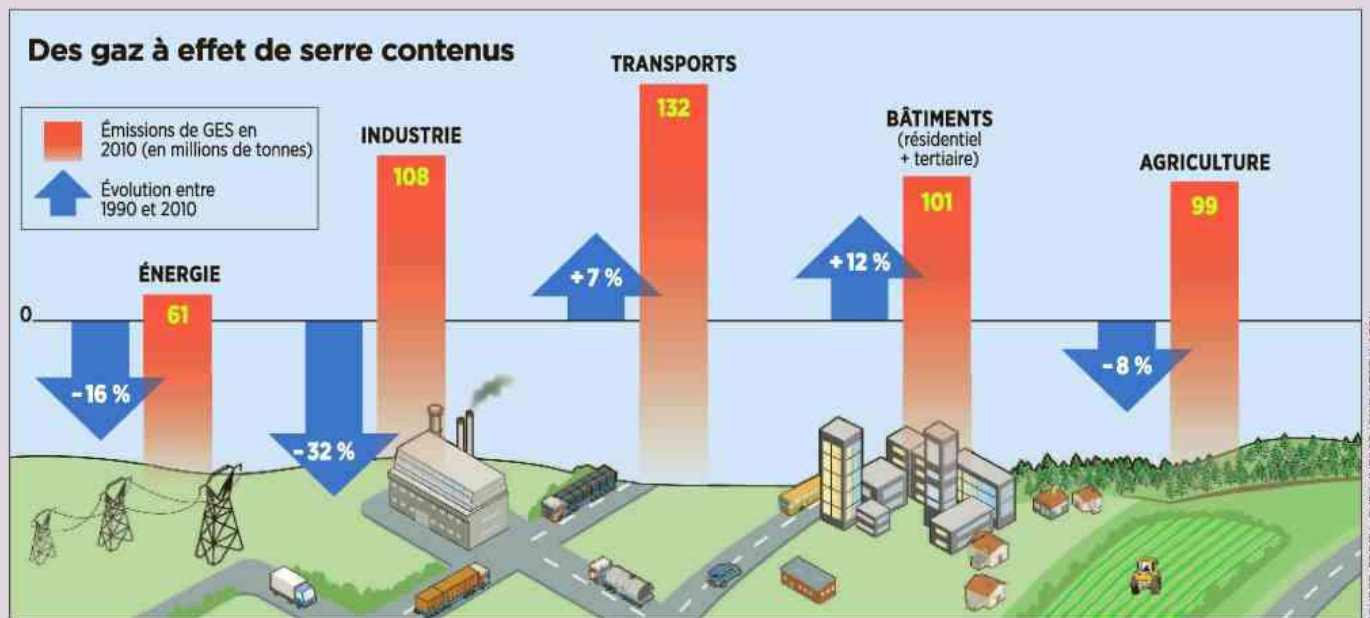
14 au 18 octobre 2014 : réunion du Giec à Batoumi (Géorgie) : adoption de la synthèse du cinquième rapport d'évaluation.

1^{er} au 12 décembre 2014 : COP 20 à Lima (Pérou).

1^{er} semestre 2015 : remise des engagements et des plans d'action des États.

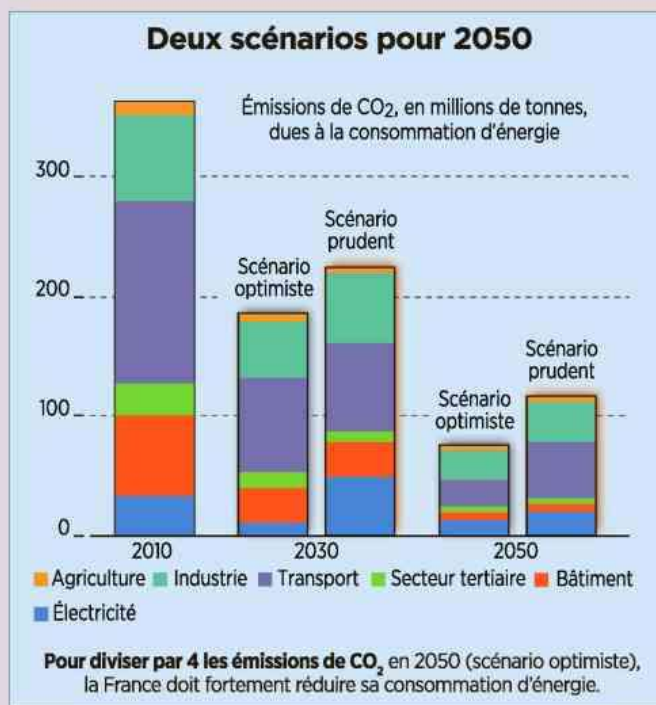
30 novembre au 11 décembre 2015 : COP 21 à Paris.

En France, comment diviser par quatre les émissions de CO₂



La France doit faire porter ses efforts sur la réduction de la consommation d'énergie des transports et de l'habitat.

En France, en 2050, chaque habitant n'émettra plus que 1,4 t de CO₂ par an contre 5,6 aujourd'hui. Tel est l'objectif de l'équipe « France » du Deep Decarbonisation Pathway Project (DDPP) menée par Patrick Criqui, directeur du laboratoire CNRS Edden (Économie du développement durable et de l'énergie), Sandrine Mathy, chargée de recherche, et Jean-Charles Hourcade, directeur du Cired (Centre international de recherche sur l'environnement et le développement). Objectif qui, selon l'Agence internationale de l'énergie, permettrait de limiter l'élévation de la température planétaire moyenne à 2 °C en 2050... À condition que la moyenne des émissions annuelles de CO₂ par habitant, toutes nations confondues n'excèdent pas 1,7 t. « La France fait déjà partie des plus



faibles émetteurs de gaz à effet de serre par tête, explique Patrick Criqui. Grâce à une assez bonne efficacité énergétique, un faible poids de l'industrie lourde et une électricité à

75 % d'origine nucléaire. Mais elle doit encore diviser ses émissions par quatre. » L'équipe propose deux scénarios de décarbonisation (baisse des émissions de CO₂) partant

de la situation actuelle. Le premier, optimiste, table sur une très forte réduction de la consommation d'énergie d'ici à 2050, de 50 % par rapport à 2020, avec une population en hausse de 15 %. « Ce scénario proche de celui de l'Ademe [Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie] se caractérise par des forts gains d'efficacité énergétique, une baisse du nucléaire à 25 % de la production électrique en 2050, une montée en puissance des énergies renouvelables. » L'autre scénario, inspiré des travaux de l'Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie (Ancre), ne compte que sur une réduction de 20 % de la demande énergétique. « Là, le nucléaire reste à 50 %, mais on mobilise et on diversifie davantage les énergies renouvelables. » Ces deux scénarios avaient été utilisés lors des travaux préparatoires de la loi sur la transition énergétique.

► des trajectoires dont les émissions ne dépassent pas, en moyenne pour les quinze, un chiffre de référence de 1,7 tonne de CO₂ émis par personne et par an en 2050. » Certains émettront un peu plus, d'autres un peu moins. C'est la moyenne qui compte. Aussi, depuis dix mois, une soixantaine de scientifiques de 15 pays (Afrique du Sud, Allemagne, Australie, Brésil, Canada, Chine, Corée du Sud, États-Unis, France ; Inde, Indonésie, Japon, Mexique, Royaume-Uni et Russie) responsables de 75 % des émissions de CO₂ actuelles planchent sur leur scénario d'un monde au régime décarboné.

Deux outils d'analyse innovants servent aux projections

La chasse au carbone est ouverte. Comment ? « Au lieu de faire des prévisions (forecasting) à partir des données actuelles, comme le pratique le Giec, nous faisons du back casting, explique Henri Waisman. C'est-à-dire que chaque pays part de son point d'arrivée en termes de développement en 2050 (croissance, population, mobilité, occupation résidentielle, taux d'électrification, réduction de la pauvreté, etc.), associée à un objectif de forte réduction des émissions de CO₂ par personne. Puis il établit les chemins possibles pour y parvenir. » Chaque équipe utilise pour cela deux outils d'analyse développés par l'Iddri et le SDSN. Une « matrice de stratégie de décarbonisation », sorte de grand tableau à entrées multiples, qui décrit l'évolution des dix grandes activités sources d'émissions. Puis un tableau de bord qui traduit ces choix en chiffres.

« Chaque pays part de son point d'arrivée en termes de développement en 2050, associé à un objectif de forte réduction des émissions de CO₂ »

Henri Waisman, Institut du développement durable et des relations internationales

Mission accomplie ? Oui ! En France, « nous proposons deux scénarios à 1,4 t de CO₂ par personne et par an contre 5,6 aujourd'hui, affirme Patrick Criqui, représentant français du DDPP, directeur du laboratoire Édden (CNRS) (lire p. 60). Les États-Unis font presque aussi bien. « Nous avons quatre scénarios à 1,7 t de CO₂, contre 17,5 t en 2010, expose Jim Williams, représentant américain de DDPP, directeur scientifique d'Ethree (E3), une société de conseil californienne spécialisée dans l'électricité. Pour cela, bâtiments, véhicules et industries doivent avoir la plus grande efficacité énergétique possible. L'électricité doit être quasi décarbonée (d'origine non fossile), soit ne pas dépasser 5 % de l'électricité venant du gaz naturel (contre 27 % aujourd'hui) ou 2,5 % du charbon (39 % aujourd'hui). Enfin, tous les usages finaux qui peuvent être électrifiés doivent l'être. » Et la Chine ? « Il est difficile d'envisager qu'elle se dégage complètement du charbon, explique Henri Waisman. C'est pourquoi, le déploiement de solutions de capture et de stockage du carbone (très incertaines) ainsi que le développement maximal des technologies bas carbone, notamment renouvelables, constituent des enjeux techniques essentiels pour elle. »

Une fois ce premier rapport remis à l'ONU en juillet, s'enclenchera la deuxième phase du projet : déterminer les coopérations internationales à mettre en place pour rendre réalistes ces scénarios au plan mondial. Comment financer tout cela ? Ce sera aux politiques de répondre à cette question-là. ■



DEPAULA/AFP

INTERVIEW

JEFFREY SACHS

DIRECTEUR DE L'EARTH INSTITUTE À L'UNIVERSITÉ COLUMBIA, ÉTATS-UNIS, ET DIRECTEUR DU SDSN

« Cela suppose une transformation profonde de l'économie mondiale »

Comment contenir l'augmentation de température moyenne en deçà de 2 °C ?

Les émissions de CO₂ tendent à augmenter parallèlement à l'économie mondiale qui croît de 3 à 4 % par an. Elles sont actuellement d'environ 36 gigatonnes de CO₂ par an et s'envoleront à plus de 50 Gt/an d'ici à 2050 si on n'agit pas immédiatement. Un scénario à 2 °C implique de les ramener à environ 15 Gt/an en 2050. Comme la population devrait augmenter de 7,2 milliards à 9,3 milliards d'habitants, cela revient à viser en moyenne 1,7 tonne de CO₂ émis par personne et par an à cette échéance. C'est le chiffre de travail pris comme référence dans notre projet de recherche DDPP (lire ci-contre).

Que répondez-vous à ceux qui estiment que le scénario « 2 °C » n'est plus réaliste ?

Ce scénario est possible. Il a été acté par les Nations unies. Il est clair qu'il réclame un effort gigantesque. Les changements ne surviendront pas en une nuit, ils demanderont des décennies de politique rigoureuse, mais ils peuvent se produire. D'énormes gains en matière d'efficacité énergétique sont réalisables dans chaque secteur majeur de l'énergie, beaucoup de grandes villes peuvent réduire leur poids énergétique à travers un meilleur urbanisme, un développement des transports publics, etc.

Dans votre « Deep decarbonisation pathways project » le mot « deep » (profond) est crucial. Pourquoi ?

Nous devons abaisser les émissions globales de manière brusque alors que dans le même temps l'économie va croître. Cela implique des transformations profondes de l'économie mondiale. Plus profondes que les politiques ne semblent le réaliser. **Propos recueillis par E. S.**



ROGER ERLIA/BIOGRAPHOTO

Actif seulement durant le jour et peu apte au vol, le moustique tigre se déplace en se glissant dans les véhicules.

diptère est ensuite prêt à inoculer par piqûre la maladie à une personne saine. La vitesse de diffusion est impressionnante. « Si une femelle se contamine lors de son premier repas de sang, elle aura la capacité de réaliser plus de six piqûres potentiellement contaminantes, sachant qu'elle pique tous les trois jours et qu'elle a une espérance de vie "infectante" de près de vingt jours », calcule Didier Fontenille. C'est ce formidable pouvoir de dissémination qui explique l'épisode foudroyant de chikungunya en 2005-2006 à La Réunion. 270 000 personnes avaient contracté la maladie sur les 770 000 habitants de l'île. Si la métropole avait alors été épar-

gnée, c'est que l'épidémie s'était déroulée durant l'été austral, donc l'hiver en Europe. Des voyageurs en provenance de La Réunion, porteurs du virus, avaient donc bien débarqué dans les aéroports hexagonaux mais aucun n'avait pu être piqué, le moustique tigre étant absent durant cette saison. Ces malades avaient donc été comptabilisés parmi les 2000 personnes qui sont atteintes annuellement par une maladie virale contractée à l'étranger.

Les risques de transfert du virus sont multipliés

Pour que le cas importé devienne un cas « autochtone », il faut que la personne infectée soit piquée

par un moustique « local » après son arrivée, et que ce moustique aille piquer un voisin n'ayant jamais quitté le territoire national. Deux fois déjà ce scénario s'est produit en France. En août 2010, un homme de 64 ans et l'un de ses voisins de 18 ans ont développé la dengue, transmise par un voyageur en provenance des Antilles, sans jamais avoir quitté la France. Puis en août 2013, à Fréjus, où deux jeunes filles de 12 ans ont été atteintes du chikungunya. Le porteur était une enfant de 7 ans qui revenait de l'Inde.

La situation est aujourd'hui très différente. Chikungunya et dengue frappent les Antilles depuis décembre dernier. En ►

FICHE D'IDENTITÉ

Aedes albopictus

► Insecte de l'ordre des diptères (deux ailes). Famille des culicidés.

► 3500 espèces de moustiques répartis dans trois sous-familles ont été décrites par les scientifiques.

► Il y aurait 10 000 espèces de moustiques sur Terre.

► Deux principales espèces déjà présentes en France non vectrices de maladies : *Aedes caspius* et *Culex pipiens*.



Les insecticides pulvérisés pour éradiquer le moustique (ici à Saint-Paul, à La Réunion) polluent les zones traitées, et menacent l'écosystème en tuant d'autres espèces.

► Guadeloupe, l'épidémie est entrée en « phase de croissance exponentielle » début juin. Or, la saison des vacances estivales arrive. Selon l'Insee, un million de touristes se rendent dans les Caraïbes françaises tous les ans, et de nombreux Antillais de métropole viendront visiter leur famille cet été. Les risques de transfert du virus sont donc multipliés. De plus, la Nouvelle-Calédonie et la Polynésie française connaissent une poussée de zika, un arbovirus proche du chikungunya, lui aussi diffusé par le moustique tigre. Le risque d'épidémie hexagonale est pris en compte par la Direction générale de la santé (DGS) depuis 2006. Le plan de lutte est réactivé tous les printemps.

POUR EN SAVOIR PLUS

Éviter les insecticides, traquer les flaques d'eau, préférer les chemises à manches longues et les pantalons amples, imprégner ses vêtements de répulsif... Toute la liste des conseils et des produits établis par le Haut Conseil de la santé publique sur sciav.fr/809moustique

Il englobe les services de l'État, les agences régionales de santé (ARS) et les organismes de lutte contre les moustiques. Les cas de transmission autochtone de 2010 et 2013 ont constitué des sortes de programmes d'entraînement pour l'entente interdépartementale de démoustication (EID) de Méditerranée, la première concernée des 3 EID couvrant le territoire métropolitain. « Chaque cas suspecté est signalé à l'ARS par les médecins et une prise de sang doit confirmer le diagnostic dans les deux jours si possible, explique Christophe Lagneau, directeur de recherche à l'EID Méditerranée. Nous intervenons ensuite rapidement dans le quartier pour assécher tous les lieux de ponte possibles et réaliser, si nécessaire, un traitement contre les moustiques adultes. » C'est donc une course de vitesse qui risque de s'engager cet été contre un ennemi redoutable, plus petit qu'une pièce de 1 centime. ■

Loïc Chauveau

Des procédés de lutte innovants

Des alternatives aux produits chimiques dans la lutte antimoustique commencent à se développer. Car ceux-ci, non sélectifs, polluent gravement les zones traitées et tuent des espèces proches importantes pour les écosystèmes comme les libellules.

► De nouveaux pièges à CO₂

Depuis quelques mois, arrivent dans les jardineries des pièges à moustiques émettant du CO₂. « Les moustiques repèrent les humains grâce aux gaz émis par leur respiration, précise Brigitte Poulin, chef du département Écosystèmes du Centre de recherche écologique de la Tour du Valat (Camargue). En émettant du CO₂ à l'aide de cartouches situées dans des pièges, on peut espérer les détourner. » Le moustique tigre étant moins sensible au CO₂ que ses congénères, il faut y ajouter des concentrés d'émanations corporelles, notamment d'acide lactique.

► L'irradiation par rayons gamma.

L'IRD va tenter à l'automne prochain à La Réunion une nouvelle expérience : stériliser des mâles en laboratoire en les exposant à des radiations gamma pour ensuite les lâcher dans la nature. Car si la femelle peut avoir de nombreux partenaires, elle ne garde dans sa spermathèque que le sperme du premier mâle rencontré. Si celui-ci est stérile, la fécondation de quelques centaines d'œufs sera évitée.

► Les moustiques stériles OGM.

Au Brésil, ce sont des moustiques stériles obtenus par mutation génétique qui ont été relâchés sur deux bidonvilles de Jacobina dans le nord-ouest du pays. Ces *Aedes aegypti*, qui sont ici les principaux vecteurs de la dengue, portent un gène qui, transmis à leur progéniture, réduit la durée de vie de la génération suivante à 4 jours au lieu de 20, empêchant ainsi qu'elle se reproduise. L'expérience est en cours et il faudra du temps pour vérifier son efficacité. Ces insectes reposent par ailleurs la question des organismes génétiquement modifiés.

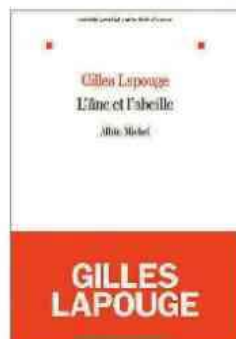


LE + NUMÉRIQUE

Signaler les moustiques

Un site Internet vous permet de signaler la présence de moustiques tigres dans votre environnement : www.signalement-moustique.fr

L'Âne et l'Abeille

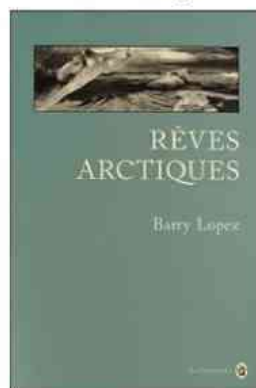


Gilles Lapouge, Albin Michel, 327 p., 19,50 €

Lui, « c'est un ange. Il a un caractère de cochon ». Elle est plutôt « communautaire, sociale... rationnelle ». L'âne et l'abeille se croisent dans cette fable en arabesques de Gilles Lapouge, à jamais épris des deux. Sa passion butine allègrement de mythologies en légendes, d'éthologie en biologie, d'histoire en littérature, avec une drôlerie élégante et irrésistible. Si l'abeille trône depuis l'Antiquité dans l'imaginaire des poètes et des philosophes,

l'âne n'est pas en reste. Certes, contrairement à celles des chevaux gaulois, « la tombe de bourricot est une rareté », mais, animal biblique plébiscité par le monde hébraïque, il est aux premières loges dans la crèche et a servi de monture à Jésus. Le récit nous apprend que « l'abeille n'est pas très luxueuse », tandis que « dans l'exercice de la bandaison, l'âne compte large ». C'est vrai, nous n'avions pas révélé encore que ce qui les relie, c'est le sexe : ils défient les lois de la nature en faisant l'amour avec d'autres espèces. L'abeille avec les fleurs, l'âne avec la jument... ■ **Andreina De Bei**

Rêves arctiques



Barry Lopez, Gallmeister, 504 p., 24,50 €

Paru en 1986, réédité et traduit, ce grand classique de nature writing, genre littéraire typiquement américain, dessine un vaste portrait d'une région méconnue, l'Arctique. Mêlant précision scientifique, commentaires et expériences personnelles, descriptions et anecdotes, Barry Lopez articule un récit où cohabitent les trappeurs, les ours polaires ou les grizzlys, les bœufs musqués et les chasseurs

de baleine. Mais le véritable questionnement de Barry Lopez est ailleurs : « De nos jours, il est difficile de parcourir l'Arctique sans être frappé par l'évidence d'un changement récent. » Un changement dû à l'irruption du monde « moderne », de sa technologie, de sa quête de ressources et d'exotisme, mais incapable de comprendre qu'il faudrait plus que quelques expéditions de baleiniers pour se gargariser de connaissances que « les Esquimaux avaient mis des centaines d'années à acquérir à force d'interroger patiemment le pays ». ■ **Arnaud Devillard**

PETITES LEÇONS DE CHOSES

Jean-Pierre Picandet et Clotilde Palomino, la Librairie des Écoles, 144 p., 18,90 €



Voici un livre idéal pour initier les plus jeunes à la science dès 4 ans. En revisitant au goût du jour les « leçons

de choses » d'autrefois, ce guide ludique part de l'observation du quotidien pour déclencher la curiosité et le questionnement scientifique. ■ **A. B.**

LE POUVOIR DE LA PÉDALE

Olivier Razemon, Rue de l'Échiquier, 190 p., 15 €



Pour ou contre le casque à vélo ? Le lobby automobile encouragerait justement son port... pour contraindre

les cyclistes et faire passer le vélo pour une activité rabat-joie et dangereuse, suggère Olivier Razemon. Ce blogueur à succès livre ici un plaidoyer pour une transition cyclable. Dans un essai fluide et drôle, il s'attaque aux questions de coût, de revêtement routier, de santé, de sécurité, de sociologie, de politique... ■ **R. M.**

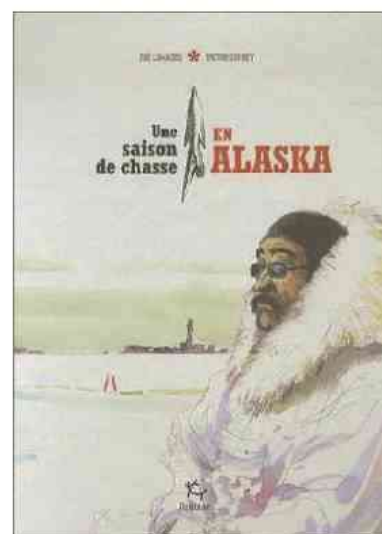
NATIONAL GEOGRAPHIC. LE TOUR DU MONDE EN 125 ANS

Reuel Golden, Taschen, 1404 p., 399 €



À l'instar du *National Geographic*, dont il fête les 125 ans, ce coffret de trois volumes illustrés est

plus qu'imposant. Cette plongée dans les archives du prestigieux magazine américain a fait émerger une profusion d'images souvent inédites. Les trois parties parcourent les Amériques et l'Antarctique, l'Europe et l'Afrique, l'Asie et l'Océanie, et entraînent le lecteur à la découverte du monde mais aussi de l'évolution de la revue. ■ **A. De B.**



Zoé Lamazou, Victor Gurrey, Paulsen, 298 p., 29 €

Une saison de chasse en Alaska

« C'est à l'argent du pétrole que la plupart des habitants du Grand Nord alaskien doivent le traitement des eaux usées et le confort moderne de la défécation dans l'eau [...] Ils ne sont plus qu'un tiers à utiliser le traditionnel Honey Bucket ("seau à miel") ». Bienvenue à Point Hope, dans l'extrême nord de l'Alaska où les températures oscillent entre -20° et -40 °C. Une journaliste et un dessinateur sont partis vivre trois mois chez les Inupiat. Un monde en pleine mutation et un eldorado convoité, avec 13 % des ressources inexploitées en gaz, 13 % du pétrole à découvrir et une glace qui fond. Le temps d'une saison de chasse à la baleine, Zoé Lamazou (fille du navigateur Titouan Lamazou) et Victor Gurrey ont vécu dans un igloo moderne, attendu « l'eau libre », goûté au lard de bélouga, enquêté sur les projets pétroliers et recueilli les témoignages : chasseurs, sculpteurs, ados ou femmes au foyer, président du conseil tribal, « Blancs » mariés sur place ou juste venus gagner un salaire, pétroliers, gaziers, environnementalistes... Ce reportage au long cours a juste ce qu'il faut de sérieux et d'humour, de distance et d'empathie. À l'écrit ou à l'aquarelle, les portraits, les scènes intimes ou naturalistes rendent ce monde lointain palpable. ■ **Rachel Mulot**

CLONAGE Multiplication d'une cellule animale par transfert de son noyau dans un ovocyte énucléé en vue d'établir des lignées cellulaires ou un nouvel individu.

IPS Cellules souches pluripotentes induites, obtenues par rajeunissement de cellules adultes différenciées.

BLASTOCYTE Embryon de mammifère au sixième jour de développement constitué d'une centaine de cellules souches embryonnaires qui peuvent être cultivées *in vitro* pour produire n'importe quel type cellulaire.

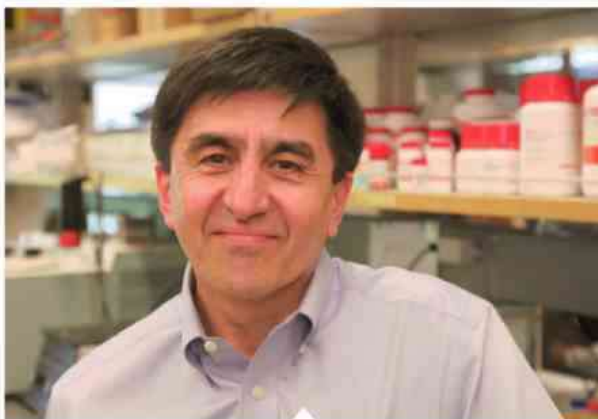
Le clonage humain devient réalité

Des chercheurs sont parvenus à dupliquer des cellules humaines. Un exploit scientifique qui pourrait être sans lendemain avec l'apparition de techniques plus simples, comme les IPS.

Par Hervé Ratel

C'EST PEU DIRE QU'ILS SE SONT FAIT DÉSIRER. Mais ça y est, ils sont enfin parmi nous ! « Ils », ce sont les premiers clones humains. Pas de panique toutefois. Des individus photocopiés à la chaîne ne sont pas près de déferler dans nos rues. Les travaux accomplis par trois équipes scientifiques indépendantes ont consisté « seulement » à cloner des cellules humaines et à établir des lignées cellulaires stables. Reste que l'exploit est incontestable. Après deux décennies d'échecs, l'être humain finit par entrer dans le club des espèces « clonables » aux côtés des brebis, chats, souris, vœux ou chiens, qui se sont multipliés ces dernières années dans les laboratoires (lire p. 71).

Depuis 1996 et malgré tous les aménagements possibles, la technique de clonage développée pour la brebis Dolly ne semblait en effet pas fonctionner sur l'être humain ni, plus largement, sur les primates. Qui saurait contourner les difficultés et mettre au point la recette miracle ? Tout a commencé en mai 2013 quand



Shoukhrat Mitalipov dirige l'équipe américaine à l'origine de l'exploit.

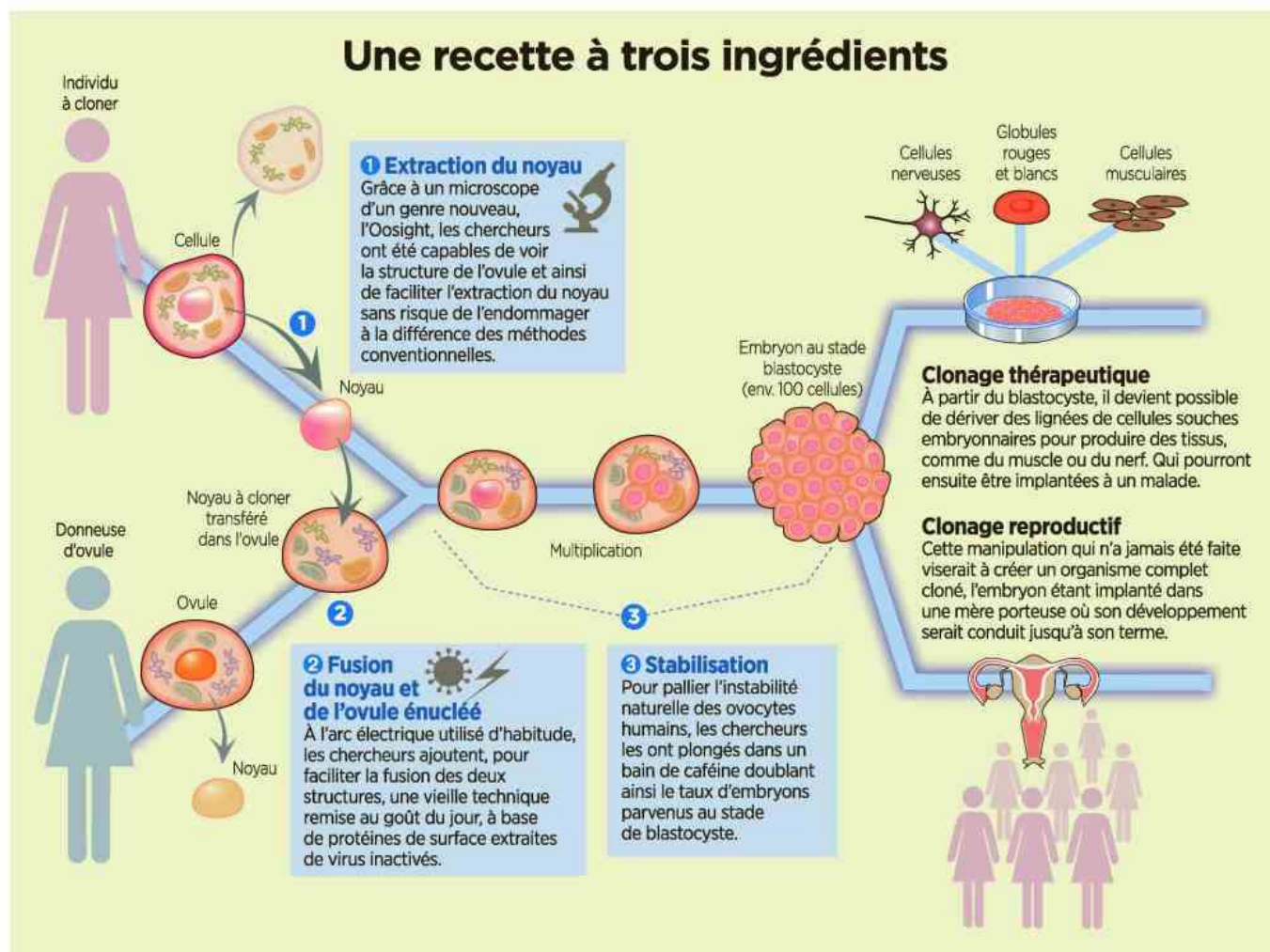
l'équipe de Shoukhrat Mitalipov, de l'université de la Santé et des Sciences de l'Oregon (Beaverton, États-Unis) a publié sa méthode de clonage humain dans la revue *Cell*. « Ce qu'ont accompli Mitalipov et son équipe est remarquable, s'extasie Laure Coulombel, directrice de recherche à l'Inserm. Pas étonnant que ce soit leur laboratoire qui ait trouvé la recette, fort de l'expertise qu'ils développent depuis de nombreuses années en travaillant sur le primate. » Et en avril, est venue la confirmation : oui, le

clonage humain est sans l'ombre d'un doute une réalité scientifique. Et ce sous la forme d'une double publication dans les revues *Cell Stem Cell* et *Nature* de travaux menés respectivement à l'université de Séoul (Corée du Sud) et à la Stem Cell Foundation Research Institute de New York (États-Unis).

Des « fausses » annonces ont conduit à la prudence

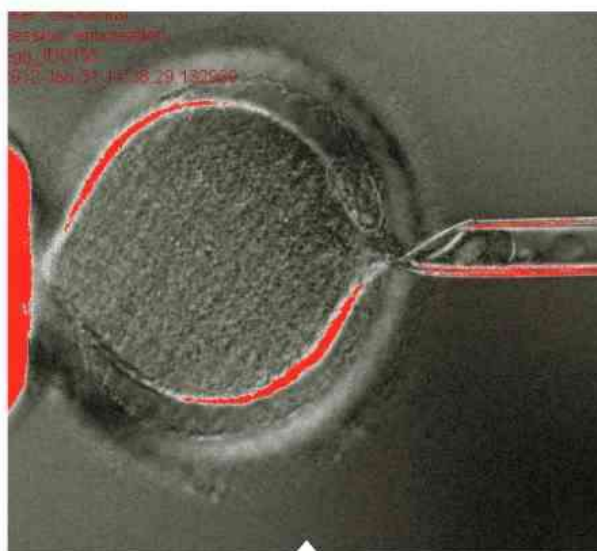
Si Dolly avait fait les unes du monde entier, c'est un relatif silence qui a suivi la publication de 2013, pourtant révolutionnaire, comme celles d'avril. Il faut avouer qu'en matière de clonage humain, tout le monde y regarde en effet à deux fois avant de crier victoire. Après plusieurs épisodes rocambolesques, prudence et rigueur sont désormais de mise. On se souvient d'abord de la fraude mémorable perpétrée par le chercheur coréen Hwang Woo-Suk, de l'université de Séoul. L'annonce victorieuse en février 2004 de la réussite du clonage d'un embryon humain fut infir-

Une recette à trois ingrédients



SYLVIE DAUDAL

mée moins d'un an plus tard. On se souvient peut-être aussi du spectacle de foire auquel s'était livrée quelque temps auparavant la secte Raël, avec le faire-part de naissance d'un clone nommé Ève... dont on n'a plus jamais plus entendu parler. Quant au père de Dolly en personne, sir Ian Wilmut, anobli par la reine pour ses travaux, il a beaucoup tiré la couverture à lui, s'adjudant des lauriers qui n'étaient pas totalement les siens. En 2007, il admettait que sa contribution à la création de Dolly avait été beaucoup moins importante que celle de son collègue Keith Campbell qui n'a jamais eu les honneurs d'un adoubement royal. Bref, le clonage fait tour-



Le noyau d'un ovule d'une donneuse est extrait pour être remplacé par celui de l'organisme à cloner.

ner les têtes jusqu'à la folie ou presque. Celles de Shoukhrat Mitalipov et de son équipe semblent, au contraire, s'être maintenues correctement en place. Serait-ce grâce... au café ? Pas tout à fait une plaisanterie, puisque la caféine figure au premier rang des ingrédients qui ont rendu l'exploit possible (voir l'infographie ci-dessus) ! La substance semble stabiliser l'ovocyte receveur et faciliter la fusion du noyau de l'organisme donneur. Sans caféine, le taux de réussite chute brutalement et aucun blastocyste cloné n'a été en mesure de donner des lignées stables de cellules embryonnaires. Leur exploit scientifique, fondamental, est indiscutable. Une ►

CULTURE

Les clones de fiction, des copies au rabais

La littérature et le cinéma ont régulièrement développé le thème du clonage humain. Avec un point commun : une déperdition de qualité.

Quel est le point commun entre un vélociraptor, Ripley l'héroïne du film *Alien*, Spider-Man et Adolf Hitler ? Réponse : tous ont été clonés à un moment ou à un autre de leur histoire. Le premier dans *Jurassic Park*, la deuxième dans le quatrième volet de ses aventures cinématographiques, l'homme-araignée dans une saga controversée des années 1990. Quant à Hitler, il faut remonter à *Ces garçons qui venaient du Brésil*, roman d'Ira Levin de 1976, porté à l'écran deux ans plus tard par Franklin Schaffner, et dans lequel une conspiration nazie vise à cloner le Führer pour établir le IV^e Reich. Dans la fiction, pas de pitié pour les clones qui sont le plus souvent d'affreux jojos dotés des pires intentions. Ce qui ne laisse pas de surprendre, un clone n'étant pas censé en théorie avoir plus mauvais fond que son modèle, pas plus en tout cas qu'un jumeau par rapport à son frère ou sa sœur. Mais, c'est ainsi, la fiction semble avoir intégré l'idée qu'un clone n'était qu'une copie au rabais et que cette simple déperdition de qualité d'une génération à l'autre suffisait à le rendre méchant et dangereux. La science ne donne d'ailleurs pas totalement tort à cette intuition. La brebis Dolly est morte jeune, 6 ans, atteinte de vieillissement précoce, souffrant d'arthrose et d'infections pulmonaires. Et la plupart des clones semblent



Clonée à partir d'échantillons de sang, Ripley revit dans le quatrième film de la saga *Alien*.

voués à un sort analogue. On le voit aujourd'hui : ces doublures ne sont pas la copie conforme de leurs modèles. La faute, croient savoir les chercheurs, aux étiquettes épigénétiques présentes à la surface des gènes et dont le compteur n'est pas totalement remis à zéro lors du clonage du noyau somatique. La faute également à l'ADN mitochondrial (porteur de gènes impliqués dans la production d'énergie cellulaire) qui n'est pas cloné et qui reste celui du

donneur d'ovule. Tout se passe donc comme si les clones en dépit de leur apparence juvénile conservaient l'âge et l'usure de leur modèle. Des jeunes-vieux en quelque sorte. Si tel est le cas, difficile d'envisager en faire un jour des pourvoyeurs d'organes de rechange pour (riches) organismes vieillissants. C'est pourtant le postulat de départ d'*Auprès de moi toujours*, de Kazuo Ishiguro, adapté au cinéma par Mark Romanek sous le titre *Never Let Me Go*. Élevés à l'abri des regards dans un pensionnat, trois jeunes gens découvrent qu'ils sont des clones destinés à fournir leurs organes vitaux et à mourir au bout de trois ou quatre transplantations. De remplacement, il est encore question dans le film *Moon*, de Duncan Jones, où les clones ont des durées de vie limitées et se succèdent dans les mêmes tâches ingrates, persuadés d'être seuls au monde. Et c'est bien là le paradoxe le plus cruel du clone et sa plus grande frustration : aspirer à être unique alors qu'il ne se définit et n'existe que par rapport à son modèle...



Dans *Moon*, l'unique occupant de la station lunaire, découvre qu'un alter ego lui dispute la place.

Le clonage d'animaux n'a pas bouleversé l'industrie agroalimentaire

Trouve-t-on du bœuf cloné dans nos assiettes, plongeons-nous nos mouillettes dans des œufs clonés à la coque ? Parie-t-on sur des pur-sang clonés ?

« Il est totalement interdit, en tout cas en Europe, de produire de la viande et du lait d'animal cloné. Tous les clones sont réservés à un usage de recherche », rappelle Alice Jouneau, de l'Inra. Au début des années 2000, quand le clonage avait le vent en poupe, on évoquait pourtant nombre d'applications pratiques. La FDA, l'agence américaine chargée de contrôler la qualité des aliments, avait même rendu un avis favorable à la commercialisation de viande et de lait issus d'animaux clonés. Dans les faits cependant, peu d'animaux clonés outre-Atlantique entrent dans la chaîne alimentaire humaine. Le coût n'en vaut pas la chandelle. D'une part, la gestation de ces créatures de laboratoire est toujours une affaire délicate où la réussite reste mineure et ne dépasse jamais

quelques centièmes. Ainsi, Dolly aura été la seule survivante sur 300 tentatives environ. « D'autre part, si on veut avoir de bons reproducteurs, argument premier des partisans du clonage, détaille Alice Jouneau, l'évolution des techniques de criblage génétique ainsi qu'une bonne connaissance de la fertilité des animaux suffisent à la tâche. » Quant à faire revivre des animaux disparus, là encore l'idée a vécu. Ainsi, il semble totalement hasardeux d'espérer un jour parvenir à cloner un mammoth. En dehors de la difficulté à récupérer des cellules intactes à l'ADN non dégradé sur des animaux congelés dans le permafrost depuis des milliers d'années, le souci principal demeurera l'implantation chez l'éléphant, animal dont la gestation est très mal connue. Sera-t-on prêt à risquer la vie d'animaux d'une espèce menacée dans l'espoir d'en faire revivre une autre dont l'acclimatation à notre époque n'est même pas garantie... ?

► question, cependant, se pose : ces travaux ne surviennent-ils pas trop tard ? Après avoir tant déchainé les passions et alimenté les scénarios les plus débridés, le clonage humain, ironie de l'histoire, ne suscite plus aujourd'hui une quelconque attente. C'est qu'entre-temps, en 2006, une autre révolution est venue tout bouleverser qui a pour nom « cellules iPS » (lire Sciences et Avenir n° 794, avril 2013). Ces « cellules souches pluripotentes induites » ont été mises au point par Shinya Yamanaka, récompensé du prix Nobel de médecine 2012 pour ces travaux, et son équipe de l'université de Kyoto (Japon). Obtenues en ajoutant simplement un

cocktail spécifique à des cellules adultes, elles permettent, pour développer des lignées de cellules souches embryonnaires, de ne plus avoir recours à des donneuses d'ovocytes et à leurs embryons.

Les iPS sont beaucoup plus faciles à obtenir

Il suffit de faire « rajeunir » des cellules différenciées prélevées chez un adulte pour parvenir à un résultat similaire. « Que ce soit d'un point de vue éthique mais également pratique, les iPS sont incomparablement plus faciles à obtenir, moins contraignantes, moins coûteuses en personnel comme en temps », détaille Laure Coulombel.



Dolly



Cinq cochons



Prometa

1996 La brebis Dolly naît au Roslin Institute d'Édimbourg (Ecosse).

1997 Cumulina, première souris clonée

1998 Marguerite, vache clonée de l'Inra.

2000 Alexis, Carrel, Christa, Dotcom et Millie, 5 cochons clonés en mars.

2001 Noah, un gayal, bœuf sauvage en voie d'extinction.

2001 « Carbon Copy », premier chat cloné.

2002 Six lapins clonés par l'Inra

2003 Prometa, une jument.

2003 Ralph, un rat.

2005 Paris-Texas, un cheval.

2007 Premier primate cloné par l'équipe américaine de Shoukhrat Mitalipov.

2008 Teruhiko Wakayama et son équipe du centre Riken (Kobe, Japon) clonent une souris morte depuis 16 ans et conservée congelée.

2009 Injaz, un dromadaire.

Le clonage ne présente-t-il vraiment plus aucun intérêt aujourd'hui ? Prudence, une fois encore. « On ignore si les cellules iPS ne souffrent pas de défauts épigénétiques trop importants pour être utilisés en thérapie », détaille Alice Jouneau, de l'Inra de Jouy-en-Josas (Essonne). Il semble en tout cas que celles-ci soient plus susceptibles d'accumuler des anomalies que les cellules dérivées d'embryons clonés. L'étude du clonage pourrait être utile pour améliorer l'obtention des iPS. » On comprend mieux pourquoi la plupart des équipes de recherche qui travaillaient sur le clonage ont déserté la thématique et se reportent aujourd'hui sur celle des cellules iPS. ■

Marion Montaigne, auteure de BD

Poil à gratter de pailleasse

Ses chroniques dessinées croquent avec passion et férocité le monde de la science et de la recherche.

AH, LES AMOURS CONTRARIÉES... L'histoire de la littérature regorge d'espoirs déçus, de rencontres avortées, de rendez-vous manqués qui font le sel des écrits les plus poignants et les plus désespérés. Mais aussi des plus rigolos... Car, on ne s'en doutait pas forcément en lisant les bandes dessinées de Marion Montaigne mais, derrière le nez de clown se cache une fêlure, un cœur meurtri de n'avoir pu convoler avec sa véritable passion... la science. Du coup, Marion Montaigne se venge. Enchaînant visites de labos et rencontres avec des chercheurs de tous poils, la jeune auteure balade sa curiosité partout où la science se fait et prend sa revanche d'un trait caustique sur ces nids-de-poule de l'orientation scolaire qui l'envoyèrent croupir en bac « économique et social » alors que tout son être ne demandait qu'à s'épanouir en section scientifique. « *Je pensais que pour "faire science", il fallait être excellente et non pas "bonne" comme je l'étais* », confie-t-elle aujourd'hui.

Dès la sixième, elle se prend de passion pour la biologie. Mais la confiance lui fait défaut. Circonstance aggravante : élevée sous l'aile écrasante d'un quarteron de triplés de trois ans plus âgés, elle se doit de réussir. Totalement



CHLOE VOLLMEIER-LUO

BIO EXPRESS

1980 Naissance à Saint-Denis, à La Réunion.

2008 Ouverture de son blog « Tu mourras moins bête (mais tu mourras quand même) ».

2013 *Riche, pourquoi pas toi ?* (avec Michel Pinçon et Monique Pinçon-Charlot), éd. Dargaud.

2013-2014 Reportage au Muséum d'histoire naturelle de Paris pour *La Revue dessinée*.

2014 Parution en septembre du troisième tome de *Tu mourras moins bête...*, éd. Delcourt.

stressé par l'avenir de la cadette, le reste de la famille envisage même un temps d'en faire une logisticienne. « *Je ne savais même pas ce que c'était comme métier...* » Frustrée, la jeune fille se replie alors sur son autre passion : le dessin. Après des débuts professionnels dans l'animation, elle publie quelques BD où perce déjà son appétence pour la chose scientifique. Avant d'ouvrir son blog « Tu mourras moins bête (mais tu mourras quand même) »*, dans lequel s'illustre un professeur sans rapport aucun avec elle (la preuve, il a une moustache) qui explique, en vrac, le principe du voyage dans le temps, les raisons pour lesquelles il nous sera impossible de nous battre un jour avec des sabres laser et pourquoi un coup de pied dans les testicules donne irrésistiblement envie de vomir aux garçons.

Elle plaide pour la recherche à l'état pur

Le succès, phénoménal, lui ouvre alors les portes d'une publication papier dans laquelle seront compilées ses notes. Un tome 2 succède très vite au premier. Le troisième sort en septembre, avant une série de courts-métrages d'animation en préparation. « *C'est un auteur très atypique, reconnaît son éditrice Marion Amirgagnan. Un électron libre avant tout. Elle en était déjà un au sein de sa famille, elle le reste dans le monde de la BD.* » Il est vrai que jamais auparavant un auteur de bande dessinée n'avait plongé avec une telle délectation dans le monde de la science et de la recherche. En vraieoureuse de la discipline, la jeune femme plaide pour la recherche à l'état pur, dénuée de toute visée pratique ou commerciale. « *Il y a une certaine poésie à chercher toute sa vie une matière noire qu'on ne trouvera jamais.* »

Capable de passer des heures en bibliothèque pour avoir la réponse



à une question, Marion Montaigne adore surtout « farfouiller, voir l'envers du décor ». Aussi intensément curieuse que diablement méfiante, la jeune femme déteste qu'on lui « joue du pipeau ». « J'ai besoin de voir comment les choses fonctionnent. » Même quand ce n'est pas très ragoûtant. « J'ai visité quelques labos d'expérimentation animale. Pour étudier la myopathie de Duchenne, par exemple, le meilleur modèle reste le golden retriever. Il n'y a pas plus mignon comme chiot... Mais en face, tu as des enfants qui souffrent de la même maladie. Comment tu fais pour concilier les deux ? Comment vivre avec cette contradiction ? Ce tiraillement m'intéresse. » Pourtant, de cette réflexion philosophique

et éthique, il semble ne pas rester grand-chose dans ses chroniques dessinées, plus proches du poil à gratter que du cheveu coupé en quatre. Toujours partante pour un vol parabolique ou pour assister à la dissection d'une autruche, l'auteure de BD veut « voir la réalité ». Pour mieux la tordre, la presser comme une orange et en faire gicler le jus le plus acide ? « On me dit parfois que c'est très violent ce que je dessine, très "trash". Mais la société est violente. » La jeune femme a pourtant quelques limites. « Depuis des mois, raconte Damien Charabidze, de l'institut médico-légal de Lille, j'essaie de la convaincre d'assister à une autopsie. Mais je ne désespère pas... »

Fidèle abonnée de « Sciences et Avenir », Marion Montaigne a réalisé ce dessin en exclusivité pour nos lecteurs.

« Elle a su montrer qu'un astrophysicien n'était pas forcément un vieux sage chenu à longue barbe blanche doté d'un fort accent québécois... »

Laurent Chemin, astrophysicien à l'université de Bordeaux

« Avant de connaître son travail, je voyais les scientifiques comme des gens bizarres retranchés dans leur labo, avoue son éditrice. Elle a su décroiser tout cela. » Un avis évidemment partagé par tous les chercheurs qu'elle a rencontrés. « Elle a su montrer qu'un astrophysicien n'était pas forcément un vieux sage chenu à longue barbe blanche doté d'un fort accent québécois... », ironise Laurent Chemin, astrophysicien, jeune et roux, à l'université de Bordeaux. Dans l'ensemble — et en dépit de quelques grincheux interdits devant ce ton qui se refuse à choisir entre le pédagogique et la gaudriole —, la jeune auteure trouve les chercheurs très indulgents. Car son entreprise de vulgarisation la force à passer à la trappe certains détails pour ne conserver que l'essentiel. « Simplifier, c'est déjà avoir tort », reconnaît-elle, lucide. Du reste, on ne peut pas tout savoir. Encore aujourd'hui, Marion Montaigne ignore totalement à quoi peut bien servir un logisticien. ■

Hervé Ratel

www.tumourrasmoinsbete.blogspot.fr

Par le Dr Pierre Miquel

40 %

d'augmentation du risque de lichen simplex chronique (un trouble dermatologique) chez les sujets anxieux, selon une enquête sur plusieurs milliers de personnes âgées de 50 ans en moyenne, dont 60 % de femmes. Cette affection résulte d'un grattage chronique intense et s'accompagne souvent de nodules, le prurigo nodulaire. Le risque est encore plus élevé (+70 %) en cas de troubles obsessionnels compulsifs (TOC).

British Journal of Dermatology, avril 2014.

CARDIOLOGIE

Les maladies liées au cœur favorisent le déclin cognitif

L'hypertension artérielle et l'hyperglycémie favorisent le déclin cognitif — mémoire verbale, vitesse d'exécution — chez l'adulte âgé de 35 à 50 ans et pas seulement chez le sujet âgé. Telle est la conclusion d'une enquête regroupant 3300 personnes suivies pendant 25 ans. Ces données plaident en faveur d'une prise en charge plus précoce des facteurs de risque cardio-vasculaire.

Circulation, 15 avril 2014.



Pancréatite hémorragique vue en microphotographie.

GASTRO-ENTÉROLOGIE

Attention au risque de diabète en cas de pancréatite aiguë

La pancréatite aiguë est la plus fréquente des affections du pancréas. En France, elle est le plus souvent liée à la consommation excessive d'alcool (40 % des cas) ou à un calcul biliaire (40 %), quand elle n'est pas d'origine infectieuse, cancéreuse ou génétique (20 %). L'atteinte portant sur la production d'enzymes pancréatiques — la fonction de la glande dite exocrine — s'améliore souvent spontanément. En revanche, les troubles de la glycémie — la fonction endocrine — sont fréquents et s'aggravent progressivement. Selon la revue de 24 études regroupant plus de 1100 patients, le risque de survenue d'un prédiabète (hyperglycémie à jeun) est de 16 % après hospitalisation pour un premier épisode de pancréatite aiguë. La fréquence du diabète est de 23 % et le recours au traitement par l'insuline nécessaire dans 15 % des cas. Mais la fonction endocrine continuant à se dégrader, le risque de diabète est doublé en cinq ans. Et ce, indépendamment de la sévérité et de la cause de la pancréatite et quel que soit l'âge ou le sexe du patient.

Société nationale française de gastro-entérologie ; Gut, mai 2014.

ORL

Polypes des cordes vocales : l'attente peut éviter le scalpel

Les polypes des cordes vocales sont des lésions bénignes qui, parfois, s'opèrent. Mais souvent, il vaut mieux attendre... Des données recueillies chez 100 patients montrent en effet que 44 % de ces excroissances se résorbent spontanément en moins de trois mois, et 80 % en moins de huit mois. Les chances de guérison spontanée sont plus grandes chez la femme et lorsque les polypes sont d'apparition récente, de petite taille et ne provoquent que de légers troubles de la voix.

Medscape-Reuters Health, 9 avril 2014.

HÉPATOLOGIE

Un nouveau traitement contre la cirrhose biliaire primitive

Selon les premiers résultats à 1 an obtenus chez 200 patients souffrant de cirrhose biliaire primitive, un nouveau médicament, l'acide obéticholique, permet d'agir sur certains récepteurs cellulaires dits farnésoïde X. Ce principe actif permet d'obtenir une amélioration des paramètres biologiques (augmentation de la bilirubine) dans 47 % des cas au lieu de 10 % sous placebo. Un suivi de cinq ans est en cours pour vérifier l'efficacité et la tolérance (fatigue, jaunisse, prurit) de ce traitement.

Association européenne pour l'étude du foie (EASL), Medscape, 15 avril 2014.

UROLOGIE

Le profil du patient à risque de calcul urinaire établi

Environ 10 % des adultes produisent un calcul urinaire une fois dans leur vie. La plupart d'entre eux (80 %) l'éliminent spontanément sans complication. Selon une étude menée chez 1000 personnes admises en service d'urgences pour suspicion de colique néphrétique, le profil du patient à risque peut être établi sur la présence des cinq points suivants qui permettraient d'orienter au mieux le diagnostic avant de recourir à l'échographie ou à la radiographie : le sexe (masculin), le groupe ethnique (« caucasien »), la douleur (depuis moins de 6 heures), les troubles digestifs (nausées, vomissements) et les signes urinaires (hématurie microscopique).

Medscape, 22 avril 2014.



Calculs de la vessie (en rouge) vus en échographie.

En week-end,
n'emportez que
le nécessaire.



LES FIGARO
week-end



Faut-il limiter la consommation de sodas ?

Du fait de leur forte teneur en sucre, Coca-Cola, Orangina, Fanta... doivent demeurer des boissons festives. Leur consommation excessive accentue le risque de surpoids et de diabète.

PÉTILLANTS, NON ALCOOLISÉS, RAFRAÎCHISSANTS, les sodas sont avant tout des boissons festives et récréatives. Mais ces produits au goût très sucré se sont immiscés dans notre quotidien au point d'être consommés pendant les repas, particulièrement par les enfants, adolescents et jeunes adultes. Une mauvaise habitude qui n'est plus l'apanage du continent américain. Car en France, la consommation a quintuplé depuis les années 1950 ! Une consommation fortement dénoncée par les médecins et chercheurs qui ont récemment mis en évidence de manière formelle le lien direct entre obésité et sodas. Ce cri d'alarme semble enfin avoir été entendu car les consomma-

teurs commencent à boudier ces boissons douces. Pour preuve, le recul historique des ventes mondiales de Coca-Cola avec -3,6 % fin 2013. Mais le groupe tente de se relancer en proposant une nouvelle gamme, « Finley », sortie en France fin mai. Cette « boisson gazeuse aux fruits » se veut pourvoyeuse de saveurs plus affirmées, comme l'amertume ou l'acidité. Elle est surtout moins sucrée et propose une valeur énergétique plus faible (soit 20 kcal aux 100 ml). Les consommateurs s'y laisseront-ils prendre ?

Ils sont directement liés à l'épidémie d'obésité

Pour la première fois en 2012, une série de trois études menées aux

66
litres par
personne

C'est la consommation annuelle des Français en sodas en 2011 (contre 57 litres en 2006).

États-Unis a permis d'établir un lien direct entre la consommation de soda et le surpoids (1). L'une d'entre elles a notamment porté sur des enfants de 4 à 11 ans. Pendant dix-huit mois, ces jeunes sujets, répartis en deux groupes, ont consommé régulièrement des sodas sucrés pour l'un et sans calories pour l'autre sans que ni eux ni les observateurs ne sachent à quel groupe ils appartenaient (principe dit du double aveugle). Les participants du premier groupe ont accusé une prise de poids de 1 kg en moyenne, directement imputable aux sodas.

D'autre part, une étude menée à l'échelle de huit pays européens a montré que la consommation quotidienne d'une canette de soda

BOISSONS « LIGHT » OU ALLÉGÉES

Selon le règlement européen pour apposer ces termes sur une boisson, une réduction d'au moins 30 % de la teneur en sucre par rapport au produit de référence est nécessaire.

DIABÈTE DE TYPE 2 Maladie chronique caractérisée par un taux trop élevé de glucose dans le sang. La fréquence de cette maladie qui survient généralement chez les adultes a fortement augmenté chez les jeunes en fort surpoids ces dernières années.

POUVOIR SUCRANT Il représente la valeur sucrante d'un composé chimique par rapport à une solution de saccharose, dont le pouvoir sucrant est égal par définition à 1. L'aspartame a un pouvoir sucrant de 180, le rébaudioside A (extrait de la stévia) de 300.

augmentait le risque de contracter un diabète de type 2 de 22 %. Cette relation n'a en revanche pas été démontrée avec les sodas allégés en sucre et les jus de fruits.

Ils sont caloriques mais peu rassasiants

Ces boissons sont très riches en sucre : on trouve l'équivalent de 10 morceaux de sucre dans une canette de Coca-Cola ou d'Orangina, 8 dans un Fanta ou 5 dans un Schweppes. Mais la forme liquide du sucre pourrait aussi expliquer le lien entre ces boissons et un apport calorique excessif. En effet, la « compensation calorique » — qui consiste à diminuer sa prise alimentaire au repas suivant en fonction de ce que l'on ingère — est moindre quand le sucre n'est pas sous forme de morceaux. La principale hypothèse émise est que l'état liquide stimule moins la libération d'hormones par les parois gastro-intestinales dont le rôle est de refréner l'appétit à la suite de la prise calorique (2).

Les sodas « light » stimulent l'appétit

Une étude récente (3) a montré que les personnes en surpoids

buvant des sodas light consomment un surplus de nourriture allant en moyenne de 88 kcal à 194 kcal par jour.

Cette compensation pourrait être motivée par la recherche d'une sensation de plaisir lié au goût sucré, qui est moindre avec les édulcorants. L'ingestion de sucre ou d'édulcorants entraîne la libération immédiate de dopamine, l'hormone du plaisir, dans l'aire cérébrale de la récompense. Mais un deuxième signal de récompense s'active dix à quinze minutes plus tard, provoqué par l'élévation du taux de glucose dans le sang qui augmente à nouveau l'activité dopaminergique cérébrale. Or cette deuxième stimulation est absente en cas de prise d'édulcorants car ils n'ont pas d'action sur la glycémie. Cela explique l'envie toujours présente de consommer du « vrai » sucre pour retrouver cette sensation de plaisir.

Ils contribueraient à l'hypertension

Selon des chercheurs américains ayant recensé de nombreux travaux sur le sujet, la consommation de boissons sucrées

augmenterait le risque d'hypertension de 27 à 70 % selon les publications, y compris chez les jeunes consommateurs. Les boissons sucrées abaissent en effet le taux du monoxyde d'azote dans le sang. Or ce vaso-dilatateur permet de réduire la pression sanguine en augmentant le volume des vaisseaux. Des observations à confirmer (4).

Ils sont une importante source de caféine

Un litre de boisson au cola contient autour de 100 mg de caféine, et en serait le principal pourvoyeur devant le café chez les moins de 18 ans. Cet excitant notoire, ayant notamment des répercussions sur la qualité du sommeil, est déconseillé chez les enfants. Or, selon une vaste étude américaine (5), les enfants nord-américains ingèrent en moyenne 58 mg de caféine par jour, soit l'équivalent d'un petit expresso.

La nocivité des édulcorants n'est pas confirmée

Le goût sucré des sodas light est obtenu grâce à des édulcorants dits intenses du fait de leur fort pouvoir sucrant tels que l'aspartame (E951). En 2010, elle avait été mise en cause dans l'apparition de cancers (6) et d'accouchements prématurés (7).

Toutefois l'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) a confirmé en 2013 l'innocuité de l'aspartame pour les consommateurs à la dose journalière acceptable de 40 mg/kg (8) (*lire Sciences et Avenir n° 794, avril 2013*). ■

Marie-Noëlle Delaby

JEAN-LOUIS SCHLIENGER, professeur de nutrition (Strasbourg)

Une dangereuse accoutumance au sucre

« Bus avec modération, les sodas ne sont pas dangereux pour notre santé mais ils ne sont pas utiles pour autant. Ce sont des produits festifs qui n'ont pas leur place au quotidien et encore moins à table. De plus, à l'instar du salé, le seuil de perception du goût sucré s'adapte à ce qu'on mange. Que nous buvions du soda light ou non, si nous sommes sans cesse soumis à des produits fortement sucrés, une accoutumance se développe qui pousse à rechercher des goûts de plus en plus marqués, les aliments normalement sucrés nous paraissant alors bien fades. »

(1) Janne C. de Ruyter et al. A trial of sugar-free or sugar-sweetened beverages and body weight in children. *New England Journal of Medicine*, October 2012.

(2) Houchins J. A. et al. Beverages vs. solid fruits and vegetables: effects on energy intakes and body weight. *Obesity*, 2012, vol. 20, No 9.

(3) Bleich et al. Diet-beverage consumption and caloric intake among US adults, overall and by body weight. *American Journal of Public Health*, published online ahead of print, January 16, 2014.

(4) Brannum AM, et coll. Trends in caffeine intake among US children and adolescents. *Pediatrics*, 2014.

(5) Impact of Sugar-Sweetened Beverages on Blood Pressure. *Am J Cardiol*. 2014 May

(6) Soffritti M. et al., Aspartame administered in feed, beginning prenatally through life span, induces cancers of the liver and lung in male Swiss mice. *Am. J. Ind. Med.*, 2010

(7) Halldorsson T. I. et al., Intake of artificially sweetened soft drinks and risk of preterm delivery: a prospective cohort study in 59334 Danish pregnant women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2010

(8) Efsa : avis du 10 décembre 2013. www.efsa.europa.eu

Le placenta a sa propre flore bactérienne

Longtemps considéré comme stérile, cet organe contient en réalité de nombreuses bactéries, proches de celles observées dans notre bouche.

LES BACTÉRIES JOUERAIENT UN RÔLE bien plus précoce que prévu dans le développement de l'organisme humain. En effet, le placenta abrite des bactéries qui pourraient contribuer par exemple à la formation du microbiote intestinal du fœtus. C'est une surprise car jusqu'à présent le dogme était : le placenta est un tissu stérile. Mais des chercheurs du Baylor College of Medicine de Houston, au Texas, viennent de découvrir qu'il contient en réalité une flore bactérienne typique. L'inventaire de tous les gènes présents dans le placenta de plus de 300 femmes en bonne santé a révélé la présence de nombreux gènes bactériens. Leur analyse, publiée dans la revue *Science Translational Medicine*, a mis au jour un microbiote de bactéries réduit en nombre mais plus varié en espèces que ceux déjà connus de l'intestin, du vagin, de la peau ou de la bouche.

Profils bactériens et fausses couches

« Cette découverte remet en perspective la prétendue stérilité de l'environnement du fœtus, souligne Richard Lo-Man, chercheur à l'Institut Pasteur, à Paris. L'introduction des méthodes de séquençage à haut débit a révolutionné l'analyse des microbiotes. Il avait déjà permis de déceler celui des voies aériennes inférieures, également considérées autrefois comme stériles. »

Le microbiote placentaire a surpris les chercheurs par sa variété



en espèces bactériennes mais aussi par son profil qui le rapproche plus de la flore buccale que de l'anale ou de la vaginale. Pour le professeur Gérard Eberl, de l'Institut Pasteur à Paris, cela peut s'expliquer : « On croit généralement que l'intérieur de notre corps est stérile, mais ce n'est peut-être pas le cas. Lors du brossage des dents par exemple, des bactéries passent dans le sang. » De plus, ce profil paraît très stable d'une femme à l'autre et sans rapport avec le type d'ac-

Le tissu placentaire, qui assure oxygène et nutriments au fœtus abrite un microbiote, qui jouerait un rôle physiologique dans le déroulement de la grossesse.

couchement, la corpulence, l'ethnie ou le tabagisme. En revanche, des différences sont apparues chez les femmes ayant accouché prématurément ou bien ayant contracté une infection bactérienne en cours de grossesse. Les chercheurs se demandent maintenant si certains profils bactériens pourraient être plus souvent associés aux naissances prématurées, et ils préconisent une bonne hygiène dentaire dès la conception afin de favoriser le bon déroulement de la grossesse. Quel rôle physiologique pourrait jouer ce microbiote placentaire ?

Un rôle plus précoce dans la formation de l'organisme

Dans le cas de l'intestin, sa flore bactérienne nous permet entre autres de mieux digérer les aliments, de développer un système immunitaire équilibré et de nous protéger de germes pathogènes. Pour le placenta, les chercheurs américains relient la présence notable de gènes bactériens utiles à la synthèse de cofacteurs d'enzyme et de vitamines. Le microbiote placentaire pourrait peut-être contribuer à l'ébauche du système immunitaire foetal. « Nous venons de décrire la présence de cellules immunitaires très différenciées dans le sang du fœtus, des lymphocytes T mémoires, souligne Richard Lo-Man. Et elles pourraient résulter d'une interaction avec le microbiote placentaire. » ■

Pierre Kaldy

101 Conseils pour ne pas atterrir aux urgences

Dr Gérard Kierzek
Préface du Dr. Michel Gynès

101 CONSEILS

POUR NE PAS
ATTERIR
AUX URGENCES

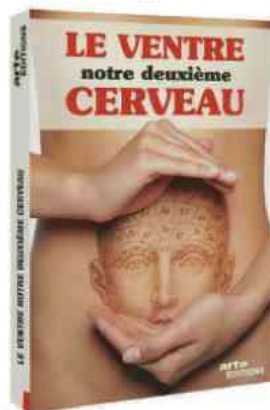


Dr Gérard Kierzek,
Robert Laffont, 286 p., 18 €

« Oh, c'est un accident stupide, j'étais en train de... » Cette phrase, un médecin urgentiste l'entend à longueur de journée. Rédigé par l'un d'eux, cet ouvrage réunit 101 recommandations pour éviter d'être victime d'un accident vraiment trop bête. Vous comprendrez, par exemple, qu'il faut toujours orienter les couteaux tête en bas dans le lave-vaisselle, tourner les manches des casseroles afin qu'elles ne dépassent pas de la cuisinière, ou viser le plafond en ouvrant une bouteille de champagne. De même, vous réaliserez qu'il ne faut jamais laisser son bras dépasser d'une voiture vitre ouverte ou descendre les escaliers les mains dans les poches. En revanche, rien ne vous empêche de marcher d'un bon pas pour vous procurer un livre qui peut éviter qu'un de vos proches ou vous-même ne se retrouve un jour aux urgences. ■ **Marc Gozlan**

DVD

Le Ventre, notre deuxième cerveau

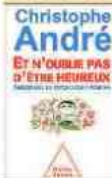


Cécile Denjean,
Arte éditions, 55 min, 12,99 €

Gros plan sur un abdomen : « ceci n'est pas un ventre mais un concentré d'intelligence », assène le commentaire en introduction. Car, nous apprend-il, notre système digestif possède autant de neurones que le cerveau d'un chien ou d'un chat. À partir de cette accroche choc, le récit déroule son fil. Le ventre contient 200 millions de neurones, formant le système nerveux entérique, qui partage bien des points communs avec le système nerveux central (l'encéphale). Ces deux entités communiquent, échangent, s'influencent. Le « cerveau du ventre » pourrait même être à l'origine de la maladie de Parkinson. Et le microbiote (les 100 000 milliards de bactéries qui peuplent nos intestins) contrôler notre comportement. Cette belle démonstration est très proche du dossier de *Sciences et Avenir* (« Le ventre notre deuxième cerveau », n° 784, juin 2012) plébiscité par de très nombreux lecteurs. Ce film les ravira, reprenant point par point le développement, tendant le micro aux mêmes chercheurs. La facture simple et classique n'enlève rien à son efficacité. ■ **E. S.**

ET N'OUBLIE PAS D'ÊTRE HEUREUX

Christophe André, Odile Jacob,
400 p., 23,90 €



De « A » comme abondance à « Z » comme zen, le psychiatre Christophe André égrène

des mots qui, pour lui, constituent peu ou prou une leçon de bonheur. Une réflexion, fruit d'une longue pratique de la psychologie positive, émaillée de souvenirs et d'anecdotes. ■ **E. S.**

MON PSY SUR INTERNET

Yann Leroux, Fyp Éditions,
160 p., 15,90 €



Peu connue en France, la psychothérapie par Internet existe pourtant depuis le milieu des

années 1990. Ce manuel détaille l'intérêt du Web, les outils à disposition, le déroulement d'une thérapie en ligne, mais aussi les limites. ■ **A. D.**

LE LIVRE DE CHEVET DE L'HYPONDRIQUE

Larousse, 314 p., 14,90 €



Voici un curieux livre, à réserver aux hypochondriaques capables d'auto-

dérision. Plus de 300 maladies sont classées par symptômes afin que ces angoissés s'auto-diagnostiquent au mieux. Ou plutôt au pire. Mal à la tête, crampes dans la jambe, oreilles qui sifflent ? Sans doute une encéphalite ou une sténose vertébrale. Bref, c'est toujours la pire des situations qui est proposée... ■ **S. R.-M.**

STÉPHANIE CRESCENT

TOUS INTELLIGENTS !

AIDER SON ENFANT À L'ÉCOLE



préface de
PIERRE-MARIE LIEFOG



Stéphanie Crescent, Odile Jacob, 287 p., 22,90 €

Tous Intelligents

Vous dites souvent : premièrement, deuxièmement, troisièmement ? Alors vous êtes plutôt d'une intelligence logico-mathématique. Vous battez la mesure avec vos pieds ou vos mains ? Cela relève davantage de l'intelligence musicale. On se tourne vers vous pour tempérer des conflits ? Alors probablement avez-vous développé une intelligence interpersonnelle ? Mais peut-être aussi une intelligence linguistique, naturaliste, kinesthésique, visuelle et spéciale, existentielle ou intrapersonnelle ? Telle est la théorie formulée par Howard Gardner, professeur de psychologie de l'université Harvard, qui décrit depuis plus de vingt ans d'autres intelligences que celle mesurée par le fameux QI. Selon lui, il n'y a pas une forme unique d'intelligence, mais plusieurs, indépendantes, dont nous sommes tous dotés dans des proportions extrêmement variables. L'auteure, enseignante, les détaille à la lumière de son expérience. Passant en revue les critères, les avantages et inconvénients de telle ou telle capacité chez les élèves, les méthodes pour les améliorer. Une véritable clé de compréhension pour tous les parents. « Faire émerger les intelligences de tous nos enfants est une priorité », conclut-elle. Pour cela, elle appelle à ce que ces intelligences multiples puissent être valorisées à l'école. Très éclairant. ■ **Elena Sender**

Comment brouiller sa trace sur les réseaux

Surfer sur Internet ou téléphoner se fait souvent au détriment de la confidentialité, des milliers de données personnelles étant discrètement collectées. Des outils permettent de renforcer plus ou moins son anonymat. Revue de détail.

Par Arnaud Devillard

LA FEDERAL TRADE COMMISSION, garante des règles de la concurrence aux États-Unis, a réagi. En mai, elle a mis en demeure l'application pour téléphone portable Snapchat de revoir la sécurité de son service, estimant qu'elle n'offrait pas les garanties de confidentialité promises. Un comble ! Car le service, lancé en 2011 par deux étudiants de l'université Stanford, en Californie s'adresse aux adeptes... de la discrétion : il permet d'envoyer des images s'autodétruisant, en théorie sans laisser de traces, après dix secondes (*lire l'encadré p. 82*). Surfer sur Internet ou téléphoner en toute confidentialité serait-il une douce illusion ?

La collecte se fait à des fins marketing

En 2013, l'étude Mobilitics, réalisée par la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil) avec l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria), a dévoilé que les applications mobiles collectent un nombre invraisemblable de données. Par exemple, l'identifiant unique et le nom de l'appareil utilisé, sa géolocalisation, le carnet d'adresses, l'agenda... Le tout « sans lien direct avec une

action de l'utilisateur ou un service offert par l'application ». L'enjeu ? Du « profilage » marketing et du ciblage publicitaire essentiellement. « *Le problème de cette collecte massive c'est qu'elle est réalisée à l'insu des utilisateurs. On ne connaît pas la nature des données enregistrées, ni leurs conditions de stockage, ni avec qui elles sont échangées* », explique Vincent Roca, chargé de recherche à l'Inria.

Sans compter qu'elles échappent aux législations françaises voire européennes lorsqu'elles sont hébergées sur des serveurs

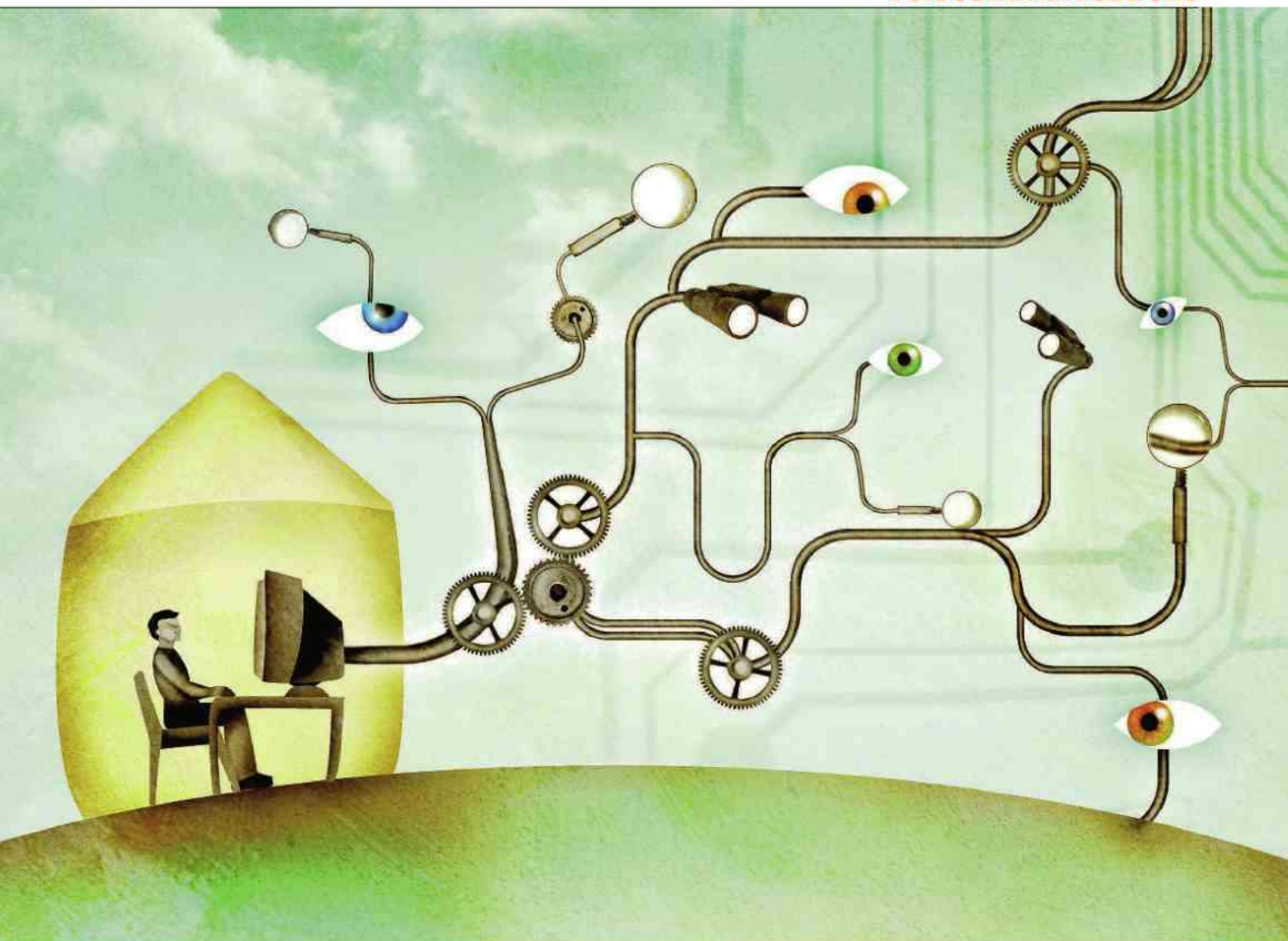
à l'étranger. Autant d'interrogations qui valent pour les géants de l'Internet comme Google ou Facebook, dont les modèles économiques reposent aussi sur l'analyse et le stockage massifs de tout ce que fait chaque internaute. Mais celui-ci n'est pas démuni pour autant. Des outils existent pour contrôler les applications, crypter les communications, naviguer anonymement ou bloquer la collecte de données. Inventaire des principales techniques à la disposition du grand public pour brouiller les pistes.

INTERNET

Un accès protégé... mais ralenti

Il faut le savoir : barder de protections son mobile ou son ordinateur peut avoir des effets indésirables. Selon les cas, c'en est fini des formulaires préremplis avec les identifiants, des historiques d'URL conservés dans la barre d'adresses, des suggestions de requêtes s'affichant automatiquement comme avec Google Suggest. Et les pages Web s'affichent plus lentement. « *Sur le réseau TOR, une requête ne transite pas en ligne droite, il faut donc faire avec un délai supplémentaire dû aux divers sauts d'un relais*

à l'autre et au chiffrement de chaque étape », prévient Mathieu Cunche, de l'Inria. Visionner des vidéos ou télécharger des contenus peut devenir compliqué. Certains VPN (réseau privé virtuel) s'accompagnent de limitations en débit, en quantité de données, en nombre d'utilisateurs simultanés, voire de problèmes de déconnexion. « *Sur un réseau VPN, il faut rajouter 15 à 30 % de trafic consacré uniquement au chiffrement* », explique Jérôme Billois, du cabinet de conseil en systèmes d'information Solucom.



Bloquer ses données de géolocalisation

Quelques clics dans les paramètres suffisent pour désactiver cette fonction sur les réseaux sociaux comme Facebook, un téléphone mobile ou une tablette, évitant de signaler l'endroit où l'on se trouve. Mais la protection est loin d'être totale. « *La géolocalisation est multiforme, très difficile à contrôler* », prévient Vincent Roca. Dès lors qu'un appareil mobile est sous tension, il est en effet aussitôt repéré par les antennes-relais du secteur, même si aucun appel n'est passé. « *Seule réelle parade : éteindre le téléphone et reti-*

rer la batterie », prévient Jérôme Billois, spécialiste en cybersécurité au cabinet de conseil Solucom. De même, le simple fait de laisser ouverte l'interface Wi-Fi, même sans être connecté, permet un repérage. Dans un espace équipé en réseau sans fil, le téléphone envoie en permanence des signaux qui peuvent être détectés. Cette capacité est exploitée à des fins de marketing par la société Path Intelligence, par exemple. Celle-ci capte l'identifiant du téléphone des consommateurs dans les centres commerciaux pour les suivre dans leurs déplacements. Pour contrer ces pratiques, le spécialiste de la sécurité AVG a conçu l'application gratuite Pri-

600

gigaoctets

de données collectées entre 2006 et 2010 dans 30 pays par les seules voitures Google Streetview, par l'intermédiaire des accès Wi-Fi croisés en cours de route.

vacyFix, un outil de gestion des traces laissées par une connexion. En France, le projet de recherche Davfi (Démonstrateur d'antivirus français et internationaux) a abouti à un système d'exploitation pour mobile, tablette et ordinateur qui sera disponible en août. Baptisé Uhuru, il autorise bien la géolocalisation, mais envoie de fausses coordonnées aux serveurs trop curieux.

Téléphoner sans être écouté

En février, profitant de la tempête médiatique relative aux agissements de la National Security Agency (NSA), les sociétés améri- ►

PIXAL/AGE FOTOSTOCK

LOGICIELS

Programme libre ou propriétaire ?

Se servir de logiciels de protection de ses données soulève aussitôt une question de fond : doit-on se tourner vers des programmes dit open sources, dont le code est lisible et manipulable par tous, en vue de l'améliorer, ou préférer un logiciel « propriétaire » appartenant à une société qui n'en dévoile pas le code ? « L'open source a un inconvénient majeur : chacun ayant accès au code, des personnes mal intentionnées peuvent y cacher des failles, reconnaît Mathieu Cunche, de l'Inria.

Mais tout le monde peut aussi détecter ces vices, et y parer. En ce qui concerne les logiciels propriétaires, leur code fermé est moins attaquant... mais on ne sait rien de ce qu'il y a dedans. » Pour Charles d'Aumale, directeur vente et marketing chez Ercom, la sécurité offerte par l'open source reste toute théorique : « Il est difficile pour un non-initié de relire un code ; il lui est donc recommandé de regarder les certifications éventuelles qui auraient pu être délivrées à ce logiciel libre et/ou à un logiciel propriétaire. »

► caine et espagnole Silent Circle et Geeksphone dévoilaient le Blackphone, un téléphone mobile sécurisé destiné au grand public (*lire S. et A. n° 806, avril 2014*), vendu au minimum 629 dollars (460 €). L'appareil chiffre les communications et permet de surfer anonymement sur Internet ainsi que de contrôler les applications mobiles. Sans avoir à changer de smartphone, l'application RedPhone chiffre les communications vocales sur IP, c'est-à-dire en utilisant le réseau Internet et non le réseau vocal. Le système passe par deux types de serveurs : le premier authentifie l'utilisateur, puis le second relaye la voix au destinataire. Comme tout canal

chiffré, il faut que les deux interlocuteurs utilisent la même application (en l'occurrence RedPhone) pour qu'elle puisse jouer son rôle. Autre précaution à prendre, plus triviale : les appels passant par le réseau de données, ils relèvent du forfait « data » de l'utilisateur appelant, forfait souvent qualifié d'illimité mais en réalité toujours plafonné. Au-delà du plafond, il faut donc s'attendre à un surcoût. Le programme Jitsi cumule, quant à lui, communications par « chat » ou vidéo, voix sur IP à la manière de Skype et appels téléphoniques vers des appareils mobiles ou fixes. Il intègre une fonction de chiffrement couplée à une authentification du correspondant.

Surfer sur Internet sans être identifié

On les appelle « cookies » ou « trackers ». Ce sont des petits logiciels qui analysent à l'insu de l'internaute sa navigation pour établir sa fréquentation des sites Web, afficher plus vite les pages recherchées, mais aussi le « profiler » à des fins de marketing. Il est possible de paramétrer son navigateur pour bloquer ces « mouchards ». Mais on peut également opter pour des moteurs de recherche qui, à l'inverse de Google, Yahoo ! ou Bing, en sont exempts. Ainsi, DuckDuckGo ne stocke, n'utilise ni ne transmet à qui que ce soit les requêtes saisies par l'internaute. Le moteur Disconnect Search est un « plug-in » (module) à télécharger qui s'utilise en complément des autres moteurs de recherche (Google, Bing, Yahoo !) mais bloque l'envoi de l'adresse IP de l'ordinateur ainsi que les cookies. Lui non plus ne stocke aucun historique de requêtes. Pour ce faire, ce sont les serveurs de Disconnect qui lancent la recherche et non l'ordinateur de l'internaute, ce qui garantit son anonymat. « Pour les requêtes les plus courantes, nous conservons cependant en mémoire les résultats associés, pour des questions de rapidité, mais il n'existe aucune trace de la personne qui a tapé la requête ni

RÉSEAUX SOCIAUX

Des promesses de discrétion non tenues

Les réseaux sociaux (Facebook...) permettent d'envoyer des messages lisibles publiquement par tous les utilisateurs ou par un cercle restreint. Et certains se positionnent sur le créneau de la confidentialité. Ainsi, les membres de Whisper n'ont pas d'identité publique, ils publient leurs messages par dessus une image.

Mais dans ses conditions d'utilisation, Whisper indique clairement capter des données sur le type d'appareil utilisé, son système d'exploitation et son UDID (identifiant unique), l'adresse IP. À peu près similaire, l'application Secret collecte les mêmes informations et, cerise sur le gâteau, reconnaît les stocker sur les serveurs de... Google !

Quant à Snapchat, son principe consiste à envoyer sur mobile des messages qui s'autodétruisent après dix secondes. Rien ne serait sauvegardé sur l'appareil. Or, la société américaine Decipher Forensics a démontré que les images sont toujours là, avec les métadonnées associées, et peuvent être récupérées après des manipulations techniques.



CONNIE ZHOU/GOOGLE/ASA/SPA

Les serveurs, souvent hébergés à l'étranger (ici l'un de ceux de Google), échappent à la législation française sur l'utilisation des données de l'internaute.

la date à laquelle elle l'a faite », précise Casey Oppenheim, cofondateur, avec un ancien ingénieur de Google, de Disconnect. Un autre « plug-in », DoNotTrackMe (« Ne suivez pas mes traces ») de la société Abine, contrôle, pour sa part, toutes les connexions pendant une navigation et bloque la transmission de données.

Mais l'outil phare de l'anonymat en ligne demeure le réseau TOR (The Onion Router). Il utilise des ordinateurs de particuliers volontaires pour transmettre un message, de façon à brouiller les pistes. « Pour établir une connexion, l'ordinateur va effectuer au minimum trois sauts entre d'autres ordinateurs, souvent dans des pays différents, et chaque communication sera brouillée indépendamment », détaille Jérôme Billois. La prudence reste toutefois de mise : dans le labyrinthe des routeurs

ainsi organisé, celui situé en bout de chaîne reste localisable. « Ce routeur est donc exposé s'il apparaît qu'il a servi à relayer des activités illégales. »

Chiffrer ses courriels

S'il existe des logiciels de chiffrement accessibles à tous, s'en servir n'est pas toujours aisé. « Le manque d'ergonomie explique en partie le manque d'engouement pour ces outils », admet Mathieu Cunche, maître de conférences à l'Insa de Lyon et membre de l'équipe Privatics de l'Inria. L'un des plus célèbres programmes de chiffrement, PGP, est aujourd'hui utilisé par la société Symantec pour ses propres logiciels de confidentialité. D'autres programmes existent, tels Hush-Mail (payant), Encrypted Communication pour le navigateur

Firefox, la messagerie instantanée TextSecure pour smartphones Android, ou ChatSecure, qui peut chiffrer des messages sur Facebook Chat ou Google Talk. « Sur Internet, on trouve de tout et pour tous les usages, note Johann Barbier, ingénieur cryptologue, fondateur de la société ARX Arcéo. En général, le chiffrement se situe au niveau du message, les données de transport restent en clair. » Pour masquer ces métadonnées : qui envoie à qui, quel jour et à quelle heure, il faut recourir aux technologies de réseau privé virtuel (VPN), sorte de boîte noire permettant à des internautes d'échanger comme s'ils étaient sur un réseau local. Mais la meilleure des protections restera toujours la même : tout déconnecter et tout éteindre. Le problème étant de savoir qui, aujourd'hui, en est capable... ■

POUR EN SAVOIR PLUS

Une sélection de logiciels de protection par l'Inria

► sciav.fr/809protection
Les traces sur Internet (Cnil) :

► www.cnil.fr/vos-droits/vos-traces/experience/
Google et la collecte de données :

► sciav.fr/809collecte
La collecte de données par les applications mobiles :

► sciav.fr/809mobiles
Les logiciels libres du collectif de développeurs Guardian Project :

► <https://guardianproject.info/apps>
Projet Davfi :

► www.davfi.fr/

Eugene Goostman, un logiciel à 30 % humain

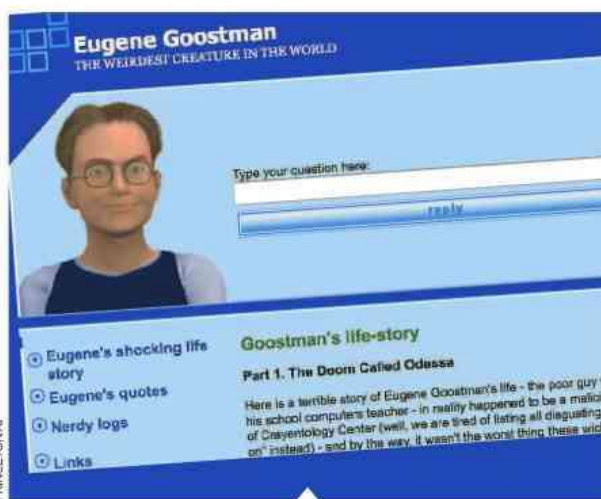
Un tiers des interlocuteurs de ce programme ont cru avoir affaire à un humain. A-t-il vraiment réussi le fameux test de Turing, censé qualifier un ordinateur d'« intelligent » ? Décryptage.

« **U**N ÉVÉNEMENT HISTORIQUE dans le domaine de l'intelligence artificielle. » L'université britannique de Reading, le 8 juin, n'a pas fait dans la litote. Selon son communiqué, c'est avec succès qu'un programme informatique nommé Eugene Goostman aurait passé la veille le célèbre test de Turing — une épreuve imaginée au milieu du xx^e siècle par le mathématicien de génie Alan Turing pour déterminer si un ordinateur peut être qualifié d'« intelligent ». Pour le réussir, le programme informatique doit être capable de se faire passer pour un être humain lors d'une conversation écrite. Au cours de la compétition organisée à la Royal Society de Londres, un tiers du jury est tombé dans le panneau.

Les détracteurs du test ne manquent pas d'arguments

Après cinq minutes d'échange en anglais par clavier et écran interposés, dix juges sur trente ont cru à l'existence réelle d'Eugene, dissimulé sous les traits d'un adolescent de 13 ans d'origine ukrainienne. En atteignant la barre symbolique des 30 % d'avis favorables, Eugene serait le premier logiciel à avoir triomphé du fameux test.

C'est tout du moins ce qu'affirme Kevin Warwick, professeur à l'université de Reading et organisateur de l'événement. Une conclusion immédiatement réfutée par une partie de la communauté scientifique, dont Jean-Paul Delahaye,



Ce site Internet permet de dialoguer avec Eugene Goostman, un logiciel qui a réussi à tromper dix juges sur trente en se faisant passer pour un jeune Ukrainien de 13 ans.

professeur émérite et chercheur au Laboratoire d'informatique fondamentale de l'université de Lille. « C'est une annonce spectaculaire, mais excessive et malhonnête », s'insurge-t-il. Pour lui, l'ordinateur capable de soutenir un dialogue comme le ferait un être humain n'est pas pour demain, et seul un tel ordinateur pourrait réussir le test de la manière dont Turing l'entendait : « sur une période de temps prolongée et en trompant au moins 50 % de ses interlocuteurs ». Ils sont nombreux comme Jean-Paul Delahaye à affirmer que jamais le mathématicien n'a fixé le seuil de réussite de son test à 30 %. « C'est une erreur d'interprétation de l'article publié en 1950 dans la revue *Mind*, où Turing explique pour la première fois le

principe de ce "jeu d'imitation". » Autre argument des détracteurs de l'expérience : Eugene s'est fait passer pour un adolescent dont la langue maternelle n'est pas l'anglais, « une astuce grossière pour conduire les juges à excuser certaines erreurs de langage, et qui discrédite d'autant plus les résultats ».

Jusqu'ici, personne n'avait osé affirmer avoir réussi cette épreuve — qui reste le test de référence, bien que controversé, dans le domaine de l'intelligence artificielle. D'autres programmes peuvent pourtant se prévaloir de bien meilleurs scores à des concours similaires. Comme PC Therapist qui, dès 1991, a convaincu 50 % du jury du concours Loebner — la plus célèbre compétition de ce type —, ou Cleverbot, qui a obtenu 59 % des votes de l'assemblée après avoir conversé avec 30 jurés devant une assistance de plus de 1000 personnes. « Les résultats d'Eugene Goostman ne sont pas significativement différents de ceux obtenus par d'autres programmes avant lui », analyse José Hernandez Orallo, professeur au département des systèmes informatiques de l'Université polytechnique de Valence (Espagne). Ce ne devrait donc pas être Eugene, développé par le Russe Vladimir Veselov et l'Ukrainien Eugen Demchenko, qui révolutionnera le petit monde des « chatbots » — ces agents conversationnels dont il est l'un des derniers-nés. Son ancêtre Eliza, le tout premier du genre, fut mis au point dans les années 1960 par Joseph



Alan Turing, mathématicien et informaticien britannique (1912-1954), a proposé une expérience pour tenter de définir si un logiciel est doué de pensée et capable de reproduire l'intelligence humaine.

INTERVIEW



JOSÉ HERNANDEZ ORALLO

PROFESSEUR AU DÉPARTEMENT DES SYSTÈMES INFORMATIQUES DE L'UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE VALENCE (ESPAGNE).

« Mesurer l'intelligence, un défi pour les scientifiques »

Qu'est-ce que l'« intelligence artificielle » ?

Elle vise à développer des machines capables de réaliser une tâche spécifique qui, pour les humains, nécessite de l'intelligence. Mais cela ne signifie pas que ces logiciels soient intelligents ! On peut citer les super-ordinateurs comme Deep Blue, vainqueur du champion du monde d'échecs Garry Kasparov, ou Watson, conçu initialement pour jouer au jeu Jeopardy. Mais aussi les voitures sans chauffeur ou les moteurs de recherche Internet. Pour ce qui est de la machine vraiment intelligente,

on en est loin ! Elle devra présenter les mêmes qualités qu'un animal ou qu'un extraterrestre qui serait qualifié d'intelligent. À savoir la capacité à apprendre par l'observation et l'interaction avec le monde qui l'entoure, puis d'utiliser ses connaissances pour atteindre ses objectifs.

Le test de Turing est-il le meilleur moyen pour mesurer l'intelligence ?

Non, c'est une épreuve d'« humanité » plutôt qu'une épreuve d'intelligence. En plus de son aspect anthropocentrique, il

présente plusieurs défauts. Il ne prend pas en compte le fait que l'intelligence recouvre plusieurs facettes. Il n'est pas non plus graduel : si on réussit le test, on est intelligent, sinon on ne l'est pas. C'est très simpliste. Enfin, il ne dit pas grand-chose de ce qu'est vraiment l'intelligence. Et c'est l'une des questions scientifiques majeures.

Quelles sont les alternatives possibles à ce test ?

L'enjeu est de mettre au point un test universel qui puisse s'appliquer aussi bien aux animaux qu'aux machines. Pour cela, nous tentons de définir mathématiquement l'intelligence à l'aide d'algorithmes. Nous avons d'ailleurs déjà développé des prototypes de tests. Ce domaine de recherche prendra sans nul doute de l'ampleur dans les prochaines décennies, quand nous serons confrontés à des machines de plus en plus intelligentes. ■ **Propos recueillis par A. B.**

Weizenbaum, professeur émérite d'informatique au Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, États-Unis).

Depuis, de nombreux chatbots ont fleuri sur la toile à l'initiative de chercheurs, de passionnés ou d'entreprises qui les utilisent pour répondre à leurs clients sur des portails commerciaux. Sans oublier Siri, l'application smart-

« C'est une annonce spectaculaire, mais excessive et malhonnête »

Jean-Paul Delahaye, chercheur au Laboratoire d'informatique fondamentale, à l'université de Lille.

phone d'Apple conçue pour comprendre et converser en langage naturel. « Demain, on pourrait imaginer des chatbots secrétaires pour prendre les rendez-vous, des hotlines virtuelles pour dépanner votre ordinateur, ou des interfaces téléphoniques plus conviviales pour

remplacer les stupides automates qui se limitent à répéter « tapez 1 ou tapez 2 », envisage Denis Robert, informaticien et père de Mylène, un chatbot né en 2006.

Pour tenter d'imiter le langage, ces logiciels combinent des outils d'analyse syntaxiques et sémantiques. Certains font appel à d'importantes bases de données de conversations avec lesquels ils comparent les phrases de leur interlocuteur et où ils puisent des réponses potentielles. D'autres réagissent à des mots-clés et y répondent par des phrases toutes faites, comme semble procéder Eugene dans sa version en ligne (version probablement différente de celle qui a concouru). Et quand ils perdent pied, ils répondent à la question par une autre, en reprenant les mêmes mots. « Cette astuce est si efficace pour faire illusion que les hommes politiques l'utilisent souvent », plaisante José Hernandez Orallo.

« Si les dialogues des chatbots peuvent parfois donner le change, ces

programmes ne comprennent pas vraiment le sens des mots ni des phrases », explique Pierre-Yves Oudeyer, directeur de recherche à l'Inria (Institut national de recherche en informatique et en automatique), qui s'intéresse à l'apprentissage du langage.

Pour comprendre un mot, il faut l'expérimenter physiquement

Pour saisir pleinement le sens d'un mot, il faut, d'après lui, expérimenter physiquement ce qu'il signifie. « Par exemple, on ne peut pas vraiment comprendre ce qu'est une chaise avant de s'être assis dessus. C'est pourquoi nous travaillons sur des robots humanoïdes qui appréhenderont le monde grâce aux mêmes sens que l'homme. L'enjeu est de concevoir une machine qui puisse véritablement communiquer avec l'être humain. » Jean-Paul Delahaye fait partie de ceux qui pensent que nous y parviendrons un jour. « C'est juste plus difficile que ce que Turing avait prévu ! » ■ **Audrey Boehly**

La roquette à l'œil d'aigle

Un guidage laser permet à cette munition d'atteindre une précision métrique. Une performance jusque-là réservée aux missiles, plus lourds et surtout beaucoup plus chers.

EN MODE COMBAT, le Tigre rase les pins maritimes de la forêt landaise, à proximité de Biscarosse, et file en direction de l'océan. La mission de l'hélicoptère de combat de l'armée française est engagée. La tension monte d'un cran dans la salle de contrôle des opérations où se concentrent ingénieurs, militaires et responsables de la Direction générale de l'armement (DGA). « *Tir autorisé.* » Une flamme énorme jaillit du Tigre. C'est le propergol qui se consume en une seconde, propulsant la roquette à Mach 2. Quelques secondes plus tard, elle transperce en son centre la cible, une grosse bouée jaune posée sur l'océan à 3,5 km du point de tir. Mission réussie !

Une arme quasi unique au monde

Réalisé le 3 juin, ce tir était un test d'une nouvelle roquette de précision métrique (RPM), développée par l'industriel français TDA Armements en collaboration avec DGA-Essais de missiles. Une munition quasi unique au monde. « *Seuls les Américains disposent d'un équipement équivalent, l'APKWS II développé par le britannique BAE Systems* », indique Matthieu Krouri qui a été responsable du développement de la RPM chez TDA.

Ce type de roquette est conçu pour toucher le centre de sa cible à plus ou moins un mètre près. Pourtant, la RPM est tirée depuis un hélicoptère en mouvement, sur un objet se trouvant jusqu'à 7 km de distance et pouvant être lui-même en mouvement. En situa-



Tirée depuis un hélicoptère, la roquette a pulvérisé quelques secondes plus tard une bouée placée à 3,5 km de là sur l'océan.

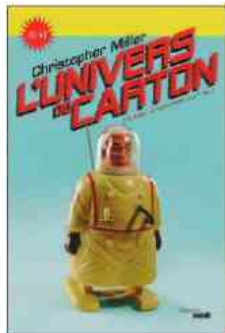
tion opérationnelle, elle serait tout à fait désignée pour contrer la menace « *pick-up* », ces camionnettes 4X4 souvent lourdement armées.

La précision de l'engin est assurée par un guidage laser. La désignation de la cible peut se faire depuis l'hélicoptère Tigre lui-même, dans sa version dite HAD (« *appui-destruction* »). Celui-ci dispose effectivement d'un illuminateur laser placé sous le rotor, qui pointe son faisceau vers l'objectif à détruire. Mais dans le cas de l'essai du 3 juin, il s'agissait d'un « *désignateur* » laser terrestre, de type DHY 307, semblable à ceux utilisés par les commandos en opération. Il illuminait la cible placée en mer. « *Lorsque la roquette quitte son "panier", un capteur positionné sur son nez détecte la tache laser sur la cible. Quatre ailettes, appelées canards, sont alors déployées et commandées par l'autopilote qui dirige la roquette jusqu'à son objectif* », explique Pierre Bouvier, ingénieur principal de la DGA.

Trois fois moins chère que le missile américain Hellfire

Une telle précision est habituellement réservée à des missiles, plus gros, plus puissants et surtout beaucoup plus chers. Selon TDA, la RPM devrait être trois fois moins chère que le missile américain Hellfire — environ 50 000 € l'unité — acheté par la France pour équiper le Tigre. Alors que les budgets de la défense sont en baisse constante, l'industriel espère d'ici à 2018-2019 une entrée en service de sa roquette « *low cost* » ! ■ **Olivier Hertel**

L'Univers de carton

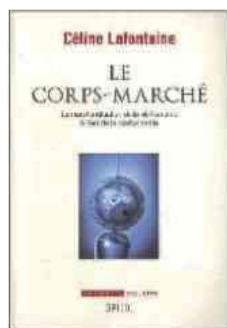


Christopher Miller, *Le Cherche Midi*, 632 p., 23,80 €

Qui est Phoebus K. Dank ? Un écrivain de science-fiction, auteur négligé mais suffisamment « culte » pour que deux critiques consacrent à sa vie et à son œuvre un dictionnaire encyclopédique. Le premier, l'enseignant William Boswell, est le thuriféraire de Phoebus, « seul véritable génie de son époque ». Le second, Owen Hirt, vomit l'homme Dank comme sa prose, qui ne procure « guère plus de sensations qu'un Taser en

panne »... *L'Univers de carton* est un faux guide : Dank, Boswell et Hirt sont des personnages imaginaires avec lesquels Christopher Miller, seul vrai auteur du livre, réinvente de façon burlesque et décalée le pape de la SF Philip K. Dick. Mort en 1982, l'auteur des *Androïdes rêvent-ils de moutons électriques* ? (devenu *Blade Runner* au cinéma) est connu pour ses intrigues où mondes réels et virtuels s'imbriquent dans de vertigineuses mises en abyme. Avec un humour ravageur, Miller joue des mêmes miroirs déformants. Et va même jusqu'à faire de Philip K. Dick le héros fictionnel d'un roman de Phoebus K. Dank : l'équivalent littéraire de ces dessins impossibles d'Escher, aux escaliers qui se rebouclent sans fin. ■ O. L.

Le Corps-Marché



Céline Lafontaine, Seuil, 267 p., 21,50 €

« Bioéconomie » : le terme n'est pas encore entré dans le langage courant, mais il va falloir s'y habituer car il nous concerne tous. Il désigne une nouvelle économie construite sur la marchandisation du corps en « pièces détachées ». Une marchandisation « parcellisée » dit l'auteure, Céline Fontaine, professeure agrégée de sociologie à l'université de Montréal. Dans ce cas, explique-t-elle, la valeur marchande ne vient plus du travail mais de ce que

produit la vie. En cause, entre autres, les progrès des biotechnologies. La sociologue alimente sa réflexion avec de nombreux exemples. Ainsi, le cas des cellules souches avec les espoirs qu'elles suscitent pour la régénération du corps humain est emblématique. Les embryons surnuméraires, provenant de la fécondation *in vitro* et ne faisant plus l'objet d'un « projet parental », deviennent en tant que sources de cellules souches « une marchandise hautement prisée ». ■ Olivier Hertel

ADA

Masaki Yamada, Actes Sud, 370 p., 23 €



Le récit de Masaki Yamada nous emmène à travers des réalités multiples, fait converger la fiction et l'histoire, détourne les lieux et les époques. Sherlock Holmes glose sur Frankenstein, qui lui-même se réveille au beau milieu d'un sanctuaire sassanide... La faute aux mondes quantiques, fil rouge de ce roman où temps et espace s'emmêlent. ■ O. H.

NULLE PART OÙ SE CACHER

Glenn Greenwald, JC Lattès, 360 p., 20 €



Pour un journaliste, l'affaire Snowden, c'est le Graal. Glenn Greenwald est celui qui est arrivé au bout de cette quête.

C'est lui qui a révélé comment les États-Unis espionnaient la Terre entière : ses ennemis bien sûr, mais aussi ses alliés et ses propres citoyens. Il nous fait revivre les échanges cryptés avec Edward Snowden, la première rencontre, la peur des représailles et les pressions du gouvernement américain pour empêcher la parution des articles. ■ O. H.

BD MEDIAENTITY



Émilie et Simon, Delcourt, 65 p., 13,95 €

Un soupçon de Jérôme Kerviel, une once de

Facebook, une goutte de Google... Bienvenue dans un monde pas si éloigné du nôtre. *MediaEntity* nous plonge dans une aventure paranoïaque où notre propre identité est notre pire ennemi. Pour approfondir, divers supports, dont une version turbomédia sur le Web, ainsi que des contenus en réalité augmentée sont disponibles. ■ H. R.



Piers Bizony, Taschen, 1386 p., 500 €

The Making of Stanley Kubrick's « 2001 : a Space Odyssey »

D'abord, il y a l'objet. Métallique, noir, ce parallélépipède de plus de 40 cm de long évoque bien sûr le monolithe de *2001, l'Odyssée de l'espace*, mystérieux symbole traversant tous les âges de l'humanité dans le plus célèbre film de Stanley Kubrick. D'une pression des doigts, ce luxueux (et dispendieux) boîtier s'ouvre pour libérer 4 volumes. Ils contiennent des photographies de plateau, des entretiens (notamment avec les acteurs principaux), le fac-similé du scénario et des notes de production. Sous la plume de Piers Bizony, on (re)découvre aussi la fructueuse collaboration entre Mister K. et l'écrivain Arthur C. Clarke. Leur premier contact fut épistolaire, le cinéaste demandant à la célébrité du monde littéraire si elle était prête à travailler avec lui sur un film de SF enfin « vraiment bon ». L'autre lui répondit avec enthousiasme, le mettant néanmoins en garde : il faudrait plusieurs années pour atteindre un tel objectif... Quatre ans plus tard, en 1968, le film déferlait dans les salles obscures, imprimant durablement la rétine des cinéphiles du monde entier. Kubrick pouvant pousser un ouf ! de soulagement : il s'inquiétait, pendant la préparation de « 2001 », d'être « doublé » par la Nasa, si celle-ci avait fait la découverte d'une vie extraterrestre avant la sortie du film. 46 ans après, on attend encore. ■ Olivier Lascar

CONTEXTE De nombreux épisodes orageux ont traversé la France durant le printemps avec 140 000 impacts de foudre au sol en trois mois.

Orages : peut-on éviter les accidents ?

MÉTÉOROLOGIE Être frappé par la foudre... Pareils accidents sont rares : faute d'un recensement très précis, on estime que 50 à 100 personnes sont foudroyées chaque année. Certaines en gardent des séquelles, et 20 à 30 % en meurent. Depuis 2008, on déplore ainsi 16 décès en France métropolitaine (données Inserm). Un million de coups de foudre touche le sol français chaque année. Ces foudroiements, qui ne durent que 10 à 20 millisecondes, se produisent le plus souvent en montagne ou près des côtes.

Le nuage orageux est un concentré de charges électriques avec une répartition bien spécifique : les charges positives se retrouvent plutôt au sommet du nuage, les charges négatives à la base. Au sol, sous le cumulonimbus, les charges



Lorsque la décharge électrique rencontre une résistance au point de contact (arbre...), la température peut atteindre 30 000 °C.

positives remontent vers la surface, attirées par leurs contraires. Lorsque des charges électriques négatives descendent du nuage, elles cherchent à rejoindre le sol par le chemin le plus court : l'air étant un isolant, elles profitent de tout ce qui leur offre une moindre résistance électrique pour le faire — un arbre par exemple. Lorsque la rencontre se fait en un point de contact solide (l'arbre, la surface d'un terrain ou même un avion), c'est le coup de foudre. La décharge électrique rencontrant une résistance au point de contact, un dégagement de chaleur intense se produit : c'est l'effet joule. La température peut monter jusqu'à 30 000 °C.

Un organisme humain debout et isolé, par exemple sur une plage, offre un bon raccourci

CONTEXTE La France connaît chaque début d'été un pic d'allergie au pollen d'ambroisie, une graminée particulièrement envahissante.

Réussira-t-on à éradiquer l'ambroisie ?

ENVIRONNEMENT Si l'Hexagone connaît dès le printemps un pic de production de pollen par les graminées, elle s'attend, à partir de juillet, à la dissémination de celui redoutable de l'ambroisie (*Ambrosia artemisiifolia*) jusqu'en octobre. Plantes invasives provenant d'Amérique du Nord et introduite en France au XIX^e siècle, les quatre espèces d'ambroisie se

retrouvent sur de fortes densités, principalement en Rhône-Alpes. Quelques grains de pollen par mètre cube d'air suffisent à provoquer rhinite, asthme, dermatose, trachéite. Dans cette région, le nombre total de consommateurs de médicaments antiallergies au pollen d'ambroisie a augmenté de 60 % entre 2008 et 2011, passant de 161 200 à 258 700 per-

sonnes. « L'ambroisie continue sa colonisation vers le Midi-Pyrénées, l'Aquitaine, les Charentes, et le réchauffement climatique fait que sa production de pollen se poursuit désormais jusqu'à fin octobre », note Guillaume Fried, agronome à l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Les hommes ont provo-

pour cette décharge électrique descendante. Les systèmes vasculaires et nerveux sont en effet de bons conducteurs. Et, circonstance aggravante, la peau offre moins de résistance lorsqu'elle est mouillée. Lors de ces foudroiements, le courant électrique peut emprunter deux chemins : traverser le corps ou s'écouler sur la peau. Si le courant passe par le cœur, il peut provoquer un arrêt cardiaque immédiat.

Il faut impérativement s'éloigner des arbres

Le danger de cette électrocution — ou fulguration — dépend de l'intensité du courant et de la durée du passage. En raison des lésions qu'il provoque au niveau des nerfs, le courant peut entraîner un arrêt respiratoire et un coma de quelques minutes ou quelques heures. Dans ces cas-là, les premiers gestes de secours sont la réanimation cardio-respiratoire (bouche-à-bouche et massage cardiaque voire défibrillateur dans certaines circonstances). L'échauffement lié à la résistance rencontrée par le courant électrique provoque également des brûlures, sur et sous la peau.

Lorsqu'on est surpris par un orage, il donc faut s'éloigner coûte que coûte des arbres, qui offrent aux éclairs ce raccourci vers le sol qu'ils recherchent, et préférer un abri rocheux ou une voiture. Faute d'abri, il ne faut pas rester debout mais s'aplatir au sol, jambes repliées, sur un matériau isolant comme un ciré ou du plastique si possible. La fuite est tentante, mais marcher à grands pas peut entraîner un foudroiement indirect. En effet, à proximité d'un impact de foudre, le courant électrique s'écoule dans le sol et entre deux points de contact proches (comme deux pieds) il se crée une différence de potentiel. Une personne, ou un animal, peut ainsi être traversée par le courant.

Il faut également prendre garde à ne pas toucher une pièce métallique, conductrice en cas de coup de foudre, ou les murs d'un bâtiment isolé dépourvu de paratonnerre. Enfin, au sein d'un groupe pris dans un orage, il faut s'écarter d'au moins trois mètres les uns des autres, car le foudroiement peut se propager de façon latérale entre deux personnes. ■

Cécile Dumas (avec O. L.)

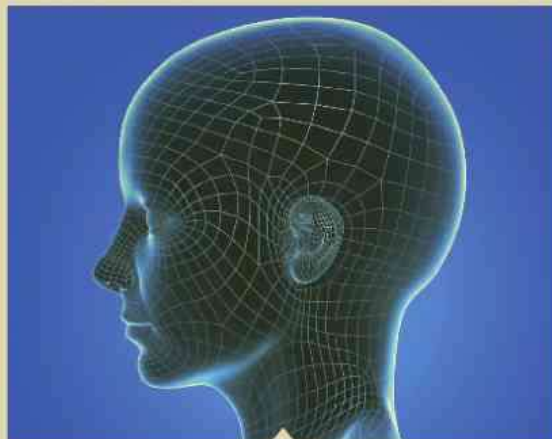
qué l'extension de cette plante, notamment en multipliant les zones de sol nu où les graines peuvent germer. « Elle profite des larges espaces entre les rangs de tournesol pour pousser, déplore André Merrien, directeur de recherche au Centre technique des oléagineux (Cetiom). À part le binage mécanique, nous n'avons jusqu'à présent aucun moyen de lutte, même pas chimique. » Les talus, les remblais issus de travaux de construction sont autant de terrains d'implantation pour une plante qui produit plusieurs milliers de graines par pied. En décembre, un projet de loi a

été déposé par un député pour rendre obligatoire l'arrachage. Le texte précisait que « tout occupant légal d'une parcelle avec la présence d'*Ambrosia artemisiifolia* est tenu de procéder, à ses frais, à la suppression de cette plante, avant sa floraison ». Mais le gouvernement a demandé son renvoi, arguant qu'il convenait d'inclure la question des plantes allergisantes en général dans la future loi de santé publique que la ministre de la Santé devait présenter le 17 juin. Cet été encore, rien n'oblige donc les agriculteurs, promoteurs, élus, etc. à faucher l'ambrosie sur leurs terrains. ■

Loïc Chauveau

LE MOT DU MOIS

TOPOLOGIE



Cinq à dix photos d'une personne suffisent pour créer, grâce à la topologie, un modèle numérique, qui servira à la reconnaissance.

Cette branche des mathématiques est sous les feux des projecteurs à la faveur d'un article du *New York Times* ayant révélé que la NSA, l'Agence de la sécurité nationale américaine, collecte à l'insu des internautes des « millions de photographies par jour ». Autrement dit, la topologie, qui s'intéresse aux propriétés des objets « invariants » (qui ne changent pas) même lorsqu'ils sont déformés est un outil de reconnaissance faciale associant une forme à un « objet » particulier, en l'occurrence un visage, quelle que soit son expression. Cette technique est complémentaire de la biométrie qui, elle, consiste à rechercher sur une photographie les éléments constitutifs d'un visage (yeux, bouche.) Avec la topologie, seule une courte série d'images est nécessaire pour établir une reconnaissance. « Cinq à dix photos suffisent et on peut aussi utiliser une séquence vidéo filmée par un smartphone », commente Roger Cozien, de la société eXo maKina spécialisée dans le traitement des photos. L'approche topologique permet ainsi de créer la traduction vectorielle d'une personne, le résultat pouvant être comparé, pour simplifier, aux avatars façonnés en polygones des jeux vidéo. Ce modèle numérique est ensuite utilisé pour retrouver l'individu en question sur n'importe quelle autre image ou vidéo. Autre avantage du modèle topologique : il ne se limite pas aux 3 dimensions spatiales. Il est possible d'en ajouter et ainsi de fournir quantité d'informations : la couleur des cheveux ou de ses yeux, mais aussi si l'individu porte des lunettes ou la barbe. ■

GETTY IMAGES

Olivier Lascar

Pour garder un œil chez soi

Les caméras connectées à Internet permettent de surveiller en temps réel son domicile depuis un ordinateur ou un smartphone. Une solution économique séduisante.

Qu'est-ce qu'une caméra IP ?

Il s'agit d'une petite caméra autonome, rappelant une webcam, à connecter non à son ordinateur, mais directement à la box Internet de son logement. Elle fonctionne uniquement sous protocole Internet, d'où son nom de caméra « IP » (Internet Protocole). La caméra envoie directement les images dès qu'elle est « interrogée » à distance — où que l'on se trouve — depuis un ordinateur connecté au Net, une tablette ou un smartphone, même en 3G.

Faut-il impérativement une connexion Internet ?

Oui. L'accès Internet et l'alimentation en électricité doivent être maintenus en permanence au domicile à surveiller, comme c'est déjà le cas pour la plupart des antivol conventionnels ou des systèmes de téléalarme.

Est-ce une alarme ?

Non. Ces caméras ne disposent pas de sirènes, elles n'avertissent donc pas le voisinage d'une intrusion. De même, sauf abonnement spécifique, elles n'informent aucun service de sécurité. Certaines sont cependant équipées d'une fonction de détection de mouvement : en cas de déplacement suspect, ces caméras envoient un courriel ou un SMS à leur possesseur pour les prévenir. Bémol : cette fonction reste peu fiable. Il est néanmoins possible de coupler une caméra IP à un antivol conventionnel. De même, certaines offres de télésurveillance proposent une option caméra IP fournie par le prestataire de service.



Comment fonctionne la détection automatique de mouvement ?

La caméra assimile des variations brusques de luminosité dans l'image à un mouvement. La sensibilité du système doit donc être ajustée pour éviter des déclenchements parasites, liés à du vent dans un feuillage par exemple. Ce réglage est souvent délicat. L'efficacité de ce dispositif est très variable, et sa fiabilité reste le plus souvent inférieure à celle d'un dispositif d'alarme conventionnel.

Comment raccorde-t-on la caméra à la box ?

La mise en œuvre dépend du modèle retenu. Une solution consiste à relier la caméra à la box par un câble Ethernet type

RJ45, identique à celui utilisé pour le raccordement des ordinateurs. Certaines caméras intègrent un transmetteur Wi-Fi. Ici, pas de contrainte de câble. Il faut juste faire « accepter » la caméra au réseau Wi-Fi en pressant simultanément les poussoirs de jumelage, marqués « WPS », sur la caméra et sur la box. Enfin, certains modèles exploitent une liaison par courant porteur (CPL, lire S. et A. n° 756, février 2010). Dans ce cas la liaison s'effectue par l'intermédiaire des prises secteur de l'habitation ce qui offre, ici encore, une grande liberté de disposition de la caméra.

Faut-il télécharger une application ?

Oui, il est impératif de télécharger une application dédiée sur son

smartphone, sa tablette ou son ordinateur. Car établir une liaison avec un équipement connecté à Internet demande une certaine expertise. La première fonction de l'application est donc d'établir la liaison. Elle aura ensuite pour mission d'afficher l'image, la transmission de la vidéo se faisant souvent de manière cryptée. Elle transmettra aussi les instructions de mouvement si la caméra est motorisée.

Quels sont les points à prendre en compte ?

Diverses fonctionnalités sont proposées. La première concerne l'illumination infrarouge. Un jeu de LED entourant l'objectif permet une vision de nuit. La motorisation du support élargit aussi le champ de vision de la caméra : les mouvements sont alors télécommandés depuis Internet. Enfin, certains modèles proposent aussi d'écouter un éventuel intrus voire de lui parler.

La qualité d'image est-elle importante ?

La définition de ces caméras reste relativement faible. Si constater une intrusion est évident, il est en revanche parfois difficile d'identifier clairement un visage, point important pour pouvoir confondre un cambrioleur par

exemple. Opter pour une caméra dotée d'une définition élevée est donc un atout.

Peut-on utiliser plusieurs caméras IP à la fois ?

Oui. Il est possible de disposer plusieurs caméras pour surveiller différentes zones du logement. Chacune possédant sa propre adresse, l'application pourra les distinguer, et il sera possible de passer de l'une à l'autre. Il existe des modèles résistants aux intempéries à placer en extérieur. Attention cependant : cette caméra ne doit en aucun cas filmer la voie publique ou le voisinage sous peine de contrevenir à la législation en cours (*lire l'encadré ci-dessous*).

Peut-on enregistrer les séquences vidéo tournées ?

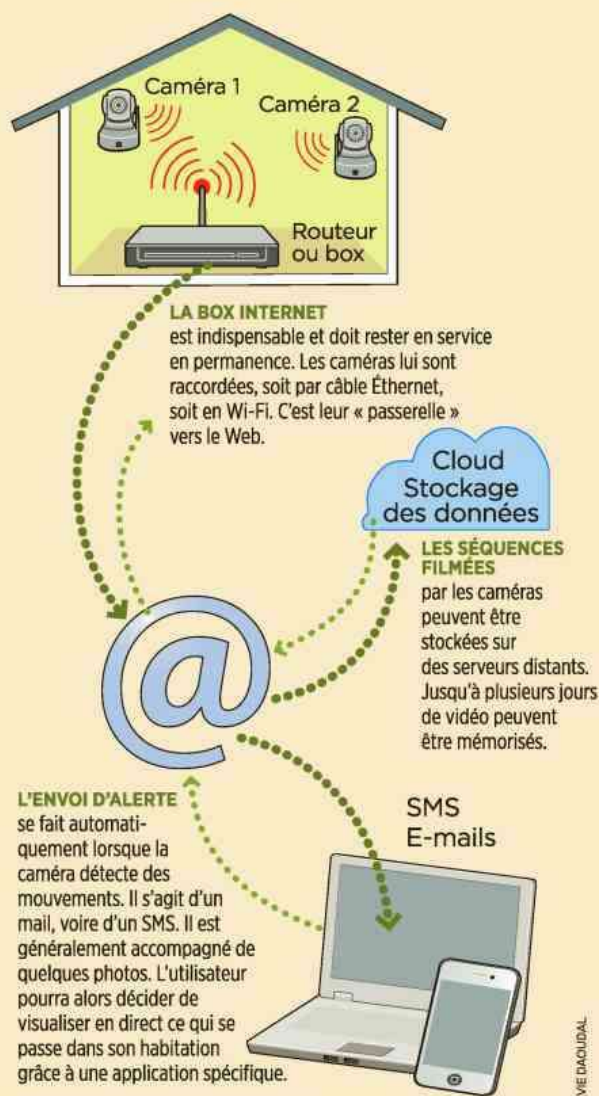
Oui. Plusieurs solutions sont proposées. L'enregistrement peut se faire localement, par l'intermédiaire de l'application dédiée dans le smartphone, la tablette ou l'ordinateur ayant été utilisés pour consulter la caméra. De plus en plus de constructeurs proposent aussi un espace *cloud* pour stocker ces enregistrements de manière délocalisée. Ils pourront ainsi être utilisés pour justifier des vols auprès de son assurance par exemple.

Un vide juridique

Le législateur n'a pas encadré l'utilisation d'une caméra de vidéosurveillance dans une habitation privée.

Si l'usage de la vidéosurveillance en milieu professionnel est très réglementé (déclaration préalable, images conservées un mois au plus...), son utilisation au sein d'une habitation privée fait l'objet d'un vide juridique. Ainsi, il est possible d'équiper sa maison d'autant de caméras qu'on le souhaite, d'enregistrer et de conserver les vidéos tournées sans limitation de temps, et rien n'oblige à prévenir d'éventuels invités qu'ils peuvent être filmés. L'utilisation ou la divulgation sans leur accord des vidéos tournées peuvent en revanche être à l'origine d'un dépôt de plainte pour atteinte à la vie privée. Seule contrainte : les caméras ne doivent pas filmer hors du domaine strictement privé. Elles ne doivent donc pas laisser entrevoir une portion de voie publique ou la porte d'entrée ou les fenêtres d'un voisin.

Des images transmises par Internet



Banc d'essai pages suivantes ►

LES CAMÉRAS IP



	Aquila Vizion Motion Vizion AV-IP03	Heden V 2.4	Heden V 3.4
Prix indicatif	59 €	74,99 €	99,99 €
Définition	Capteur CMOS, VGA (640 x 480 pixels)	Capteur CMOS, VGA (640 x 480 pixels)	Capteur CMOS, VGA (640 x 480 pixels)
Connexion	Wi-Fi ou Ethernet	Wi-Fi ou Ethernet	Wi-Fi ou Ethernet
Vision infrarouge	Oui, jusqu'à 8 m	Oui, jusqu'à 5 m	Oui, jusqu'à 10 m
Angle de vision	55°	60°	60°
Socle motorisé	Oui (360° à l'horizontale, 110° verticale)	Oui (270° à l'horizontale, 90° verticale)	Non
Micro, haut-parleur	Oui	Oui	Non
Envoi d'alertes	Oui, par e-mail après détection de mouvement	Oui, par e-mail après détection de mouvement	Oui, par e-mail après détection de mouvement
Application	PC, Mac, i-OS, Android	PC, i-OS, Android	PC, i-OS, Android
Dimensions/Poids	132 x 103 x 127 mm / non précisé	257 x 137 x 173 mm / 900 g	265 x 138 x 205 mm / 1,6 kg
Les plus	Prix, socle motorisé	Prix, socle motorisé	Résistante aux intempéries (certification IP 66), protection antivandalisme
Nos commentaires	Une caméra simple au prix serré. Aquila Vizion propose le stockage des vidéos sur ses serveurs basés en Île-de-France.	Heden propose un système de gestion de ses caméras depuis un PC capable de combler les plus ambitieux en matière de vidéosurveillance. En effet, il est possible de gérer jusqu'à 64 caméras simultanément.	Un petit prix pour cette caméra d'extérieur. Un assistant d'installation guide l'utilisateur grâce, notamment, au QR code de son emballage qui automatise son identification sur le réseau.



	Philips M120E	Myfox Wireless Camera	Zavio F3215
Prix indicatif	149 €	179 €	189 €
Définition	Capteur CMOS, HD 720p (1280 x 720 pixels)	Capteur CMOS, HD WXGA (1280 x 720 pixels)	Capteur CMOS, full HD (1920 x 1080 pixels)
Connexion	Wi-Fi ou USB	Wi-Fi ou Ethernet	Wi-Fi ou Ethernet
Vision infrarouge	Oui	Oui, jusqu'à 7,5 m	Oui, jusqu'à 10 m
Angle de vision	102°	Non précisé	88°
Socle motorisé	Non	Non	Non
Micro/hautparleur	Oui	Oui	Oui
Envoi d'alertes	Oui	Oui, par e-mail après détection de mouvement (SMS en option)	Appel vidéo sur détection de mouvement
Application	PC, Mac, i-OS, Android	PC, Mac, i-OS, Android	PC, i-OS, Android
Dimensions/Poids	114 x 65 x 65 mm / 580 g	75 x 115 x 30 mm / 200 g	97 x 66 x 32 mm / 116 g
Les plus	Vidéo HD, angle de vision extra-large, détection de mouvement et de bruit.	Vidéo HD, enregistrement local sur carte micro SD, intégration simple à l'écosystème MyFox.	Vidéo full-HD, enregistrement local sur carte micro SD, détecteur de mouvement infrarouge passif efficace.
Nos commentaires	La détection combinée des bruits et des mouvements limite l'envoi de fausses alertes. Par ailleurs, cette caméra enregistre automatiquement sur le cloud toute activité anormale détectée.	Cette centrale de gestion recueille les informations provenant de différents détecteurs (effraction, fumée, monoxyde de carbone). Des services associés sont également proposés.	Le logiciel de vidéosurveillance très évolué permet la visualisation simultanée d'un grand nombre de caméras. Et la définition élevée offre la possibilité de zoomer assez efficacement.



Kiwatch KW-965S

119 €

Capteur CMOS, VGA (640 x 480 pixels)
Wi-Fi ou Ethernet
Oui, jusqu'à 10 m
80°
Non
Oui
Oui, par e-mail ou SMS après détection de mouvement
PC, Mac, i-OS, Android
61 x 77 x 120 mm / non précisé
Sirène intégrée, angle de vision large
Souscription indispensable (5,90 € par mois) à un service de surveillance pour pouvoir exploiter cette caméra et bénéficier de l'envoi des alertes. Possibilité d'alerter directement les forces de l'ordre.



Belkin F7D7601

129,99 €

Capteur CMOS, VGA (640 x 480 pixels)
Wi-Fi ou Ethernet
Oui, jusqu'à 8 m
80°
Non
Oui
Oui, par e-mail après détection de mouvement
PC, Mac, i-OS, Android
182 x 130 x 96 mm / 400 g
Mise en service simple, angle de vision large
De nombreuses offres promotionnelles sont faites sur ce modèle. Belkin prépare une version vidéo HD de cette caméra qui devrait apparaître prochainement sur le marché français.



Kiwatch KW-440

229 €

Capteur CMOS, VGA (640 x 480 pixels)
Wi-Fi ou Ethernet
Oui, jusqu'à 15 m
70°
Non
Oui
Oui, par e-mail ou SMS après détection de mouvement
PC, Mac, i-OS, Android
55 x 113 x 130 mm / non précisé
Résistante aux intempéries (certification IP 66), vision nocturne longue portée.

Comme pour le modèle d'intérieur, un abonnement mensuel est indispensable pour pouvoir exploiter cette caméra. Un micro interne propose l'écoute à distance des bruits ambiants.



D-Link DCS-2136

334 €

Capteur CMOS, HD WXGA (1280 x 720 pixels)
Wi-Fi ou Ethernet
LED blanche portée 5 m
92°
Non
Oui
Oui, par e-mail après détection de mouvement
PC, i-OS, Android
Hors socle : 58 x 95 x 43 mm / 84 g
Détecteur de mouvement infrarouge passif efficace, carte micro SD 16 Go fournie.

La dernière technologie Wi-Fi offre un débit plus élevé et plus stable. L'éclairage par LED blanche préserve les couleurs la nuit. L'enregistrement local, d'une durée de 7 jours, est possible sur carte micro SD.

TECHNO +



Soulra Rugged Rukus Enceinte solaire

Le Rugged Rukus de Soulra, ce sont des enceintes destinées aux randonneurs et amateurs de régions coupées du monde. Ce système audio Bluetooth portable se recharge grâce à un panneau solaire intégré. Le soir, sa batterie lui confère une autonomie d'environ huit heures. Il peut aussi recharger un téléphone portable grâce à sa prise USB.

99,99 €

D-Link AC750 Wi-Fi à tous les étages



Si le Wi-Fi est anémique, avec des déconnexions intempestives, voici l'outil *ad hoc* : le répéteur sans fil AC750 de D-Link se connecte directement à une prise électrique et étend instantanément la couverture du réseau dans une maison ou un appartement.

99 €

Nokia 225 Smartphone premier prix

Doté d'un nouveau navigateur, propre à Nokia et basé sur l'outil de recherche Bing de Microsoft, le Nokia 225 propose d'accéder à Internet pour un prix plancher. Cette nouvelle interface, peu gourmande en données, garantit une bonne réactivité du téléphone, même lors de connexions peu rapides ou difficiles.

59 € (hors abonnement)



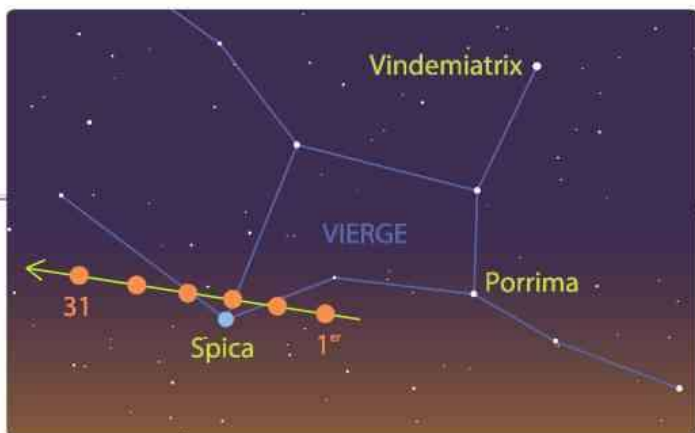
Par Johan Kieken

Où sont les planètes ?

MERCURE
atteint sa plus grande distance angulaire au Soleil le 12, à 21 degrés à l'ouest de notre étoile. Son repérage dans les lueurs du levant devient toutefois plus facile après cette date car, jour après jour, la petite planète voit son éclat et sa hauteur par rapport à l'écliptique augmenter. Sa proximité avec l'étincelante Vénus constitue également une aide bienvenue à sa détection.

VÉNUS
L'étoile du Berger se lève tout ce mois près de 2 heures avant l'astre du jour. Par son éclat, elle est inmanquable dans le ciel du matin.

MARS
Mars est visible vers le sud-ouest en première partie de nuit en début de mois et en soirée en fin de mois. La planète Rouge, toujours assez brillante, perd quand même 30 % de son éclat en juillet.



Progression de Mars dans la constellation de la Vierge, simulée tous les 6 jours.

Un duo saphir et caramel

CE MOIS-CI, LA PLANÈTE MARS REND VISITE À SPICA, l'étoile principale de la constellation de la Vierge. Le 13 et le 14, la distance entre les deux astres est minimale et se monte à $1^{\circ} 1/3$, soit un peu du double du diamètre angulaire de la Lune. Le contraste entre la couleur rougeâtre de Mars et l'éclat blanc-bleuté de Spica est facilement perceptible. Le déplacement apparent de Mars à travers les constellations du zodiaque traduit la composition du mouvement de cette planète et de celui de la Terre autour du Soleil.

Notre conseil. Avec un horizon sud-ouest bien dégagé, à l'œil nu et surtout avec une paire de jumelles, le spectacle est de toute beauté.

JUPITER
En conjonction avec le Soleil le 24, la planète géante est inobservable ce mois. Nous la retrouverons dès le mois prochain pour un splendide rapprochement matinal avec Vénus le 18.

SATURNE
Deux mois après son opposition, elle est visible en première partie de nuit dans la constellation de la Balance. Nuit après nuit, Saturne voit Mars fondre sur elle. Si une trentaine de degrés sépare les deux planètes dans notre ciel le 1^{er}, l'angle aura diminué de moitié le 31.

L'appli du mois

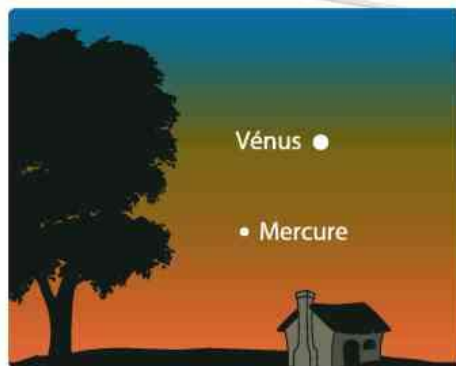
STELLARIUM MOBILE est la version nomade (et payante, 1,80 € env.) du célèbre logiciel de planétarium. L'application reproduit l'aspect d'un ciel étoilé visible à l'œil nu ou dans un instrument d'optique. Elle permet aussi d'identifier ce que l'on voit en temps réel, simplement en pointant son appareil vers la zone d'intérêt.



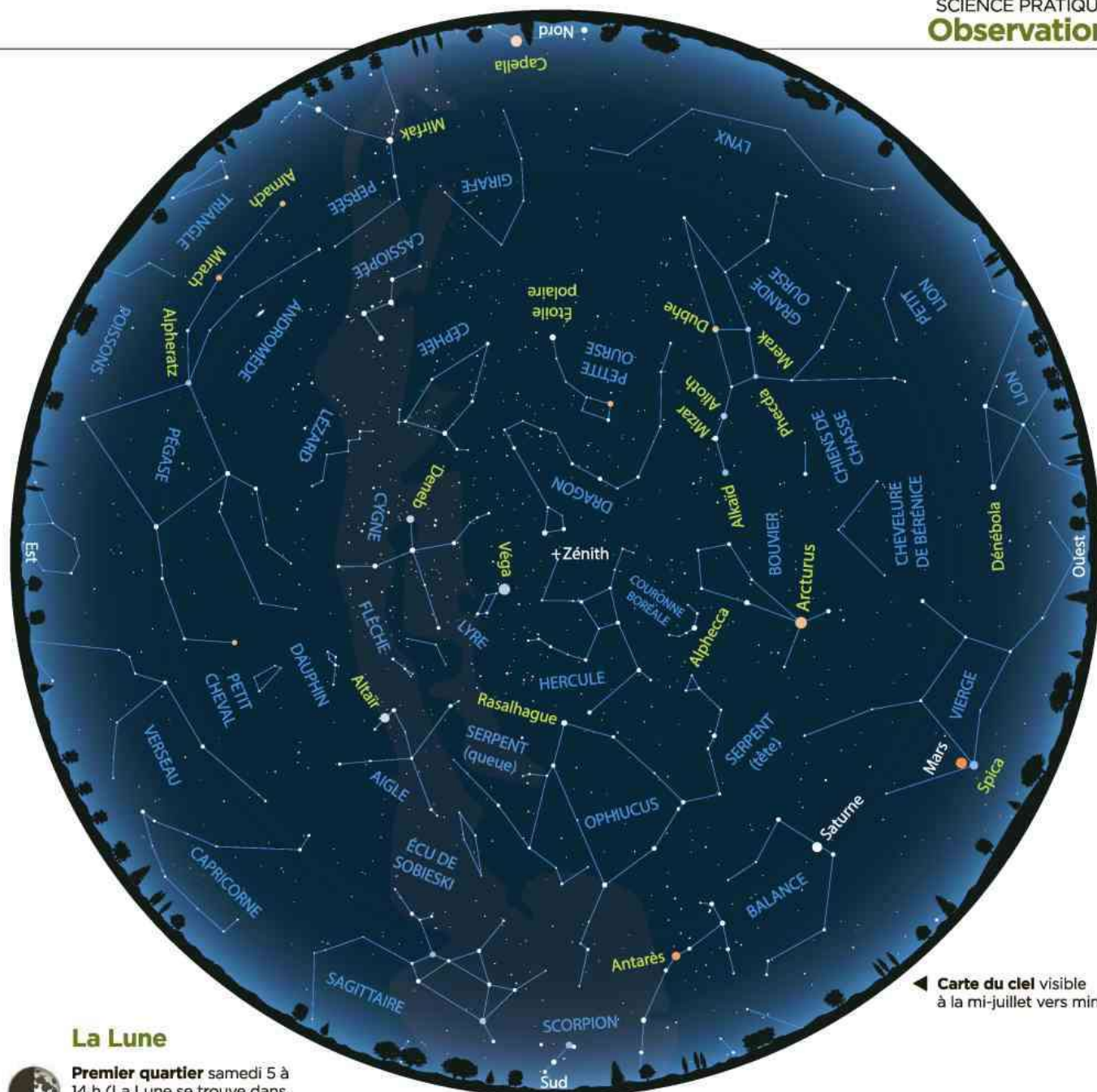
VENDREDI 4, À 2 H 13 TRÈS PRÉCISÉMENT, la Terre passe à l'aphélie. La distance Terre-Soleil atteint à cet instant son maximum pour 2014 et s'élève à environ 152 093 407 km.



LE SOIR DU 7, NOUS RETROUVONS LA LUNE en phase gibbeuse croissante près de la planète Saturne dans la constellation de la Balance. La scène est ici simulée à minuit.



LE MATIN DU 20, ET UNE BONNE PARTIE DU MOIS, Vénus nous sert de guide pour trouver la discrète Mercure. Nous sommes ici une demi-heure avant le lever du Soleil et faisons face à l'est-nord-est.



◀ Carte du ciel visible à la mi-juillet vers minuit

La Lune



Premier quartier samedi 5 à 14 h (La Lune se trouve dans la constellation de la Vierge)



Pleine lune samedi 12 à 13 h (Sagittaire)



Dernier quartier samedi 19 à 4 h (Poissons)



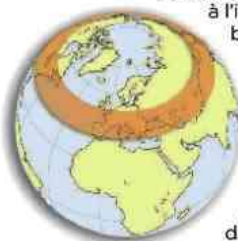
Nouvelle lune dimanche 27 à 1 h (Cancer)

Le Soleil

(à Paris)	Lever	Coucher
1 ^{er} juillet	5 h 51	21 h 57
31 juillet	6 h 22	21 h 31

D'où voir le ciel

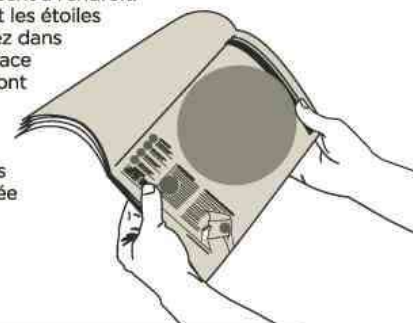
Notre carte tracée pour une latitude **47° nord** montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 40° à 54° de latitude nord. Si vous êtes au nord du 47° parallèle, l'étoile Polaire sera plus haute dans votre ciel et plus basse dans le cas contraire.



Les heures sont données en heure légale française (temps universel + 2 h).

Comment utiliser cette carte

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon à ce que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.



EXPOSITIONS

Auxerre (89)

Voyage imaginaire. Sur les traces des naturalistes

Les collections du musée confrontées aux dessins naturalistes réalisés par des élèves d'un collège auxerrois. Musée, jusqu'au 21 septembre. Rens. : 03.86.72.96.40.

Blois (41)

Fantasmagique cinéma

Des premières projections lumineuses jusqu'à l'avènement du cinématographe, le parcours suit le fil historique de l'évolution des techniques et des arts cinématographiques. Maison de la magie Robert-Houdin, 1, place du Château, jusqu'au 21 septembre. Rens. 02.54.90.33.33.

Bordeaux (33)

Anosmie, vivre sans odorat

Le travail de la photojournaliste Éléonore de Bonneval, qui montre l'impact de l'olfaction dans notre quotidien, vise à faire connaître la situation des personnes souffrant d'anosmie. CHU de Bordeaux, place Amélie-Raba-Léon, jusqu'au 18 juillet. Rens. : 05.57.82.01.69.

Caen (14)

Équitations

Une histoire de l'équitation en France du XVI^e au XX^e siècle vue à travers l'art, le spectacle et le sport. Musée de Normandie, château de Caen, jusqu'au 11 novembre. Rens. : 02.31.30.47.60.

Chambéry (73)

Reptiles et amphibiens

Qui sont-ils ? Comment vivent-ils ? Où habitent-ils ? Un décryptage des mythes et légendes associés à ces petits vertébrés dits à sang froid. Galerie Eurêka, hôtel de ville, jusqu'au 13 septembre. Rens. : 04.79.60.04.25.

Clermont-Ferrand (63)

Tumultes gaulois — réalités et représentations

Une réflexion sur les décalages entre iconographie et

réalité historique de la vie des Gaulois à l'aide de près de 300 pièces exposées (objets archéologiques et représentations artistiques). Musée Bargoin et musée d'art Roger-Quilliot, 45, rue Ballainvilliers, jusqu'au 23 novembre. Rens. : 04.73.42.69.70.

Grenoble (38)

Au fil des araignées

Une exposition autour des travaux de Christine Rollard, arachnologue au Muséum national d'histoire naturelle, et d'autres chercheurs comme ceux venus au Synchrotron

pour découvrir les mystères des fils de soie ou l'ambre emprisonnant les plus anciens spécimens connus. Muséum d'Histoire naturelle, 1, rue Dolomieu, jusqu'au 8 mars 2015. Rens. : 04.76.44.05.35.

Le Bourget (93)

Amy Johnson

Exposition consacrée à la première femme aviatrice à avoir relié le Royaume-Uni et l'Australie en solo en 1930. Musée de l'Air et de l'Espace, aéroport de Paris-Le Bourget, jusqu'au 31 août. Rens. : 01.49.92.70.00.

Le Havre (76)

Méduses

L'ensemble des œuvres du naturaliste normand Charles-Alexandre Lesueur (1778-1846), complétée par des vidéos, des photos et un aquarium. Muséum d'Histoire naturelle, place du Vieux-Marché, jusqu'au 4 janvier 2015. Rens. : 02.35.41.37.28.

Les Eyzies-de-Tayac (24)

Chairs des origines

Après Lucy et Toutankhamon, la paléo-artiste Élisabeth Daynès poursuit son

Toulouse / Exposition

Explorations extrêmes



Cuisiner une comète, découvrir la réplique grandeur nature du robot Curiosity stationné sur Mars font partie des nombreuses nouvelles animations de la Cité de l'espace.

Mélangez de l'eau, du sable, de la poudre de carbone, un peu d'ammoniac, rajoutez de la glace carbonique à -200°C, malaxez... Une « boule de neige sale » naît sous vos yeux. C'est ainsi que l'astronome américain Fred Whipple avait baptisé les comètes dans les années 1950. La Cité de l'espace leur consacre une large part de son exposition temporaire « Explorations extrêmes ». Il est vrai que le sujet est d'actualité. En ce début d'été, la sonde européenne Rosetta s'approche de la comète Tchourioumov-Guérassimenko pour l'explorer dans le détail. En novembre, elle larguera l'atterrisseur Philae qui ira s'y poser pour l'analyser. On pourra découvrir Philae, ici en vedette car ses instruments sont contrôlés depuis le Cnes à Toulouse. Sur un sol cométaire recréé, une maquette de l'engin à l'échelle 1

descend au bout d'un filin, puis un animateur déploie les instruments pour en expliquer le fonctionnement. D'autres dispositifs permettent de découvrir que les comètes sont des objets actifs. Ainsi, une expérience reproduit la manière dont une comète se sublime en s'approchant du Soleil, ce qui arrivera à Tchourioumov-Guérassimenko, sous l'œil de Rosetta. L'autre partie de l'exposition présente une mission non moins spectaculaire : le rover Curiosity, arrivé sur Mars en août 2012. Outre une maquette mobile à l'échelle 1, avec certains instruments fonctionnels comme le laser Chemcam, on pourra prendre connaissance de la position actuelle du rover et de ses découvertes. ■ Jean-François Haït

Cité de l'espace, avenue Jean-Gonord.
Rens. : 05.67.22.23.24.

PHOTOS: MANUEL HUYNH

exploration avec la reconstitution des visages de huit hommes préhistoriques. L'étape de reconstruction des chairs est privilégiée : huit hologrammes géants affichent en relief les visages écorchés de nos ancêtres et témoignent de leur diversité.
Pôle international de la préhistoire, 30, rue du Moulin, jusqu'au 3 octobre.
Rens. : 05.53.06.06.97.

Londres (Royaume-Uni)

Mammoths

Une invitation pour partir à la rencontre des plus grands mammifères ayant peuplé la Terre. Fossiles, squelettes et reproductions permettent de faire le point sur les dernières découvertes concernant l'extinction des mammoths et à la préservation de leurs cousins, les éléphants.
National History Museum, Cromwell Road, jusqu'au 7 septembre.
Rens. : +44.(0)20.79.42.50.11.

La Gacilly (56) / Exposition

Festival photo

En début d'été, La Gacilly revêt ses habits de grand festival photo en plein air. La programmation, marquée par le 70^e anniversaire du débarquement, met les États-Unis à l'honneur. Des témoignages de John Morris sur les villes libérées par les Alliés aux spectaculaires tirages « grandeur maison », montrant les premiers pas de l'homme sur la Lune, en passant par la vision passionnée et esthétisante de la faune africaine par Nick Brandt. Toujours au cœur des choix du festival, la relation entre la nature et l'homme s'incarne aussi dans les reportages comme ceux de Guillaume Herbault. **A. De B.**
La Gacilly, jusqu'au 30 septembre. Rens. : 02.99.08.21.75.



Éléphants du parc Amboseli (Kenya) photographiés par Nick Brandt.

Marseille (13)

Des océans et des hommes
Sur 500 m², un parcours consacré aux océans, à travers l'imaginaire et les découvertes scientifiques, des sirènes au coelacanth.

Muséum d'Histoire naturelle, palais Longchamp, jusqu'au 4 janvier 2015.
Rens. : 04.91.14.59.50.

Nancy (54)

Migration de collections

Présentation des collections non exposées du Muséum-Aquarium et des travaux dont elles font l'objet : inventaire, prises de vues, restauration...
Muséum-Aquarium, espace temporaire, 34, rue Sainte-Catherine, jusqu'au 28 septembre.
Rens. : 03.83.32.99.97.

Paris (75)

Paris, berceau de la cristallographie
À l'occasion de l'année internationale de

la cristallographie, une présentation des modèles en terre et en bois ayant appartenu aux fondateurs de la discipline, Jean-Baptiste Romé de L'Isle et René Just Haüy, ainsi que des instruments de mesure, des cristaux de synthèse et divers spécimens.
Jardin des Plantes, cabinet d'histoire, jusqu'au 18 août.
Rens. : 01.40.79.56.01.

Crânes concrets

Un « avant-projet d'un Solid Museum Paul Tessier [pionnier de la chirurgie cranio-faciale] » : une quarantaine de crânes malformés et de crânes reproduisant les interventions entreprises, des milliers de dossiers documentés, de dessins, de photographies, des films, des instruments chirurgicaux, et des notes bibliographiques...
Musée d'Histoire de la médecine, 12, rue de l'École-de-Médecine, jusqu'au 29 août.

Les aventuriers du Muséum : expédition coelacanth

Une trentaine de photographies sous-marines réalisées par Laurent Ballesta, biologiste marin et plongeur-photographe naturaliste pour raconter la rencontre entre l'homme et le coelacanth.
Muséum national d'histoire naturelle, Grande Galerie de l'Évolution, jusqu'au 8 septembre.
Rens. : 01.40.79.56.01.

Le trésor de Naples

Le trésor de San Gennaro — l'une des plus grandes collections de joaillerie du monde, qui appartient aux Napolitains eux-mêmes — est pour la première fois présenté en dehors d'Italie.
Musée Maillol, 59, rue de Grenelle, jusqu'au 20 juillet.
Rens. : 01.42.22.59.58.

Rochefort (17)

Des embruns dans les bulles

Un tour du monde du patrimoine maritime à travers une sélection d'auteurs de bandes dessinées.
Corderie Royale — Centre international de la mer, rue Jean-Baptiste-Audebert, jusqu'en janvier 2016.
Rens. : 05.46.87.01.90.

Chaumont-sur-Loire (41) / Festival

Jardins des péchés capitaux



« Le jardin des pécheresses », du collectif Gama (France).

Depuis 1992, c'est à Chaumont-sur-Loire que se tient d'avril à début novembre ce rendez-vous des paysagistes, architectes, scénographes et jardiniers du monde entier. Avec le temps, le Festival international des jardins est devenu un laboratoire et un observatoire des tendances botaniques contemporaines. Le thème de la 23^e édition — les « sept péchés capitaux » — donne lieu à des scénographies paysagères très originales. Parmi 300 équipes pluridisciplinaires, 26 ont été sélectionnées par le jury, présidé par le chef d'orchestre William Christie. **M. B.**
Domaine de Chaumont-sur-Loire, jusqu'au 2 novembre.
Rens. : 02.54.20.99.22.

À LA TÉLÉVISION

L'Empire des sciences

L'émission scientifique estivale de France 5 reprend ses quartiers pour deux mois. Parmi les thèmes abordés en juillet : « La face cachée du médicament pour enfants », sur la pauvreté de l'offre médicamenteuse à destination des enfants ; « Mon cerveau a-t-il un sexe ? » sur tout ce qui fait un homme ou une femme ; ou encore « Allergies planétaires, à qui la faute ? » sur les causes de l'explosion du nombre des allergies.
France 5, les samedis à 19 h et les lundis à 14 h 30.



TENDANCE 2.0

Appli. Plus de 600 services de pointes répartis dans toute la France soignant près de 40 pathologies différentes. Le Guide des hôpitaux publié par *Sciences et Avenir* (n° 805) a désormais son



application iPhone et Android. Il s'agit d'un répertoire des meilleurs centres de soins

sélectionnés en fonction de leur implication dans la recherche médicale, selon une méthodologie originale établie par la rédaction de *S. et A.* De quoi découvrir en quelques instants les hôpitaux et cliniques capables de prendre en charge le traitement de votre maladie ou celle de vos proches. Grâce à la géolocalisation, identifiez les établissements les plus proches de chez vous avec leurs coordonnées complètes et leurs spécialités. En un clic, vous pouvez appeler l'hôpital approprié pour prendre rendez-vous ou demander des renseignements. **O. L.**
<http://sciv.fr/809appli>



DAMIEN HYPOLITE

Qu'est-ce que le bitcoin ?

INFOGRAPHIE. Créé en 2009, le bitcoin est une monnaie virtuelle qui s'échange de gré à gré sur le Web, hors de toute supervision des autorités : aucune banque centrale ne gère l'émission de cette devise. Le bitcoin a été confronté à sa première crise d'envergure avec la faillite, en mars 2013, de l'une des plates-formes d'échange, MtGox, installée à Tokyo...

Pour mieux comprendre ce qu'est cette monnaie virtuelle, plongez-vous dans l'infographie vidéo de *Sciences et Avenir*, à visionner sur notre site.

<http://sciv.fr/809bitcoin>

LES ARTICLES LES PLUS LUS

UN CHAT SAUVE UN ENFANT ?

Décryptage. Jeremy, 4 ans, est agressé par un chien, qui est mis en fuite par un chat. Une spécialiste du comportement canin décrypte cette vidéo virale.

<http://sciv.fr/809chat>

ANNIVERSAIRE MARTIEN

Espace. Les journées sont plus longues sur Mars : même si Curiosity a atterri le 6 août 2012, il fête sa première année martienne le 24 juin 2014 seulement.

<http://sciv.fr/1ansurmars>

UN NOUVEL ORDRE ANIMAL

Nature. Ses tentacules ont 6 m de long : on croyait, à tort, qu'il s'agissait de la plus grande anémone de mer du monde...

<http://sciv.fr/1s9y2NC>



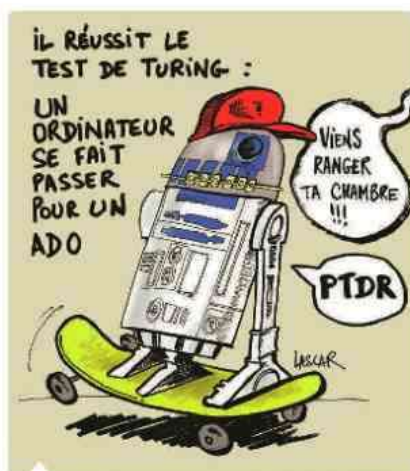
**RETROUVEZ-NOUS SUR
LES RÉSEAUX SOCIAUX**



SCIENCES ET Avenir

VIDÉO SIX JOURS À PIED

Philippe Billard a couru sur un tapis pendant six jours. L'enjeu ? Gérer l'effort sans martyriser le corps.
<http://sciv.fr/809course>



O. LASCAR

BLOG DESSINS

<http://sciv.fr/olascar>



KEVIN MAZANZIAN / GETTY IMAGES NORTH AMERICA / AFP

IMAGE L'ESPACE SE PRIVATISE

Ce vaisseau de la société privée SpaceX pourrait emporter des astronautes vers l'ISS d'ici à trois ans.

<http://sciv.fr/809dragon>



Des toilettes supplémentaires où vous voulez !

SANICOMPACT® de SFA, et c'est facile !

Sanicompact® SFA est une gamme complète de WC suspendus ou posés, avec broyeur intégré. Une prise électrique, une alimentation en eau et une simple évacuation suffisent pour installer des toilettes où vous voulez, y compris en sous-sol, sans gros travaux.



- ✓ Installation rapide
- ✓ Pas de gros travaux
- ✓ Solution économique, double chasse 1,8l / 3l
- ✓ Jusqu'à 3 m de hauteur de relevage
- ✓ Gamme la plus silencieuse du marché

SFA

8, rue d'Aboukir - 75002 Paris
Tél. 01 44 82 39 10 - Fax 01 44 82 39 01
www.sfa.fr



Heineken®
open your world*

