

SCIENCES ET AVENIR

Sciencesetavenir.fr

ROSETTA ET LA COMÈTE

La poursuite
jusqu'au Soleil

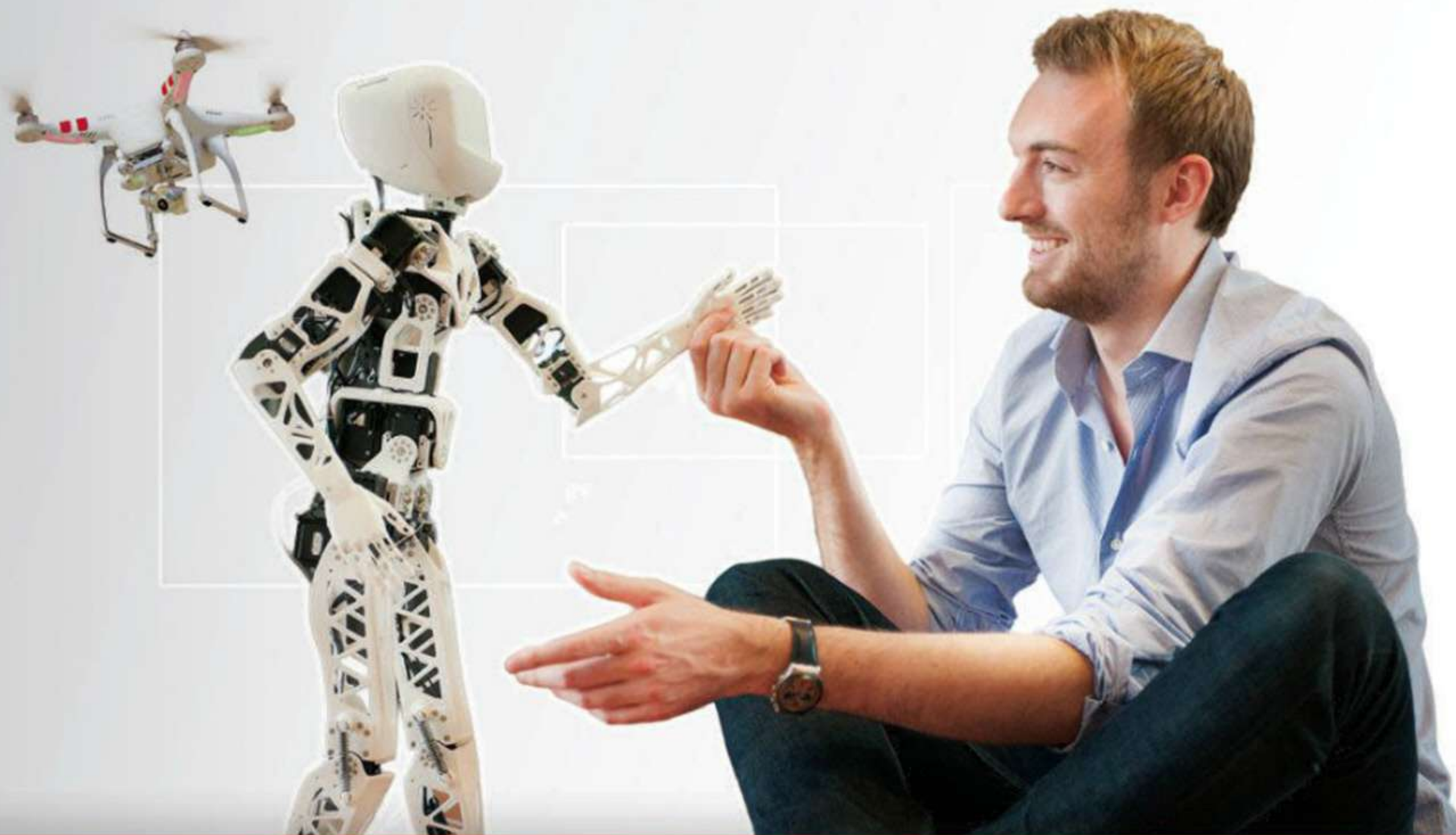
p.10



la High-Tech

révolutionnée par la science

p.34



M 02667 - 814 - F: 4,30 € - RD





Innovation
that excites

LA NOUVELLE GÉNÉRATION DE SANS APPORT, SANS CONDITION.



NOUVEAU NISSAN JUKE

À PARTIR DE
► 199 €/MOIS⁽¹⁾

**SANS APPORT
SANS CONDITION**

POUR PLUS D'INFORMATIONS, RENDEZ-VOUS SUR NISSAN-OFFRES.FR

Innové autrement. (1) Exemple pour un Nouveau Nissan JUKE Visia 1.6L 94 neuf en Location Longue Durée sur 49 mois pour un kilométrage maximum de 40 000 km, premier loyer de 1 599 € offert par votre concessionnaire puis 48 loyers de 199 €. **Modèle présenté :** Nouveau Nissan JUKE Tekna DIG-T 115 avec option peinture métallisée et Pack extérieur Creative Line à **348 €** par mois, en Location Longue Durée sur 49 mois pour un kilométrage maximum de 40 000 km, premier loyer de 2 385 € offert par votre concessionnaire. (2) Exemple pour un Nouveau Nissan QASHQAI Visia DIG-T 115 Gamme 2015 neuf en Location Longue Durée sur 49 mois pour un kilométrage maximum de 40 000 km, premier loyer de 1 980 € offert par votre concessionnaire puis 48 loyers de 289 €. **Modèle présenté :** Nouveau Nissan QASHQAI Tekna DIG-T 115 Gamme 2015 avec options peinture métallisée et toit panoramique vitré à **388 €** par mois, en Location Longue Durée sur 49 mois pour un kilométrage maximum de 40 000 km, premier loyer de 2 655 € offert par votre concessionnaire. (3) Exemple pour un Nouveau Nissan X-TRAIL Visia dCi 130 neuf en Location Longue Durée sur 49 mois pour un kilométrage maximum de 60 000 km, premier loyer de 2 240 € offert par votre concessionnaire puis 48 loyers de 369 €. **Modèle présenté :** Nouveau Nissan X-TRAIL Tekna dCi 130 BVM 2WD avec option peinture métallisée à **510 €** par mois, en Location Longue Durée sur 49 mois pour un kilométrage maximum de 60 000 km, premier loyer de 2 840 € offert par votre concessionnaire.

CROSSOVERS NISSAN.



NOUVEAU NISSAN QASHQAI

À PARTIR DE

► **289 € / MOIS⁽²⁾**

**SANS APPORT
SANS CONDITION**

NOUVEAU NISSAN X-TRAIL

À PARTIR DE

► **369 € / MOIS⁽³⁾**

**SANS APPORT
SANS CONDITION**

Restitution du véhicule chez votre concessionnaire en fin de contrat avec paiement de frais de remise en état standard et des kilomètres supplémentaires. Sous réserve d'acceptation par Diac - SA au capital de 7 275 660 € - 14, avenue du Pavé Neuf - 93160 Noisy-le-Grand - SIREN 702 002 221 RCS Bobigny. Offre réservée aux particuliers, non cumuleable avec d'autres offres, valable du 01/11/2014 au 31/12/2014 chez les Concessionnaires participants. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 €, RCS Versailles B 699 809V174 - Parc d'Affaires du Val Saint-Quentin - 2, rue René Caudron - CS 10213 - 78961 Voisins-le-Bretonneux.

Nouveau Nissan JUKE : consommations gamme cycle mixte (l/100 km) : 4,0 - 7,4 : Émissions CO₂ (g/km) : 104 - 169.
Nouveau Nissan QASHQAI : consommations gamme cycle mixte (l/100 km) : 3,8 - 5,6 : Émissions CO₂ (g/km) : 99 - 138.
Nouveau Nissan X-TRAIL : consommations gamme cycle mixte (l/100 km) : 4,9 - 6,0 : Émissions CO₂ (g/km) : 129 - 139.

Aussi puissante qu'un ordinateur, plus légère que l'air.

La nouvelle Surface Pro 3 combine la puissance d'un ordinateur à la légèreté d'une tablette. Gagnez en efficacité grâce à son pied multiposition, son stylet Surface, son port USB, son écran 12 pouces et son clavier détachable⁽¹⁾. Travaillez et créez avec vos logiciels préférés, comme Adobe Photoshop⁽¹⁾ ou Microsoft Office⁽¹⁾. Surface Pro 3. La tablette qui remplace votre ordinateur.





Saga cométaire

C'est un jour de gloire comme l'espace sait en créer ! Il y a eu le pas d'Armstrong sur la Lune, les roues de Curiosity sur Mars, il y aura désormais la saga de Rosetta et Philae à la conquête de la comète Tchouri. Ce 12 novembre 2014, pour la première fois, un robot conçu par l'intelligence humaine s'est posé — même avec un pied sur trois en l'air ! — sur une comète, objet céleste de tous les fantasmes depuis l'aube de l'humanité. Et a commencé d'en dessiner un portrait dans des détails jamais vus. Un triomphe aussi bien pour la science que la technique — mais aussi pour l'Europe, qui a montré qu'unie, elle sait découvrir le boson de Higgs grâce à la plus sophistiquée des machines, au Cern à Genève, tout comme se lancer avec audace à la poursuite pendant une décennie d'un fragment cosmique d'une importance majeure. En leur cœur éphémère — trop près du Soleil, les glaces et poussières fondent et se désagrègent, faisant jaillir une spectaculaire queue —, les comètes venues du fin fond de l'espace recèlent les secrets d'il y a plusieurs milliards d'années. Ceux-ci

peuvent nous raconter l'histoire de ce qui fut à l'origine de la vie. Qu'un petit robot aille fouiller cette mémoire glacée, et nous apparaîtront les signatures chimiques de ce qui exista jadis, bien avant *Homo sapiens* et même avant toute vie. Les comètes auraient-elles même apporté cette dernière sur notre planète ? La question demeure vertigineuse. Comme le dit par métaphore l'un des scientifiques interrogés dans l'événement que *Sciences et Avenir* consacre ce mois-ci à la prouesse de Rosetta et Philae, « c'est un peu comme faire l'analyse ADN de nos aïeux pour savoir d'où l'on vient » (p. 10). Trouver les briques cosmiques qui ont fini par s'assembler et d'où le vivant a émergé.

Cet « acométissage » est aussi un triomphe des techniques. Que ce soit pour calculer par ordinateur un milliard de trajectoires afin de déterminer la bonne et rejoindre Tchouri à 500 millions de kilomètres de la Terre ; ou pour communiquer avec la sonde Rosetta, qui dut être réveillée après dix ans de sommeil spatial ; ou pour enregistrer les meilleures photos possibles

avant de les renvoyer sur Terre ; ou encore pour analyser les signatures chimiques de la comète, toutes ont dû converger pour accomplir l'exploit. Et c'est à ces mêmes techniques que *Sciences et Avenir* consacre son dossier (p. 34). Car elles ne cessent d'évoluer, avec le concours de plus en plus puissant de la science. Quand l'homme cassa son premier silex, il ne savait pas dans quel engrenage il venait d'entrer. Aujourd'hui, nulle propulsion qui ne soit évaluée par l'aérodynamique et la chimie, nulle électricité transportée sans réseau « intelligent », nulle trajectoire non revue par des big data ! Sciences et techniques ne cessent d'interagir. Que ce soit pour le développement de nouvelles énergies, pour concevoir des prothèses remédiant à un handicap ou créer des aéronefs non polluants... Mais il est vrai que ce sont les robots — l'humanoïde, comme Poppy sur notre couverture, ou Philae et son allure de frigo sur une comète gelée — qui demeurent les plus fascinants. Parce qu'*Homo sapiens* met tout son génie dedans.

@dominiqueleglu

**SCIENCES
ET
AVENIR**

Pour joindre la rédaction :
41 bis, avenue Bosquet 75007 Paris - Tél. : 01.55.35.56.00.
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-illustration) - 01.55.35.56.31
Stéphane DESMICHELLE
(pôle digital) - 01.55.35.56.24

Direction artistique
Thierry VERRET (conception)
Dominique PASQUET
(couverture) - 01.44.88.35.51
Jean-Louis GILBERT
(directeur artistique) - 01.55.35.56.28
Thalia STANLEY
(directrice artistique adjointe) - 01.55.35.56.21

Secrétaire générale de rédaction
Véronique MESSAGER - 01.55.35.56.18

Chefs de service
Rachel MULOT (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
Amaud 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
J.-O. BARUCH, A. BOEHLY, F. BOTTIN, L. BRASIER,
J. CHAMPAYÈRE, R. GANCEL, J.-F. HAÏT, P. KALDY,
P. NGUYEN, Laure SAMPAIX, C. SÉFRIN

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

Maquette
Horia BAHRI - 01.55.35.56.19

Photo-illustration
Isabelle TIRANT - 01.55.35.56.32

Illustration
Betty LAFON - 01.55.35.56.37

Photogravure
Aurélien AUGER, Miloud BENTEBRIA,
Jean-Luc CHYZY

Pôle digital
Lise LOUMÉ (rédactrice 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

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

**RENSEIGNEMENTS AUX LECTEURS,
VENTE AU NUMÉRO**
Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
41 bis, avenue Bosquet 75007 Paris.
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr

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

VENTES
Numéro vert (réservé aux diffuseurs de Paris et aux dépôts)
0.800. 24.69.33

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 ROUGÉ - 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 - 01.44.88.89.08
Assistante commerciale : Séverine LECLERC - 01.44.88.97.57
Exécution : Nicolas NIRO - 01.44.88.89.26
Administration des ventes : Caroline HAHN - 01.44.88.97.58

Directeur commercial : Jean-Claude ROSSIGNOL - 01.44.88.35.40
Directrice commerciale adjointe : Paule 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 Presstails.



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 et un message Historia jetés sur couverture en diffusion partielle des abonnés. Commission paritaire n° 0615 K 79712. ISSN 00368636. Distribué par Presstails.

Homelive

le pouvoir de piloter votre maison depuis votre mobile



Avec Homelive, à partir d'une seule application, veillez sur votre maison à distance :

- où que vous soyez, vous déclenchez votre chauffage électrique d'appoint ou vos lumières
- vous êtes immédiatement prévenu en cas d'éventuelles intrusions ou de fuites d'eau

Et encore plus de possibilités avec les objets connectés Homelive disponibles chez Orange.

boutiques Orange, homelive.orange.fr et 1014*

Offre Homelive avec engagement de 12 mois. Caméra disponible prochainement.

Offre réservée aux particuliers soumise à conditions sous réserve d'éligibilité et de couverture, valable en France métropolitaine. Nécessite un accès internet, une offre mobile et des équipements compatibles. Conditions et tarifs en boutique Orange et sur homelive.orange.fr

*Appel gratuit depuis une ligne fixe Orange. Tarif variable depuis la ligne d'un autre opérateur.



DOSSIER P. 34

La nouvelle révolution high-tech

Robotique, médecine, imagerie, énergie, finance, transports : six domaines où les sciences jouent un rôle essentiel dans l'innovation. Détail des nouveaux enjeux.



247 produits testés p. 99



- 5 Édito par Dominique Leglu
- 9 Courrier

ÉVÉNEMENT

- 10 Rosetta : on s'est posé sur la comète !

SCIENCES FONDAMENTALES

- 16 **ACTUALITÉS** / Les colères du Soleil pourront être détectées / L'azote vient de l'intérieur / De la glace dans des cratères polaires de Mercure
- 54 Turbulents anneaux de Saturne
- 58 « Interstellar » joue avec l'espace-temps
- 59 Cent ans pour inverser les pôles
- 59 Livres

HISTOIRE

- 18 **ACTUALITÉS** / La pyramide du Serpent à plumes livre ses secrets / Avant le papier, l'écorce / Les ancêtres des kangourous ne sautaient pas
- 60 Sur la piste des pionniers européens
- 64 Le disque de Phaistos donne de la voix
- 65 Livres

NATURE

- 22 **ACTUALITÉS** / Le réchauffement climatique va accroître les conflits / Une sage-femme chez les singes / Les orques apprennent le dauphin
- 66 L'huître dans le creux de la vague
- 70 Des outils de mesure du CO₂ pour ausculter la planète

- 72 Sivens : la bataille de l'eau ne fait que commencer

Livres

SANTÉ

- 26 **ACTUALITÉS** / Le cacao stimule la mémoire / La course aux diagnostics rapides contre Ebola est engagée
- 74 La lutte contre le glaucome progresse
- 77 Revue de presse
- 78 Comment bien profiter des aliments surgelés ?
- 80 Pascale Cossart, chasseuse de bactérie tueuse
- 82 Un homme remarche après une greffe de cellules du nez
- 83 Livres

HIGH-TECH

- 30 **ACTUALITÉS** / Les portables, témoins des migrations / Des robots vérifient l'avion au sol / La France sur le podium mondial de l'innovation

SCIENCE PRATIQUE

- 84 Comment détecter et détruire un drone en vol ?
- 86 L'observation du ciel de décembre
- 88 Rendez-vous
- 146 L'info en continu sur sciencesetavenir.fr



Le robot Philae à pied d'œuvre pour analyser la comète. p. 10



Un virus mystérieux décime les huîtres de Marennes-Oléron. p. 66



Pascale Cossart, une vie passée à comprendre les bactéries. p. 80

Et l'impossible devient possible.



NOUVELLE FORD **FOCUS**

> **Active Park Assist***

149 € / mois⁽¹⁾ avec **Active Park Assist offert⁽²⁾**.

Offre exclusive aux 1000 premières commandes.

Titanium 5 portes 1.0 EcoBoost 100 ch

Entretien compris** sans condition de reprise.

LOA **IdéeFord** 25 mois. 1^{er} loyer majoré de 4 579,40 €, suivi de 24 loyers de **149 €**. Montant total dû en cas d'acquisition : 19 131,40 €.

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

*Active Park Assist : Système de parking semi-automatique. (1) **Location avec option d'achat** d'une Nouvelle Focus Titanium 5 portes 1.0 EcoBoost 100 ch Stop&Start Type 09-14. Prix maximum au 01/09/14 : 22 400 €. Prix remis : 18 400 € incluant 4 000 € de remise. Kilométrage standard 15 000 km/an. **Apport : 5 500 €** dont Premier Loyer 4 579,40 € et Dépôt de Garantie de 970,60 € suivi de **24 loyers de 149 €** (Entretien compris**). **Option d'achat : 10 976 €**. **Montant total dû en cas d'acquisition : 19 131,40 €**. Assurances facultatives. Décès-Incapacité à partir de 12,88 €/mois en plus de la mensualité. Offre réservée aux particuliers pour toute commande de cette Nouvelle Focus neuve, du 03/11/14 au 31/12/14, dans le réseau Ford participant. **Sous réserve d'acceptation du dossier par Ford Credit**, 34 rue de la Croix de Fer, 78174 St-Germain-en-Laye. RCS Versailles 392 315 776. N° ORIAS : 07031709. Délai légal de rétractation. **Entretien optionnel à 8 €/mois. (2) Option Active Park Assist offerte aux 1000 premières commandes d'une Nouvelle Focus finition Titanium neuve dans le réseau Ford participant. Modèle présenté : Nouvelle Focus Titanium 5 portes 1.0 EcoBoost 100 ch S&S avec Active Park Assist offert⁽²⁾ et Peinture métallisée, Active City Stop, Vitres arrière surteintées, Jantes 18" et phares bi-Xénon Dynamiques, au prix après promotion de 20 830 €, Apport, Dépôt de Garantie et option d'achat identiques. Coût total : 21 595 €, 24 loyers de **251,65 €/mois**. **Consommation mixte : 4,6 l/100 km. Rejet de CO₂ : 105 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



« Le nouveau visage de l'Univers » (Sciences et Avenir n° 813, novembre 2014)

Dans votre numéro 813 vous signalez que les galaxies de notre superamas se dirigent toutes vers le Grand Attracteur. Il me semble que c'est en contradiction avec la théorie qui voudrait que les galaxies s'éloignent les unes des autres...

André Barthélemyo (83)

S. et A. : il n'y a pas de contradiction. Le Grand Attracteur vers lequel foncent les galaxies est une anomalie gravitationnelle, qui regroupe plusieurs millions de milliards de masses solaires et qui attire notre galaxie et ses voisines appartenant au superamas Laniakea à la vitesse de 600 km/s. Et ce malgré l'expansion de l'Univers mise en évidence en 1929 par Edwin Hubble et Vesto Slipher. Celle-ci imprime un mouvement de fuite aux galaxies, d'autant plus rapide qu'elles sont éloignées de nous. Cette expansion de l'Univers a été mesurée sur de très grandes échelles, mais localement — à l'échelle de la Voie lactée et de ses voisines —, il peut y avoir des mouvements propres qui diffèrent de l'expansion globale.

L'hypothèse généralement admise est que l'Univers était plus petit qu'un « point », comment peut-on imaginer alors la formation d'un trou noir où la matière est tellement dense et débarrassée du vide interparticules... ?

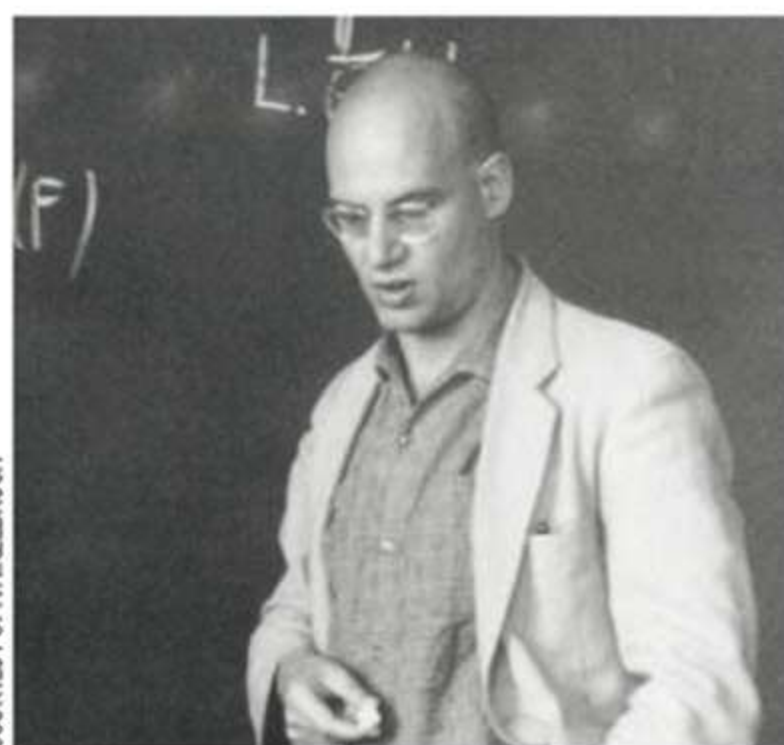
Georges Boissier (15)

S. et A. : Il faut replacer ces deux objets de la cosmologie — l'Univers primordial et les trous noirs stellaires — dans une perspective temporelle. La formation des trous noirs stellaires ne s'est pas produite lorsque l'Univers n'était âgé que de quelques fractions de seconde, phase où il peut être présenté comme un point dense. Les étoiles naissent et évoluent au sein des galaxies, qui n'ont pu se former que bien plus tard dans un univers jeune, et certaines de ces étoiles — les plus massives — terminent leur évolution sous la forme d'un trou noir. La densité extrême de ceux-ci s'explique par des séries d'effondrements gravitationnels au cours desquels la matière constituant l'étoile en fin de vie devient de plus en plus compacte.

Précision Définition du parsec, unité de longueur : une étoile depuis laquelle la distance Terre-Soleil est vue sous un angle d'une seconde d'arc (et non pas 1 degré comme nous l'avions mentionné dans le n° 813, p. 40) est à une distance de 1 parsec.

« Il voulait se faire oublier de ses pairs... Il l'a été du grand public. À la triste occasion de sa mort, nous ferez-vous redécouvrir le génie incommensurable d'Alexandre Grothendieck, illuminé, rebelle et tourmenté, pour nous aider à comprendre son apport majeur aux mathématiques ? »

Patrick Goldin, (courriel)



COURTESY OFF. HIRZBRUCH

◀ **Alexandre Grothendieck** en 1965, peu avant de recevoir la médaille Fields, qu'il refusa.

★ MUSÉE DU QUAI BRANLY
là où dialoguent les cultures

★

MAYAS
RÉVÉLATION D'UN TEMPS SANS FIN

#Mayas
www.quaibrantly.fr

Exposition
07/10/14 - 08/02/15

MEXICO | SHCP | STP | CONACULTA

2

Le Monde | L'Express | Le Figaro | Libération | France 2 | France 3 | France 4 | France 5 | France 6 | France 7 | France 8 | France 9 | France 10 | France 11 | France 12 | France 13 | France 14 | France 15 | France 16 | France 17 | France 18 | France 19 | France 20 | France 21 | France 22 | France 23 | France 24 | France 25 | France 26 | France 27 | France 28 | France 29 | France 30 | France 31 | France 32 | France 33 | France 34 | France 35 | France 36 | France 37 | France 38 | France 39 | France 40 | France 41 | France 42 | France 43 | France 44 | France 45 | France 46 | France 47 | France 48 | France 49 | France 50 | France 51 | France 52 | France 53 | France 54 | France 55 | France 56 | France 57 | France 58 | France 59 | France 60 | France 61 | France 62 | France 63 | France 64 | France 65 | France 66 | France 67 | France 68 | France 69 | France 70 | France 71 | France 72 | France 73 | France 74 | France 75 | France 76 | France 77 | France 78 | France 79 | France 80 | France 81 | France 82 | France 83 | France 84 | France 85 | France 86 | France 87 | France 88 | France 89 | France 90 | France 91 | France 92 | France 93 | France 94 | France 95 | France 96 | France 97 | France 98 | France 99 | France 100



On s'est posé sur la comète !

À 500 millions de kilomètres de la Terre, la sonde Rosetta et son petit robot Philae vont tenter de percer les mystères de la comète Tchourioumov-Guérassimenko. Une mission de première importance lancée à la recherche de nos origines. Retour sur une aventure exceptionnelle de vingt ans.

L'ÉVÉNEMENT EST HISTORIQUE. Ce 12 novembre, l'Agence spatiale européenne (ESA) est parvenue, non sans mal, à poser un explorateur sur une comète. Une première mondiale ! Pas plus gros qu'un frigo, Philae, le petit passager de la sonde Rosetta est descendu en chute libre pendant sept heures avant de toucher le sol de Tchourioumov-Guérassimenko, dite Tchouri par tous les scientifiques qui ont versé quelques larmes à l'annonce de l'exploit. Mais au moment de l'impact, ses deux harpons n'ont pas fonctionné, et au lieu de s'arrimer solidement à la boule glacée, Philae a rebondi par deux fois. Ainsi projeté dans l'espace pendant plusieurs heures, le robot a fini par retomber, stoppé dans sa course par une paroi rocheuse. Fiché au pied de cette falaise, l'en-

PAR
Audrey Boehly



GUAY / AFP

« Cette mission est un immense succès pour l'exploration spatiale européenne »

Francis Rocard,
responsable du programme
d'exploration du système
solaire au Cnes.

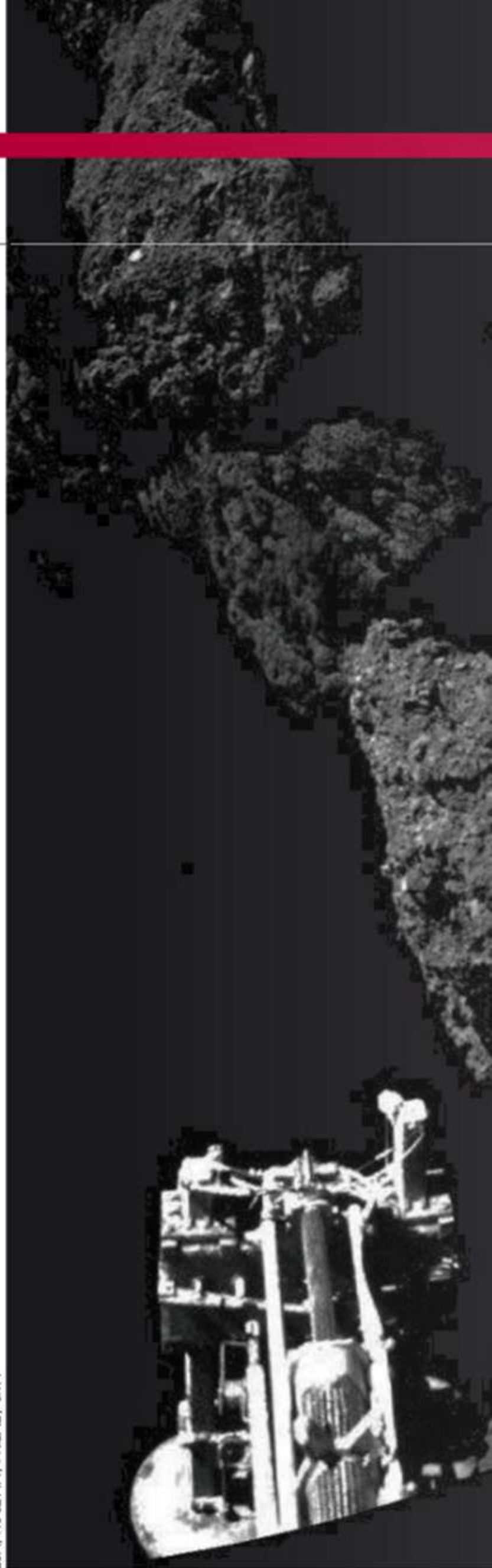
gin est enfin stable mais penché presque à la verticale, deux pieds au sol et un en l'air. « Heureusement, ses antennes sont malgré tout bien positionnées pour communiquer avec la sonde ! », se réjouit Francis Rocard, responsable du programme d'exploration du système solaire au Centre national d'études spatiales (Cnes). « Il n'a pas subi de dommages et la plupart de ses instruments peuvent fonctionner », renchérit-il, optimiste.

Rien ne remplace la vérité du terrain

Une bonne nouvelle, certes, mais pourquoi s'être donné tant de mal pour atterrir sur une comète ? « Rien ne remplace la vérité du terrain », répond Philippe Gaudon, chargé du projet Rosetta au Cnes. Bien sûr, la sonde Rosetta, bardée d'instruments, permet à elle seule d'acquérir plus d'in-

formations que les chercheurs n'en ont jamais obtenues sur une comète. « Même si l'atterrissage avait échoué, la mission aurait déjà été un énorme succès », souligne, enthousiaste, Chantal Levasseur-Regourd, spécialiste des comètes et chercheuse au Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales (Latmos). Depuis que l'engin spatial a rejoint la comète début août, les 11 instruments à son bord tournent à plein régime pour récolter un maximum de données sur cet amas de glace et de poussières, composé majoritairement d'eau. Grâce à eux, les scientifiques ont déjà détecté bon nombre d'élé-

ESA/ROSETTA/PHILAE/OVA





ments chimiques dans le nuage de gaz craché par la comète à mesure que ses glaces se subliment à l'approche du Soleil : de l'eau bien sûr, mais aussi du monoxyde et du dioxyde de carbone, du méthane, de l'ammoniac ou encore des composés

soufrés. Cependant, rien ne dit que certaines de ces molécules ne se sont pas formées sous l'action des rayons ultraviolets et du vent solaire. La croûte de Tchouri elle-même pourrait avoir subi des modifications chimiques. « *Les comètes n'ont pas d'atmosphère qui*

Une des premières images montrant Philae à la surface de Tchouri. Le petit robot, dont un des pieds de 15 cm apparaît à gauche, a atterri devant un gros rocher.

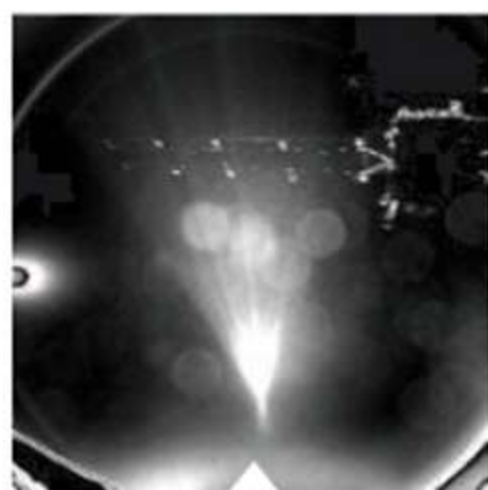
les protège, précise Philippe Gaudon. Pour trouver des constituants inaltérés, il vaut mieux aller voir en profondeur sous la surface. »

Une mission que seul l'atterrisseur Philae est capable d'accomplir. Équipé d'une foreuse, le module peut percer jusqu'à 25 centimètres et extraire des échantillons d'un millimètre cube qui seront observés au microscope puis analysés. Encore faut-il que la perceuse puisse être actionnée sans déstabiliser Philae. Si les ingénieurs y parviennent, les prélèvements révéleront peut-être l'un des secrets les plus précieux de la comète. « *Tout le monde est très excité à* ►

PÉRIPLE

En route vers le Soleil

Six mois... c'est à peu près le temps, sauf imprévu, qu'il reste au robot Philae avant qu'il ne soit plus opérationnel. Posé à la surface de la comète qui file en direction du Soleil, l'atterrisseur ne résistera pas en effet à la hausse de température qui va griller son système électronique. La sonde Rosetta, elle, pourrait tenir bon lorsqu'elle s'approchera au plus près de notre étoile en août... sauf si la comète elle-même vole en éclats. Sinon, elle continuera son périple au moins jusqu'à fin 2015, et probablement au-delà, jusqu'à épuisement de son carburant.



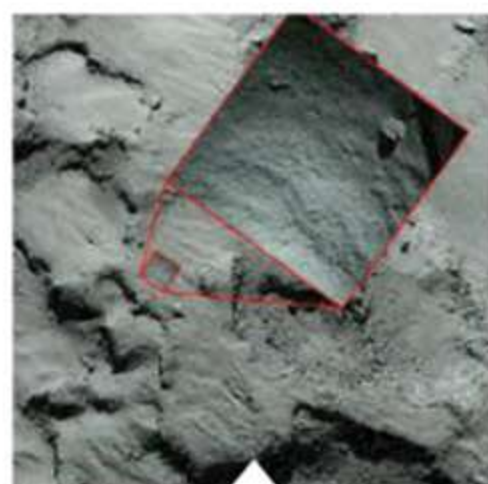
ESA/ROSETTA/PHILAE/CIVA

Rosetta (à droite) photographiée par Philae juste après la séparation.



ESA/ROSETTA/MPS FOROSERS TEAM

Philae, photographié par Rosetta, entame sa descente vers la comète.



ESA/ROSETTA/PHILAE

La zone du premier rebond de Philae, avant qu'il n'aille se poser 1 km plus loin.



ESA/ROSETTA/PHILAE/ROLIS/DLR

La première photo de la comète réalisée par Philae avec la caméra Rolis, à environ 3 kilomètres de distance, au cours de sa descente.

► l'idée d'y détecter des acides aminés », avoue Fred Goesmann, chercheur à l'Institut Max-Planck (Allemagne) et responsable scientifique de COSAC (Cometary Sampling and Composition Experiment), l'instrument en charge de ces analyses *in situ* (voir l'illustration p. 15). Le spectromètre de masse COSIMA posté sur la sonde Rosetta sera lui aussi à l'affût de ces composés organiques complexes, peut-être nichés dans les poussières émises par la comète. Constitutives des protéines, certains de ces acides aminés ont déjà été repérés dans des météorites. La mission Stardust en a aussi trouvé la trace en

2006 dans les poussières de la comète Wild-2.

Ces molécules extraterrestres seraient-elles les premières briques de la vie apportées sur Terre depuis l'espace ? « À la suite d'un gigantesque billard cosmique déclenché par des changements d'orbites des planètes géantes il y a environ 4 milliards d'années, notre planète fut bombardée par une multitude de petits corps célestes et



LE + NUMÉRIQUE
Infographie, vidéo. Regardez ce que voit Philae sur la comète Tchouri sur <http://sciav.fr/814philae>

des myriades de poussières qui s'en sont échappées, raconte Chantal Levasseur-Regourd. Les comètes ont ainsi pu apporter de l'eau et des molécules organiques complexes sur la Terre, favorisant l'émergence de la vie il y a quelque 3,5 milliards d'années. » Pour en avoir le cœur net, l'analyseur de gaz Ptolemy posté sur l'atterrisseur doit mesurer les rapports isotopiques du carbone et de l'hydrogène à ►



GOEFRON/ONES

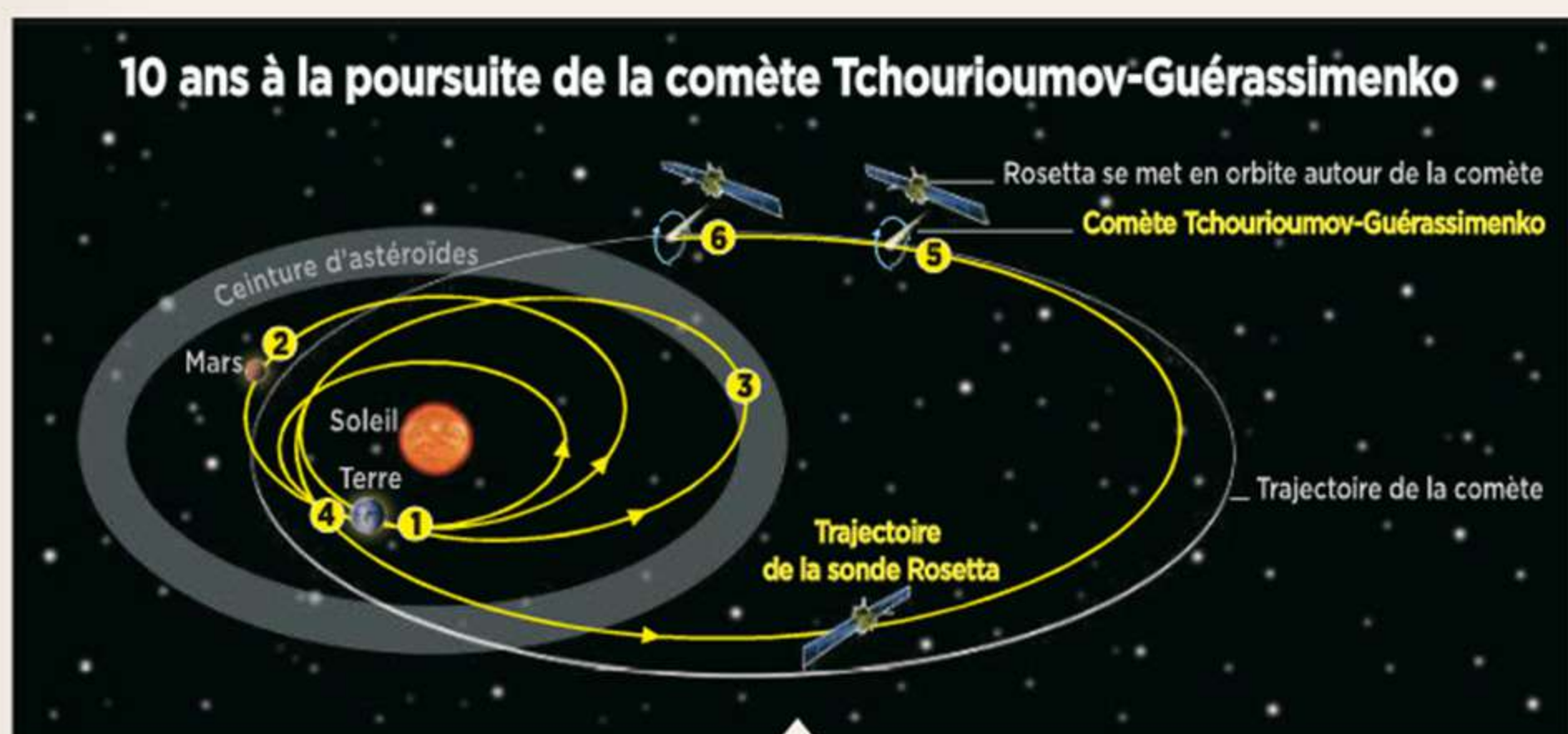
« C'est une fabuleuse avancée dans la connaissance de nos origines »

Chantal Levasseur-Regourd, chercheuse au Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales (Latmos).

CHRONOLOGIE

L'Europe à la tête d'une incroyable odyssée spatiale

Retour sur le voyage de 7 milliards de kilomètres de Rosetta, lancée en 2004 pour rejoindre une lointaine comète.



1 - Mars 2004 : lancement. 2 - Février 2007 : survol de Mars. 3 - Septembre 2008 : traverse la ceinture d'astéroïdes. 4 - Novembre 2009 : dernière assistance gravitationnelle de la Terre. 5 - Août 2014 : Mise en orbite autour de la comète Tchourioumov-Guérassimenko. 6 - Novembre 2014 : largage du robot Philae sur la comète.

Il aura fallu dix ans pour que Rosetta touche enfin au but ! Dix ans pendant lesquels la sonde européenne aura parcouru pas moins de 7 milliards de kilomètres à travers l'espace avec cet objectif un peu fou : rattraper une comète, voyager à ses côtés pendant plusieurs mois et y larguer un atterrisseur. Une première mondiale qui permet à l'Europe d'occuper, pour une fois, les avant-postes de l'exploration spatiale, souvent accaparés par les États-Unis. Il faut dire que l'Agence spatiale européenne (ESA) s'était sentie pousser des ailes après le succès de la sonde européenne Giotto, la première à approcher une comète à moins de 200 km en 1992. Un an plus tard, la mission Rosetta était approuvée par le comité des

programmes scientifiques de l'ESA. Ambitieuse, l'agence débloque près d'un milliard d'euros de budget (environ 30 % de son budget annuel) et mobilise 300 scientifiques à l'échelle du continent. Ce n'est pas de trop pour réussir ce projet audacieux, dont les étapes se révéleront plus périlleuses les unes que les autres. À commencer par cet incroyable « couac » originel : à peine un mois avant le lancement de la sonde, l'échec du nouveau lanceur Ariane 5 ECA qui devait propulser Rosetta dans l'espace oblige l'ESA à repousser la mission d'un an. Et à identifier une nouvelle cible — la comète visée, Wirtanen, étant désormais hors d'atteinte. Compte tenu des contraintes techniques, la comète Tchourioumov-

Guérassimenko se présente comme la seule alternative. Trente fois plus massive, elle nécessite cependant le renforcement du pied du module Philae, qui sinon risquerait de céder lors de l'atterrissage. Lancée en mars 2004, Rosetta débute son long périple par plusieurs survols de la Terre et de Mars, dont les champs gravitationnels lui permettent d'augmenter sa vitesse pour pouvoir enfin, en 2010, partir à la poursuite de sa comète. Les Américains ayant refusé de vendre à l'Europe leur technologie de moteur à énergie nucléaire, c'est à l'aide de gigantesques panneaux solaires que la sonde est alimentée. Mais à mesure qu'elle s'éloigne du Soleil, elle reçoit de moins en moins d'énergie et est plongée, en juin 2011, dans

une hibernation qui durera plus de deux ans pour minimiser sa consommation. Puis elle est « réveillée » le 20 janvier dernier, un exploit ! Mais pour espérer toucher sa cible, encore située à 9 millions de kilomètres, la sonde doit effectuer avec précision dix manœuvres afin d'ajuster sa trajectoire et sa vitesse. Le rendez-vous tant attendu a enfin eu lieu le 6 août. Depuis, Rosetta s'est approchée à seulement 10 km de la surface du corps glacé et y a posé avec succès son atterrisseur le 12 novembre. Cet exploit technique et les premières données scientifiques, inédites, recueillies par la sonde et l'explorateur, prouvent que l'Europe a d'ores et déjà remporté son incroyable pari. A. B.



SPA

ASTROPHYSIQUE

Les comètes en 5 questions

1 Qu'est-ce qu'une comète ?

Ce corps céleste de petite taille (quelques centaines de mètres à quelques dizaines de kilomètres de diamètre) possède un noyau constitué de glace, d'eau et de poussière. Lorsque son orbite la rapproche du Soleil, la glace passe de l'état solide à l'état gazeux. Ce dégazage entraîne des poussières et forme une fine atmosphère autour de la comète, la « coma ». Sous l'effet du vent solaire, elle s'étend pour former les « queues de comète », l'une composée de gaz ionisé, l'autre de poussières.

2 D'où viennent ces corps célestes ?

Les comètes se seraient formées en même temps que Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, il y a environ 4,6 milliards d'années. Elles proviennent de deux régions du système solaire : la ceinture de Kuiper, au-delà de l'orbite de Neptune ; et le nuage d'Oort, à la frontière du système solaire.

3 Combien connaît-on de comètes dans le système solaire ?

L'Union astronomique en répertorie 4000. Depuis trente ans, des milliers ont été découvertes grâce aux télescopes terrestres et spatiaux.

4 Comment meurent-elles ?

Sous l'effet de la chaleur solaire, les noyaux cométaires subissent une érosion à chaque passage à proximité du Soleil et nombre d'entre eux finissent par se fragmenter. Dans d'autres cas, leur perte de masse est telle que leur orbite s'en trouve modifiée. Sur leur nouvelle trajectoire, des comètes peuvent entrer en collision avec une planète ou se désintégrer en naviguant trop près du Soleil.

5 Des sondes spatiales ont-elles déjà permis de les étudier ?

Depuis 1985, neuf sondes ont déjà survolé des comètes. Cinq ont étudié la plus célèbre d'entre elle, la comète de Halley (16 km de long sur 8 km de large) qui passe à proximité de la Terre tous les 76 ans. En 2004, la sonde américaine Stardust a prélevé pour la première fois des échantillons de poussière issus de la comète Wild-2 (5 km de diamètre).

partir des échantillons recueillis dans le sous-sol. Ces ratios, qui dépendent des conditions dans lesquelles les espèces moléculaires se sont formées, sont de véritables signatures chimiques. On pourra donc les comparer à ceux retrouvés sur Terre. « C'est un peu comme faire l'analyse ADN de nos aïeux pour savoir d'où l'on vient », compare Katrin Altwegg, responsable scientifique du spectromètre Rosina qui, perché sur Rosetta, mesure lui aussi le rapport isotopique de l'hydrogène. Témoins des premiers âges du système solaire, les comètes se

sont en effet constituées il y a environ 4,6 milliards d'années, au sein du gigantesque nuage de gaz et de poussière qui donna naissance aux planètes.

« Ce sont les corps les plus primitifs que nous connaissons, explique Philippe Gaudon. Après leur formation, elles ont été conservées loin de notre étoile, à environ -200 °C, comme dans un congélateur. » « Les traces de cette soupe primordiale n'existent plus sur Terre,

poursuit Nicolas Altobelli, responsable des opérations scientifiques de la sonde à l'ESA. Grâce à cette mission, nous espérons avoir accès aux conditions initiales qui ont conduit à la formation de notre système planétaire. »

Les photos révèlent une grande variété de relief

En particulier, la structure du noyau de Tchouri sera un indice de premier ordre pour comprendre comment la matière s'est agglomérée pour former de petits blocs, dont les collisions ont ensuite donné naissance aux

planètes. Les photos, d'une précision inédite, fournies par Rosetta et son atterrisseur révèlent d'ores et déjà une grande variété de relief : falaises, strates, cavités et zones lisses alternent sur cette surface poreuse, noire comme de l'encre, où n'affleure pas de glace, probablement cachée juste en dessous. Des paysages qui reflètent la formation et l'évolution de ce petit astre depuis qu'il s'est rapproché du Soleil.

Une image en 3D de la structure interne de Tchouri

Mais sous cette croûte sombre,

la structure interne du noyau demeure un mystère. Est-il constitué de couches à la manière d'un oignon ou d'aggrégats rocheux ? Et d'où vient l'étrange forme bilobée de la comète, d'une érosion progressive ou bien d'une collision récente ? « Nous savons juste que la masse volumique du noyau est très faible, de l'ordre de 400 kg/m³. Bien moins dense qu'une éponge », analyse Chantal Levasseur-Regourd.

Les radiographies récoltées par l'instrument Consert embarqué sur Philae permettront d'en savoir plus. Lors de cette expérience inédite, des ondes radio envoyées depuis l'atterrisseur sont réceptionnées par la sonde après avoir traversé le noyau, fournissant ainsi une image en 3D de sa structure interne. « L'opération est délicate car les deux modules doivent être parfaitement synchronisés », précise Nicolas Altobelli. « Nous n'aurons que quatre ou cinq fenêtres de tir au cours de la mission pour réaliser ces mesures », ajoute Wlo-

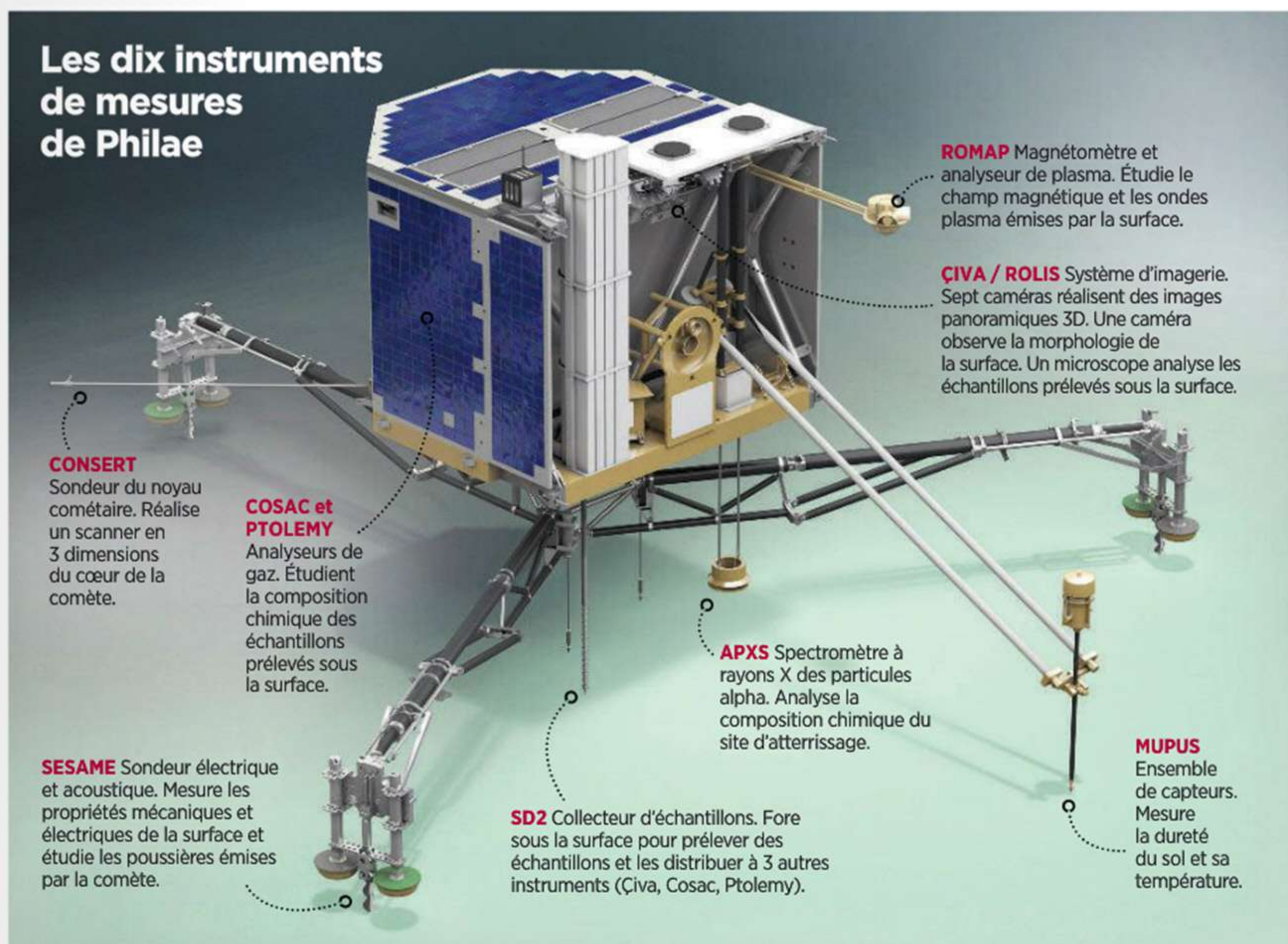


ROLAND / AFP

« Nous vivons un événement exceptionnel pour la science et l'humanité tout entière »

Klim Tchourioumov, codécouvreur de la comète Tchourioumov-Guérassimenko en 1969.

Les dix instruments de mesures de Philae



dek Kaufman, responsable scientifique de l'instrument. La première d'entre elles a eu lieu juste après l'atterrissage, lors de la première phase d'opérations scientifiques menée par Philae, qui a duré seulement quelques jours.

Une batterie rechargée par des panneaux solaires

Alimenté par une batterie, chacun des dix instruments embarqués a effectué une première salve de mesures qui renseigneront les scientifiques sur les caractéristiques chimiques, mécaniques, électriques, thermiques et magnétiques de la surface cométaire. Maintenant que la pile est épuisée, Philae ne peut

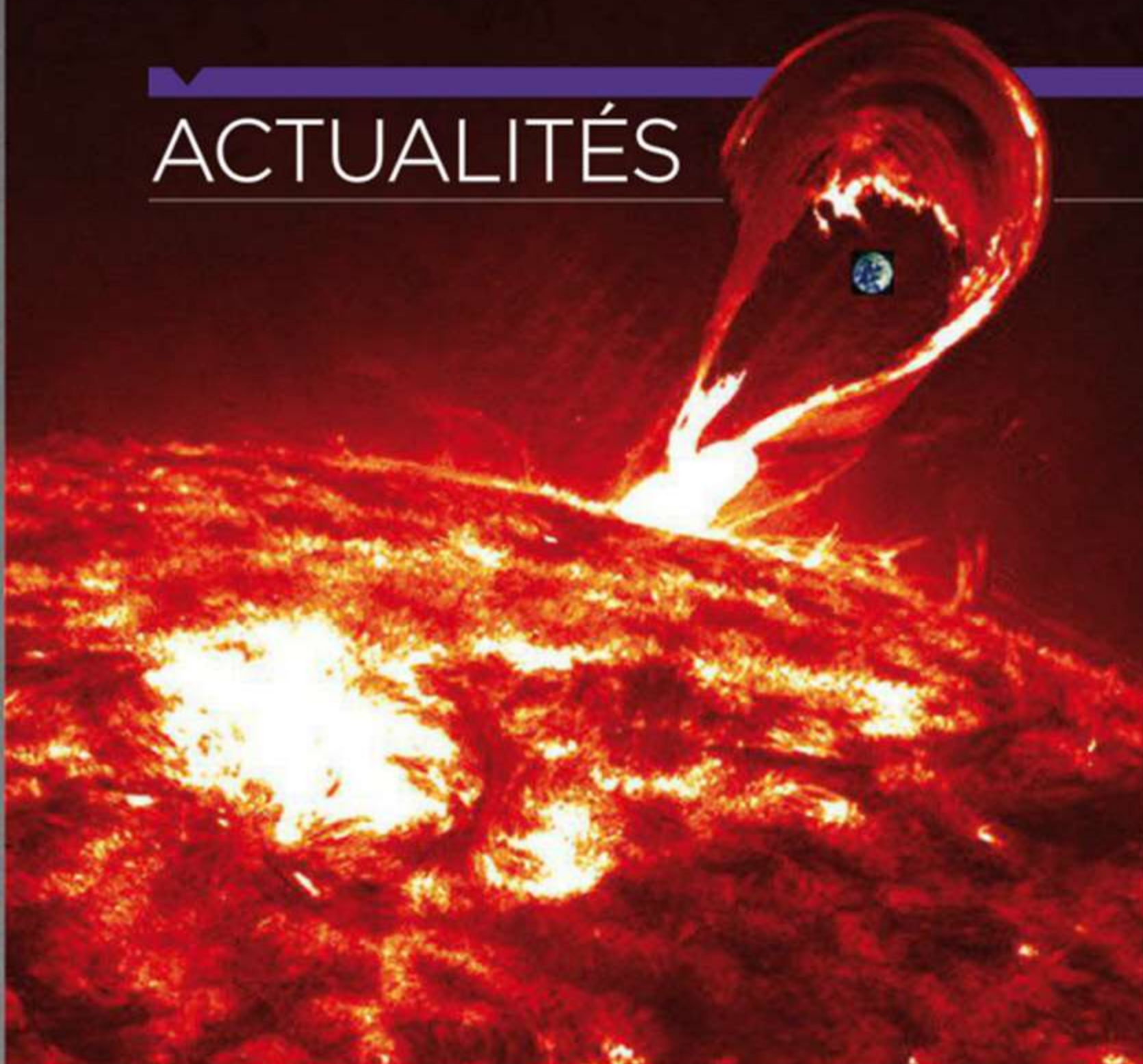
plus compter que sur sa seconde batterie, rechargée périodiquement par des panneaux solaires. « Vu le faible temps d'ensoleillement de la zone d'atterrissage, soit une heure et cinquante minutes par jour



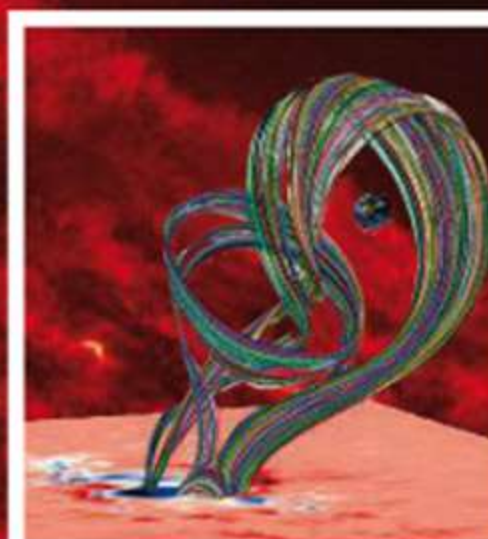
Au Centre européen d'opérations spatiales (Darmstadt, Allemagne), la joie à l'annonce de l'« acométissage » de Philae.

contre six heures environ sur le site initialement prévu, nous ne savons pas si nous parviendrons à alimenter correctement l'atterrisseur pour effectuer d'autres mesures », commente Philippe Gaudon.

Dans tous les cas, Philae ne devrait pas survivre au-delà du mois d'avril, car à partir de là son électronique a toutes les chances de griller au Soleil (lire l'encadré p. 11). « Un comble pour un appareil posé sur un glaçon », plaisante Philippe Gaudon. La sonde Rosetta restera alors seule aux premières loges pour observer, à seulement quelques kilomètres de distance, l'extraordinaire spectacle lumineux qu'offrira la comète en août 2015, lorsqu'elle passera au plus près de notre étoile. ■



Une éruption solaire, (avec superposition de la Terre à la même échelle). Ci-dessous, une modélisation d'une corde magnétique. Les taches rouge et bleue sont des zones plus chaudes et plus froides de la surface de l'étoile qui constituent ses terminaisons.



TAHAR AMARI/CENTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE-CNRS-ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Les colères du Soleil pourront être détectées

Un phénomène de « corde magnétique », signe avant-coureur d'une éruption, permettrait de prévenir les pannes de télécommunications terrestres.

ASTROPHYSIQUE En période de grande activité magnétique, le Soleil envoie un flot de particules chargées, qui, lorsqu'elles arrivent aux abords de la Terre, provoquent des courts circuits dans l'électronique à bord des satellites et dans les générateurs électriques au sol, entraînant des pannes de communications, de GPS et de courant. Tahar Amari, du centre de physique théorique de l'École

polytechnique, et ses collègues du CEA et de l'université Paris-Diderot ont découvert que, quelques jours avant sa survenue, une « corde magnétique » se formait au niveau de la photosphère, à la surface du Soleil. Il s'agit de lignes du champ magnétique — des lignes invisibles le long desquelles se déplacent les particules chargées — qui se tordsent avant de s'élever progressivement

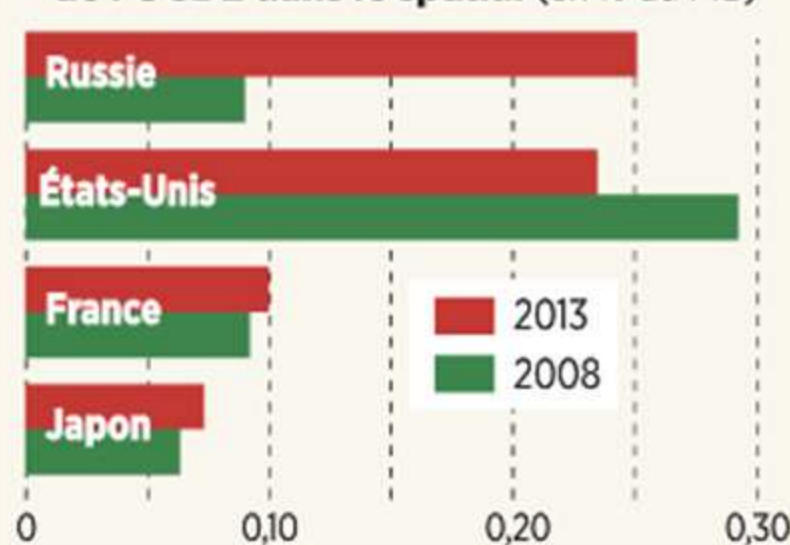
jusqu'à l'atmosphère externe du Soleil (la couronne solaire). C'est alors qu'elles déclenchent une éruption et sa bouffée de particules ravageuses. La détection des cordes magnétiques permettra peut-être d'anticiper les éruptions — en mettant les instruments en veille — et de prévenir des pannes comme celle de mars 1989 qui a plongé 5 millions de Québécois dans le noir. **A. Kh.**

Les Russes se renforcent dans le spatial

ESPACE Selon l'OCDE, entre 2008 et 2013, les Russes ont multiplié par 2,5 leur pourcentage de PIB consacré à l'espace, tandis que les Américains le diminuaient de 30 % et que la France, troisième de ce classement, restait à peu près constante. Ce sont les trois seules nations à consacrer plus de 0,1 % de leur PIB aux activités spatiales civiles ou militaires. Reste qu'en valeur, les Américains sont largement en tête avec près de 40 milliards de dollars, loin devant la Chine (6,1) et la Russie (5,3). Avec 2,7 milliards de dollars, la France arrive cinquième derrière le Japon (3,6 milliards de dollars). **J.-O. B.**

SOURCE : THE SPACE ECONOMY AT A GLANCE 2014, OCDE.

Les 4 principaux investisseurs de l'OCDE dans le spatial (en % du PIB)



BETTY LAFON

Le sous-sol du Bassin parisien revisité

GÉOLOGIE Des fossiles, des accidents tectoniques, des régions du sous-sol renfermant des réservoirs souterrains : voici quelques-unes des nouveautés de la dernière coupe géologique du Bassin parisien établie par l'Association des géologues du Bassin parisien. Elle regroupe les données sismiques de l'industrie pétrolière rendues publiques et les résultats des sondages de terrain. **A. Kh.**

À ÉCOUTER SUR TABLETTE

L'espace a sa nlaylist



COSMOLOGIE Le signal de la sonde Cassini en orbite autour de Saturne, le bruit du plasma interstellaire autour de Voyager... Autant de découvertes auditives à faire avec la Nasa. **E. L.**
[HTTPS://SOUNDCLOUD.COM/NASA/](https://soundcloud.com/nasa/)

Le rayonnement des trous noirs recréé

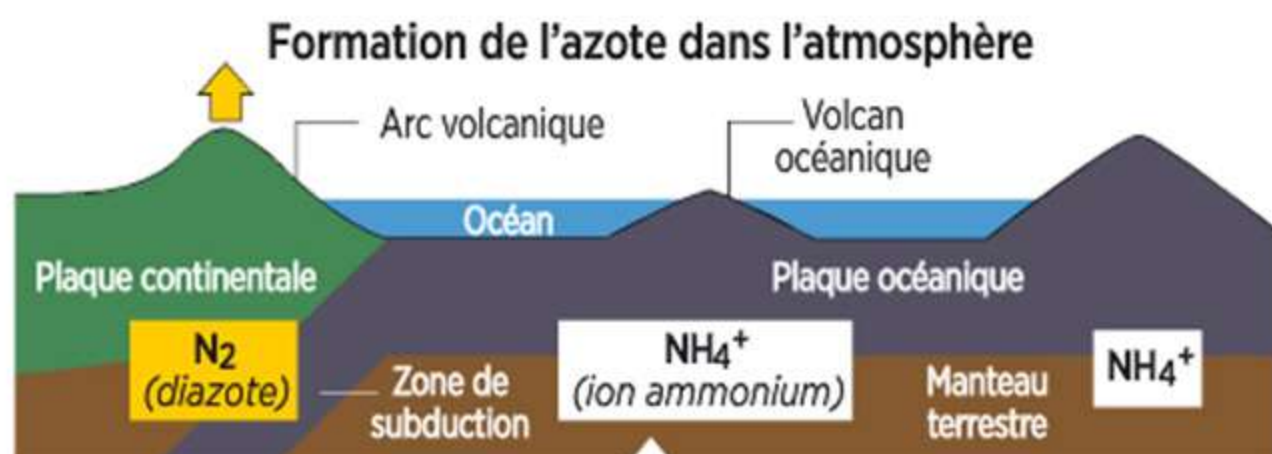
ASTROPHYSIQUE Pour la première fois, le rayonnement de Hawking, qui s'échapperait des trous noirs par un mécanisme quantique, a été mis en évidence. Tout du moins son analogue obtenu en laboratoire sous la forme d'une émission laser s'échappant d'un « condensat de Bose-Einstein » (un objet macroscopique formé d'atomes maintenus à une température de quelques fractions de kelvin). **A. Kh.**

SOURCE : JEFF STEINHAEUER, TECHNION - ISRAËL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, HAÏFA, ISRAËL.

L'azote vient de l'intérieur de la Terre

C'est grâce à la tectonique des plaques que ce gaz se diffuserait dans l'atmosphère.

GÉOCHIMIE L'air que nous respirons serait le fruit de la tectonique des plaques. Du moins l'azote, qui compte pour 80 % de l'atmosphère (les 20 % d'oxygène restants sont issus de l'activité photosynthétique du vivant). Voilà la conclusion de deux géophysiciens de Washington et de Baltimore (États-Unis) qui ont étudié son comportement chimique dans le manteau de la Terre. Jusqu'à présent, l'origine de ce gaz — indispensable à la croissance



Dans les zones de subduction (à g.), où le milieu est oxydant, les ions ammonium (NH_4^+) se muent en diazote (N_2), rejeté ensuite par les volcans.

des plantes — était énigmatique. Les autres planètes telluriques en sont dépourvues : à peine 2,7 % pour Mars et 3,5 % pour

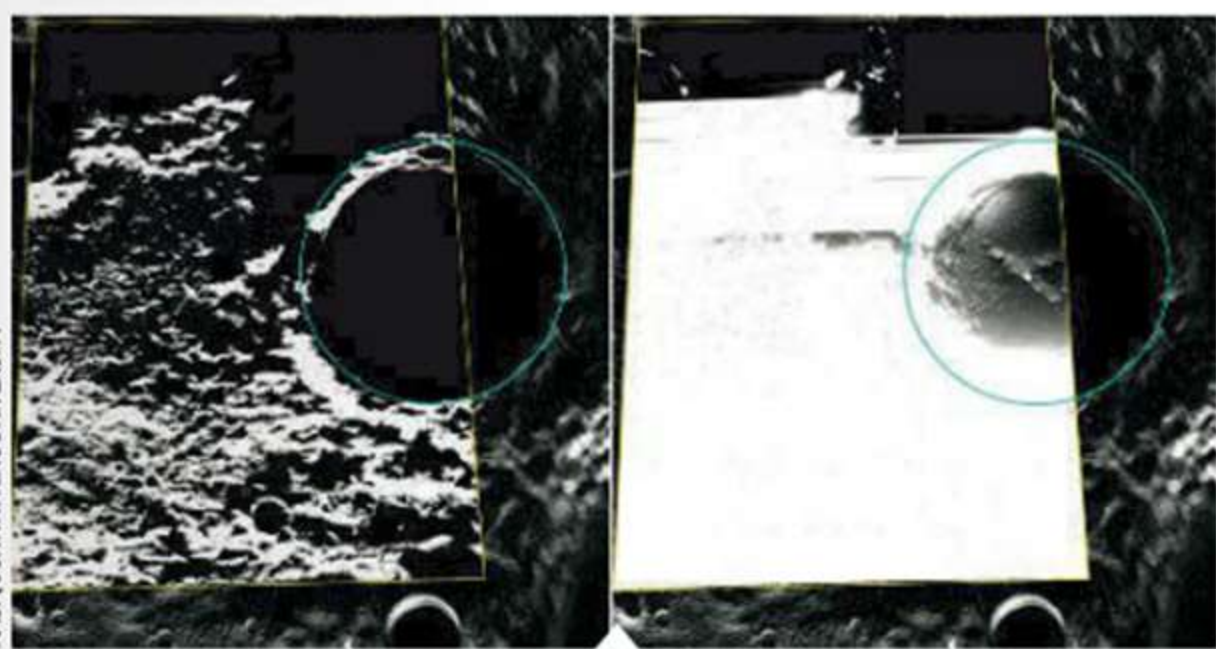
Vénus. Mais contrairement à elles, la Terre a une tectonique active. Or, dans les zones de subduction, là où le plancher

des océans s'enfonce sous la plaque continentale, des éléments constitutifs des roches, dont des ions ammonium NH_4^+ se libèrent et s'intègrent aux roches silicatées du manteau. Si le milieu est réducteur — favorisant l'émission d'électrons —, l'ammonium persiste dans cet état. Mais s'il est oxydant, comme l'est le manteau de la Terre, l'ammonium se dissocie pour former de l'eau (H_2O) et de l'azote (N_2), qui s'échappe à chaque éruption. **A. Kh.**

EN BREF

LASER OPÉRATIONNEL. Le Premier ministre Manuel Valls a inauguré le Laser mégajoule (Aquitaine) qui permet de simuler le comportement des matériaux en conditions extrêmes et remplace les essais nucléaires. **LES ÉMIRATS SUR MARS.** Les Émirats arabes unis annoncent le lancement d'une sonde vers Mars en 2021. **PROGRÈS À FUKUSHIMA.** Les 1 331 assemblages de combustible usé stockés dans le bâtiment du réacteur 4 à Fukushima Daiichi ont bien été retirés.

De la glace dans des cratères polaires de Mercure



Le cratère Kandinsky (à g.), au pôle nord de Mercure, abrite des dépôts gelés qui apparaissent (au centre) sur la photo au contraste ajusté (à dr.).

PLANÉTOLOGIE Malgré des températures moyennes de surface d'environ 250 °C le jour, la planète la plus proche du Soleil abrite de la glace. Grâce à la sonde Messenger, les chercheurs ont découvert de l'eau gelée au fond de certains cratères polaires, probablement restés dans l'ombre sous des températures glaciales depuis des milliards d'années. La quantité de glace détectée, entre 20 et 1 000 milliards de tonnes, serait cohérente avec la thèse selon laquelle l'eau aurait été importée par la chute de comète et d'astéroïdes. **A. B.**

Alexandre Grothendieck est décédé

MATHÉMATIQUES Pour ses pairs, c'était l'un des plus grands scientifiques du xx^{e} siècle, qui a révolutionné la géométrie algébrique. Ce Français d'origine allemande était aussi un personnage mystérieux, refusant plusieurs prix dont la médaille Fields, militant pacifiste et écologiste, et vivant reclus dans les Pyrénées depuis les années 1990. Comme pour entretenir le mythe, il a consigné sa vision et ses combats dans un livre, *Récoltes et semailles*, qu'il a toujours refusé de publier mais qu'on peut lire sur Internet. Alexandre Grothendieck est mort le 13 novembre à l'âge de 86 ans. **M. N.**

Des éruptions sur la Lune au temps des dinosaures

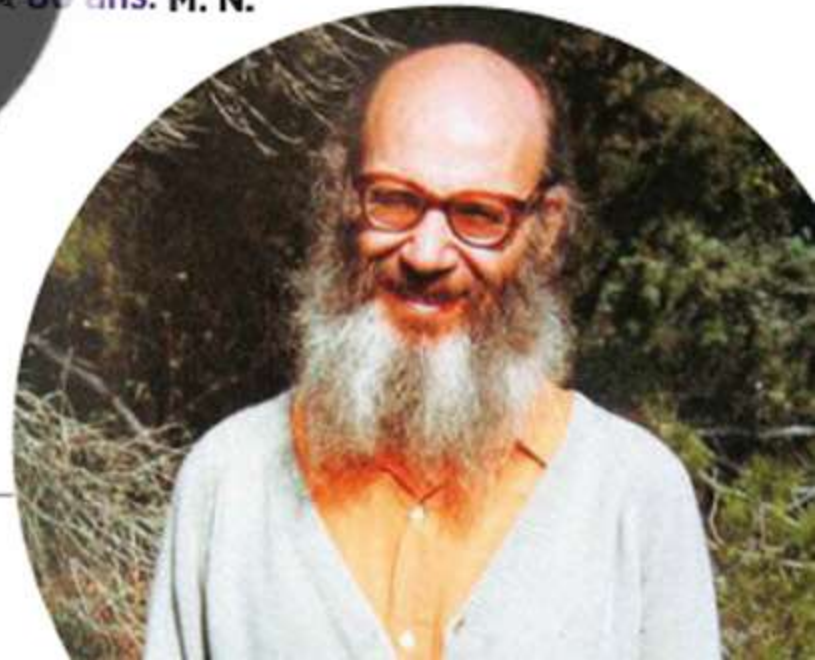
PLANÉTOLOGIE Le volcanisme sur la Lune ne s'est pas arrêté il y a un milliard d'années comme on le supposait, mais il y a moins de 100 millions d'années. C'est ce que révèlent de nouvelles images haute définition saisies par la sonde américaine Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO), en orbite 50 km au-dessus de notre satellite. **A.B.**

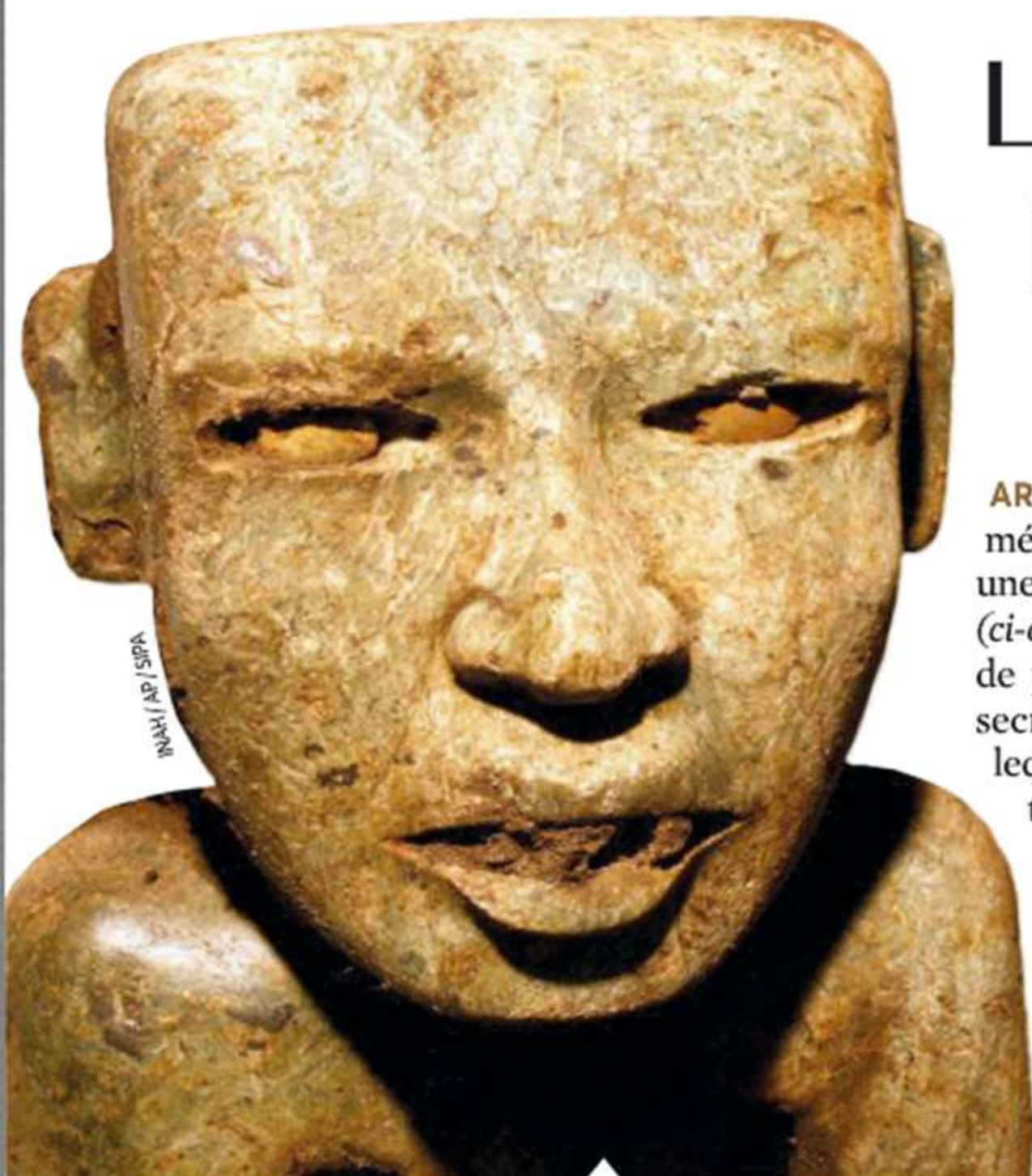
SOURCE : S. E. BRADEN, ARIZONA STATE UNIVERSITY, TEMPE, ÉTATS-UNIS.

Comment se forment les rides sur les dunes de sable

MÉCANIQUE Des chercheurs ont développé un modèle numérique qui reproduit la croissance de rides sur le sable. Les grains chassés par le vent délogent ceux immobiles au sol, qui font alors des petits sauts et s'accumulent pour amorcer la formation des rides. Les grains qui contribuent le plus à ce phénomène sont ceux dont le vol correspond à la longueur d'onde des rides (la distance entre les crêtes) et dont l'atterrissage a lieu sur la face avant de ces dernières. **A. B.**

SOURCE : ORANCIO DURAN, LABORATOIRE DE PHYSIQUE ET MÉCANIQUE DES MILIEUX HÉTÉROGÈNES, PARIS, FRANCE.





Cette statuette de pierre a été exhumée dans un souterrain sous la pyramide du Serpent à plumes.

La pyramide du Serpent à plumes livre ses secrets

Les découvertes se multiplient à Teotihuacán, au Mexique, au cœur du célèbre monument dédié à Quetzalcoatl.

ARCHÉOLOGIE Volontairement inhumée dans les ténèbres de l'inframonde, une extraordinaire statuette de pierre (ci-contre) a été découverte à 18 mètres de profondeur, au fond d'un tunnel secret scellé il y a 1800 ans (et dans lequel *Sciences et Avenir* avait pu pénétrer il y a quelques mois — lire S. et A. n° 805, mars 2014). Long de 103 m, ce souterrain a été creusé sous la pyramide du Serpent à plumes, le célèbre monument du I^{er} siècle de notre ère dédié à Quetzalcoatl, la divinité tutélaire de Teotihuacán (Mexique). Accompagnée de milliers d'autres offrandes, cette sculpture inestimable pour être associée aux tombes

gouverneurs de l'antique cité, dont, pour l'instant, les recherches sont restées vaines. La statuette était accompagnée de milliers de perles de jade, de sphères de pyrite, de céramiques, de conques de la côte du golfe du Mexique et de restes de grands félins — des crânes de jaguar. Face à l'ampleur des découvertes, les premiers résultats de ces fouilles archéologiques ont été présentés fin octobre au Musée national de Mexico. Et les travaux, qui devaient s'achever cette année, seront poursuivis en 2015.

B. A.



NUMÉRIQUE
aporama des découvertes
/sciav.fr/814archeo

À VOIR SUR TABLETTE

L'autruche géante n'était pas méchante

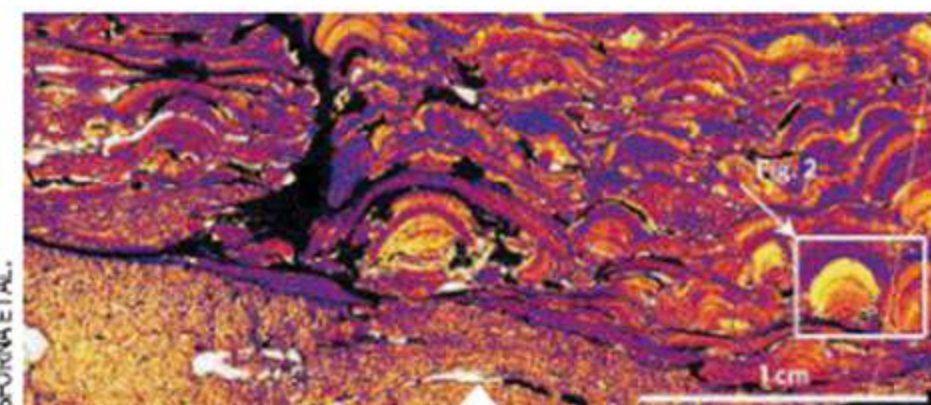
PALÉONTOLOGIE Deux spécimens presque complets découverts en Mongolie permettent de décrire l'un des dinosaures les plus mystérieux, *Deinocoelurus mirificus*, dont on ne connaissait que quelques os. Mesurant 11 mètres pour plus de six tonnes, c'était le plus grand des ornithomimidés, dont la particularité est de ressembler aux autruches. Lent, *Deinocoelurus* n'était pas un redoutable prédateur mais un amateur de végétaux et de petits poissons. M. N.

Arsenic et vieilles bactéries

BIOLOGIE Il y a 2,72 milliards d'années, des bactéries vivant dans des lacs volcaniques hypersalés étaient capables de se nourrir d'arsenic. La preuve d'un métabolisme conçu pour ce composé

très toxique a été découverte en étudiant des stromatolites (massifs calcaires formés par l'activité de micro-organismes) fossiles d'Australie. H. R.

SOURCE : PASCAL PHILLIPPOT, CNRS, INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE DE PARIS.



Stromatolite gardant des traces d'activité bactérienne.

La Nouvelle-Zélande est immuable

PALÉOÉCOLOGIE Un gisement fossile néozélandais de plantes du miocène, exceptionnellement bien conservé, a révélé que le mode de dissémination des graines ou du pollen, que ce soit par des insectes, des oiseaux ou le vent, était identique à celui des plantes actuelles. Malgré les variations climatiques et une augmentation de l'altitude de l'archipel depuis 23 millions d'années, la plupart des lignées de plantes ainsi que leur cadre écologique ont persisté jusqu'à nos jours. P. K.

SOURCE : JOHN CONRAN, UNIVERSITY OF ADELAIDE, AUSTRALIE.



Texte russe et dessin du XIII^e siècle tracés sur écorce de bouleau.

Avant le papier, l'écorce

PALÉOGRAPHIE « Envoie-moi une chemise, un pantalon et des rênes, et pour ma sœur, du tissu », écrit un certain Onus à son fils Danilo. Enfouis dans la boue depuis des siècles, de nouveaux documents sur écorce de bouleau ont été mis au jour à Novgorod, en Russie. Entre le XI^e et le XV^e siècle, alors que l'usage du papier est peu connu et que le parchemin coûte trop cher, la face interne des écorces de bouleau servait de support d'écriture. Des messages gravés à l'aide d'un stylet en os ou en métal avaient été exhumés pour la première fois en 1951. B. A.

S.P./N.YORKT.-NYTIMES REDUX/REA

Votre musique préférée pour Noël. Instantanément. Sans fil.

DEEZER

Spotify

iTunes

INTERNET RADIO

| digitalradio |



Modèle gris argent. Également disponible en gris anthracite et blanc platinum.

La nouvelle expression du système Wave® de Bose®

Le Wave® Music System SoundTouch™ est le système élégant, compact et

tout-en-un de Bose qui donne vie à vos chansons de Noël préférées. Grâce à la technologie de guide d'ondes brevetée de Bose, les aigus sont parfaitement restitués, les moyennes fréquences sont claires et les basses résonnent. Vous constatez immédiatement la différence. Il n'y a rien de mieux pour remplir de son votre pièce, votre maison et toute votre vie. Pas de câble, uniquement un son de grande qualité.



Les deux guides d'ondes offrent un son plus riche et plus authentique. Une exclusivité Bose.

Toutes vos sources musicales en streaming

CD, radio AM/FM/numérique, chansons familiales stockées sur votre ordinateur, votre smartphone ou votre tablette, ainsi que tout l'univers de la musique en streaming via les radios Internet et les services tels que Deezer™ ou Spotify™. Profitez-en en toute simplicité avec le Wave® Music System SoundTouch™. Si vous possédez un réseau Wi-Fi® domestique, vous avez tout ce qu'il faut.

Toutes vos sources accessibles via une simple touche

Imaginez que toutes vos chansons de Noël préférées soient à portée de main, quel que soit le support sur lequel elles sont stockées. C'est tout à fait possible avec le Wave® Music System SoundTouch™ ! Son élégante télécommande comporte six pré-réglages : à vous d'appuyer sur la touche correspondant à votre musique préférée pour la diffuser instantanément, quelle que soit sa source. Personnalisez votre système avec l'application SoundTouch™ gratuite, qui vous permet de contrôler votre musique depuis un ordinateur, une tablette ou un smartphone.

Wave® SoundTouch™ Music System



Un cadeau exclusif pour vous

Commandez votre Wave® Music System SoundTouch™

avant le 31 décembre 2014 et nous vous offrirons

- une paire d'écouteurs intra-auriculaires Bose®
- (d'une valeur de 99,95 €)*, pour un son fluide et naturel, et un port confortable.

Des milliers de stations de radio Internet

Internet nous permet d'accéder à des stations de radio du monde entier, quel que soit leur genre ou leur style musical, y compris des chansons de Noël. SoundTouch™ vous aidera à trouver des stations que vous adorerez pendant les fêtes.

Une solution multi pièce

Vous pouvez ajouter un autre système où et quand bon vous semble, et créer ainsi une solution multi pièce, pour écouter la même musique dans toute votre maison ou, pourquoi pas, une musique différente dans chaque pièce.

Testez-le par vous-même, Satisfait ou Remboursé*

Nous sommes convaincus que le meilleur moyen d'apprécier le Wave® Music System SoundTouch™, c'est de le tester. Appelez dès maintenant pour profiter de vos chansons de Noël préférées pendant 30 jours, à partir du jour de Noël, Satisfait ou Remboursé*. Bientôt, nous écouterons tous la musique de cette façon. Alors, pourquoi attendre ?

☎ Appelez-nous gratuitement au 0800 775 779 ☎ Ou rendez-vous sur le site WWW.BOSE.FR/WAVESOUNDTouch
Référence: P1557W



FACILITÉS
DE PAIEMENT*



PÉRIODE D'ESSAI DE 30 JOURS
SATISFAIT OU REMBOURSÉ*



LIVRAISON GRATUITE*
PAR TRANSPORTEUR



GARANTIE
TRANSFÉRABLE DE 2 ANS

1) Offres soumises à conditions et variables pour toute commande d'un Wave Music System SoundTouch par téléphone ou sur le site Internet officiel de Bose avant le 31 décembre 2014, et non cumulables avec d'autres promotions. Offre à une paire d'écouteurs Bose offerte à l'achat d'un Wave Music System SoundTouch sans accessoire et en cas de retour de l'intégralité du lot, la somme de 799,95 euros vous sera remboursée dans un délai de 30 jours maximum. En cas de retour d'un seul élément du lot, la différence entre le prix payé pour le lot et le prix individuel de l'élément du lot concerné vous sera remboursée dans un délai de 30 jours maximum. Pour le retour du Wave Music System seul, les écouteurs conservés vous seront facturés 99,95 euros, et cette somme sera donc déduite de votre remboursement. Pour le retour des écouteurs seuls, aucun remboursement ne sera effectué.

2) Appel gratuit depuis un poste fixe. © 2014 BOSE Corporation. Tous droits réservés. Wave est une marque déposée de BOSE Corporation. Wi-Fi est une marque déposée de la Wi-Fi Alliance. Un réseau Wi-Fi domestique et un accès Internet sont requis. AirPlay et iTunes sont des marques d'Apple Inc., aux États-Unis et dans d'autres pays. Bose SAS, 12 rue de Témara, 78100 St Germain-en-Laye. Société par Actions simplifiée au capital de 2 640 965 euros, RCS Versailles 8311 068 266.



Les ancêtres des kangourous ne sautaient pas

PALÉONTOLOGIE

Les membres de la sous-famille des *Sthenurinae*, des kangourous éteints dont les plus gros pouvaient peser jusqu'à 240 kg, étaient adaptés à la marche plutôt qu'au saut. Ces marsupiaux géants avaient des articulations de la hanche et du genou fortes, une cheville résistante à la torsion et un pelvis pouvant porter le

Les fortes articulations de la hanche et du genou étaient davantage adaptées à la marche.

poids du corps sur une jambe. Moins véloce que les sauteurs actuels, ils se sont éteints il y a environ 30 000 ans. **L. B.**

SOURCE : CHRISTINE JANIS, BROWN UNIVERSITY, PROVIDENCE, ÉTATS-UNIS.

Ce carnet de l'expédition Scott a passé un siècle dans les glaces

EXPLORATION Un carnet du photographe et zoologue George Murray Levick, rescapé de la tragique expédition Scott (1910-1913), vient d'être restauré (photo), après avoir passé plus d'un siècle dans les glaces de l'Antarctique. Il contient ses notes, dates, thèmes et détails de ses photos. Le scientifique s'était rendu célèbre pour ses observations sur les comportements sexuels des manchots Adélie (nécrophilie, pédophilie et viol...). **B. A.**



QUESTIONS À

Jean-Jacques Hublin

paléanthropologue à l'Institut Max Planck d'anthropologie évolutionniste de Leipzig (Allemagne) et professeur invité au Collège de France pour un cycle de conférences sur l'anthropologie du genre *Homo*.*

L'hybridation de sapiens avec Neandertal a été ponctuelle

Le séquençage complet du génome de l'homme d'Ust'-Ishim, un *Homo sapiens* moderne mort il y a 45 000 ans en Sibérie occidentale, livre plusieurs informations majeures sur notre évolution en Eurasie.

Qui est l'homme d'Ust'-Ishim ?

C'est un homme moderne, connu par un fémur très bien conservé trouvé en Sibérie. La datation au carbone 14 le situe autour de -45 000 ans. Cela en fait le plus ancien homme moderne connu en Eurasie hors du

Proche-Orient et confirme qu'une première vague de colonisation a précédé celle des aurignaciens (Cro-Magnon).

Qu'est devenue sa lignée ?

Il faisait partie d'une population très proche, voire contemporaine de la divergence entre les populations modernes d'Eurasie occidentale et d'Eurasie orientale, mais il est fort possible que ce groupe n'ait pas laissé de descendants dans les populations actuelles.

A-t-il rencontré Neandertal ?

Son génome comporte des fragments d'ADN néandertalien plus longs que dans celui des hommes actuels, mais à peu près dans les mêmes proportions : autour de 2 %. Cela montre qu'il y a eu un événement ponctuel d'hybridation plutôt qu'un grand mélange entre néandertaliens et sapiens. On peut désormais dater beaucoup plus précisément cette rencontre : entre -50 000 et -60 000 ans.

Propos recueillis par **L. B.**

* <http://sciav.fr/814hublin>

Potion de cendre pour les gladiateurs

ANTIQUITÉ L'ordinaire des gladiateurs se composait de céréales et de légumineuses et excluait pratiquement la viande, d'après de nouvelles analyses d'os des ^{II}^e et ^{III}^e siècles mis au jour à Éphèse (Turquie). Ils palliaient la carence en calcium, probablement par une potion à base de cendre. **L. B.**

SOURCE : SANDRA LÖSCH, UNIVERSITÉ DE BERNE, SUISSE.

700 ans

La préservation de virus dans des fèces de caribou

Protégés par la glace, des virus proches des gémiovirus étaient intacts. Une copie exacte s'est révélée parfaitement infectieuse. **M. N.**

SOURCE : TERRY FEI FAN NG, UCLA, SAN FRANCISCO, ÉTATS-UNIS.



À VOIR SUR TABLETTE

Le pionnier de la pénétration sexuelle

REPRODUCTION Un poisson de huit centimètres avait déjà inventé la fertilisation interne il y a 385 millions d'années. Le mâle de *Microbrachius dicki*, une espèce de placodermes (ancêtres des poissons osseux et des tétrapodes), présente un appendice osseux en forme de L qui lui permettait d'introduire le sperme à l'intérieur de la femelle. Une paire de petites plaques sur l'organe femelle maintenait l'appendice mâle en place, tandis que les deux partenaires s'accouplaient vraisemblablement de profil, s'agrippant par de petits bras. **L. B.**

SOURCE : JOHN LONG, FLINDERS UNIVERSITY, ADELAÏDE, AUSTRALIE.



Innovation
that excites

NISSAN NOTE. UN BOUCLIER DE PROTECTION POUR UNE CONDUITE PLUS SÛRE.

SYSTÈME DE NAVIGATION
NISSANCONNECT 2.0⁽²⁾

NISSAN NOTE

À PARTIR DE

► **9 990 €⁽¹⁾**

SANS CONDITION



SYSTÈME D'ALERTE
ANTI-COLLISION
NISSAN SAFETY SHIELD⁽²⁾

HABITACLE SPACIEUX
ET CONFORTABLE

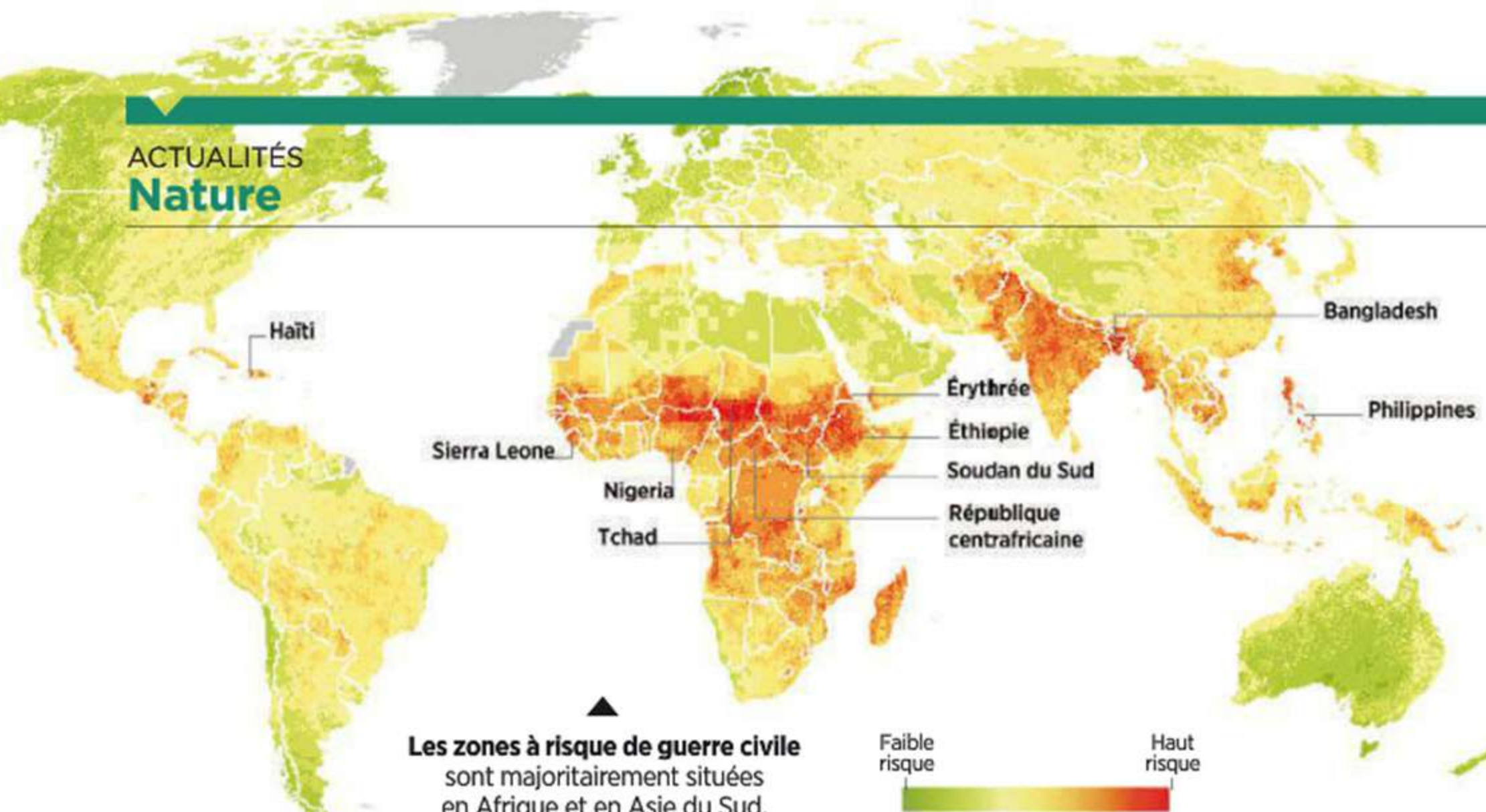
AIDE AU STATIONNEMENT
NISSAN AVM - VISION 360°⁽²⁾

(2) Équipements disponibles de série ou en option et sur certaines versions (sauf Visia).

Pour plus d'informations, rendez-vous sur **nissan.fr**

Innover autrement. (1) Prix au 01/10/2014 de la Nissan NOTE Visia 1.2L 80 après déduction de 3660 € de remise*. **Modèle présenté :** Nissan NOTE Black Line 1.2L 80 avec option peinture métallisée : **13 180 €** après déduction de 3160 € de remise*. *Prolongation jusqu'au 31/12/2014 de l'offre de remise valable initialement jusqu'au 30/09/2014. Offres non cumulables avec d'autres offres, réservées aux particuliers chez les Concessionnaires participants. 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 gamme cycle mixte (l/100 km) : 3,5 - 5,1. Émissions CO₂ (g/km) : 90 - 119.



Les zones à risque de guerre civile sont majoritairement situées en Afrique et en Asie du Sud.

Faible risque Haut risque



Un tout nouveau nuage

MÉTÉOROLOGIE

Undulatus asperatus, l'« ondulation turbulente » : c'est ainsi que les météorologues devraient baptiser un nouveau type de nuage, lors de la mise à jour de l'*Atlas international des nuages* en 2015. Ce sera le premier depuis 1951 à enrichir la nomenclature officielle. **L. B.**

- 40 %

L'objectif de réduction des gaz à effet de serre en Europe à l'horizon 2030

Et ce n'est qu'une étape avant les 80 % de réduction des émissions en 2050. Les énergies renouvelables compteront alors pour 27 % de la production de chaleur et d'électricité. **L. C.**

Les smartphones photographient les aérosols

POLLUTION sur l'objectif smartphone évaluant la polarisation de la lumière à différentes longueurs d'ondes — qui décroît avec le taux d'aérosols —, des chercheurs néerlandais ont créé un instrument de mesure de la quantité d'aérosols. Les relevés effectués aux Pays-Bas ont permis de dresser une carte du pays plus précise que celle obtenue par satellite. **P. K.**

Le réchauffement climatique va accroître les conflits

Une sécheresse persistante ou des inondations catastrophiques pourraient réduire l'accès à la nourriture et attiser les violences dans les pays les plus pauvres.

ENVIRONNEMENT Le réchauffement climatique va sensiblement augmenter les probabilités de conflits dans 32 pays. Les chercheurs de la société britannique Maplecroft, spécialisée dans l'analyse de risques globaux, ont en effet établi un lien entre hausse des températures et violences. Plus précisément, ils ont croisé les émissions de gaz à effet de serre des 198 États de la pla-

nète, la richesse de leurs écosystèmes et de leur agriculture, leur vulnérabilité aux catastrophes naturelles et la solidité de leurs institutions. Ils ont ainsi déterminé les zones où le changement de climat peut déboucher sur des guerres civiles.

Les cinq pays les plus exposés sont le Bangladesh, la Sierra Leone, le Soudan du Sud, le Nigeria et le Tchad. Leurs points communs :

une économie dépendant majoritairement de l'agriculture, un taux de pauvreté élevé, une violence politique déjà existante. Une autre étude du chercheur américain Marshall Burke, de Stanford, quantifie même cet accroissement du risque de conflits. Selon lui, 1 °C supplémentaire produit une augmentation de 2,4 % des bagarres entre individus et de 11,3 % des conflits entre groupes. **L. C.**

Le harem mâle des fougères femelles

BOTANIQUE Pour assurer leur reproduction, les fougères femelles *Lygodium japonicum* développent la masculinité de leur entourage. Elles produisent des hormones (gibérellines) qu'elles diffusent dans le sol où elles sont captées par les jeunes plants voisins. **L. C.**

SOURCE : JUNMU TANAKA, UNIVERSITÉ DE NAGOYA, JAPON.



Le dispositif, large de 6 m pour 2 m de hauteur, combine 2 turbines.



Une hydrolienne dans une rivière française

ÉNERGIE Une hydrolienne fluviale, la première en France et l'une des toutes premières au monde, va être testée sur la Loire, à Orléans. La machine est composée de deux turbines verticales protégées par des carénages latéraux et une grille frontale. Puissance : 30 à 50 kW. Avec un courant régulier de 2 m/s, Hydrofluv devrait satisfaire les besoins d'une soixantaine de foyers. **L. C.**

MA BANQUE A DES SOLUTIONS POUR ADAPTER MON ÉPARGNE À MA FUTURE RETRAITE.



DES SOLUTIONS D'ÉPARGNE — POUR VOTRE RETRAITE —

- Des conseillers pour adapter votre épargne à votre situation
- Des offres à court, moyen et long terme pour répondre aux besoins de chacun
- L'assurance vie pour pouvoir obtenir un complément de revenu⁽¹⁾

**PRENEZ RENDEZ-VOUS
AVEC UN CONSEILLER
EN BUREAU DE POSTE**



BANQUE ET CITOYENNE

BUREAUX DE POSTE • 36 39⁽²⁾ • LABANQUEPOSTALE.FR⁽³⁾

⁽¹⁾ Dans les limites et conditions de la Notice d'Information ou des Conditions Générales du contrat concerné. ⁽²⁾ 0,15 € TTC/min + surcoût éventuel selon l'opérateur. ⁽³⁾ Coût de connexion selon le fournisseur d'accès. LA BANQUE POSTALE - S.A. à Directoire et Conseil de Surveillance au capital de 3 413 734 750 €. Siège social : 115 rue de Sèvres 75275 Paris CEDEX 06. RCS Paris 421 100 645. Intermédiaire d'assurance immatriculé à l'ORIAS sous le n° 07 023 424. Document à caractère publicitaire.



Alors que la jeune guenon a commencé à accoucher (à gauche), une guenon plus âgée intervient (au centre) et finit d'extraire le nouveau-né (à droite).

Une sage-femme chez les singes

Des primatologues chinois ont observé une scène rare : l'accouchement d'une guenon avec l'aide d'une aînée.

ÉTHOLOGIE C'est une scène rarement documentée que des primatologues chinois de l'université de Pékin ont réussi à enregistrer dans son intégralité : l'accouchement d'une jeune guenon avec l'assistance d'une aînée jouant le rôle de sage-femme. Elle s'est déroulée en mars 2013 dans le sud de la Chine et vient d'être révélée par les chercheurs. Dans cette région, vivent les

sempopithèques de Cat Ba, une espèce de cercopithèques en danger d'extinction comptant moins de 800 individus en liberté. Sur la paroi de la falaise où ils dorment, une jeune femelle de 5 ans, dont c'était la première grossesse, a commencé à ressentir des contractions sous l'œil attentif d'une congénère de 14 ans — qui avait eu son cinquième petit le matin

même. Au bout de 70 contractions, alors qu'apparaissaient la tête et les épaules du nouveau-né, l'aînée plus aguerrie est intervenue pour faciliter le travail de la jeune parturiente. Se plaçant debout derrière celle-ci, elle a saisi le petit des deux mains pour le tirer vers sa poitrine, achevant de l'extraire en 18 secondes. Puis elle a terminé son office en le toiletant. **L. B.**

JAPAN MONKEY CENTER AND SPRINGER JAPAN

Les orques apprennent le dauphin

CÉTOLOGIE Lorsqu'elles sont socialisées durant plusieurs années avec des grands dauphins (*Tursiops truncatus*), les orques émettent davantage de sifflements et de « clics » que leurs congénères évoluant uniquement parmi leurs semblables. Une preuve qu'elles imitent le comportement vocal des dauphins. **L. B.**

SOURCE : WHITNEY MUSSEY, UNIVERSITY OF SAN DIEGO, ÉTATS-UNIS.

Les éléphants entendent la pluie à 240 km

ZOOLOGIE Les mouvements migratoires des éléphants de Namibie seraient corrélés au déclenchement des pluies, que les pachydermes pourraient entendre jusqu'à 240 km. C'est ce qu'indique l'analyse conjointe du déplacement de différents troupeaux suivis par GPS sur plusieurs années et des données satellitaires sur les précipitations. Reste à découvrir s'ils captent les très basses fréquences du bruit de la pluie sur le sol ou du tonnerre. **L. B.**

SOURCE : MICHAEL GARSTANG, UNIVERSITY OF VIRGINIA, CHARLOTTESVILLE, ÉTATS-UNIS.



Les éléphants se déplaceraient en fonction de pluies survenant à des dizaines de kilomètres.

25%

la baisse du poids du chamois en moins de trente ans

Les températures plus élevées de 3 °C à 4 °C en montagne, les contraindraient à se reposer davantage et à passer moins de temps à se nourrir. **L. C.**

SOURCE : TOM MASON, DURHAM UNIVERSITY, ÉTATS-UNIS.



T. CAMPBELL / A. ALGAR

Une évolution rapide pour des lézards

HERPÉTOLOGIE Il a fallu moins de 20 générations (environ dix ans) à un lézard américain arboricole du genre *Anolis* pour développer de plus gros coussinets plantaires en réponse à la concurrence d'une espèce proche. Lorsque son parent cubain a été introduit sur certaines îles de Floride, le lézard autochtone a été refoulé

vers les branches supérieures plus fines des arbustes. Ces lézards sont désormais dotés de coussinets plus larges avec plus de soies permettant de mieux adhérer à ces branches. Un caractère devenu héréditaire. **P. K.**

SOURCE : YOEL STUART, MUSEUM OF COMPARATIVE ZOOLOGY, HARVARD UNIVERSITY, ÉTATS-UNIS.



**UNE SOLUTION EN CAS DE
— PERTE D'AUTONOMIE —
QUI S'ADAPTE À VOS BESOINS**

- Un capital « Premiers Frais » pour faciliter le maintien à domicile⁽¹⁾
- Une rente viagère pour contribuer à la prise en charge de la perte d'autonomie⁽¹⁾
- Des garanties d'assistance utiles, pour vous-même et vos proches⁽¹⁾

**PRENEZ RENDEZ-VOUS
AVEC UN CONSEILLER
EN BUREAU DE POSTE**

**MA BANQUE M'ACCOMPAGNERA
À LA RETRAITE EN CAS DE PERTE
D'AUTONOMIE.**



BANQUE ET CITOYENNE

BUREAUX DE POSTE • 36 39⁽²⁾ • LABANQUEPOSTALE.FR⁽³⁾

⁽¹⁾ Dans les limites et conditions définies dans la Notice d'Information du contrat Protectys Autonomie, contrat d'assurance de groupe à adhésion facultative souscrit par La Banque Postale auprès de La Banque Postale Prévoyance qui inclut des garanties d'assistance assurées par Filassistance International.
⁽²⁾ 0,15 € TTC/min + surcoût éventuel selon l'opérateur. ⁽³⁾ Coût de connexion selon le fournisseur d'accès.

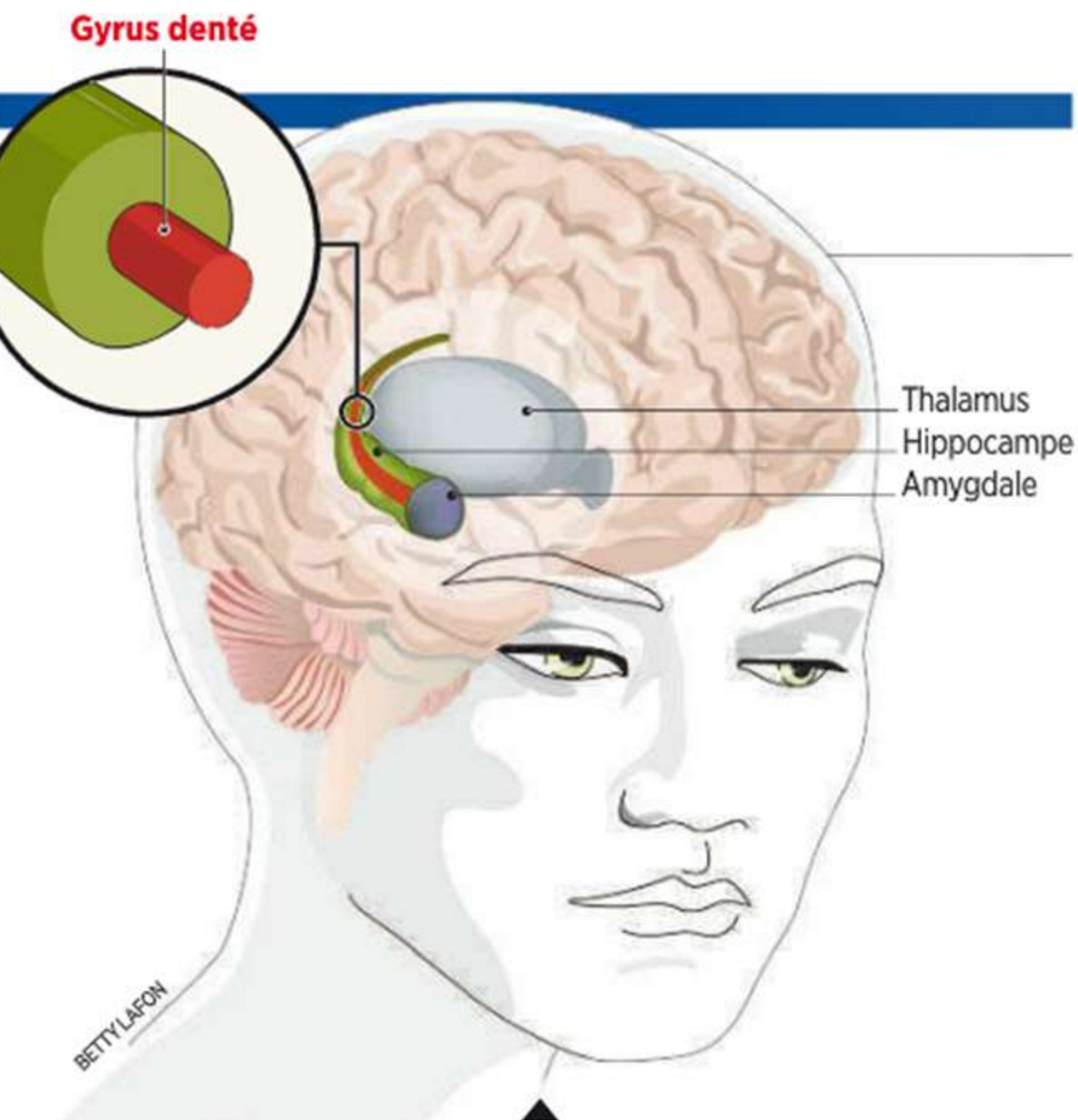
LA BANQUE POSTALE PRÉVOYANCE - S.A. au capital de 5 202 000 € entièrement libéré. Siège social : 10 place de Catalogne 75014 Paris. SIREN 419 901 269 RCS Paris. FILASSISTANCE INTERNATIONAL - S.A au capital de 3 500 000 €. Siège social : 108 Bureaux de la Colline 92213 Saint-Cloud CEDEX. SIREN 433 012 689 RCS Nanterre. Entreprises régies par le Code des assurances. LA BANQUE POSTALE - S.A. à Directoire et Conseil de Surveillance au capital de 3 413 734 750 €. Siège social : 115 rue de Sèvres 75275 Paris CEDEX 06. RCS Paris 421 100 645. Intermédiaire d'assurance immatriculé à l'ORIAS sous le n° 07 023 424.

Le cacao stimule la mémoire

La consommation de flavanols, présents dans le cacao, activerait le gyrus denté, une zone cérébrale clé.

COGNITION Des molécules présentes dans le cacao, les flavanols, stimuleraient la mémoire vieillissante. Elles agiraient en activant une zone cérébrale bien précise : le gyrus denté. C'est ce que montre un essai clinique conduit par l'équipe de Scott Small, de l'université Columbia (New York). Ce même Scott Small, associé au prix Nobel Erik Kandel, avait démontré en 2013 que le déclin de la mémoire lié à l'âge était dû à une moindre activité du gyrus denté (*lire S. et A. n° 802,*

décembre 2013, p. 8). Une souris âgée, chez qui cette structure avait été stimulée, avait retrouvé une mémoire de souriceau ! Par ailleurs, d'autres travaux avaient révélé que les flavanols — qui augmenteraient le flux sanguin — semblaient activer cette zone. Voilà pourquoi 37 personnes de 50 à 69 ans en bonne santé ont absorbé 900 mg ou 10 mg de flavanols de cacao par jour durant trois mois puis ont été soumises à un test cognitif et à une IRM fonctionnelle révélant l'acti-



Le gyrus denté est une zone cylindrique située dans l'hippocampe. Le déclin de son activité affecte la mémoire.

vité du gyrus denté. Résultat : le régime le plus intense en flavanols est corrélé aux meilleurs scores. Reste que 100 g de chocolat noir ne contiennent qu'un peu plus de 235 mg de flavanols... loin des 900 mg à avaler par jour. Ce qui arrange bien les

affaires du groupe agro-alimentaire Mars qui commercialise des produits riches en flavanols et qui finance en partie l'étude. Mais le gyrus denté pourrait être stimulé autrement. « Nous explorons d'autres pistes », révèle en effet Erik Kandel. **E. S.**

EN BREF

DROITS ET LIBERTÉS. Le Parlement européen a décerné le prix Sakharov au gynécologue congolais Denis Mukwege pour son travail auprès des femmes victimes de viol. **TUBERCULOSE EN REcul.** D'après l'OMS, 1,5 million de personnes sont mortes de la tuberculose en 2013, soit une baisse de plus de 45 % par rapport à 1990. **RATS INFECTÉS.** Des rats bruns piégés à Manhattan étaient porteurs du virus Séoul, cause de fièvres hémorragiques, et de 18 espèces virales inconnues.

Un virus d'algue affecterait l'attention

VIROLOGIE Des médecins américains ont détecté dans la gorge de patients un gros virus connu jusque-là pour n'infecter que des... algues unicellulaires ! Et ce n'est pas tout. Les personnes porteuses de ce virus souffraient d'une attention altérée. Des souris nourries avec des algues infectées par ce micro-organisme ont, elles, développé des troubles de la mémoire. **P. K.**

SOURCE : ROBERT YOLKEN, JOHNS HOPKINS SCHOOL OF MEDICINE, BALTIMORE (ÉTATS-UNIS).



K. LEE, A. FOX, UNIL

QUESTIONS À

Pr Fabrice Barlesi

à l'hôpital Nord de Marseille.

Chef du service d'oncologie multidisciplinaire

Vers un diagnostic précoce du cancer du poumon

Le professeur Paul Hofman, de l'hôpital universitaire de Nice, a annoncé avoir mis au point un test sanguin de dépistage des cancers bronchiques fiable et très précoce.

En quoi consiste ce test ?

Il s'agit de détecter des cellules tumorales (CTC) qui indiquent qu'une tumeur est en train de se former mais qui sont très difficiles à isoler. La technique consiste ici à trier les cellules présentes dans une prise de sang en fonction de leur taille.

Doit-on parler de « percée majeure » ?
168 des 245 participants de l'étude

souffraient déjà de bronchite chronique. Difficile de transposer à une population saine... Ces résultats doivent donc être confirmés.

Comment un tel test modifierait-il le dépistage du cancer du poumon ?

Très peu invasive, la détection des CTC pourrait être associée au scanner thoracique. Car celui-ci est imparfait : dans 75 % des cas, le diagnostic est trop tardif. Un test sanguin aiderait à mieux interpréter l'imagerie et permettrait une prise en charge plus précoce. Mais c'est peu probable avant une quinzaine d'années. **Propos recueillis par H. J.**



VOTRE DON **SAUVE** DES VIES

Déjà plus de 8 000 cas et 4 000 décès.
Une épidémie d'Ebola sans précédent ravage l'Afrique de l'Ouest.
Sur place, près de 3 000 médecins sans frontières se battent
pour limiter la propagation de la maladie.



AGISSEZ AVEC NOUS SUR

msf.fr



La course aux diagnostics rapides contre Ebola progresse

Un test français est capable de détecter le virus en moins d'un quart d'heure.

ÉPIDÉMIOLOGIE Des tests rapides, c'est le souhait des équipes sanitaires en Guinée, Sierra Leone et Liberia. Heureusement, ils sont sur le point de débarquer. Mis au point par le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) avec la société Vedalab spécialisée dans les diagnostics rapides, eZyscreen est ainsi capable de détecter le virus en moins d'un quart d'heure à partir d'une goutte de sang. Et ce, pour un coût de 10 euros, soit 20 fois moins que le diagnostic actuel se fondant sur une analyse par PCR (réaction en chaîne par polymérase), un test plus long et qui nécessite d'énormes machines. « Cela changerait la donne d'avoir non pas un résultat en six heures avec les tests classiques de laboratoire mais en un quart d'heure seulement », expliquait récemment le Pr Jean-François Delfraissy, coordonnateur de la lutte contre



eZyscreen sera validé cliniquement en Guinée d'ici à la fin de l'année.

Ebola pour la France. « Notre test a été validé sur des échantillons, explique Laurent Bellanger, du CEA. Il nous reste à obtenir la validation clinique sur le terrain en Guinée d'ici à la fin de l'année. » Du côté des équipes anglo-saxonnes (qui s'occupent du Liberia et de la Sierra Leone), la situation semble plus confuse. Alors que la société américaine Corgenix

dispose depuis six mois d'un test rapide analogue, « il n'a toujours pas été validé par l'OMS pour être testé sur le terrain », s'alarme son président, Doug Simpson. Le nec plus ultra du diagnostic consisterait en un test capable de repérer le virus avant l'apparition des symptômes. Mais il n'existe à l'heure actuelle aucun test aussi sensible.

H. R.

Des cœurs réanimés ont été greffés

CARDIOLOGIE Des chirurgiens australiens ont greffé des cœurs qui avaient cessé de battre à trois receveurs adultes. Les cœurs arrêtés depuis moins d'une vingtaine de minutes ont été réanimés et leurs pulsations maintenues grâce à une machine (plutôt que dans la glace) pour être envoyés à des centaines de kilomètres. **M. N.**

La peau est sensible aux odeurs

DERMATOLOGIE Les principales cellules de l'épiderme, les kératinocytes, abritent une quinzaine de récepteurs olfactifs. L'un d'eux réagit au Sandalore, une molécule qui mime l'odeur du bois de santal. Si la peau ne « sent » pas, le Sandalore accélère sa cicatrisation *in vitro*. **P. K.**

SOURCE : DANIEL BUSSE, UNIVERSITÉ DE BOCHUM, ALLEMAGNE.

6 ans

L'âge minimum pour la 3D

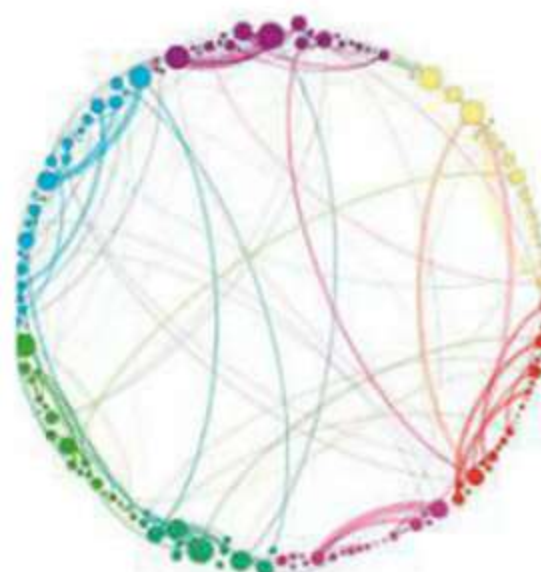
SANTÉ PUBLIQUE L'Anses, l'agence publique chargée d'établir des recommandations sur la santé, déconseille les films et les jeux vidéo en relief aux enfants de moins de 6 ans et préconise un « usage modéré » jusqu'à 13 ans. Cela pour éviter des interférences avec la maturation du système visuel. **M. N.**

Un essai de prévention du sida testé avec succès

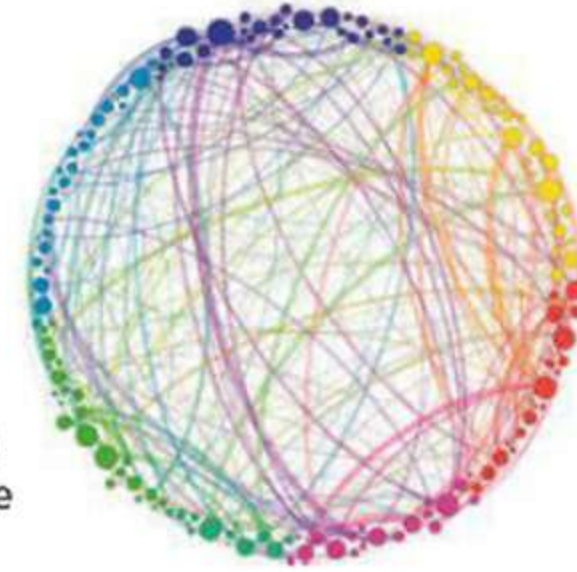
VIROLOGIE Ipergay, l'essai de prévention du sida chez les homosexuels par la prise d'un antirétroviral — le Truvada — avant un rapport sexuel est un succès. La réduction du

risque d'infection est de l'ordre de 80 %. Du coup, l'Agence nationale de recherche sur le sida a décidé de fournir du Truvada à tous les participants. **H. R.**

Hallucinants champignons



◀ ▶
Connexions entre les réseaux neuronaux chez une personne ayant reçu un placebo (à gauche) et une personne ayant reçu de la psilocybine (à droite).



NEUROLOGIE Les champignons hallucinogènes provoqueraient une sorte « d'expansion de l'esprit » par hyperconnexion des réseaux neuronaux entre eux, selon des chercheurs britanniques de l'University College de Londres. Un phénomène semblable à celui qui est observé

lorsqu'une personne rêve : sous l'effet de la psilocybine, le principe actif des champignons hallucinogènes, injectée par intraveineuse, l'activité cérébrale dans les zones liées à la pensée émotionnelle augmente, en particulier dans l'hippocampe et le cortex cingulaire. **H. J.**

PETRI ET AL., 2014

NOUVEAU

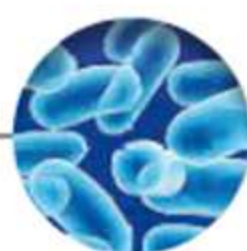
Arkopharma

supraflor

Les **ferments lactiques**
nouvelle génération, à forte technicité.



**QUALITÉ, SÉCURITÉ
et CONSERVATION**



**Association innovante de 6 souches
de ferments lactiques certifiées GRAS.**



Sélection rigoureuse de ferments lactiques
à partir des dernières avancées scientifiques dans
le respect d'un **haut niveau de Qualité et de Sécurité.**



Engagement Supraflor :

Quantité de ferments lactiques garantie :
11 milliards à fabrication par gélule,
2 milliards minimum à péremption par gélule.



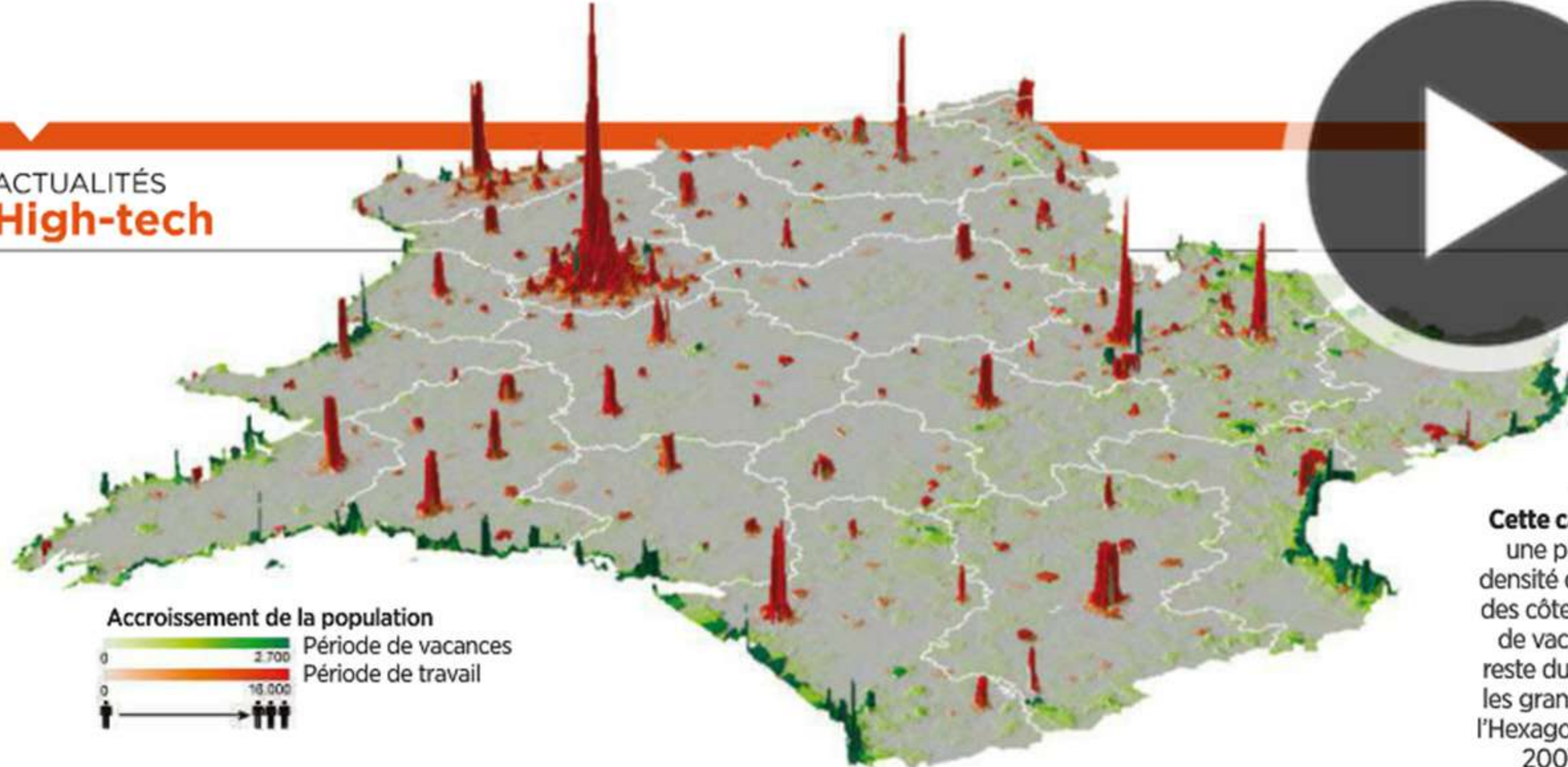
Conservation optimale grâce à son emballage
ultra-protecteur en blister individuel sans oxygène.

www.arkopharma.fr

La santé naturellement

Compléments alimentaires vendus en pharmacie et parapharmacie

POUR VOTRE SANTÉ, MANGEZ AU MOINS 5 FRUITS ET LÉGUMES PAR JOUR. www.mangerbouger.fr



Cette carte montre une plus grande densité d'appels près des côtes en période de vacances, et le reste du temps dans les grandes villes de l'Hexagone (données 2007-2008).

Les portables, témoins des migrations

L'utilisation des données téléphoniques permet de cartographier les déplacements de population.

DÉMOGRAPHIE Pour suivre le déplacement des populations à l'échelle d'un pays, il suffit de dresser la carte des appels passés par mobile. Des chercheurs emmenés par Pierre Deville, du département des mathématiques appliquées de l'Université catholique de Louvain (Louvain-la-Neuve, Belgique), l'ont montré en réalisant des cartes de la France à différentes périodes. L'utilisation des données téléphoniques massives a ainsi per-

mis de visualiser le grand déplacement vers les côtes et les montagnes au cours de l'été, mais aussi la fréquentation accrue des parcs d'attractions. Avec une population mondiale largement équipée en téléphones portables, ce type de relevé anonyme offrira un moyen facile, efficace et peu coûteux d'évaluer presque en temps réel les migrations humaines dues à des catastrophes naturelles, des épidémies ou des conflits. **P. K.**

RANDY TATE



Un mur pour dompter les ondes

ÉLECTROMAGNÉTISME Paradoxalement, un mur peut améliorer la réception des mobiles ou du Wi-Fi dans un bâtiment. Mais encore faut-il l'équiper de petits réflecteurs (*photo*), avancent des chercheurs français de l'Institut Langevin, à Paris, qui ont ainsi réussi à multiplier par dix le signal reçu par une antenne. Avant d'arriver jusqu'au récepteur, les ondes se réfléchissent de nombreuses fois sur les murs et les objets, ce qui crée des décalages. Les rectangles en cuivre s'orientent grâce aux informations transmises par le smartphone pour optimiser le signal réfléchi sur les parois. **A. B.**

Un cristal pour respirer sous l'eau

PHYSICO-CHIMIE Des chercheurs ont mis au point un matériau qui capte l'oxygène dans l'air ou dans l'eau et le stocke en grande quantité. « C'est une sorte d'hémoglobine solide », avance l'une des auteurs, Christine McKenzie. Ce matériau présente une forte affinité pour l'oxygène et le relargue lorsqu'on lui apporte un peu d'énergie par chauffage ou le place dans le vide. Il pourrait remplacer les bouteilles d'oxygène des malades... ou des plongeurs. **E. L.**

SOURCE : JONAS SUNDBERG, UNIVERSITÉ DU DANEMARK DU SUD.



À VOIR SUR TABLETTE

Des instruments imprimés en 3D font le boeuf

TECHNOLOGIE Batterie, clavier, basse, guitare électrique : rien d'étonnant dans cette formation sauf que les quatre instruments ont été fabriqués à l'université de Lund en Suède en impression 3D à partir de poudre de Nylon, ils ont permis à des étudiants en musique de donner cet automne, à l'université, un concert inédit unique avec ce type d'instruments. **A. D.**

Bon pied, bon œil

GUIDAGE Demain, la meilleure façon de se déplacer pour un aveugle ne sera peut-être pas avec une canne blanche ou un chien-guide mais chaussé de souliers connectés. Lechal, une marque indienne, a conçu des chaussures munies d'un système de navigation GPS : elles vibrent pour indiquer de quel côté il faut tourner par rapport à un itinéraire prédéfini. Le système a également été intégré dans des semelles se glissant dans n'importe quelle chaussure. **H. R.**



La chaussure est équipée d'un GPS.

255 Tbit/s

La vitesse de transmission de données par fibre optique

Une nouvelle fibre optique à 7 cœurs au lieu d'un permet de multiplier par 20 le débit de données par rapport au standard actuel. D'un diamètre inférieur à 200 micromètres, elle n'est pas plus volumineuse que les fibres utilisées par les réseaux de télécommunications. **A. B.**

SOURCE : ROY VAN UDEN, COBRA RESEARCH INSTITUTE, EINDHOVEN, PAYS-BAS.

GUÉRIR
2 CANCERS SUR 3
NOUS, ON Y CROIT



Crédit photo : Frédéric Albert

Pas sans la recherche **et pas sans vous**

La Fondation ARC, reconnue d'utilité publique, est la première fondation française 100 % dédiée à la recherche sur le cancer.

Notre mission : déployer une stratégie scientifique innovante qui bénéficie directement aux patients.

Nos actions : identifier, sélectionner et mettre en oeuvre, en France et à l'international, les meilleurs projets de recherche.

Notre objectif : accélérer l'histoire et guérir 2 cancers sur 3 d'ici 10 ans.

Réduisez votre Impôt sur le Revenu à hauteur de 66 % de votre don.
Réduisez votre ISF à hauteur de 75 % de votre don.

www.fondation-arc.org



Faites un don en ligne à la Fondation ARC
ou envoyez votre chèque à :
Fondation ARC - BP 90003 - 94803 VILLEJUIF CEDEX



Le parapluie qui souffle les gouttes



En déviant la pluie, le dispositif permet de passer entre les gouttes.

TECHNOLOGIE Ce n'est qu'un manche, sans toile. Pourtant, Air Umbrella est aussi efficace qu'un parapluie traditionnel. Le secret : un moteur fait tourner un ventilateur placé au sommet du manche. Il génère un flux d'air assez puissant pour dévier les gouttes sur les côtés. Le projet, développé par de jeunes entrepreneurs de Nankin (Chine), a été financé sur le site Kickstarter. L'Air Umbrella devrait être commercialisé fin 2015. **O. H.**



L'Air-Cobot se rendra tout seul jusqu'à l'avion à inspecter (photomontage).

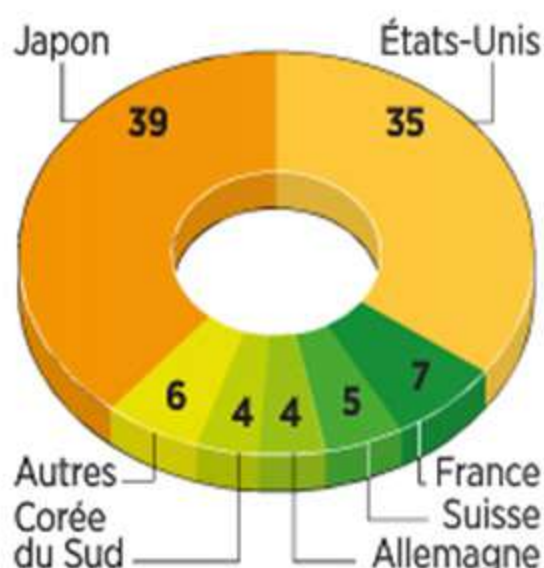
Des robots vérifient l'avion au sol

Grâce à leur scanner 3D haute définition, ils repéreront sur le fuselage les éventuelles déformations invisibles à l'œil nu.

AÉRONAUTIQUE C'est un drôle de ballet qui se déroulera prochainement sur les tarmacs. Attendus pour 2016, les Air-Cobot remplaceront les contrôles visuels pour vérifier l'état des avions. Ils ont été conçus par une association d'entreprises (Airbus Group Innovation, Akka, Sterela, M3 Systems et 2MoRO Solutions), des écoles françaises d'ingénieurs et le laboratoire Laas du CNRS. Les petits véhicules

utiliseront un module GPS pour se rendre près de l'avion, puis un laser 2D couplé à une caméra stéréoscopique pour se repérer. Grâce à leur scanner 3D haute définition monté sur pantographe, ils repéreront des déformations sur le fuselage qui pourraient être invisibles à l'œil nu, contrôleront l'état du train d'atterrissage et le bon positionnement de goupilles, de trappes ou loquets. **P. N.**

La France sur le podium mondial de l'innovation



Nombre et répartition par pays des 100 entreprises et organismes les plus innovants dans le monde.

CLASSEMENT La France a encore des idées : selon l'étude 2014 du Top 100 des innovateurs, menée par l'agence de presse Thomson Reuters, elle prend la troisième position derrière le Japon et les États-Unis. Cette analyse repose sur l'importance qu'accordent les entreprises à l'innovation (nombre de brevets, leur qualité, impact mondial des inventions, etc.). Deux gros bémols cependant : l'investissement dans la recherche et développement semble devenir moins efficace et les investissements publics dans la recherche n'ont pas augmenté durant ces dix dernières années. **O. H.**

L'APPLI DU MOIS

Un outil pour résoudre les équations



MATHS Il suffit de scanner une formule (simple) à l'aide de l'appareil photo d'un smartphone pour qu'apparaisse la solution. Hélas ou ouf ! ça ne fonctionne pas avec l'écriture manuscrite. **E. L.**
<http://sciav.fr/814appli>

Le skate board vole enfin

MAGNÉTISME Ça y est, le skate board volant de *Retour vers le futur 2* existe. Le principe de l'Hoverboard repose sur la lévitation magnétique. La force qui permet au skate de s'élever dans les airs est la même que celle qui repousse deux aimants de polarité identique lorsqu'on les approche l'un de l'autre :

un champ magnétique produit par une plaque métallique — qui doit donc être placée au sol — repousse ici quatre puissants disques aimantés disposés sous la planche. Les premiers exemplaires pourraient être commercialisés à partir d'octobre 2015... à 10 000 dollars (8050 euros) pièce. **E. L.**

MUSÉE DE PRÉHISTOIRE D'ÎLE-DE-FRANCE

EXPOSITION

15 NOV. 2014 - 8 NOV. 2015


NEANDERTAL L'EUROPÉEN

01 64 78 54 80 musee-prehistoire-idf.fr

seine-et-marne.fr

SEINE-MARNE LE DÉPARTEMENT

MUSÉES DÉPARTEMENTAUX DE SEINE-ET-MARNE



La santé
a un prix
et il doit être
raisonnable.

Mutuelle soumise aux dispositions du livre I^{er} du Code de la mutualité, n° Sren 538 518 473, HERZIE

Profitez d'une complémentaire santé performante, à un budget maîtrisé, incluant :

- le tiers payant : vous n'avancez aucuns frais auprès de nombreux professionnels de santé.
- des réductions allant jusqu'à 40 % sur les verres, grâce au 1^{er} réseau national d'opticiens partenaires.
- des remboursements rapides.



Harmonie Mutuelle, 1^{re} mutuelle santé de France.



**Harmonie
mutuelle**

En harmonie avec votre santé

harmonie-mutuelle.fr

DOSSIER

La nouvelle révolution HIGH-TECH



▲
Poppy, le robot
humanoïde conçu par
l'Inria de Bordeaux et
l'Ensta ParisTech.

DOSSIER RÉALISÉ PAR
Arnaud Devillard
et Olivier Hertel

Derrière chaque innovation qui bouleverse notre quotidien, les mathématiques, la physique, ou encore les nanosciences jouent un rôle fondamental. Tour d'horizon des enjeux de cette révolution high-tech dans 6 domaines clés.

(Lire aussi notre guide p. 99.)

ROBOTIQUE p. 36 / **MÉDECINE** p. 40 / **IMAGERIE** p. 44 / **INTERVIEW** p. 45 /
ÉNERGIE p. 46 / **FINANCE** p. 49 / **TRANSPORTS** p. 50

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Elle vise à imiter l'intelligence humaine via des programmes informatiques.

SINGULARITÉ Moment à partir duquel le progrès technologique pourrait connaître une croissance exponentielle sous l'influence d'une intelligence artificielle.

ROBOTIQUE ÉVOLUTIONNISTE Elle s'appuie sur les mécanismes de la théorie de l'évolution et notamment la sélection naturelle, qui conduit à l'optimisation de l'organisme — du robot — à son environnement.

ROBOTIQUE

Aux fondements de l'intelligence artificielle

Biologie, mathématiques, physique... Pour faire marcher un robot ou lui donner une ébauche de jugement, les chercheurs font appel à toute la panoplie des sciences.

« **E**ST-CE QUE LES ORDINATEURS seront un jour aussi intelligents que l'homme ? Probablement oui. Mais très brièvement ! », affirme avec un humour grinçant le mathématicien américain et auteur de science-fiction Vernor Vinge. Sous-entendu, une fois qu'ils auront atteint ce niveau — dans quelques décennies ? — plus rien ne pourra les empêcher de nous surpasser. Le début de la fin pour l'humanité ? L'homme effacé par les machines, dominé par les robots ? En attendant, les humanoïdes actuels ne menacent guère l'espèce humaine : démarche saccadée, gestes lents, maladresse... Une révolte d'humanoïdes résolus à asservir l'homme n'est pas pour tout de suite. Même si quelques créations récentes peuvent susciter de l'inquiétude... Prenons le cas d'Atlas, l'humanoïde développé avec le soutien

de la Darpa (Agence pour les projets de recherche avancée de défense) par la société américaine Boston Dynamics, rachetée par Google en décembre 2013. Cet ersatz de Terminator de 150 kg pour plus de 1,8 mètre de hauteur est capable de traverser les terrains les plus accidentés sur ses deux jambes sans jamais trébucher. En s'aidant de ses bras, il escalade les obstacles qui se trouvent sur sa route. Immobile sur un pied, il parvient à garder l'équilibre après avoir été heurté par une boule de démolition de 9 kg. « C'est de loin le robot le plus évolué pour le contrôle dynamique de la motricité », confirme Raja Chatila, roboticien à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique à Paris (UPMC, CNRS, Inserm). Mais Atlas a une grande faiblesse : un cordon électrique qui le relie au secteur... Son gabarit imposant

en fait une machine gourmande en énergie. Et ce handicap est partagé par tous les humanoïdes actuels, contraints d'emporter dans leur torse ou sur leur dos d'imposants packs de batteries.

3

millions

C'est le nombre d'emplois qui seraient détruits par l'automatisation d'ici à 2025.

140

milliards d'euros

Le gain de productivité ainsi obtenu pour les entreprises françaises. (Source : cabinet Roland Berger.)

La marche humanoïde ne se résume pas à du calcul

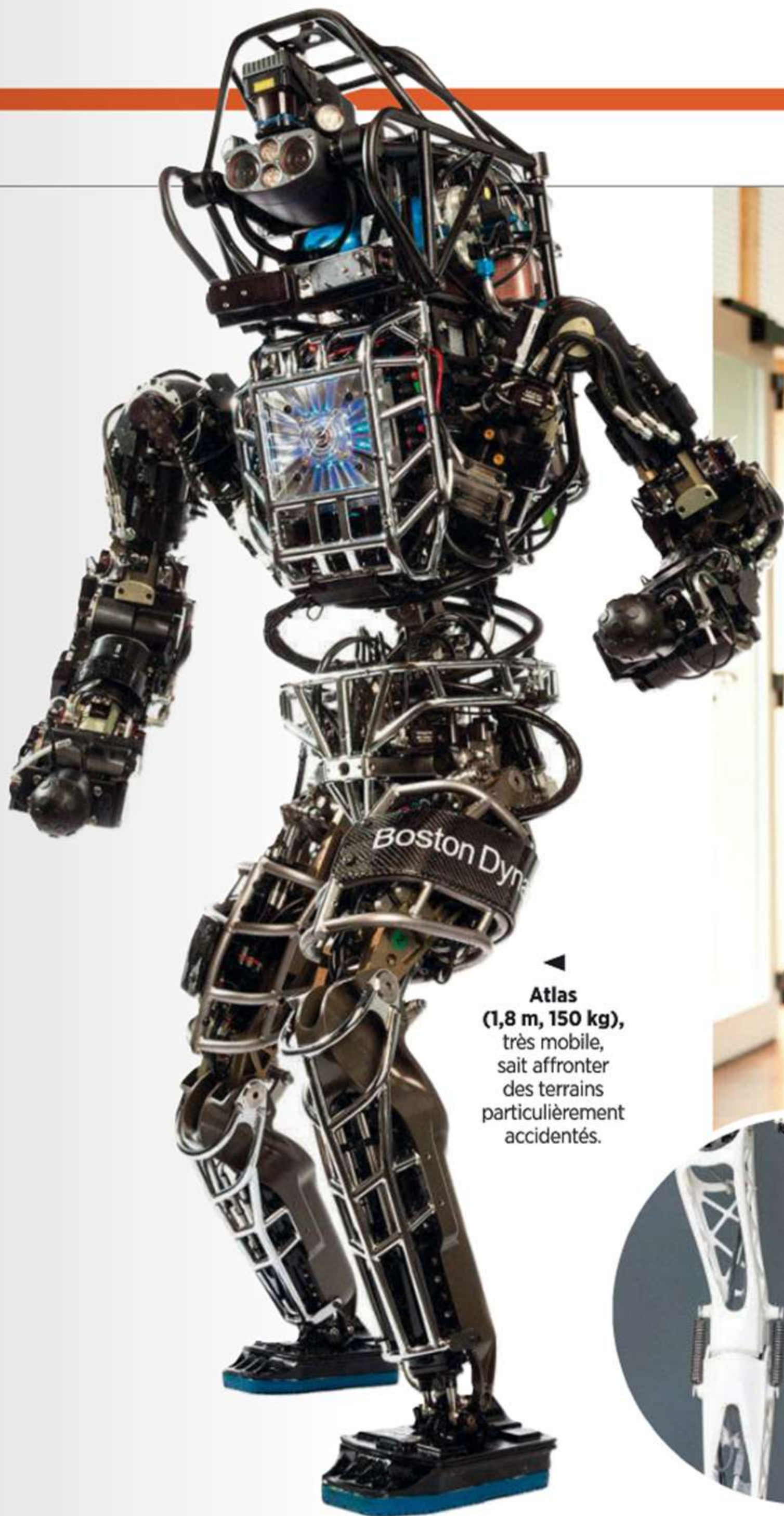
C'est la marche qui est la plus énergivore, car elle exige un contrôle et des ajustements permanents effectués par de nombreux moteurs. Même si elle s'inspire des travaux en biomécanique et des études menées sur la bipédie humaine, elle demeure assez peu naturelle. « Les roboticiens estiment que la marche est un problème de mathématiques : ils pensent que l'on peut trouver les moyens d'agir correctement sur les moteurs à partir de la mesure de vitesses et de la position du corps », commente Pierre-Yves Oudeyer, chercheur en robotique et sciences cognitives à l'Inria (Institut national de recherche en informatique et en automatique) de Bordeaux. Mais, selon le chercheur, cette approche ne serait pas la bonne : « L'architecture de ces robots ne tient pas beaucoup compte de la géométrie du squelette humain. Ainsi, chez l'homme, les jambes ne sont pas droites comme chez tous

MATÉRIAUX

Une main sans doigts pour tout saisir

Imiter l'homme n'est pas toujours la meilleure solution en robotique. S'inspirant de la science des matériaux granulaires, la start-up Empire Robotics a conçu une main ultrasimple, sans doigts. Ce « moignon » est en fait une boule souple, remplie de petites billes qui se comportent comme un fluide. Elle s'écrase sur l'objet à attraper pour l'envelopper. Une pompe fait ensuite le vide dans la boule pour assurer la préhension. Et pour relâcher l'objet, il suffit de renvoyer de l'air dans la boule. Simple et efficace.





Atlas
(1,8 m, 150 kg),
très mobile,
sait affronter
des terrains
particulièrement
accidentés.



Poppy (84 cm, 3 kg), conçu par
l'Inria et calqué sur le squelette
humain, marche de façon
très naturelle lorsqu'on le guide
comme un jeune enfant.

les robots humanoïdes, mais elles forment un angle d'environ 6°. Le torse n'est pas une boîte fixe mais un tronc articulé. »

Et ce sont ces « petits détails » qui font probablement la différence. La démonstration en a d'ailleurs été apportée à la fin des années 1980 quand Tad McGeer, un ingénieur canadien de l'université Simon Fraser, a fait marcher une paire de jambes entièrement mécanique, posées sur une grande table inclinée, sans le moindre

contrôle, sans moteur, sans ordinateur et sans électricité ! Ces jambes reprenaient la géométrie des membres humains et étaient équilibrées en tenant compte de la répartition des masses sur un corps. Une simple pichenette suffisait à les faire fonctionner toutes seules et ce de façon très humaine. « La marche ne doit donc pas être un calcul permanent. Les spécialistes ont montré que la géométrie pure du corps, sans le contrôle du système nerveux, pouvait expli-

quer beaucoup de formes de mouvements », explique Pierre-Yves Oudeyer. C'est donc la voie suivie par le chercheur et son équipe pour concevoir le robot Poppy, un petit humanoïde d'environ 80 cm aux jambes légèrement arquées et au tronc articulé. Tenue par la main, la machine se déplace alors naturellement d'une façon qui rappelle un jeune enfant. Avoir un corps parfait c'est bien. Savoir s'en servir, c'est mieux. Au Laboratoire d'analyse et ►

► d'architecture des systèmes (Laas, CNRS), à Toulouse, l'équipe de Jean-Paul Laumond s'intéresse notamment aux trajectoires : « Quand une personne doit aller d'un point A à un point B dans un espace dégagé, elle a le choix entre un nombre infini de parcours. Mais dans les faits, tout le monde choisit à peu près la même trajectoire, la plus directe. Notre locomotion est stéréotypée sans que l'on sache vraiment pourquoi : est-ce parce qu'il s'agit du trajet mécaniquement le plus confortable ? Nous avons formalisé, modélisé ce choix pour le faire reproduire à nos robots », commente le chercheur.

Des outils mathématiques pour simuler l'intelligence

Ce simple choix, qui peut sembler trivial, cache tout un pan de la robotique, celui de la décision et du raisonnement, plus communément appelé intelligence artificielle (IA). Là encore, l'homme sert de référent. « Concrètement, l'intelligence artificielle regroupe des programmes qui sont censés reproduire un comportement semblable à celui de l'homme », explique Raja Chatila. Ces programmes reposent sur la logique mathématique développée dès les années 1920, quand les ordinateurs n'existaient pas encore. Elle suppose qu'un raisonnement peut être mathématisé en une suite

de déductions qui découlent de règles, de théorèmes. Ces raisonnements logiquement articulés, ce sont les algorithmes. Ce qui ne suffit pas à doter les machines d'une intelligence acceptable.

Les roboticiens utilisent aussi la théorie des graphes, un autre domaine des mathématiques dont une représentation simple serait une sorte de grand réseau constitué de « ronds » reliés entre eux par des « traits ». Chaque « rond » est un « état », c'est-à-dire une description la plus exhaustive possible d'une situation réelle. Par exemple : « état 1 = les clés sont sur la table, le téléphone est sur la table ». Les « traits » représentent des « actions » qui font passer d'un état à un autre. L'action « prendre la clé » fera ainsi passer de « l'état 1 = les clés sont sur la table, le téléphone est sur la table » à « l'état 2 = les clés sont dans la main, le téléphone est sur la table ». « Il faut s'imaginer plusieurs centaines de milliers d'états différents qui vont permettre au robot de planifier ses actions pour atteindre son objectif, comme ouvrir une porte », poursuit Raja Chatila. Problème, pour la machine, le monde est... incertitude ! Déclencher la bonne série



LE + NUMÉRIQUE
Les robots en font toujours plus sur <http://sciv.fr/814robot>

d'actions pour ouvrir une porte en tirant sur la poignée ne garantit pas l'ouverture de la porte... Il existe toujours une probabilité qu'elle soit fermée à clé. Il faut donc rajouter une composante probabiliste à chaque état.

Affiner un comportement à partir de l'expérience

Reste à calculer ces probabilités ? Les roboticiens utilisent pour cela un raisonnement tiré du théorème de Bayes, du nom du mathématicien et pasteur britannique Thomas Bayes (1702-1761). Ce raisonnement « bayésien » postule que l'on peut déduire les probabilités d'un état à partir d'observations. Ainsi, si un individu observe une voiture rouge, il peut en déduire que toutes les voitures sont rouges. S'il croise ensuite une voiture bleue, il en conclut que la moitié des voitures sont rouges et les autres bleues. Et ainsi de suite. « On révisé les jugements en fonction des observations. Cela fonctionne pour les robots et certains chercheurs en neurosciences pensent que c'est également ainsi que l'espèce humaine raisonne », indique Raja Chatila.

Si le raisonnement bayésien permet à la machine de comprendre ce qu'elle voit, elle doit encore décider de ses actions et ne peut pas, pour cela, se fier à son intuition ! Elle utilise des processus décisionnels markoviens, du nom du mathématicien russe Andreï Markov (1856-1922). « Cette méthode permet de choisir la meilleure action pour atteindre l'objectif sachant qu'il existe plusieurs manières d'y parvenir, avec des probabilités différentes. Ce type de raisonnement est surtout utilisé dans la recherche, par de très rares machines dans le monde », explique Raja Chatila. Tant mieux ! Cette intelligentsia robotique est encore loin de surpasser l'homme... ■

Olivier Hertel

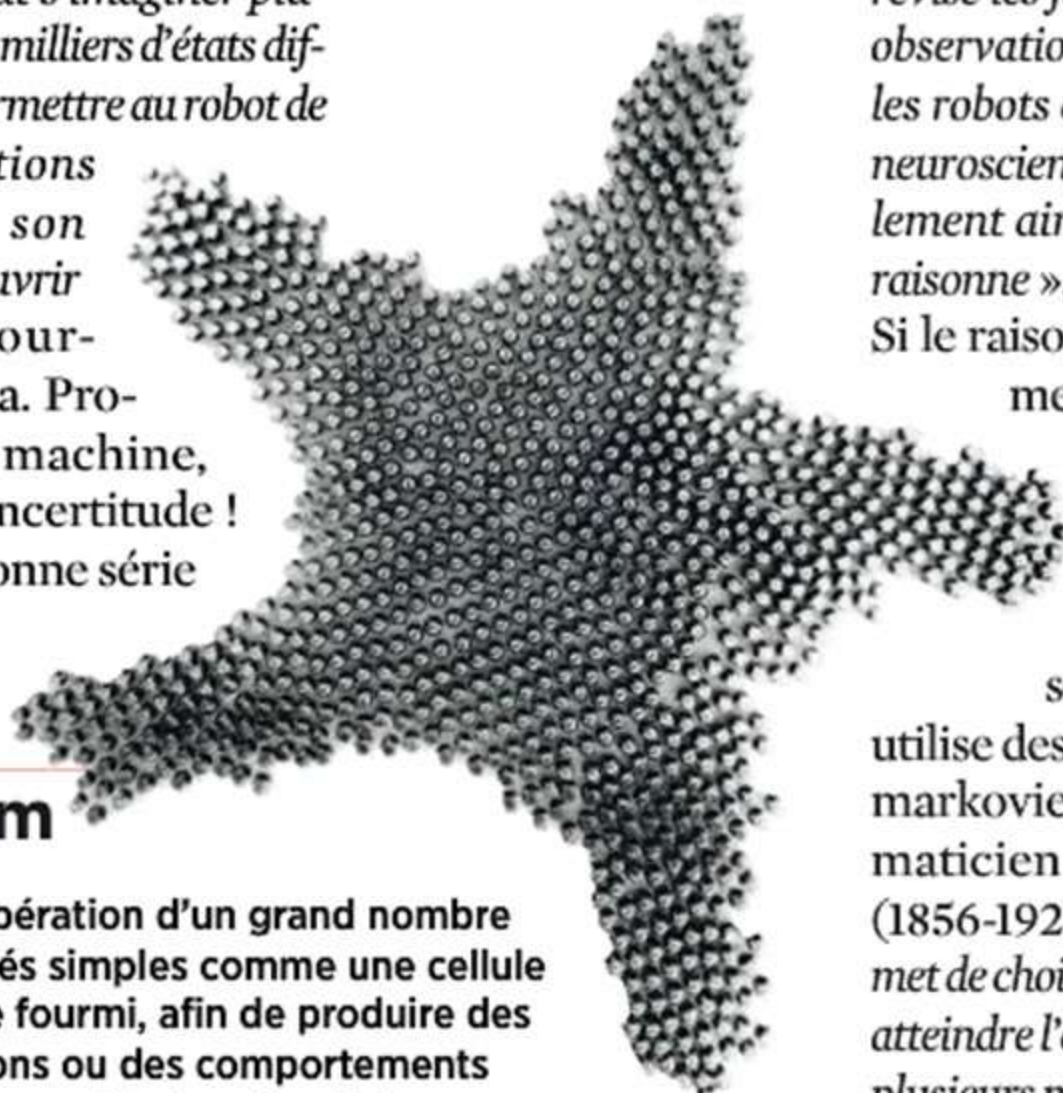
@olivierhertel

INTELLIGENCE COLLECTIVE

Des milliers de robots en essaim

Les robots savent déjà se coordonner par centaines pour mener des actions relativement complexes. En août, des chercheurs de l'université Harvard (Massachusetts, États-Unis) montraient comment un millier de petits robots élémentaires, de la taille d'une pièce de 10 centimes, pouvaient s'arranger les uns par rapport aux autres pour former des figures géométriques telles qu'une étoile de mer (photo ci-contre) ou encore la lettre K. Ces travaux de « robotique en essaim » s'inspirent directement de la nature. Ils partent du principe que les systèmes biologiques, allant des organismes multicellulaires jusqu'aux sociétés d'insectes, reposent sur

la coopération d'un grand nombre d'entités simples comme une cellule ou une fourmi, afin de produire des fonctions ou des comportements complexes. Ce domaine de la robotique pourrait déboucher sur un grand nombre d'applications. Ainsi, l'armée américaine a lancé en avril un programme de recherches sur des escadrilles de drones capables de coopérer lors de frappes ou de missions de renseignement (lire p. 39). Et déjà, l'été dernier, elle effectuait, pour la première fois, un exercice de neutralisation d'un navire ennemi par un essaim de bateaux robots, sans intervention humaine.



DRONES

Des objets volants
non identifiables

Pas plus gros qu'une mouche ou de la taille d'un avion de chasse, les drones sont complémentaires des aéronefs pilotés. Certains volent comme des insectes, d'autres ont une géométrie antiradar.

Il est à peine plus gros qu'un ongle et ne pèse que 20 milligrammes. Ovmi (objet volant mimant l'insecte) est probablement le drone le plus petit au monde. Développé par l'Institut d'électronique, de microélectronique et de nanotechnologie (IEMN) de l'université de Valenciennes (Nord), il reste un prototype qui, s'il bat des ailes comme un insecte, n'a pas encore assez de portance pour décoller (*lire S. et A. n° 805, mars 2014*). Outre-Atlantique, des chercheurs de Harvard sont parvenus, eux, à faire voler Robobee, un drone semblable mais un peu plus gros, utilisant lui aussi le vol battu. Ses ailes sont animées grâce à un matériau piézo-électrique qui vibre quand il est soumis à une tension électrique. Ces minuscules engins intéressent les militaires qui y voient un moyen d'espionnage très discret. À l'autre bout de l'échelle des tailles, se trouve le drone de combat Neuron développé par une équipe d'industriels européens dirigée par Dassault. Avec un gabarit proche de celui d'un avion de chasse (10 mètres de long pour 12,5 mètres d'envergure) il ne



Le drone miniature Ovmi, de l'IEMN, bat des ailes mais ne peut pas décoller.

pas passer inaperçu. Sauf des radars ! En effet, Neuron est un drone furtif. Sa discrétion vient d'une étude très poussée de sa géométrie qui réfléchit le moins possible les ondes radar vers le sol. À certains endroits de son fuselage, ces ondes sont même absorbées grâce à des matériaux « antiradar » à base de poudre de carbone. Enfin, le moteur est placé sur son dos et les gaz

de combustion sont refroidis pour échapper à la détection thermique. Neuron est lui aussi un prototype. Avec Taranis, son équivalent britannique, il ouvre la voie des combats aériens du futur, assurés par des machines sans pilote qui pourraient collaborer avec des appareils pilotés, voire avec d'autres drones. Cet été, la France et le Royaume-Uni ont d'ailleurs annoncé une collaboration de deux ans financée à hauteur de 205 millions d'euros pour étudier la faisabilité d'un nouveau drone de combat réunissant l'expérience des deux pays. Dans ce domaine, les États-Unis sont probablement les plus avancés. Leur drone X-47B a déjà démontré, en plus de ses aptitudes en vol, ses capacités à décoller d'un porte-avions et à y atterrir en pleine mer sans intervention humaine. Une véritable prouesse. O. H.



Le prototype Neuron de Dassault Aviation a une géométrie qui le rend furtif.

IPS (ou cellules souches pluripotentes induites). Elles sont capables de donner naissance à toutes sortes de cellules différenciées (foie, cerveau, rein, etc.).

TRANSHUMANISME Mouvement prônant l'amélioration des capacités physiques et intellectuelles de l'être humain grâce au développement des technologies.

BIO-IMPRESSION 3D Technologie dérivée de l'impression 3D qui permet d'imprimer couche par couche des cellules afin de reproduire de véritables tissus vivants.

MÉDECINE

De l'homme réparé à l'homme augmenté

Reprogrammation biologique, impression 3D d'organes et de tissus, prothèses sensibles, implants cérébraux... la médecine régénératrice a le vent en poupe.

ILS SONT RICHES, INTELLIGENTS, très influents et pour la plupart américains. Mais comme nous tous, ils sont mortels. Une fatalité insupportable qui depuis quelques années pousse des Larry Page (cofondateur de Google), Peter Diamandis (physicien et multi-entrepreneur), Mark Zuckerberg (fondateur de Facebook) ou Craig Venter (biologiste et multi-entrepreneur) à dépenser des sommes importantes et beaucoup d'énergie dans des projets d'extension de la vie. Tous sont convaincus qu'au XXI^e siècle, les sciences et les technologies vont révolutionner la médecine. Dans son livre *The Singularity Is Near* paru en 2005, le futurologue américain Ray Kurzweil, gourou du transhumanisme et prophète de l'immortalité, annonçait les grandes ruptures pour les années 2020. Faisant déjà référence aux cellules souches, il y prédisait ainsi les transformations profondes que connaîtront les humains grâce aux avancées de la génétique et des biotechnologies : « Les personnes seront capables de reprogrammer leur propre biochimie, loin des maladies et du vieillissement, étendant de manière radicale l'espérance de vie. » Délire de futurologue adepte de science-fiction ?

De fait, la réalité commence à donner raison à Kurzweil. En 2012, le chercheur japonais Shinya Yamanaka recevait le prix Nobel de médecine pour ses travaux révolutionnaires sur les iPS (*voir lexique*), des « cellules souches pluripotentes induites », obtenues par modification génétique de cellules de peau et à partir desquelles il est possible de produire tout type cellulaire. Une rupture pour la médecine régénératrice car ces cellules, faciles à produire, peuvent être utilisées pour la reconstruction de tissus et d'organes.

Imprimer en 3D des organes « de rechange »

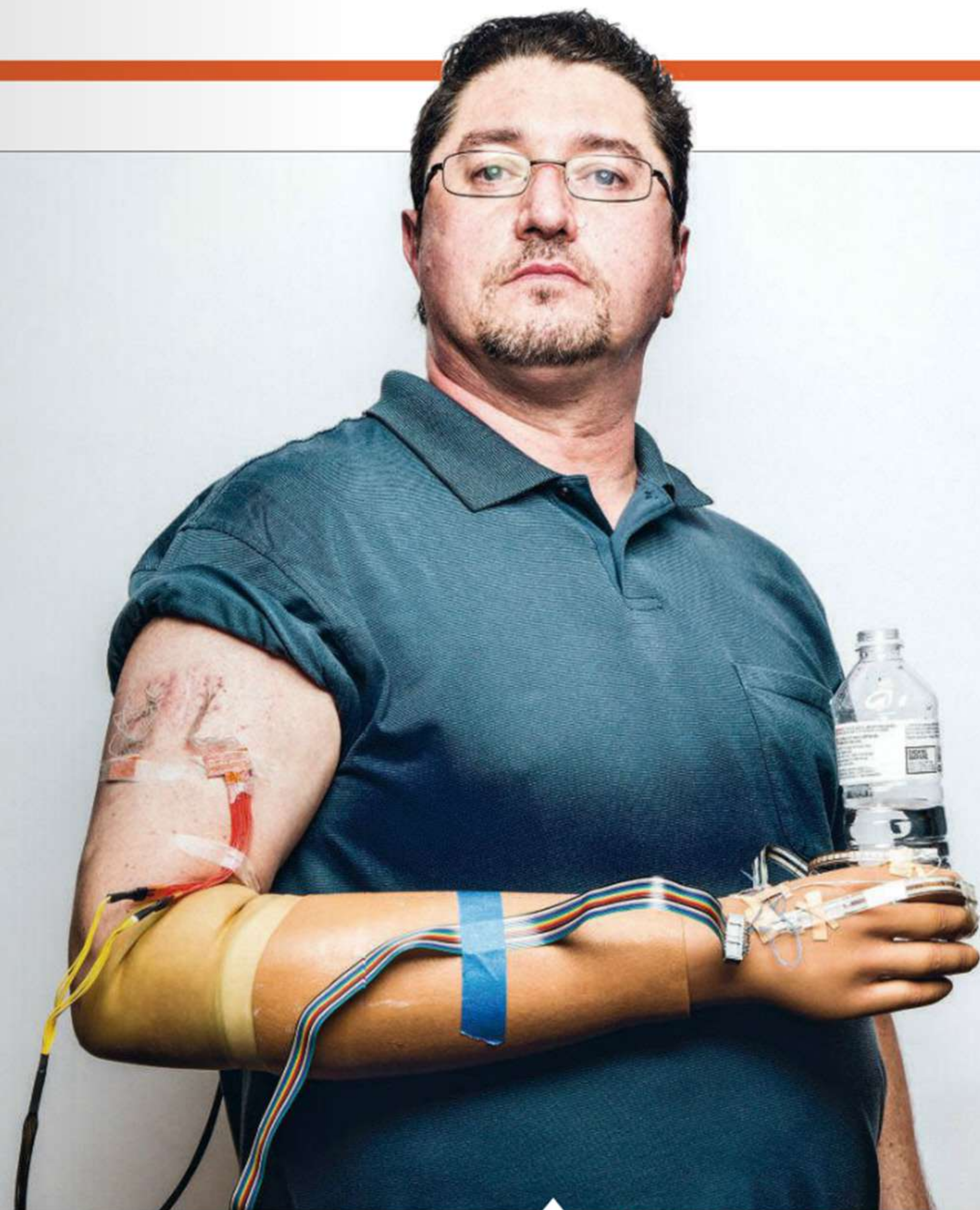
Aujourd'hui, Ray Kurzweil ne se contente plus de prédire l'avenir dans des livres ou lors de conférences. Il peut passer de la théorie à la pratique. En 2012, il a été recruté par Google pour diriger son laboratoire sur l'apprentissage des machines et le traitement du langage. De surcroît, il est impliqué dans Calico, société créée par le géant de Mountain View avec l'objectif très général « de s'attaquer au vieillissement et aux maladies ». Google avec ses milliards de dollars et Kurzweil, en petit génie de la vie éternelle, parviendront-ils à nous guérir de la mort ?



Le Novogen mmX Bioprinter de la société américaine Organovo est capable de fabriquer des tissus humains à partir de cellules souches.

200 000
centenaires en France
en 2060 contre
15 000 aujourd'hui
selon les projections
de l'Insee.

Dans cette révolution de la biologie qu'ils pronostiquent et préparent, ils peuvent déjà compter sur l'essor fulgurant de l'impression 3D. Ce qui au départ, n'était qu'une technique permettant de fabriquer des objets en plastique, est devenu un moyen prometteur pour construire tissus et organes à la demande, à partir de cellules vivantes, notamment des cellules souches. Les enjeux de cette « bio-impression 3D » (*lexique*) sont considérables puisqu'il est question de pouvoir réparer le corps en imprimant les « pièces » défectueuses (*lire S. et A. n° 806, avril 2014*). En février, l'équipe de Jennifer Lewis, de l'université Harvard (États-Unis), est ainsi parvenue à imprimer un tissu formé de trois types cellulaires différents. Elle y a intégré en particulier un réseau de vaisseaux sanguins qui alimente les cellules en oxygène et nutriments, et évacue leurs déchets. Une brique indispensable pour la fabrication d'organes flamboyants... graal de la jeune société californienne Organovo. « Nous avons déjà réussi à imprimer une grande variété de tissus humains : du foie, du poumon, de l'os, des vaisseaux sanguins, du cœur et de la peau », assure Mike Renard, vice-pré-



L'Américain Igor Spetic est équipé d'une prothèse capable de lui restituer des sensations tactiles.

sident d'Organovo. Malheureusement, l'organe entier n'est pas pour tout de suite. « Vu la complexité d'un rein, d'un cœur ou même d'un foie, ce ne sera pas avant 2040 ou 2050 ! », estime prudemment Fabien Guillemot, chercheur à l'Inserm de Bordeaux et créateur de Poietis, seule entreprise française à développer des tissus biologiques par bio-impression laser. En attendant, il faudra se contenter de prothèses. Une vie de cyborg qui est déjà une réalité pour certains d'entre nous. Pendant deux ans, l'Américain Igor Spetic, amputé du bras droit, a testé une prothèse de main à la technologie inédite qui restaure

le sens du toucher ! Conçue par l'université de Cleveland, cette main robotisée reproduit même des sensations que Spetic pensait avoir définitivement perdues comme la chair de poule provoquée par le frottement d'un morceau de coton sur sa peau. Comment ? Par la stimulation

électrique de certains nerfs de l'avant-bras, normalement chargés de relayer le sens du toucher vers le cerveau. Concrètement, des capteurs sur la main évaluent les forces exercées, renvoient un signal vers un boîtier externe qui l'analyse puis émet les impulsions électriques correspondantes : elles stimulent les nerfs en fonction des informations transmises par les capteurs. Le cerveau fait le reste : dur, mou, râpeux, lisse, etc.

Guérir le corps par la stimulation du cerveau

Cette stimulation, on la pratique même directement aujourd'hui sur le cerveau. Avec la connaissance qu'ils ont des différentes régions cérébrales et de leurs fonctions, certains chercheurs et médecins adoptent le principe de la stimulation afin de corriger des troubles handicapants. Les travaux menés en France depuis près de trente ans par Alim-Louis Benabid sur la maladie de Parkinson sont devenus célèbres dans le monde entier. Ce chirurgien du CHU de Grenoble a montré que la stimulation électrique d'une structure cérébrale profonde, le noyau sous-thalamique, à l'aide d'électrodes très fines, permettait de réduire sensiblement les symptômes de la maladie dont les fameux tremblements. Plus de 100 000 personnes dans le monde ont bénéficié de cette technique. Et une vingtaine de maladies pourraient encore être ainsi traitées : dépression, troubles obsessionnels, épilepsie, etc. Une véritable révolution récompensée ►

SUPERORDINATEUR

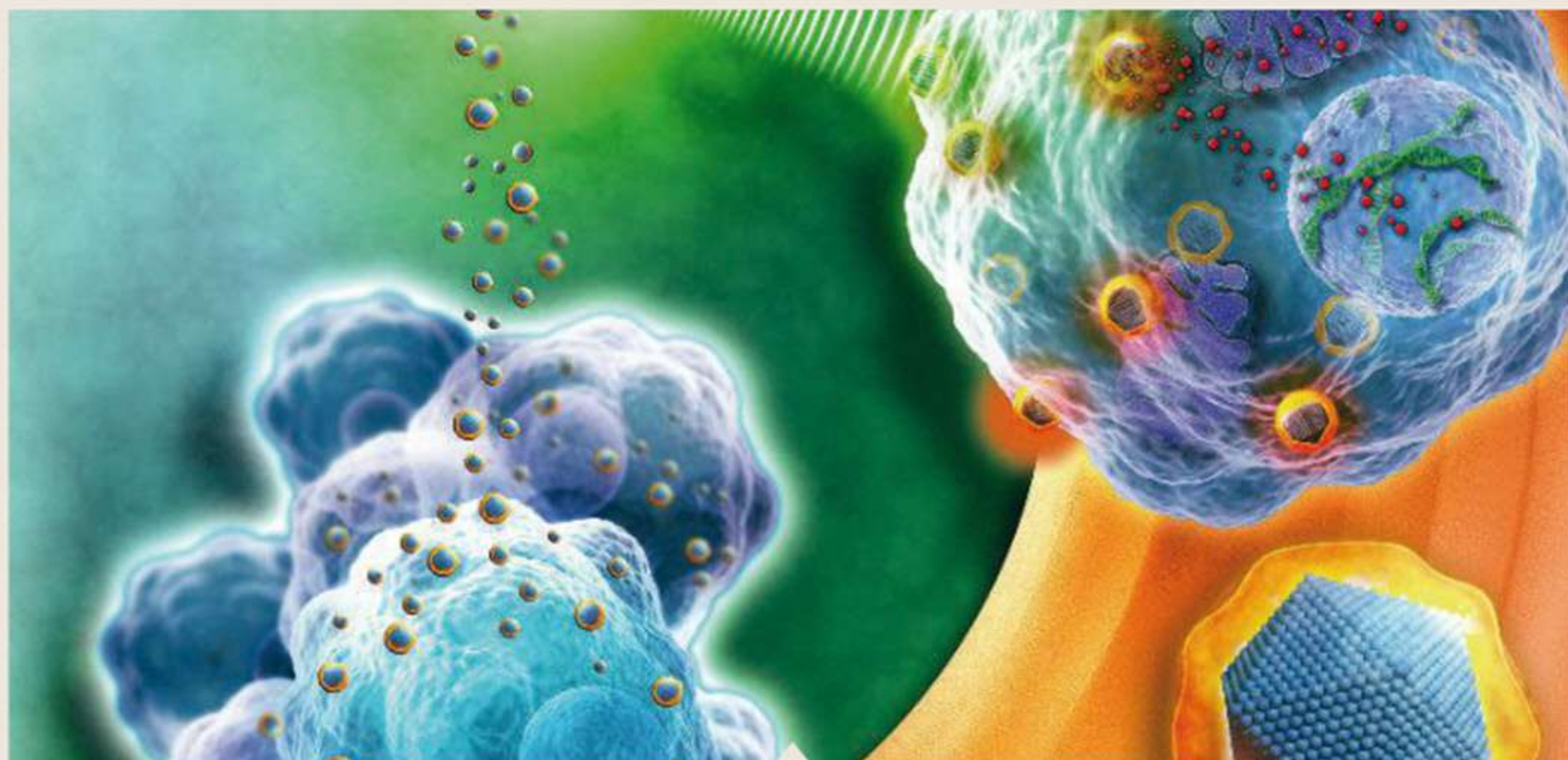
Watson, une aide précieuse au diagnostic

Emblème de la fusion entre biologie et informatique, Watson, le superordinateur d'IBM qui a déjà battu l'humain au jeu Jeopardy, entre désormais à l'hôpital pour aider le médecin dans le diagnostic et les choix de traitement. Cette machine peut même discuter avec le praticien du cas particulier d'un patient. Sa force réside dans sa capacité à formuler des hypothèses à partir d'une analyse complète de toute la littérature médicale, jusqu'à la plus récente, et ce en quelques secondes (*lire S. et A. n° 798, août 2013*). Une tâche hors de portée du médecin. Il est aussi capable de détecter sur des images d'IRM des anomalies imperceptibles à l'œil humain.

NANOMÉDECINE

Des traitements ciblés grâce aux nanoparticules

Agir de façon purement physique sur le corps au moyen de nano-agents : une piste radicalement nouvelle pour affranchir la médecine de la complexité biochimique.



À base d'hafnium, ces nanoparticules (petites billes) pénètrent les cellules tumorales pour accroître l'efficacité de la radiothérapie.

Les scientifiques aiment parler « d'un changement de paradigme » à chaque révolution conceptuelle dans un domaine. C'est probablement ce qui est en train de se produire dans la recherche de nouveaux traitements, avec la nanomédecine de dernière génération. Le principe est simple : introduire dans le corps des nanoparticules qui ont une action purement physique contre la maladie. Elles vont vibrer, chauffer, tourner, absorber et réémettre de l'énergie... et ce dans le but, par exemple, de détruire une cellule cancéreuse. Alors qu'aujourd'hui, les sciences pharmaceutiques se concentrent sur la découverte de substances qui agissent, elles, sur la biologie de l'organisme. Ainsi, contre le cancer du

sein, les médecins peuvent utiliser des médicaments qui bloquent la division des cellules cancéreuses. Problème : la biologie est extrêmement complexe, les interactions au sein d'une simple cellule sont innombrables, difficiles à prévoir et surtout tous les individus ne fonctionnent pas de la même manière. Un même traitement contre le cancer du sein sera très efficace chez certaines femmes, sans effet pour d'autres, voire entraînera chez d'autres encore le développement de résistances des cellules tumorales à ce médicament. « D'une personne à l'autre, la biologie change. Alors que la physique est la même pour tout le monde. Si vous chauffez ces cellules cancéreuses, elles meurent toutes », explique Laurent Lévy,

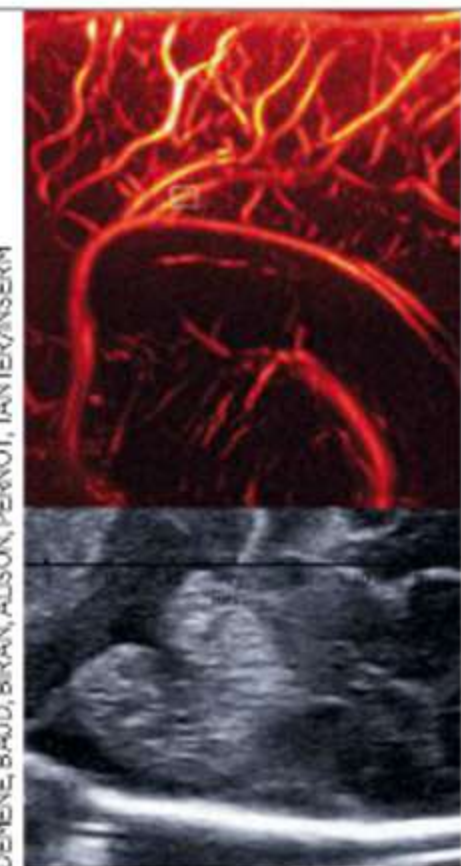
à la tête de Nanobiotix, une société française qui développe des traitements anticancer à partir de nanoparticules*. La nanomédecine voit donc la maladie comme un problème qui relève de la physique et non plus de la biologie. Pour schématiser, les maladies cardiovasculaires, par exemple, sont essentiellement des problèmes de pompes et de tuyaux ! Le concept est plaisant et trouve déjà quelques applications comme celles développées par Nanobiotix. « Mais attention, conceptualiser est une chose, le réaliser en est une autre. » Et effectivement, une telle approche exige de réinventer une science du corps humain, à l'échelle nanométrique. **O. H.**

* <http://sciav.fr/814nanopart>

► cet été par le prestigieux prix de la Fondation Lasker aux États-Unis, considéré comme la dernière marche avant le Nobel. L'approche visant à moduler l'activité du système nerveux est promise à un bel avenir. En août, le président des États-Unis Barack Obama a ainsi présenté en personne un nouveau projet de la Darpa (Agence pour les projets de recherche avancée de défense) pour le moins surprenant. Baptisé ElectRx, ce programme militaire, financé à hauteur d'environ 80 millions de dollars, prévoit de traiter les maladies grâce à de petits implants électriques branchés sur les neurones. L'idée repose sur le fait que nombre de maladies sont contrôlées et régulées par le système nerveux : des maladies neurologiques bien sûr (Parkinson, épilepsie, etc.), mais aussi des maladies inflammatoires comme la polyarthrite rhumatoïde. Le programme ElectRx vise donc à surveiller en permanence l'état du corps. Si une anomalie est détectée, de minuscules électrodes connectées sur les nerfs reliés aux organes, enverront de petites décharges afin de rétablir un fonctionnement normal. La Darpa envisage de mener les premiers tests sur l'homme avant 2020.

Vers la création de « surhommes »

De l'homme « réparé », porteur d'espoir, un glissement semble déjà s'opérer vers une autre humanité, celle de l'homme « augmenté », que prônent avec vigueur Ray Kurzweil et le mouvement transhumaniste (*lexique*), très actif aux États-Unis. En 2002, la National Science Foundation (NSF) publiait un rapport prescripteur qui avait frappé les esprits : Les Technologies convergentes pour l'augmentation des per-



DÉMEVÉ, BAUD, BRAN, ALISON, PERNOT, TANTER/INSERM

formances humaines. Au programme, nanosciences, biologie, sciences cognitives et technologies de l'information se voyaient réunies pour la fabrication d'un... surhomme. Un concept exploité par plusieurs programmes américains, par exemple Talos, une tenue de combat ultralégère à base de nanomatériaux qui résiste aux balles. Ses capteurs physiologiques

ÉCHOGRAPHIE ULTRARAPIDE

Révolution dans l'imagerie médicale

Développée par l'équipe de Mickael Tanter, directeur du laboratoire Physique des ondes pour la médecine (institut Langevin, Paris), l'échographie ultrarapide est en train de bouleverser l'imagerie médicale. La machine produit jusqu'à 20 000 images/seconde (50 pour un échographe classique), offrant une résolution inégalée (ci-contre : des vaisseaux de petit et moyen calibre dans le cortex d'un prématuré). Cette rapidité est fondamentale pour suivre des phénomènes biologiques très rapides, mais permet aussi de révéler la dureté des tissus traversés, marqueur éventuel d'une pathologie.

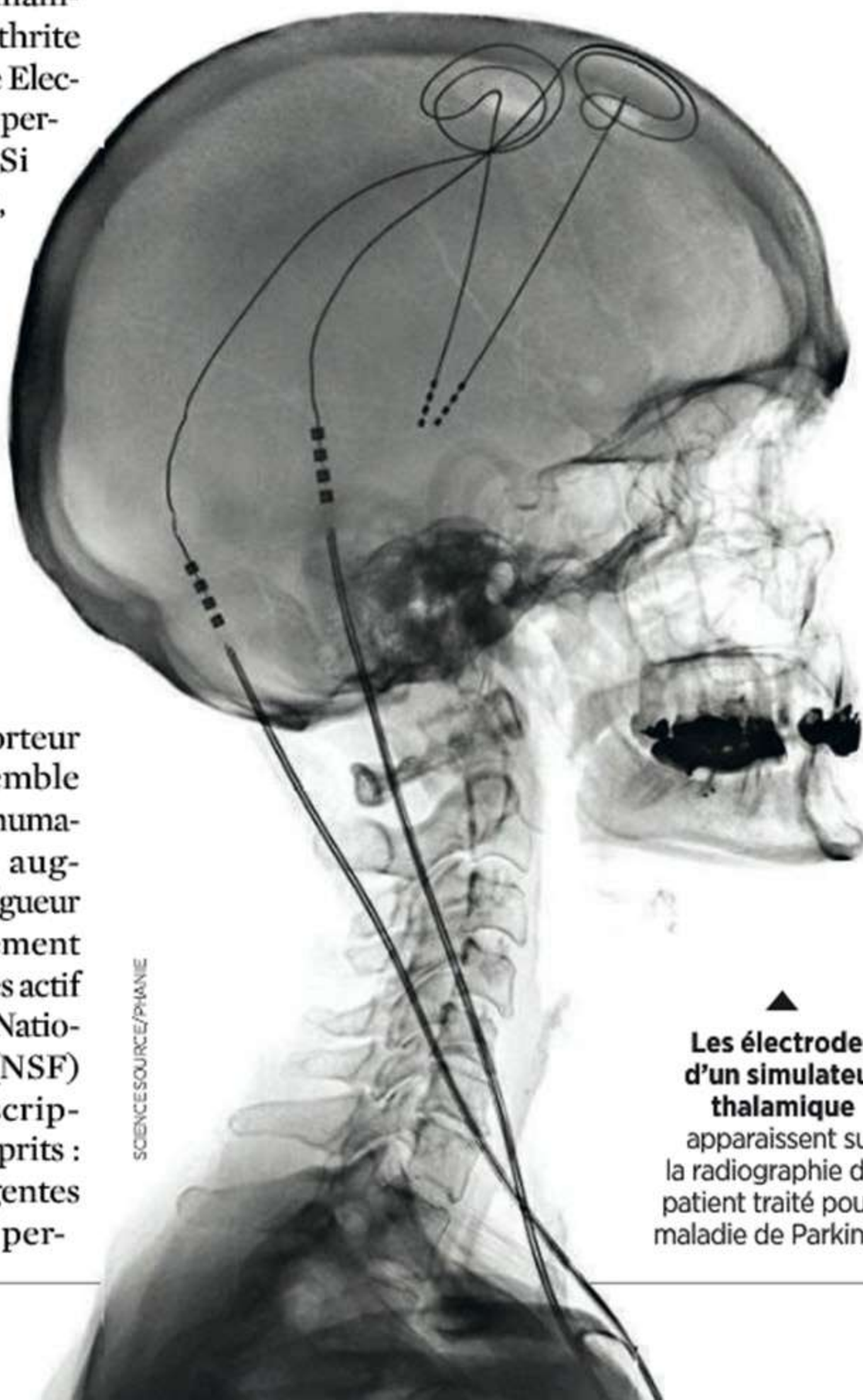


LE + NUMÉRIQUE
De l'homme réparé à l'homme augmenté sur <http://sciav.fr/814doc>

surveillent l'état du soldat dont la force est augmentée au moyen d'un exosquelette. Cette armure façon Iron Man devrait être opérationnelle en 2018.

Mais Talos n'est qu'un vêtement d'un nouveau genre. De nombreux travaux visent à augmenter les aptitudes humaines, en particulier cognitives, grâce à la mise au point d'implants. À l'université de Californie du Sud, l'ingénieur et neurobiologiste Theodore Berger développe depuis plus de 20 ans, des puces électroniques implantables dans le cerveau et censées restaurer la mémoire à long terme. Testées chez le rat et le singe, elles sont actuellement à l'essai pour des hommes ayant subi des lésions cérébrales altérant les facultés mnésiques. Mais l'enjeu de ces travaux ne se limite pas à ça. Ils visent avant tout à comprendre et à reproduire le fonctionnement du cerveau : « *Quand nous en serons capables, nous pourrions en faire des copies fonctionnelles avec d'autres matériaux* », expliquait Marvin Minski, en préambule du congrès Global Future 2045, l'an dernier à New York. Ce chercheur du MIT, spécialiste de l'intelligence artificielle, est l'un des grands théoriciens du téléchargement de l'esprit. Ce rêve ultime du transhumanisme prévoit de transférer notre esprit depuis le cerveau vers une machine. Une vie éternelle enfin débarrassée de ce véhicule encombrant et vieillissant, le corps. ■

O. H.



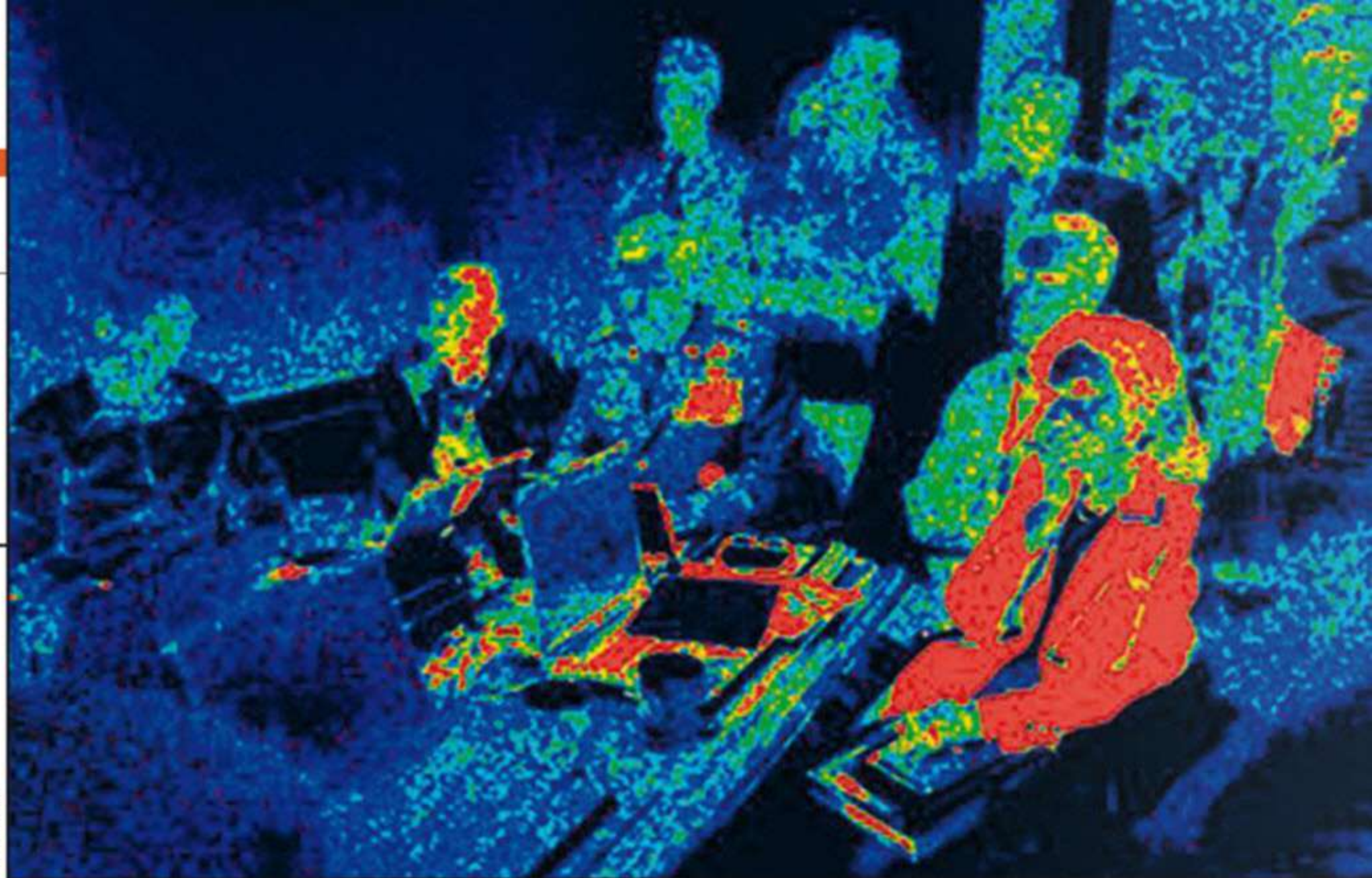
SCIENCE SOURCE/PHANIE

▲
Les électrodes d'un simulateur thalamique
apparaissent sur la radiographie d'un patient traité pour la maladie de Parkinson.



L'analyse par le logiciel Tungstène de ce cliché pris à la Maison Blanche [lors de la traque de Ben Laden] en mai 2011 révèle que certaines zones (rouge) ont été retouchées pour faire ressortir certaines personnalités.

EXOMAKINA



CRIMINOLOGIE

L'image numérique à l'épreuve des maths

Les lois de l'algèbre, de l'optique et les statistiques permettent d'apporter la preuve qu'une photo a été manipulée.

C'EST LE PARADOXE de la retouche photographique : elle doit à la fois ne pas se voir tout en étant visible. Partant de là, le meilleur moyen de déceler une manipulation d'image « consiste à ne plus regarder la photo mais à y rechercher des incohérences de structure algébrique » qui en révèlent le montage. C'est en tout cas le credo de Roger Cozien, docteur en informatique et sciences physiques, fondateur de la société eXo Makina (voir *Sciences et Avenir*, n° 775, septembre 2011).

Son logiciel phare, Tungstène, n'analyse pas les aspects visuels d'une image numérique mais

convoque mathématiques et physique, aussi bien pour une authentification journalistique que dans le cadre d'une expertise judiciaire. « *Les pixels sont des constructions algorithmiques dont la matière première est issue de l'information optique et électronique délivrée par le capteur de l'appareil* », écrivaient les dirigeants de eXo Makina dans un article paru dans la revue de sécurité informatique *Misc* (2010). « *Cette quantité d'information [...] est si grande qu'il est nécessaire de la stocker dans plusieurs matrices et d'en relier les "grains" par des macro-lois statistiques.* » Toute manipulation

— ajout, suppression, remplacement de pixels — revient à introduire de l'incohérence dans ces lois, détectée par Tungstène. Mais le logiciel scrute aussi le respect de lois optiques, qui régissent des variations de lumière sur un plan focal donné échappant largement à l'œil humain. Tous ces calculs permettent même à eXo Makina de repérer les éventuels réenregistrements du fichier et de remonter son « histoire algébrique ».

Remonter jusqu'au photographe

Un autre objectif, à terme, est d'identifier l'appareil qui a servi au cliché initial. Et c'est le thème des recherches de Jessica Fridrich à l'université de Binghamton (État de New York, États-Unis). Cette chercheuse du département d'ingénierie électrique et informatique a réussi à dégager une « empreinte numérique » propre à chaque appareil, qui se retrouve dans les photos. « *Elle est composée des minuscules irrégularités d'un pixel à l'autre découlant de la phase de fabrication [du capteur optique]* », explique la chercheuse. Là encore, c'est un algorithme qui calcule les variations de taille des pixels (de quelques micromètres) et permet d'en produire une représentation visuelle composée de petits rectangles de couleurs. L'enjeu ? Faire correspondre l'empreinte d'une photo délictueuse à tel appareil et retrouver son auteur. ■ A. D.

NUMÉRISATION 3D

Des scènes de crime scannées au laser

Pour la tuerie de Chevaline (Haute-Savoie) en 2012, ou le déraillement du train des Pignes (Alpes-Maritimes) en février, les enquêteurs ont pu explorer les lieux... en 3D, sur un ordinateur. Ces scènes de crime et d'accident ont en effet été passées au scanner 3D. Le principe ? Un boîtier installé sur le site pivote sur lui-même en envoyant des rayons laser réfléchis par un miroir en rotation. Chaque obstacle rencontré renvoie de la lumière à un capteur. L'appareil calcule la différence de phase entre l'émission du rayon et son retour et la convertit en distance. On aboutit ainsi à une représentation photoréaliste en nuage de points, figeant toutes les preuves et indices présents.

INTERVIEW NICOLAS NOVA
CONSULTANT EN SCIENCES NUMÉRIQUES

« Le rapport entre science et technologie s'est complexifié »

L'innovation est souvent bridée par une approche focalisée sur la résolution de problèmes.

Y a-t-il du sens à distinguer sciences et technologies ?

La signification du terme de technologie a évolué. Étymologiquement, il s'agit de l'étude (*logos*) de compétences, de techniques (*tekhné*) mais on l'utilise aujourd'hui pour parler des objets techniques, des dispositifs et des outils. Le terme de science renvoie quant à lui généralement à une production de connaissances abstraites, n'allant pas jusqu'à sa transformation. Mais le rapport entre science et technologie s'est complexifié. Ainsi, l'informatique, c'est d'abord des mathématiques. Mais une fois que l'on a des capteurs, tout devient calculable. La Google Car est une numérisation de l'espace, des routes mais aussi des lois, des limitations de vitesse, etc. La vraie différence à faire serait celle entre « technologie » et « innovation », cette dernière correspondant au moment où une technologie se retrouve appropriée par les populations.

Les traditions scientifiques européenne et américaine diffèrent-elles dans leur manière d'appréhender la technologie ?
Les traditions sont assez sem-

blables, mais les États-Unis se caractérisent par la porosité entre recherche et sphère entrepreneuriale et commerciale et le développement de start-up pour lancer des technologies.

Avec l'informatique et les progrès en puissance de calcul, l'innovation semble devenue indissociable de la notion d'intelligence artificielle.

Est-ce nouveau ?

Non, ces préoccupations étaient déjà présentes à l'issue de la Seconde Guerre mondiale, avec la cybernétique. En fait, on parle d'intelligence artificielle chaque fois qu'une tâche réalisée par des humains s'automatise. Cela relève de ce grand mythe anthropologique de recréer un être conscient, capable de résoudre toutes sortes de problèmes. Or, fixer un objectif est déjà une contrainte. Je suis ainsi un peu dépité de constater que l'on cherche toujours à créer des robots humanoïdes ou animaux ou à reproduire l'interface bureautique basée sur la détection de mouvements telle qu'on la voit dans le film *Minority Report*... alors qu'il y a tant d'autres voies à explorer ! Ainsi, chez Google, le département recherche et déve-



Chercheur au Near Future Laboratory, Nicolas Nova est également professeur à la Haute École d'art et de design de Genève

loppement n'existe pas, car tout est recherche et production : les produits et services, livrés aux utilisateurs, sont modifiés en fonction des usages réels. Ce sont des « versions bêta » permanentes.

Les scientifiques brideraient-ils leur créativité ?

Disons qu'ils cherchent d'abord à produire des connaissances sur des domaines bien définis, et que les ingénieurs visent la résolution de problèmes. Pour ce faire, ils s'inscrivent dans un cadre qui les empêche parfois de penser à des pistes alternatives. Prenons l'exemple du robot britannique Carnivorous Domestic Entertainment Robots qui produit de l'électricité — pour alimenter une horloge LCD — en attrapant et avalant des mouches ! Ce projet, qui peut sembler anecdotique, témoigne en fait d'une réflexion sur l'intégration du robot dans l'environnement domestique. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard s'il s'agit d'un travail de designers et non d'ingénieurs, ces derniers restant trop focalisés sur la résolution de problèmes précis, sans penser à « sortir du cadre ». ■

Propos recueillis par A. D.

RÉSEAU DE TRANSPORT Géré par RTE (Réseau de transport d'électricité, filiale d'ERDF), il amène l'électricité des centres de production aux réseaux de distribution et aux lieux de consommation.

RÉSEAU DE DISTRIBUTION Géré à 95 % par ERDF et le reste par des entreprises locales de distribution, il alimente les clients en moyenne et basse tension.

TENSION La haute tension, produite par les centrales est transformée en moyenne tension, ou haute tension A (HTA), dans des postes sources, d'où elle dessert les usines. La basse tension, issue des postes de transformation, est destinée aux particuliers, commerçants, artisans...

SMART GRID

Les réseaux intelligents affinent la distribution d'énergie

Compteurs communicants, capteurs embarqués... La high-tech envahit aussi les réseaux de distribution d'électricité afin d'adapter la production aux besoins des usagers.

A CARROS, AU NORD DE NICE, le réseau d'électricité a un « cerveau ». Plus prosaïquement, il s'agit d'un logiciel, le Network Energy Management (NEM), conçu par Alstom Grid. Son rôle ? Trouver des solutions pour franchir sans encombre les pointes de consommation en rendant le réseau plus « flexible », plutôt qu'en sollicitant plus fortement les centrales de production. En hiver, il sert à orchestrer, chez les clients résidentiels, des réductions de consommation grâce aux compteurs communicants Linky : modulation temporaire du chauffage dans les habitations, report de fonctionnement d'appareils électroménagers (typiquement entre 18 et 20 heures)... C'est ce que l'on appelle la « gestion active de la demande » ou l'« effacement ».

À l'inverse, en été, le réseau peut être exposé à des surtensions en raison d'une remontée excessive d'électricité, due à une moindre consommation rapportée à la forte production d'énergie photovoltaïque dans cette région ensoleillée. « Du coup, on orientera plutôt la consommation sur les énergies renouvelables disponibles », explique Éric Goutard, directeur monde de l'ingénierie logicielle chez Alstom Grid, en optant pour le chargement de batteries de stockage ou le démarrage d'équipements ménagers type ballon d'eau chaude, etc., en échange de compensations tarifaires pour le client. »

Pour y parvenir, le logiciel collecte, un jour à l'avance, les prévisions de consommation d'électricité envoyées par la Recherche et Développement d'EDF, et celles de production d'énergie solaire

1,3
million
de kilomètres de lignes
électriques en France.

35 millions
de compteurs
électriques (clients
basse tension).

**3 milliards
d'euros**
d'investissements par
an de la part d'ERDF.

50 %
la part du nucléaire
dans la production
d'électricité en France
d'ici à 2025.

calculées par des outils mis au point par l'École des mines de Paris. Il intègre également les contraintes du réseau (capacités et limites des équipements, risques de surtension) et les propositions des « agrégateurs de flexibilité ». Il s'agit de sociétés qui centralisent les informations sur la production d'énergie, y compris (et surtout) renouvelable, afin de trouver la meilleure façon de la distribuer. À partir de tous ces éléments, le NEM calcule, à un niveau très local, la meilleure stratégie à adopter face à une demande de consommation et la communique aux agrégateurs qui la mettront en œuvre.

Cette mécanique complexe est celle du projet Nice Grid, mis en place en 2011 à Carros. Un réseau électrique expérimental dit « intelligent », ou « smart grid ». Le premier du genre en France, Premio, déployé à Lambesc dans les Bouches-du-Rhône, remonte à l'été 2009. Ont suivi : IssyGrid à Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine), lancé par Bouygues Immobilier ; le projet Venteea dans l'Aube, qui explore les possibilités offertes par l'éolien ; Éco-Watt en Bretagne, soutenu par

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Connaître l'état du réseau au mètre près

Fin 2012, ERDF lançait le projet de recherche et développement SoGrid, destiné à mettre au point une « chaîne de communication » de bout en bout du réseau, où tous les équipements, des postes de transformation aux installations des habitations seraient connectés. Au cœur de ce projet à 27 millions d'euros étalé sur trois ans, une puce électronique, fabriquée par ST Microelectronics, communiquant par courant porteur en ligne. « Elle permettra la localisation de défauts par l'analyse des différents signaux, au mètre près et à distance, grâce à des algorithmes », expose Xavier Montuelle, chef de projet SoGrid.

Une gestion pointue des besoins en électricité

- Le réseau électrique originel
- Le réseau électrique provenant de sources d'énergies renouvelables

Les centrales de production

Les centrales thermiques, nucléaires ou hydrauliques produisent l'électricité qui sera acheminée aux habitations par le réseau de transport puis le réseau de distribution.

Les habitations

Équipées en panneaux solaires et batteries, les maisons peuvent produire leur propre énergie. Elles la consomment, la stockent voire alimentent des bâtiments alentour. À l'intérieur, un compteur communicant (Linky) fait l'interface entre les équipements électriques des lieux et le centre de contrôle pilotant la distribution et la consommation d'énergie.

Le réseau d'énergies renouvelables

Décentralisée, localisée et soumise à des aléas climatiques, la production d'électricité photovoltaïque ou éolienne vient se greffer directement au réseau de distribution. C'est pour gérer cet apport complexe que les réseaux doivent devenir « intelligents ».

Le centre de contrôle

Les prévisions de production et de besoins en énergie, à une échelle très localisée, sont traitées par informatique. Un logiciel permet de piloter la gestion d'énergie, notamment en programmant des baisses de consommation aux heures de pointe en hiver ou en incitant l'usage d'appareils électriques en cas de surplus d'énergie renouvelable en été.

RTE (Réseau de transport d'électricité) ; ou GreenLys, qui a la particularité de concerner deux villes, Lyon et Grenoble, entre 2012 et 2016.

Des capteurs pour ausculter le réseau à tout instant

L'objectif premier des *smart grids* ? Détecter comment gérer la consommation d'énergie sans avoir à surdimensionner l'offre. Dans le même temps, optimiser l'usage des énergies renouvelables dont la production est à la fois décentralisée et intermittente. Tout cela à une époque où la demande explose et se complexifie. Problème : le réseau de

distribution électrique français n'a pas du tout été conçu pour de telles évolutions. Il est fait pour acheminer du poste source vers le client final. « Or, pour la majorité des énergies renouvelables, notamment éoliennes et photovoltaïques, la production dépend des conditions météorologiques, rappelle Nouredine Hadjsaid, professeur à Grenoble INP et directeur adjoint du G2ELab (Laboratoire de génie électrique de Grenoble). En cas de hausse de la demande, on ne peut

pas exiger du vent qu'il souffle plus fort ! » D'où l'ambition de piloter la consommation, avec notamment la pratique de l'effacement. Autrement dit par l'ajout d'une couche d'informatique, de technologie de la communication et d'algorithmique au réseau existant. Divers capteurs, placés à la fois sur le réseau, en amont des compteurs, et chez les usagers permettent de collecter des données sur l'état des infrastructures comme sur la consommation et de procéder aux calculs et modélisations qui donnent le plus de capacité d'adaptation.

« Il faut pouvoir intégrer des mesures de production, des prévisions météo ►

LE + NUMÉRIQUE

Le fonctionnement du réseau Nice Grid à Carros (Alpes-Maritimes) et le projet GreenLys sur <http://sciav.fr/814smart>

DAMIEN HYPOLITE (SOURCE : RÉSEAU NICE GRID)

► et tout cela nécessite le développement de méthodes probabilistes destinées à mesurer l'incertitude et inclure des marges d'erreurs », détaille Georges Kariniotakis, responsable du groupe Énergies renouvelables et réseaux intelligents à Armines, la structure de recherche de Mines ParisTech. Pour Nouredine Hadjsaid, la recherche scientifique permet aussi de structurer une « vision système » nécessaire à des projets dont tous les éléments sont interdépendants : « Quand on modifie un endroit du réseau, les autres endroits

sont touchés ; quand la consommation est modifiée, la production est nécessairement modifiée mais également les flux dans les réseaux, les tensions, etc. » Et les énergies renouvelables ne simplifient pas la donne. Rappelons que le réseau français consiste en un réseau de transport à haute tension (au-delà de 63 kV) et en un réseau de distribution (essentiellement en dessous de 20 kV). Deux réseaux très différents par leur structure et leur mode d'exploitation. Jusqu'à un passé récent, très peu d'unités de production étaient raccor-

dées au réseau de distribution. Or, aujourd'hui, c'est le cas pour 95 % des énergies renouvelables distribuées. « Ce sont 11,4 gigawatts, soit l'équivalent de cinq centrales nucléaires, qui se branchent au réseau de ERDF ; en 2020, ce seront 19 gigawatts », évalue Xavier Montuelle, chef de projet et coordinateur SoGrid chez ERDF.

Des infrastructures capables de s'autoréparer

En clair, les infrastructures sont mises à rude épreuve, exposées à des risques de surtension et de dommages matériels qui peuvent perturber la qualité du service. D'où l'importance des technologies de communication (lire l'encadré p. 46). Pour maîtriser l'éternel problème des courts-circuits, le projet GreenLys teste le réseau électrique de distribution en moyenne tension, un système dit d'autocicatrisation. Il repose sur un ensemble de RTU (*remote terminal units*), qui commandent l'ouverture et la fermeture d'interrupteurs, installés par le fournisseur grenoblois GEG à l'intérieur de vingt-cinq postes de distribution. Résultat : une localisation précise par les RTU du court-circuit, l'isolation de la zone à problème et une reconfiguration automatique du réseau, grâce à une communication entre les RTU. « C'est un système autonome, qui ne nécessite aucune intelligence centralisée et qui élimine le défaut en moins de vingt secondes », détaille Gilles Deotto, chargé de développement smart energy chez GEG. Pour l'heure, les projets de *smart grids* sont trop neufs pour que l'on puisse en tirer des bilans. Mais pour Guillaume Parisot, directeur de l'innovation chez Bouygues Immobilier, l'initiateur d'Issy-Grid. « Les nouveaux quartiers que nous démarrons aujourd'hui et qui seront livrés dans dix ans doivent intégrer cette nouvelle approche de la gestion d'énergie. » ■ A. D.

PILE À COMBUSTIBLE À HYDROGÈNE

Une électrolyse dans le moteur

Le geste est tout ce qu'il y a de plus classique. Voiture à l'arrêt, moteur coupé, on enfonce le pistolet de la pompe dans le réservoir vide. Sauf qu'il est plein en trois minutes et qu'aucune odeur d'essence ne plane. C'est parce qu'il a été rempli d'hydrogène sous pression à 700 bars, à une installation test d'Air Liquide aux abords de Grenoble. Chez le spécialiste en gaz industriels, Hyundai organisait, en février, des démonstrations de sa ix35 Fuel Cell, une voiture dotée d'une pile à combustible à hydrogène. Si la technologie peine encore à se développer, le procédé est bien connu et Hyundai y travaille depuis 1998, produisant désormais des véhicules en série. L'hydrogène, qui ne se trouve pas à l'état libre dans la nature, est d'abord obtenu par électrolyse de l'eau (H_2O) : un courant électrique sépare l'hydrogène de l'oxygène. La pile à combustible, c'est



Passage à la pompe à hydrogène : en 3 minutes, le plein à 700 bars est fait.

le procédé de l'électrolyse à rebours : partir des éléments chimiques pour obtenir de l'électricité qui activera un moteur. Injecté dans le réservoir, l'hydrogène alimente le côté anode (pôle négatif) de la pile, séparé de la cathode par une membrane. Électrons et protons

d'hydrogène sont dissociés par l'action de l'électrode. Leur circulation dans la pile en direction de la cathode, alimentée, elle, par de l'oxygène, crée une réaction chimique qui produit l'énergie (ainsi que de la vapeur d'eau, qui doit être évacuée par un système d'échappement). A. D.



Les traders s'appuient aujourd'hui sur des modèles algorithmiques qui analysent le marché en quelques millisecondes.

FINANCE

Des transactions boursières à la vitesse de la lumière

La transformation des places de marché en sociétés privées concurrentes a provoqué une course à la performance et l'explosion du « trading à haute fréquence ».

CE FAIT EST PEU CONNU du grand public mais la Bourse de Paris se trouve aujourd'hui... dans le Grand-Est londonien, à Basildon ! Plus exactement, il s'agit d'un serveur informatique déménagé en 2010 depuis Aubervilliers (Seine-Saint-Denis) pour rejoindre le centre informatique de NYSE Euronext. Euronext regroupe en effet des Bourses européennes, dont celle de Paris, et a même fusionné en 2007 avec la principale place boursière américaine, le New York Stock Exchange (NYSE). Depuis la fin des années 1990, les places boursières sont ainsi devenues des sociétés à part entière, concurrentes, qui se rachètent les unes les autres et sont elles-mêmes cotées en Bourse. Et toutes se livrent à une course à la perfor-

mance. C'est-à-dire à la rapidité des transactions, qui permet de maximiser les gains ou de bénéficier des meilleurs prix. D'où le « trading algorithmique », ou « trading à haute fréquence ». Des ordinateurs transforment les transactions en formules mathématiques destinées à calculer au mieux le prix final, un volume d'ordres en un temps donné, la liquidation de positions à une date butoir, etc. « Les plateformes boursières sont en dessous des trois millisecondes dans 60 % des cas », estime Thierry Lebreton, enseignant-chercheur à l'École centrale d'électronique de Paris.

Pointé du doigt depuis quelques années, responsable notamment de l'effondrement de la Bourse de New York le 6 mai 2010, le trading à haute fréquence entretient l'idée

de marchés boursiers aux mains de machines, où des algorithmes « tournent » en fonction de ce que font d'autres algorithmes. Ainsi, quand un programme passe un gros ordre d'achat, d'autres le détectent afin de prendre les mêmes positions et faire monter les prix... sauf qu'il peut s'agir d'une diversion, le premier programme n'exécutant pas son ordre au final. En fait, il a mobilisé la puissance de calcul de la concurrence pour éviter qu'elle ne serve ailleurs.

La rapidité se joue aussi sur le plan du matériel. Installée à Londres, la Bourse de Paris gagne quelques fractions de milliseconde avec les serveurs d'Euronext puisque la fibre optique n'a plus à traverser la Manche... Et les places boursières louent des espaces dans leurs centres de traitement des données pour que leurs clients opèrent au plus près des serveurs. Enfin la technologie des micro-ondes (celles de la téléphonie mobile) permet de gagner encore 10 à 15 % de temps en évitant les canalisations ou les tunnels de métro qu'emprunte la fibre optique. ■

A. D.

GESTION DE PORTEFEUILLE

Les marchés comptent sur Twitter

Derwent Capital Markets a été le premier à proposer, dès 2011, une gestion de portefeuille fondée sur... Twitter, la plate-forme de micro-blogging forte de 200 millions d'utilisateurs. Son modèle informatique procédait à une analyse sémantique des tweets et proposait des placements selon l'humeur générale qui s'en dégageait. L'idée vient d'un chercheur de l'université de Bloomington (Indiana, États-Unis), le Belge Johan Bollen qui, en 2008, a réussi à prédire le cours de l'indice Dow Jones avec 87,6 % de fiabilité à partir de 9,85 millions de tweets. De nombreuses sociétés suivent aujourd'hui cette voie, y compris la Bourse de New York.



▲
L'E-Fan, développé par Airbus et la société ACS, est un avion électrique intégral pesant 600 kg.

TRANSPORTS

Électricité et solaire pour les avions du futur

Les sciences des matériaux et les mathématiques sont au cœur de projets d'avions électriques d'une grande diversité, tels que l'E-Fan ou le Solar Impulse.

À L'ORIGINE, ILS N'AVAIENT RIEN. Ni équipe, ni financement, ni technologies. Dix ans plus tard, Bertrand Piccard et André Borschberg, les deux pilotes suisses cofondateurs du projet Solar Impulse, sont prêts pour un tour du monde, en mars prochain, à bord de cet étrange avion solaire, capable de voler de jour comme de nuit. En 2013, ils en ont apporté la preuve lors d'une traversée ouest-est des États-Unis. Pour l'heure, le quadrimoteur étire ses 72 mètres d'envergure dans un hangar de la base

aérienne de Payerne, en Suisse. Un peu plus large qu'un Boeing 747, il ne pèse que 2300 kilos. Ses ailes sont recouvertes de 17 248 cellules photovoltaïques moins épaisses que trois cheveux. Le fuselage, conçu en composite de carbone, a une densité de 25 grammes par mètre carré et la structure est si légère que son assemblage provisoire a pu être réalisé à l'aide de gobelets en carton maintenus par bande adhésive en guise de serre-joints...

Pour en arriver là, les deux fondateurs ont vite compris qu'il

était inutile de s'appuyer sur un constructeur d'avions. « Si tel avait été le cas, le Solar Impulse aurait ressemblé à un Boeing et aurait pesé dix fois plus », estime Bertrand Piccard.

Tout est parti... des mathématiques ! En 2003, le projet débute en effet sous la forme d'une « analyse de complexité » menée par Christophe Bécau, expert chez Altran, société de conseil en ingénierie. « C'est une théorie mathématique que j'ai développée il y a une vingtaine d'années, destinée à comprendre les sources de complexité », explique-

94 %

d'efficacité énergétique pour Solar Impulse.

1 heure
d'autonomie pour l'E-fan.

50 %
d'émissions de CO₂ en moins en 2050, l'objectif de l'aviation civile.



▲
D'une envergure de 72 m
pour un poids de 2,3 t
seulement, le Solar Impulse est
un avion à propulsion solaire
capable de voler aussi la nuit.

SOLAR IMPULSE Le premier vol test a eu lieu le 7 avril 2010. La deuxième version de cet avion solaire doit s'envoler pour un tour du monde de 25 jours depuis Abu Dhabi le 1^{er} mars 2015.

E-FAN Long de 6,70 m pour une envergure de 9,50 m, cet avion électrique est doté de deux batteries de 65 kg lui conférant trois quarts d'heure à une heure d'autonomie. Un vol test a été effectué le 11 mars 2014.

E-STAR 2 C'est la deuxième version d'un appareil à propulsion hybride présenté pour la première fois en 2011. Il a volé pendant une heure le 1^{er} juin 2013 lors du salon du Bourget.

t-il aujourd'hui. L'approche diffère de la méthode « ingénieur », consistant à mettre en relation des paramètres et le bilan auquel parvenir en se fondant sur des solutions connues. Avec le modèle de Christophe Béesau, il s'agit de fragmenter un problème, en l'occurrence celui du bilan énergétique de Solar Impulse, sans aucun *a priori* sur les matériaux, les technologies ou les méthodes de construction.

Des centaines d'équations pour élaborer les solutions

Au bout de dix-huit mois de calculs sur ordinateur, des centaines d'équations imbriquées les unes dans les autres fournis-

sent les premières clés sur l'efficacité de l'aile, le rendement du couple moteur-hélice, les compromis nécessaires entre collecte d'énergie, poids des batteries ou poids du moteur... Avec le souci permanent de comprendre comment ces différentes briques interagissent. « On imaginait bien qu'il y aurait des batteries de stockage, une aile et des cellules photovoltaïques, continue Christophe Béesau, mais encore fallait-il modéliser puis organiser tout cela afin que des solutions émergent. C'est là que se cache en réalité l'innovation. » Son modèle est également mis à contribution pour le calcul et l'optimisation des

POUR EN SAVOIR PLUS

► **Sur Solar Impulse :**
Sciences et Avenir
juin 2014, n° 808, p. 78
► **Sur l'E-Fan :** un dossier
sur notre site Web :
<http://sciv.fr/814efan>

routes aériennes, en temps réel mais aussi des mois à l'avance. Plutôt que de se baser sur des historiques météo et d'obtenir des statistiques de réussite des vols, peu significatives, le modèle mathématique intègre la variabilité de la météo et les modifications de comportement de l'avion. « On n'obtient pas la météo du jour du vol mais on a un référentiel qui nous permet d'évaluer la situation de vol en cours. On peut dire si elle est exceptionnelle, donc à risque. » Avec les données disponibles, 5 milliards de vols virtuels ont été étudiés pour préparer la traversée des États-Unis réalisée en 2013, permettant aux pilotes de choisir parmi des ►



NAVIGATION INERTIELLE

Un positionnement autonome sans GPS

Elles équipent les avions, les hélicoptères, les satellites, les fusées, les bateaux, les chars, les sous-marins... : les centrales inertielles sont partout. Grâce à une combinaison de gyroscopes et d'accéléromètres, elles mesurent avec une grande précision les déplacements. Elles complètent ainsi le GPS, moins précis et dont la réception est quelquefois impossible (sous un tunnel, sous l'eau...), ou brouillée dans le cadre d'opérations militaires. Les dernières générations de centrales inertielles, développées notamment par Sagem, utilisent un gyroscope résonant hémisphérique, dont le principe a été découvert au XIX^e siècle, mais dont la construction, extrêmement délicate, n'a pu être maîtrisée que ces dernières années. ■ O. H.

AUTOMOBILE

Moins de roues et pas de pilote

L'automobile ne cesse d'innover. En octobre, sur le circuit de Hockenheim en Allemagne, Audi a frappé fort en dévoilant sa RS7 évoluant à 240 km/h sans personne au volant. Audi, mais aussi Mercedes, Volkswagen, Nissan, Volvo... Quasi tous les constructeurs ont déjà fait rouler des voitures sans conducteur, parfois en plein centre-ville. Mais ils ne sont pas les seuls. Depuis le début des années 2010, Google attire tous les regards avec des démonstrations spectaculaires, comme cette voiture autonome fonçant sur un parking, contrôlant ses dérapages à chaque virage. De telles prouesses ont été rendues possibles par l'amélioration constante d'outils informatiques permettant de traiter de gros volumes



La C-1 de l'américain Lit Motors est un hybride de moto et de voiture stabilisé par un système gyroscopique.

de données provenant notamment des capteurs de la voiture. D'autres constructeurs laissent encore une (toute) petite place aux conducteurs, comme l'américain Lit Motors créé en 2010 pour développer la C-1. Ce véhicule électrique fermé à deux roues combine les avantages de la moto (encombrement réduit et pilotage) et ceux de la voiture (sécurité et conduite au sec). La C-1 est stabilisée par effet

gyroscopique. Elle devrait être commercialisée en 2015. Toyota a opté pour un véhicule électrique comparable mais à trois roues. Son i-Road, dévoilé en 2013 au salon de Genève, repose sur deux roues avant équipées d'une suspension qui permet à l'engin de s'incliner dans les virages. Sa petite roue arrière dirigeable permet de tourner presque sur place. Cette drôle de voiture est déjà en libre-service à Grenoble. ■ O. H.

► milliers d'itinéraires possibles et de passer de l'un à l'autre en cours de route si la météo l'exige. Au final, en dix ans de développement, aucun industriel de l'aviation n'aura contribué à la mise au point de cet aéronef hors normes, hormis Dassault Aviation qui aura joué un simple rôle de conseil...

L'E-Fan sera produit en série en 2017

Cela ne veut pas dire que le secteur aéronautique se désintéresse de la propulsion électrique. Ainsi, l'E-Fan, un appareil tout électrique destiné aux écoles de pilotage, est le fruit d'une collaboration entre Airbus et la société Aero Composites Saintonge (ACS) (ces deux sociétés ont refusé de répondre à nos sollicitations). Il s'inspire du Cricri, un avion thermique ultra-léger créé en 1973 par l'ingénieur Michel Colomban, qu'ACS avait déjà décliné en version électrique en 2010, emmagasinant ainsi des connaissances sur la gestion de l'énergie, l'intégration des batteries, le poids, l'aé-

L'i-Road de Toyota s'incline sur ses roues avant dans les virages et peut tourner presque sur place.



rodynamisme, les performances, l'autonomie... L'E-Fan a été totalement pensé et conçu pour intégrer la propulsion électrique. L'appareil, qui pèse 600 kg, est doté de deux hélices à huit pales, logées dans une coque rigide et alimentées par des batteries lithium-ion-polymère de 30 kilowatts. ACS s'est appuyé sur un projet de voilure démontable en composite époxy-fibres de carbone, dirigé par le Centre régional d'innovation et de transfert de technologie matériaux de Poitou-Charentes. Les caractéristiques ainsi que les lois de comportement et d'endommagement du matériau ont été intégrées à un logiciel de simulation numérique prédictive pour « mettre à l'épreuve virtuellement » la structure et connaître ses réactions lors d'exercice de voltige (déformation, déplacement d'éléments). L'appareil est resté en l'air une dizaine de minutes lors de son premier vol officiel le 25 avril et devrait être fabriqué en série à partir de 2017. En parallèle, Airbus Group s'est associé à Siemens et au constructeur autrichien Diamond Aircraft pour réaliser l'E-Star, un appareil à propulsion hybride dévoilé en 2011. Contrairement à l'E-Fan, ce prototype, qui a déjà volé, n'a pas été conçu à partir de rien. Il s'agit ici d'un modèle DA-36 dont le moteur thermique a été remplacé par un moteur électrique de Siemens. Celui-ci est alimenté par un générateur, lui-même actionné par un moteur rotatif à essence.

Un Airbus électrique gros porteur à l'étude

Un autre projet, plus stratégique, est en cours : intégrer la propulsion électrique sur les gros-porteurs d'ici à 2050. Airbus, associé à Rolls Royce (fabricant de moteur d'avions) et les universités de Cambridge et Cran-

field (Royaume-Uni), travaille ainsi sur l'E-Thrust, un appareil de ligne à six hélices. Il met en œuvre une batterie fournissant à une turbine à gaz l'électricité nécessaire au décollage et à l'ascension, laquelle recharge en retour la batterie pendant le vol. Lors de la descente, la turbine est mise à l'arrêt, et ce sont les hélices qui produisent de l'électricité en jouant le rôle d'éoliennes : elles permettent ainsi de stocker l'énergie dans la batterie, avant que la turbine à gaz ne reprenne du service pour l'atterrissage. Pour atteindre une efficacité optimale, le principe de la supraconductivité, connu depuis un siècle, sera mis à contribution : tout le système électrique (câble, stockage, générateur) est conçu dans des matériaux permettant, à très basse température, le passage de l'énergie électrique sans

Afin de se démarquer des modes de transport concurrents (covoiturage, avion sur certaines destinations), « le train de futur s'oriente très fortement vers un train connecté, offrant une multitude de services », explique Robert Plana, directeur recherche et développement et relations avec les universités chez Alstom. « Il offrira la possibilité de surfer sur le Web, de regarder un film en streaming, de réserver des espaces isolés pour organiser réunions et vidéoconférences... » Mais cette « connectivité » nécessite des infrastructures coûteuses



La connectivité Internet, un atout pour l'attractivité du train.

comme des bornes Wi-Fi installées le long des rails, et le « modèle économique » est à trouver. L'une des possibilités serait d'exploiter les données des voyageurs, de faire comme

sur les réseaux sociaux, du « profilage », pour vendre ces informations aux commerçants en gare ou aux entreprises de service, comme les loueurs de voitures. Ce sont donc surtout les sciences du numérique, du traitement de données massives ou encore de l'analyse des réseaux sociaux qui marqueront le développement du train du futur. De leur côté, les Japonais continuent de miser sur la vitesse avec le Maglev. Ce train monorail à sustentation magnétique dépassera les 500 km/h. Il devrait entrer en service en 2027 entre Tokyo et Nagoya. ■ O. H.

aucune résistance et avec un champ magnétique nul. Ces propriétés devraient être atteintes à une température de - 252 °C obtenue par cryogénie.

Le procédé présente aussi l'intérêt de réduire fortement le poids du système électrique dans son ensemble. Lors des salons aéronautiques de Berlin (Allemagne) et de Farnborough (Royaume-Uni), en mai et juillet, le stand d'Airbus Group exposait des câbles électriques ordinaires en cuivre et un câble supraconducteur en diborure de magnésium (MgB_2). Pour obtenir la même charge électrique de 4500 ampères, il faut un tronçon de 19 câbles de cuivre fonctionnant à une température de 20 °C, alors qu'il suffit d'un seul fil de MgB_2 à - 247 °C. Le premier pèse 12 kg, le second... 16 g. L'innovation se niche parfois dans le détail. ■ A. D.



LE + NUMÉRIQUE

Dans l'air et sur terre, retrouvez les transports du futur sur <http://sciav.fr/814techno>

Turbulents anneaux de Saturne

En dix ans d'observations, la sonde Cassini a fourni des images superbes et très détaillées des structures en orbite autour de la sixième planète du système solaire. Elles révèlent un monde complexe et changeant, théâtre d'une bataille de forces antagonistes

Par Jean-François Haït



L'ÉMERVEILLEMENT DU CHERCHEUR devant les images envoyées par la sonde spatiale Cassini* est resté intact. Dix ans après, l'astrophysicien au CEA Sébastien Charnoz n'a jamais oublié cette nuit de 2004 où, jeune planétologue au Jet Propulsion Laboratory de la Nasa, en Californie, il a retenu son souffle, attendant l'instant où la sonde allait enfin se mettre en orbite autour de Saturne après sept années de voyage. Une manœuvre délicate qui nécessitait qu'elle effleure les anneaux de la planète, en traversant leur plan. Jamais elle n'aura, dans la suite de la mission, l'occasion de les observer d'aussi près. Et le spectacle s'est

aussitôt révélé étonnant. « Nous avons vu des détails d'une finesse extraordinaire comme la délicate dentelle qui borde l'anneau A, les montagnes de plus de deux kilomètres à la lisière de l'anneau B, ou la lune Prométhée creusant littéralement un sillon dans l'anneau F... », se souvient Sébastien Charnoz. Depuis, grâce aux milliers d'orbites effectuées autour de la planète, Cassini a permis de porter un nouveau regard sur ce monde fascinant des anneaux qui entourent la sixième planète en s'éloignant du Soleil, la plus massive après Jupiter. « Un monde turbulent, qui évolue parfois à l'échelle de quelques heures », poursuit l'astrophysicien. Jusqu'à cette dernière

BIO EXPRESS

La sonde Cassini

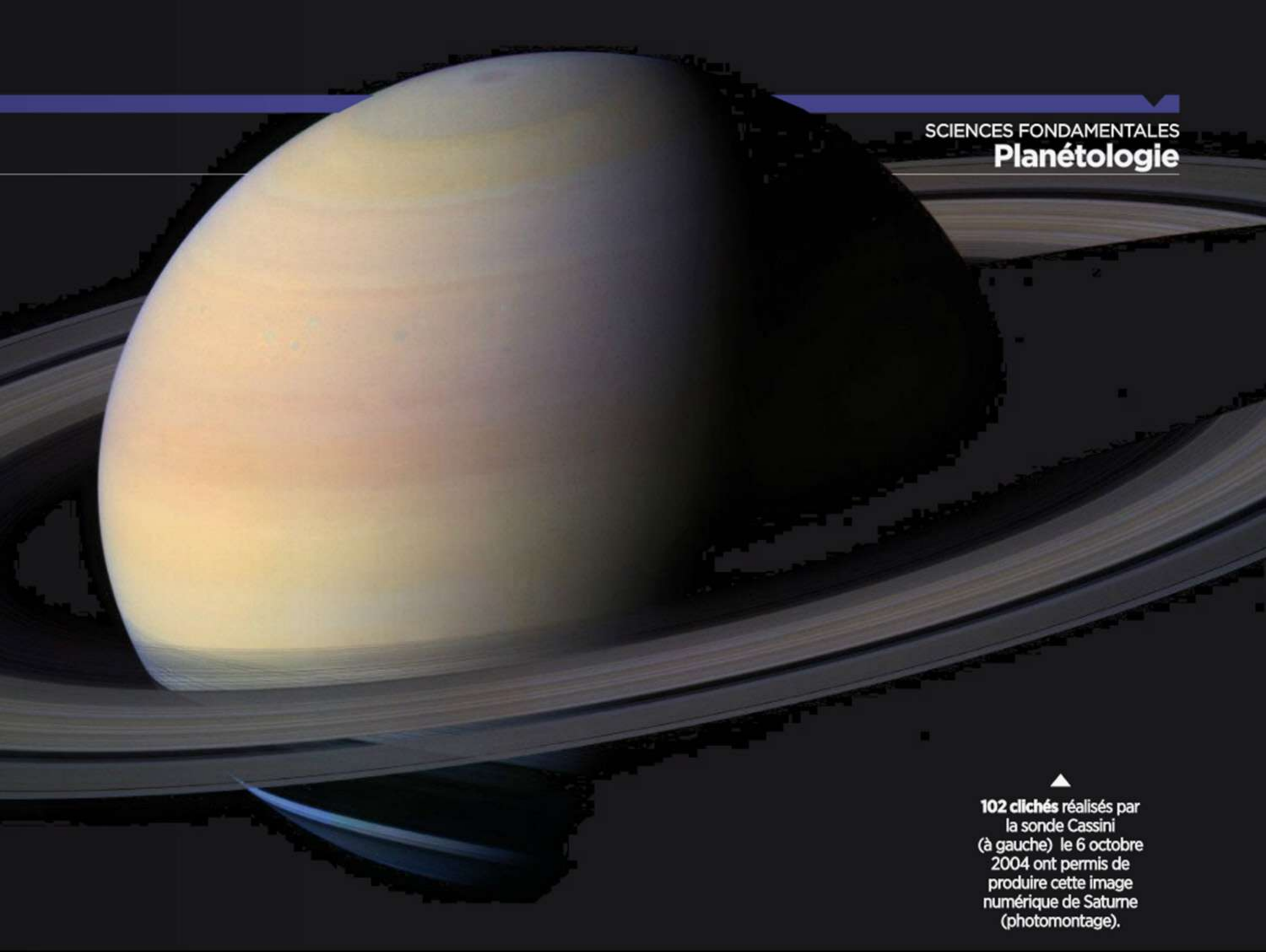
- **Date de lancement :** 1997. Réalisée par le Jet Propulsion Laboratory (Nasa/Caltech) avec la collaboration de l'Agence spatiale européenne.
- **Masse :** 2,1 tonnes.
- **Nombre d'instruments :** 12.
- **Mise en orbite autour de Saturne :** 2004
- **Largage du module Huygens sur Titan :** 2005.
- **Fin de mission :** 2017.

observation révélée en avril par une équipe d'astronomes britanniques de l'université Queen Mary de Londres (Royaume-Uni) à partir d'une image étonnante, prise par la sonde un an plus tôt. On y aperçoit un point blanc brillant d'une taille d'environ un kilomètre situé au bord d'un des anneaux et qui pourrait bien être une lune en cours de formation. Preuve que de nouvelles découvertes sont encore à attendre. Longtemps, les anneaux de Saturne ont pourtant semblé statiques. Galilée, le premier, les détecte en 1609 sans pouvoir les expliquer. Cinquante ans plus tard, l'astronome néerlandais Christiaan Huygens comprend que ce

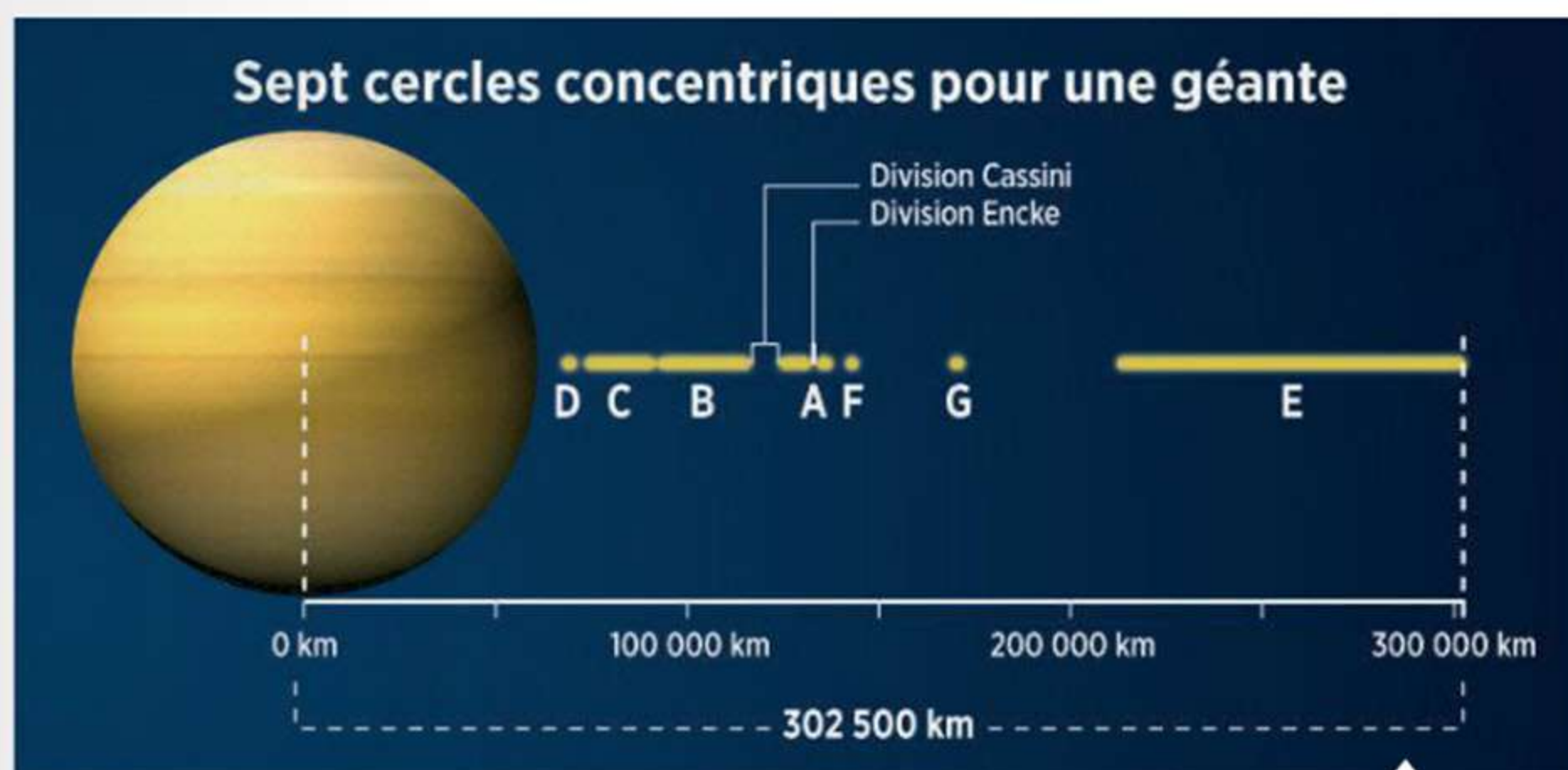
SATURNE Sixième planète du système solaire, dont l'orbite évolue entre 1,2 et 1,6 milliard de kilomètres au-delà de celle de la Terre. Elle est principalement constituée de gaz (hydrogène et hélium) avec probablement un noyau rocheux.

ANNEAUX Cercles concentriques autour d'une planète, constitués de particules de glace ou de roche. Ils s'organisent sous la forme d'un disque plat.

LUNE Terme générique désignant un satellite naturel d'une planète. 62 lunes ont été répertoriées autour de Saturne.



▲
102 clichés réalisés par la sonde Cassini (à gauche) le 6 octobre 2004 ont permis de produire cette image numérique de Saturne (photomontage).



sont des anneaux bien séparés de la planète. En 1675, le Français d'origine italienne Jean-Dominique Cassini remarque alors un vide au milieu d'eux auquel on donnera plus tard son nom, la « division de Cassini ». De l'anneau A à l'anneau G — nommés

ainsi en fonction de la chronologie de leur découverte —, c'est tout un monde qui se dévoile aux astronomes (voir l'infographie ci-dessus), livrant peu à peu des informations toujours plus précises. Ceux-ci croyaient ces anneaux solides jusqu'à ce que les travaux

Baptisés par lettres en fonction de l'ordre de leur découverte, les sept anneaux s'étendent sur 300 000 km environ. Les espaces vides entre eux sont baptisés divisions.

du mathématicien écossais James Clerk Maxwell, en 1859, démontrent qu'ils ne sont stables que s'ils sont constitués de grains de matière distincts. Ces grains, dont la dimension varie de quelques centimètres à un mètre, sont formés de glace d'eau presque pure et sont plus ou moins « salis » par de la poussière, peut-être constituée de molécules organiques, ce qui explique les nuances de couleurs visibles sur les clichés des sondes spatiales. Car ce sont bien celles-ci qui ont révolutionné la connaissance des anneaux. Tout d'abord, en 1979, avec Pioneer 11 qui en découvre un nouveau (F), distant de 140 000 km du centre de la planète. Puis, en 1980 et 1981, Voyager I et II mettent en évidence les nombreuses subdivisions qui les composent, invisibles depuis le sol, ainsi que des dizaines de très petites lunes auxquelles on ►

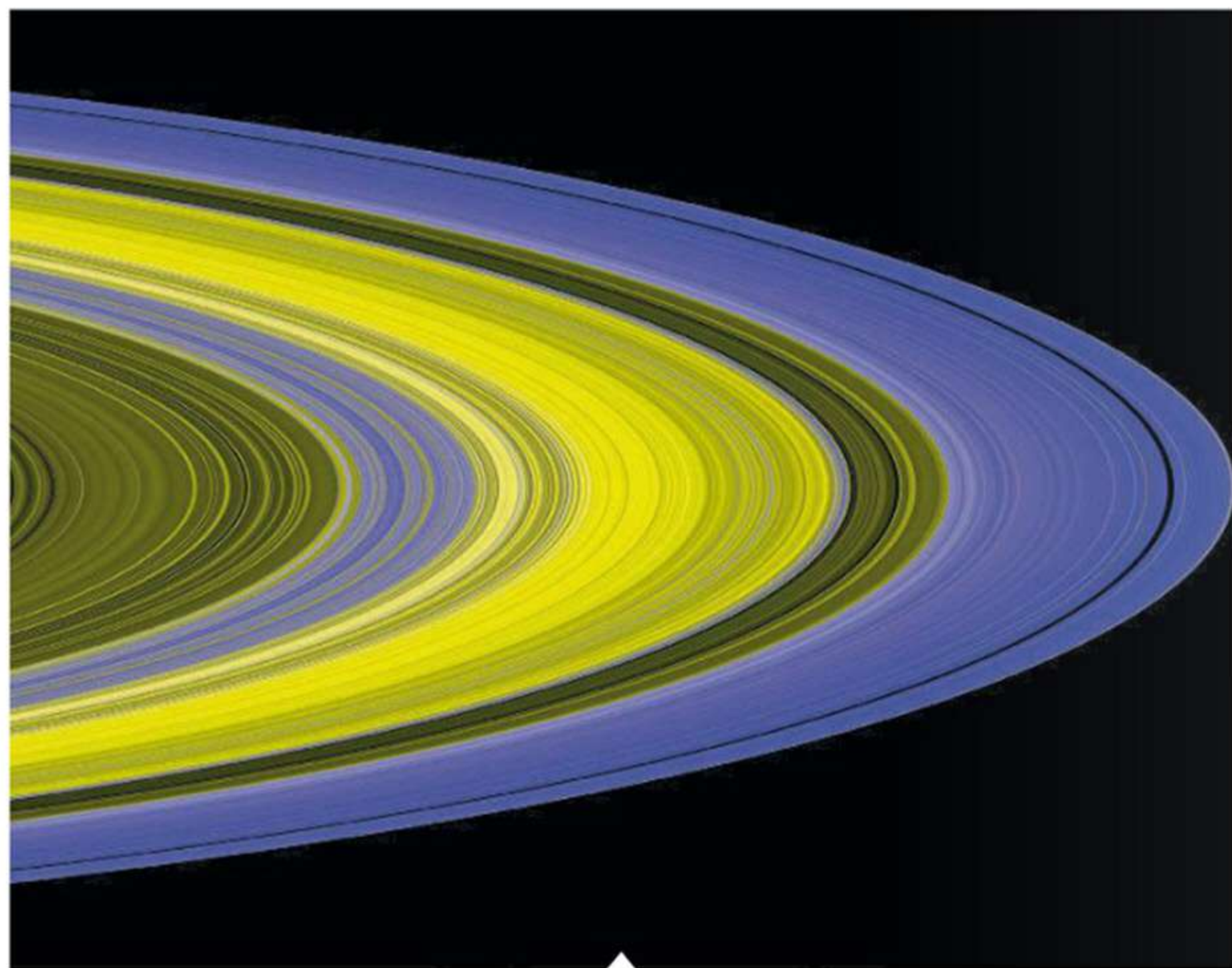
PHOTOS: NASA/JPL - MATTHIAS MÄLNER/CASSINI IMAGING TEAM

- attribue des noms mythologiques. Quant à Cassini, dix fois plus précise que Voyager, elle fournit des détails de l'ordre du kilomètre, ce qui permet réellement de sonder les anneaux.

Lunes et anneaux sont intimement liés

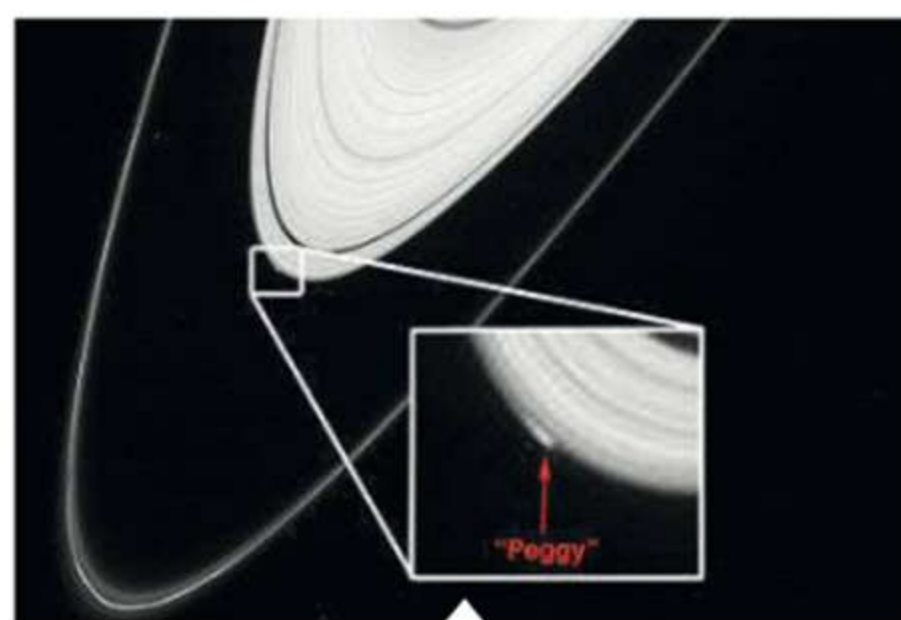
Partout, les scientifiques peuvent observer la gravité à l'œuvre. Ainsi, Cassini leur a permis d'établir que les anneaux ne sont pas homogènes mais constitués de filaments de matière dense, comparables par la forme à des spaghettis, d'une centaine de mètres de diamètre pour plusieurs kilomètres de long. Ceux-ci s'auto-organisent sous l'effet de leur propre gravité. Mais la « force de marée » — cette accélération gravitationnelle qui comprime les objets dans certaines directions et les dilate dans d'autres — exercée par Saturne tend à défaire cette organisation. « C'est un combat perpétuel entre ces deux forces. C'est pourquoi les filaments se séparent, s'entrelacent, entrent sans cesse en collision », explique Sébastien Charnoz. Il faut ajouter à cela l'influence permanente des lunes. En tournant autour de Saturne, elles aussi déclenchent, par leur influence gravitationnelle, des ondes qui forment des vagues, ou des dentelures comme on peut en observer sur les bords de l'anneau A. Leur passage provoque des divisions dans les anneaux. Quant aux « montagnes » de l'anneau B, elles sont dues à l'influence de la lune Mimas, qui comprime la matière perpendiculairement au plan des anneaux.

Lunes et anneaux sont donc intimement liés, et ce depuis les origines. En 2010, Sébastien Charnoz et Aurélien Crida, de l'observatoire de la Côte-d'Azur à Nice, ont d'ailleurs publié un article remarqué dans la revue *Nature*. Ils y explicitent un modèle de forma-

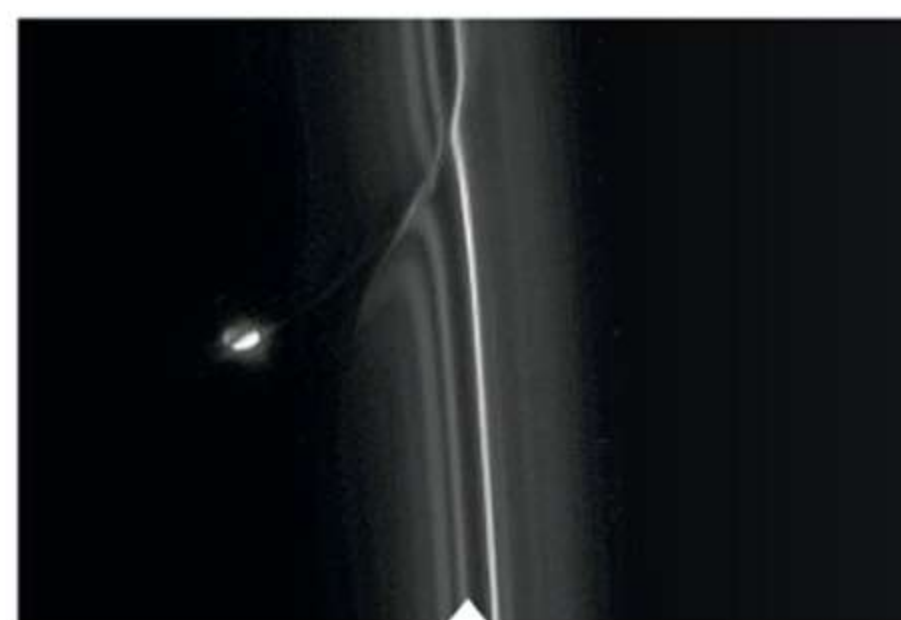


NASA/JPL/UNIVERSITY OF COLORADO

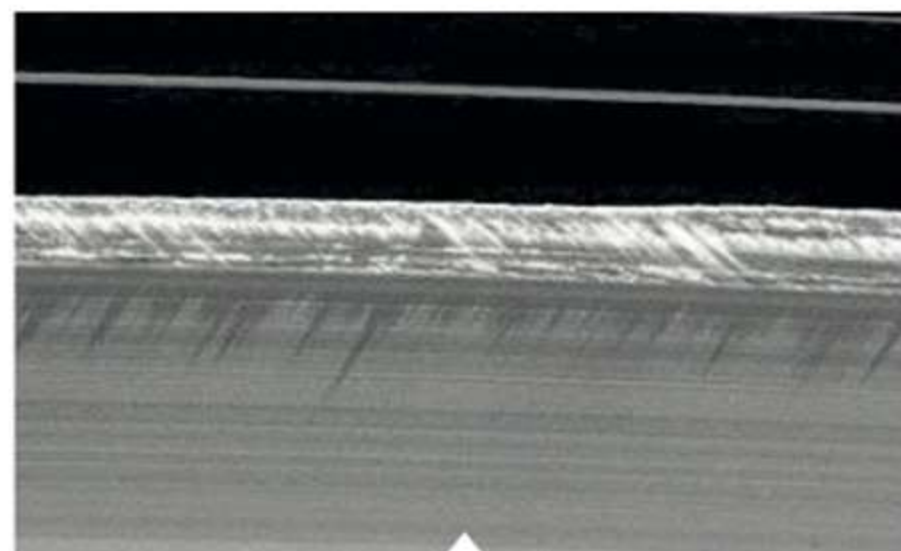
Cette image (fausses couleurs) obtenue à partir des observations de Cassini révèle l'organisation de la matière contenue dans les anneaux de Saturne, et comment cette matière se condense sous forme de petits agrégats. Dans les régions bleues, la formation des agrégats est particulièrement importante.



Cette petite lune (voir zoom), découverte en 2013 et surnommée Peggy, s'est formée récemment au bord de l'anneau A.



Le passage de Prométhée, une lune de 86 km de diamètre, provoque la formation de vagues de matière dans l'anneau F.



Ces « montagnes » atteignant 2,5 km de haut se trouvent au bord de l'anneau B. Elles sont dues à l'influence gravitationnelle de la lune Mimas.



La lune Daphnis creuse son sillon dans l'anneau A et forme ainsi la division de Keeler. Son orbite inclinée par rapport à l'anneau provoque des ondulations de la matière.

PHOTOS: NASA/JPL/SPACE SCIENCE INSTITUTE

tion des lunes de Saturne, sauf de Titan, venu peut-être de l'extérieur du système saturnien (*lire S. et A. n° 793, mars 2013*). Selon les chercheurs, il est très probable que la planète était déjà entourée il y a quatre milliards d'années d'un disque épais dont l'origine reste mystérieuse (*lire l'encadré*). Ce disque s'est ensuite étalé dans les deux directions, comme une crêpe. Côté Saturne, les particules de glace ont été attirées par la planète. Côté extérieur, elles ont franchi la « limite de Roche », en deçà de laquelle la gravité de la planète détruit tout corps qui pourrait se former. Au-delà, en revanche, les forces de cohésion l'emportent. Résultat : les petits grains de glace se condensent et forment une multitude de lunes. D'abord les plus grosses, puisque le matériau est abondant, puis les plus petites. Ensuite, les lunes s'éloignent naturellement de Saturne, les grosses migrant le plus loin. « Tout dans ce modèle colle avec l'observation : les masses des lunes, leurs distances... », remarque Alessandro Morbidelli, planétologue à l'observatoire de la Côte-d'Azur.



COURTESY S. CHARNOZ

« Un combat perpétuel oppose la force de gravité des filaments de matière des anneaux et la force de marée exercée par Saturne »

Sébastien Charnoz, astrophysicien du laboratoire AIM (Service d'astrophysique du CEA/CNRS/université Paris-Diderot).

Récemment, ce modèle a été une fois encore conforté par cette observation spectaculaire de Cassini réalisée en avril dernier par Carl Murray, astronome et mathématicien de l'université Queen Mary de Londres (Royaume-Uni) et son équipe : ce point blanc brillant d'une taille d'environ un kilomètre au bord de l'anneau A, qui semble bien être une lune et que l'équipe, désormais, suit à la trace. « L'objet est toujours là. Il semble s'être stabilisé. C'est pourquoi nous pensons qu'il s'agit d'une lune qui s'est formée puis brisée. Elle a alors dégagé beaucoup de poussières ce qui explique la brillance du phénomène », explique Carl Murray. Des lunes pourraient donc continuer à se former à partir des anneaux, à un rythme limité cependant par la faible quantité de

matériau. « Nous espérons observer cette nouvelle lune dans le détail en 2016, quand la position de la sonde permettra de déceler des détails inférieurs au kilomètre sur l'anneau A », souligne le chercheur britannique.



LE + NUMÉRIQUE
Voir Vénus, la Terre et Mars en arrière-plan de Saturne au moyen de notre photo interactive sur <http://sciav.fr/814saturne>

Un laboratoire de la gravité en temps réel

La sonde Cassini approchera alors de la fin de sa mission, prévue pour 2017. Elle aura fait de Saturne un laboratoire de la gravité en temps réel pour les physiciens, qui peuvent mieux comprendre ce qui se passe dans un disque de matière. Et tester leurs modèles de Saturne sur d'autres systèmes d'anneaux : ceux de Jupiter, Uranus et Neptune, beaucoup plus ténus et moins spectaculaires. Et pourquoi pas ceux d'exoplanètes, ces planètes situées hors de notre système solaire ? « C'est possible, mais les moyens instrumentaux actuels ne permettent pas de les détecter. Il faudrait en outre des observations multiples à intervalle de temps très court pour démontrer qu'il s'agit bien d'anneaux », explique Pierre Barge, du Laboratoire d'astrophysique de Marseille, membre de l'équipe du télescope spatial Corot, qui a traqué les exoplanètes de 2006 à 2014. Mais il n'est pas impossible que deux successeurs de ce dernier, les missions Cheops et Plato qui seront lancées en 2017 et 2024, détectent un jour les anneaux d'une « exosaturne ». ■

* La mission est appelée « Cassini-Huygens » car la sonde Cassini transportait le module Huygens de l'Agence spatiale européenne, qui s'est posé sur la lune Titan en 2005.

HYPOTHÈSES

Un mystérieux jeu de billard cosmique

Quand et comment les anneaux de Saturne se sont-ils formés ? « Peut-être au cours de ce que l'on appelle le "grand bombardement tardif", il y a 4 milliards d'années », explique Alessandro Morbidelli, de l'observatoire de la Côte-d'Azur à Nice. À cette époque, les jeunes planètes — dont la Terre alors âgée d'à peine 570 millions d'années — sont en effet bombardées par une pluie intense d'astéroïdes et de comètes. Pour s'en assurer, Alessandro Morbidelli et Sébastien Charnoz, du service d'astrophysique du CEA, ont utilisé des simulations numériques pour tester deux hypothèses. La première implique un gros objet dit transneptunien — car situé au-delà de l'orbite de Neptune — qui, dérangé par

un jeu de billard cosmique, se serait dirigé vers Saturne. Les forces de marée de la planète l'auraient alors « déshabillé » de la couche de glace dont il était recouvert, celle-ci s'accumulant autour de Saturne pour en former les anneaux. Deuxième hypothèse : un satellite glacé formé non loin de Saturne aurait été percuté de plein fouet par un astéroïde qui lui aurait, lui aussi, arraché son manteau de glace, parti alimenter les anneaux. « Les deux hypothèses sont tout aussi probables. Et les observations de la sonde Cassini n'ont pas permis de trancher », souligne Alessandro Morbidelli. Pour cela, il faudrait lancer une mission qui irait analyser *in situ* les anneaux de Saturne, mais aujourd'hui elle n'est pas envisagée.

« Interstellar » joue avec l'espace-temps

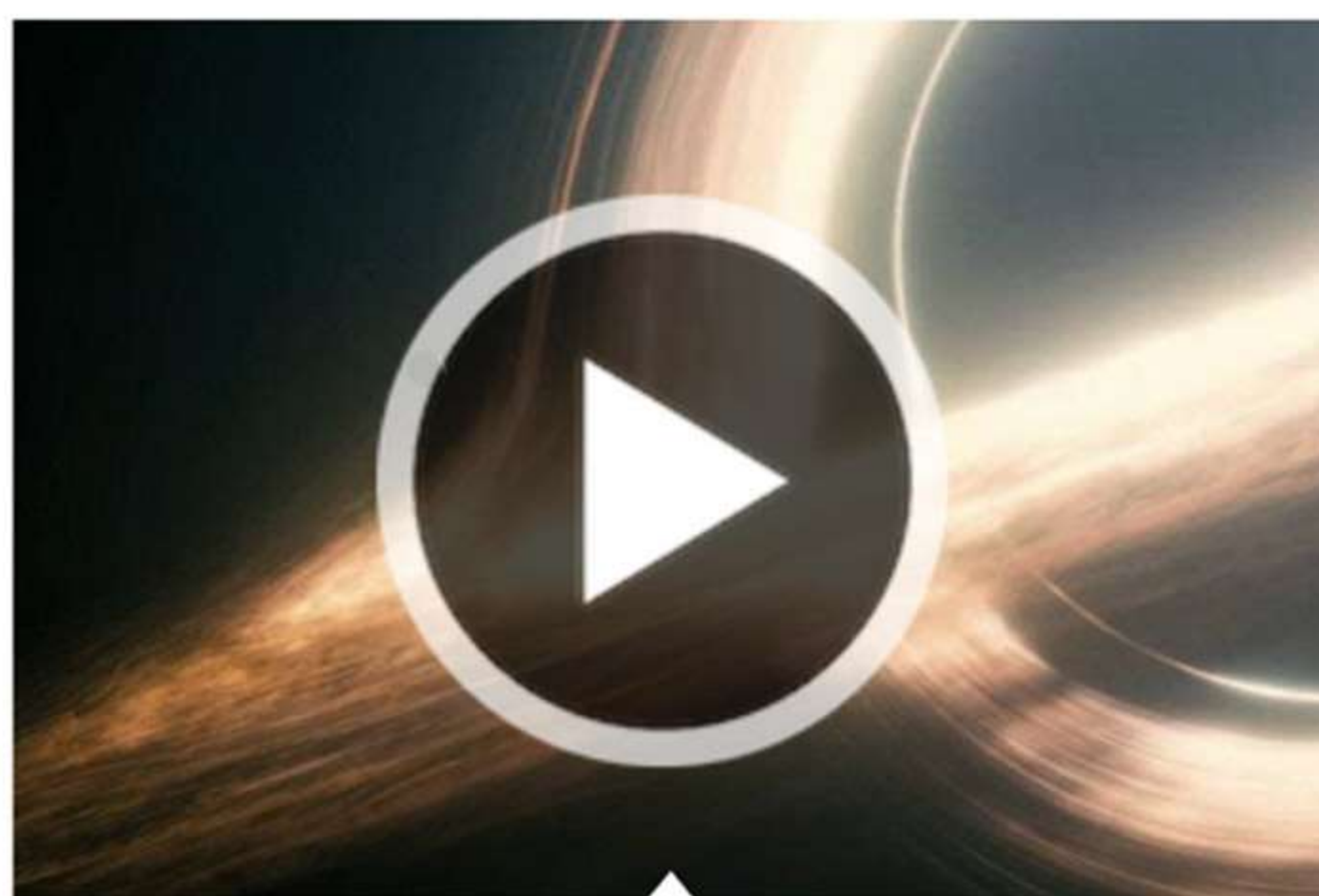
Ce film de science-fiction américain s'appuie sur les travaux du physicien Kip Thorne, spécialiste des trous noirs et des « trous de ver ». Une démonstration convaincante ?

Le trou noir, héros de l'histoire

Dans le film, les héros passent à proximité d'un trou noir. Celui-ci se forme lorsqu'une étoile massive achève son évolution en s'effondrant sur elle-même, devenant très dense et attirant toute lumière et matière évoluant dans un environnement proche.

Le trou de ver, passage indispensable

Les personnages doivent ensuite traverser un trou de ver. L'existence de cet autre objet cosmologique, qui a également été pensé et théorisé par Einstein, est encore hypothétique. L'idée est que le champ gravitationnel d'un trou noir déforme à tel point l'espace-temps qu'il peut mettre en regard deux régions très éloignées de l'espace. L'équivalent à deux dimensions serait une feuille de papier que l'on plie : le voyage à travers un trou de ver revient à passer de l'un à l'autre des deux feuillets ainsi superposés, perpendiculairement à leur plan.



Représentation de l'approche d'un trou noir selon Kip Thorne, cosmologiste américain et producteur associé du film.



LE POINT DE VUE

D'ALAIN RIAZUELO
DE L'IAP (INSTITUT
D'ASTROPHYSIQUE DE PARIS)

Un phénomène impossible près de Saturne

« En supposant que les trous de ver existent, ils seraient instables, qu'ils soient microscopiques ou de masse stellaire. Dans le premier cas, ils s'évaporerait même en une infime fraction de seconde (10^{-43} seconde précisément). Et dans le second cas, ils ne pourraient se trouver à proximité de Saturne comme on le voit dans *Interstellar* sans fortement affecter la dynamique de tout le système solaire. Des trous de ver de masse intermédiaire auraient éventuellement pu être créés lors du Big Bang — toujours à supposer qu'ils soient stables —, mais ils seraient extrêmement petits : un centimètre pour un trou de ver de la masse de la Terre. Difficile d'y faire passer un engin spatial et tout son équipage sans dommage... »

UNE TRAME SCIENTIFIQUE aussi cohérente que le permet un film de science-fiction et des images époustouflantes : voilà le sel d'*Interstellar*, le dernier film du réalisateur américain Christopher Nolan — qui souffre par ailleurs d'un scénario convenu : humanité en péril et bons sentiments. Le producteur associé est Kip Thorne, physicien théoricien spécialiste des trous noirs, professeur au Caltech (Californie.) Il revient ici sur l'un de ses thèmes favoris, les trous de ver, qu'il avait déjà étudié à la demande de l'astronome Carl Sagan pour les besoins du film *Contact* (sorti en 1997).

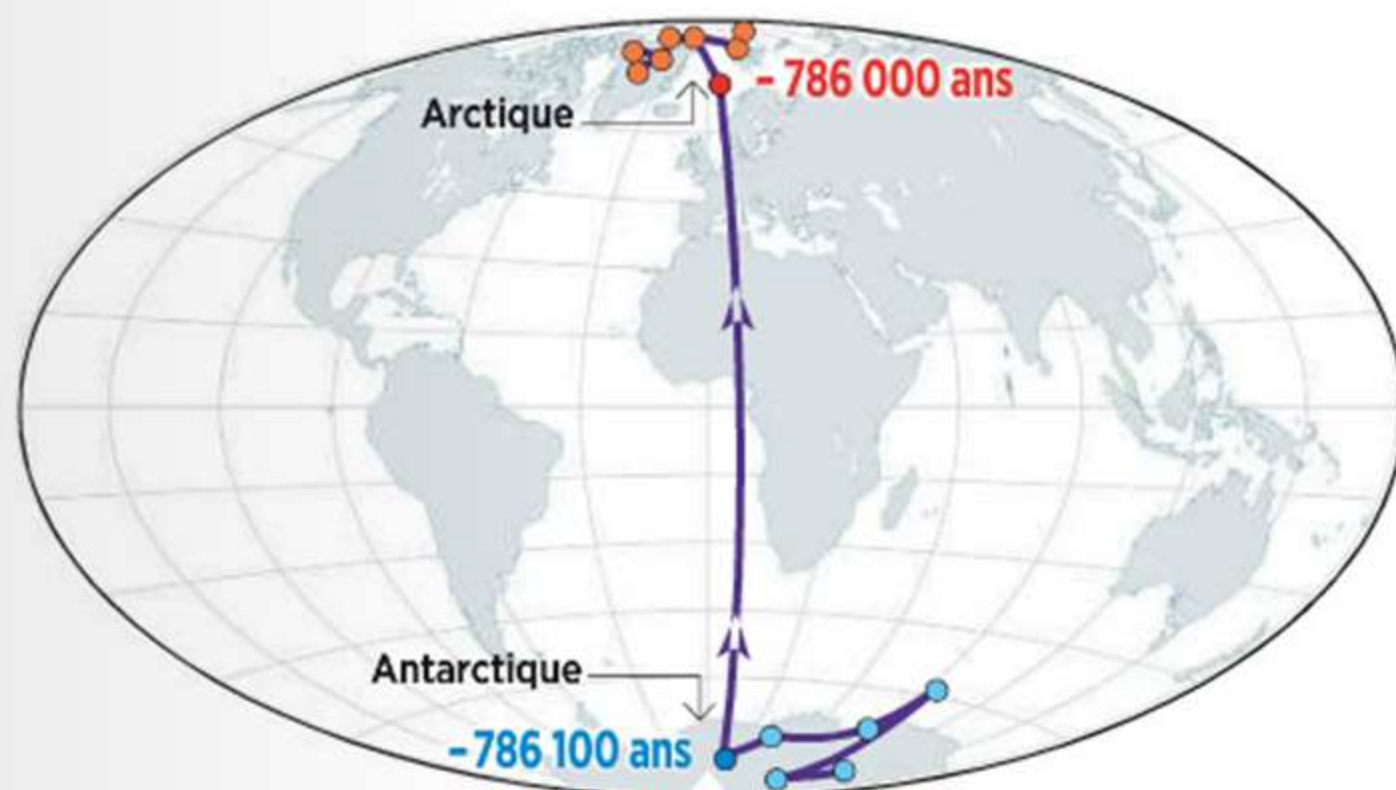
Au bout de près de trois heures — le film aurait gagné à être plus court —, on en ressort avec beaucoup de questions... de sciences. L'histoire suppose que la physique qui régit les mondes loin-

tains est la même que celle que l'on connaît ici-bas, même s'il faut s'attendre à quelques surprises. Ainsi ce phénomène étonnant : sur la planète liquide imaginaire située à proximité de l'étoile trou noir, des vagues de plusieurs centaines de mètres se succèdent. La logique est cependant respectée : l'effet de marée d'une étoile massive s'exerce effectivement très fortement sur ses planètes, notamment leur élément liquide. C'est d'ailleurs ainsi que l'on explique, dans notre système solaire, le volcanisme d'Io, proche de Jupiter. Cette lune est en effet soumise à de telles forces de marée que les matériaux de son cœur sont en fusion. De tels détails scientifiquement cohérents abondent dans le film. Pour aller plus loin, Kip Thorne prépare un livre traitant de la science d'*Interstellar*. ■ Azar Khalatbari



LE + NUMÉRIQUE

► L'interview d'Alain Riazuelo à la sortie de la projection et une vidéo explicative sur la perception visuelle des trous noirs réalisée par Sciences et Avenir sur <http://sciav.fr/814cine>



Il y a **786 100 ans** se produisait la dernière inversion des pôles magnétique nord et sud par rapport aux pôles géographiques.

Cent ans pour inverser les pôles

La rapidité de la dernière inversion des pôles magnétiques surprend les chercheurs.

L SUFFIRAIT D'UN SIÈCLE pour que les pôles magnétiques — le point de convergence des lignes de champ magnétique terrestre — de notre planète s'inversent, et non pas plus de mille ans comme les scientifiques le pensaient jusqu'à présent. Une équipe des chercheurs italiens, français et américains vient en effet de découvrir que la dernière inversion, qui a eu lieu il y a environ 786 000 ans, s'est produite en moins de cent ans. Une conclusion qui s'appuie sur des données récoltées dans le bassin de Sulmona, en Italie centrale. « *Les sédiments s'y accumulent rapidement, ce qui permet un archivage temporel très détaillé* », analyse Sébastien Nomade, chercheur du CEA au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, qui a participé à l'étude. Une vraie mine d'or pour les scientifiques car ces sédiments ont pu être datés avec précision grâce aux éruptions volcaniques qui y ont laissé leur marque.

L'analyse des particules de magnétite présentes dans ces strates géologiques a ainsi révélé avec une finesse inégalée sur cette période les variations d'orientation et d'intensité du champ magnétique (aussi appelé magnétosphère), véritable bouclier invisible protégeant la Terre du bombardement des particules solaires. « *Avant l'inversion des pôles, on observe un affaiblissement du champ sur près de 2500 ans* », rapporte le chercheur français. Une situation qui présente une troublante similitude avec les données récentes, envoyées par les satellites de la mission Swarm qui auscultent la magnétosphère depuis l'espace. Selon celles-ci, notre champ magnétique est en train de perdre 5 % de son intensité par décennie, une baisse dix fois plus rapide que ce qui était envisagé jusqu'ici. Cependant « *tant que le champ n'est pas 90 % plus faible qu'aujourd'hui on ne risque pas d'inversion imminente* », rassure Sébastien Nomade. ■ **Audrey Boehly**

BETTY LAFON

Nombres à compter et à raconter

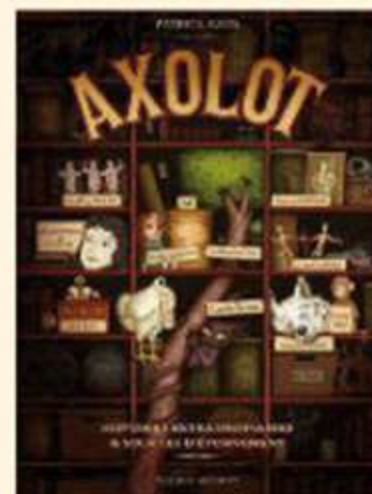


Stella Baruk, Seuil, 220 pages, 13,50 €

Le mathématicien allemand Leopold Kronecker (1823-1891) a déclaré : « *Dieu a fait les nombres entiers, tout le reste est l'œuvre de l'homme.* » Cette discrimination à l'égard de tout le reste — relatifs, incommensurables, imaginaires, etc. — a interpellé la petite-fille de l'auteur. Qu'ont-ils de si particuliers ces entiers divins ? s'est-elle demandé. Réponse de la mathématicienne à travers dix chapitres sous forme de dialogues où elle raconte

avec brio l'histoire du zéro, des nombres premiers, de l'écriture sumérienne, des grands nombres, de l'infini... ■ **Azar Khalatbari**

Axolot

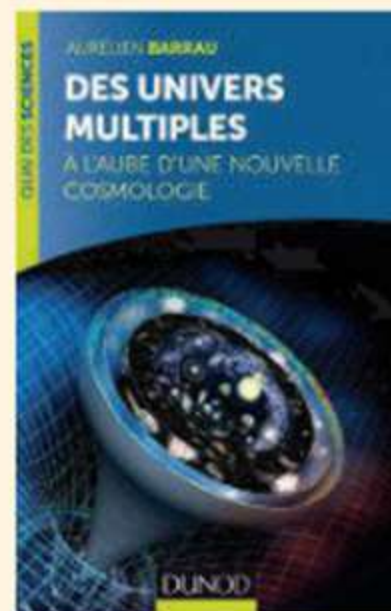


Patrick Baud, Delcourt, 128 p., 19,99 €

Traqueur acharné d'anecdotes scientifiques insolites sur son blog (axolot.info), Patrick Baud a confié à une vingtaine d'auteurs de BD le soin d'illustrer certaines d'entre elles. Mike le poulet sans tête, Henrietta Lacks et ses cellules immortelles ainsi qu'une vingtaine d'autres histoires prennent ainsi vie sous le crayon de Marion Montaigne ou de Boulet, entre autres.

Certains illustrateurs s'en sortent mieux que d'autres, c'est le lot de toutes les anthologies de ce genre, mais l'ensemble reste ludique et rafraîchissant. ■ **Hervé Ratel**

Des Univers multiples. À l'aube d'une nouvelle cosmologie



Aurélien Barrau, Dunod, 176 p., 14,50 €

Depuis à peine deux ans, la physique fondamentale a connu plusieurs frissons : il y a eu la découverte du boson de Higgs, puis des résultats cosmologiques inédits. À la lumière de ces nouveautés, Aurélien Barrau explore une hypothèse cosmique parmi les plus séduisantes, celle d'univers parallèles, dans un multivers qui offre un large champ des possibles. Possèdent-ils les mêmes constantes fondamentales que notre monde ? La vie peut-elle s'y

développer ? L'auteur examine ces questions dans un essai lumineux et pédagogique, riche en éléments historiques et philosophiques. ■ **A. Kh.**



VANOSHLAMOV AFP / POURSCIENCE ET Avenir

Après la découverte d'une mandibule, en 1991, les fouilles se sont poursuivies à Dmanisi. Depuis, les archéologues ont mis au jour les restes d'une douzaine d'*Homo* les plus anciens d'Eurasie.



Sur la piste des pionniers européens

À Dmanisi, en Géorgie, des fouilles ont révélé les fossiles des premiers hommes à être sortis d'Afrique, il y a 1,8 million d'années. Reportage sur un site exceptionnel.

Par Rachel Mulot

DES CRIS EXCITÉS ET PLAIN-TIFS déchirent la nuit « Des chacals dorés... Il n'y a plus de loups par ici, sauf peut-être en plein hiver quand ils descendent de la haute montagne », précise Maia Bukhsianidze, du Muséum national de Géorgie. Nous sommes à 1000 m d'altitude, dans les collines de Dmanisi, à 85 km au sud-ouest de Tbilissi, la capitale du pays. Sur le territoire privilégié des grands carnivores depuis près de 2 millions d'années parmi lesquels... nos ancêtres *Homo* ! Dmanisi livre



Zevza et Mzia, Adam et Ève nationaux de Géorgie, « tagués » sur les murs de Tbilissi.

RACHEL MULOT

en effet depuis plus d'une décennie les fossiles des plus anciens hommes découverts en Europe (lire S. et A. n° 802, décembre 2011, p. 56). Et ces « little people of Dmanisi », comme les appelle le préhistorien Reid Ferring, de l'université du Nord-Texas (États-Unis), qui fouille ici depuis vingt-et-un ans, sont des pionniers de l'histoire de l'humanité : les premiers à être sortis d'Afrique, il y a un peu moins de 1,8 million d'années, et à avoir colonisé le Vieux Continent. Les restes d'une douzaine d'indivi-

us ont été exhumés depuis 1991 sur un promontoire proche des frontières arménienne, turque, et azerbaïdjanaise. Et leur étude révolutionne notre vision de l'évolution et des comportements de ces premiers humains.

En ce petit matin couvert, direction le fameux site fossile identifié par les spécialistes comme une zone de chasse préhistorique. Depuis le siège de la mission paléontologique, il ne faut qu'une douzaine de minutes en 4x4 Lada pour traverser le hameau, déva-



David Lordkipanidze, directeur du Muséum national géorgien, présente le fossile d'un crâne vieux de 1,8 million d'années trouvé sur le site.

ler la colline puis escalader le promontoire de lave. Un volcan était ici en activité il y a 1,8 million d'années. Chercheurs et étudiants fouillent cet éperon rocheux spectaculaire élevé à 80 m au-dessus du confluent des rivières Mashavera et Pinezaouri. Le site est couvert d'arbres... et de ruines médiévales. Au Moyen Âge, une forteresse s'y dressait, où convergeaient les caravanes de la route de la soie. Aujourd'hui, quelques gardes déverrouillent les grilles pour laisser les visiteurs entrer sur le

site. Ainsi l'a voulu le paléanthropologue David Lordkipanidze, directeur du Muséum national de Géorgie et patron de la mission de Dmanisi. Un auvent *design*, des terrasses et des passerelles de bois et de verre facilitent la circulation sans entraver le travail des chercheurs ; s'y ajoutent quelques cartels transparents, une salle vidéo, des vitrines de moulages de fossiles et un box abritant la sculpture d'une petite femme *Homo de Dmanisi*, le poing dressé, armée d'un caillou. David Lordkipanidze

rêve de développer encore l'infrastructure, heureux du chemin parcouru depuis ce jour de septembre 1991 où la première mandibule humaine a été découverte. « C'était le tout dernier jour des fouilles. Des chercheurs avaient trouvé dès 1983 un rhinocéros ancien et essayaient depuis de confirmer la grande ancienneté du site », se souvient-il, ému.

Des *Homo* primitifs au bord de l'Europe ? Impensable !

La nouvelle fait aussitôt le tour du monde mais suscite l'incrédulité. Des *Homo* primitifs aux portes de l'Europe, il y a près de 1,9 million d'années ? Impensable ! « À l'époque, la plupart des spécialistes s'accordaient à dire que les premiers hommes n'étaient pas sortis d'Afrique, le berceau de l'humanité, avant -1 million d'années. » En dépit des difficultés, les Géorgiens poursuivent les fouilles et constituent une équipe internationale avec des chercheurs venus des États-Unis, de France, de Suisse, d'Italie et d'Espagne. Et, en 1999, la découverte de deux crânes cloue enfin le bec aux sceptiques. Le président géorgien d'alors, Édouard Chevardnadze, les baptise aussitôt Zevza et Mzia, les érigeant en « Adam et Ève » nationaux. Ce qui fait encore sourire la paléontologue Maia Bukhsianidze : « Il pourrait s'agir de deux femmes ! La question du dimorphisme sexuel chez les humains de Dmanisi reste à creuser. » Qu'importe ! Le couple entre dans la légende, « tagué » aujourd'hui encore par des artistes de rue dans la capitale. En 2000, l'étude géologique et stratigraphique du site confirme que les sédiments contenant les restes d'hominidés se sont déposés il y a un peu moins de 1,8 million d'années. Les premiers Européens connus sont donc bien originaires de ce coin de Caucase ! « Pendant longtemps, Dmanisi a été la seule bonne nouvelle en provenance de Géorgie, raconte Reid Ferring. ►

Les traces des plus anciens hommes en Europe



► Les Russes étaient partis et le pays, qui avait acquis son indépendance en 1991, était paralysé sur le plan économique, en proie à la guerre civile... » Mais à Dmanisi les découvertes se succèdent, assurant un rayonnement international au site. En une vingtaine d'années, les restes d'une douzaine d'individus avec pas moins de cinq crânes sont exhumés, dont le « crâne 5 », découvert en 2005, considéré comme le mieux préservé au monde. Et ce n'est pas fini ! « Le

POUR EN SAVOIR PLUS

► Le site du Muséum national géorgien avec un point très complet sur les fouilles de Dmanisi (en anglais) : www.dmanisi.ge

site a un énorme potentiel, assure David Lordkipanidze. Nous avons effectué 25 sondages qui nous permettent d'affirmer que nous disposons d'au moins 50 000 m² de sols susceptibles de receler des fossiles. Il y a du travail pour des générations de scientifiques ! » Pourquoi ces hommes sont-ils sortis d'Afrique, où l'on trouve les plus anciens fossiles de préhumains, datés d'il y a 6 à 7 millions d'années ? « Ils n'ont pas simplement suivi, comme on a tendance à le dire,

l'expansion de leur environnement naturel car la faune de Dmanisi n'est pas, comme eux, d'origine africaine, mais européenne, souligne David Lordkipanidze. Peut-être est-ce leur comportement social de carnassiers ou de charognards qui leur a permis de s'étendre dans tout l'Ancien Monde. » Les chercheurs sont ainsi de plus en plus nombreux à penser que le Caucase a constitué un carrefour avant que les hommes de Dmanisi n'essaient jusqu'à Atapuerca (Espagne), au Moyen-Orient, en Syrie, à Java et peut-être en Chine.

Et à quoi ressemblaient ces pionniers intrépides ? À des gringalots, « bas du front » mais avec des jambes de marathoniens, à en croire les paléanthropologues ! « Leurs membres inférieurs et leurs vertèbres étaient tout à fait adaptés à la course et leurs pieds possédaient déjà une voûte plantaire bien développée », explique David Lordkipanidze. Ils mesuraient environ

GÉOLOGIE

Des fossiles concentrés dans l'espace et le temps

Dmanisi concentre sur une vingtaine d'hectares le plus grand nombre de fossiles d'hommes anciens aux alentours de -2 millions d'années, alors que les gisements africains sont éparpillés sur des milliers de kilomètres et couvrent de 7 millions à quelques dizaines de milliers d'années. Tout d'abord, la pédogenèse (les processus de transformation) des sols est relativement faible. Ensuite, le site de chasse de Dmanisi était constitué de puits, de tunnels — parfaites tanières pour les carnivores — qui se sont effondrés, agissant comme des pièges à sédiments. Enfin les restes d'*Homo*, de leurs prédateurs ou de leurs proies ont été enfouis très vite — et donc préservés — après leur mort par les cendres que les volcans crachaient alentour. Les chances de trouver un ADN en bon état à Dmanisi semblent excellentes. Les premiers tests devraient être réalisés sur des ossements d'herbivores.



Dmanisi



En Géorgie, le site de Dmanisi a livré plusieurs spécimens d'*Homo erectus* — ou homme premier — vieux de 1,8 million d'années.

INFOGRAPHIES: MENDI BENEZAR POUR SCIENCES ET Avenir

1,50 m, pesaient au maximum 50 kilos et étaient surtout dotés d'un tout petit cerveau, variant de 546 cm³ à 775 cm³ selon les individus. Soit deux fois moins que celui des *Homo sapiens* d'aujourd'hui. La preuve que « l'homme n'avait pas besoin d'être pourvu d'un gros cerveau, ni d'un bagage technologique sophistiqué pour partir très tôt à la conquête du monde », comme aime à le dire le paléanthropologue Yves Coppens.

Des gringalets qui taillaient des outils rudimentaires

Leur forte mâchoire suggère en outre qu'ils se nourrissaient d'aliments végétaux fibreux et de viande crue... Ils ne maîtrisaient pas le feu. « Ils taillaient des outils rudimentaires, d'où ils tiraient des éclats et des "denticulés" propres à trancher la viande », raconte l'archéologue Teona Shelia. Leurs membres supérieurs étaient déjà anatomiquement capables de lan-

cer des armes de jet. « Nous avons retrouvé des tas de petites pierres provenant de sites éloignés de plusieurs kilomètres. Nous pensons qu'ils s'en servaient pour "caillasser" leurs proies ou éloigner les autres carnivores », poursuit la chercheuse. Il est vrai que rodait ici des hyènes, des panthères, des tigres à dents de sabre... et que la compétition était féroce. Avec une belle étendue d'eau, ce biotope de steppes et de forêts attirait en effet une vaste faune de mammoths, chevaux, bovidés, autruches et daims...

« Pour décrypter le comportement de ces humains préhistoriques, les meilleurs modèles sont d'ailleurs les canidés sauvages qu'ils côtoyaient et non les chimpanzés », soutient Reid Ferring. « Comme les loups, ces hommes chassaient en groupe car c'est le meilleur moyen d'obtenir beaucoup de nourriture dans un environnement compétitif. Comme eux, ils se partageaient les tâches, chassaient dès l'adolescence et rapportaient probablement de la viande pour les petits et les mères allaitantes », souligne le Texan, l'œil pétillant d'autodérision, fasciné à l'idée de comprendre « quel genre de valeurs familiales avaient "ces gens" ». Ainsi, parmi les fossiles exhumés figure celui d'un senior édenté qui n'aurait pas survécu sans l'aide de ses congénères pour

mâcher sa viande. Et ceux de deux femmes, ce qui tend à montrer que la chasse était menée indifféremment par les deux sexes.

Un coup de balai dans notre arbre généalogique

Dmanisi n'a pas fini de surprendre. La publication récente de l'étude approfondie et comparative des cinq crânes retrouvés a ainsi provoqué un nouveau choc en donnant un coup de balai dans les arbres généalogiques compliqués établis par des générations de chercheurs (lire S. et A. n° 802). « Malgré leurs différences anatomiques, nous estimons que les fossiles appartenaient tous à l'espèce *Homo erectus*, explique ainsi Christoph Zollikofer, de l'Institut d'anthropologie de Zurich (Suisse), coauteur de l'article. Et nous pensons que les différences morphologiques constatées jusqu'alors entre les fossiles datés autour de -1,8 million d'années — qu'ils soient d'Afrique ou d'Eurasie — reflètent aussi des variations internes aux *Homo erectus*. »

Aux oubliettes de la science les *Homo habilis*, *ergaster*, *rudolfensis* ou *georgicus* ! Place au seul *Homo erectus* ou, mieux à « l'homme premier ». « Imaginez que l'on retrouve un jour les jambes de Shaquille O'Neal [basketteur américain mesurant 2,16 m] et le crâne de Danny DeVito [acteur américain de 1,50 m]. Bien que différents, ils n'en appartiennent pas moins à la même espèce, non ? », avance David Lordkipanidze. Selon cette nouvelle vision, il y aurait donc une grande diversité à l'intérieur de notre espèce et non une grande diversité d'espèces d'*Homo* vers -2 millions d'années. Le chercheur géorgien réfléchit désormais à la possibilité de faire confirmer cette hypothèse par des analyses d'ADN. Seront-elles matériellement possibles ? (lire l'encadré p. 62.) Les pionniers du Caucase n'ont sans doute pas fini de parler. ■



Les chercheurs Reid Ferring, David Lordkipanidze et Jordi Agustí sur le lieu des fouilles.

VANOSHLANOV AEP. / POUR SCIENCES ET Avenir



▲
Les deux
faces d'argile
présentent une
succession de
241 caractères
disposés en
spirale.

Le disque de Phaistos donne de la voix

Les inscriptions sur le disque crétois, qui résistent à tout décryptage depuis un siècle, reproduiraient une prière destinée à la divinité principale de la civilisation minoenne.

LES INSCRIPTIONS DU MYSTÉRIEUX disque de Phaistos ont peut-être été en partie décryptées, à en croire deux linguistes grec et britannique. Cet étrange disque en argile de 16,5 cm de diamètre et de 1 cm d'épaisseur, conservé au musée d'Héraklion, en Crète, résiste en effet à tout décryptage depuis sa découverte en 1908 sous le plancher d'un palais minoen (1700 avant J.-C.), à Phaistos, dans le sud de l'île. Cela fait donc plus d'un siècle que des légions de spécialistes se cassent les dents sur la signification des énigmatiques symboles

vieux d'au moins 3700 ans qui en estampillent les deux faces. Plus exactement, les 241 caractères répartis en spirale, à partir de 45 signes différents. Lors d'une conférence donnée fin octobre, Gareth Owens, chercheur en linguistique à l'Institut d'enseignement technologique (TEI) de Crète, et John Coleman, professeur de phonétique à Oxford (Royaume-Uni), ont annoncé que le disque reproduisait une prière destinée à la déesse mère, divinité principale du panthéon de la civilisation minoenne, la plus importante de l'âge du bronze du monde

grec (2700-1200 avant J.-C.). Ils auraient ainsi identifié à plusieurs reprises le substantif « mère » sur les deux côtés. Pour parvenir à ces résultats, les deux chercheurs auraient procédé par analogies en s'appuyant sur des études épigraphiques consacrées aux écritures crétoises anciennes, le linéaire A des Minoens (apparu vers 1800 avant J.-C.) et le linéaire B des Mycéniens (1375 avant J.-C.), déchiffré en 1952 par le Britannique Michael Ventris.

Trois occurrences d'une « mère » ou « déesse »

« En comparant des signes hiéroglyphiques crétois découverts sur des sceaux ou sur les doubles haches d'Arkalochori (II^e millénaire avant J.-C.), mis au jour en 1934, avec ceux du linéaire A, puis du linéaire B, nous sommes parvenus à « lire » I-QE-KU-RJA à trois reprises », affirme Gareth Owens. Ce qui se traduirait par « femme, ou déesse, enceinte », I-QE, pouvant selon eux signifier « mère » ou « déesse ». « Nous savons que la religion minoenne comportait un culte de la déesse-mère, mais encore fallait-il le retrouver dans les textes », ajoute-t-il.

Selon Gareth Owens — qui dit avoir beaucoup étudié Jean-François Champollion (1790-1832) et Thomas Young (1773-1829) pour leur analyse des hiéroglyphes —, cette découverte permettrait de décoder 90 % du texte. Mais ce n'est pas la première fois que des interprétations sont ainsi avancées, et des voix dissonantes se sont élevées, faisant remarquer que ces propositions restaient des « probabilités ». « Similitude de forme ne signifie pas automatiquement similitude de prononciation », a par exemple rappelé Brent Davis, archéologue et linguiste spécialisé dans les langues de l'âge du bronze méditerranéen à l'université de Melbourne (Australie). ■ **Bernadette Arnaud**



Valentine D'Elfilippo et James Ball, Marabout, 222 p., 20 €

L'Histoire du monde en infographie

Faire comprendre l'histoire du monde — 13,8 milliards d'années — en 100 infographies divertissantes et intelligentes. C'est le pari mégalomane mais réussi de James Ball — un journaliste britannique doué de la capacité à extraire un point central et fondamental d'une masse d'informations — et de Valentine D'Elfilippo, alias « princesse des pixels », designer ultra-inventive. Cartes, diagrammes... on embrasse les innovations cruciales, les apogées et défaites, l'histoire des empires, des arts, de la technologie, mais aussi la dette publique, le top 5 des morts par arme à feu et par pays ou la cartographie du Web. Le style de la maquette se modernise au fur et à mesure. Infographies et textes d'introduction — bien troussés — méritent une lecture attentive. Les auteurs révèlent certaines de leurs astuces et livrent leurs meilleures sources, notamment sur des sujets complexes (les langues proto-indo-européennes). *L'histoire du monde en infographie* est appelée à devenir un incontournable, après *Datavision* de David McCandless (Laffont, 2011), où le design nous donnait à voir l'information en un clin d'œil. ■ Rachel Mulot

CAHIER DES DINOSAURES

Carina Louart et Séverine Assous, Actes Sud Junior, 48 p., 13,50 €



Que mangeaient les sauropodes ? Comment chassaient les vélociraptors ? De

quelle manière les stégosaures effrayaient-ils leurs prédateurs ? Pimenté de jeux et d'illustrations hautes en couleur, ce cahier d'activités grand format retrace la saga des dinosaures depuis leur apparition, il y a 230 millions d'années. À partir de 6 ans. ■ A. B.

DICTIONNAIRE DES FORMULES MAGIQUES

Claude Lecouteux, Imago éditeurs, 395 p., 24 €



D'« Abracadabra » à « Zorami », gravées sur talismans, murmurées, grommelées,

les formules magiques plongent dans la nuit des temps. Ésotériques, cryptées, maléfiques ou prophylactiques, plus d'un millier d'entre elles, de l'Antiquité au XIX^e siècle, ont été rassemblées par le médiéviste Claude Lecouteux. ■ B. A.

ZÉNOBIE

Annie et Maurice Sartre, Perrin, 348 p., 23,50 €



Elle ne peut être comparée qu'à Cléopâtre tant le mythe et la réalité se

confondent. Estimant que son pouvoir valait bien celui des hommes, Zénobie s'autoproclama impératrice. Entre Rome et la Perse, au III^e siècle, cette reine a réussi à dominer une partie de l'Orient, depuis sa cité de Palmyre, en Syrie. Capturée par Aurélien en 273, elle a fini exhibée en vaincue. ■ B. A.

La Face cachée de Darwin. L'animalité de l'homme



Pierre Jouvénin, Libre et Solidaire, 230 p., 22,50 €

« Le darwinisme présente une double face, étant une théorie scientifique robuste mais avec des conséquences philosophiques discutables : cette énorme source de confusion qui fait que l'évolution a un pied dans les sciences de la vie et l'autre dans les sciences humaines a fait son succès et son malheur. » Longtemps, l'écologue Pierre Jouvénin s'est demandé comment Darwin avait inspiré autant de doctrines contradictoires : marxistes, capitalistes, eugénistes,

anarchistes. Mais aussi quelle était la pensée exacte de l'auteur de *L'Origine des espèces*, homme prudent, voire ambigu. Pour le cerner, il dépouille ses écrits intimes, remet ses idées dans leur contexte, ravive avec finesse et fluidité les débats. Rappelle qu'il est d'abord traduit en France par « la fondatrice du racisme biologique », Clémence Royer, qui le trouve timoré et traduit « selection » non par « sélection » mais par « élection ». Pourtant, pour Darwin, anti-esclavagiste convaincu, la civilisation se distingue de la sauvagerie en ce qu'elle protège ses sujets les plus faibles. Un bijou d'histoire des sciences. ■ R. M.

Mais où sont passés les Indo-Européens ? Le mythe d'origine de l'Occident



Jean-Paul Demoule, Seuil, 752 p., 27 €

Jean-Paul Demoule, archéologue et professeur de protohistoire européenne à l'université Paris-I passe au crible de la critique une question vieille d'au moins trois siècles : où sont passés les Indo-Européens, nos supposés ancêtres ? « Ce petit peuple conquérant originel, qui il y a des millénaires se serait emparé de l'Europe et d'une partie de l'Asie jusqu'à l'Iran et l'Inde. » Une interrogation qui s'est trouvée à la croisée des disciplines : linguistique, archéologie, mythologie comparée, histoire et anthropologie biologique.

Aux 12 thèses classiques de l'hypothèse indo-européenne, « dont l'archéologie la plus moderne ne valide aucune », l'auteur oppose 12 antithèses pour ce « mythe d'origine » qui servit aussi de terreau à l'idéologie nazie. Les Indo-Européens ont-ils seulement existé ? Sont-ils venus des steppes de la mer Noire au V^e millénaire avant J.-C. ? D'Anatolie au VII^e millénaire ? De la Baltique au X^e millénaire ? À l'instar de ces dates et lieux contradictoires, les paradoxes les concernant ne manquent pas. C'est à une traque méthodique de ces incohérences et à la déconstruction du mythe indo-européen que s'est livré l'auteur. Un ouvrage iconoclaste, auquel il a travaillé pendant vingt ans. ■ Bernadette Arnaud

OSTRÉICULTURE Élevage des huîtres. Cette activité s'est beaucoup modifiée ces dernières décennies avec l'élevage sur des « tables » métalliques et l'arrivée des poches en plastique. Le lavage et le criblage des coquillages sont désormais mécanisés.

CRASSOSTREA GIGAS Huître creuse originaire des côtes du Japon et de la Chine. Elle a remplacé dans les élevages français l'huître portugaise *Crassostrea angulata* anéantie par une maladie. L'huître creuse est la plus cultivée au monde.

NAISSAIN C'est le stade où la larve d'huître flottant dans l'eau se fixe sur un support pour commencer à fabriquer sa coquille. 62% des entreprises ostréicoles captent des naissains dans le milieu naturel grâce à des tubes collecteurs.

L'huître dans le creux de la vague

L'hécatombe des huîtres creuses de Marennes-Oléron, victimes d'un virus herpes ravageur, n'a jamais été aussi forte. Problème génétique, climatique ou de pollution ? Enquête dans les pertuis charentais.

Par Loïc Chauveau

PROFITEZ BIEN DE VOS PLATEAUX D'HUÎTRES des réveillons à venir ! Ils font peut-être partie des derniers. Car l'huître creuse *Crassostrea gigas* est très malade. Depuis 2008, larves et naissains meurent en masse dans les pertuis charentais, leur principal lieu de naissance. Cet été, le virus a tué des millions d'huîtres adultes. Le ministère de l'Agriculture a publié en juillet un bilan accablant : avec 80 000 tonnes en 2012, la production a baissé de 26 % en dix ans.

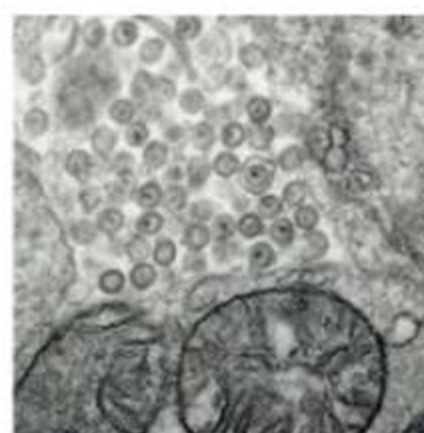
Le responsable ? Ostreid herpes virus 1 (OsHV-1). Ce microvariant d'un virus herpétique semble cibler en priorité les huîtres creuses qui représentent 90 % de la production française et européenne. Les plates *Ostrea edulis* résistent en effet beaucoup mieux. D'où vient le pathogène ? Comment l'éradiquer ? Il n'existe à ce jour aucune réponse satisfaisante. Ce qui désespère la profession ostréicole qui a déjà dû, en 1970, abandonner l'élevage de l'huître portugaise *Crassostrea angulata* ravagée par une épizootie fulgu-

rante, pour cette *Crassostrea gigas* d'origine japonaise, à son tour en danger. L'heure est à la recherche des causes « car si l'on a déterminé l'arme du crime, on ne connaît pas le nom de l'assassin », selon la métaphore employée par Tristan Renault, directeur de l'unité Santé, génétique et microbiologie des mollusques à l'Ifremer.

Une enquête difficile et contestée

L'Ifremer a repéré OsHV-1 dans la chair d'huîtres charentaises pour la première fois en 1991. Ce virus a été très vite reconnu comme responsable de mortalités récurrentes des mollusques. Le séquençage de son génome par le laboratoire de Tristan Renault à La Tremblade (Charente-Maritime) a révélé un ADN de 120 gènes et 207 000 paires de base. « Cet ADN de grande taille pour un virus est plutôt stable et donc évoluerait peu », note le chercheur. Selon lui, les mortalités beaucoup plus graves qu'auparavant constatées à partir de 2008 proviennent d'un variant viral

VIRUS TUEUR



Ostreid herpes virus 1 (OsHV-1)

- Découvert en 1991.
- 120 gènes, 207 000 paires de base.
- Présent sur tous les bassins ostréicoles français ainsi qu'en Irlande.
- Se développe dans des températures supérieures à 16 °C.

non décrit jusqu'alors en France. « Nous n'avons que trois hypothèses pour expliquer l'émergence de ce variant, résume Tristan Renault. Soit il s'agit d'une introduction provenant d'un pays tiers, par des eaux de ballast par exemple, soit c'est une évolution récente d'OsHV-1, soit enfin des facteurs environnementaux ont favorisé l'émergence d'une forme minoritaire issue de la biodiversité virale existante. »

L'hypothèse d'une évolution récente a été écartée car les deux ADN sont assez différents. Mais les deux autres explications restent ouvertes. L'Ifremer a entamé une collaboration internationale pour comparer des formes virales présentes en Corée, au Japon, en Australie ou en Chine : « Quant à la piste de la biodiversité, elle est ardue car on ne connaît pas grand-chose des espèces virales présentes dans le milieu marin », reconnaît Tristan Renault. Ces précautions scientifiques ne passent pas du tout auprès des ostréiculteurs. Certains ont d'ailleurs assigné en justice l'Ifremer pour négligence et défaut de surveillance



(lire l'encadré p. 68). Quoi qu'il en soit, l'enquête sur cette mortalité de masse se révèle difficile. Tour d'horizon de ses possibles causes.

Une eau à plus de 16° C active les virus

C'est « le » signal environnemental. Les virus se multiplient dès que la température de l'eau excède les 16 °C. C'est ainsi que l'hécatombe débute en avril sur les parcs du

pourtour méditerranéen et du Sud-Ouest pour se poursuivre quelques semaines plus tard en Charente-Maritime, Bretagne, puis Normandie. Il semble qu'à cette température, l'huître verrait son métabolisme se « réveiller » après s'être endormi l'hiver. Son organisme serait à cette période particulièrement vulnérable. En effet, alors qu'elle redémarrerait la reproduction et la maturation de

ses gonades, l'huître reprendrait sa croissance, le tout lui demandant beaucoup d'énergie. Il suffirait que le milieu marin ne soit pas suffisamment chargé en éléments nutritifs pour qu'elle s'affaiblisse, la rendant plus sensible à l'attaque de pathogènes. Personne cependant ne connaît les mécanismes en œuvre qui réactivent l'infection virale.

Un patrimoine génétique appauvri

Autrefois monolithique, la profession ostréicole est désormais divisée. En cause : la provenance des naissains. Jusqu'en 2000, les ostréiculteurs prélevaient au printemps les larves d'huîtres grâce à des tubes d'acier plongés dans les eaux marines proches des estuaires. Les modifications apportées au milieu naturel ont rendu cette collecte plus aléatoire et l'aquaculture s'est emparée du marché en offrant des naissains nés en éclosiers. Ceux-ci peuplent aujourd'hui 30 à 40 % des parcs. Par ailleurs, l'Ifremer a créé au début des années 2000 des huîtres ►

▲
La production nationale, 80 000 tonnes en 2012, a baissé de 26 % en dix ans. L'huître creuse *Crassostrea gigas* (ci-dessus) représente plus de 95 % de la production.



90 à 95 % des huîtres issues d'écloseries (ici Graineocéan, à Saint-Martin-de-Ré) sont triploïdes, des coquillages stériles, mis au point par l'Ifremer.

XAVIER DESMER

► triploïdes, stériles, qui grandissent plus vite et se consomment en période de reproduction (*lire S. et A. n° 757, mars 2010*). Les écloseries ont adopté cette technologie si bien qu'aujourd'hui 90 à 95 % des naissains sont triploïdes. Ces huîtres « non naturelles » ont-elles appauvri le patrimoine génétique et rendu l'espèce plus vulnérable aux pathogènes ? Les ostréiculteurs « traditionnels » n'utilisant que des naissains naturels en sont persuadés. Pour les naissains non triploïdes, les écloseries procèdent par sélection. Les aquaculteurs choisissent des géniteurs remarquables par l'importance de leur chair et leur rapidité de croissance. Mais n'ont-ils pas ce faisant affaibli les caractères de résistance ? Le syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français (SYSAAF) s'en défend et met en avant son programme de sélection des individus résistants qui échappent aux mortalités massives. Il semble par ailleurs que le défaut de surveillance du virus dans ces écloseries — reproché à l'Ifremer — ait participé à la diffusion de la maladie. Quant à l'effet d'appauvrissement génétique des triploïdes, le rapport de Jean-Dominique Puyt, professeur

à l'École vétérinaire de Nantes, rejoint la position de l'Ifremer : elles n'ont aucun effet génétique ou autre sur les huîtres sauvages.

Une trop forte densité d'élevage

Et si les ostréiculteurs étaient en partie responsables de ce qui leur arrive, avec une trop forte densité d'huîtres ? « Les ostréiculteurs savent bien qu'il y a des zones marines où les coquillages poussent mieux, d'où des concentrations importantes de parcs », souffle Jacques Baron, ostréiculteur à Marennes. Dans ce cas, « les chances de transmission du virus à partir d'huîtres moribondes ou mortes sont élevées », écrit Jean-Dominique Puyt dans son rapport remis à la justice (*lire ci-dessous*) qui souligne également la forte augmentation de densité des parcs

47 %

la part de la région Poitou-Charentes dans la production nationale d'huîtres.

2900

Le nombre d'entreprises conchyliques en France. Le secteur emploie près de 18 000 personnes.

entre 1990 et 2008. En théorie, les 10 640 hectares de concessions où sont élevées les huîtres françaises respectent les bonnes pratiques d'élevage qui recommandent de ne pas dépasser les 10 kilos de coquillages par mètre carré. Mais sur bon nombre de sites, il semble que cette règle ne soit pas respectée. « Les contrôles de l'administration sur les parcs sont rares car les fonctionnaires sont très peu nombreux et les inspections en mer plutôt pénibles », constate Jacques Baron.

Les transferts de naissains d'huîtres et de coquillages adultes sont aussi pointés du doigt. Si OsHV-1 a très rapidement infecté quasi tous les bassins ostréicoles, c'est que la totalité des naissains proviennent de Charente-Maritime et du bassin d'Arcachon. Le virus a donc voyagé par camion. Aujourd'hui, il existe quelques zones ostréicoles, notamment en Bretagne, qui sont exemptes du virus. Leurs caractéristiques : utilisation exclusive de naissains naturels, absence de transferts, faible densité des parcs.

La dégradation du milieu marin

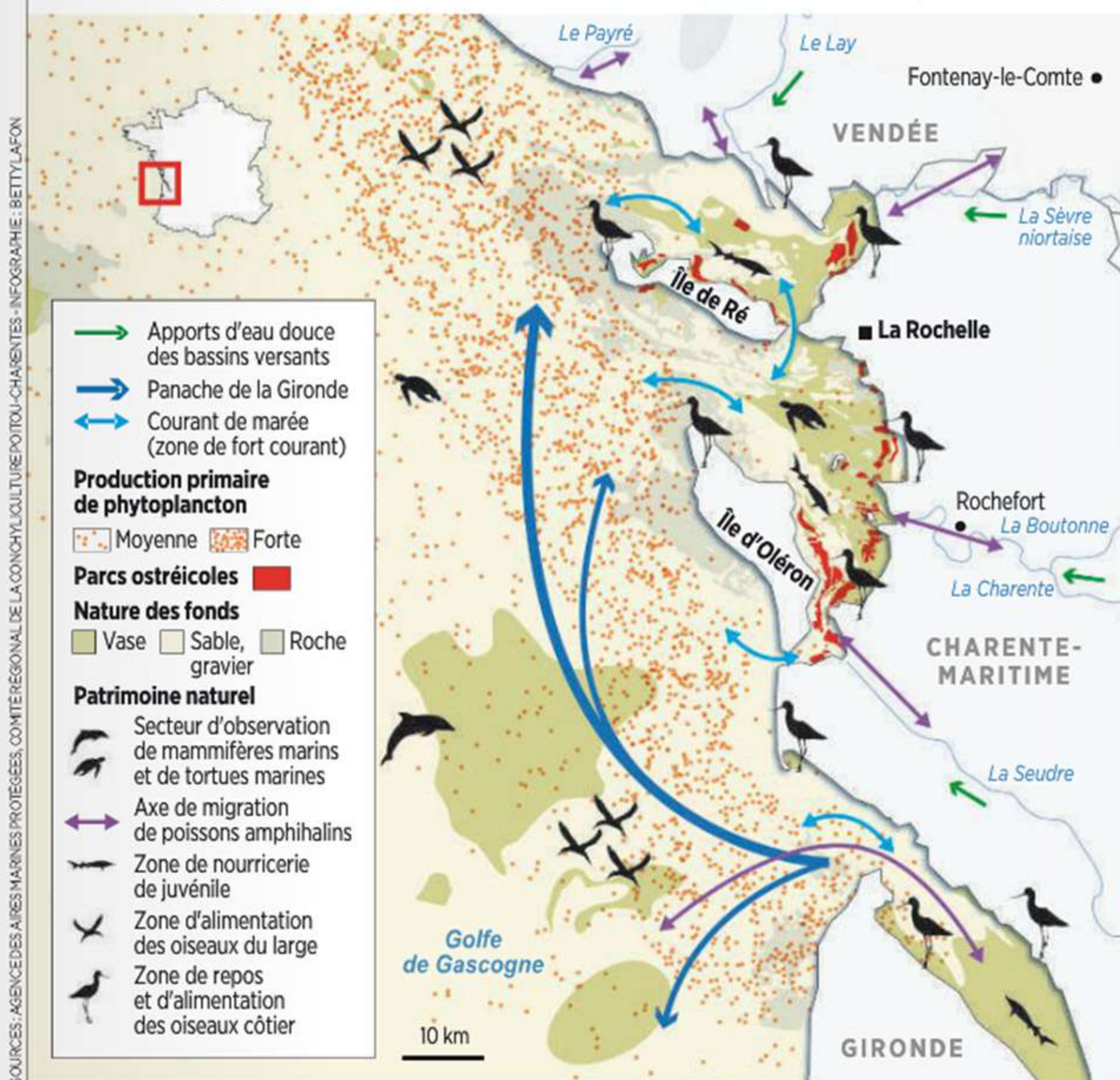
Perte de biodiversité, pollutions agricoles et urbaines : ces constats font l'unanimité du monde ostréicole et l'Ifremer reconnaît que ces phénomènes pourraient être un facteur facilitant la diffusion du virus tueur. La mer ne serait donc plus ce qu'elle était : « Autrefois, les dauphins venaient jusque dans les estuaires de la Seudre et de

POLÉMIQUE

Des producteurs attaquent l'Ifremer en justice

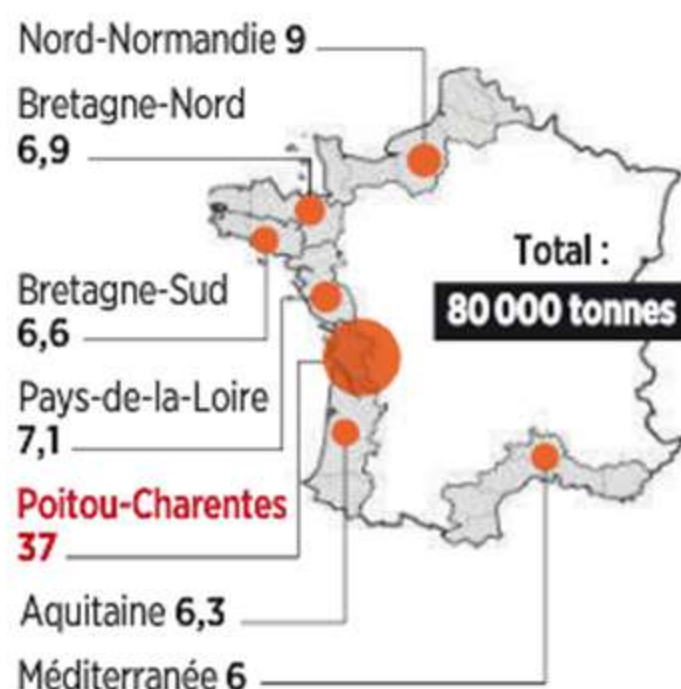
L'association Ostréiculteur traditionnel, qui regroupe 70 producteurs, a assigné l'Ifremer auprès du tribunal administratif de Rennes pour négligence et défaut de surveillance. La justice a confié une expertise à Jean-Dominique Puyt, professeur à l'école vétérinaire de Nantes. Son rapport remis au printemps dernier au tribunal semble conforter les plaignants. Selon l'expert, « l'Ifremer se trouve en défaillance pour ne pas avoir compris que les mortalités d'avant et d'après 2008 étaient majoritairement provoquées toutes les deux par une infection herpétique avec, semble-t-il, deux virus dont la parenté est inconnue ». L'Ifremer aurait tardé à alerter sur les causes de la mortalité et n'aurait pas diffusé les mesures prophylactiques à prendre. On devrait donc très bientôt débattre à Rennes autour des questions de mutation des virus pathogènes du milieu marin (*lire ci-contre*).

Les pertuis charentais, un écosystème complexe



Production d'huîtres creuses en 2012

(en milliers de tonnes)



Protégés par les îles, les estuaires

de la Sèvre niortaise, de la Charente et de la Seudre constituent des écosystèmes au fonctionnement complexe. Les apports de ces fleuves en eau douce et en matière organique favorisent une importante production primaire de phytoplancton, base de la chaîne alimentaire marine. Ces conditions favorisent l'éclosion des larves d'huîtres. Mais en retour, la production massive de mollusques originaires du Pacifique se répercute sur le milieu d'une façon aujourd'hui inconnue. Ces zones littorales sont des sites importants de reproduction des poissons et de nidification des oiseaux.

la Charente, on voyait des anguilles en masse et on trouvait des crevettes jusque dans les claires, les bassins d'affinage », regrette Gérard Viaud, président du Comité national conchylicole (CNC). « Tout cela est vrai, mais doit être pondéré, estime Jacques Pigeot, président d'Île d'Oléron, développement durable et environnement (Iodde). Des espèces ont effectivement disparu, mais certaines réapparaissent, comme récemment le crabe de roche qu'on n'avait plus vu depuis des décennies. On en connaît trop peu pour dire des choses définitives. » Les chercheurs de l'unité Littoral environnement et sociétés (Lienss, CNRS-université de La Rochelle) sont justement chargés d'évaluer

la qualité des milieux marins et estuariens pour la directive-cadre sur l'eau (DCE), adoptée en 2000 par l'Union européenne. Selon ce texte, les « masses d'eau » du littoral doivent être en « bon état écologique » dès 2015, et pour les pertuis charentais, c'est déjà le cas : « Nous procédons deux fois par an à des prélèvements de vases, sables et sédiments où nous recherchons la présence d'un millier d'espèces benthiques indicatrices de la qualité du milieu, comme les vers marins, ou des coquillages sauvages tels que les coques », explique Denis Fichet, chercheur au Lienss. « Ce que nous constatons, c'est que ces zones littorales sont de bonne qualité et qu'elles ne se dégradent pas », assure-t-il.

Le rôle des rejets agricoles terrestres est cependant reconnu. Outre les apports en engrais chimiques et pesticides, la culture intensive de maïs perturbe les apports en eau douce nécessaires à la reproduction de l'huître. Cette eau que les marais renaient autrefois en hiver était relâchée peu à peu tout au long du printemps, provoquant une baisse de salinité favorable au plancton en général et aux larves d'huîtres en particulier. Le maïs oblige à drainer très vite les terres au début du printemps, perturbant ainsi le cycle naturel. Le fait est dénoncé par des ostréiculteurs, amers, qui se sentent délaissés face à l'omnipotente agriculture. ■

Des outils de mesure du CO₂ pour ausculter la planète

Stations à terre, bouées et satellites permettent aux scientifiques de quantifier les émissions de dioxyde de carbone et d'affiner leur scénario d'évolution du réchauffement climatique.

CESONT DES DONNÉES ESSENTIELLES pour les négociations sur le climat qui se dérouleront à Paris en 2015 : combien de tonnes de CO₂ sont relâchées par l'activité humaine, la déforestation, les incendies ? Combien sont stockées dans l'atmosphère, la végétation, les océans ? Combien de temps reste-t-il pour agir afin d'éviter une hausse des températures moyennes supérieure à 2 °C ? Pour quantifier ce cycle du carbone, les climatologues disposent de trois outils : les stations de mesure à terre, les bouées océaniques et les satellites. Les deux premières mesurent les flux de carbone. Avantage : la pertinence de leurs données. Inconvénient : ces dernières ne valent que pour l'endroit où elles ont été enregistrées. Les satellites, eux, fournissent une image globale et révèlent des évolutions rapides grâce à leurs passages fréquents au-dessus des mêmes points du globe. Mais ils sont sans intérêt la nuit et quand il y a trop de nuages.

Le satellite OCO, capable de fonctionner 24 h sur 24, fournira-t-il la solution grâce à ses radars ? La communauté scientifique compte beaucoup sur cet Orbiting Carbon Observatory, lancé par la Nasa le 2 juillet 2014. Sa mission est d'identifier les régions émettrices de CO₂ (zones industrielles et urbaines, zones de déforestation et de mises en culture) et d'aider à mieux situer les zones océaniques et terrestres absorbant les gaz à effet de serre. ■ **Loïc Chauveau**

■ Les logiciels de modélisation

L'évolution du climat dans le passé et les scénarios du futur se basent sur des modèles informatiques traités par de gros ordinateurs qui compilent toutes les données de mesure.



Combustion de carburants fossiles et production de ciment
Industrie, agriculture, bâtiment, énergie, transports et pétrochimie.
32,6 milliards de tonnes de CO₂ par an



HAUSSE DES TEMPÉRATURES

Des rejets à stabiliser en urgence

1000 milliards de tonnes de CO₂ maximum ! Selon les modèles du Giec, c'est la limite d'émissions supplémentaires à ne pas franchir si l'on veut que l'augmentation de la température moyenne du globe n'excède pas 2 °C au cours de ce siècle. Au rythme actuel de 35 milliards de tonnes par an environ, le chiffre de 1000 milliards sera atteint dans trente ans ! Il faudrait donc commencer à stabiliser les rejets avant 2020.



Stockage dans l'atmosphère

Le stockage des gaz à effet de serre dans l'atmosphère est la cause du changement climatique en cours. La teneur en CO_2 est passée de 280 ppm* en 1750 à 400 ppm aujourd'hui (pour éviter de dépasser les 2 °C, il ne faudrait pas aller au-delà de 480 ppm).

* Parties par millions de CO_2 par m^3 d'air.

15,8 milliards de tonnes de CO_2 par an

■ Les stations de mesure au sol

300 stations de mesures des flux de CO_2 au-dessus de la canopée constituent le réseau Fluxnet. Très peu dense, ce réseau construit à partir des années 1980 se concentre dans les pays développés et commence à être mis en place en Amazonie. Par ailleurs, des laboratoires mesurent en continu des parcelles test de cultures, de forêts ou de prairies.

Déforestation,
incendies et mises
en culture

**3,3 milliards de
tonnes de CO_2 par an**

■ Les satellites

Les satellites météo ont fourni les premières mesures à partir des années 1970 mais ce n'était pas leur fonction première. Aujourd'hui, des satellites comme Modis (États-Unis) évaluent dans l'infrarouge l'activité photosynthétique de la végétation avec une résolution de 1 km. Sur mer, c'est l'activité du phytoplancton qu'il observe.

Absorption
du CO_2 par
photosynthèse

**10,6 milliards
de tonnes
de CO_2 par an**



Absorption du
 CO_2 dans l'océan

**9,5 milliards
de tonnes
de CO_2 par an**



■ Les bouées océaniques

Les océans étaient en 2013 parsemés de plus de 3 500 bouées. Les mesures de ce réseau sont complétées par celles venant d'instruments embarqués à bord de navires.



POUR EN SAVOIR PLUS

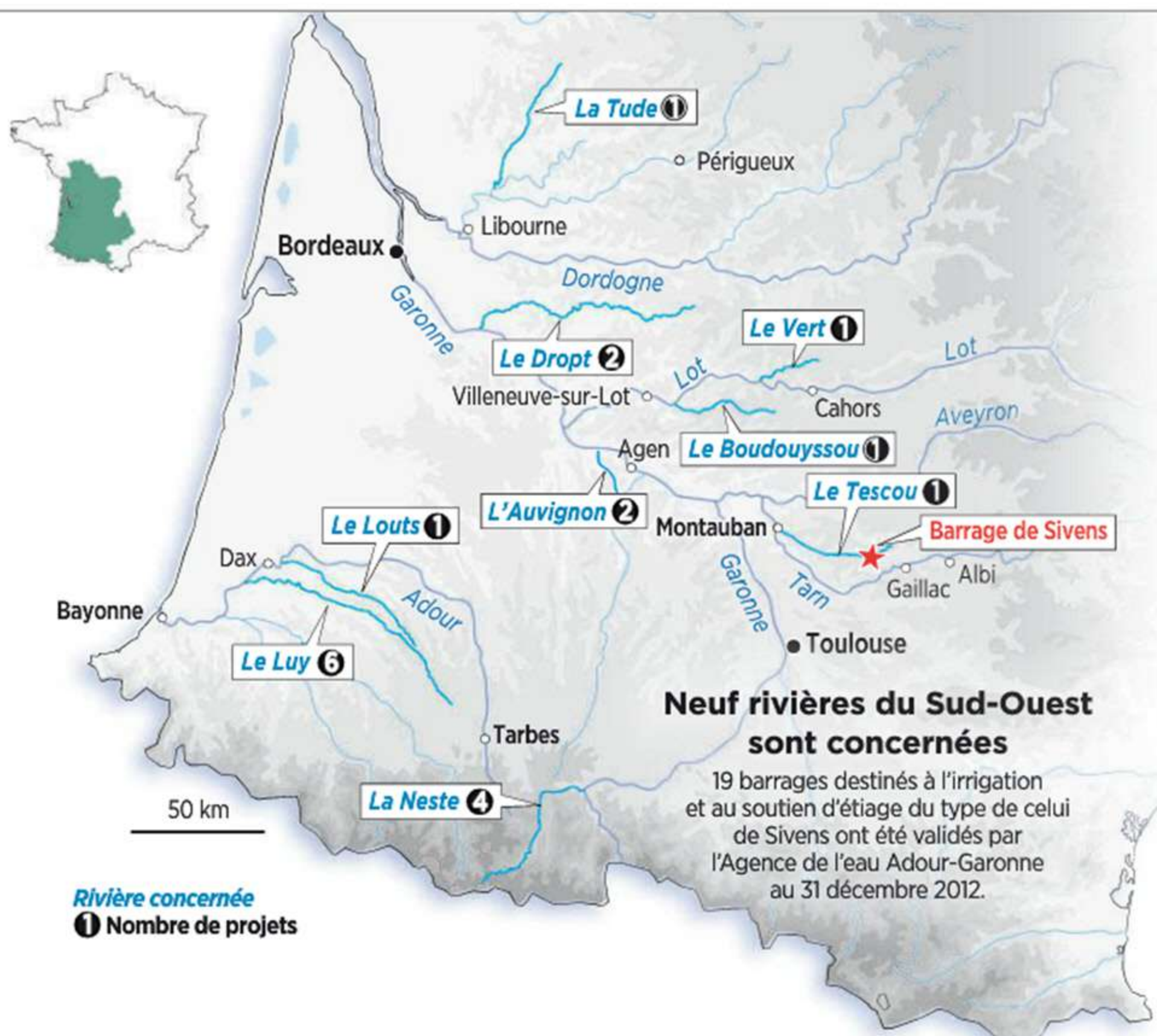
► Le dernier rapport du Giec
<http://newsroom.unfccc.int/>

► Le décompte global
du cycle du carbone
www.globalcarbonproject.org/



CHRISTIAN BELLAVIA / DIVERGENCE

Près de 13 hectares ont été déboisés sur le site de Sivens (Tarn).



Sivens, la bataille de l'eau ne fait que commencer

Réchauffement climatique, baisse des précipitations et des étiages... L'enjeu des barrages dans le Sud-Ouest.

LE CONFLIT AUTOUR du barrage de Sivens (Tarn), qui a fait un mort, Rémi Fraisse, le 25 octobre, est l'une des premières « batailles de l'eau » que pourrait connaître le Sud-Ouest de la France en raison de la baisse importante de la ressource.

Le barrage répondait aux besoins agricoles et au changement climatique

Le bassin Tarn-Aveyron (sous-ensemble du bassin Adour-

Garonne), où coule la rivière Tescou, manque de plus en plus d'eau. Depuis les années 1980, les agriculteurs maintiennent l'irrigation — principalement pour le maïs — à l'aide de retenues collinaires individuelles. Ce qui s'est cependant révélé insuffisant. Car ce bassin se « méditerranéise » selon les auteurs du rapport « Eau et changement climatique en Adour-Garonne », paru en octobre. Il tombait sur cette région près de 1100 millimètres d'eau par

an dans les années 1960, à peine 900 mm aujourd'hui (voir le graphique p. 73). Rivière de moins de 50 km de long pour un bassin versant de 324 km², le Tescou peine d'autant plus à couler l'été que la moyenne des températures dans le grand Sud-Ouest a augmenté de 0,6 °C entre 1901 et 2000. Résultat : le débit maximal au site de Sivens ne dépasse pas 1,1 mètre cube par seconde à son maximum et descend jusqu'à 0,003 m³/s en période d'étiages les plus sévères. En 2001, le conseil général du Tarn a donc décidé la construction du barrage de Sivens dans le but de stocker l'eau en période d'excédent pour un double usage : l'irrigation des cultures en été et le soutien du débit de la rivière.

Mais il n'est plus adapté aux besoins actuels

Jamais revu depuis 2001, le projet du Tescou n'a pas pris en compte les évolutions agricoles locales. Entre 2000 et 2010, la surface

agricole utile (SAU) est passée de 31 000 hectares à 28 700, le nombre d'exploitations de 1038 à 738 (- 29 %) et les surfaces irriguées de 5700 ha à 3800 ha. Les agriculteurs ont en effet opté pour des cultures « sèches » (blé à paille, sorgho) et non des cultures arrosées comme le maïs. Les besoins en eau sont donc maintenant surévalués de 35 %, selon le rapport d'experts demandé par le ministère de l'Écologie publié en octobre. Et ce ne sont pas 80 agriculteurs qui seraient intéressés par le barrage, mais tout au plus 40, le volume nécessaire, estimé à 726 000 m³ à l'origine, n'étant plus que de 448 000 m³. La retenue devrait donc avoir une capacité près de deux fois moindre que celle de 1,5 million de mètres cubes prévue au lancement du projet.

Son impact n'a pas été correctement évalué

Toute zone naturelle détruite par un aménagement doit être compensée par la création, ailleurs, d'autres espaces porteurs de la même richesse écologique. Le site du barrage de Sivens est une zone humide, comportant une quinzaine d'habitats différents qui ne sont cependant pas suffisamment remarquables pour être classés en zone Natura 2000, ce qui aurait assuré leur protection. Ce sont 12,7 hectares qui seraient noyés et la compensation prévue dans le projet — 19 ha — est insuffisante.

Si le barrage se fait, il faudra en fait créer 24 ha de zones humides.

Les travaux déjà effectués ne sont pas irréversibles

Le déboisement des versants du site est terminé et le sol des zones humides a été décapé. Pourtant, le retour à la situation d'origine est, selon les écologues, possible. Le stock de graines toujours présent dans le sol et le maintien du cours naturel de la rivière devraient permettre la réhabilitation d'un habitat écologique riche au bout de quelques années sans grande intervention humaine.

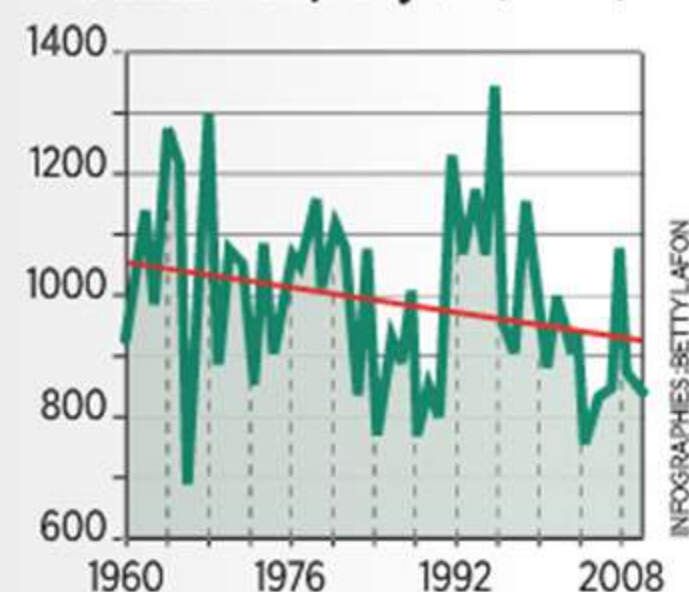
Le problème de Sivens va se poser partout dans le bassin Adour-Garonne

Au 31 décembre 2012, dix-neuf projets de barrage similaires à Sivens étaient validés par l'agence de l'eau Adour-Garonne (voir la carte ci-contre). Seront-ils réalisés ? Ces projets risquent en tout cas de soulever la même hostilité. Or, ils seront cruciaux si les pouvoirs publics continuent d'encourager la culture irriguée du maïs. Car le Sud-Ouest va être particulièrement touché par la pénurie en eau.

Selon les prévisions de Météo France, cette région devrait subir une hausse des températures de 1,5 à 2,8 °C d'ici à 2050. Les grosses chaleurs accroîtront le besoin en eau des plantes alors que les précipitations pourraient baisser de 15 %. Avec une chute de 20 à 40 % de leur débit, les rivières du Sud-Ouest devraient être les plus atteintes de France. Les étiages seront à la fois plus précoces, plus sévères et plus longs qu'aujourd'hui. Si on ne change rien aux modes de culture, il manquera 800 millions de mètres cubes d'eau en 2050, soit plus que les réserves artificielles actuelles estimées à 640 millions de mètres cubes. ■

Loïc Chauveau

Évolution des précipitations sur le bassin Tarn/Aveyron (en mm)



INFOGRAPHIES BETTY LAFON

Hyper Nature



Philippe Martin, Biotopie, 226 p., 29,90 €

Salamandres diaprées, papillons veloutés : l'écologue Philippe Martin fait chatoyer ici 80 espèces, des bords de la Méditerranée aux forêts tropicales, des plus colorées aux plus discrètes. Chaque image est issue de la fusion de dizaines de clichés, la technique de l'« hyperfocus »

lui permet d'atteindre une netteté parfaite, saisissant poils, plumes, écailles, etc. Ce livre a été édité à l'occasion de l'exposition du même nom, visible jusqu'au 18 janvier sur les grilles du jardin du Luxembourg. ■ Rachel Mulot

Comment se promener dans les bois sans se faire tirer dessus

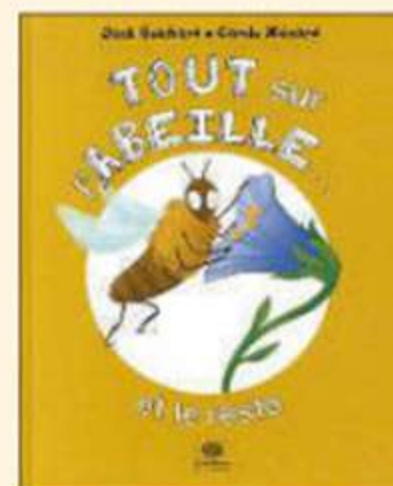


Marc Giraud, Allary Editions, 200 p., 16,90 €

Savez-vous que l'on peut chasser sur la plage au mois d'août ? Qu'il est impossible de sanctionner des chasseurs ivres ? Qu'une battue peut se terminer dans votre jardin, mais qu'il est interdit d'abattre un chat domestique, même s'il divague ? Un naturaliste enquête ici sur le lobby des chasseurs français et éclaire des réglementations complexes

et opaques, avec l'aide des juristes de l'Aspas, l'Association pour la protection des animaux sauvages. Un livre engagé — du côté des promeneurs — et instructif. ■ R. M.

Tout sur l'abeille... et le reste



Jack Guichard et Carole Xénard, Le Pommier, 64 p., 18 €

Têtes à claques, râleuses, égocentriques... Dans cette bande dessinée documentaire, les abeilles ont presque aussi mauvais caractère que les humains ! Un album irrésistiblement drôle écrit par Jack Guichard, ancien directeur du Palais de la Découverte, à Paris, où l'on apprend

que les abeilles voient la vie en bleu, qu'elles passent leur vie à faire du bouche-à-bouche et que la plus vieille d'entre elles a connu les dinosaures.

Pour les curieux de 8 à 88 ans. ■ Audrey Boehly

La lutte contre le glaucome progresse

Bonne nouvelle ! On comprend mieux les causes de cette maladie oculaire grave et on sait mieux la soigner avec des collyres performants et des traitements innovants par ultrasons.

Par Sylvie Riou-Milliot

CHANGEMENT DE CAP dans la recherche sur le glaucome, cette maladie des yeux qui détruit le nerf optique. Plutôt que de traiter uniquement les symptômes à l'aide de collyres, les chercheurs s'attaquent enfin... aux causes. C'est à l'Institut de la vision, à Paris, que des spécialistes de l'Inserm se sont intéressés à une toute petite zone de l'œil, le trabéculum, un tissu formé de fibres enchevêtrées. Celui-ci filtre le liquide intraoculaire, l'humeur aqueuse, qui protège et nourrit le cristallin et la cornée. S'il est altéré, ce liquide ne peut s'écouler correctement. Et la pression intraoculaire augmente, provoquant le glaucome dit à angle

ouvert, le plus fréquent en France (90 %), caractérisé par un champ de vision altéré.

Les chercheurs avaient déjà observé qu'en cas d'atteinte oculaire, les cellules du trabéculum étaient moins nombreuses que dans un tissu sain, ce qui expliquait que la fonction de filtre soit défectueuse. Mais l'équipe de recherche de l'Inserm, dirigée par le Pr Christophe Baudouin, chef du service de chirurgie oculaire à l'hôpital des Quinze-Vingts (Paris) s'est concentrée sur des molécules de l'inflammation qui abondent dans le trabéculum des malades, les chimiokines. Elle a identifié un récepteur de celles-ci, le CXCR3, et s'est interrogée sur

son rôle dans la dégénérescence du trabéculum et son implication dans les modifications cellulaires observées. Les chercheurs ont alors rendu ce récepteur inactif chez le rat. Résultat : la pression intraoculaire a rapidement diminué ! « Nous avons ainsi démontré que la fonction de filtrage du trabéculum pouvait être restaurée, ce qui a protégé la vision des rongeurs pendant plusieurs mois », détaille le Dr Alexandre Denoyer, premier auteur du travail publié dans la revue *Plos One* (2012). Depuis, le médecin-chercheur a pour objectif de vérifier cette hypothèse chez l'homme, dès que les essais pourront débuter, peut-être en 2015. D'ici aux premiers résultats,

2^e
cause de cécité
dans le monde
(7 millions d'aveugles).

EN FRANCE
600 000
personnes sont traitées
(60 millions dans
le monde).

400 000
personnes atteintes
sans le savoir.

1 à 2 %
des plus de 40 ans.

10 %
des plus de 70 ans.

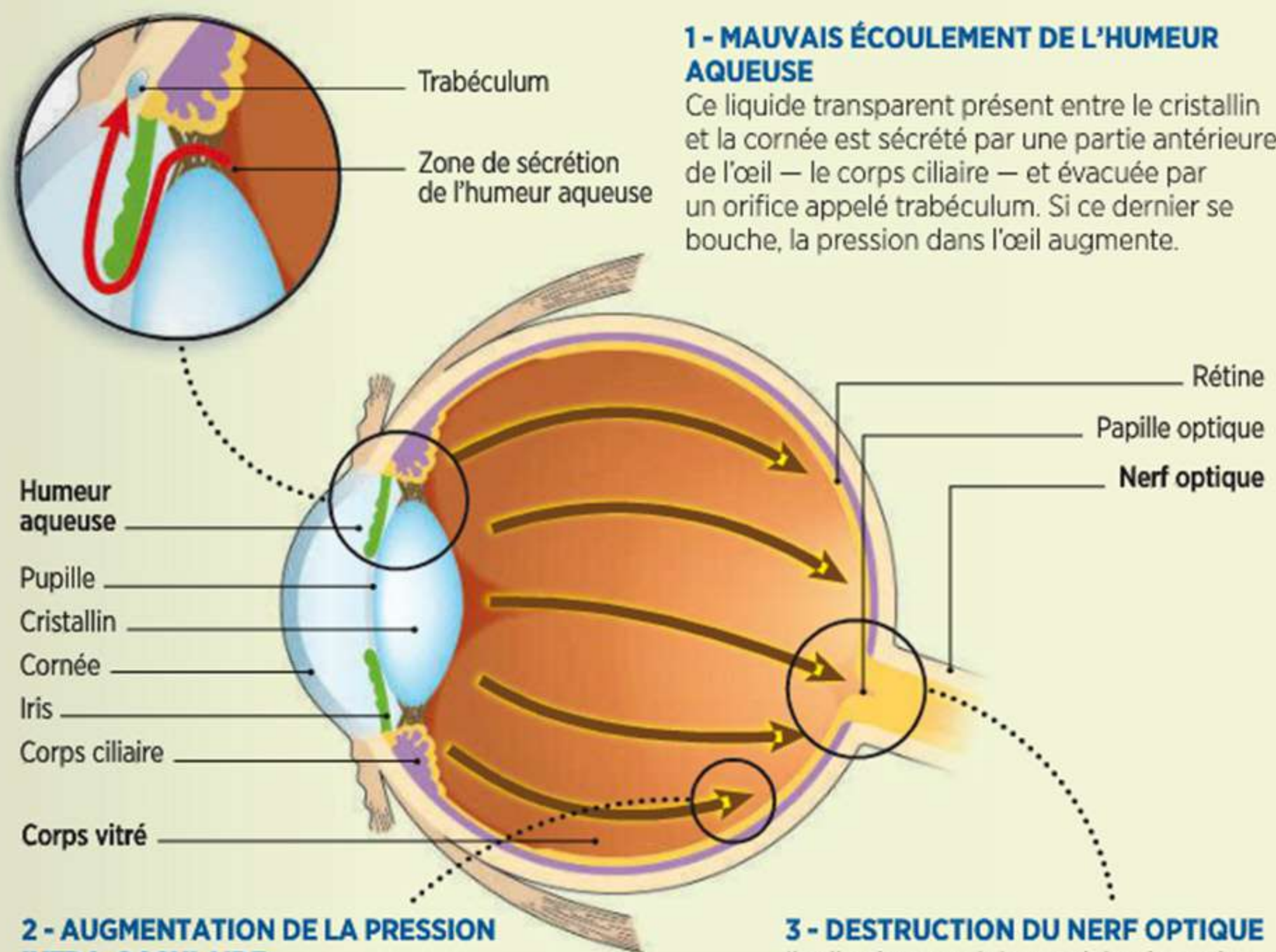


Vision normale



Glaucome léger

Le mécanisme de la maladie



1 - MAUVAIS ÉCOULEMENT DE L'HUMEUR AQUEUSE

Ce liquide transparent présent entre le cristallin et la cornée est sécrété par une partie antérieure de l'œil — le corps ciliaire — et évacuée par un orifice appelé trabéculum. Si ce dernier se bouche, la pression dans l'œil augmente.

2 - AUGMENTATION DE LA PRESSION INTRA-OCULAIRE

Une pression entre 10 et 20 millimètres de mercure doit régner au sein de l'œil (chambre oculaire). En cas de déséquilibre entre les entrées et les sorties de l'humeur aqueuse, la pression augmente.

3 - DESTRUCTION DU NERF OPTIQUE

Il relie chaque globe oculaire, à partir du niveau de la rétine, au cerveau. Une pression trop forte dans l'œil entraîne des lésions du nerf pouvant aller jusqu'à sa destruction.

il n'est pas interdit de rêver : si un anti-CXR3 efficace était un jour disponible, on pourrait, en l'administrant avant que la maladie ne se déclenche, prévenir le glaucome. En attendant, les scientifiques se concentrent sur les collyres, ces gouttes à appliquer directement

Ce que voit un malade atteint de glaucome à angle ouvert. Le champ de vision se réduit peu à peu, jusqu'à la cécité, si la maladie n'est pas traitée.

dans l'œil. De très nombreux produits — plus d'une cinquantaine — sont commercialisés, certains à base de prostaglandines, des hormones qui augmentent l'évacuation de l'humeur aqueuse, d'autres à base de bêtabloquants, qui en réduisent la sécrétion.

« Les premiers, plus performants, sont très prescrits mais les associations sont souvent utiles et complémentaires », commente le Pr Philippe Denis, chef du service d'ophtalmologie à l'hôpital de la Croix-Rousse (Lyon) et président de la Société française du glaucome. Leur efficacité est estimée à environ 80 %, les 20 % d'échecs étant traités par laser, chirurgie ou encore ultrasons, la dernière technique en date (lire l'encadré p. 76). Mais leur utilisation est très lourde : ils doivent en effet être administrés tous les jours. Un protocole si contraignant qu'un patient sur quatre interrompt son traitement dès la fin du premier flacon, selon une étude américaine.

Une capsule nanométrique injectée dans la conjonctive

Des équipes, en Asie et aux États-Unis, étudient donc des dispositifs permettant une prise trimes-trielle. En utilisant, comme le fait l'Ocular Therapeutic Engineering Centre (OTEC) de l'Université technologique de Nanyang (Singapour), une capsule d'un nanomètre (1 milliardième de mètre) à injecter dans la conjonctive, la membrane qui recouvre une partie de l'œil.

Dénommée LipoLat, la capsule libérerait automatiquement une



Glaucome avancé



Glaucome extrême

Des ultrasons pour faire baisser la pression

Cette technique est réservée aux glaucomes dits réfractaires, qui ne réagissent pas aux autres traitements.

La chirurgie ou le laser sont un recours en cas d'échec des thérapies par collyre. Tous deux agissent sur le trabéculum, ces fibres enchevêtrées qui filtrent l'humeur aqueuse de l'œil. Celui-ci peut être traité de manière dite mini-invasive par le chirurgien qui procède à de très fines incisions. Ou percé de micro-trous par laser, opération qui peut être répétée, afin de faire baisser la pression intra-oculaire. La dernière avancée en date repose sur une autre méthode qui fait appel à des ultrasons focalisés de haute intensité (High Intensity Focused Ultrasound) et appelée UC3 (cyclo-coagulation circulaire par ultrasons). « Elle permet de coaguler le corps ciliaire, la structure qui produit l'humeur aqueuse, ce qui en réduit la production de manière durable, précise le Pr Jean-François Rouland, responsable du service d'ophtalmologie de Lille, qui a participé aux premiers essais cliniques. Cette technique (EyeOP1), mise au point par la société française EyetechCare, est encore en cours de validation. Elle reste pour l'instant réservée aux glaucomes dits réfractaires, c'est-à-dire ceux qui ne répondent ni au laser, ni à la chirurgie. » Le geste peut être réalisé de manière ambulatoire (sans hospitalisation), sous simple anesthésie locale, grâce à un dispositif constitué d'une sonde jetable positionnée sur l'œil du



Des transducteurs disposés en anneaux délivrent les ultrasons sur toute la circonférence de l'œil.

patient et reliée à un module de commande manipulé par l'opérateur. L'originalité de l'approche réside dans la disposition en anneaux des transducteurs miniaturisés, les éléments qui délivrent les ultrasons. Ce qui permet de traiter l'ensemble de la circonférence de l'œil en un seul geste avec une grande précision, à l'inverse du laser qui requiert plusieurs tirs. Environ 600 patients en France ont déjà été traités grâce aux 15 machines en fonctionnement.

► solution thérapeutique pendant plusieurs semaines. Outre-Atlantique, la start-up pSivida Corp a imaginé un dispositif assez proche, baptisé Durasert, en silicone biodégradable. Les essais sont encore très préliminaires et ne concerneront qu'une dizaine de patients atteints d'une forme particulièrement sévère de la maladie. Mais ils ouvrent une piste pour améliorer le quotidien des malades. Les chercheurs travaillent également à la réduction de la toxicité des produits utilisés dont les effets locaux ont été sous-estimés. La plupart des conserva-

teurs ajoutés aux collyres pour éviter le développement de bactéries et champignons peuvent en effet être néfastes à long terme pour l'œil, et provoquer des brûlures ou une sensation d'œil sec. Leur utilisation régulière fragilise la surface oculaire et la rend davantage susceptible de développer une inflammation locale qui peut devenir chronique. L'équipe du Pr Baudouin a d'ailleurs mis en évidence la toxicité d'un conservateur de référence, le chlorure de benzalkonium (BAK). Un travail qui a depuis incité les industriels à développer les flacons unidoses

(contenant une seule dose) sans conservateur. « Les stratégies de recherche des laboratoires ont aussi évolué, souligne le Dr Denoyer. La tolérance est devenue, après l'efficacité, le principal objectif. » Néanmoins, ces innovations sont délicates à mettre au point car « le rôle des conservateurs n'est pas uniquement de stériliser mais aussi de stabiliser chimiquement les collyres », poursuit le chercheur. Ce qui a fortement ralenti la recherche.

Un collyre sans conservateur commercialisé en France

Ce n'est que depuis cette année que le premier collyre à base de prostaglandine sans conservateur est commercialisé en France, sous le nom de Monoprost, par les laboratoires Thea. Cette entreprise française avait déjà mis au point un dispositif ingénieux, Abak, qui, à l'intérieur du flacon, retient le conservateur tout en délivrant la goutte de principe actif. D'autres dispositifs, comme Comod, ont aussi vu le jour.

Une dernière piste thérapeutique reste ouverte mais sans avoir donné, pour l'heure, de résultats probants : il s'agit de préserver ou de réparer directement le nerf optique. « Sa dégénérescence, due à la pression excessive exercée dans l'œil, doit rester un axe de recherche essentiel », rappelle le Dr Denoyer. Si beaucoup de neuroprotecteurs ont fait l'objet d'études, de rares essais cliniques ont été menés sur des anti-glutamates, le glutamate, un neuromédiateur, se retrouvant en excès dans le glaucome. Mais ces essais ont largement déçu. Pourtant, il y a urgence. Quand une déficience visuelle se révèle au moment du diagnostic, la plupart des fibres rétiniennes sont déjà détruites. Or, à ce stade, aucun traitement ne permet aujourd'hui de restaurer la vision. ■

POUR EN SAVOIR PLUS

- Le site de la Société française du glaucome : www.leglaucome.fr
- L'Institut du glaucome : www.institut-du-glaucome.fr
- Des informations sur la prise en charge de la maladie, les facteurs de risque... : www.quinze-vingts.fr
- Un dossier complet sur le glaucome sur le site de l'Inserm : <http://sciv.fr/814glaucome>

Par le Dr Pierre Miquel

2 %

d'infections buccales par le papillomavirus humain (PVH) à haut potentiel cancérogène ont été dépistées par test génétique chez les fumeurs. Soit deux fois plus que chez les non-fumeurs (1 %). Ce taux a été mis en évidence par une étude américaine qui a évalué la consommation de tabac chez près de 7000 adultes à l'aide de questionnaires et par dosage des biomarqueurs d'exposition spécifiques au tabac.

Medcape/ Reuters Health, JAMA, 8 octobre 2014.

RHUMATOLOGIE

L'arthrite psoriasique expose au risque de diabète

Les personnes souffrant de psoriasis associé à des atteintes articulaires (arthrite psoriasique) devraient surveiller leur équilibre glycémique. Une enquête sur 100 000 personnes montre qu'elles sont davantage exposées au risque de diabète que le reste de la population (+30 %). La combinaison de troubles immunitaires, métaboliques et inflammatoires pourrait expliquer le lien entre ces deux maladies.

Medscape, 10 octobre 2014.



Fracture du fémur due à l'ostéoporose vue en radiographie colorisée.

OSTÉOPOROSE

Mieux prédire le risque de fracture à la ménopause

Il existe désormais un test facile à réaliser pour prédire précocement — et de façon fiable — le risque de fracture du col du fémur chez les femmes ménopausées : la capacité à se tenir debout sur une jambe pendant plus de dix secondes et à s'accroupir pour atteindre le sol. Telle est la conclusion d'une étude présentée lors du dernier congrès de l'American Society for Bone and Mineral Research à Houston (Texas). Près de 2800 femmes âgées de 59 ans en moyenne ont été suivies pendant plus de treize ans. Comparativement au groupe de référence sans déclin fonctionnel et donc capable d'effectuer le test (60 % de la population étudiée), le risque de fracture du col du fémur est 8 fois plus élevé chez les femmes incapables de se tenir debout sur une jambe pendant dix secondes, et 5 fois plus élevé chez celles qui ne peuvent s'accroupir. Un troisième test, concernant la force de préhension, est aussi un bon indicateur. Si celle-ci est fortement réduite, le risque est 4 fois plus élevé. La probabilité d'un décès lié à une fracture est majorée de 50 % en cas d'échec aux trois tests.

Medscape, 13 septembre 2014.

NEUROLOGIE

La langue serait impliquée dans l'apnée obstructive du sommeil

Les pauses respiratoires survenant au cours du sommeil, en particulier chez certains obèses (apnée obstructive du sommeil), s'expliqueraient en partie par des anomalies morphologiques de la langue. Une étude par IRM (imagerie par résonance magnétique) chez 90 apnéiques et 30 témoins, tous obèses, montre en effet que le volume de la langue est significativement plus important en cas d'apnée du sommeil, en raison d'une infiltration graisseuse diffuse.

Sleep, octobre 2014.

MÉDECINE D'URGENCE

Les allergies fatales concernent surtout les médicaments

Les principaux responsables du déclenchement d'une réaction allergique exacerbée engageant le pronostic vital (choc anaphylactique) seraient les médicaments, selon une enquête américaine portant sur 2500 décès répertoriés en 10 ans. Aux premiers rangs figurent les antibiotiques, les produits de contraste utilisés lors des examens d'imagerie et les anticancéreux. Sont également souvent mis cause les piqûres d'insectes — surtout de guêpes (15 %) — et les allergies alimentaires (7 %). Dans 20 % des cas, la cause exacte du décès reste cependant inexpliquée.

Journal of Allergy and Clinical Immunology, 30 septembre 2014.

OBSTÉTRIQUE

Le sport est bon pour les femmes enceintes

Le sport, pratiqué sous contrôle, est bénéfique pour les femmes enceintes sauf en cas de grossesse multiple. Selon la revue de 16 études chez 3500 femmes, des séances de gymnastique rythmique (aérobic) ou en résistance (activités intensives mais de courte durée) une fois par semaine diminuent de manière significative le risque de césarienne (-15 %). L'étirement, la relaxation et les exercices du périnée sont aussi conseillés.

American Journal of Obstetrics & Gynecology, octobre 2014.





Comment bien profiter des aliments surgelés ?

Ils se conservent plusieurs mois voire deux ans tout en gardant leurs qualités nutritionnelles. Mais attention de ne pas rompre la chaîne du froid entre le supermarché et le congélateur.

CRÈMES GLACÉES, LÉGUMES, poissons, plats préparés... Les produits surgelés représentent une part importante de l'alimentation en Europe où pas moins de 12 millions de tonnes de surgelés sont achetées et consommées chaque année ! L'idée d'utiliser la congélation pour conserver remonte à la préhistoire, neige et glace ayant toujours servi à préserver les produits, notamment ceux de la chasse. On raconte même que le philosophe britannique Francis Bacon mourut en 1626 d'une pneumonie après avoir essayé de congeler des poulets en remplissant leur carcasse de neige. Mais

ce n'est que dans les années 1930 que l'on assiste aux débuts de la commercialisation d'aliments congelés, grâce à la découverte d'une méthode rapide pour les conserver par le froid sans altérer leur texture : la surgélation. En près d'un siècle, les surgelés se sont développés, jusqu'à représenter un marché de 9,1 milliards d'euros en 2013 en France. Au point d'être aujourd'hui montrés du doigt pour leur omniprésence jusque dans les cuisines des restaurants.

La législation demeure vague en France. Et le nouveau décret de juillet 2014 relatif au « fait maison » ne risque pas d'éclairer le

2
millions de tonnes
la quantité de surgelés industriels consommés annuellement en France. Si l'Hexagone demeure le troisième consommateur européen derrière l'Allemagne et le Royaume-Uni, la consommation a pour la première fois en vingt ans reculé de 2,2 % en 2013 par rapport à 2012.

consommateur (1) puisque les restaurateurs peuvent apposer cette mention — symbolisée par une casserole coiffée d'un toit — même si leurs plats sont élaborés à partir de « produits bruts » congelés ou surgelés. L'appréciation de ces derniers étant, en outre, à géométrie variable. Ainsi, s'il est interdit d'apposer cette mention sur un plat réalisé à base de pâte à tarte sablée ou brisée surgelée, il est possible de le faire... pour une pâte feuilletée, dont la réalisation, délicate, est souvent déléguée par les restaurateurs aux industriels du surgelé. De quoi refroidir le consommateur.

SURGÉLATION Procédé industriel qui recourt à des températures très basses (-40°C) pour refroidir les aliments très rapidement. La surgélation permet un refroidissement à cœur du produit, ce qui endommage moins les parois des cellules de l'aliment que la congélation.

CONGÉLATION Équivalent domestique de la surgélation, avec un refroidissement moins rapide et à une température moins froide, à -18°C .

CHAÎNE DU FROID Elle assure le maintien constant des aliments surgelés à une température basse lors des opérations de manutention, de l'usine jusqu'à la cuisine. Ce processus permet de conserver aux produits leurs qualités sanitaires et nutritionnelles.

Le froid bloque l'activité microbienne...

Congelés ou surgelés, les aliments voient l'eau liquide qu'ils contiennent subir un changement de phase puisqu'elle se transforme en cristaux de glace. Les bactéries ne pouvant plus l'utiliser, leur activité — ainsi qu'une partie de celle des enzymes — est sensiblement ralentie, ce qui retarde la détérioration de l'aliment. Ce procédé permet une conservation à plus long terme que la réfrigération (4°C) sans altération des qualités nutritionnelles.

... mais pas de manière irréversible

La température des produits ne doit pas subir de trop grandes élévations de température avant leur consommation. L'interruption dans la « chaîne du froid » menace la sécurité du consommateur. En effet, le froid ne tue pas les micro-organismes qui peuvent survivre à très basse température, jusqu'à -40°C , mais les maintient dans un état de latence dit sporulé. Si la température remonte au delà de -18°C , ils peuvent se développer à nouveau. De plus, en passant de l'état liquide à solide lors du proces-

sus de refroidissement, l'eau gagne en volume. Plus le procédé de surgélation — et plus encore de congélation — est lent, plus les cristaux de glace seront de taille importante, détruisant les membranes des cellules. Dès lors, en cas de décongélation, les bactéries présentes dans l'aliment ou dans l'environnement ne tardent pas à se repaître de l'eau et des nutriments rendus disponibles par cette destruction. Tout produit décongelé doit donc être consommé immédiatement et ne jamais être recongelé.

Leur transport doit se faire en moins de 20 minutes

C'est dans le panier du consommateur, sur le chemin reliant le magasin à la maison, que le risque de rupture de la chaîne du froid est le plus fort. Or, seuls 65 % des Français rentrent chez eux en moins de 20 minutes une fois les courses terminées, soit la durée limite conseillée pour laisser un produit surgelé hors d'un congélateur (78 % des Britanniques et 81 % des Espagnols). Ces informations ont été recueillies dans le cadre du projet européen Frisbee à partir de 10 000 données sur les aliments réfrigérés et surgelés (2).

Ils conservent bien les qualités nutritionnelles

La congélation et la surgélation ont très peu d'impact sur la teneur en nutriments des aliments même lorsque certains fruits et légumes sont ébouillantés avant l'opération afin d'inactiver les enzymes et les levures qui pourraient continuer à les détériorer dans le congélateur. Il peut y avoir une perte en vitamine C, mais les fruits et légumes traités rapidement après la récolte présentent souvent davantage de qualités nutritives que leurs équivalents frais. Ces derniers mettent en effet souvent plusieurs jours avant de rejoindre les points de vente. Or, conservés à température ambiante, ils peuvent perdre jusqu'à 15 % de leur vitamine C par jour. De plus, ni les vitamines A et B ni les minéraux ne sont affectés par la congélation : viandes, poissons et volailles conservent donc leurs qualités nutritionnelles. À noter cependant, si les légumes surgelés sont peu salés, les plats préparés sont souvent trop riches en sel avec en moyenne plus d'un gramme par portion (3) et contiennent des exhausteurs de goût.

Tous les congélateurs ne sont pas égaux

Seuls les congélateurs signalés par trois ou quatre étoiles maintiennent les aliments à -18°C , ce qui permet de les conserver de quelques mois à deux ans. Les congélateurs à deux étoiles conservent les produits à -12°C pendant moins de trois semaines et ceux à une seule étoile à -6°C pendant moins de trois jours.

Marie-Noëlle Delaby

(1) Décret n° 2014-797 du 11 juillet 2014 relatif à la mention « fait maison » dans les établissements de restauration commerciale ou de vente à emporter de plats préparés.

(2) Frisbee : Optimisation et innovation des procédés frigorifiques sur l'ensemble de la chaîne du froid. www.frisbee-project.eu

(3) Pierre Meneton, *Le Sel, un tueur caché*, éditions Favre, 2009.

GRACIELA ALVAREZ Coordinatrice du projet Frisbee

De futurs emballages performants

« Le non-respect des températures réglementaires tout au long de la chaîne du froid est un enjeu sanitaire, mais aussi environnemental. Chaque année dans le monde, 360 millions de tonnes de produits alimentaires sont perdues du fait d'une mauvaise gestion des températures de conservation. Des innovations récentes devraient apporter des solutions, comme l'utilisation d'emballage dont la matrice plastique inclura des nanomatériaux. Ils ont la capacité d'emmagasiner de l'énergie sous forme de froid et de la restituer en changeant de phase. Ils pourront ainsi amortir les variations de températures des aliments durant leur transport. »

Pascale Cossart, biochimiste

Chasseuse de bactérie tueuse

Ses travaux sur les micro-organismes ont permis de mieux combattre les épidémies de listériose.

LORSQU'EN 1986, L'UNE DES PLUS violentes épidémies de listériose que l'ère industrielle ait connue s'abat sur les amateurs de fromages au lait cru, Pascale Cossart est, depuis plusieurs mois déjà, à pied d'œuvre dans son laboratoire de biochimie de l'Institut Pasteur. Sous les microscopes de la chercheuse et de son équipe, la bactérie incriminée, *Listeria monocytogenes*, à l'origine d'intoxications alimentaires souvent mortelles — une trentaine cette année-là en Europe —, est étudiée attentivement. Hasard ou prémonition ? Plutôt la grâce d'un concours de circonstances, reconnaît-elle aujourd'hui, et de la rencontre avec Patrick Berche, à l'institut, qui travaillait alors sur des mutants de la bactérie. Pascale Cossart, elle, se destinait plutôt à l'étude de *Yersinia Pestis*, agent de la peste. Mais, va pour *Listeria monocytogenes* qui, à l'époque, n'intéressait pas grand monde... Si l'on raconte souvent à propos des chercheurs les plus passionnés que l'amour de la science leur est tombé dessus aussi brutalement qu'un coup de foudre, il est beaucoup plus rare que la foudre s'abatte deux fois au même endroit. Pour Pascale Cossart, le premier choc a lieu en classe de seconde alors que la



jeune fille se dirige à pas flottants vers un cursus littéraire. « Dans la liste des ouvrages requis pour l'année, il se trouve qu'il y avait un petit livre de chimie. Je l'ai dévoré de bout en bout : je venais de découvrir que la matière était constituée de molécules qui s'assemblaient entre elles. » Elle a un mot gourmand pour désigner la sensation éprouvée alors : « un délice ». Adieu études de lettres, bonjour chimie fondamentale... Pour le second coup de foudre, il faudra attendre quelques années : son DEA en poche, l'étudiante se prépare à poursuivre ses études de chimie à la faculté de Lille lorsque, « par hasard, mes pas me conduisent à franchir les portes d'un amphithéâtre où se tenait un cours de biochimie ». Et c'est à ce moment précis que la jeune femme vit une seconde épiphanie : « À la fin, j'avais saisi que la chimie pouvait prendre vie. » Elle trouve ainsi sa voie : ses deux passions, la chimie et le vivant, allaient pouvoir s'unir pour n'en former qu'une. « Je suis une biologiste qui adore les molécules », aime-t-elle à se définir.

Le séquençage moléculaire était tout nouveau

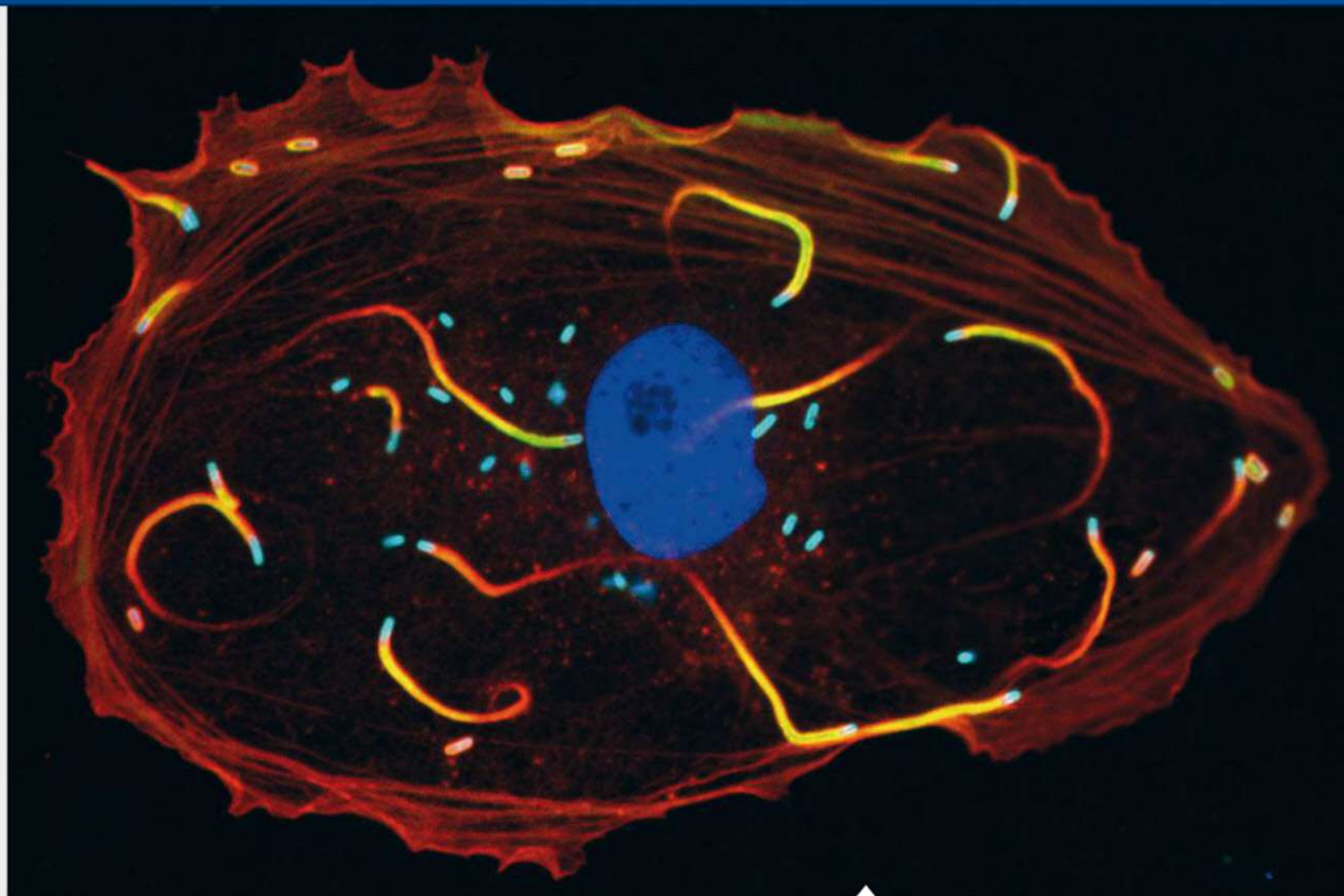
Comme dans toutes les vraies histoires d'amour, la sienne n'a rien d'un mariage arrangé : aucune influence familiale n'est à verser au crédit de ses passions. Après un passage par les États-Unis comme boursière dans le département de chimie de Georgetown (Washington) aux débuts des années 1970, elle rentre à Paris pour intégrer l'Institut Pasteur. Évoquant les premières protéines qu'elle séquence dans le laboratoire de Georges Cohen, elle parle de leur « beauté insensée ». Un peu plus tard, sous l'égide de Brigitte Gicquel, chef de l'unité de génétique mycobactérienne de Pasteur, elle travaille sur une protéine régu-

BIO EXPRESS

1969 DEA de chimie organique à Lille.
1971 Master of Science de Georgetown University (Washington, États-Unis).
1977 Docteur ès sciences physiques, université Paris-VII.
1987 Membre de l'American

Society for Microbiology.
1998 Prix L'Oréal/Unesco Pour les femmes et la science.
2005 Prix de recherche fondamentale de l'Inserm.
2006 Professeur de classe exceptionnelle à l'Institut Pasteur (Paris).

PHILIPPE QUASSE / PASCOPOURSCIENCESETAVENIR



INSTITUT PASTEUR/ÉDITH GOUIN, CHRISTOPHE MACHU

latrice bactérienne. « Là, je commençais à vraiment m'amuser ! », se souvient-elle dans un large sourire, fascinée qu'elle est alors par les toutes nouvelles techniques de séquençage moléculaire. Le plaisir et la soif de découverte comme seuls guides, toujours. Depuis, et pendant une quinzaine d'années (avec presque autant d'articles scientifiques publiés), Pascale Cossart et ses collaborateurs ont traqué les secrets de la dangereuse *Listeria monocytogenes* — seule pathogène pour nous humains, parmi les dix espèces recensées du genre *Listeria*. Résultat : on sait désormais comment cette bactérie procède pour traverser les barrières intes-

tinale et placentaire et provoquer des infections létales.

« Ce faisant, elle aura été l'une des premières à faire prendre conscience aux spécialistes des cellules animales de l'importance et de la nécessité de comprendre les bactéries », affirme Didier Mazel, directeur d'unité de recherche à l'Institut Pasteur et ami de trente ans. « La contribution de Pascale et de son équipe aux mécanismes d'interaction que les micro-organismes entretiennent avec nos propres cellules est primordiale. »

Rejoignant l'avis de tous ceux qui la côtoient, Jean-François Bach, l'un de ses collègues de l'Académie des sciences, la décrit comme « une battante, avec une volonté et une détermination immenses. À

Bactéries « *Listeria* »

(en bleu clair) se multipliant à l'intérieur d'une cellule (en bleu foncé, le noyau). Les travaux de Pascale Cossart et son équipe ont élucidé les mécanismes de cette infection.

l'Académie des sciences, elle a ainsi monté de toutes pièces un programme permettant à de jeunes chercheurs de venir présenter leurs travaux ». Au-delà de sa maîtrise de l'univers scientifique, récompensée par une kyrielle de prix internationaux dont le prestigieux prix Robert Koch en 2007, Pascale Cossart possède une autre qualité, particulièrement précieuse : l'empathie pour son équipe et son attachement envers ses collaborateurs. « Elle sait cultiver une ambiance "clinique" qui attire les chercheurs », témoigne le professeur Jean-Louis Gaillard, du laboratoire de bactériologie de l'hôpital Raymond-Poincaré (Garches). « Des post-docs viennent du monde entier pour travailler avec elle. »

Et ce dernier d'ajouter au crédit de la chercheuse une capacité très rare : « Lorsqu'elle ne sait pas, elle le dit et sait écouter les autres. C'est loin d'être donné à tout le monde. Et tout particulièrement en France... » ■ **Hervé Ratel**

« Elle a été l'une des premières à faire prendre conscience aux spécialistes des cellules animales de l'importance de comprendre les bactéries »

Didier Mazel, directeur d'unité de recherche à l'Institut Pasteur

Un homme remarche après une greffe de cellules du nez

Les propriétés d'auto-régénération du bulbe olfactif ont facilité la reconstitution de la moelle épinière sectionnée. Une première mondiale.

DAREK FIDYKA, POMPIER POLONAIS de 40 ans, marche en prenant appui sur un déambulateur. Il y a quatre ans pourtant, il était paralysé de la taille aux pieds, après avoir reçu un coup de couteau entre les vertèbres. Un miracle ? De la médecine, oui. Darek Fidyka a subi une intervention unique en son genre menée par Geoffrey Raisman, de l'University College de Londres (Royaume-Uni) et le neurochirurgien Pawel Tabakow, de l'université médicale de Wrocław (Pologne) : une greffe dans la moelle épinière de cellules issues de son... bulbe olfactif. Composée de millions de fibres nerveuses, la moelle épinière, qui court le long de la colonne vertébrale, transmet les informations du cerveau au reste du corps. Lorsqu'elle est sectionnée,



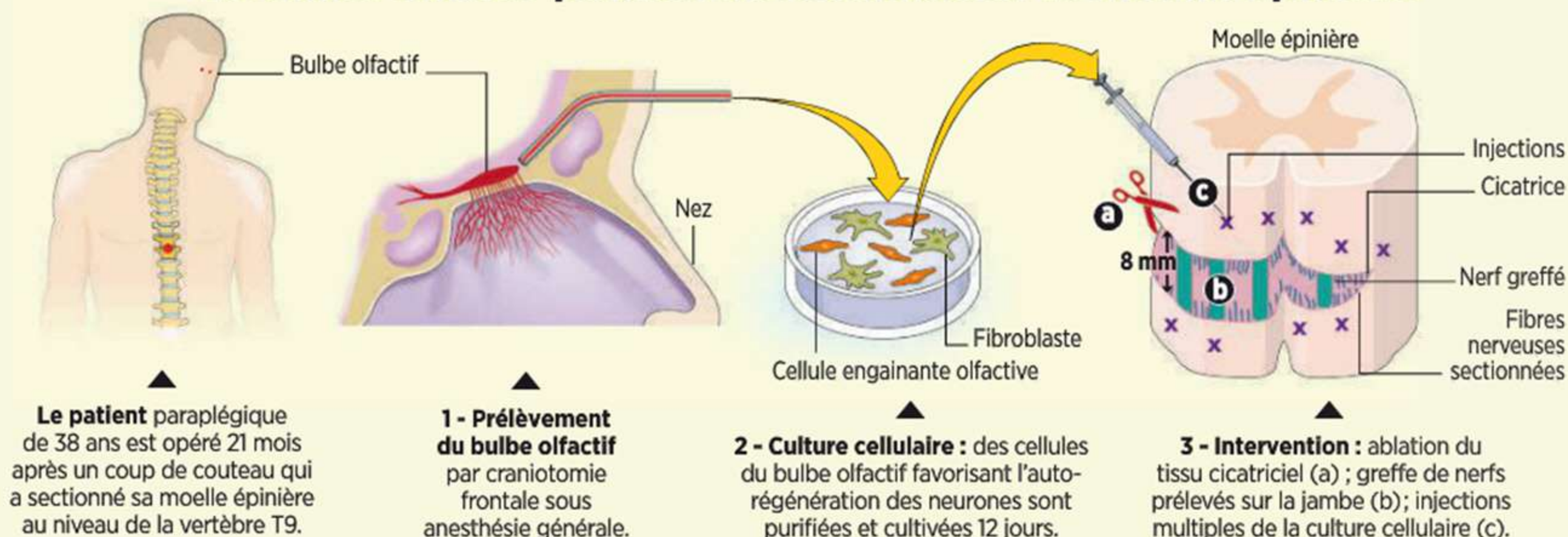
Dix-neuf mois après son opération, Darek Fidyka, qui était paralysé jusqu'à la poitrine, peut se déplacer à l'aide d'un déambulateur.

les nerfs ne repoussent pas, notamment parce que la cicatrice qui se forme empêche le passage de l'influx nerveux. Depuis trente ans, plusieurs équipes travaillent sur une hypothèse audacieuse : les cellules du nez pourraient aider

à cette repousse grâce à leurs propriétés exceptionnelles. Au fond des cavités nasales, dans la muqueuse olfactive, se trouvent en effet des neurones qui envoient leurs prolongements (axones) dans les bulbes olfactifs cérébraux (voir l'infographie). Agressés par la pollution, les poussières, etc., ces neurones ont une courte vie et doivent se régénérer en permanence.

Les actrices de ce processus d'auto-régénération, décrites pour la première fois en 1984, sont les cellules dites engainantes olfactives (CEO). En se lovant autour des axones, elles les nourrissent, les stimulent et en accélèrent la repousse. Plusieurs équipes ont donc tenté de stimuler la reconnexion des axones de la moelle épinière en injectant ces CEO prélevées dans les cavités nasales, chez l'animal puis chez l'humain para-

Le bulbe olfactif permet de reconnecter la moelle épinière



RECHERCHE

Trente ans de tâtonnements

1984 Description des cellules engainantes olfactives

(J. R. Doucette, université de Saskatchewan, Canada).

1994 Régénération de la moelle épinière chez le rat par injection de cellules engainantes olfactives (A. Ramón-Cueto, Universidad Autónoma de Madrid, Espagne).

2005 Essai clinique (phase I) sur 6 patients paraplégiques recevant ou non des CEO de la muqueuse nasale. Pas d'effets secondaires. (F. Féron, A. Mackay-Sim, université de Brisbane, Australie).

2013 Essai clinique (phase I) sur 6 paraplégiques recevant (ou non) des cellules de la muqueuse nasale, suivi d'une rééducation intensive. Pas de complications. (P. Tabakow, Wrocław Medical University, Pologne et University College de Londres, Royaume-Uni).

2014 Régénération fonctionnelle des connexions de la moelle épinière d'un patient paraplégique (P. Tabakow, Wrocław Medical University et University College de Londres).

plégique (lire ci-dessus) lors d'essais de phase I (destinés à tester la sécurité et la faisabilité). Résultat jusque-là : une récupération légère de sensibilité des membres inférieurs chez certains patients, sans effets secondaires.

C'est alors que se présente le cas de Darek Fidyka, bon candidat à la greffe de CEO mais souffrant de sinusites chroniques et de polypes nasaux rendant impossible l'utilisation de sa muqueuse nasale. « Seuls ses bulbes olfactifs, situés dans le cerveau, pouvaient être source de cellules engainantes autologues [provenant du patient]. Nous avons donc décidé de prélever l'un d'eux », explique Pawel Tabakow. Vingt-et-un mois après son agression, le pompier subit donc une craniotomie (ouverture du crâne) afin d'aller prélever le bulbe olfactif gauche

dont on cultive les CEO mais aussi des fibroblastes olfactifs. La culture cellulaire est ensuite réinjectée au niveau de la lésion dorsale. L'équipe prélève aussi des nerfs dans la jambe du patient, pour les greffer entre les deux rives de la moelle épinière sectionnée (voir l'infographie). « C'est un geste classique dans ce cas en neurochirurgie, mais insuffisant en l'espèce, affirme Pawel Tabakow. Nous savions que nous devons combiner cette greffe avec l'injection de CEO. Aujourd'hui, je peux dire que c'était une bonne décision. » En effet, cinq mois et une rééducation intensive plus tard, les premiers signes d'amélioration des mouvements volontaires chez le patient ainsi qu'une reprise de la masse musculaire et de la sensibilité des jambes apparaissent.

Des méthodes moins invasives sont à l'étude

Dix-neuf mois plus tard, Darek Fidyka remarque en prenant appui sur un support. « C'est un cas passionnant, mais qui reste exceptionnel. Il va falloir se lancer dans un véritable essai clinique avec plusieurs patients et des cas témoins », note cependant François Féron, auteur de l'essai clinique de 2005, qui, pour l'heure, ne recommanderait pas cette intervention « trop risquée, très invasive et invalidante puisqu'on prive en partie le patient de son odorat ». Son équipe de la faculté de médecine de Marseille-Nord souhaiterait plutôt enclencher de son côté un essai clinique de phase II (qui teste l'efficacité) en France, à partir de greffe de CEO de muqueuse nasale. Mais « la réglementation française ne fait pas partie des plus facilitatrices, ce qui ne semble pas être le cas en Pologne », affirme-t-il. Pawel Tabakow travaille lui déjà à la prochaine étape qui devrait comprendre « deux ou trois opérations du même type » et la mise au point de méthodes « moins invasives ». ■

Elena Sender

@Elenasender

Ce n'est pas toi que j'attendais



Fabien Toulmé, Delcourt, 256 p., 18,95 €

L'annonce d'un enfant atteint d'une trisomie 21 non dépistée est souvent l'équivalent, pour les parents, du ciel qui tomberait sur la tête. L'auteur a ainsi vu 36 chandelles devant ce bébé différent qui a fait irruption dans sa vie. Il raconte ici, avec une approche « terre à terre » et une tendresse infinie, comment Julia a apprivoisé l'animal craintif qu'il était et le chemin

qu'un père doit parfois accomplir pour accepter et aimer son enfant. Sensible et juste, ce premier album est une incontestable réussite. ■ Hervé Ratel

Le gouvernement des émotions



Pierre Le Coz, Albin Michel, 204 p., 15 €

Les neurosciences ont montré à quel point les émotions étaient au cœur de nos décisions et de nos jugements. La sagesse nous apprend à nous en méfier. Pierre Le Coz, professeur de philosophie à la faculté de médecine de Marseille, alerte sur les risques de dérives d'une société guidée par son émotivité à travers les médias voire la politique. L'émotion efface la raison, nous détourne du sens des grands débats de société.

Pis, elle est un formidable levier pour manipuler nos convictions et nos choix. ■ Olivier Hertel

Mémoire et oubli



Francis Eustache, Jean-Gabriel Ganascia, Robert Jaffard, Denis Peschanski, Bernard Stiegler, Le Pommier, 157 p., 15 €

Cinq auteurs de talent, dans leur domaine respectif — neurologie, philosophie, neurobiologie, histoire et intelligence artificielle — nous livrent leurs réflexions autour du duo « mémoire et oubli » qui façonne notre individu, mais aussi notre société et la grande histoire humaine. Premier livre produit par le tout jeune Observatoire B2V des mémoires, lancé en mars 2013, il inaugure, sous la houlette de son président Francis Eustache, une réflexion transdisciplinaire qui ne fait que commencer. À suivre. ■ E. S.

CONTEXTE Au cours des dernières semaines, plusieurs centrales nucléaires françaises ont été survolées illégalement par des petits aéronefs sans pilote.

Comment peut-on détecter et détruire un drone en vol ?

SÉCURITÉ Les drones sont des machines assez bruyantes, ce qui les rend détectables. Les dispositifs techniques pour les capter reposent donc sur le repérage de la signature acoustique de leur vrombissement. C'est ce que propose la société française Drone Detector ou encore le dispositif américain Dronesield. « Notre équipement de base peut entendre un drone électrique de type DJI Phantom à une distance de 150 mètres. Mais avec un micro parabolique longue portée, cette distance peut aller jusqu'à 1 km », explique le responsable technique de Drone Detector. Il existe très certainement d'autres dispositifs de détection, par radar par exemple, mais leur nature et leur pouvoir discriminant (jusqu'à quelle taille peuvent-ils repé-



Repérables par leur vrombissement, les drones sont très difficiles à abattre (photomontage près de la centrale de Civaux, dans la Vienne).

CITIZEN SIDE/MATHIEU G./AFP

CONTEXTE Le groupe américain Lockheed Martin a annoncé la mise au point d'ici à cinq ans d'un réacteur de fusion, un procédé complexe qui fournirait beaucoup plus d'énergie que la fission nucléaire.

Est-on en passe de maîtriser la fusion nucléaire ?

ÉNERGIE C'est une bombe dans le monde de l'énergie qu'a lâchée Lockheed Martin, première entreprise mondiale de défense et de sécurité : l'annonce d'un réacteur de fusion nucléaire de la taille d'un camion d'ici à cinq ans. Il pourrait servir de moteur pour une fusée interplanétaire — le voyage vers Mars ne durerait qu'un petit mois contre six aujourd'hui. Il suf-

firait de 20 kg de combustible pour fournir l'énergie annuelle de 80 000 foyers ! Un vrai revers pour le réacteur international expérimental de fusion Iter, à Cadarache qui, lui, reste loin d'atteindre la fusion. Sa mise en service est prévue au plus tôt pour 2020, alors que son coût (15 milliards d'euros) a plus que triplé. Il est vrai que les projets de fusion ne sont menés que dans de très

gros équipements de recherche en physique, dont est dépourvue la firme américaine...

Il existe deux types de réactions nucléaires. La fission, exploitée au sein des réacteurs classiques, où un noyau lourd d'uranium ou de plutonium se scinde en deux en libérant beaucoup d'énergie. Et la fusion, non encore maîtrisée, qui consiste à réunir deux noyaux légers (tritium

rer un objet volant ?) sont pour l'heure confidentiels. Les centrales nucléaires françaises sont-elles dotées de dispositifs *ad hoc* ? Un officiel a déclaré le 12 novembre à l'AFP que des radars militaires, d'une portée d'une centaine de kilomètres, ont été déployés. Mais officiellement, le secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale précise que « le gouvernement ne fera aucune communication détaillée. Le respect de la confidentialité de ces mesures est une condition de leur efficacité. »

Des moyens étonnants voire fantaisistes ont été imaginés

Une fois détecté, comment éliminer un drone ? La manière la plus simple et sans doute la plus efficace consiste à l'abattre en vol au fusil, comme les gendarmes en auraient reçu l'autorisation... Ce qui pose des problèmes d'efficacité et de sécurité. Mais des moyens plus étonnants et fantaisistes ont aussi été imaginés allant du tir de missile sol-air à l'emploi de faucons spécialement dressés. Les plus sérieuses restent de brouiller les fréquences radio conventionnelles utilisées pour

diriger ces engins sans pilote. Ou à mettre au point des armes laser. L'Académie chinoise de génie physique (CAEP) a ainsi déclaré début novembre avoir développé une arme antidrone utilisant un laser. Cette technique n'est en fait aucunement efficace contre des machines du type de celles qui ont survolé des centrales nucléaires françaises. « En effet, ce laser chinois, qui concentre l'énergie à la manière d'un laser de découpage industriel, ne peut fonctionner que contre des drones d'une taille minimale de... 10 mètres », précise Laurent Khong, journaliste et cofondateur du site Helicomicro, spécialisé dans l'information sur les drones. Et pointer un laser sur un engin multirotor de quelques dizaines de centimètres est une opération extrêmement délicate. « De plus, pour qu'il puisse abattre l'engin en vol, il est nécessaire que le rayon laser frappe une surface métallique, bien meilleure conductrice de chaleur que le plastique ou la fibre de carbone qui recouvre la plupart des drones de loisirs », poursuit Laurent Khong. ■ **Erwan Lecomte**

[@Erwan_Lecomte](https://twitter.com/Erwan_Lecomte)

ou deutérium). À combustible égal, la fusion produit trois à quatre fois plus d'énergie que la fission. Toute la difficulté est de reproduire l'énergie qui règne au cœur des étoiles où les réactions de fusion ont lieu spontanément.

Dans ce contexte, les experts doutent fortement de l'annonce de Lockheed Martin. D'autant plus que les seules informations techniques divulguées font référence à une méthode abandonnée dans les années 1970. La firme a-t-elle accompli une avancée technologique ? Aucune publication scientifique n'appuie cette hypothèse.

L'annonce survient en outre en pleine négociation budgétaire outre-Atlantique et en pleine polémique au sujet d'un rapport* très critique sur la politique actuelle des États-Unis en matière de fusion. Commandé par le département d'État de l'énergie (DOE), il a été produit par le comité scientifique consultatif sur l'énergie de fusion. Lockheed Martin cherche peut-être à tirer profit des crédits publics alloués à la fusion. Ou tout simplement à pousser ses actionnaires à un investissement plus important. ■

Azar Khalatbari

* <http://sciav.fr/814fusionusa>



Édulcorant naturel, la stevia remplace de plus en plus l'aspartame, notamment dans les boissons.

LE MOT DU MOIS

Stevia

Le géant américain Coca-Cola a annoncé le lancement prochain en France de Coca-Cola Life, un soda à l'emballage de couleur verte pour symboliser l'ingrédient phare qui le compose et qui remplace l'aspartame : la stevia. Cet édulcorant naturel est extrait des feuilles d'un petit arbuste originaire d'Amérique du Sud, le *Stevia rebaudiana*. La force de cet édulcorant naturel : un pouvoir sucrant 300 fois plus puissant que celui du saccharose alors qu'il ne contient pas de calories. La stevia est largement consommée depuis 1970 au Japon et depuis 1984 en Chine, qui en est aujourd'hui le plus grand producteur mondial. En 2008, le comité mixte d'experts FAO/OMS sur les additifs alimentaires a conclu que l'utilisation de la stevia dans les aliments et boissons ne présentait pas de danger, et les États-Unis ont annoncé en décembre 2008 la libre commercialisation de l'édulcorant sur leur territoire. Prônée pour son origine naturelle, la stevia est-elle pour autant bonne pour notre santé ? « Quelques effets secondaires sont connus, répond Patrick Collombat, chercheur de l'Institut de biologie Valrose à Nice. Tout d'abord, il y a un risque d'allergie — même si celui-ci reste plutôt faible —, et elle peut entraîner des nausées. On sait également qu'elle diminue l'absorption des sucres. Selon les autorités américaines de santé (FDA), la stevia pourrait être nocive pour les reins et le système cardio-vasculaire. Mais ces effets ne sont pas avérés à ce jour. » Quant à savoir si la stevia est meilleure pour la santé que l'aspartame, aucune étude comparative sur le long terme ne permet de le dire. ■

Lise Loumé [@LysLoume](https://twitter.com/LysLoume)

Où sont les planètes ?

MERCURE
La discrète planète passe en conjonction supérieure avec le Soleil le 8. Elle progresse ensuite à l'est de l'astre du jour mais demeure toutefois trop basse vers le couchant pour être observable en soirée sous nos latitudes.

VÉNUS Après une période d'invisibilité de trois mois, c'est en toute fin d'année que l'étincelante étoile du Berger émerge enfin dans les lueurs du crépuscule en soirée, vers le sud-ouest. Le 31, Vénus se couche un peu moins d'une heure après notre étoile.

MARS
La planète Rouge est observable en soirée dans la constellation du Sagittaire puis du Capricorne. Une heure après le coucher du Soleil, elle domine l'horizon sud-ouest d'une bonne quinzaine de degrés. L'intervalle de temps entre le coucher des deux astres est de 3 h 30 min tout le mois.



En seconde partie de nuit, comme ici à 6 h le matin du 14, une centaine de météores devrait être observable par heure sous un bon ciel.

Pluie d'étoiles filantes en vue

DURANT QUELQUES NUITS AUTOUR DU 14 aura lieu, comme chaque année, la belle pluie d'étoiles filantes des Géminides. Dans un lieu dénué de pollution lumineuse, vous devriez voir jusqu'à une centaine de météores par heure. Après en avoir observé quelques-uns, il suffit de retracer par la pensée leur trajectoire dans le ciel. En les prolongeant, on parvient en un point où ils se croisent, le « radiant ». Les étoiles filantes semblent en provenir. Le radiant (croix au centre de l'image) étant situé dans la constellation des Gémeaux, on a donné le nom de Géminides à cette pluie d'étoiles filantes.

Notre conseil. Aucun instrument d'optique n'est nécessaire. Pensez à vous vêtir chaudement, à vous hydrater et soyez patient !

JUPITER
La planète géante se lève de plus en plus tôt. Visible une bonne partie de la nuit, très brillante dans la constellation printanière du Lion, elle passera à l'opposition en février. Elle culmine plein sud, haut dans le ciel, vers 6 h en début de mois et vers 4 h pour le passage à 2015.

SATURNE
Après être passée en conjonction avec notre étoile le mois dernier, la planète aux anneaux réapparaît en fin de mois dans les lueurs de l'aube. Le dernier jour de l'année, elle se lève 3 h avant le Soleil.

L'appli du mois

STAR WALK
est une application payante (iOS : 2,69 € ; Android : 2,23 €) qui enchante les amateurs du ciel, même débutants. Elle délivre, entre autres, la position des corps célestes en temps réel. Il suffit de diriger son smartphone ou sa tablette vers le ciel pour que l'application fournisse quantité d'informations sur les objets de la zone pointée.



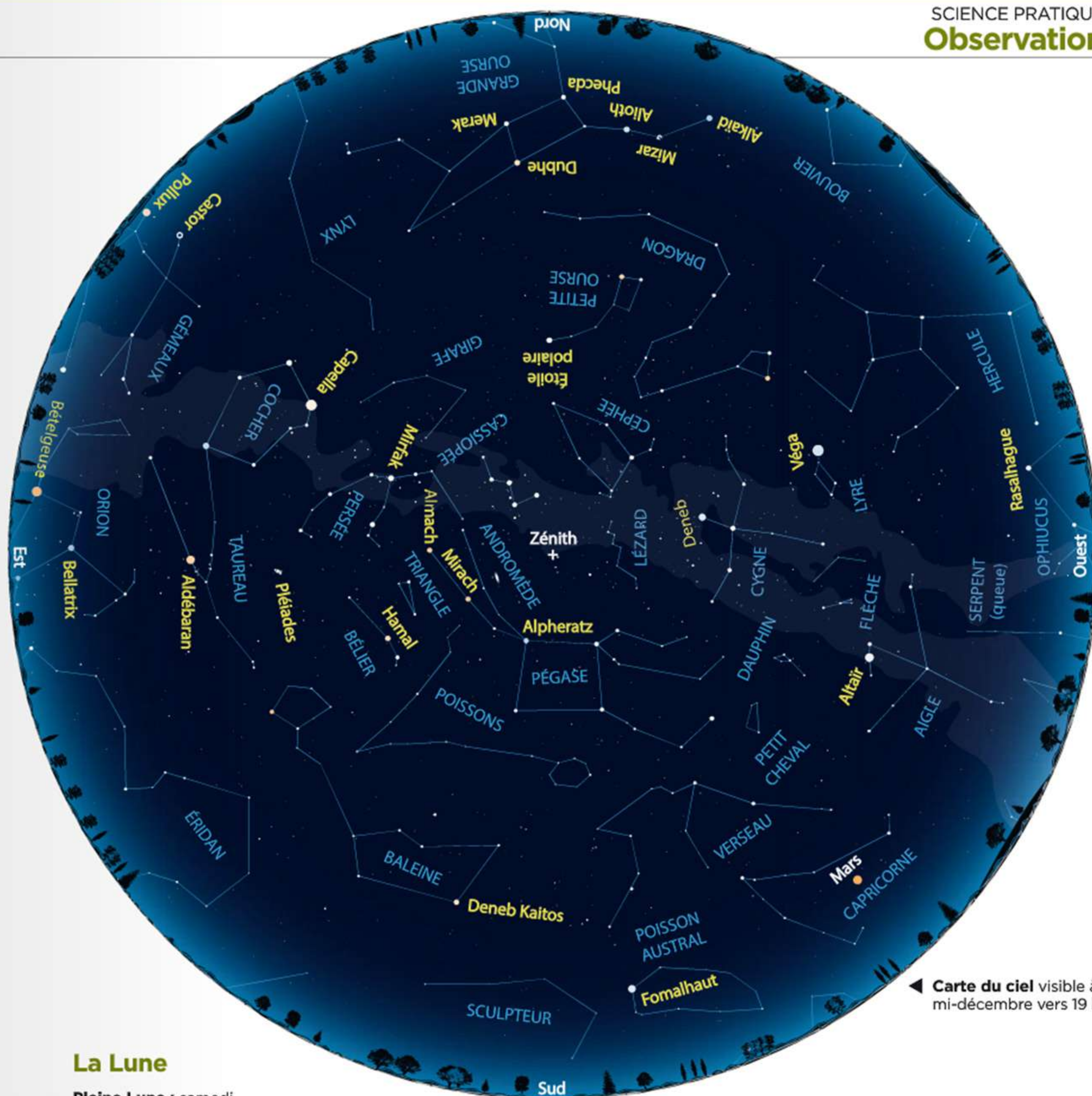
DANS LA NUIT DU 1^{er} AU 2, LA LUNE PASSE NON LOIN DE LA PLANÈTE GÉANTE URANUS. Une bonne occasion pour repérer notre lointaine cousine turquoise aux jumelles !



AU PETIT MATIN DU 12, COMME REPRÉSENTÉ ICI À 6 H, LA LUNE en phase gibbeuse décroissante croise au large de la planète géante Jupiter, à la très belle hauteur de 60°.



LE JOUR DE NOËL, UNE LUNE EN PREMIER CROISSANT, nimbée de sa lumière cendrée, surmonte la planète Mars. Il est 18 h 30 et le ciel se fait de plus en plus sombre à chaque instant.



◀ Carte du ciel visible à la mi-décembre vers 19 h.

La Lune



Pleine Lune : samedi
6 décembre à 13 h (La
Lune se trouve alors dans
la constellation du Taureau).



Dernier quartier : dimanche
14 décembre à 14 h (Lion).



Nouvelle Lune : lundi 22
décembre à 3 h (Sagittaire).



Premier quartier : dimanche
28 décembre à 20 h
(Poissons).

Le Soleil

(à Paris) **Lever** **Coucher**

1^{er} décembre 8 h 22 16 h 57

31 décembre 8 h 44 17 h 03

Solstice d'hiver le 22 à 0 h

D'où voir le ciel

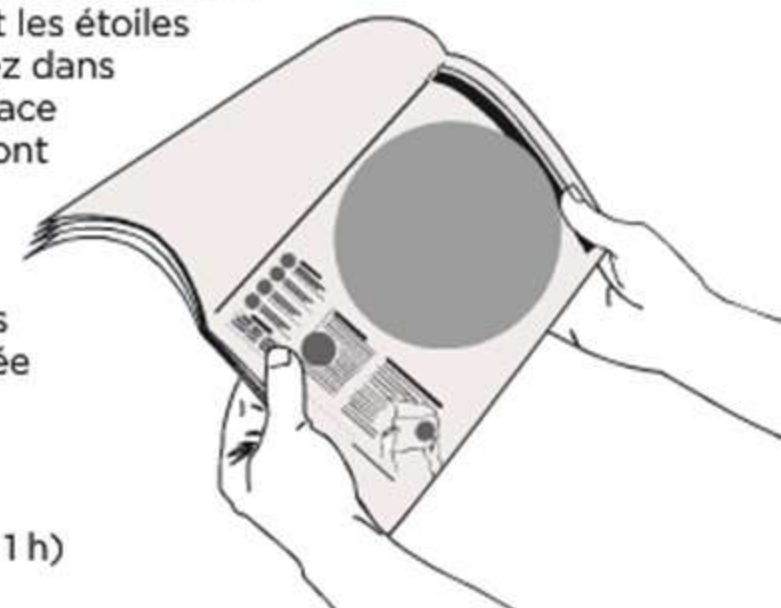
Notre carte tracée pour une latitude
de 47° nord montre le ciel visible en
France métropolitaine, et plus largement
en Europe et dans



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.

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.



Les heures sont données en heure légale française (temps universel + 1 h)

EXPOSITIONS

Amsterdam (Pays-Bas)

Micropia

Le premier musée entièrement consacré à la vie des microbes sur et dans le corps humain. Les concepteurs n'ont pas voulu faire un espace d'exposition à proprement parler mais « un laboratoire, une expérience et un zoo de microbes ».

Artis-park, Plantage K
Rens. : +31.900.27.84

Nemours (77)

Neandertal, l'Européen

Désormais présentée en Seine-et-Marne, cette exposition est illustrée par des collections empruntées dans différents musées (tout en mettant l'accent sur des découvertes régionales telles celles réalisées sur le site d'Ormesson).

Musée départemental d'histoire naturelle
48, avenue Étienne-D
Jusqu'au 8 novembre.
Rens. : 01.64.78.54.80.

Paris (75)

L'art de manger

Les traditions autour de l'alimentation lors de cérémonies ou de rituels en Afrique, en Insulinde et en Océanie.

Musée Dapper, 35 bis
Valéry, jusqu'au 12 ju
Rens. : 01.45.00.91.7

Voyager au Moyen

Un périple à travers le temps et l'espace où l'on évoque les différents types de voyageurs, du marchand au pèlerin, du prince à l'artiste, à travers des objets (cartes, mobilier, lettres...) témoignant de moments forts ou anecdotiques du voyage.

Musée de Cluny, 6, place
Painlevé, jusqu'au 23
Rens. : 01.53.73.78.00

Rhodes, une île grecque aux portes de l'Orient

La richesse exceptionnelle de l'archéologie rhodienne entre les XIV^e et VI^e siècles avant J.-C. (de l'âge du bronze à l'époque archaïque).

Musée du Louvre, allée
entresol, jusqu'au 10
Rens. : 01.40.20.53.17

Lille (59) / Exposition

Sésostris III. Pharaon de légende

Si les puissants ont toujours cultivé leur image pour asseoir leur autorité, le pharaon Sésostris III est de ceux qui ont élevé la « stratégie de communication » au rang d'art. La statue monumentale qui accueille le visiteur donne le ton : visage sévère, corps jeune et svelte, Sésostris III se veut un monarque à la fois féroce avec l'ennemi et bienveillant avec ses sujets. Le règne de ce souverain emblématique (1872-1854 avant J.-C.) n'a pas connu de révolution technique majeure, mais une véritable « rupture » politique et sociale, avec l'affaiblissement de la noblesse au profit de petits fonctionnaires dévoués, qui adoptent les codes du souverain jusque dans leurs propres représentations physiques. La prépondérance des scribes en haut de l'échelle sociale est symbolisée ici par un papyrus de la satire des métiers, où l'auteur dénigre le travail manuel auprès de son fils. Peu connu du grand public, ce pharaon atypique a aussi laissé une empreinte très forte en étendant l'influence de l'État égyptien en Nubie (Soudan) et au Sinaï. C'est la première exposition internationale consacrée à Sésostris III. Elle est riche de 350 œuvres, dont la moitié proviennent d'une trentaine de musées de par le monde (les autres appartenant à la collection du Palais des beaux-arts et provenant essentiellement de fouilles menées par l'université Lille-III dans les années 1960 au Soudan). Un soin particulier a été apporté à la scénographie et à la pédagogie,



J. LAMBERTON / THE NELSON-ATKINS MUSEUM OF ART, KANSAS CITY

Le souverain égyptien de la XII^e dynastie a régné de 1872 à 1854 avant J.-C.

avec une mise en contexte bienvenue en début de parcours et une application mobile pour les enfants. **Jérôme Champavère**
Palais des beaux-arts, place de la République
Jusqu'au 25 janvier. Rens. : 03.20.06.78

De l'amphore au conteneur

Deux mille ans de commerce maritime en France, avec en fil conducteur les exemples concrets de routes commerciales et de cargaisons de produits alimentaires : céréales, huile d'olive, sel et épices, café, thé et cacao.

Musée national de la marine
place du Trocadéro
Jusqu'au 28 juin.
Rens. : 01.53.65.69.11

Saint-Étienne (42)

Parc-musée de la Mine

Un passé monument historique depuis janvier 2011, le puits Curriot est le site d'un des plus grands sièges d'extraction du

XX^e siècle. Il a aujourd'hui pour ambition de devenir un parc-musée pour conserver et valoriser les traces du passé minier, complétant le musée de la Mine.

Parc Joseph-Sanguier
3, bd Franchet-d'Espèrey
ouverture le 5 décembre
Rens. : 04.77.43.83

Saint-Germain-en-Laye (95)

La Grèce des origines, entre rêve et archéologie

Un parcours pour revivre la découverte du passé le plus ancien de la Grèce et comment il fut interprété à la Belle-Époque, grâce à des collections de nombreux musées français, des

documents d'archives inédits et des photographies d'époque.
Musée d'Archéologie nationale
place Charles-de-Gaulle
Jusqu'au 19 janvier.
Rens. : 01.39.10.13.00

Strasbourg (67)

Mon corps fort ton corps!

Un parcours consacré à la découverte du corps humain, accessible dès 7 ans et en trois parties — Mon corps en mesure, Mon corps en mouvement, Mon corps a de l'esprit —, durant lequel le visiteur est tantôt expérimenté, tantôt cobaye.

Le Vaisseau, 1 bis, rue
Dollinger, jusqu'au 3
Rens. : 03.69.33.26.11

CONFÉRENCES

Cahors (46)

Les aurores polaires. Quand le Soleil courtise l'atmosphère

Par Frédéric Pitout, de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie à l'observatoire Midi-Pyrénées.

Espace Clément-Marot des congrès, place Brébut, le 9 décembre à 20 h. Rens. : 05.65.22.28.1

Grenoble (38)

La domestication animale et l'apparition des premières communautés d'éleveurs

Par Jean-Denis Vigne, archéozoologue au Muséum national d'histoire naturelle de Paris.

Muséum, auditorium, 12 rue Dolomieu, le 10 décembre à 18 h. Rens. : 04.76.44.05.1

Marseille (13)

Les technologies maritimes et sous-marines

Par Vincent Rigaud, directeur de l'unité systèmes

Paris (75) / Exposition

Le grand collisionneur - LHC



Le LHC de Genève est le plus grand instrument de physique des particules au monde. Puisqu'on ne peut pas y pénétrer facilement, le Palais de la découverte lui consacre une exposition, conçue par le Science Museum de Londres. Elle offre un étonnant parcours en immersion dans le centre de recherche. Hélas! au prix de l'accessibilité, car la physique des particules demande une certaine initiation. Les explications sont bien présentes, mais éparpillées sur des tableaux, des Post-it, des vidéos, etc. Il faut donc venir avec un esprit curieux dans un esprit de démarche scientifique.

Palais de la Découverte, avenue Franklin-Roosevelt, le 9 décembre à 10 h. Rens. : 01.56.43.20.20.

sous-marins de l'Ifremer, Auditorium de l'Alcazar de Belsunce, le 16 décembre à 19 h. Rens. : 04.91.14.59.1

Nantes (44)

Les masques de galaxies et grandes structures de l'Univers : projet XXL

Par Marguerite Pierre, astrophysicienne au CNRS, Salle Bretagne, 23, rue de Mareuil, le 12 décembre à 19 h. Rens. : 02.40.68.91.2

Paris (75)

Alice au pays de la matière primordiale

Par Sébastien Descotes-Genon, directeur du Laboratoire de physique théorique d'Orsay, et Raphaël Granier, de Cassagnac, chercheur au Laboratoire Leprince-Ringuet dans l'expérience CMS. Palais de la Découverte, avenue Franklin Roosevelt, le 29 novembre à 15 h. Rens. : 01.56.43.20.20.

La planète des hommes : Réenchanter le risque

Par Gérald Bronner, professeur de sociologie à l'université Paris-Diderot. Musée des Arts et Métiers, Réaumur, le 4 décembre à 18 h. Rens. : musee-conf@ma.musee-lavoisier.fr

Frissons dans le futur : cosmologie

Par Karim Benabed, astronome à l'Institut d'astrophysique de Paris. Cité des sciences et de l'industrie, 30, avenue Corentin-Leprieux, le 9 décembre à 19 h. Rens. : 01.40.05.80.00

Poitiers (86)

Les addictions

Journée de conférences sous la responsabilité scientifique de Marcello Solinas, responsable de l'équipe Inserm neurobiologie et neuropharmacologie de l'addiction à l'université de Poitiers. Espace Mendès-France, 1, place de la Cathédrale, le 9 décembre à 9 h. Rens. : 05.49.50.33.00

Rennes (35)

Du bon usage des médicaments : tous concernés

Par Irène Frachon, pneumologue au CHU de Brest et lanceuse d'alerte au sujet du Mediator, et Virginie Gimbert, sociologue, chargée de mission au Commissariat général à l'égalité territoriale et à la prospective des sciences, le 10 décembre à 20 h. Rens. : 02.23.40.66.11

La science des rêves

Par Isabelle Arnulf, neuropsychiatre à l'unité des pathologies du sommeil de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, à Paris. Espace des sciences, le 10 décembre à 18 h. Rens. : 02.23.40.66.11

Villeneuve-d'Ascq (59)

L'histoire de la cryptographie

Par Jacques Patarin, cryptologue, professeur à l'université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines. Cité scientifique - Espace culture, le 16 décembre à 18 h 30. Rens. : 03.20.43.69.09.

Saint-Étienne (42)

Faire des enfants demain

Par Jacques Testart, directeur de recherche honoraire à l'Inserm et pionnier des méthodes de procréation assistée. Salle Aristide-Briand, le 9 décembre à 19 h. Rens. : 04.77.42.02.77

Splendeurs des Han, essor de l'Empire céleste



Les plaques de ce lindeul de jade sont cousues de fil d'or.

Brûle-parfum en forme de montagne, chevaux de bronze, cavaliers de terre cuite ou boucles de ceintures en or extraites de tombes princières... : grâce au prêt exceptionnel de plus de 200 œuvres, l'exposition « Splendeurs des Han » s'intéresse à une période fondamentale de l'histoire de cette dynastie impériale qui a régné sur la Chine pendant plus de quatre siècles (206 avant J.-C. 220 après. J.-C.). Ces objets inédits témoignent de la prospérité et de la richesse artistique

Parmi eux, un chef-d'œuvre des rituels funéraires : un lindeul de jade, matériau précieux auquel on attribuait des propriétés magiques, telle celles de préserver la vie des défunts et l'immortalité de l'âme. B. A. M., place d'Iéna, jusqu'au 1^{er} mars. Rens. : 01.56.52.53.00.



Des questions de **santé** ?
Des questions de **recherche** ?
Des questions d'**actualité** ?

Les réponses dans **Science & Santé**
le magazine de l'Inserm

Abonnement gratuit sur simple demande à science-et-sante@inserm.fr



Inserm

Institut national
de la santé et de la recherche médicale



« En tant que chercheur, mon seul intérêt est de repousser les limites de l'inconnu. Mon moteur principal est la curiosité.

Anne Dejean-Assémat, Grand Prix 2014

PRIX Inserm 2014



Sir Leszek Borysiewicz, Prix International



William Vainchenker, Prix d'Honneur



Mickaël Tanter, Prix Opecst-Inserm



Nadine Cerf-Bensussan, Prix Recherche



Hélène Dollfus, Prix Recherche



Frédéric De Boek, Prix Innovation



Mathieu Ducros, Prix Innovation

Supplément de 8 pages au numéro 814 de Sciences et Avenir de décembre 2014. Ne pas jeter sur la voie publique. Rédaction Géraldine Magnan. Photos Patrick Delapierre © Inserm

La liberté de penser



Dominique LEGLU
Directrice de la rédaction
de Sciences et Avenir

Pour la deuxième année, Sciences et Avenir est fier de poursuivre un partenariat avec ce grand organisme public de recherche français qu'est l'Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale). Surtout à l'occasion de ce moment réjouissant que va constituer la remise de prix prestigieux, le 3 décembre 2014, lors d'une cérémonie au Collège de France, à huit de ses spécialistes. Huit enthousiastes dont les portraits, dans les pages suivantes, explicitent les parcours souvent étonnants, l'engagement très fort. En tout premier lieu, avec le Grand Prix qui revient à Anne Dejean-Assémat, spécialiste des tumeurs cancéreuses, s'illustre la nécessité de la recherche la plus fondamentale qui soit, *in fine* permettant de lutter contre l'une des maladies les plus complexes à combattre qui soit. Comme dans un cri du cœur, elle a confié que son moteur principal

était « *la curiosité* ». Repousser les limites de l'inconnu, c'est ce qui motive les chercheurs, que ce soit en génétique, en immunologie, en ophtalmologie ou au croisement de plusieurs disciplines... C'est avec cette ambition que les plus grandes découvertes surgissent. Parfois, elles surviennent après des années d'investissement mental, quand l'esprit sait faire un pas de côté, et développer toute sa créativité. Car, selon cette maxime attribuée à Louis Pasteur, « *le hasard ne favorise que les esprits préparés* ». Mais attention, la recherche est aussi un travail d'équipe et c'est pour cela que certains prix récompensent aussi ceux qui développent des instruments de pointe pour la recherche. Que ce soit en poussant l'électronique dans ses retranchements ou toute la panoplie des logiciels les plus sophistiqués... Avec un moteur essentiel au cœur de tous ces travaux, la liberté de penser.

La curiosité aux commandes

Grand
Prix
2014

Pas à pas, en se laissant conduire par ses résultats scientifiques uniquement, Anne Dejean-Assémat parvient à mieux comprendre les mécanismes moléculaires et cellulaires à l'origine des cancers chez l'homme. Elle refuse pourtant l'idée d'une recherche « à finalité ».

« **D**evant un résultat trop beau, il faut penser à l'artéfact plutôt qu'au prix Nobel ! » Pour Anne Dejean-Assémat, qui dirige l'unité Inserm de Biologie moléculaire et cellulaire des tumeurs et l'unité Organisation nucléaire et oncogénèse à l'Institut Pasteur*, le métier de chercheur est très exigeant. Rigueur et vérité doivent dominer. « Il y a eu une dérive

terrible au fil des ans, dénonce-t-elle. Parce qu'on force les chercheurs à trouver absolument des applications, certains peuvent dénaturer leurs résultats pour faire une belle histoire ficelée et vendable. Je m'y refuse ! » D'ailleurs, ne demandez pas à la scientifique quel intérêt ont ses travaux. « En tant que chercheur, mon seul intérêt est de repousser les limites de l'inconnu. Mon moteur principal

est la curiosité. Il n'y a pas de finalité utile. C'est une recherche libre ! » Les découvertes majeures sont par nature imprévisibles. Le parcours d'Anne Dejean-Assémat l'illustre bien. En cherchant à comprendre comment le virus de l'hépatite B peut provoquer un cancer du foie, elle a découvert l'un des premiers récepteurs de l'acide rétinoïque, la forme active de la vitamine A, qui joue un rôle dans



Anne Dejean-Assémat



« Le matin, je me réjouis de cette nouvelle journée qui commence. C'est un privilège de me rendre au laboratoire sans avoir l'impression d'aller travailler. Je suis aussi heureuse de savoir que je retrouverai mes enfants le soir. Je me régale à les voir vivre et grandir. Je puise ma force dans ma famille et la recherche. »

de nombreux processus biologiques. Cette liberté de pensée et d'action, la chercheuse la doit d'abord à ses parents. Étonnamment, son père ingénieur et sa mère professeure de mathématiques, engagés dans des associations, ne parlaient jamais études à la maison. « Il y avait toujours beaucoup de monde, des discussions. Cela a développé mon sens critique et ma liberté de penser face aux idées reçues. » À l'époque, la jeune fille se passionne pour le vivant. Des dimanches en forêt, des vacances en pleine nature, façonnent son sens de l'observation. Elle s'oriente vers la biologie et, dès le début de sa thèse, entre à l'Institut Pasteur. Elle a 30 ans à peine lorsqu'elle monte sa propre équipe.

Elle passe alors plusieurs années sur les récepteurs de l'acide rétinoïque (RAR), découvrant notamment les sites de fixation à l'intérieur du noyau cellulaire. Avec ses collègues, elle s'intéresse ensuite à la leucémie aiguë promyélocytaire. Depuis quelques années, on soigne en effet cette maladie rare par de l'acide rétinoïque et de l'arsenic. L'équipe découvre rapidement le défaut génétique responsable, qui implique une altération d'un RAR sous la forme de l'oncoprotéine PML-RAR. Elle met ensuite en lumière le défaut cellulaire : un corps nucléaire – baptisé PML – présent dans le noyau et désorganisé lors de la maladie. « Ici, la découverte du traitement a précédé la recherche fondamentale. Nous avons apporté

l'explication moléculaire et cellulaire des processus de leucémogénèse puis de l'efficacité du traitement. » L'acide rétinoïque réorganise les corps PML. « La reformation de ces corps nucléaires contribue à éradiquer la leucémie », explique la chercheuse. L'arsenic joue le même rôle. En plus, il ajoute une marque sur l'oncoprotéine PML-RAR. Il la signale pour la dégrader. La découverte de cet étiquetage ouvre un nouveau pan de recherche qui ne s'arrête pas à la leucémie. Aujourd'hui, l'équipe d'Anne Dejean-Assémat travaille sur son rôle dans un autre cancer, celui du côlon.

* Unité 993 Inserm/Institut Pasteur, Organisation nucléaire et oncogénèse, équipe Rôle des modifications post-traductionnelles sans la transformation cellulaire et l'oncogénèse

Une carrière au service de l'hématologie

Prix
d'Honneur
2014

Médecin passionné par la recherche scientifique, William Vainchenker a passé près de vingt ans à la tête d'un des plus gros laboratoires français spécialisés dans l'étude des cellules et des maladies du sang.



William Vainchenker

Dans le petit bureau vitré où William Vainchenker réfléchit et écrit, le prestigieux prix de l'*American Society of Hematology* côtoie un marsupilami accroché aux branches d'un yucca en pleine expansion. Les cheveux en bataille, le chercheur remplit en vitesse un document qu'une étudiante vient de lui demander. En fin de carrière, le directeur de laboratoire hésite

à partir en retraite. « *Il faut laisser les gens prendre leur indépendance* », commente-t-il. Il a toutefois suspendu la décision de son départ à une ultime demande de financement européen pour un futur projet. Réponse au printemps prochain. En attendant, il continue de plancher sur l'hématopoïèse. La fabrication des cellules sanguines par la moelle osseuse aura occupé l'essentiel de son parcours, mené en région parisienne, aujourd'hui au sein de l'Institut Gustave-Roussy*, à Villejuif.

Vantant l'indépendance et la sécurité d'une carrière de médecin, son père, ingénieur, le pousse vers la faculté de médecine qu'il intègre en 1967. Mais le jeune William est déjà féru de science. Il choisit l'hématologie, « *car il y a beaucoup de biologie* ». En parallèle, il suit un DEA de physiologie cellulaire « *très fondamentale* ». Le sort lui donne alors un coup de pouce : le poste de chef de clinique qu'on lui destinait lui passe sous le nez, mais au même moment, l'Inserm crée un poste d'accueil de jeune chercheur, qu'il est alors libre d'accepter. Dans ce cadre, il s'intéresse aux cellules souches du système hématopoïétique et met en place des cultures cellulaires dans

« Le matin, je me dis que je dois avancer dans le travail. Je pense à la suite, à l'avenir. Je ne suis pas intéressé par le passé et pas plus par le fait de diriger. Je suis seulement ambitieux pour ce qui concerne la recherche, les progrès et les résultats. »

l'objectif de caractériser les cellules progénitrices à l'origine des plaquettes, d'une part, et des globules rouges, d'autre part. « *À l'époque, c'était un sujet vierge.* » Rapidement, il fédère une petite équipe. Il passe aussi son clinicat. Puis des collègues le poussent à présenter le concours Inserm de directeur de recherche, qu'il réussit. « *1982 a été une année faste* », plaisante-t-il. Attiré depuis toujours par la paillasse, il reste néanmoins marqué par la pratique clinique. Depuis l'époque de son internat, il assure une

consultation hebdomadaire en hématologie à l'hôpital Saint-Louis, à Paris. « *C'est important. Cette activité permet de rester près des réalités, de sortir de l'ambiance parfois frustrante du labo, et aussi de relativiser car la recherche, dominée par la compétition, est un métier déshumanisant.* » Ce qui ne l'a pas empêché de réaliser plusieurs découvertes majeures, comme celle de la thrombopoïétine. Cette hormone régule la production physiologique des plaquettes. En étudiant les syndromes myéloprolifératifs, ces maladies malignes où la moelle osseuse fabrique trop de cellules sanguines, il identifie une mutation génétique acquise au cours de la vie et présente dans l'immense majorité des cas. Cette mutation modifie la protéine kinase Jak2, un acteur clé de l'hématopoïèse. William Vainchenker se concentre ensuite sur l'analyse fine des mécanismes moléculaires à l'origine de l'ensemble de ces maladies. Il découvre alors le gène TET2 dont les mutations sont impliquées dans un grand nombre de cancers du sang. ■

* Unité 1009 Inserm/Institut Gustave-Roussy/Université Paris-Sud 11
www.gustaveroussy.fr

Le recteur de Cambridge est médecin

Prix
International
2014

Fasciné par la quiescence des virus, Leszek Borysiewicz s'est illustré en immunologie. Aujourd'hui, il organise la formation des élites britanniques dans l'une des plus prestigieuses universités du monde. Un parcours exemplaire pour ce fils d'immigrants polonais.



Leszek Borysiewicz

Sir Leszek Borysiewicz est un homme modeste. Il compte pourtant parmi les médecins les plus influents du Royaume-Uni. Aujourd'hui vice-chancelier de la très prestigieuse université de Cambridge, il fut aussi directeur du *Medical Research Council*, l'équivalent britannique de l'Inserm, et recteur-adjoint de l'*Imperial College* de Londres. Il en avait auparavant dirigé la faculté de médecine. « *Un parcours chaotique* », commente-t-il, déclenchant la surprise. C'est sa façon d'évoquer ses allers-retours professionnels entre Londres

© Inserm/Parick Delpierre

et Cambridge, entrecoupés par une dizaine d'années dans sa ville natale, Cardiff, capitale du Pays de Galles. Il y a enseigné la médecine, à l'endroit même où il a étudié et rencontré son épouse. Actuellement membre de plus de 70 organisations professionnelles, il cumule les postes et les honneurs. Mais il reste, avant tout, médecin. « Arrêter de pratiquer la médecine a été une des décisions les plus difficiles de ma vie. J'étais spécialisé sur les maladies infectieuses. C'était le début des années 2000. La plupart de mes patients étaient infectés par le VIH. Or, mes nouvelles fonctions d'organisation prenaient du temps, il fallait voyager à travers le monde. Je n'étais plus assez disponible pour eux. Mais aujourd'hui encore, la clinique me manque. »

Difficile de croire que le vice-chancelier a commencé à parler anglais à l'âge de 5 ans seulement, lors de son entrée à l'école. Ses parents, maçon et mère au foyer, s'exprimaient en polonais. Mais avant de s'installer dans la capitale galloise en 1947, ils avaient, eux, bien connu « un parcours chaotique ». Capturés par les Soviétiques, ils ont été emprisonnés dans des

camps en Sibérie en 1939-1940. Puis, à la suite de l'accord polono-soviétique, ils ont rejoint le groupe d'Anders – une étonnante armée de volontaires, accompagnés de leurs familles pour certains, placée sous commandement du gouvernement polonais en exil. Ils ont alors gagné Téhéran, Bagdad, Jérusalem... avant d'envahir

« Le matin, lorsque je vois mon visage dans le miroir, je me dis que je vieillis ! Je me pose aussi une question : que vais-je pouvoir accomplir aujourd'hui ? Jusqu'alors, j'ai été très chanceux. Ma famille a été incroyablement compréhensive et je suis heureux de la réussite de chacun. Ma femme a toujours exercé comme médecin généraliste, mes filles sont devenues dermatologue et mathématicienne. »

l'Italie. Après ces opérations, les futurs parents du petit Leszek ont choisi le Royaume-Uni. Leur fils y a vu le jour quatre ans plus tard.

À peine devenu médecin, il s'intéresse à la recherche. Et, dès les années 1970, il s'interroge sur la quiescence des virus. « Certains peuvent rester dans notre corps très longtemps, parfois la vie entière. Occasionnellement, ils provoquent des maladies, mais c'est un événement rare. » Comment le corps parvient-il à survivre dans ces conditions ? Comment un virus devient-il brusquement pathogène ? Pour répondre, Leszek Borysiewicz s'est tourné vers l'immunologie. Ses travaux ont, entre autres, conduit son équipe à développer le premier vaccin contre le papillomavirus humain, responsable du cancer du col de l'utérus. À long terme, le chercheur espère voir arriver un vaccin thérapeutique. Ses anciens collègues de l'université de Cardiff y travaillent. De son côté, il œuvre au conseil sur les politiques scientifiques et à l'organisation globale de la recherche. « Mon objectif actuel est d'aider les nombreux jeunes scientifiques à atteindre leurs buts, ici, à l'université de Cambridge. »

Prix
Opecst-
Inserm
2014

La révolution ultrasonore

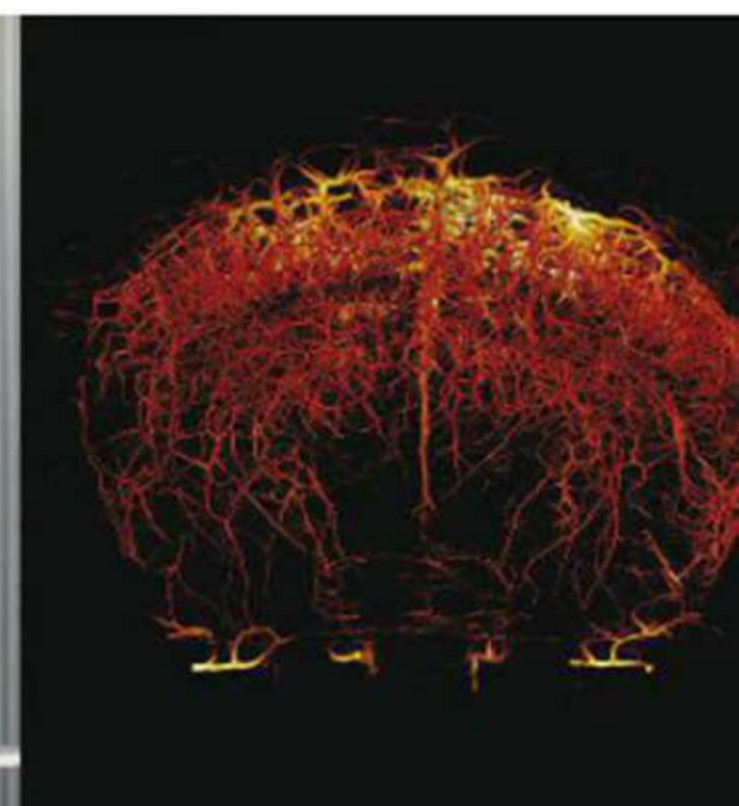
Mickaël Tanter a rêvé d'un échographe ultrarapide. Mieux : il l'a fait. En fondant une société pour le développer, ce spécialiste de la physique des ondes pour la médecine a participé à revisiter l'imagerie médicale et à recréer un tissu industriel dans un domaine que l'on croyait perdu en France.

« Dans ma famille, je suis le vilain petit canard », plaisante Mickaël Tanter. Breton d'origine, le physicien a vu le jour dans une tribu de marins. « Enfant, je rêvais d'expédition quand je recevais les lettres de mon père ornées de timbres magnifiques. Mais il n'est pas nécessaire de se déplacer pour découvrir le monde. La recherche est un fantastique voyage ! » Le directeur de l'unité Physique des ondes pour la médecine*, également directeur adjoint de l'Institut Langevin à Paris, est un homme enthousiaste. Il faut dire que la vie a souri à cet esprit brillant. En plus de

© Inserm/Patrice Delapierre



Mickaël Tanter



ses attributions scientifiques, il a participé à la création de la société Supersonic Imagine. Au printemps dernier, la start-up a levé 50 millions d'euros lors de son introduction en bourse. En moins de dix ans, ses effectifs sont passés de 10 à 140 personnes.

La *success story* de l'entreprise est à la hauteur du pari. « Nous avons pris trois types de risques : scientifique, technologique et industriel », explique Mickaël Tanter. Il est en grande partie à l'origine du concept d'Aixplorer, un échographe ultrarapide qui équipe aujourd'hui la plupart des grands hôpitaux à travers le monde. Après une thèse de physique fondamentale, l'ingénieur Supélec veut « voir les vibrations qui se propagent dans le corps ». La vitesse de ces vibrations mécaniques, des « ondes de cisaillement », dépend de l'élasticité des tissus. « Avec Aixplorer, c'est comme si le médecin pouvait faire une palpation à distance. En plus de l'image échographique, l'appareil fournit une carte de dureté des tissus en surimpression. » La preuve du concept et la recherche préclinique sont finalisées en 2005. Une année chargée pour

le physicien : il intègre l'Inserm, crée son unité, lance la société, avec Jacques Souquet, Claude Cohen-Bacrie et Mathias Fink, et devient père pour la seconde fois ! Véritable rupture technologique, l'appareil est le premier échographe dont les capacités reposent entièrement sur des logiciels informatiques. Il a profité de l'essor des calculateurs de jeux vidéo. Enfin, les fondateurs ont eu l'audace de croire que leur start-up pourrait se lancer sur un marché ultra-concurrentiel dominé par quelques géants. À l'époque, le tissu industriel de l'imagerie médicale a disparu en France. « Il fallait tout recréer. » Les premiers appareils sont commercialisés en 2009. Dans les centres concernés, ils révolutionnent d'abord le diagnostic de cancer du sein.

Aujourd'hui, l'équipe de Mickaël Tanter étudie la rigidité artérielle, l'élastographie du foie, la contractilité musculaire... Les collaborations avec divers partenaires scientifiques et médicaux se multiplient. « La valorisation industrielle de la recherche est un cercle vertueux. Les ingénieurs de la société ont développé un appareil fantastique qui est ensuite revenu au laboratoire et nous

« Le matin, je me dis que j'ai de la chance de travailler avec de jeunes chercheurs extraordinaires. Nous sommes en permanence au bord de l'inconnu, à jouer avec cette frontière. Je suis surtout heureux de voir que nos travaux sont utiles aux patients... Enfin, pour dire vrai, le matin, j'ai peu de temps et je fonce au labo ! »

permet d'inventer encore plus. Par exemple, au lieu d'observer des ondes mécaniques, peut-on mieux voir le sang ? » Après avoir décuplé la sensibilité du Doppler, les physiciens observent les minuscules flux sanguins dans le cerveau. Ils promettent de faire entrer les ultrasons dans le monde des neurosciences en « imageant » l'activité cérébrale comme jamais auparavant. ■

* Unité 979 Inserm/CNRS/École supérieure de physique et chimie industrielle de Paris/Université Paris 7 - Denis Diderot/Université Pierre-et-Marie-Curie
www.institut-langevin.espci.fr

Voir le cerveau réfléchir

Prix
Innovation
2014

Le cerveau est un milieu opaque dont l'activité précise est difficile à observer. Mais peut-être plus pour longtemps... Avec ses collègues, Mathieu Ducros a inventé la microscopie biphotonique multiplexée. « Le multiplexage est une technique de traitement de l'information qui permet d'enregistrer l'activité

de plusieurs cellules sans avoir à effectuer de balayage, explique l'ingénieur de recherche. La microscopie à deux photons, ou biphotonique, permet, quant à elle, de voir sous la surface du cerveau, jusqu'à plusieurs centaines de microns. La combinaison des deux donne une imagerie ultrarapide d'un réseau de neurones. On peut

voir comment les cellules discutent entre elles. » L'affaire est rendue possible en introduisant au préalable des colorants fluorescents dans les neurones. L'activité cellulaire de ces derniers modifie ensuite le niveau d'émission de lumière. Développé dans le Laboratoire de neurophysiologie et nouvelles technologies*, à Paris, le

« Le matin, je me dis que j'aurais dû me coucher plus tôt ou j'espère qu'il va faire beau ! À vrai dire, je pense rarement à la science en me réveillant. En revanche, je me dis souvent que j'ai beaucoup de chance d'exercer ce métier. J'en suis heureux. Il y a une stimulation intellectuelle sans cesse renouvelée. »

© Inserm/Perick Delpierre



Mathieu Ducros

multiplexage biphotonique permet aussi de visualiser le flux sanguin dans plusieurs vaisseaux capillaires.

Pour l'heure, la démonstration de principe a été faite sur quelques cellules. Mathieu Ducros, dont les collègues étudient les bulbes olfactifs

– zones du cerveau proches de la cavité nasale impliquées dans le traitement des informations olfactives –, espère bientôt mesurer l'activité électrique de plus d'une vingtaine de neurones en moins d'une milliseconde. Cinq années ont été nécessaires à la mise au point de son invention,

mais l'ingénieur, auparavant passé par la Suisse, les États-Unis et le Canada, développe des microscopes pour les biologistes depuis douze ans. «Avoir exploré d'autres domaines de l'imagerie m'a permis d'avoir cette idée nouvelle».

* Unité 1128 Inserm/Université Paris-Descartes

De l'électronique à la biologie cellulaire

Prix
Innovation
2014



Frédéric De Bock



« Le matin, je me dis que je dois nourrir le chat. Il réclame ! Sinon, je me demande comment va s'organiser ma journée. Lorsqu'aucune expérimentation n'est programmée, mon activité est très variée. Elle change en fonction des rencontres et des besoins de la vie du labo. Car je suis aussi engagé dans la vie sociale de l'Institut, au comité d'hygiène et de sécurité par exemple. »

« Mettre des bouts de cerveau dans une boîte. » Tel est le résultat des travaux de Frédéric De Bock, comme il le définit lui-même en riant. « Mesurer l'activité électrique ou observer les effets de différents produits pharmacologiques sont des activités difficiles à mener sur un cerveau entier », explique plus sérieusement celui qui a mis au point des cultures organotypiques. « Il s'agit d'une tranche de cerveau, mise en culture pendant quinze jours. » Cela permet de réaliser une foule d'expériences. À l'Institut de génomique

fonctionnelle* de Montpellier, où œuvre l'ingénieur, la technologie a été appliquée à l'étude de l'épilepsie. « Nous avons travaillé sur les dysfonctionnements de la barrière hématoencéphalique, qui assure normalement l'étanchéité entre le système vasculaire et le système nerveux. » Ce filtre sélectionne et autorise l'entrée de certaines molécules seulement. Les scientifiques soupçonnent que des ruptures au niveau de la microvascularisation permettraient à certains composés indésirables de pénétrer dans le cerveau, ce qui serait à l'origine de la récurrence de crises d'épilepsie.

Entré à l'Inserm en 1984 alors qu'il avait 25 ans, l'ingénieur a débuté comme technicien. Électronicien de formation, il « bricolait » des instruments pour les chercheurs. Désormais, il les fabrique à partir de matériel biologique. Entre les deux, il a passé une thèse de doctorat et les concours internes de l'Inserm. Ainsi, Frédéric De Bock a escaladé l'échelle sociale de l'Institut, tout comme il grimpe les voies mythiques des falaises du pic Saint-Loup, entre mer Méditerranée et Cévennes.

* Unité 661 Inserm/CNRS/Universités de Montpellier 1 et 2

Quand la génétique médicale s'allie à l'ophtalmologie

Prix
Recherche
2014

Chef du service de génétique médicale des hôpitaux universitaires de Strasbourg, coordinatrice du Centre national de référence des maladies génétiques rares de l'œil, directrice

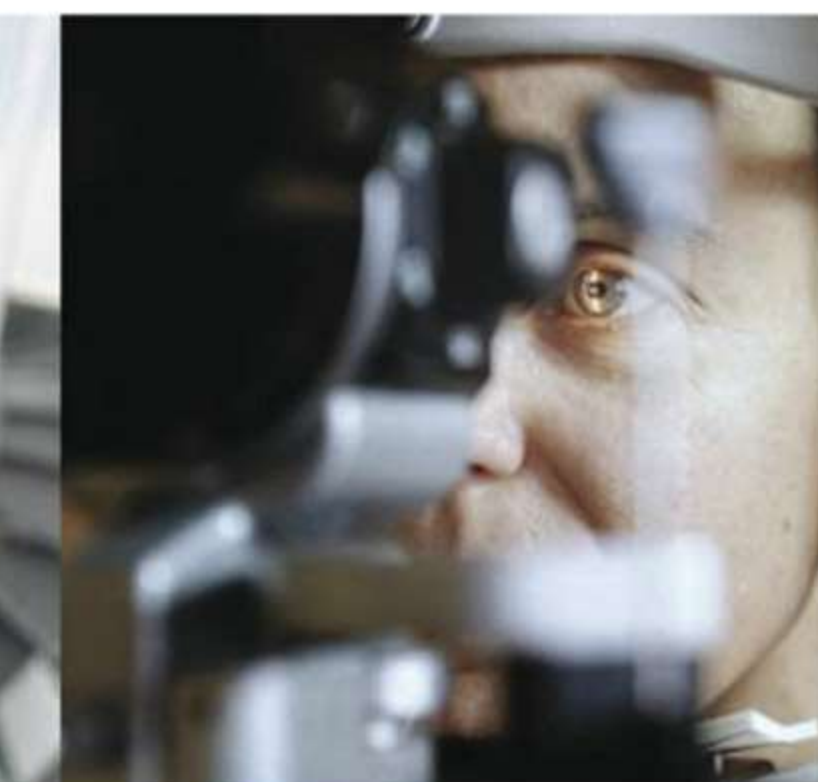
du laboratoire Inserm de génétique médicale* de l'université de Strasbourg, instigatrice du futur Institut de génétique médicale d'Alsace... Hélène Dollfus multiplie les casquettes. Est-ce sa passion pour la montagne et les grands espaces

qui lui procure autant d'énergie ? « Je me définis comme une femme d'extérieur », annonce-t-elle, fidèle à ses racines, puisqu'elle a grandi en Alsace auprès d'un père médecin. L'équipe de la chercheuse se focalise sur l'étude des



Hélène Dollfus

gènes responsables de certaines maladies rares de l'œil, les ciliopathies. « Elles touchent la rétine et d'autres organes. En plus de leurs problèmes visuels, les personnes souffrent d'obésité, de diabète, d'insuffisance rénale... » Hélène Dollfus rencontre les familles dans le cadre de sa consultation à l'hôpital.



© Inserm/Patrick Delapierre

Elle essaie ensuite d'identifier les gènes à l'origine de leur maladie puis de comprendre quels mécanismes moléculaires et cellulaires sont perturbés, pour enfin trouver une cible thérapeutique et peut-être un médicament qui bénéficiera à ces mêmes familles. « C'est un modèle de médecine

« Le matin, je me dis que c'est encore une nouvelle course qui commence. C'est difficile d'être partout à la fois, j'écris des listes en permanence. Chaque jour est une véritable course de fond. Mais j'espère bien pouvoir courir encore longtemps, sur tous les fronts ! »

translationnelle ! » Le futur Institut de génétique médicale d'Alsace favorisera lui aussi ces allers-retours entre patients et chercheurs. À partir de 2017, les premiers n'auront qu'un étage à monter pour visiter les seconds. Le bâtiment, en train de sortir de terre, a été pensé ainsi.

* Unité 1112 Inserm/Université de Strasbourg
edeninsight.eu/igma2014

Dans la lumière intestinale

Prix
Recherche
2014

Trois cents mètres carrés. C'est la superficie de l'intestin, la plus grande interface du corps humain avec le monde extérieur. Elle est constamment exposée à des milliards de bactéries et à de nombreux antigènes alimentaires. « Sa protection mobilise en permanence la vaste majorité de nos cellules immunitaires », affirme Nadine Cerf-Bensussan. Comment l'intestin assure-t-il son rôle de barrière ? Comment le système est-il aussi précisément régulé ? À la tête du laboratoire d'immunité intestinale, au sein de l'Institut des maladies génétiques Imagine*, à Paris, la

chercheuse tente de répondre à ces questions. Arrivée sur le campus de l'hôpital Necker-Enfants malades peu après le début de ses études médicales, elle a très vite souhaité travailler dans un aller-retour entre le lit du patient et la recherche fondamentale. « Necker était un lieu privilégié pour un tel projet », raconte-t-elle. Elle s'oriente rapidement vers l'étude du système immunitaire de l'intestin et des maladies liées à son dysfonctionnement. La chercheuse s'est beaucoup intéressée à la maladie cœliaque, provoquée par l'ingestion de gluten chez des sujets prédisposés. Ses travaux ont

permis de mieux comprendre le mécanisme des lésions intestinales et d'élucider pourquoi le régime sans gluten devient inefficace chez certains patients. Chez eux, la surproduction par l'intestin d'un facteur soluble, l'interleukine 15, favorise l'émergence de lymphomes, des tumeurs qui se développent à partir des lymphocytes. Avec ses collègues, la scientifique espère désormais développer un traitement efficace contre ces formes sévères de maladie cœliaque.

* Unité 1163 Inserm/Université Paris-Descartes
www.institutimagine.org

« Le matin, je me dis que je suis très heureuse d'avoir un métier qui légitime ma curiosité, me permet de la partager et de la rendre utile. Mais la compétition est aujourd'hui très forte. Y résister pour préserver le plaisir du travail de toute l'équipe est un objectif que j'aimerais avoir atteint plus souvent le soir... »



© Inserm/Patrick Delapierre

Nadine Cerf-Bensussan

Guide HIGH-TECH

Smartphones, tablettes, ultraportables, casques, montres connectées... La rédaction de « Sciences et Avenir » a testé les dernières nouveautés du monde numérique.

DOSSIER RÉALISÉ PAR
Henri-Pierre Penel et
Christophe Séfrin
avec Frédéric Botton



SMARTPHONES p. 100 / **TABLETTES** p. 108 / **ORDINATEURS** p. 110 / **TÉLÉVISEURS** p. 116 / **BARRES DE SON** p. 122 /
HOME CINÉMA p. 126 / **CASQUES ET ENCEINTES BLUETOOTH** p. 128 / **APPAREILS PHOTO** p. 132 /
ACTION-CAMS p. 138 / **DRONES** p. 140 / **MONTRES ET BRACELETS CONNECTÉS** p. 142

JBL - PANASONIC - APPLEWATCH - PARROT - ACER

TERMINAUX MOBILES

Les smartphones prennent de l'envergure

Ces téléphones multimédias, plébiscités par les consommateurs, adoptent de plus en plus un écran large. Ces phablettes concurrencent les tablettes. Explications.

Smartphone ou mobile ?

Les Français ont choisi leur camp : il se vend désormais plus de smartphones dans l'Hexagone que de mobiles classiques. À l'heure du tout-connecté, le choix d'un simple mobile ne peut plus être dicté que par un besoin extrêmement modéré de communiquer. Même la question du coût, qui pénalisait les smartphones, n'est plus d'actualité : on en trouve d'excellents à moins de 100 €. À la différence du mobile, le smartphone ouvre les portes d'Internet, mais aussi de dizaines de milliers de services et de divertissements à travers des applications, ces mini-logiciels téléchargeables.

Quel système d'exploitation choisir ?

Le système d'exploitation (OS) est le logiciel qui anime les smart-

phones et tablettes, gérant l'ensemble de leurs fonctionnalités. Il en existe quatre principaux : Android, iOS, Windows Phone et BBOS.

Le premier domine largement le marché et équipe près d'un milliard de terminaux dans le monde. Le système iOS est la propriété exclusive d'Apple. On le retrouve sur les iPhones et les tablettes iPad. C'est un système « fermé », qui ne fonctionne qu'avec les services et l'univers de la marque à la pomme.

L'OS Windows Phone décline sur petit écran le système d'exploitation Windows 8 pour PC. Les deux univers sont à même de communiquer, ce qui est pratique.

Enfin, le système BBOS équipe les appareils de la marque BlackBerry (lire l'encadré p. 102).

Le réseau : 3G ou 4G ?

Depuis plus de un an, les opérateurs ont largement développé la 4G en France. Ce nouveau réseau de téléphonie permet d'atteindre des débits théoriques allant jusqu'à 150 Mbit/s (méga-bits par seconde), soit 15 fois celui de la 3G. Télécharger un morceau de musique devient instantané, au lieu de prendre plusieurs secondes.

La 4G est aussi appréciable pour regarder la télévision, transférer de grosses quantités de données, etc. Mais pour en profiter, il faut un terminal compatible 4G. Celui-ci s'adaptera alors automatiquement au réseau qui l'entoure.

Écran : toujours plus grand ?

Depuis quelques mois, on a vu fleurir des smartphones aux écrans toujours plus grands : 4 pouces, 4,7 pouces... Au-delà de 5 pouces, soit 12,7 cm de diagonale, on parle de « phablette », un mot-valise créé à partir de « smartphone » et « tablette ». Attention, si les grands écrans sont séduisants, ils sont aussi plus encombrants et les terminaux forcément plus lourds. Privilégiez une taille d'écran confortable pour une question de meilleure visibilité, mais également si vous souhaitez profiter de fonctionnalités multimédias (jeux, vidéo...) dans des conditions de confort améliorées.



Phablette : les trois atouts qui font son attrait

UN LARGE ÉCRAN EN HAUTE RÉOLUTION

Plus vaste que celui d'un smartphone, il passe à la haute résolution. Sur la plupart des phablettes l'image compte 1920 x 1080 pixels soit une définition identique à celle d'un écran télé de 1,20 m.

UN PROCESSEUR PUISSANT

D'une part la technologie des processeurs ne cesse de

progresser, d'autre part, la forte capacité de la batterie autorise une consommation plus importante à autonomie équivalente.

UNE BATTERIE GÉNÉREUSE

Elle dispose d'une capacité importante grâce à la place plus généreuse dont elle profite. Un point lié à l'accroissement de la taille qu'impose le vaste écran.

LES SMARTPHONES

Logicom Lement 450

79 €

- Mémoire : 4 Go
- Système d'exploitation : Android Kitkat
- Taille écran : 4,5" (définition : 960 x 540 pixels)
- Processeur : double-cœur
- Batterie : 1500 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels

Notre avis. Des spécificités techniques a minima qui séduiront ceux qui souhaitent utiliser leur terminal mobile modérément. Mémoire extensible par carte micro SD.



Nokia Lumia 530

99 €

- Mémoire : 4 Go
- Système d'exploitation : Windows Phone
- Taille écran : 4" (854 x 480)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 1430 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels

Notre avis. Pour débiter à petit prix dans le monde du smartphone, ce terminal est proposé avec des coques interchangeables et un espace de stockage gratuit de 7 Go sur le cloud OneDrive de Microsoft.



Alcatel One Touch Pop S3

149 €

- Mémoire : 4 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Taille écran : 4" (480 x 800)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2000 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels

Notre avis. Jeune par son approche « fun » et colorée, ce petit smartphone 4G est l'un des plus accessibles. Si la définition de son écran est faible, la petite mémoire est, elle, extensible.



Archos 45 Helium

99 €

- Mémoire : 4 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Taille écran : 4,5" (854 x 480)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 1850 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels

Notre avis. Envie d'un grand smartphone 4G à petit prix ? Archos relève le pari grâce à cet appareil de bonne facture et réactif à souhait. Différence par rapport à de nombreux autres smartphones 4G à petit prix : un écran de belle taille. S'il fait l'impasse sur certaines spécificités, notamment la définition de sa dalle ou son autonomie qui nous a semblé un peu insuffisante pour certaines fonctionnalités multimédias, le 45 Helium reste d'un usage agréable. Il conviendra à tout acheteur en quête d'un produit à usage modéré.

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**



Acer Liquid E3

149 €

- Mémoire : 4 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Taille écran : 4,7" IPS (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2000 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels

Notre avis. Offrant une connexion HSPA (3G+), ce smartphone 3G+ à l'agréable design a la particularité de proposer un slot double-SIM. Sa batterie ne lui offre qu'une journée d'autonomie.



Sosh SohPhone

149 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Taille écran : 5" (720 x 1280)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2300 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels

Notre avis. De belles possibilités en matière d'image pour ce smartphone 4G qui prend des photos de qualité et tourne des vidéos en Full HD. Une autonomie satisfaisante mais une mémoire, hélas ! non extensible...



Samsung Galaxy Core 4G

149 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Taille écran : 4,5" (960 x 540)
- Processeur : double-cœur
- Batterie : 2100 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels

Notre avis. Ce modèle 4G a pour premier atout un prix qui lui offre un potentiel de séduction presque imbattable. Reste quelques limites : la faible définition de l'écran et une qualité photo perfectible.



Kazam Thunder 4.5L

169 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Taille écran : 4,5" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 1850 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels

Notre avis. La marque low cost livre un produit de facture assez classique et au design commun, mais qui offre un accès à la 4G pour un tarif plutôt accessible.



Motorola Moto G

189 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android Kitkat
- Taille écran : 4,5" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2070 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels

Notre avis. Évolution de la 3G vers la 4G du petit smartphone, le Moto G fait la différence par son écran Gorilla Glass 3 qui résistera aux chocs. Seul bémol : le capteur photo.



LOGICIELS

Les différents systèmes d'exploitation

Les possesseurs ou futurs possesseurs de smartphones ont le choix parmi quatre systèmes d'exploitation (OS). Âme des terminaux mobiles, les OS utilisés sont le choix de leurs constructeurs. Certaines marques, comme Apple ou BlackBerry ont un OS propriétaire (iOS 8 et BB10), la plupart des autres pouvant choisir Android (l'OS de Google) ou Windows Phones 8.1 (l'OS de Microsoft). Dans les faits, Android équipe 85 % des smartphones.



ANDROID
Régulièrement mis à jour, Android équipe

nombre de smartphones soit dans sa dernière version baptisée KitKat (4.4), soit dans la précédente, appelée Jelly Bean (4.3). Ergonomique et complet, le système Android est aussi la clé d'entrée de l'ensemble des services Google.



IOS La dernière version de l'OS d'Apple (iOS 8.1) se dote d'innovations intéressantes en termes de communication, mais aussi de photographie. Réservé aux produits (baladeurs, smartphones et tablettes) d'Apple, iOS fonctionne en vase clos,

un manque d'ouverture qui peut être contraignant. Mais le système se distingue par sa grande intuitivité.



BBOS Actuellement dans sa version 10, BB, le système d'exploitation de BlackBerry, tente de s'ouvrir à de nouveaux univers en étendant sa compatibilité à bon nombre d'applications Android que les terminaux de la marque pourront « faire tourner ».



WINDOWS PHONES
Essentiellement utilisé par Nokia, désormais propriété de

Microsoft, qui délaisse son OS baptisé OVI, Windows Phones 8.1 est le parfait pendant du système d'exploitation le plus récent qui équipe tous les nouveaux PC. Accès à ses applications par le biais de petites tuiles colorées dynamiques, espace de stockage en ligne... l'ensemble est assez séduisant même si le magasin d'applications en ligne manque de références importantes. Annoncés de longue date, deux nouveaux systèmes d'exploitation pourraient voir le jour : Tizen, défendu par Samsung, et Firefox OS.

► Qu'est ce qu'un écran IPS ?

Comme pour certains téléviseurs, on trouve désormais sur le marché des smartphones et tablettes des écrans dits IPS. De meilleure qualité, ceux-ci proposent des angles de vue élargis, procurant plus de confort à l'utilisateur. En tout état de cause, privilégiez un écran Full HD si vous êtes fan de vidéos en mobilité.

Quelle puissance de processeur préférer ?

Double-cœur, quadri-cœur, voire octo-cœur sur de rares modèles, le processeur est le moteur qui offre au smartphone sa réactivité mais aussi sa capacité à travailler en multitâche, soit avec plusieurs applications ouvertes simultanément. Ces données sont aussi à mettre en corrélation avec la cadence du processeur, exprimée en gigahertz (GHz). Bien maîtrisé par les constructeurs, ce couple permet aussi de mieux gérer l'autonomie des appareils.

Quelle batterie pour quel usage ?

La capacité de charge des batteries s'exprime en milliampère-heure (mAh). Il ne suffit pas d'avoir une batterie de forte capacité pour que le smartphone puisse être rechargé moins souvent. L'énergie qu'il consomme dépend de la fréquence et de la nature de son usage (à durée égale, un coup de fil est moins gourmand en énergie que le visionnage d'une vidéo en streaming), mais aussi de la taille de l'écran ou encore de sa résolution. Mais généralement, la plupart des utilisateurs rechargent leur smartphone chaque jour... espérant ainsi éviter la panne le lendemain.

Une phablette peut-elle remplacer une tablette ?

Oui et non. Avec leur écran dont la diagonale se situe entre 5 et 7 pouces, les phablettes ne peuvent guère prétendre être utilisées comme outils de travail. Cela reste l'apanage des tablettes

dont les écrans se situent le plus souvent entre 7 et 10 pouces. Et encore : il faudra pour qu'elles soient vraiment efficaces dans ce domaine les associer à un clavier physique optionnel.

Une tablette peut-elle remplacer un ordinateur portable ?

C'est de plus en plus le cas. C'est notamment le credo de Microsoft qui tente de démontrer qu'une tablette peut se substituer à un ultra-portable. Dans la réalité, la tablette reste d'abord un outil de consultation (e-mails, surf Internet) plus que de travail. À moins que celui-ci ne soit pas intensif...

Une tablette peut-elle servir d'appareil photo ?

Définitivement, non. S'il est séduisant de se servir de l'écran d'une tablette comme d'un viseur, son capteur photo sera le plus souvent très en deçà des exigences de qualité en la matière. ■ c. s

LES SMARTPHONES



Nokia Lumia 625

189 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Windows Phone
- Taille écran : 4,4" (480 x 800)
- Processeur : double-cœur
- Batterie : 2000 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels

Notre avis. Sous Windows, ce grand smartphone 4G aux coques colorées offre des prestations de qualité. Parmi celles-ci, une confortable autonomie qui peut dépasser la journée en usage intensif.

Huawei Ascend G6

199 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Taille écran : 4,5" (540 x 960)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2000 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels

Notre avis. 4G et accessible, ce smartphone fin (7,9 mm) et léger (115 g) se situe dans la moyenne haute des appareils 200 € environ. Petit bémol cependant pour la photo, dont les couleurs manquent de naturel.



Samsung Galaxy S4 Mini

239 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Taille écran : 4,3" (960 x 540)
- Processeur : double-cœur
- Batterie : 1800 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels

Notre avis. Le petit frère du célèbre S4 perd en taille mais sait conserver les attraits d'un grand smartphone. Il se démarque notamment par une bonne qualité photo et surtout vidéo (1080p).



Doro Liberto 820

249 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Taille écran : 4,5" (définition : NC)
- Processeur : NC
- Batterie : 1500 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels

Notre avis. Destiné aux seniors peu enclins à plonger dans les arcanes des nouvelles technologies, ce smartphone 3G propose une surcouche à Android qui en facilite l'usage au quotidien.



Wiko Highway 4G

299 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat 4.4
- Taille écran : 5" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2350 mAh
- Capteur photo : 16 mégapixels

Notre avis. La marque low cost livre un smartphone 4G bien fini et aux performances qui n'ont pas à rougir face à certains appareils de grandes marques. À signaler: un capteur frontal de 8 mégapixels idéal pour les selfies !



Nokia Lumia 830

349 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Windows Phone
- Taille écran : 5" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2200 mAh
- Capteur photo : 10 mégapixels

Notre avis. Ce modèle coloré renferme dans son écran de métal des fonctionnalités optimisées pour la photo avec un capteur à la stabilisation optique et la possibilité de filmer en ultra-haute définition.



Sony Mobile Z1 Compact

379 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean 4.3
- Taille écran : 4,3" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2300 mAh
- Capteur photo : 20,7 mégapixels

Notre avis. Déclinaison du grand Z1, ce smartphone 4G à l'autonomie confortable et à la qualité audio remarquable possède la particularité d'être étanche. Une caractéristique qui manque à tant d'autres.



HTC One Mini 2

389 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Taille écran : 4,5" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2000 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels

Notre avis. Une taille d'écran qui ne déforme pas la poche, une construction parfaite, une mémoire extensible, une interface maison très agréable d'emploi... ce modèle est incontestablement à conseiller.



BlackBerry Passport

649 €

- Mémoire : 32 Go
- Système d'exploitation : BB 10
- Taille écran : 4,5" IPS (1440 x 1440)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3450 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels

Notre avis. La marque canadienne tente un retour en force avec un appareil original à écran carré et clavier physique. Un véritable outil de travail comme en attend sa cible... les entreprises.



HTC One (M8)

679 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Taille écran : 5" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2600 mAh
- Capteur photo : 4 mégapixels

Notre avis. Dommage que HTC s'obstine dans une technologie photo maison baptisée ultra-pixel qui limite un peu les possibilités de cet excellent smartphone, sans doute l'un des meilleurs avec l'iPhone 6 en cette fin d'année.

LES PHABLETTES

Wiko Slide

159 €

- Mémoire : 4 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 5,5" (960 x 540)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2350 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels



Notre avis. Un grand écran, mais un appareil sous-dimensionné, qui pâtit d'une définition trop faible et qui n'est que 3G. Néanmoins, le Slide offre un rapport qualité/prix intéressant.

Infinix Alpha 8

199 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 5,5" (1280 x 720)
- Processeur : huit cœurs
- Batterie : 2430 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels



Notre avis. La marque hongkongaise propose un modèle personnalisé avec une interface maison, plus claire que celle d'Android. À bon prix, il ne pêche que par une qualité photo trop ordinaire.

Sony Mobile Xperia T3

209 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 5,3" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2500 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels



Notre avis. Joli design tout en finesse (7 mm) pour cette phablette de milieu de gamme qui dispose d'un bel écran et de fonctionnalités photo développées pour séduire les passionnés d'images.

HP Slate 6 Voice Tab

229 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 6" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3000 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. À privilégier pour son autonomie et sa qualité d'écran (bien que non Full HD), ce modèle peine néanmoins à se distinguer face à une concurrence forcenée qui, à tarif égal, en propose plus.

HP Slate 7 Voice Tab

249 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 7" (1280 x 800)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 4100 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Les amateurs de très grands écrans auront ici à disposition une véritable petite tablette 3G. Mais ses performances techniques restent relativement moyennes, notamment pour la définition.

Acer Liquid S2

259 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 6" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3300 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels



Notre avis. Bien qu'un peu lourd (221 g), elle possède des avantages : un écran Corning Gorilla Glass résistant, ainsi que la possibilité de filmer en 4K Lancée à 549 €, son prix est en chute libre.

Apple iPhone 6 Plus

809 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : iOS 8
- Écran : 5,5" (1920 x 1080)
- Processeur : double-cœur
- Batterie : 2915 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels

Notre avis. Grand, très grand, l'iPhone 6 Plus propose une immersion XXL dans l'univers du multimédia mobile. 5,5", soit près de 14 cm de diagonale : voilà qui impose une expérience nouvelle... Avec son écran Full HD aux contrastes saisissants, le terminal est donc véritablement adapté à tout ce qui comporte des images : photos, vidéos, jeux... On apprécie également, en plaçant l'appareil en mode paysage, de pouvoir bénéficier d'une véritable messagerie Internet avec à gauche, la mention des expéditeurs des courriels reçus et à droite, un aperçu d'un message sélectionné. Même principe pour les SMS : l'ergonomie est ici poussée à son maximum. On aurait pu craindre que l'autonomie de l'iPhone 6 Plus souffre de cet écran géant. Il n'en n'est rien. En usage quotidien intensif, l'appareil « tient » une journée sans avoir à être rechargé. Ce n'est pas encore suffisant, mais il n'est plus forcément nécessaire d'emporter un chargeur de secours dans la poche.



Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**

Nokia Lumia 1320

269 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Windows Phone
- Écran : 6" (1280 x 720)
- Processeur : double-cœur
- Batterie : 3400 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Ce milieu de gamme ne démerite pas et peut se targuer de performances intéressantes, parmi lesquelles une belle réactivité. On regrette la définition de l'écran, trop faible pour une telle diagonale.

Huawei Ascend G7

299 €

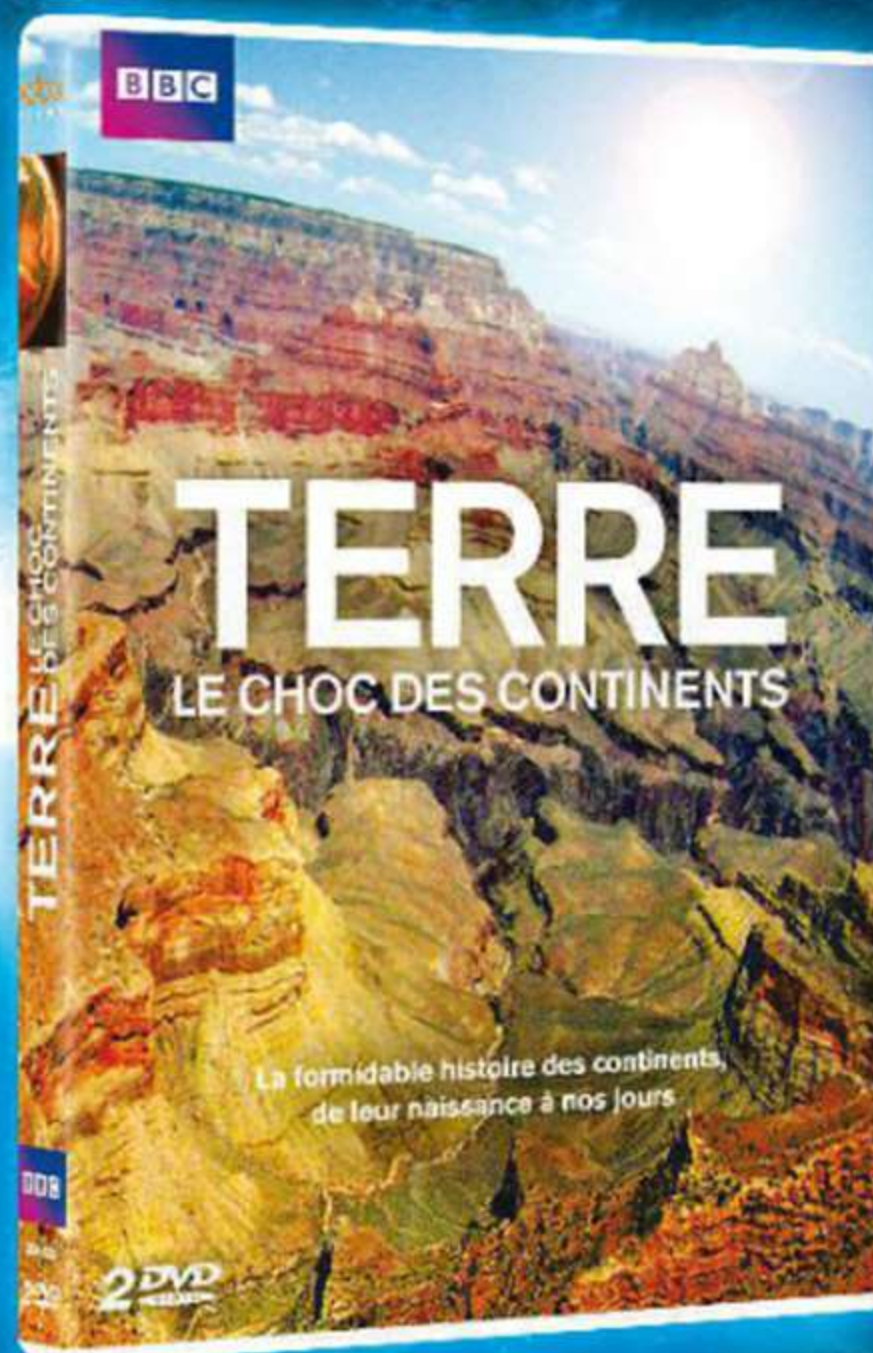
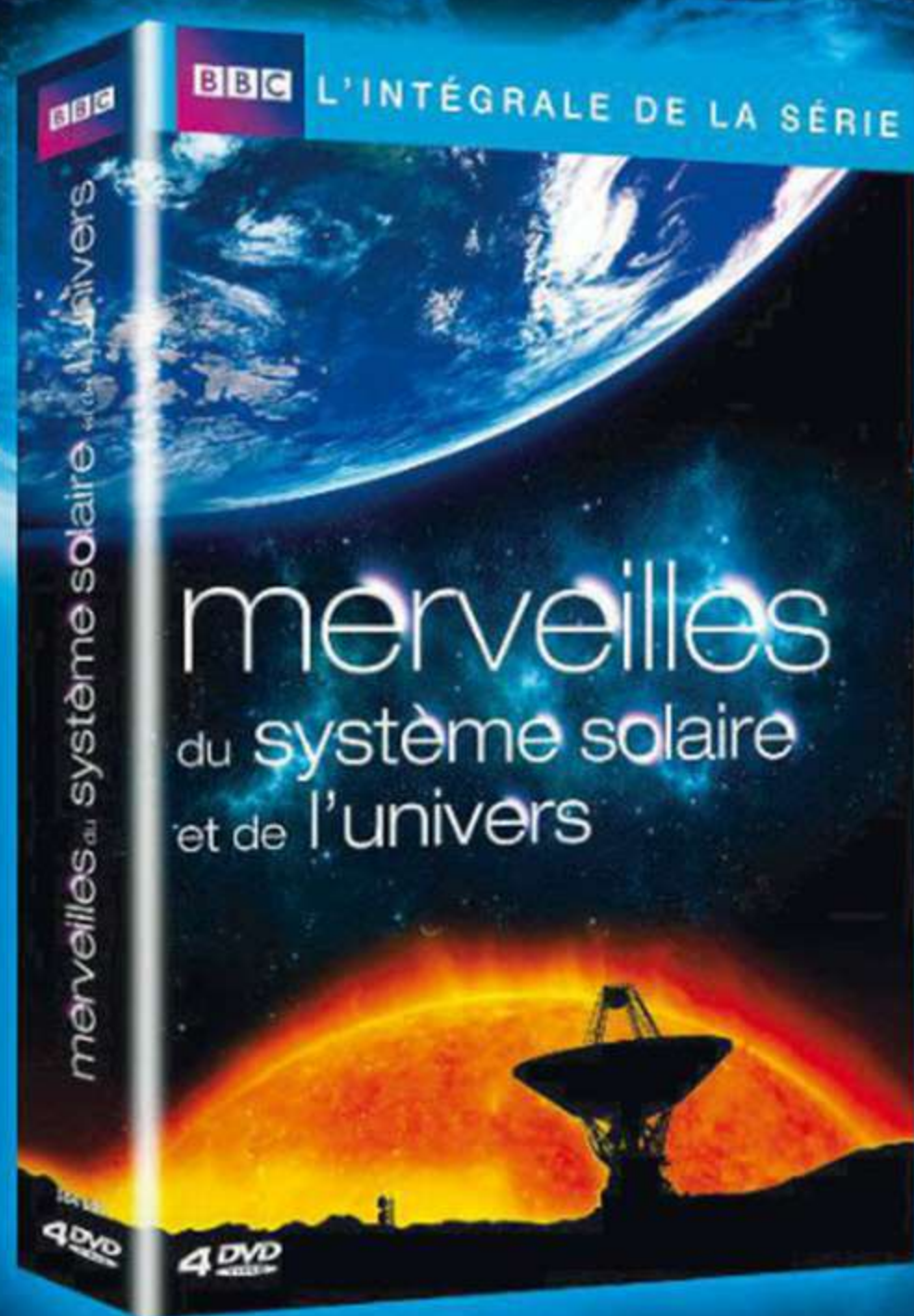
- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 5,5" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3000 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels



Notre avis. Ce modèle 4G de 6,6 mm d'épaisseur se positionne en milieu de gamme chez le constructeur chinois. Un peu lourd (165 g), il est néanmoins de qualité.

BBC

vous invite à 2 voyages extraordinaires



© 2014 BBC Worldwide Ltd.

Du soleil à Neptune, la **fascinante exploration** de notre planète et du **système solaire**. Percez les mystères de l'**Univers** et de son origine.
« *Les images les plus impressionnantes jamais vues sur petit écran* » **TÉLÉRAMA**

Découvrez la **formidable histoire des continents** en compagnie des plus grands spécialistes de la planète. **Le dernier volet** de la grande série documentaire diffusée sur **France 5**.
Des **images éblouissantes** tournées en **HD** !

EN COFFRET  ET 
PARTOUT ET SUR WWW.KOBAFILMS.FR



BA MERVEILLES



BA TERRE



20
minutes

SCIENCES
ET
AVENIR

koba
FILMS

LES PHABLETTES

Sony Mobile Xperia T2

309 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 6" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3000 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels

Notre avis. Imposante, cette phablette réussit le pari du rapport qualité/prix en proposant des prestations haut de gamme, notamment une autonomie parfaite (près de 3 jours). Sa mémoire est extensible à 32 Go.



HTC Desire 816

319 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 5,5" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2600 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels

Notre avis. Tarif en baisse pour ce modèle qui, à défaut de proposer un écran Full HD, soigne son affichage, détaillé et contrasté. À signaler un capteur de 5 mégapixels en façade pour de beaux selfies.



LG G2

329 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 5,2" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3000 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels

Notre avis. Un peu ancien mais ne manquant pas d'atouts, ce modèle (également disponible en 32 Go) est une franche réussite qui innove à travers une interface très ergonomique.



LG G Flex

439 €

- Mémoire : 32 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 6" (1280 x 720)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3500 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels

Notre avis. Unique, cette phablette à écran incurvé n'offre pas qu'un beau design: la courbure de l'écran permet une prise en main ergonomique et une meilleure immersion dans les vidéos et jeux. Son autonomie frise les 20 heures.



Samsung Galaxy Note 2

399 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 5,55" (720 x 1280)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3100 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels

Notre avis. Pouvant s'utiliser avec un stylet, ce terminal ergonomique est idéal pour la prise de notes avec reconnaissance d'écriture. Dommage que le plastique soit à ce point intégré dans son design.



Samsung Galaxy S5

469 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 5,10" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2800 mAh
- Capteur photo : 16 mégapixels

Notre avis. Le fer de lance de la gamme Galaxy S de Samsung attend son successeur. D'ici là, ce S5 remplit sa mission, même si son design trop plastique déçoit. Son prix est en baisse en cette fin d'année.



Sony Mobile Xperia Z3

489 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 5,2" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3100 mAh
- Capteur photo : 20,7 mégapixels

Notre avis. Ce modèle met l'accent sur la photo et sur la résistance aux chocs. D'ici à la fin d'année, l'appareil sera totalement compatible avec les jeux pour console PS4.



Huawei Ascend Mate 7

499 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 6" (1920 x 1080)
- Processeur : huit cœurs
- Batterie : 4100 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels

Notre avis. Cette phablette a pour atout son lecteur d'empreintes, sa coque en aluminium et son grand écran. Sa batterie permet de regarder 8 heures de vidéo en streaming.



LG G3

599 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 5,5" (1440 x 2560)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3000 mAh
- Capteur photo : 13 mégapixels

Notre avis. Avec sa gamme G, LG est revenu parmi les meilleurs constructeurs de smartphones. Ce modèle haut de gamme offre de nombreuses petites innovations.



♦
BIENTÔT 30 ANS
D'ENGAGEMENT EN FAVEUR
DES PLUS DÉMUNIS
♦

MERCI



Grâce à vous, en 2013/2014, les Restos du Cœur ce sont

- **1 million de personnes accueillies**
- **130 millions de repas distribués**
- **40 000 bébés** de moins de 18 mois aidés dans 86 Restos Bébés du Cœur
- **67 600 bénévoles**
- **Seulement 7,3% de frais généraux**

... et de nombreuses solutions pour **aider les plus fragiles à s'en sortir durablement**

on compte sur vous
Coluche

© Gaston BERGERET - Nova 7002/1



Pour que cela puisse continuer, FAITES VOTRE DON
sur www.restosducoeur.org/dons ou en flashant le QR code

ou envoyez votre chèque sous enveloppe non-affranchie à :

Les Restaurants du Cœur - Libre Réponse 53061 - 91129 Palaiseau Cedex

Retrouvez-nous aussi sur    YouTube



LES TABLETTES

CDisplay

49 €

- Mémoire : 4 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 7" (1024 x 600)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 4000 mAh
- Capteur photo : sans



Notre avis. Un appareil de qualité franchement honorable accessible à petit prix, à condition d'accepter quelques publicités pour CDisplay à chaque mise en route.

Amazon Fire HD 6

99 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Fire OS 4 Sangria
- Écran : 6" (1280 x 800)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : NC
- Capteur photo : 2 mégapixels



Notre avis. En 5 coloris, cette tablette (un peu lourde) offre une autonomie d'une journée environ. Offrant un accès simplifié aux contenus d'Amazon, elle constitue une belle porte d'entrée dans le monde des ardoises numériques.

Acer Iconia One 8

129 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 8" (1280 x 800)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 4600 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Ce modèle d'entrée de gamme est disponible en de nombreuses couleurs, ce qui en fait un cadeau accessible et ludique. Son revêtement antidérapant est un plus dont beaucoup devraient s'inspirer.

Archos 79 Xenon

149 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 7,85" (1024 x 768)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 4000 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Une tablette accessible qui peut aussi téléphoner et envoyer des SMS en 3G. Cependant, l'ensemble des performances reste modeste.

Archos 80 Helium 4G

179 €

- Mémoire : 8 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 8" (1024 x 768)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3500 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Et pourquoi pas une tablette 4G ? En profitant des offres opérateurs pour une seconde carte SIM, on pourra utiliser cette ardoise non pas pour téléphoner, mais pour se connecter à Internet hors couverture Wi-Fi.

Asus MeMo Pad 8

179 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 8" (1280 x 800)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3950 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Avec une batterie offrant une autonomie de 8 h de lecture vidéo environ, ce petit modèle au look somme toute assez ordinaire joue d'abord la carte du prix tout doux et le joue plutôt bien.

USAGE

Le quatrième écran s'invite la maison

Outils de consultation par excellence, les tablettes numériques vont plus loin et jouent pleinement la complémentarité avec les téléviseurs.

Après le téléviseur du salon, après l'ordinateur et le smartphone, un nouvel écran s'invite à la maison : la tablette. Apparue il y a trois ans et demi avec l'iPad d'Apple, « l'ardoise numérique » joue la complémentarité avec les téléviseurs d'où son surnom : « le quatrième écran ». Certaines chaînes de télé l'ont bien compris, qui les associent à des émissions. TF1 propose ainsi, avec l'application MyTF1, d'établir une interaction entre

un programme visionné sur grand écran et une tablette. On pourra, par exemple, s'improviser « cinquième coach » de l'émission *The Voice*... De même, les nombreuses applications de télévision en replay permettent aux possesseurs de tablettes de revoir un programme durant sept jours en différé. Mais c'est sans doute la vidéo à la demande (VOD) et la vidéo à la demande par abonnement (SVOD) qui constituent l'avenir des tablettes à la maison. iTunes d'Apple, Google

Play Store, Canal Play VOD ou My TF1 VOD donnent là encore accès à des milliers de vidéos à tout moment. Au choix : une location « à l'acte », comme dans un vidéoclub (le programme, téléchargé, reste disponible durant 30 jours) ; ou alors un accès illimité à un vaste répertoire de films et de séries (les programmes sont visionnés en streaming grâce à une connexion Wi-Fi ou 4G) sur Netflix, Filmo TV, Canal Play, Jook Vidéo ou OCS.

Asus MeMo Pad 7

199 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 7" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3950 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Avec son écran IPS contrasté et détaillé au format 16/10, elle vaut pour sa belle qualité de dalle. Mais c'est surtout pour son autonomie (près de 11 h 30 en vidéo) qu'on la préfère.

Google Nexus 7

229 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android Jelly Bean
- Écran : 7" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 3950 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Agréable en main, un écran impeccable, elle se distingue aussi par la possibilité d'y associer différents comptes utilisateurs. Un très bon produit.

LG G PAD 8.3

269 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 8,3" (1920 x 1200)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 4600 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. D'une belle définition, la G PAD 8.3 est d'un usage extrêmement agréable. Son achat est couronné par une offre de stockage gratuit de 50 Go dans le cloud.

Apple iPad Mini

299 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : iOS 8
- Écran : 7,9" (1024 x 768)
- Processeur : A5 double cœur
- Batterie : NC
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. 308 grammes de technologie pour découvrir la famille iPad. De taille intermédiaire, cette tablette offre un très bon compromis entre phablette et ordinateur portable, mais c'est plutôt un outil de consultation.

Amazon Fire HDX 8,9"

379 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Fire OS 4 Sangria
- Écran : 8,9" (2560 x 1600)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 2350 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels



Notre avis. Dotée d'un écran ultra-défini, elle prend en charge la dernière génération de standard sans fil 802.11ac (jusqu'à 600 Mbit/s). Sur une base Android allégée, une ardoise également déclinée en 4G (529 €).

Sony Xperia Z3 Compact

379 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 8" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 4500 mAh
- Capteur photo : 8,1 mégapixels

Notre avis. La Z3 Compact offre une qualité d'écran exceptionnelle couplée à une diagonale de 8" (20 cm). Inspirée des téléviseurs Bravia du constructeur, elle se dote de la technologie Triluminos qui offre des couleurs plus nuancées. Force incontestable du produit : une résistance à l'eau et à la poussière. Et Sony est bien le seul à proposer ces niveaux de résistance (certifications IP65 et IP68). À l'image des smartphones Sony Z3, elle peut servir d'écran pour les jeux PS4 en se fixant sur une des manettes de la console à l'aide d'un support optionnel (photo). Selon les besoins et motivations, la Z3 Compact est également déclinée en version Wi-Fi 32 Go, ainsi qu'en version Wi-Fi/4G LTE de 16 Go.



Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**

Samsung Galaxy Tab S 10.5

459 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : Android KitKat
- Écran : 10,5" (2560 x 1600)
- Processeur : huit cœurs
- Batterie : 7900 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels



Notre avis. Doté d'un écran AMOLED fantastique et d'une autonomie remarquable, ce modèle peut être confié aux plus petits : une interface simplifiée leur est destinée.

Apple iPad Air

489 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : iOS 8
- Écran : 9,7" (2048 x 1536)
- Processeur : A7 double cœurs
- Batterie : 8827 mAh
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Disponible en différentes capacités (jusqu'à 128 Go), avec ou sans connexion 3G/4G, le meilleur des iPad est léger (470 g) et fin (7,5 mm), offrant un surcroît d'ergonomie très appréciable.

Apple iPad Air 2

499 €

- Mémoire : 16 Go
- Système d'exploitation : iOS8
- Écran : 9,7" (2048 x 1536)
- Processeur : A8X Trois cœurs
- Batterie : 7340 mAh
- Capteur photo : 8 mégapixels



Notre avis. Plus léger de quelques grammes, mais surtout plus fin, l'Air 2 gagne en réactivité par rapport à son grand frère, l'iPad Air. Il dispose désormais d'un lecteur d'empreintes digitales pour plus de sécurité.

Nokia Lumia 2520

539 €

- Mémoire : 32 Go
- Système d'exploitation : Windows RT 8.1
- Écran : 10,1" (1920 x 1080)
- Processeur : quatre cœurs
- Batterie : 8120 mAh
- Capteur photo : 6,4 mégapixels



Notre avis. La première tablette de Nokia (propriété de Microsoft) en fait beaucoup plus que d'autres. Compatible 4G, équipée d'une mémoire extensible et d'un port micro USB 3.0, c'est un bel outil, mais cher.

Microsoft Surface Pro 3

719 €

- Mémoire : 64 Go
- Système d'exploitation : Windows 8 Pro
- Écran : 12" (2160 x 1440)
- Processeur : Core i3
- Batterie : NC
- Capteur photo : 5 mégapixels



Notre avis. Un clavier optionnel vendu 129 €... cela dérange un peu. Avec la qualité de son écran et les possibilités offertes, elle a tout de l'ordinateur personnel en version hybride.

ORDINATEURS

Les ultraportables combinent puissance et légèreté

Très fins et bien équipés, ces ordinateurs sont en passe de devenir un nouveau standard. Mais, déjà, les Chromebooks, des produits très abordables liés à l'univers Google, entament une percée sur ce marché.

Quel environnement choisir, entre PC et Mac ?

Difficile lorsque l'on a toujours travaillé sur l'un ou l'autre type d'ordinateur de faire le grand saut. La migration vers les appareils Apple ou ceux pilotés par Windows de Microsoft est un choix qui engage d'autres, essentiellement dans les usages. Si la marque

à la pomme propose des appareils très intuitifs, extrêmement fiables et assez hermétiques aux virus, les PC disposent d'une batterie de logiciels beaucoup plus importante mais restent plus vulnérables. En mobilité, Apple signe des machines (MacBook Air et MacBook Pro) très résistantes grâce à leur structure en alumi-

nium. Du côté des PC, les matériaux de fabrication dépendent du bon vouloir des diverses marques.

L'ordinateur de bureau est-il mort ?

Il bouge encore ! Si ses ventes de PC dits *desktop* chutent fortement (-17 % en 2013), leur prix devenu très accessible plaide encore en leur faveur. Malgré tout, ils sont poussés vers la sortie par les ordinateurs portables avec écran de grande taille (et désormais tactiles) qui s'intègrent beaucoup mieux dans les intérieurs et offrent désormais des performances équivalentes tout en pouvant être transportés.

Ordinateur portable ou tablette ?

En France, il s'est vendu plus de tablettes que de PC en 2013, selon l'institut GfK. Mais les acheteurs considèrent à juste titre qu'elles ne remplacent pas les PC : à 71 %, ils continuent de privilégier les ordinateurs pour travailler. Néanmoins, les tablettes — désormais proposées avec des claviers physiques optionnels — se révèlent de plus en plus puissantes. C'est le cas de la Surface Pro 3 de Microsoft (lire page précédente) qui a pour ambition déclarée de vouloir se substituer aux iPads et MacBook Air de son éternel rival Apple. Rien que ça...

Les Chromebook, des PC au profil particulier

Ils ont l'apparence d'un PC et sont fabriqués par les marques traditionnelles d'ordinateurs (voir notre sélection p. 114), mais les Chromebooks intègrent le système d'exploitation Chrome OS de Google. Rapides à l'allumage, peu onéreux, ils permettent de

profiter de tous les services de Google mais ont pour vocation de fonctionner avec le cloud, le système de stockage dématérialisé où sont conservées les données de l'utilisateur. Ce sont de bons appareils, mais qui nécessitent une connexion Wi-Fi.

PROCESSEUR

Le système étant « léger », un processeur de capacité modeste suffit et le rend peu gourmand en énergie.

DISQUE DUR

Il est remplacé par la mémoire flash (SSD) plus rapide, insensible aux chocs et économe en énergie. En revanche, la capacité de stockage est limitée et le cloud vient la compléter.

CONNECTIQUE

Outre le Cloud, clés USB et cartes SD sont les supports d'échange. Une prise HDMI est souvent présente pour connecter le Chromebook à un téléviseur.

BATTERIE

Elle est comparable à celle d'un ordinateur portable. Mais comme la consommation globale de l'appareil est réduite, elle lui confère une bonne autonomie.

WI-FI

Il est systématiquement exploité pour se connecter au cloud (stockage à distance), véritable clé de voûte du système Chrome OS.



LES ULTRAPORTABLES

Asus Transformer PAD TF103

249 €

- Écran : 10,1" (25,65 cm) 1280 x 800
- Processeur : Atom Bay Trail Z3745
- Mémoire SSD : 16 Go et 1 Go de Ram
- Autonomie : jusqu'à 9 heures
- Dimensions : 25,7 x 18 x 20 / poids : 1,1 kg

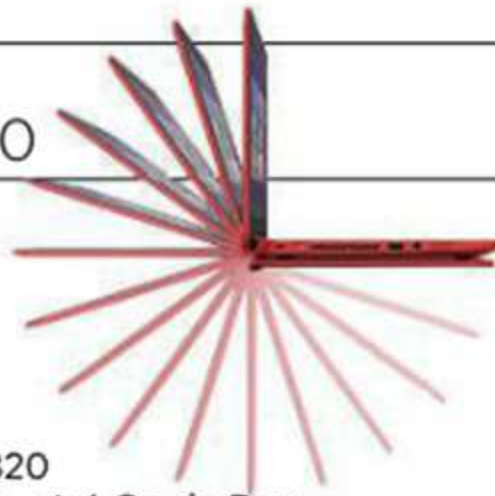


Notre avis. Netbook, mais aussi tablette grâce à son écran détachable, cet agréable ordinateur fonctionne sous Android KitKat. On peut lui associer une souris.

HP Pavillon x360

359 €

- Écran : 11,6" (29,46 cm) 1366 x 768
- Processeur : Intel Celeron N2820
- Mémoire : 500 Go et 4 Go de Ram
- Autonomie : jusqu'à 4 heures
- Dimensions : 30,8 x 21,9 x 21,5 / poids : 1,5 kg



Notre avis. Avec un écran pouvant pivoter à 360°, ce petit PC d'entrée de gamme satisfera de nombreux usages. L'autonomie reste cependant son point faible...

Lenovo Flex 2 15

600 €

- Écran : 15,6" (39,62 cm) tactile 1920 x 1080
- Processeur : Intel Core i7 4510U
- Mémoire : 1 To et 6 Go de Ram
- Autonomie : jusqu'à 4 heures
- Dimensions : 38,2 x 25,8 x 27,6 / poids : 2,3 kg



Notre avis. Plutôt pour le bureau mais nomade malgré un poids élevé, ce modèle peut être utilisé en mode classique, « tente » ou chevalet. Il intègre un lecteur DVD.

Apple MacBook Pro Retina

1299 €

- Écran : 13" (33,02 cm) 2560 x 1600
- Processeur : Intel Core i5
- Mémoire SSD : 126 Go et 8 Go de Ram
- Autonomie : jusqu'à 9 heures
- Dimensions : 31,4 x 1,8 x 21,9 / poids : 1,57 kg

Notre avis. Rafraîchie cet été, la gamme MacBook Pro Retina d'Apple possède de nombreux atouts pour les inconditionnels de la marque, mais aussi pour les déserteurs de Windows qu'une certaine version « 8 » aurait quelque peu rebutés. Gagnant en vitesse et en réactivité grâce à une mémoire vive passant de 4 à 8 Go, l'ordinateur dispose aussi d'un processeur double cœur cadencé à 2,6 GHz, contre 2,4 auparavant. Également décliné en 15 pouces, le MacBook Pro peut intégrer un processeur Quad Core offrant un surcroît de vitesse de l'ordre de 60 %. Selon la taille et la configuration adoptées, il est possible d'afficher de 128 à 512 Go de mémoire flash. Le système d'exploitation embarqué (OS X Mavericks) vient d'être mis à jour dans la nouvelle version Yosemite, proche du système iOS qui anime iPhones et iPads.



Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**

Acer Aspire R13

999 €

- Écran : 13,3" (33,78 cm) 1920 x 1080
- Processeur : Intel Core i5-410U
- Mémoire SSD : 256 GO et 8 Go de Ram
- Autonomie : jusqu'à 8 heures
- Dimensions : 34,3 x 1,79 x 23,03 / poids : 1,5 kg



Notre avis. Plutôt haut de gamme, cet ultrabook convertible dispose d'un écran pouvant épouser différentes positions, dont celle de tablette numérique. Un stylet en optimise l'usage.

Apple Mac Book Air

1100 €

- Écran : 11,6" (29,46 cm) 1366 x 768
- Processeur : Intel Core i5 - 4260U
- Mémoire SSD : 256 GO SSD et 4 Go de Ram
- Autonomie : jusqu'à 9 heures
- Dimensions : 30 x 1 x 19 / poids : 1,08 kg



Notre avis. Malgré son prix élevé, le MacBook Air reste le compagnon idéal pour les grands voyageurs. Léger, simple, résistant, rapide, il se rend vite indispensable.

Toshiba Satellite Kira 101

1500 €

- Écran : 13,3" (33,78 cm) 2560 x 1440
- Processeur : Intel Core i7 - 4500U
- Mémoire SSD : 256 Go et 8 Go de Ram
- Autonomie : jusqu'à 10 heures
- Dimensions : 31,6 x 2,25 x 20,70 cm / poids : 1,26 kg



Notre avis. Cet ultrabook léger aux faux airs de MacBook Air se distingue notamment par son autonomie parfaite en vidéo.

Lenovo Yoga 3 Pro

1599 €

- Écran : 13,3" (33,78 cm) 3200 x 1800
- Processeur : Intel Core M-5Y70
- Mémoire SSD : 512 Go et 8 Go de Ram
- Autonomie : jusqu'à 9 heures
- Dimensions : 30 x 12,8 x 22,8 / poids : 1,19 kg



Notre avis. 17 % plus fin et 14 % plus léger que son prédécesseur, cet ultrabook en aluminium a une bonne qualité de fabrication. Son écran bascule à 360°.

Panasonic Toughbook CF-LX3

2200 €

- Écran : 14" (35,6 cm) 1920 x 1080
- Processeur : Intel Core i5-4310U vPro
- Mémoire SSD : 128 Go et 4 Go de Ram
- Autonomie : jusqu'à 14 heures
- Dimensions : 33,3 x 2,45 x 22,56 / poids : 1,26 kg



Notre avis. À réserver aux professionnels ou gros utilisateurs, ce portable supporte les petites chutes. Un plus : sa grande autonomie.

MODULARITÉ

Les hybrides, une nouvelle catégorie de PC

Le mode tactile s'est popularisé. Contraints de se réinventer pour de nouveaux usages, ces ordinateurs jouent les contorsionnistes pour mieux séduire.

L'arrivée de la version 8 de Windows a poussé les constructeurs de PC à revoir leur copie autour des châssis des ordinateurs. En effet, Windows 8 est un système d'exploitation optimisé pour un usage tactile, comme sur une tablette. D'où la nécessité de repenser l'accès des utilisateurs aux écrans de leur ordinateur. C'est ce que proposent les PC dit hybrides. Parmi ces derniers, on distingue les PC « slider » dont l'écran sera coulissant pour venir se poser sur le clavier. Il



Tablette ou PC portable, les deux facettes des hybrides.

y a aussi des « convertibles » popularisés par le Dell XPS 12, dont l'écran monté sur deux rotules bascule pour passer d'un usage PC classique à un usage en mode tablette. Lenovo est sans doute la marque qui a le plus

travaillé le concept avec ses IdeaCentre, des ordinateurs de bureau dont l'écran, sur un pied articulé, peut passer à l'horizontale, mais aussi avec sa gamme d'ordinateurs portables Yoga. Sur des charnières pouvant

basculer à plus de 300°, l'écran passe d'un mode classique à une configuration « tente » (comme un livre retourné) pratique pour la consultation, ou un mode tablette. Enfin, existent parmi les hybrides des ordinateurs dont l'écran se détache purement et simplement pour devenir une tablette à part entière. Un concept qui peut séduire par son côté « 2 en 1 » même si, la plupart du temps, ces écrans ne sont pas aussi fins et légers que ceux des véritables ardoises numériques.

► Ultrabooks ou ultraportables ?

Le terme ultraportable désigne la grande famille des ordinateurs fins et légers réservés à un usage en mobilité. Parmi ceux-ci, les ultrabooks composent une sous-catégorie de produits dont les spécificités techniques répondent à un cahier des charges précis édicté par le fabricant de microprocesseurs Intel : poids inférieur à 1,5 kg ; épaisseur en deçà de 18 mm ; écran de moins de 13,3" ; autonomie d'au moins 5 heures...

Quelle est la différence entre une mémoire SSD et un disque dur ?

Pour être légers et fins, les ultraportables ont abandonné le classique disque dur leur servant de mémoire de stockage au profit d'une mémoire flash (comme dans les smartphones). Dite SSD (Solid State-Drive), celle-ci possède l'avantage d'être d'une taille et d'un poids insignifiants. Bémol : la capacité des mémoires flash

est encore loin d'être au niveau de celle des disques durs. Au mieux peut-elle atteindre 256 gigaoctets. C'est certes beaucoup, mais encore peu face au téraoctet (1 To, soit 1000 Go) que peuvent atteindre les disques durs des classiques ordinateurs portables, voire 2 To pour certains ordinateurs de bureau. (voir aussi notre sélection de disques durs externes, p. 115)

Quelle taille d'écran choisir ?

Les ultraportables proposent des écrans de 10,1, 11,6 et 13,3 pouces. Au-delà, on parle simplement d'ordinateurs portables, avec des diagonales d'images allant jusqu'à 17 pouces. Mais de par leur encombrement, mais surtout leur poids, ces derniers modèles sont nettement moins mobiles.

Les ultraportables peuvent-ils tout faire ?

Oui et non. Oui, car leurs performances sont très élevées. Non, car ils n'intègrent pas de lecteur

vidéo, comme un lecteur de DVD ou de Blu-ray. Un sacrifice accompli par les constructeurs sur l'autel de la compacité, de la légèreté et de l'autonomie. Il faudra donc en passer par des vidéos dématérialisées, ce qui, du reste, est désormais d'usage courant.

Les Netbooks ont-ils disparu ?

Morts et enterrés. Les mini-PC apparus il y a quelques années et vendus à très bas prix n'intéressaient plus les constructeurs car représentant peu de valeur à l'achat. Néanmoins, d'autres petits PC à bas coût leur succèdent dont les écrans peuvent parfois même se détacher pour se transformer en tablettes. C'est le cas de l'Asus Transformer Book T100A, de l'Asus Pad TF103 ou encore de l'Acer Switch 10, autant de petits ordinateurs aux performances limitées, mais qui savent se rendre très pratiques pour un usage élémentaire, et sont très faciles à transporter. ■ C. S.



Un WC n'importe où

avec **SANIBROYEUR® SFA** c'est facile !

Sanicompact® SFA est une gamme complète de WC suspendus ou posés, avec broyeur intégré. Une prise électrique, une alimentation en eau suffisent pour installer des toilettes, une salle de bains, où vous voulez, sans gros travaux.



- ✓ Installation rapide
- ✓ Pas de gros travaux
- ✓ Solution économique, double chasse 1,8l / 3l
- ✓ Jusqu'à 3 m de hauteur de relevage
- ✓ Silencieux

SFA

41 bis avenue Bosquet - 75007 Paris
Tél. 01 44 82 39 10 - Fax 01 44 82 39 01
www.sfa.fr

LES CHROMEBOOKS

Acer
Chromebook CB3-111**199 €**

- Écran : 11,6" (29,5 cm), 1366 x 768 pixels
- Processeur : Intel N2830 à 2,16 GHz (turbo 2,41 GHz)
- Mémoire : 16 Go + 100 Go sur Google Drive
- Autonomie : 8 h
- Dimensions : 299 x 202 x 18,6 mm / poids : 1,25 kg

Notre avis. Un bon rapport qualité/prix. Il possède une connectique complète (lecteur de carte SD, port USB 3, HDMI) et des performances bien adaptées au surf.

Samsung
Chromebook XE303C12**240 €**

- Écran : 11,6" (29,5 cm), 1366 x 768 pixels
- Processeur : Exynos 5250 à 1,7 GHz
- Mémoire : 16 Go + 100 Go sur Google Drive
- Autonomie : 6 h 30
- Dimensions : 289 x 208 x 17,5 mm / poids : 1,1 kg

Notre avis. Un compagnon de voyage idéal, compact et léger à prix serré. Son écran HD offre un bon confort de vision. Un modèle qui répondra aussi aux attentes d'un étudiant et qui le suivra durant ses cours.

HP
Chromebook 14**299 €**

- Écran : 14" (35,5 cm), 1366 x 768 pixels
- Processeur : NVIDIA Tegra K1
- Mémoire : 16 Go + 100 Go sur Google Drive
- Autonomie : 9 h 15
- Dimensions / poids : non précisés

Notre avis. Pour un usage nomade en toute liberté, ce Chromebook devrait être proposé en version compatible avec le réseau 3G+. Par ailleurs, HP décline ce portable en plusieurs couleurs : gris métal, orange sorbet, bleu turquoise ou vert fluo.

Acer
Chromebook 13 CB5-311**299 €**

- Écran : 13,3" (33,8 cm), 1920 x 1080 pixels
- Processeur : Tegra K1 CD570M-A1 à 2,1 GHz
- Mémoire SSD : 32 Go + 100 Go sur Google Drive
- Autonomie : 14 h
- Dimensions : 327 x 227 x 17,9 mm / poids : 1,5 kg

Notre avis. Son vaste écran haute résolution offre un bon confort de vision, tant pour les besoins bureautiques que pour visionner des films. La puissance de calcul de son processeur offre une excellente réactivité et assure un grand confort d'utilisation. Son autonomie record permettra d'affronter de longs voyages sans besoin de source d'alimentation. Enfin ses connecteurs USB 3 lui permettent d'exploiter les supports de stockage externes, tels que disques durs ou clés USB, dans des conditions optimales.

Le choix de
SCIENCES
AVENIR

Toshiba
CB30-B**329 €**

- Écran : 13,3" (33,8 cm), 1366 x 768 pixels
- Processeur : Intel Celeron
- Mémoire : 16 Go + 100 Go sur Google Drive
- Autonomie : 11 h 30
- Dimensions : 320 x 214 x 19,3 mm / poids 1,35 kg

Notre avis. Un Chromebook également disponible avec un écran Full HD, 1920 x 1080 pixels, de haute qualité en option. Orienté multimédia, il est aussi bien adapté à la lecture de films qu'au jeu vidéo ou au surf sur le Net.

Lenovo
ThinkPad Yoga 11e**350 €**

- Écran : 11,6" (29,5 cm), 1366 x 768 pixels
- Processeur : Intel Celeron N2930 à 2 GHz
- Mémoire : 16 Go + 100 Go sur Google Drive
- Autonomie : 8 h
- Dim. : 300 x 216 x 22,3 mm / poids : 1,4 kg

Notre avis. Doté d'une protection antichoc, le Yoga 11e est bien adapté à un usage scolaire. Par ailleurs, ses articulations équipées de charnières renforcées permettent de l'utiliser comme un portable conventionnel, une tablette ou même en mode « pupitre ».

USAGE

Anticiper une utilisation hors connexion

Les Chromebooks ne disposent que d'une mémoire de stockage interne de capacité modeste, généralement 16 Go. Ils travaillent donc beaucoup « on line » et stockent l'essentiel des logiciels et des dossiers de l'utilisateur sur le cloud de Google, Google Drive, où ils disposent d'un espace de 100 Go. Cependant, celui-ci n'est accessible que si le Chromebook se connecte à Internet, ce qui n'est pas toujours possible, notamment en l'absence de couverture Wi-Fi. Pour pouvoir exploiter les logiciels et les documents même sans accès au Web, il faut donc impérativement les télécharger.

LES DISQUES DURS

Toshiba Stor.E Canvio

89 €

- Capacité : 1 To
- Format : 2,5"
- Vitesse : 5400 tr/min
- Interface : USB 3.0



Notre avis. Solution simple et efficace pour automatiser ses sauvegardes grâce à sa suite logicielle, ce disque dur disponible en quatre coloris offre en outre un stockage de 10 Go sur le cloud. Sa rapidité (120 Mo/s) est un plus.

Western Digital My Passport Wireless

139 €

- Capacité : 500 Go
- Format : 2,5"
- Interface : USB 3.0 et Wireless N



Notre avis. Également proposée en 1 et 2 To (199 € et 279 €), cette solution adaptée au nomadisme peut être connectée à 8 périphériques : ordinateurs, tablettes, smartphones... Un lecteur SD est intégré. L'autonomie de la batterie atteint 6 heures environ.

Sandisk Connect Media Drive

149 €

- Capacité : 64 Go
- Format : SSD
- Interface : micro USB et Wi-Fi



Notre avis. Compatible iOS et Android, le Connect Media Drive a pour vocation de vous suivre partout pour transférer fichiers et dossiers en Wi-Fi. Ce disque SSD intègre une batterie (autonomie : 8 heures) et un lecteur de cartes SD.

Samsung M3

125 €

- Capacité : 2 To
- Format : 2,5"
- Vitesse : 5400 tr/min
- Interface : USB 3.0

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**



Notre avis. Hier disponible en 500 Go, ce disque dur va jusqu'à quadrupler sa capacité de stockage, la mémoire cache passant à 32 Mo. Pour en faciliter l'usage, il est livré avec deux logiciels, le premier pour programmer et automatiser les sauvegardes, le second pour crypter les données. Un rapport qualité/prix excellent.

Storex Wezee

149 €

- Capacité : 500 Go
- Format : 2,5"
- Vitesse : 5400 tr/min
- Interface : USB 3.0 / Wi-Fi N 150 / Ethernet RJ45 100 Mbit/s



Notre avis. Pour PC et Mac, mais aussi pour smartphones et tablettes iOS ou Android, ce disque dur peut constituer un point d'accès nomade grâce à sa batterie et sa prise Ethernet. Bien conçu, il pêche un peu par des applications perfectibles.

CARTE MÉMOIRE Capacité en hausse et vitesse accrue

Avec l'augmentation des capacités de stockage des mémoires flash, on peut aujourd'hui utiliser une simple clé USB pour sauvegarder, voire partager, des quantités importantes de données. C'est la vocation de la carte mémoire High-Performance microSDXC UHS-I de Lexar. D'une capacité de 128 Go, celle-ci est également recommandée dans le cadre de captations vidéo (en Full HD, voire en 4K), comme avec une caméra de type GoPro. La carte fournit des vitesses de lecture importantes, atteignant jusqu'à 95 Mo/s (l'équivalent de 633x). Un lecteur USB 3.0 intégré

permet d'atteindre ces performances, mais la carte est rétrocompatible USB 2.0. Prix : 110 €



Seagate Central

169 €

- Capacité : 2 To
- Format : 2,5"
- Vitesse : 5400 tr/min
- Interface : USB 2.0 / Ethernet



Notre avis. Adapté au bureau, ce disque dur fait office de routeur Wi-Fi, il se comporte donc comme un cloud personnel pour le partage des fichiers qui y sont stockés et auxquels on accède depuis un ordinateur ou un terminal mobile.

Corsair Voyager Air 2

179 €

- Capacité : 1 To
- Format : 2,5"
- Vitesse : 5400 tr/min
- Interface : USB 3.0



Notre avis. À utiliser en filaire ou avec sa batterie intégrée (6200 mAh), ce généreux disque dur externe peut être utile tant sur un bureau qu'en déplacement, d'autant que le Wi-Fi (802.11 b/g/n) le rend appréciable en voyage.

Buffalo Ministation DDR3

189 €

- Capacité : 1 To
- Format : 2,5"
- Vitesse : 5400 tr/min
- Interface : USB 3.0



Notre avis. Fourni avec ses logiciels (Buffalo Tools) pour en optimiser l'usage, ce disque dur (également disponible en 500 Go, vendu 149 €) résiste aux chocs. Il se distingue par sa très grande rapidité de transfert.

LaCie Fuel

210 €

- Capacité : 1 To
- Format : 2,5"
- Vitesse : 5400 tr/min
- Interface : USB 3.0 / Wi-Fi 802.11 b/g/n



Notre avis. Cette unité de stockage portable séduira les nomades par sa simplicité d'usage. Pouvant contenir jusqu'à 500 films (en 720p pour la lecture), elle offre une autonomie de 10 heures et l'on peut y connecter 5 terminaux simultanément.

TÉLÉVISEURS

La guerre des pixels atteint les TV haute définition

Arrivée de Netflix, de la 4K ultra-HD, télévision connectée, l'écran haute définition, pourtant récent, qui trône dans nos salons est-il déjà dépassé ?

Haute définition ou 4K ultra-HD, quelle est la différence ?

C'est le nombre de pixels que comporte l'image qui fait la différence entre ces deux normes. En haute définition conventionnelle, TV-HD, l'image compte 1920 pixels dans sa largeur et 1080 pixels dans sa hauteur. Avec le nouveau standard 4K ultra-HD, la définition passe à 3840 x 2160 pixels, soit une définition quatre fois supérieure (voir l'infographie).

À partir de quelle taille d'écran la 4K ultra-HD se justifie-t-elle ?

En fait, il ne faut pas raisonner en termes de taille d'écran, mais plutôt en rapport diagonale d'image/distance d'observation. En effet, ici tout est lié au pouvoir séparateur de l'œil. C'est-à-dire au plus petit détail qu'il est capable de percevoir à une distance donnée. Sur cette base, on peut estimer que la 4K ultra-HD se justifie si le téléviseur est regardé depuis une distance inférieure à deux fois la diagonale. Ainsi, pour un canapé placé à 3 mètres de l'écran, la 4K ultra-HD se justifie pour un écran de plus de 1,50 mètre de diagonale, soit 60 pouces, soit une taille relativement répandue aujourd'hui pour les téléviseurs haut de gamme.

Quelles sont les sources 4K ultra-HD de disponibles ?

Pendant longtemps, les seules

sources disponibles d'images 4K ultra-HD étaient constituées par certains Caméscopes ou appareils photo ainsi que les ordinateurs ou des boîtiers spécifiques. Et encore, pas toujours avec un cadencement (images par seconde) optimal. Toutefois, la situation est en train de changer. L'arrivée de l'entreprise américaine Netflix devrait ouvrir la vidéo à la demande à l'ultra-HD. De même, en début d'année, de vrais Blu-rays 4K ultra-HD devraient être commercialisés. Il faut juste attendre pour cela que les constructeurs s'accordent sur une norme commune.

La qualité sonore des téléviseurs a-t-elle évolué ?

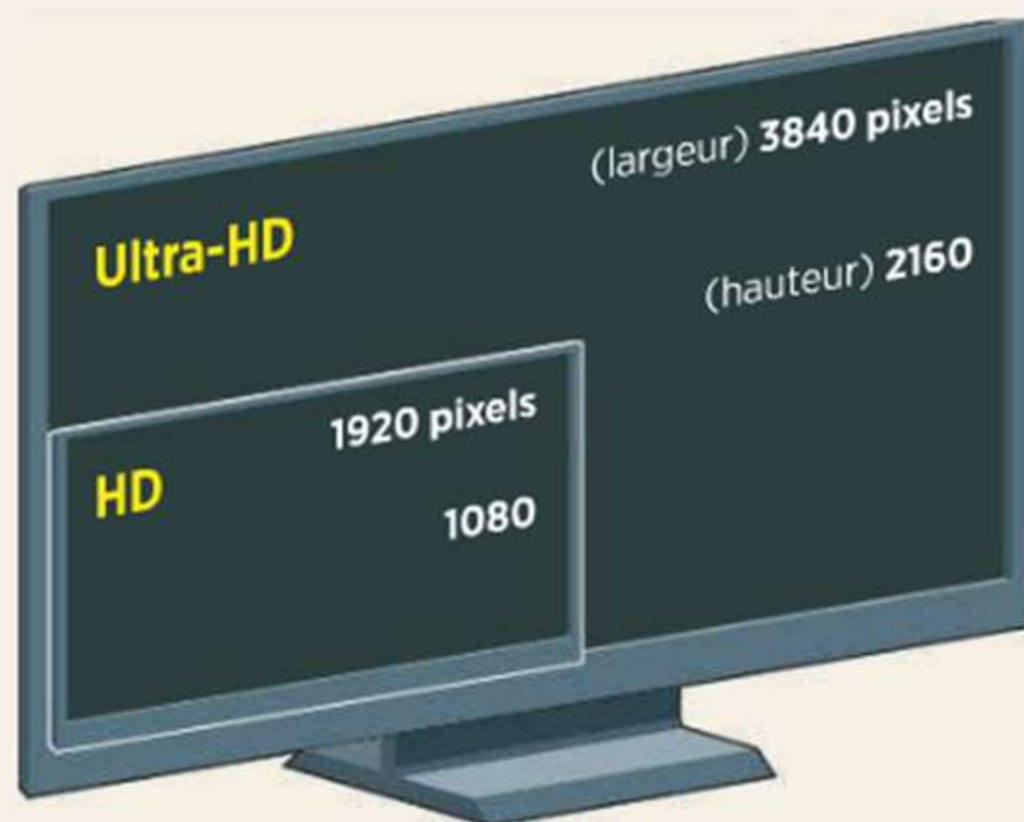
Hélas ! non. Si la qualité d'image ne cesse de progresser, à de très rares exceptions près notamment chez Sony, le son reste le parent pauvre. Ce point est essentiellement lié au fait que les constructeurs cherchent à proposer des écrans toujours plus minces et sans haut-parleurs visibles en façade : tout est réservé à l'image. Impossible alors de loger dans leur coffret des haut-parleurs de taille raisonnable, qui sont pourtant indispensables pour obtenir une qualité sonore acceptable. Les ensembles home cinéma, barres et autres socles sonores ont donc encore de beaux jours devant eux.

L'arrivée de Netflix modifie-t-elle les critères de choix d'un téléviseur ?

Oui et non. Netflix est un service de vidéo à la demande en ligne (lire aussi l'encadré p. 118). Pour y accéder, il faut donc passer par Internet. Si le téléviseur est connecté à un ordinateur, une box ou tout autre dispositif capable d'accéder à Netflix, le fait qu'il soit, ou non, compatible Netflix n'a que peu d'importance.

En revanche certaines « smart TV », nom pompeux pour qualifier un téléviseur connecté au Web, peuvent accéder directement à certains services depuis une connexion Wi-Fi ou Ethernet. Actuellement, ces appareils

Une définition quatre fois supérieure à la HD



TOUJOURS PLUS DE DÉTAILS

Avec la 4K ultra-HD, l'image compte 8 mégapixels contre 2 mégapixels seulement en HD. On peut quadrupler la surface de l'écran tout en préservant la finesse des détails. À écran égal, l'image gagne en piqué.

BETTY LAFON

LES TV HD

Shaub Lorenz LD215

149 €

- Écran : 21,5" (55 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : NC
- Dim. : 510 x 313 x 45 mm / poids : 6 kg



Notre avis. Des teintes pastel pour ce téléviseur d'appoint parfait pour la chambre d'un adolescent. Il enregistre sur clé USB et son prix est aussi doux que les finitions.

TCL Color Touch E43

199 €

- Écran : 24" (61 cm), 1336 x 768 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : non précisé
- Dim. / poids : non précisé



Notre avis. Un petit écran au prix serré qui se décline en cinq coloris. Idéal en tant que téléviseur d'appoint, il sera parfait dans une cuisine, une chambre ou même un salon de taille modeste.

Essentiel B Combo Velinio

269,99 €

- Écran : 27,5" (70 cm), 1366 x 768 pixels
- Rétroéclairage : LED edge
- Son : 2 x 6 W
- Dim. : NC / poids : 2,7 kg



Notre avis. Ce téléviseur dispose d'un lecteur de DVD interne. Un « tout-en-un » idéal pour une résidence secondaire, par exemple, ou pour ceux qui sont allergiques au raccordement de plusieurs équipements.

Samsung UE48H6800

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**



1000 €

- Écran : 48" (122 cm) incurvé, 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Micro Dimming
- Son : 40 W
- Dim. : 1079 x 626 x 79 mm / poids : 13,5 kg

Notre avis. Un design épuré et des bords minces pour ce modèle à l'écran légèrement incurvé. La navigation intuitive permet d'accéder à ses menus ou à ses fonctions. Il est ainsi possible d'obtenir des conseils pour

sélectionner des programmes personnalisés, utiliser d'un clic ses applications préférées, accéder à la vidéo à la demande ou en streaming. Grâce à son application Smart View 2.0, il propose de partager des photos, des vidéos et des musiques depuis un smartphone sur son vaste écran. Enfin, son traitement d'image offre aux mouvements les plus rapides beaucoup de fluidité tandis que son rétroéclairage garantit aux contrastes une dynamique très élevée.

Sony 32R430BBAEP

350 €

- Écran : 32" (82 cm), 1280 x 768 pixels
- Rétroéclairage : LED Direct
- Son : 2 x 5 W
- Dim. : 736 x 451 x 80 mm / poids : 4,7 kg



Notre avis. Faisant une large part à l'image grâce à ses bords discrets, ce téléviseur dispose d'un transmetteur Wi-Fi intégré. Compatible DLNA, il pourra exploiter les vidéos ou les musiques stockées sur les ordinateurs de l'habitation.

Toshiba 40L2456DG

399 €

- Écran : 40" (102 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED edge
- Son : 2 x 7 W
- Dim. : 904 x 567 x 194 mm / poids : 11 kg



Notre avis. Un téléviseur au bon rapport qualité/prix. Ses ports USB lui permettent de lire les contenus d'une clé ou d'un disque dur nomade, mais aussi d'y enregistrer ses programmes préférés.

Haier 40K5000

449 €

- Écran : 40" (102 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 8 W
- Dimensions / poids : non précisé



Notre avis. Comme de tradition, Haier propose un téléviseur au rapport format d'écran/prix attractif. Compatible DLNA, il dispose de ports USB permettant d'enregistrer ses émissions favorites sur une simple clé USB.

Haier 40M7000

499 €

- Écran : 40" (102 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : direct LED
- Son : 2 x 10 W
- Dim. / poids : NC



Notre avis. L'interface utilisateur, spécialement conçue pour Android, propose de naviguer sans difficulté et de manière intuitive avec la télécommande. Pour cela, elle dispose d'un clavier sur sa face arrière.

Grundig 42VLE8474

549 €

- Écran : 42" (107 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2x10 W + 10 W
- Dimensions / poids : non précisé



Notre avis. Fourni avec deux paires de lunette 3D actives, ce modèle est très ouvert aux sources dématérialisées. Outre ses transmetteurs Wi-Fi et Bluetooth interne ou sa compatibilité DLNA, il dispose d'un navigateur intégré.

TECHNOLOGIE

Les écrans s'affinent grâce à l'OLED

Jusqu'à présent deux technologies se partageaient le marché des écrans : le plasma et le LCD. Les constructeurs parlent aussi d'écrans LED. Mais il s'agit là d'un abus de langage. Ce sont des écrans LCD, rétroéclairés par un jeu de LED : des diodes électroluminescentes. Les téléviseurs OLED sont fondés sur un principe différent : des diodes électroluminescentes à base de semi-conducteurs organiques capables de produire une lumière rouge, verte ou bleue, d'où l'appellation OLED, Organic

LED (lire S. et A. n° 801, novembre 2013). Ce procédé dispose de nombreux avantages. En premier lieu, comme chaque pixel de l'image se compose d'un triplet d'OLED rouge/vert/bleu, il est inutile de rétroéclairer l'écran. Il gagne ainsi en minceur. Autre atout : comme il est possible d'allumer, ou d'éteindre chaque OLED, donc chaque pixel, les noirs sont très profonds. Ce n'est pas le cas en LCD. Le taux de contraste est ainsi infiniment plus élevé ce qui confère beaucoup de piqué et de dynamique

à l'image. De plus, le temps nécessaire à l'allumage d'un pixel est quasi nul, ce qui évite l'effet de flou sur les mouvements les plus rapides, ici encore un point que les LCD avaient du mal à garantir. Les « gamers » connaissent bien l'impact du temps de réponse de l'écran sur la qualité globale de l'image lors des scènes d'action. Enfin, les écrans OLED n'utilisent pas de polariseur. Ce point influe sur leur angle de vision. En effet, si on observe un écran LCD de biais, l'image se dégrade au fur et à mesure que l'on s'écarte de

son axe. Les noirs deviennent « laiteux » et les couleurs sont de plus en plus délavées. Si les constructeurs ont fait beaucoup d'efforts pour limiter ce problème, il reste visible. Les OLED en sont exemptes, et les contrastes restent bons quel que soit l'angle de vision. Alors, la technologie OLED est-elle une panacée ? Sur le plan technique probablement, en revanche elle est encore délicate à produire et le taux de déchet à la fabrication est élevé, surtout pour les écrans de grandes dimensions. Elle reste donc coûteuse.

► proposent de visualiser directement les contenus de YouTube, de Picasa, voire offrent certains services en ligne comme Canal-Play. Il était donc naturel que ces smart TV proposent un accès à Netflix. C'est le cas des derniers téléviseurs Sharp dont la télécommande porte directement, bien en évidence, une touche marquée Netflix qui assure un accès direct à ce service.

Pour la 4K ultra-HD, il y aurait des problèmes avec la prise HDMI, qu'en est-il ?

Seule la norme HDMI 2 procure un débit suffisant pour

convoyer les flux numériques nécessaires à la vidéo 4K ultra-HD à sa capacité maximale, c'est-à-dire cadencée à 60 images par seconde. Cependant, il faut préciser que l'accès à la pleine résolution de l'ultra-HD est possible avec les prises HDMI qui équipent les téléviseurs ultra-HD actuels, à condition de se limiter à une cadence de 24 images par seconde. Ce qui constitue justement le mode favori des cinéphiles. Néanmoins, lors de l'acquisition d'un téléviseur 4K ultra-HD, il sera bon de vérifier qu'il dispose bien d'au moins une entrée HDMI 2.

NETFLIX

La 4K ultra-HD bouleverse la donne

Le monde de l'ultra-HD est en pleine mutation. Côté Blu-ray, une nouvelle norme devrait être adoptée début 2015 pour permettre à ce support physique de s'attaquer au marché de la 4K ultra-HD. Par ailleurs, l'arrivée de Netflix bouleverse aussi la donne. En effet, le géant américain de la vidéo à la demande propose des contenus en 4K ultra-HD. Seule condition pour y accéder, outre un abonnement, disposer d'un accès Internet haut débit. En effet, les flux ultra-HD proposés par Netflix nécessitent un débit minimum de 25 Mbit/s. Seuls les réseaux fibre optique ou câble coaxial, comme celui de Numéricable, sont en mesure de l'assurer. Enfin, pour en bénéficier sur grand écran, il faudra bien entendu disposer d'un téléviseur 4K ultra-HD connecté à un ordinateur (sauf s'il est directement compatible Netflix), une console de jeu de dernière génération ou acquérir un équipement type Apple TV ou clé Chromecast.

Et la 3D, est-elle définitivement oubliée ?

En fait, beaucoup des téléviseurs actuels, HD ou 4K ultra-HD, sont compatibles 3D. Les technologies 3D active et 3D polarisée cohabitent toujours. Les constructeurs livrent souvent des lunettes 3D avec leurs téléviseurs ou en proposent en option. Cependant, cette technologie, qui n'a jamais rencontré un réel succès, n'est plus mise en avant dans leur argumentaire commercial.

Qu'est-ce que l'« upscaling » 4K ultra-HD ?

Différents équipements, comme les lecteurs Blu-ray ou même les systèmes home cinéma proposent un « upscaling 4K ultra-HD ». Il s'agit en fait d'un dispositif numérique capable d'extrapoler des pixels pour offrir, à partir d'une source vidéo HD, une image 4K ultra-HD. Si les résultats sont souvent assez convaincants, la finesse de l'image ne vaut tout de même pas celle que délivre une véritable source vidéo 4K ultra-HD. ■ H.-P. P.

LES TV HD

Toshiba 40T5435DG

599 €

- Écran : 40" (102 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 8 W
- Dim. : 925 x 551 x 68 mm / poids : 11 kg



Notre avis. Les réglages prédéfinis sont étudiés pour offrir à l'image une qualité optimale. Le mode Cinéma propose un confort proche du visionnage de films en salle.

Sharp 42LE762E

699 €

- Écran : 42" (107 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 8 W
- Dim. : 957 x 555 x 64 mm / poids : 14,5 kg



Notre avis. Outre une grande qualité d'image, ce téléviseur est très ouvert sur le multimédia. Il accède au portail Sharp AQUOS NET+. Il est compatible DNLA et dispose de Miracast pour afficher simplement l'écran d'un smartphone ou d'une tablette.

Sony KDL42W805BBAE2

749 €

- Écran : 42" (107 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 8 W
- Dim. : 958 x 563 x 64 mm / poids : 11,7 kg

Notre avis. Le traitement d'image X-Reality Pro de Sony optimise la qualité d'image pour un rendu particulièrement réaliste. Connecté, il affiche également très simplement les contenus d'un smartphone ou d'une tablette.



Panasonic TX-47AS650

799 €

- Écran : 47" (119 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 10 W
- Dim. : 1074 x 625 x 54 mm / poids : NC



Notre avis. Le traitement d'image à 1200 Hz garantit un rendu irréprochable des mouvements les plus rapides.

LG 47LB730V

1099 €

- Écran : 47" (119 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Local Dimming
- Son : 24 W, configuration 2.1
- Dim. : 1061 x 623 x 55,1 mm / poids : 12,8 kg



Notre avis. Un modèle qui offre à l'image les moyens de s'exprimer pleinement. Ses bords minimalistes se font presque totalement oublier. Enfin son navigateur WebOS l'ouvre aux applications et contenus en ligne.

Samsung UE48H8000

1490 €

- Écran : 48" (122 cm) incurvé, 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Micro Dimming Ultimate
- Son : 2 x 10 W + 20 W
- Dim. : 1070 x 625 x 79 mm / poids : 13,2 kg



Notre avis. L'écran incurvé procure une sensation Cinémascope assez plaisante. Par ailleurs, il est possible de naviguer sur Internet tout en suivant son programme favori grâce à l'affichage double écran.

Sony KDL55W955BBAEP

1600 €

- Écran : 55" (140 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge local Dimming
- Son : 2 x 10 W
- Dim. : 1239 x 753 x 92 mm / poids : 19,5 kg



Notre avis. Une technologie très particulière de haut-parleurs dissimulés dans les flancs confère une restitution sonore de qualité, chose suffisamment rare sur les écrans actuels pour qu'elle soit signalée.

Philips 55PFS8159/12

1900 €

- Écran : 55" (140 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Micro Dimming
- Son : 2 x 7,5 W + 15 W
- Dim. : 1225 x 716 x 13 mm / poids : 17,2 kg



Notre avis. Un système Ambilight particulièrement évolué équipe cet écran, puisqu'il prend en compte la couleur du mur. Équipé d'Android 4.2.2, il propose une navigation rapide sur le Web.

Sharp LC-60UQ10E Quatron Pro

1999 €

- Écran : 60" (152 cm), 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 10 W
- Dim. : 1378 x 812 x 59 mm / poids : 38,5 kg

Notre avis. Pour plus de finesse et des couleurs plus naturelles, le procédé Quatron Pro subdivise chaque pixel en huit sous-pixels.



LG 55EC930V

3999 €

- Écran : 55" (140 cm) incurvé, 1920 x 1080 pixels
- Rétroéclairage : aucun (technologie OLED)
- Son : 4 x 10 W
- Dim. : 1225 x 715 x 80 mm / poids : 14,4 kg



Notre avis. La technologie OLED offre à l'image une dynamique et une profondeur des noirs incomparables. Les couleurs sont chatoyantes quel que soit l'angle de vision.

TV ULTRA-HD

Haier 42H6600

499€

- Écran : 42" (107 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 10 W
- Dim. : 944 x 550 x 54 mm / poids : 11,6 kg



Notre avis. Proposé à un prix plancher, il n'en bénéficie pas moins d'un écran doté de bords étroits pour que sa surface soit presque intégralement réservée à l'image.

Thomson 40UZ7775

649 €

- Écran : 40" (102 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 8 W
- Dim. : 904 x 525 x 58 mm / poids : 11,8 kg



Notre avis. Malgré un prix serré, il dispose d'une connectique HDMI 2.0 pour exploiter pleinement les flux 4K ultra-HD. Compatible DLNA, il accède aux contenus stockés sur un ordinateur, une tablette ou un smartphone.

Grundig 48VLX8484BL

999 €

- Écran : 48" (122 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 15 W + 10 W
- Dim. / poids : Non précisé



Notre avis. Grâce à ses 3 ports USB dits recording, ce téléviseur fait aussi office de « magnétoscope numérique » pour enregistrer ses programmes favoris sur clé USB ou disque dur nomade.

Panasonic Viera TX-48AX630

1199 €

- Écran : 48" (122 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 10 W
- Dim. : 1087 x 677 x 214 mm / poids : NC



Notre avis. Un design sobre et élégant pour ce modèle intégralement compatible avec les flux vidéo 4K ultra-HD 60 images/s. Son processeur d'images double-cœur Plus garantit des noirs profonds et des couleurs vives.

Thomson 55UZ8766

1299 €

- Écran : 55" (140 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 8 W
- Dim. : 1224 x 714 x 56 mm / poids : 21 kg



Notre avis. Une version optimisée du modèle 40UZ7775 de la marque. Son traitement d'image Clear Motion Index 800 Hz améliore la fluidité des mouvements rapides. Enfin, ce téléviseur se décline en très grande taille.

Philips 49PUS7909

1 300 €

- Écran : 49" (124 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 7,5 W + 15 W
- Dim. : 1092 x 632 x 35 mm / poids : 17,8 kg



Notre avis. Pour prolonger l'image et lui donner plus d'ampleur, il dispose du dispositif Ambilight. Par ailleurs, pour plus d'interactivité, il se dote d'Android et embarque un navigateur Google Chrome.

Sony KD49X8505BBAEP

1500 €

- Écran : 49" (125 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Dynamic Edge
- Son : 2 x 10 W
- Dim. : 1094 x 664 x 66 mm / poids : 18,1 kg



Notre avis. La technologie Triluminos de Sony lui confère des couleurs éclatantes. De plus, équipé d'une puce NFC, il affichera après un simple effleurement, les contenus d'un smartphone.

Samsung UE55HU7100

2000 €

- Écran : 55" (140 cm) incurvé, 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Micro dimming
- Son : 2 x 10 W
- Dim. : 1233 x 714,6 x 111,4 mm / poids : 18,7 kg



Notre avis. Son design incurvé offre une vision qui rappelle celle que proposaient les salles en Cinémascope. De plus, ce téléviseur est évolutif. Un boîtier interchangeable lui permet de suivre chaque évolution technologique.

INNOVATION

La déferlante des écrans incurvés

Réel progrès ou effet de mode, quoi qu'il en soit tous les grands constructeurs disposent dans leur gamme d'au moins un modèle de téléviseur incurvé. Esthétiquement, il est vrai que cette courbure offre à l'écran un aspect cinéma indéniable, qui rappelle celui des écrans des salles équipées en cinémascope. Mais c'est là, pour l'utilisateur, son unique intérêt. À noter que si le téléviseur est posé sur un meuble,

la forme incurvée ne pose guère de problème. En revanche, si l'écran est fixé au mur, les bords viennent se décoller assez nettement de sa surface, ce qui augmente considérablement l'encombrement. De plus, en théorie, pour une qualité d'image optimale, l'écran doit être observé perpendiculairement au plan de l'image. Un écran incurvé tend donc à dégrader la qualité des bords de l'image. Enfin,

il semblerait que cette structure incurvée — en fait en portion de cylindre — permette aux constructeurs d'améliorer la rigidité globale de l'appareil et donc sa résistance. Ainsi, en incurvant l'écran, il leur est possible de proposer des téléviseurs au design toujours plus mince tout en leur conservant une certaine solidité. Un point capital pour éviter la casse lors du transport et du stockage des téléviseurs.

Samsung UE55HU8200

2300 €

- Écran : 55" (140 cm) incurvé, 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Micro dimming
- Son : 4 x 10 W + 2 x 10 W
- Dim. : 1232 x 715 x 93,4 mm / poids : 19,9 kg

Notre avis. Une amélioration du modèle précédent avec un traitement d'image renforcé, baptisé Color Brilliance, pour garantir un rendu colorimétrique plus subtil et plus proche des teintes naturelles.

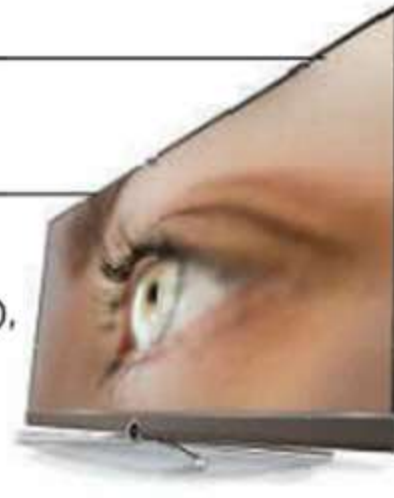


Loewe Connect 40

2390 €

- Écran : 40" (102 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 40 W
- Dim. : 951 x 547 x 55 mm / poids : NC

Notre avis. Des lignes fluides et un son musclé pour ce téléviseur particulièrement élégant. Il dispose d'un disque dur interne d'une capacité de 1 téraoctet (To) pour enregistrer et stocker ses programmes favoris.



Philips 55PUS8909

2400 €

- Écran : 55" (140 cm) incurvé, 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 7,5 W + 15 W
- Dim. : 1232 x 710 x 52 mm / poids : 19,6 kg

Notre avis. Une version incurvée du modèle 49PUS7909 de la marque. Par ailleurs, le système Ambilight ne se limite plus aux deux flancs du téléviseur mais prend également place sur son bord supérieur.



Sony KD55X9005BBAEP

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**



3000 €

- Écran : 55" (140 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Dynamic Edge
- Son : 2 x 12,5 W + 2 x 25 W
- Dim. : 1493 x 752 x 99 mm / poids : 37,4 kg

Notre avis. Enfin un téléviseur qui dispose d'un son digne de ce nom. Sony a eu la bonne idée de le doter de vastes haut-parleurs latéraux. Certes ces ajouts augmentent légèrement l'encombrement

et le coût, mais ils s'intègrent parfaitement à son design. Côté image, la 4K Full HD peut s'exprimer pleinement grâce à la diagonale généreuse de l'écran, et le rétroéclairage X-Tended Dynamic Range, propre à la marque, garantit des noirs profonds et riches en détails associés à des blancs éclatants. Il dispose aussi d'un upscaler évolué qui offre aux sources vidéo HD beaucoup de détails une fois extrapolés en 4K ultra-HD.

Samsung UE55HU7200

2500 €

- Écran : 55" (140 cm) incurvé, 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Micro dimming
- Son : 2 x 10 W
- Dim. : 1233 x 714,6 x 111,4 mm / poids : 18,9 kg

Notre avis. Écran incurvé et bords étroits pour ce téléviseur décliné en deux dimensions. Son puissant processeur d'image double-cœur garantit une excellente qualité d'image.



LG 55UB950V

2 990 €

- Écran : 55" (140 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Plus
- Son : 2 x 10 W + 15 W
- Dim. : 1232 x 734 x 60 mm / poids : 23,1 kg

Notre avis. Des bords ultra-étroits laissent une place maximale à l'image sur ce modèle qui se dote de l'application Web OS, ce qui lui permet d'accéder à une multitude d'applications en un clic de télécommande.



Sharp UD20

2999 €

- Écran : 60" (152 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Edge
- Son : 2 x 10 W
- Dim. : 1361 x 781 x 69 mm / poids : 31,5 kg

Notre avis. Après avoir brillamment passé plus de 400 tests basés sur plus de 1000 critères, cet écran est certifié THX 4K. Il répond ainsi aux normes les plus strictes en matière de qualité d'image.



LG 65EC970V

5999 €

- Écran : 65" (165 cm) incurvé, 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : aucun (technologie OLED)
- Son : 4 x 10 W
- Dim. : 1447 x 827 x 57 mm / poids : 23,2 kg

Notre avis. La technologie OLED lui offre une dynamique de contrastes et une colorimétrie exceptionnelle.



Panasonic Viera TX-85X940

14 999 €

- Écran : 85" (216 cm), 3840 x 2160 pixels
- Rétroéclairage : LED Local Dimming Pro
- Son : 4 x 10 W
- Dim. : 1917 x 1135 x 85 mm / poids : 73,5 kg

Notre avis. Le téléviseur de tous les superlatifs. Il optimise en temps réel les diverses zones de l'image. Celle-ci est dynamique et détaillée dans les zones sombres comme dans les plus claires.



SON À LA MAISON

Des auxiliaires audio indispensables

Ces enceintes fournissent un son de qualité à des téléviseurs à écran plat dotés de haut-parleurs de qualité souvent assez médiocre.

Pourquoi opter pour un tel matériel ?

En premier lieu, parce que si la qualité de l'image qu'offrent les téléviseurs s'améliore en permanence, le son, en revanche, ne cesse de se dégrader. Un phénomène lié à l'apparition des écrans minces. Il devient de plus en plus difficile de loger des haut-parleurs de dimensions convenables dans leur coffret. Leur associer un système audio correct devient nécessaire. Barre de son et socle sonore constituent une solution intéressante de par leur simplicité de mise en service et leur faible encombrement.

Vaut-il mieux une barre de son ou un socle sonore ?

Ici tout est question de place et d'aménagement de la pièce. En effet, le rendu acoustique de ces deux types d'équipement est très comparable. Si le téléviseur est fixé au mur, il faudra opter pour une barre de son. Fixée sous l'écran, elle présente des lignes conçues pour s'harmoniser avec celui-ci. Si le téléviseur est posé sur un meuble, un socle sonore est préférable. En effet, glissé sous le pied du téléviseur, sa présence reste discrète et peu encombrante.

La restitution des canaux d'ambiance est-elle satisfaisante ?

Plusieurs technologies cohabitent pour recréer des enceintes virtuelles et donner une sensa-

tion d'immersion sonore (*lire l'encadré p. 124*). Cependant, rien ne vaut la présence d'enceintes réelles, ce qui explique que les puristes du home cinéma en utilisent toujours.

Faut-il un caisson de basse séparé ou intégré ?

Il s'agit, ici encore, d'une question d'encombrement. L'avantage majeur du caisson de basse intégré est que l'installation se résume à un unique bloc. Cependant, pour être efficace, le caisson doit atteindre un certain volume. Si cette condition est simple à remplir sur un socle sonore, où beaucoup de place est disponible sous le pied du téléviseur, elle l'est moins sur une barre de son.

Par ailleurs, disposer d'un caisson indépendant permet aussi de jouer sur son efficacité et de modifier la restitution du grave

(*lire l'encadré p. 125*). En somme, un caisson indépendant offre plus de liberté de « configuration acoustique » qu'un caisson intégré... mais il sera plus encombrant.

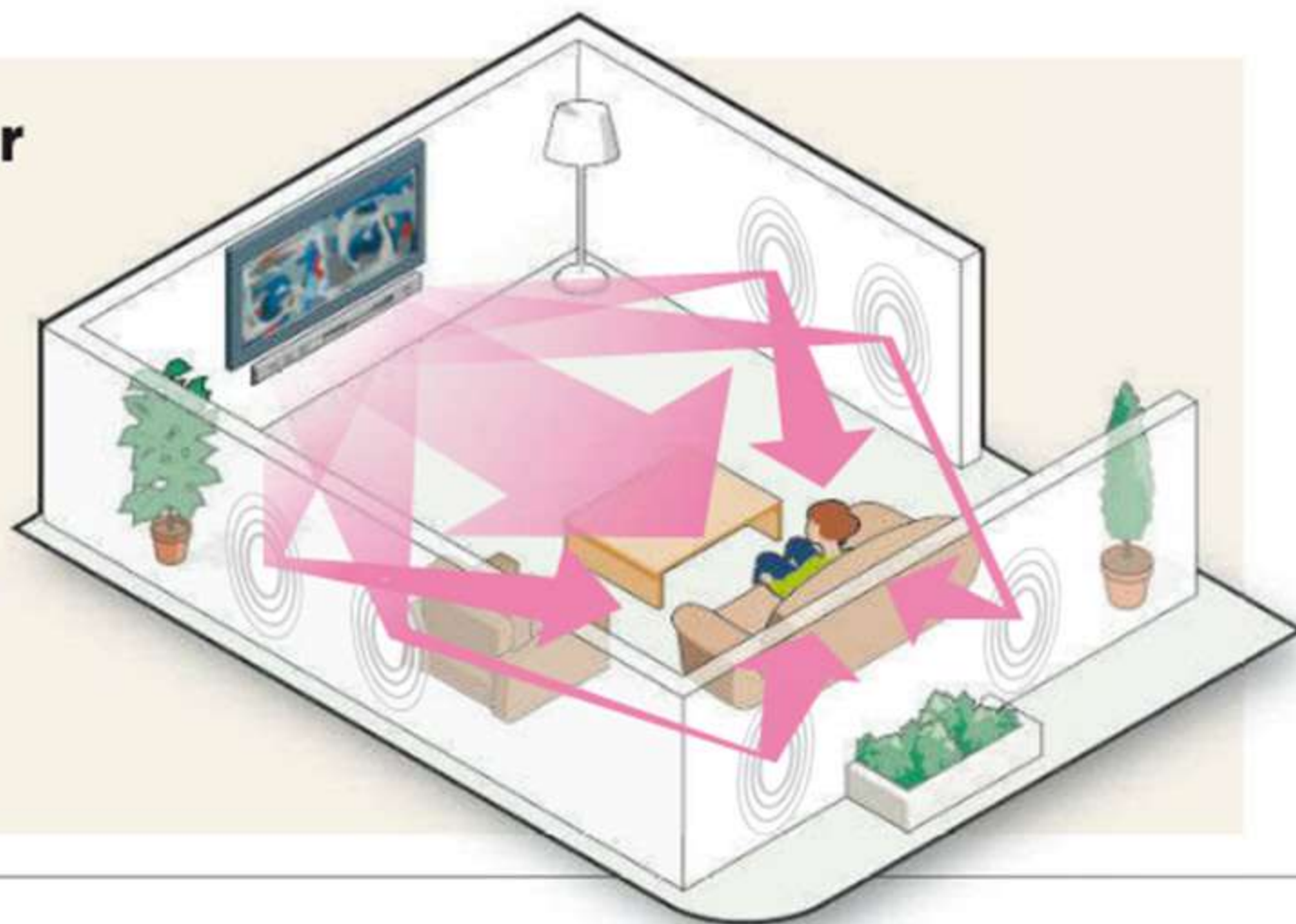
Une barre ou un socle peuvent-ils remplacer une chaîne hi-fi ?

Certes leur comportement, mieux adapté à la restitution des bandes-son cinéma qu'à l'écoute de musique classique, pourra décevoir les mélomanes exigeants. Cependant, la qualité globale de ces appareils est plutôt satisfaisante et ils reproduiront sans trop de souci les musiques actuelles. Pour cela, la plupart comptent différentes entrées et beaucoup disposent même d'un transmetteur Bluetooth pour exploiter les musiques stockées sur un baladeur, un smartphone ou une tablette. ■ H.-P. P.

Le projecteur de son

UNE ATMOSPHÈRE ENVELOPPANTE

Des faisceaux sonores très directifs sont produits par le système. Par réflexion sur les murs, ils donnent la sensation d'entendre des sons provenant d'enceintes qui n'existent pas.



LES BARRES ET SOCLES DE SON

Sharp HT-SB32D



149 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : non
- Puissance : 2 x 30 W
- Dim. : 94 x 7 x 8 cm / poids : NC

Notre avis. Un prix serré pour ce modèle qui dispose d'une liaison Bluetooth, assistée par NFC, pour accéder aux musiques stockées dans un smartphone ou une tablette.

Thomson SB300B



199 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 2 x 35 W + 80 W (caisson)
- Dim. barre : 97 x 5,5 x 6 cm
- Dim. caisson : 25 x 25 x 30,5 cm

Notre avis. Elle traite jusqu'à 4 sources (DVD, box, etc.). Une connexion Bluetooth permet d'accéder aux contenus d'un smartphone.

Grundig GSB980B



249 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : caisson à liaison sans fil
- Puissance : 120 W (puissance globale)
- Dim. : 99,5 x 7,3 x 60 cm / poids : nc (barre)
- Dim. : 25 x 34,3 x 35,3 cm / poids : nc (caisson)

Notre avis. Livrée avec un kit de fixation murale, elle est parfaite pour prendre place sous les écrans les plus vastes.

Focal Dimension

1299 €

- Type : socle ou barre de son
- Caisson de grave : intégré détachable
- Puissance : 6 x 75 W
- Dim. : 115,5 x 41 x 11,5 cm / poids : 14 kg (avec caisson)

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**

Notre avis. La section caisson de grave de ce socle sonore est détachable. Il se transforme ainsi en barre de son à fixer au mur. Même si, sous cette configuration, le système délivre déjà un niveau de grave très honorable, il est conseillé de lui associer un caisson de grave conventionnel pour un comportement

plus démonstratif sur les effets spéciaux les plus appuyés (à noter que Focal propose la section barre de son seule à 999 €). Enfin, la sensation d'espace sonore enveloppant est bien présente pour s'immerger dans l'univers sonore des bandes-son cinéma.



Telefunken SB 600



299 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 2 x 40 W + 80 W caisson
- Dim. barre : 100 x 2,8 x 9,3 cm
- Dim. caisson : 38 x 15 x 28 cm

Notre avis. Un égaliseur numérique modifie son comportement pour l'adapter à tout type de restitution : cinéma, musique, journal télé.

JBL Cinema Base

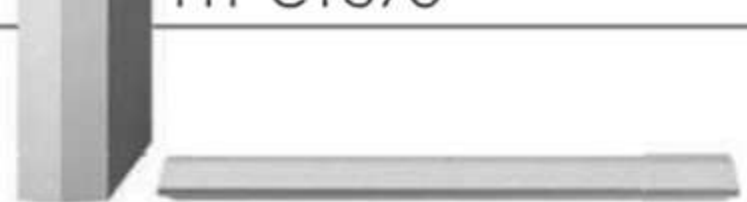


349 €

- Type : socle sonore
- Caisson de grave : intégré
- Puissance : 240 W (puissance globale)
- Dim. : 60 x 40,2 x 10,2 cm / poids : 10,22 kg

Notre avis. Ce socle sonore dispose d'une puissance généreuse. Outre qu'il assure une restitution de qualité, la sensation d'immersion sonore est bonne.

Sony HT-CT370



350 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 2 x 100 W + 100 W (caisson)
- Dim. barre : 90 x 5 x 11,3 cm
- Dim. caisson : 13,5 x 36,1 x 39,4 cm

Notre avis. Une barre de son tout en finesse à la restitution musclée. Ses décodeurs internes prennent en charge les flux audio.

Panasonic SC-HTB680



379 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : caisson sans fil
- Puissance : 3 x 70 W + 140 W (caisson)
- Dim. barre : 95 x 5,3 x 11 cm /
- Dim. caisson : 18 x 40,8 x 30,6 cm

Notre avis. Un caisson au niveau de grave impressionnant. 3 haut-parleurs, un à chaque extrémité de la barre et un central, améliorent l'intelligibilité des dialogues.

CONNECTIQUE

L'entrée optique, le choix de la simplicité

L'acquéreur d'une barre de son, ou d'un socle sonore, s'interroge souvent sur la manière la plus simple de la connecter au téléviseur. En effet, beaucoup de modèles disposent de plusieurs entrées : HDMI, analogique, coaxiale, optique, etc. Le plus simple est d'utiliser l'entrée optique et de la relier au téléviseur avec le cordon généralement fourni. Cette connexion a l'avantage de gérer automatiquement la synchronisation entre l'image et le son. On parle de « Lip Synch ». Seule contrainte : le téléviseur devra être allumé pour que le système diffuse un son quelle que soit son origine : émission TV, lecteur de DVD, etc.

LES BARRES ET SOCLES DE SON

JBL Cinema SB350



399 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 160 W (barre) + 160 W (caisson)
- Dim. barre : 100 x 6,2 x 7,8 cm
- Dim. caisson : 24,2 x 24,2 x 32 cm

Notre avis. Elle peut se fixer au mur ou se poser sur un meuble. Sa télécommande dose le niveau de son du caisson indépendamment de celui de la barre pour un meilleur équilibre.

LG NB4540



399 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 160 W (barre) + 160 W (caisson)
- Dim. barre : 84 x 3,5 x 8,2 cm
- Dim. caisson : 22,1 x 35,1 x 28,1 cm

Notre avis. Son design ultraplat permet de la loger facilement sous l'écran. Elle dispose d'un port USB pour lire directement les contenus d'une clé ou de tout autre dispositif nomade.

Sharp HT-SB602



399 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 2 x 80 W + 150 W (caisson)
- Dim. barre : 138,5 x 7,3 x 6,8 cm
- Dim. caisson : 138,5 x 7,3 x 6,8 cm

Notre avis. Une version améliorée de la barre HT-SB 32 de la marque, destinée aux écrans de grandes dimensions et assistée dans le grave par un caisson.

Onkyo LS-T30



449 €

- Type : socle sonore
- Caisson de grave : intégré
- Puissance : 4 x 12,5 W + 25 W (caisson)
- Dim. : 90,5 x 9,5 x 40 cm / poids : 10,4 kg

Notre avis. Le coffret en MDF très résistant de ce socle sonore est conçu pour résister aux téléviseurs les plus lourds, jusqu'à 60 kg. Il dispose de différents modes de spatialisation du son afin d'être aussi efficace en stéréophonie conventionnelle qu'en ambiance cinéma.

ENCEINTES VIRTUELLES

Comment nos oreilles sont leurrées

Plusieurs techniques cohabitent pour faire « croire » à nos oreilles qu'elles perçoivent des sons provenant d'enceintes qui n'existent pas. Si les projecteurs de son exploitent la réflexion sur les murs, d'autres systèmes, fondés sur un traitement numérique leur rendent directement notre ouïe. En jouant notamment sur la phase des différents sons émis par les haut-parleurs, ils élargissent virtuellement la scène sonore. À noter que les résultats sont assez variables d'un système à l'autre. Sur les plus simples, l'auditeur a un ressenti de « stéréo large ». Si les traitements les plus complexes sont convaincants, leur effet reste local. Pour que le système soit efficace, l'auditeur doit occuper une place bien précise dans la pièce.

Philips HTL6145C

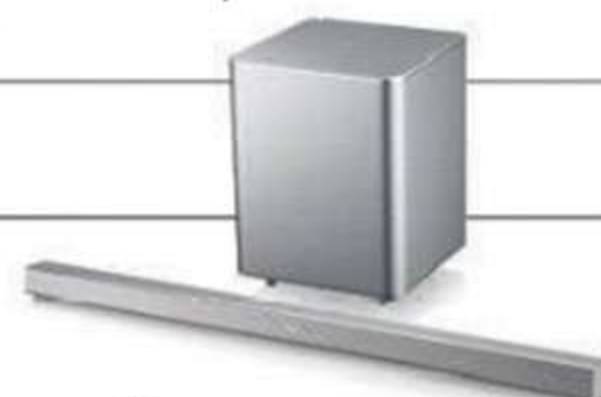


449 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : caisson ultramine sans fil
- Puissance : 2 x 50 W + 220 W (caisson)
- Dim. barre : 104,6 x 7,1 x 2,9 cm
- Dim. caisson : 73 x 8,3 x 33 cm

Notre avis. Philips propose ici des éléments ultraplats, y compris au niveau du caisson de grave. Facile à dissimuler, il pourra même se glisser sous un canapé pour se faire totalement oublier.

Samsung HW-H551



449 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 2 x 80 W + 160 W (caisson)
- Dim. barre : 94,3 x 5,5 x 6 cm
- Dim. caisson : 29,1 x 36,9 x 29,1 cm

Notre avis. Grâce à la technologie SoundShare, elle peut se connecter au téléviseur sans aucun fil, à condition qu'il soit compatible. Il est néanmoins possible de la connecter de manière traditionnelle.

Yamaha YAS-203



449 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 2 x 50 W + 100 W (caisson)
- Dim. barre : 88,6 x 7,9 x 12,1 cm
- Dim. caisson : 29 x 29,2 x 31,6 mm

Notre avis. Ses traitements numériques sont capables de simuler jusqu'à 7 canaux sonores pour une sensation d'écoute immersive.

Bose Solo 15



449,95€

- Type : socle sonore
- Caisson de grave : intégré
- Puissance : NC
- Dim. : 62,8 x 7,6 x 35,6 cm / poids : 6,35 kg

Notre avis. Simple à utiliser et ne reniant pas la signature acoustique de la marque, ce socle séduira les incondtionnels du « son Bose ».

Sony HT-CT770

450 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 2 x 105 W + 120 W
- Dim. barre : 103 x 5 x 11,3 cm
- Dim. caisson : 27,1 x 40,4 x 27,1 cm

Notre avis. Capable de décoder les flux numériques audio HD tels que le Dolby True HD ou le DTS HD, cette barre de son propose de bénéficier pleinement de la qualité des bandes-son cinéma. Peu épaisse, elle se loge aisément sous tout téléviseur.



Klipsch R-10B



599 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 250 W (puissance globale)
- Dim. barre : 101,6 x 10,5 x 7,1 cm
- Dim. caisson : 40,7 x 21 x 33,6 cm

Notre avis. Cette barre de son qui excelle dans la restitution du son « live » grâce à sa dynamique impressionnante.

Samsung HW-H7501



599 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 8 x 20 W + 160 W (caisson)
- Dim. barre : 123 x 17 x 4,2 cm
- Dim. caisson : 29,1 x 37,1 x 29,1 cm

Notre avis. La marque propose des téléviseurs incurvés. Cette barre de son venant en épouser la courbure.

Sonos Playbar



699 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : non
- Puissance : NC
- Dim. : 90 x 8,5 x 14 cm / poids : 5,4 kg

Notre avis. Cette barre de son est « une composante » du système Sonos. Autonome, elle peut tout de même être couplée à un caisson, voire des enceintes satellites.

INSTALLATION

Attention au positionnement du caisson

La position du caisson au sein de la pièce d'écoute a un impact direct sur le niveau de grave perçu et donc sur la globalité de la restitution. Si le problème ne se pose pas avec les socles sonores qui disposent généralement d'un caisson intégré, il est important de déterminer l'emplacement idéal de cet élément quand il est séparé. Il faut déjà savoir que, logé en milieu de mur, le caisson offrira une restitution du grave assez homogène mais qui pourra sembler insuffisante à certains. Pour disposer d'un maximum de grave, le mieux est de placer le caisson dans un coin de pièce. Cependant ce choix favorise certaines fréquences et offrira à la restitution une « coloration » qui peut être gênante lors de l'écoute de musique, par exemple. Il ne faudra donc pas hésiter à tester différents emplacements.

LG SoundPlate LAB 540



599 €

- Type : socle sonore « tout-en-un »
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 4 x 40 W (socle) + 160 W (caisson)
- Dim. barre : 70 x 30 x 3,95 cm
- Dim. caisson : 17,8 x 37,8 x 43,7 cm

Notre avis. Ce socle sonore inclut un lecteur de Blu-ray compatible 3D. Qui plus est, avec une épaisseur de moins de 4 cm son encombrement est minimal.

Bose Cinamate 15



649,95 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : NC
- Dim. barre : 30,5 x 7 x 8,5 cm
- Dim. caisson : 36,7 x 22,2 x 48,5 cm

Notre avis. Des fonctionnalités identiques à celle du socle sonore de la marque. Comme celui-ci, elle est très facile à mettre en œuvre.

Klipsch R-20B



799 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : sans fil
- Puissance : 250 W (puissance globale)
- Dim. barre : 10,1 x 10,5 x 7,1 cm
- Dim. caisson : 45,7 x 34,9 x 23 cm

Notre avis. Une version plus démonstrative de la technologie Klipsch. Pour plonger avec réalisme dans l'ambiance des concerts.

Bowers & Wilkins Panorama 2



990 €

- Type : barre de son
- Caisson de grave : intégré
- Puissance : 5 x 25 W + 50 W (caisson interne)
- Dim. : 110 x 12,5 x 18,1 cm / poids : 14,1 kg

Notre avis. Une barre de son au design élégant. Le caisson qu'elle intègre délivre des graves profonds et bien charpentés.

HOME CINÉMA

Transformer son salon en salle de projection

Pour les inconditionnels d'ambiances sonores cinématographiques, rien ne vaut un véritable système multicanal accompagné de son jeu d'enceintes.

Quelle combinaison choisir ?

Trois solutions sont principalement proposées pour transformer son salon en salle de cinéma. Les « tout-en-un » regroupent au sein d'un même coffret un amplificateur et un lecteur universel. Capable de lire aussi bien les CD audio que les DVD ou les Blu-ray, ce « bloc principal » se relie directement au téléviseur. Même s'il faut prendre soin de

raccorder correctement l'intégralité des enceintes fournies, ces dispositifs sont simples à mettre en œuvre. Les packs proposent généralement un amplificateur et le jeu d'enceintes nécessaire. L'utilisateur devra ajouter au système un lecteur et assurer son raccordement.

Pour les éléments séparés, l'utilisateur choisira lui-même le type, voire la marque de chacun : lecteur, amplificateur, enceintes, cais-

son de basse, etc. Ici, un minimum de connaissance est requis car, si sur les tout-en-un et les packs, les constructeurs proposent des solutions « cohérentes », la liberté de choix totale qu'offrent les éléments séparés peut conduire à de mauvaises associations et à une restitution décevante. Enfin, ce dernier choix est plutôt réservé aux installations haut de gamme car le budget global est toujours très supérieur à celui d'un pack.

Samsung HT-H5500W

350 €

- Type : tout-en-un 5.1
- Puissance : 1000 W (globale, y compris 170 W pour le caisson)
- Lecteur intégré : CD/DVD/Blu-ray compatible 3D
- Vidéo : HD compatible HD 3D

Notre avis. Un ensemble très complet doté d'un lecteur universel proposé à un prix plancher. Pour simplifier son installation, il dispose d'enceintes arrière sans fil.

Panasonic SC-BTT465

379 €

- Type : tout-en-un 5.1
- Puissance : 5 x 167 W + 167 W (caisson)
- Lecteur intégré : CD/DVD/Blu-ray compatible 3D
- Vidéo : vidéo HD compatible HD 3D

Notre avis. Les enceintes à poser au sol sont peu encombrantes. De même, la faible taille des satellites de son d'ambiance leur assure une certaine discrétion.

Onkyo HT-S3705

549 €

- Type : pack 5.1
- Puissance : 5 x 100 W + 130 W (caisson)
- Lecteur intégré : non
- Vidéo : compatibilité 4K ultra-HD et conversion 4K ultra-HD

Notre avis. Un ensemble compatible avec les flux vidéo 4K ultra-HD et les flux audio HD. Équipé de convertisseurs 24 bits / 192 kHz de haute qualité, il n'aura pas à rougir de ses prestations par rapport à celles d'une chaîne hi-fi conventionnelle.

Sony BDV-N5200W

549 €

- Type : tout-en-un 5.1
- Puissance : 1000 W puissance totale
- Lecteur intégré : CD/DVD/Blu-ray compatible 3D
- Vidéo : HD compatible HD 3D, conversion 4K Ultra HD

Notre avis. Une installation simplifiée grâce aux enceintes d'ambiance sans fil. Le transmetteur Wi-Fi compatible DLNA l'ouvre aux web-radios et à la musique en streaming.

Sony BDV-NF7220W

599 €

- Type : tout-en-un 2.1
- Puissance : 2 x 200 W + 200 W (caisson)
- Lecteur intégré : CD/DVD/Blu-ray compatible 3D
- Vidéo : HD compatible HD 3D, conversion 4K ultra-HD

Notre avis. Un système peu encombrant et très ouvert sur le dématérialisé grâce à ses liaisons Bluetooth et Wi-Fi.

Philips Fidelio E5

699 €

- Type : pack 4.1 convertible 2.1
- Puissance : 4 x 30 W + 90 W (caisson)
- Lecteur intégré : non
- Vidéo : HD

Notre avis. Des enceintes à géométrie variable. Leur partie supérieure se déboîte pour se transformer en satellites de restitution des sons d'ambiance. Autonomes, ils disposent d'une batterie interne et d'une liaison sans fil.

Combien de canaux doit comporter l'installation ?

Ordinairement, une installation de home cinéma compte au moins cinq canaux : avant droite/gauche, voie centrale, ambiance droite/gauche, plus un caisson de grave. Ce qui vaut à l'installation l'appellation de 5.1. Mais, pour des ambiances toujours plus enveloppantes, de nouvelles configurations apparaissent. C'est le cas du 7.1, où deux enceintes supplémentaires viennent diffuser des sons d'ambiance venant de l'arrière. Le 9.2, enfin, ajoute à la configuration précédente deux enceintes au-dessus de l'écran, pour les sons venant du ciel : avions, ovnis, etc. et un second caisson de grave.

Comment disposer les enceintes ?

Elles doivent entourer le point d'écoute, c'est-à-dire le canapé où prendront place les specta-

teurs. Cependant, cette disposition pose aussi un problème de câbles. En effet, quelle que soit la solution retenue, il faut relier les enceintes à l'amplificateur. L'idéal est de prévoir des câbles dans les murs lors d'une réfection de la pièce, par exemple, mais ce n'est pas toujours possible.

Quel type de câbles choisir ?

La qualité des câbles peut influencer considérablement sur la restitution. Elle est surtout sensible sur les systèmes haut de gamme capables de délivrer un son riche en détails. Il n'est pas rare que ceux livrés d'origine avec les tout-en-un ou les packs soient de qualité médiocre. Mieux vaut donc les remplacer. L'un des points les plus importants concerne leur section. Elle devra être aussi élevée que possible. De même, il est indispensable d'utiliser des câbles repérés. Par convention, l'un des

fils est marqué en rouge, pour éviter d'inverser la phase sur les enceintes ce qui conduirait à la perte des graves.

Faut-il opter pour un système connecté ?

De plus en plus d'équipements disposent d'un port Ethernet, voire d'un transmetteur Wi-Fi pour se connecter au réseau domestique. Cette option leur permet de piocher des contenus multimédias dans les ordinateurs du foyer. De même, ils pourront exploiter ceux d'une tablette, voire d'un smartphone.

Par ailleurs, en utilisant le réseau de l'habitation comme passerelle vers Internet, des web-radios ou des services de musique en streaming, comme Deezer ou Spotify sont souvent accessibles. Un « plus » qui vient compléter, généralement avec une meilleure qualité, les radios que capte leur tuner FM interne. ■ H.-P. P.

Le choix de
SCIENCES
AVENIR

Onkyo HT-S7705

1090 €

- Type : pack 5.1.2 compatible Dolby Atmos
- Puissance : 7 x 160 W + 80 W (caisson)
- Lecteur intégré : Non
- Vidéo : compatibilité 4K ultra-HD et conversion 4K ultra-HD

Notre avis. Dotée d'enceintes frontales équipées de haut-parleurs orientés vers le plafond, cette chaîne, la plus onéreuse de la sélection, est compatible Dolby Atmos, un standard multipliant le nombre de canaux. Certains sons semblent provenir du plafond ; ils

créent ainsi une sphère où les effets sonores se déplacent au-dessus et autour de l'auditeur. Par ailleurs, cet ensemble gère les flux audio HD, les web-radios et la musique en streaming. Côté image, il peut « upscaler » la vidéo standard pour la convertir en vidéo 4K ultra-HD.

Sony BDV-N7200W

699 €

- Type : tout-en-un 5.1
- Puissance : 1200 W (puissance globale)
- Lecteur intégré : CD/DVD/Blu-ray compatible 3D
- Vidéo : HD compatible HD 3D, conversion 4K ultra-HD

Notre avis. Des traitements numériques permettent les atmosphères sonores les plus variées. Pour les retransmissions sportives, la voix des commentateurs peut s'effacer pour ne conserver que l'ambiance du stade.

Panasonic SC-BTT505

849 €

- Type : tout-en-un 5.1
- Puissance : 5 x 200 W + 200 W (caisson)
- Lecteur intégré : CD/DVD/Blu-ray compatible 3D
- Vidéo : HD compatible HD 3D, conversion 4K ultra-HD

Notre avis. Pour immersion sonore totale, ce système recrée jusqu'à 36 canaux virtuels. Avec son transmetteur Wi-Fi, il accède aux contenus d'une tablette ou d'un smartphone.

Sony BDV-N9200W

900 €

- Type : Tout-en-un 5.1
- Puissance : 1200 W (puissance globale)
- Lecteur intégré : CD/DVD/Blu-ray compatible 3D
- Vidéo : HD compatible HD 3D, conversion 4K ultra-HD

Notre avis. Les 4 enceintes offrent une restitution bien équilibrée. Cette configuration permet de nombreuses ambiances acoustiques.

Samsung HT-H7750WM

999 €

- Type : tout-en-un 7.1
- Puissance : 1330 W (puissance globale)
- Lecteur intégré : CD/DVD/Blu-ray compatible 3D
- Vidéo : HD compatible HD 3D, conversion 4K ultra-HD

Notre avis. Pour retrouver le son chaleureux des tubes, cet équipement est pourvu d'un préamplificateur à lampes. Par ailleurs ses enceintes colonnes combinent plusieurs canaux afin d'assurer une restitution 7.1.

SON NOMADE

Des casques multi-usages pour tout-terrain

Lecteur MP3, smartphone, ordinateur... La multiplication des sources suscite un engouement sans précédent pour les casques et les enceintes Bluetooth.

Quel type choisir ?

Il existe trois modèles de casques. Les intra-auriculaires, des écouteurs à insérer dans le conduit auditif, les supra-auriculaires, dotés de coussinets venant s'appuyer sur le pavillon de l'oreille, et les circum-auriculaires, englobant l'oreille. Les intra-auriculaires ont l'intérêt d'être très discrets et, convenablement ajustés, ils isolent bien des bruits ambiants. Mais certaines personnes ont du mal à les supporter. Quant aux supra-auriculaires, leurs coussinets peuvent provoquer une sensation d'échauffement des oreilles en écoute prolongée. De plus, l'isolation phonique de l'extérieur reste moyenne. Enfin, les circum-auriculaires, ou péri-auriculaires, possèdent de larges coussinets qui prennent appui directement sur la boîte crânienne. Plus confortables, ils offrent une bonne isolation phonique, mais sont aussi plus volumineux.

Qu'est-ce que l'insonorisation active ?

Il s'agit d'un dispositif électronique interne chargé d'éliminer les bruits ambiants. Pour cela, il produit un « anti-son » en opposition de phase qui en se recombinaut avec les bruits vient les éliminer. Ce système est surtout efficace sur les fréquences les plus basses telles que bourdonnement des réacteurs d'un avion ou les bruits de roulement d'un train.

Casque avec ou sans fil ?

La généralisation des transmetteurs Bluetooth dans les smartphones simplifie l'usage des casques sans fil. L'absence de tout cordon améliore le confort d'utilisation. Il faudra juste prendre soin de les apparier avec le téléphone. Le NFC peut simplifier cette opération. Par ailleurs, tous les casques Bluetooth peuvent également fonctionner avec un cordon conventionnel, bien pratique en cas de décharge totale de sa batterie interne.

Existe-t-il un dispositif pour éviter d'écouter trop fort ?

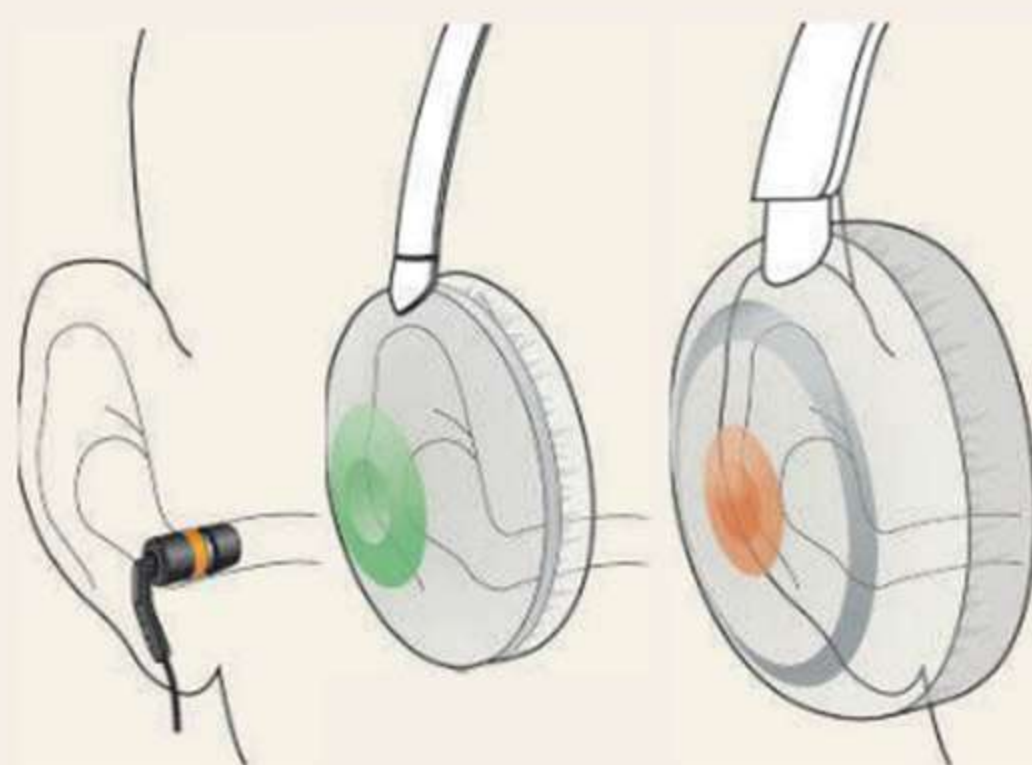
Non. Même si certains baladeurs disposent d'un limiteur, celui-ci, calibré pour les écouteurs livrés d'origine, devient inefficace dès que l'on change de casque. De plus, les casques Bluetooth disposent d'un amplificateur interne. Il faut donc user de modération sur le volume d'écoute et l'ajuster de manière à ce que la musique couvre juste les bruits environnants. Dans ce sens, l'insonorisation active contribue à protéger les oreilles. À signaler que les enceintes Bluetooth sont une alternative au casque. Outre le côté convivial qu'offre leur écoute en groupe, les risques qu'elles présentent pour les oreilles sont moindres, en raison notamment de leur puissance limitée.

Qu'est-ce que la réponse en fréquence ?

C'est la plage de fréquences, du grave à l'aigu, que peut restituer le casque, on parle aussi de bande passante. Une oreille jeune entend des fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz. Mais l'audition des aigus décroît rapidement avec l'âge. Un adulte perçoit rarement les sons d'une fréquence supérieure à 16 kHz. Néanmoins, pour que l'écoute soit satisfaisante, le casque doit être capable de reproduire l'intégralité des sons que perçoit son porteur, d'où l'importance de ce paramètre. ■

H.-P. P.

Trois familles



INTRA-AURICULAIRE

Ces écouteurs s'introduisent dans le conduit auditif. Ils isolent bien des bruits ambiants mais sont parfois mal tolérés.

SUPRA-AURICULAIRE

Ces casques reposent sur la périphérie du pavillon de l'oreille. Leur isolation phonique reste moyenne.

PÉRI-AURICULAIRE

Ils allient confort, isolation et qualité, mais leur taille imposante est difficilement compatible avec un usage nomade.

BETTY LAFON

LES CASQUES

AKG Y50

99,99 €

- Type : supra-auriculaire
- Liaison : filaire sur jack 3,5 mm
- Réponse en fréquence : 16 Hz à 24 kHz
- Poids : 190 g



Notre avis. La marque rompt avec son image sage et présente une nouvelle génération de casques au design affirmé. Reste que si AKG s'amuse sur le « look » il reste intransigeant sur qualité d'écoute.

Marshall Major

100 €

- Type : circum-auriculaire
- Liaison : filaire sur jack 3,5 mm
- Réponse en fréquence : 20 Hz à 20 kHz
- Poids : 175 g



Notre avis. Un design dérivé de celui des amplificateurs pour guitare que proposait la marque dans les années 1970. Le Major en reprend les finitions vinyle et se dote ainsi de coussinets confortables.

Sony MDR-ZX550BN

100 €

- Type : supra-auriculaire
- Liaison : Bluetooth assisté par NFC
- Réponse en fréquence : 20 Hz à 20 kHz
- Poids : 167 g



Notre avis. Une batterie longue durée offre à ce casque une autonomie de 25 h. Son système d'insonorisation active est appréciable pour réduire le niveau de bruit ambiant et profiter de ses musiques.

Parrot Zik 2.0

349 €

- Type : supra-auriculaire
- Liaison : Bluetooth 3.0 assisté par NFC ou filaire sur jack 3,5 mm
- Réponse en fréquence : 20 Hz à 22 kHz
- Poids : 270 g

Notre avis. Cette récente déclinaison du célèbre casque Parrot s'accompagne d'une nouvelle application aux possibilités étonnantes. En premier lieu, elle propose d'ajuster le comportement acoustique du casque de manière très précise afin que l'équilibre tonal de la restitution corresponde parfaitement à l'attente de l'auditeur. Par ailleurs, le système de réduction de bruit actif, très efficace, est ajustable afin de ne pas se couper totalement des bruits environnants, ce qui peut être dangereux, dans la rue par exemple. Enfin son design a été intégralement repensé par Philippe Starck pour lui offrir des lignes douces, minimalistes.



Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**

JBL Synchros E50BT

129,99 €

- Type : circum-auriculaire
- Liaison : Bluetooth ou filaire
- Réponse en fréquence : 20 Hz à 22 kHz
- Poids : 300 g



Notre avis. La liaison Bluetooth ShareMe permet de partager ses musiques avec un autre casque doté de la même technologie pour une écoute à deux. Ses transducteurs de fort diamètre (50 mm) offrent beaucoup de profondeur dans le grave.

Sennheiser Urbanite

179 €

- Type : supra-auriculaire
- Liaison : filaire sur jack 3,5 mm
- Réponse en fréquence : 16 Hz à 22 kHz
- Poids : 260 g



Notre avis. Avec cette nouvelle série, Sennheiser joue la carte des musiques urbaines et renforce le rendu du grave. À noter que cette gamme compte deux familles, l'une orientée sur Apple, l'autre sur les systèmes Android, notamment le Samsung Galaxy.

Philips Fidelio M2L

249 €

- Type : supra-auriculaire
- Liaison : filaire sur connecteur Lightning
- Réponse en fréquence : NC
- Poids : NC



Notre avis. Pour exploiter au mieux le flux numérique, le ML2 (en vente en décembre) se branche sur la sortie Lightning des appareils Apple. Son convertisseur interne 24 bits préserve ainsi la pureté du message sonore.

Marley Destiny TTR

299 €

- Type : supra-auriculaire
- Liaison : filaire sur jack 3,5 mm
- Réponse en fréquence : 12 Hz à 23 kHz
- Poids : 392 g



Notre avis. Un modèle spécial reggae qui met en avant le registre grave. Il est doté d'un système d'insonorisation active, et son amplification interne délivre un niveau d'écoute très élevé, à utiliser avec modération.

Samsung Level Over

350 €

- Type : Supra-auriculaire
- Liaison : Bluetooth 3.0 assisté par NFC ou filaire sur jack 3,5 mm
- Réponse en fréquence : NC
- Poids : 350 g



Notre avis. Un casque haut de gamme doté d'un système d'insonorisation active et de commandes tactiles. Il suffit de faire glisser son doigt sur l'oreillette gauche pour régler le volume ou passer d'une musique à une autre.

LES ENCEINTES BLUETOOTH



Sound Vision SV Bomb

34,90 €

- Puissance : 5 W
- Liaison sans fil : Bluetooth
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 3 h
- Dimensions : 60 x 80 x 60 mm / poids : 250 g

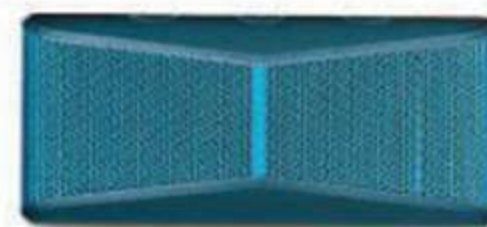
Notre avis. Outre son prix serré, elle est résistante aux projections d'eau et se porte accrochée à la ceinture ou au sac à dos grâce à son mousqueton. Une solution pour ne jamais se séparer de ses musiques préférées.

Logitech X300 Mobile Wireless

69,99 €

- Puissance : non précisée
- Liaison sans fil : Bluetooth
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 5 h
- Dimensions : 152 x 71 x 69 mm / poids 335 g

Notre avis. Le positionnement des haut-parleurs permet à cette enceinte de rayonner dans toutes les directions pour une bonne spatialisation de la restitution. Elle se décline en quatre couleurs : rouge, violet, bleu et noir.



Grundig GSB200

99 €

- Puissance : 2 x 5 W
- Liaison sans fil : Bluetooth 3.0 assisté par NFC
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 16 h
- Dimensions : 170 x 70 x 70 mm / poids : 450 g

Notre avis. Étanche à -1 mètre et résistante aux chocs, elle s'adresse aux adeptes des pratiques sportives les plus extrêmes. Son connecteur USB permet même de recharger un smartphone pour lui éviter la panne sèche.



Essentiel B Oglo

99,99 €

- Puissance : non précisée
- Liaison sans fil : Bluetooth assisté par NFC
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 7 h
- Dimensions : 110 x 70 x 210 mm / poids : non précisé

Notre avis. Pour une restitution dotée de basses profondes malgré ses dimensions réduites, cette enceinte adopte un « woofer virtuel » : un traitement numérique spécifique associé à des radiateurs passifs.



Philips BT5580

99,99 €

- Puissance : 10 W
- Liaison sans fil : Bluetooth assisté par NFC
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 8 h
- Dimensions : 210 x 55 x 201 mm / poids : 1,2 kg

Notre avis. Des lignes sobres pour cette enceinte qui semble tout droit venue des années 1980. Son aspect vintage dissimule une technologie de toute dernière génération.



Bose Soundlink Colour

139,95 €

- Puissance : Non précisée
- Liaison sans fil : Bluetooth
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 8 h
- Dimensions : 128 x 53 x 135 mm / poids : 570 g

Notre avis. Cette petite enceinte peut mémoriser jusqu'à huit connexions Bluetooth. On peut ainsi passer d'un appareil à un autre sans refaire les fastidieuses opérations d'appairage.



LIAISON Qu'est-ce que l'assistance à l'appairage par NFC

Le Bluetooth est une liaison radio « point à point », c'est-à-dire que la transmission ne peut se faire qu'entre deux appareils préalablement identifiés. Pour configurer manuellement une liaison Bluetooth entre un smartphone et une enceinte ou un casque, par exemple, il faut commencer par rechercher l'appareil en question dans le menu Bluetooth du téléphone, le sélectionner, puis entrer un code. L'opération peut être fastidieuse. Le système NFC (Near Field Communication), s'il ne convoie pas la musique, est capable d'échanger directement ces codes entre les deux appareils par couplage magnétique. Il suffit de les plaquer l'un contre l'autre pour que le jumelage Bluetooth se fasse automatiquement, sans aucune autre intervention.

Sony SR-X3

150 €

- Puissance : 20 W
- Liaison sans fil : Bluetooth assisté par NFC
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 7 h
- Dimensions : 185 x 67 x 66 mm / poids : 800 g

Notre avis. Pour un grave profond et une restitution bien assise, cette enceinte se dote de deux radiateurs passifs. Elle bénéficie d'une finition gomme qui, outre qu'elle protège, élimine les vibrations parasites.



Harman/Kardon Esquire Mini

149 €

- Puissance : 2 x 4 W
- Liaison sans fil : Bluetooth
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 5 h
- Dimensions : 140 x 24 x 75,4 mm / poids : 238 g

Notre avis. Des allures de poudrier pour ce modèle de poche, qui offre une restitution de qualité. Il fait aussi office de système mains libres lors d'appels téléphoniques.



Denon Envaya

199 €

- Puissance : non précisée
- Liaison sans fil : Bluetooth aptX assisté par NFC
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 10 h
- Dimensions : 255 x 47,5 x 141 mm / poids : 1,28 kg

Notre avis. Le traitement Maxx3D et un radiateur passif de 100 mm offrent de l'espace et de l'assise à la restitution de cette enceinte.



JBL Charge 2

149 €

- Puissance : 2 x 7,5 W
- Liaison sans fil : Bluetooth 3.0
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 12 h
- Dimensions : 79 x 184 x 75 mm / poids : 540 g

Notre avis. Grâce aux deux radiateurs passifs à très fort débattement qui équipent ses extrémités, cette petite enceinte délivre un niveau de grave impressionnant en dépit de son très faible encombrement. Par ailleurs, pour une autonomie accrue, elle est équipée d'une batterie interne à la capacité

de 6000 mAh. Enfin, sa liaison Bluetooth est capable de gérer jusqu'à 3 connexions simultanément. Ainsi, lors d'une réunion entre amis, par exemple, plusieurs personnes pourront successivement diffuser leur play-list sans avoir à « réappairer » leur appareil à chaque changement.



Le choix de
**SCIENCES
d'AVENIR**

Panasonic SC-NA10EG

199 €

- Puissance : 2 x 5 W
- Liaison sans fil : Bluetooth aptX assisté par NFC
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 20 h (mode LP)
- Dimensions : 204 x 105 x 41 mm / poids : 415 g



Notre avis. Un design élégant pour cette enceinte de poche accompagnée d'un étui de protection. Son mode « LP » lui offre une autonomie record 20 h en écoute continue.

Ultimate Ears UE Boom

199 €

- Puissance : 12 W
- Liaison sans fil : Bluetooth assisté par NFC
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 15 h
- Dimensions : 65 x 180 x 65 mm / poids : 580 g

Notre avis. Couleurs acidulées pour cette nouvelle version de l'UE Boom qui résiste aux projections d'eau.



Samsung Level Box

200 €

- Puissance : non précisée
- Liaison sans fil : Bluetooth aptX assisté par NFC
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 15 h
- Dimensions : 164 x 69 x 62 mm / poids : 600 g

Notre avis. Grâce à la fonction son 3D, l'écoute gagne en sensation d'espace stéréophonique élargi. Enfin, cette enceinte sert aussi de kit mains libres pour téléphoner.



AwoX StriimSound

299 €

- Puissance : 80 W
- Liaison sans fil : Bluetooth, Wi-Fi (DLNA)
- Autonomie sur batterie : secteur uniquement
- Dimensions : 420 x 250 x 250 mm / poids : non précisé

Notre avis. Dotée d'un transmetteur Wi-Fi compatible DLNA, elle diffuse les musiques provenant d'un ordinateur ou d'Internet. Une application, à télécharger, transforme tout smartphone en télécommande.



Yamaha Relit LSX-70

349 €

- Puissance : non précisée
- Liaison sans fil : Bluetooth 2.1 aptX
- Autonomie sur batterie : jusqu'à 8 h
- Dimensions : 94 x 241 x 94 mm / poids : 950 g

Notre avis. Plus qu'une enceinte nomade, la Relit est un objet de décoration à part entière.



Jarre Technologies Aero Frame

699 €

- Puissance : 120 W
- Liaison sans fil : Bluetooth assisté par NFC
- Autonomie sur batterie : secteur uniquement
- Dimensions : non précisées / poids : non précisé

Notre avis. La dernière-née de Jarre Technologie est un objet de décoration aux lignes épurées laissant clairement apparaître chaque section. Elle délivre un son puissant, dynamique et de haute qualité.



Klipsch Stadium

2000 €

- Puissance : 400 W
- Liaison sans fil : Bluetooth aptX, Wi-Fi (Air Play, DLNA)
- Autonomie sur batterie : secteur uniquement
- Dimensions : 210 x 533 x 210 mm / poids : 12,9 kg

Notre avis. Amplificateurs ultra-puissants, haut-parleurs surdimensionnés, trompette d'aigu : un modèle très haut de gamme, impressionnant.



APPAREILS PHOTO

L'image numérique sous tous les angles

Compact, hybride, bridge ou reflex... De nombreux types d'appareils photo sont sur le marché. Quelques conseils pour s'y retrouver dans ce maquis technologique.

Quel type d'appareil choisir ?

Il existe quatre familles d'appareils photo numériques : les compacts, les bridges, les hybrides et les reflex. Chacune se destine à une clientèle spécifique, voire à un usage particulier. Traditionnellement, les compacts s'adressent à un public peu expérimenté souhaitant prendre des photos « sans se poser trop de questions ». Petits et peu encombrants, ce sont des appareils parfaits pour voyager.

Les bridges ne sont guère plus complexes d'utilisation, mais ils disposent d'un zoom très puissant. Par ailleurs, ils proposent de passer facilement en mode « manuel » pour satisfaire des utilisateurs plus exigeants, souhaitant offrir une touche personnelle à leurs prises de vue.

Les hybrides tiennent leur nom du fait qu'ils sont à mi-chemin entre un compact et un reflex. Comme les premiers, ils sont peu encombrants, légers, et ils possèdent un viseur électronique. Et à l'instar des seconds, ils sont dotés d'un capteur plus vaste et d'objectifs interchangeables.

Les reflex, enfin, sont le plus souvent équipés d'un viseur optique. Ils sont conçus pour que l'utilisateur puisse jouer à sa guise sur chaque paramètre de prise de vue afin de réaliser les images qui correspondent à sa recherche photographique.

Les compacts font-ils mieux que les smartphones ?

Il est vrai que cette catégorie d'appareil photo est en forte concurrence avec les smartphones qui sont équipés d'objectifs et de capteurs de plus en plus performants. En revanche, la supériorité des compacts réside dans leur zoom optique. À ce jour, aucun smartphone n'en est encore doté. Enfin, de nombreux compacts sont tropicalisés, voire étanches, résistent aux chocs, au sable ou aux éclaboussures, ce qui permet de les utiliser dans les pratiques sportives les plus extrêmes, ce qui n'est pas le cas des smartphones.

Qu'est-ce qu'un compact « expert » ?

Il agit d'un compact de dernière génération pourvu d'un capteur à la surface plus grande que celle des capteurs conventionnels pour compact et équipés d'une optique de haute qualité. Ils ont pour ambition de concurrencer les reflex tout en bénéficiant du faible encombrement des compacts. Seul point faible, leur prix est élevé.

Quels sont les atouts des bridges ?

Le point fort des bridges réside dans leur objectif très polyvalent. ►

Les critères clés des quatre familles



LES COMPACTS

Avantages

Peu encombrants et légers ;
prix abordable.

Inconvénients

Petit capteur ;
mauvais rendu en faible lumière.



LES BRIDGES

Avantages

Zoom puissant ;
facilité d'utilisation.

Inconvénients

Petit capteur ;
encombrement important ;
objectif fixe.



LES HYBRIDES

Avantages

Grand capteur ;
peu encombrants ;
viseur électronique haute définition ;
objectifs interchangeables

Inconvénients

Prix élevé.



LES REFLEX

Avantages

Grand capteur ;
viseur optique ;
objectifs interchangeables ;
possibilité de réglages manuels.

Inconvénients

Encombrement important.

LES COMPACTS

Nikon Coolpix S32

99 €

- Capteur : 13,2 mégapixels
- Zoom : 3 X
- Écran : LCD 2,7" (67 mm)
- Dimensions : 107,6 x 66,1 x 40,4 mm / poids : 175 g

Notre avis. Simple d'utilisation et robuste, le S32 s'adresse en priorité aux débutants. Résistant à une chute de 1,5 m et étanche à 10 m, il les suivra dans leurs pérégrinations. Enfin, son ergonomie garantit une utilisation intuitive de ses multiples fonctions.



Nikon Coolpix S6900

179 €

- Capteur : 16 mégapixels
- Zoom : 12 X
- Écran : LCD 3" (75 mm)
- Dimensions : 99,4 x 58 x 27,9 mm / poids : 181 g

Notre avis. Le S6900 est un appareil « spécial selfies » grâce à son écran articulé, à son boîtier faisant office de support et à son déclenchement par commande gestuelle. Il est ainsi possible de se prendre en photo en le déclenchant d'un signe de la main.



Sony WX350

260 €

- Capteur : 18,2 mégapixels
- Zoom : 20 X
- Écran : LCD 3" (75 mm)
- Dimensions : 96 x 54,9 x 25,7 mm / poids : 166 g

Notre avis. Un compact petit et léger qui se fera oublier dans une poche pour vous suivre partout. Son objectif grand angulaire est bien adapté à la photographie de groupes ou de panoramas.



Sony RX100III



850 €

- Capteur : 20 mégapixels
- Zoom : 3 X
- Écran : LCD 3" (75 mm)
- Dimensions : 101,6 x 58,1 x 41 mm / poids : 290 g

Notre avis. Ce compact expert est doté d'un vaste capteur de 25,4 mm de diagonale pour délivrer des images exemptes de « bruit »

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**

même par faible lumière. De plus, il s'agit du plus petit compact de ce type. À noter aussi que son viseur haute définition 1,2 mégapixel permet d'évaluer la profondeur de champ avec une précision comparable à celle d'un viseur reflex. De plus, il met en évidence toute dominante ou défaut d'exposition, notamment en cas de contre-jour. Enfin, sa connectivité Wi-Fi propose de partager dans l'instant les photos prises.

Olympus Stylus SH-1

399 €

- Capteur : 16 mégapixels
- Zoom : 24 X
- Écran : LCD 3" (76 mm)
- Dimensions : 109 x 63 x 42 mm / poids : 271 g

Notre avis. Un design « vintage » pour ce compact doté d'un zoom puissant. Un aspect trompeur puisqu'il bénéficie des dernières technologies comme un stabilisateur optique cinq axes pour des photos à la netteté irréprochable.



Olympus Stylus Tough TG-3

399 €

- Capteur : 16 mégapixels
- Zoom : 4 X
- Écran : LCD 3" (76 mm)
- Dimensions : 111,5 x 65,9 x 31,2 mm / poids : 247 g

Notre avis. Un compact tout-terrain ultra-robuste, idéal pour les sports de plein air. Son boîtier résiste à des chutes de 2 m, à l'écrasement jusqu'à 100 kg, à une température de -10 °C, à la poussière, et est étanche à 15 m.



Canon PowerShot G7X

599 €

- Capteur : 20,2 mégapixels
- Zoom : 4,2 X
- Écran : LCD 3" (75 mm)
- Dimensions : 103 x 60,4 x 40,4 mm / poids : 304 g

Notre avis. Avec le G7X, Canon propose un compact prêt à affronter toute situation de prise de vue. Un niveau élevé de réactivité de contrôle et de performances dans un boîtier ultra-compact à la haute qualité de finition.



Panasonic Lumix DMC-LX100

899 €

- Capteur : 16 mégapixels
- Zoom : 3 X
- Écran : LCD 3" (76 mm)
- Dimensions : 114,8 x 55 x 66,2 mm / poids : 393 g

Notre avis. Panasonic a doté son compact expert d'un viseur très haute résolution 2,764 mégapixels. Pour un excellent piqué d'image, il est équipé d'un objectif d'origine Leica DC Vario-Summilux ultra-lumineux.



Fujifilm X100T

1 199 €

- Capteur : 16,3 mégapixels
- Zoom : par compléments optiques
- Écran : LCD 3" (75 mm)
- Dimensions : 126,5 x 74,4 x 52,4 mm / poids : 440 g

Notre avis. Un compact d'exception avec un vaste capteur au format APS-C. Des compléments optiques — un grand-angulaire et téléobjectif — peuvent venir se fixer sur l'objectif fixe de base.



HAUTE DÉFINITION

Le bel avenir de la visée électronique

Certains appareils photo hybrides sont dotés d'un viseur électronique, ce qui leur procure un net avantage face aux modèles reflex.

Durant de longues années, seuls les viseurs optiques des appareils photo reflex disposaient d'une précision suffisante pour apprécier, entre autres, la qualité de la mise au point et la profondeur de champ. Cependant, l'arrivée sur le marché de viseurs électroniques haute définition a bouleversé cette donne. En effet, non seulement leur résolution

est suffisante pour que le photographe s'assure que la mise au point se fait à l'endroit souhaité ainsi que de la qualité et de la profondeur de champ, mais, de plus, les viseurs électroniques délivrent des informations que les systèmes optiques ne peuvent pas fournir. Il sera facile par exemple de déceler une dominante indésirable ou de juger de

la qualité d'un contre-jour. Les viseurs électroniques de dernière génération sont, en quelque sorte, des viseurs « ultra-reflex ». L'image qu'ils présentent est la copie conforme de ce que l'appareil photo enregistrera sur sa carte mémoire. Par ailleurs, les viseurs reflex se fondent sur un chemin optique complexe, mettant en jeu des éléments délicats tels

qu'un jeu de miroirs ou un pentaprisme pour retourner l'image. Autant d'éléments qui viennent accroître les dimensions et le poids de l'appareil. Un point qui explique aussi le succès des hybrides exclusivement dotés d'un viseur électronique et qui bénéficient en conséquence de dimensions et d'un poids très inférieurs à celui des reflex conventionnels.

► lent. Il passe du grand-angulaire au téléobjectif pour répondre à toutes les conditions de prises de vue. Ainsi sur certains bridges, le facteur de grossissement du zoom atteint 65 fois ! Reste que pour pouvoir l'utiliser dans des conditions optimales, même si la stabilisation d'image remplit sa fonction, mieux vaut disposer d'un trépied.

Pourquoi choisir un hybride ?

Les hybrides s'adressent en premier lieu aux amateurs exigeants qui recherchent un appareil peu encombrant et léger. Les caractéristiques techniques des hybrides sont en effet très proches de celles des reflex. De plus, comme eux, ils offrent la possibilité de changer d'objectif en fonction des sujets traités. Si la bibliothèque d'objectifs disponibles pour les hybrides est moins riche que celle destinée aux reflex, le choix est tout de même varié. Qu'il s'agisse d'objectifs à focale fixe, de zooms, de grand-angulaires ou de téléobjectifs, les gammes que proposent les constructeurs ne cessent de s'élargir.

Les reflex sont-ils toujours réservés aux passionnés ?

Il faut préciser que tous les reflex disposent d'un mode automatique qui permet de les utiliser aussi simplement qu'un compact. Cependant, ils ont pour vocation d'offrir une palette de réglages permettant à l'utilisateur de personnaliser l'ambiance de son cliché.

En jouant sur la vitesse, la profondeur de champ ou l'exposition, il est possible de présenter la même scène sous un éclairage totalement différent, voire de lui offrir des significations opposées. Le reflex reste l'outil idéal du « créateur d'images ou de scènes », mais il est lourd et volumineux.

Qu'est-ce que le mode rafale ?

Ce mode est maintenant disponible sur toutes les catégories d'appareils photo numériques. Lorsque le déclencheur est maintenu enfoncé, une salve de photos est prise à une cadence pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines d'images par seconde. Au départ, le mode rafale était réservé aux prises de vue sportives, pour

mieux figer l'action. Il est néanmoins utile pour mieux saisir les expressions d'enfants, par exemple. Son seul défaut réside dans le nombre de prises de vue qu'il entraîne. Il ne faut donc pas hésiter à éliminer immédiatement les photos les moins bonnes pour éviter de saturer rapidement la carte mémoire de l'appareil.

Qu'est-ce que la profondeur de champ ?

En jouant manuellement sur le diaphragme, il est possible de modifier la profondeur de champ, c'est-à-dire la plage de distance sur laquelle la mise au point sera faite. Si le diaphragme est très fermé, la profondeur de champ sera forte, s'il est très ouvert elle sera faible.

Pour illustrer cela, prenons le cas de la prise de vue d'un personnage avec un panorama en arrière-plan. Si la profondeur de champ est élevée, le personnage et le panorama seront nets. Si elle est faible, le visage sera net et le panorama flou, ou réciproquement, ce qui offre plus de « relief » à la photo. ■ H.-P. P.

LES HYBRIDES

Pentax Q-S1



449 € (avec objectif 02 Standard Zoom 5-15mm)

- Capteur : 12,4 mégapixels
- Monture objectif : baïonnette Pentax à monture Q
- Écran : LCD 3" (76 mm) / pas de viseur
- Dimensions : 105 x 58 x 34 mm / poids : 203 g

Notre avis. Les teintes du boîtier se choisissent parmi 40 combinaisons de couleurs afin de le personnaliser. Son poids plume et ses performances en font le compagnon idéal en toutes circonstances.

Samsung NX3000



500 € (avec objectif 16-50 mm)

- Capteur : 20,3 mégapixels
- Monture objectif : Samsung NX
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : 460 800 pixels
- Dimensions : 117,4 x 65,9 x 39 mm / poids : 230 g

Notre avis. Dernier-né de la gamme NX de Samsung, le 3000 bénéficie de technologies de pointe. Pour les selfies, il dispose de la fonction Wink Shot (déclenchement par clin d'œil).

Olympus PEN-E-PL7



599 € (avec objectif EZ 14-42 mm)

- Capteur : 16,1 mégapixels
- Monture objectif : Micro quatre tiers
- Écran : LCD 3" (76 mm) / pas de viseur
- Dimensions : 114 x 67 x 38,4 mm / poids : 357 g

Notre avis. Ce nouvel hybride de la série PEN dispose d'un mode selfie automatique. De plus, il est équipé d'un transmetteur Wi-Fi pour publier dans l'instant ses photos sur les réseaux sociaux.

Nikon 1 AW1



749 € (avec objectif Nikkor AW 11-27,5 mm)

- Capteur : 14,2 mégapixels
- Monture objectif : 1AW pour Nikon 1
- Écran : LCD 3" (75 mm) / viseur : 921 000 pixels
- Dimensions : 113,3 x 71,5 x 37,5 mm / poids : 356 g

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**

Notre avis. Étanche à 15 m, capable de résister à une température de -10 °C et antichoc, c'est le premier hybride dédié aux baroudeurs. C'est en effet en pleine action qu'il révèle tout son potentiel grâce à ses cadences de prise de vue en continu pouvant atteindre 60 clichés par seconde. C'est aussi le premier appareil photo numérique à

objectif interchangeable à pouvoir être utilisé sous l'eau. En plongée, il est même possible d'activer le mode « Sous-marin » et le flash interne pour reproduire fidèlement les couleurs des profondeurs marines. Enfin, de retour à la plage, ses protections antipoussière permettront de continuer à photographier sans crainte du sable.

Sony Alpha 5100



650 € (avec objectif 16-50 mm)

- Capteur : 24,3 mégapixels
- Monture objectif : Sony à monture E
- Écran : LCD 3" (76 mm) / pas de viseur
- Dimensions : 109,6 x 62,7 x 35,7 mm / poids : 224 g

Notre avis. Très compact et léger, il bénéficie du Fast Hybride AF qui garantit une mise au point ultrarapide. Son écran orientable autorise les angles de prise de vue les plus inventifs.

Panasonic Lumix DMC-GM5



799 € (avec objectif LUMIX G VARIO 12-32 mm)

- Capteur : 16 mégapixels
- Monture objectif : micro quatre tiers
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : 1,2 mégapixel
- Dimensions : 98,5 x 59,5 x 36,1 mm / poids : 211 g

Notre avis. Le GM5 garantit une excellente qualité d'image tout en se parant d'un boîtier fin, peu encombrant et élégant.

Olympus OM-D E-M10



799,99 € (avec objectif EZ 14-42 mm)

- Capteur : 16,3 mégapixels
- Monture objectif : Micro quatre tiers
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : 1,4 mégapixel
- Dimensions : 119,1 x 82,3 x 45,9 mm / poids : 396 g

Notre avis. Le modèle le plus accessible de la gamme OM-D, réputée pour sa qualité de fabrication et son ergonomie.

Sony Alpha 6000



800 € (avec objectif 16-50 mm)

- Capteur : 24,3 mégapixels
- Monture objectif : Sony à monture E
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : 1,4 mégapixel
- Dimensions : 120 x 66,9 x 45,1 mm / poids : 344 g

Notre avis. Son dispositif de mise au point Fast Hybride AF, doté de 179 points de mesure, garantit une mise au point ultrarapide.

Fujifilm X-T1 Graphite Silver Édition



1399 € (boîtier nu)

- Capteur : 16,7 mégapixels
- Monture objectif : Fujifilm X mount
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : OLED 2,36 mégapixels
- Dimensions : 129 x 89,8 x 46,7 mm / poids : 440 g

Notre avis. Cet hybride intéressera plus particulièrement les photographes de sport avec son obturateur atteignant 1/32 000 s.

CADRAGE

La fonction Live View autorise tous les angles de prise de vue



La visée reflex est purement optique. Le photographe doit impérativement regarder dans l'oculaire pour réaliser son cadrage. Dès lors, impossible de tenir l'appareil à bout de bras pour prendre des clichés dans une foule ou de le placer au ras du sol pour un angle de vue intéressant. Avec l'arrivée du Live View, de telles visées deviennent possibles. Un capteur auxiliaire récupère l'image destinée au viseur pour l'afficher sur l'écran arrière de l'appareil, comme le ferait un compact. Seul défaut de ce système : il met en jeu un miroir annexe pour dévier vers le capteur auxiliaire l'image prise par l'objectif. Quand ce mode est enclenché, le viseur optique n'est plus exploitable. L'appareil se comporte davantage comme un compact ou un bridge que comme un reflex conventionnel. Enfin, ce mode peut également ralentir la cadence du mode rafale. C'est pourquoi la fonction Live View est débrayable et n'est pas enclenchée « par défaut » lorsque l'on prend l'appareil en main.

LES BRIDGES

Pentax XG1



299 €

- Capteur : 16 mégapixels
- Zoom : 52 X
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : 230 000 pixels
- Dimensions : 119 x 89 x 67,5 mm / poids : 567 g

Notre avis. Un bridge proposé à un prix serré. Son atout majeur est son zoom puissant qui propose une fonction macro avec mise au point dès 1 cm. Enfin, pour saisir les actions les plus rapides, son mode rafale peut atteindre 30, voire 60 images par seconde en réduisant la définition du cliché.

Olympus SP-100EE



399,99 €

- Capteur : 16 mégapixels
- Zoom : 50 X
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : 920 000 pixels
- Dimensions : 121,2 x 133,2 x 91,3 mm / poids : 589 g

Notre avis. Le nouveau système de visée Dot-Sight est une aide à la mise au point pour mieux saisir des éléments en mouvement lorsque le zoom est utilisé. Sa large variation de focale, de 24 à 1200 mm en équivalent 34, l'adapte à la photographie de tout type de sujet.

Nikon Coolpix P600



429 €

- Capteur : 16,1 mégapixels
- Zoom : 60 X
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : 201 000 pixels
- Dimensions : 125 x 85 x 106,5 mm / poids : 565 g

Notre avis. Son système de réduction des vibrations est appréciable lorsque les focales les plus longues de son zoom sont utilisées. Il permet de gagner en vitesse d'obturation tout en conservant une image stable, exempte de bougé et de bruit, même par luminosité réduite.

Sony HX400V



450 €

- Capteur : 20,4 mégapixels
- Zoom : 50 X
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : 201 000 pixels
- Dimensions : 155 x 140 x 68 mm / poids : 856 g

Notre avis. L'optique d'origine Zeiss Vario-Sonnar, associée à un capteur CMOS rétroéclairé et à un puissant processeur d'images BionzX, garantit un excellent piqué d'image. Par ailleurs le stabilisateur optique cinq axes du HX400V permet des tournages vidéo Full HD parfaitement stables.

Canon Powershot SX60 HS



499 €

- Capteur : 16,1 mégapixels
- Zoom : 65 X
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : 922 000 pixels
- Dimensions : 127,6 x 92,6 x 114,3 mm / poids : 650 g

Notre avis. Avec un zoom 65 X, le SX60 HS bat tous les records. Son téléobjectif n'est pas seul à impressionner (1365 mm en équivalent 35) ; le grand-angulaire comporte une focale minimale de 21 mm en équivalent 35. Outre les professionnels, ce modèle intéressera les amateurs voulant saisir de vastes panoramas.

Panasonic - Lumix DMC-FZ1000



899 €

- Capteur : 20,1 mégapixels
- Zoom : 16 X
- Écran : LCD 3" (76 mm) / viseur : OLED 2,4 mégapixels
- Dimensions : 136,8 x 98,5 x 130,7 mm / poids : 831 g

Notre avis. Ce bridge intéressera autant les amateurs de photo que les passionnés de vidéo. En effet, il s'agit du premier appareil de ce type conçu pour réaliser des tournages en vidéo 4K ultra-HD.

LES REFLEX

Canon
EOS 1200 D



329 € (boîtier nu)
429 € (avec objectif 18-55 mm)

- Capteur : 18 mégapixels, APS-C 22,3 x 14,9 mm
- Monture objectif : Canon EF/EF-S
- Vitesses d'obturation : 30 s à 1/4000 s
- Dimensions : 129,6 x 99,7 x 77,9 mm / poids : 480 g

Notre avis. Un appareil parfait pour s'initier au maniement des reflex. Pour assister les novices dans leur démarche, il bénéficie de l'application « Mon Coach EOS » pour se familiariser avec son utilisation et en tirer le meilleur.

Pentax
K50



549 € (boîtier nu)
499 € (avec objectif 18-55 mm)

- Capteur : 16,28 mégapixels, APS-C 23,7 x 15,7 mm
- Monture objectif : baïonnette K, KA, KAF, KAF2 et KAF3
- Vitesses d'obturation : 30 s à 1/6000 s
- Dimensions : 129 x 96,5 x 70 mm / poids : 650 g

Notre avis. Ce reflex tropicalisé ne craint ni les projections d'eau ni les poussières. Il sera aussi à l'aise à la plage que dans la poudreuse ou sous un orage en randonnée.

Pentax
KS-1



649 € (boîtier nu)
699 € (avec objectif 18-55 mm)

- Capteur : 20,12 mégapixels, APS-C 23,5 x 15,6 mm
- Monture objectif : baïonnette KA, KAF, KAF2 et KAF3
- Vitesses d'obturation : 30 s à 1/6000 s
- Dimensions : 120 x 92,5 x 69,5 mm / poids : 558 g

Notre avis. Pour prendre des photos le K-S1 est aussi simple à utiliser qu'un smartphone. Il adopte un design original et innovant tout en conservant des performances de bon niveau.

Canon
EOS 7D Mark II

1799 € (boîtier nu)

- Capteur : 20,2 mégapixels, APS-C 22,4 x 15 mm
- Monture objectif : Canon EF/EF-S
- Vitesses d'obturation : 30 s à 1/8000 s
- Dimensions : 148,6 x 112,4 x 78,2 mm / poids : 910 g

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**



Notre avis. Construit sur la base de l'EOS 7D, ce reflex bénéficie de nombreuses technologies issues du prestigieux EOSQ 1 DX de la marque. Intégralement repensé par rapport à son prédécesseur, il présente de nombreuses améliorations avec, notamment, une cadence de prise de vue en rafale atteignant 10 images par seconde sans baisse de

la qualité des photos. Par ailleurs, son nouvel autofocus basé sur un système à 65 collimateurs de type croisés et ses deux processeurs DIGIC 6 lui confèrent une remarquable réactivité. Enfin, ce reflex offre de nouvelles fonctionnalités pour la vidéo. Il travaille en Full HD avec un cadencement d'images allant du mode 24p au 60p.

Sony
Alpha 77II



1200 € (boîtier nu)
1800 € (avec objectif 16-50 mm)

- Capteur : 24,3 mégapixels, APS-C 23,5 x 15,6 mm
- Monture objectif : Sony monture « A », Minolta/Konica
- Vitesses d'obturation : 30 s à 1/8000 s
- Dimensions : 142,6 x 104,2 x 80,9 mm / poids : 726 g

Notre avis. Présenté comme un reflex par Sony en raison de sa monture standard, l'Alpha 77II est en fait équipé d'un viseur électronique. Néanmoins, sa très haute résolution (2 359 296 pixels) lui offre la précision d'un viseur optique.

Nikon
D750



2200 € (boîtier nu)

- Capteur : 24,3 mégapixels, plein format 23,9 x 36 mm
- Monture objectif : Nikon F (avec couplage AF et contacts AF)
- Vitesses d'obturation : 30 s à 1/4000 s
- Dimensions : 140,5 x 113 x 78 mm / poids : 840 g

Notre avis. Le capteur plein format (24 x 36 mm) de ce reflex offre une remarquable dynamique de contrastes associée à une sensibilité exceptionnelle appréciable pour les prises de vue par faible lumière. Un reflex semi-professionnel.

ENTRETIEN

Les poussières restent les ennemis des reflex

Sur les appareils argentiques, le défilement de la pellicule élimine automatiquement les poussières. Cela n'est plus vrai avec les numériques où le capteur est fixe. Certes, ils comportent des systèmes d'autonettoyage à la mise en route, mais leur efficacité reste limitée. Il faudra donc effectuer des changements d'objectif doivent donc s'effectuer de préférence dans des milieux sans poussière. Par ailleurs, le nettoyage du capteur est une opération délicate. Pour y procéder, il existe des bombes de gaz mais le résultat n'est pas garanti. En cas de problème, mieux vaut confier l'appareil à un expert.



Légères, peu encombrantes, les actions-cams sont peu sensibles aux chocs.

VIDÉO

Les « action-cams » au cœur des exploits

Ces mini-caméras, fixées à un casque, un guidon ou un masque de plongée, autorisent des tournages en « prise de vues subjectives ».

Fixations, compacité, caméra étanche ou caisson, que faut-il privilégier ?

En général, ces caméras sont conçues pour une utilisation dans des conditions difficiles. Elles sont peu sensibles aux chocs, aux vibrations ou aux projections d'eau. Cependant, il faut veiller à ce que les accessoires fournis soient compatibles avec le sport pratiqué : fixation pour casque, guidon de vélo ou planche de surf, par exemple. De même, si les appareils résistants aux projections d'eau supportent un orage, ils ne sont pas étanches et sont donc incompatibles avec les sports aquatiques. Enfin, les sport-cams étanches à -3 mètres sont bien adaptées à des activités de plage, par exemple, mais les passionnés de plongée devront s'équiper d'un caisson. Ces caissons sont conçus pour une profondeur précise à ne pas dépasser.

Qu'est-ce que l'angle de vision ?

Il s'agit du champ que couvre l'objectif. Plus sa valeur est élevée, plus la vision est « panoramique ». Disposer d'un angle de vision important présente l'avantage d'atténuer les tremblements ; le stabilisateur d'image n'est plus indispensable. Il offre également aux panoramas encore plus de majesté et accroît la sensation de vitesse.

RÉSOLUTION

Les inconvénients de l'ultra-haute définition

Beaucoup d'action-cams sont censées pouvoir tourner en ultra-HD (ou 4K). Cependant, si elles offrent une image comptant 3840 x 2160 pixels, elles peinent à assurer la cadence pour restituer le fluide du mouvement. Idéalement, celle-ci doit être de 50 ou 60 images par seconde. Dans la pratique les action-cams tournent plutôt en 25, voire 15 images/s, ce qui est difficilement compatible avec les scènes d'action. Pour pallier ce problème, différents modèles proposent des définitions intermédiaires telles que le 2,7 K (2716 x 1524 pixels).

Le poids est-il important ?

Ici encore, tout est question d'utilisation. Pour un modèle fixé au guidon d'un vélo ou sur une planche à voile, il s'agit d'un point secondaire. Si l'action-cam est montée sur un casque, ce paramètre compte davantage. Enfin, dans le cas, de plus en plus répandu, d'une action-cam embarquée sur un drone, à la capacité d'emport très limitée, le poids devient capital.

Une liaison Wi-Fi est-elle indispensable ?

Elle est pratique pour télécommander l'action-cam. De même, dans certains cas, elle propose un retour d'image sur un smartphone. Il se transforme ainsi en viseur déporté, une option appréciable si la caméra est portée par un drone. Elle permet de vérifier le cadrage et la qualité des séquences tournées. Enfin, un lien Wi-Fi et un smartphone offrent la possibilité de partager les séquences tournées dans l'instant sur les réseaux sociaux.

Faut-il opter pour un modèle doté d'un écran ?

Celui-ci a deux fonctions. Il permet de contrôler sur place la qualité des séquences tournées et fait aussi office de viseur. La fonction n'a que peu d'intérêt si l'action-cam est fixée à un casque, mais elle est appréciable en usage conventionnel, quand on tient l'appareil en main, par exemple.

L'autonomie est-elle bonne ?

C'est là le point faible des action-cams. Leur miniaturisation conduit à l'utilisation d'une batterie de petite taille et, en conséquence, de capacité réduite. Leur autonomie est donc faible : souvent guère plus d'une heure. Heureusement, la plupart des modèles disposent d'une batterie amovible. Pour des tournages longs, il sera prudent d'acquérir une seconde batterie, vendue en option. ■ H.-P. P.

LES ACTION-CAMS

Bathroom Graffiti BlueStork

69,90 €

- Capteur : 5 mégapixels
- Angle de vision : NC
- Vidéo : HD 720p (1280 x 720 pixels)
- Dim. / poids : NC



Notre avis. Pour ne rien perdre de vos aventures sans vous ruiner, Bathroom Graffiti propose la BlueStork. Cette petite caméra filme en 720p. Son caisson étanche à -3 m l'ouvre aux tournages nautiques.

Lenco Sportcam-400

119 €

- Capteur : CMOS 5 mégapixels
- Angle de vision : 120°
- Vidéo : Full HD 1920 x 1080
- Dim. : 58 x 43 x 24 mm / poids : 71 g



Notre avis. Destinée aux grands sportifs, la Sportcam-400 les suivra jusque dans l'eau grâce à son boîtier étanche à -3 m. Elle est livrée avec une télécommande et un jeu de fixations pour s'adapter à différents supports (vélo ou casque).

Ricoh WG-M1

229 €

- Capteur : CMOS, 14 mégapixels
- Angle de vision : 137°
- Vidéo : HD 1920 x 1080, 30 images/s
- Dim. : 42,5 x 66,5 x 89,5 mm / poids : 190 g



Notre avis. Ce modèle est étanche jusqu'à -10 m et résiste à une chute de 2 m. Son écran couleur est appréciable pour cadrer les tournages et une large gamme de fixations est disponible. Enfin, il se connecte en Wi-Fi avec un smartphone.

Panasonic HX-A500

449 €

- Capteur : BSI MOS 12,76 mégapixels
- Angle de Vision : 160°
- Vidéo : 4K Ultra HD 3840 x 2160, 25 images/seconde
- Dim. : 26 x 68,5 mm et 59,5 x 94 x 26,7 mm / poids : 160 g (total)

Notre avis. La petite HX-A500 peut se fixer facilement même à des lunettes grâce à sa section caméra — ne pesant que 31 g — indépendante du boîtier d'enregistrement. Ce dernier peut facilement se porter en brassard et assurer ainsi une totale liberté de mouvement à son utilisateur, même durant la pratique de sports les plus extrêmes. Étanche à -3 m, elle ne craint ni les projections d'eau ni la poussière. Enfin, sa puce Wi-Fi avec assistance à l'appairage par NFC permet de transférer en un clin d'œil les vidéos tournées vers un smartphone afin de les partager sur les réseaux sociaux.



Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**

Toshiba Camileo X-Sports

249 €

- Capteur : CMOS Sensor 12 mégapixels
- Angle de Vision : NC
- Vidéo : HD 1920 x 1080, 60 images/s.
- Dim. : 73 x 49,5 x 29,5 mm / poids : 94 g



Notre avis. Cette action-cam est accompagnée d'un « écosystème » riche, comptant un bracelet de télécommande et de très nombreux dispositifs de fixation. L'application smartphone Wi-Fi Connect propose de la télécommander intégralement.

Garmin Virb

299 €

- Capteur : CMOS, 16 mégapixels
- Angle de vision : 180°
- Vidéo : HD 1920 x 1080, 30 images/s.
- Dim. : 111 x 53 x 32 mm / poids : 177 g



Notre avis. Très compacte, la Virb dispose d'un écran couleur de visée. Elle se décline également en version Virb Elite (399 €) et se dote d'un GPS, du Wi-Fi et d'un accéléromètre pour une mise en route automatique.

PNJcam AEE S71

339 €

- Capteur : CMOS Exmor R, 16 mégapixels
- Angle de vision : 155°
- Vidéo : 4K Ultra HD 3840 x 2160, 15 images/s
- Dim. : 59 x 43 x 47 mm / poids : 116 g (avec batterie et écran)



Notre avis. La S71 adopte le Wi-Fi. De plus elle est capable de tourner en 4K ultra HD à 15 images/s ou en 2,7 K en 30 images/s. En option, un caisson étanche à -100 m.

Sony HDR-AZ1R

349 €

- Capteur : CMOS Exmor R, 11,9 mégapixels
- Angle de Vision : 170°
- Vidéo : HD 1920 x 1080, 60 images/s
- Dim. : 72,3 x 50,2 x 20,8 mm / poids : 98 g



Notre avis. Cette action-cam est livrée avec la montre RM-LVR2V qui fait office de télécommande. Son écran permet de voir les vidéos mais aussi de prendre le contrôle de la caméra pour en ajuster les paramètres, lire ou supprimer une séquence.

GoPro Hero3+ Black Edition

449 €

- Capteur : CMOS, 12,4 mégapixels
- Angle de Vision : 170°
- Vidéo : 4K Ultra HD 3840 x 2160, 15 images/s
- Dim. : 60 x 40 x 25 mm / poids : 74 g (136 g avec caisson)



Notre avis. Plus compacte et plus légère, cette nouvelle déclinaison de la GoPro a une autonomie accrue de 30 %. En outre, une nouvelle optique offre plus de piqué à l'image.

AÉRONEFS TÉLÉPILOTÉS

La vidéo prend de la hauteur avec les drones

Ces engins volants ne sont plus réservés à des radiomodélistes chevronnés. Au menu : prises de vues audacieuses et vol en immersion.

Qu'est-ce qu'un drone de loisirs ?

Laissons de côté les drones militaires et les drones civils destinés aux professionnels, place au plaisir de voler... et de filmer. Car le plus souvent, les drones de loisirs embarquent une caméra à bord pour réaliser des prises de vues. Ce sont généralement des engins multirotors qui mesurent de 5 cm d'envergure à plus d'un mètre pour les modèles les plus costauds. Héritage du radiomodélisme, on les pilote avec une radiocommande. Mais la nouvelle tendance consiste à privilégier le contrôle avec un smartphone ou une tablette. Ou même à pratiquer des vols entièrement programmés et automatisés.

Comment fonctionne-t-il ?

Le contrôleur de vol constitue le cœur du drone. Il s'agit d'une carte électronique miniaturisée en charge de la stabilité de l'ap-

pareil. Il exploite des capteurs — un gyroscope et un accéléromètre — pour maintenir le drone à l'horizontale en modifiant automatiquement la vitesse de rotation des moteurs. Les modèles haut de gamme s'appuient sur une boussole électronique et un GPS pour automatiser des séquences de vol.

Par quoi commencer ?

En dépit de l'électronique destinée à faciliter la vie du pilote, il est impératif de pratiquer le pilotage manuel pour être prêt à faire face à toutes les situations difficiles : bourrasque de vent, obstacle imprévu, panne du matériel. Et cela arrive souvent ! Avant de se lancer dans des prises de vues aériennes avec un modèle à plus de 1000 €, mieux vaut acquérir les bons réflexes avec de petits drones. Ces derniers ressemblent à des jouets, mais se révèlent parfaits pour apprendre à piloter sérieusement.

Peut-on produire de belles images ?

Un drone bouge beaucoup, surtout lorsqu'il y a du vent. La qualité des images s'en ressent donc. Sur certains modèles, les constructeurs proposent des nacelles stabilisées, dites *brushless*. Elles compensent toutes les secousses parasites pour assurer de superbes vidéos fluides, comme si elles étaient tournées avec des caméras professionnelles.

Que dit la loi ?

La France est l'un des rares pays doté de lois réglementant l'usage de drones de loisirs. Elles sont simples : ne jamais voler en milieu urbain, ni au-dessus de personnes, ne pas dépasser une hauteur de 150 m, avoir toujours le drone en vue directe, piloter de jour uniquement, ne pas faire un usage commercial des images aériennes, respecter la vie privée, ne pas dépasser les puissances d'émission radio autorisées par l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes, et enfin se conformer aux règles d'insertion dans l'espace aérien comme les interdictions de survol, notamment au-dessus des sites nucléaires (comme l'actualité l'a rappelé dernièrement, lire p. 84). Ce dernier point est le plus complexe : il apparaît indispensable de se faire aider par un site comme AIP Drones*. ■ **Frédéric Botton**

* www.aip-drones.fr/carte/aip-drones



VOL EN IMMERSION

Les sensations fortes du « low-riding »

La technique du vol en immersion repose sur une caméra qui filme à bord du drone. Les images sont transmises au sol par un émetteur vidéo, en temps réel et permettent ainsi à l'opérateur de piloter comme s'il se trouvait à bord, dans le cockpit du drone ! On chausse des lunettes spéciales à base d'écrans LCD : le point de vue est étonnant, la sensation de liberté intense. Surtout en pratiquant le « low-riding ». Il s'agit ici de voler le plus vite possible, le plus bas possible, avec le plus d'obstacles possibles. Souvenez-vous de la séquence des motos volantes de *Star Wars*...

À voir sur <http://tinyurl.com/lowride>.

LES DRONES

Cheerson CX-10

24,99 €

- Taille : 4 cm de côté
- Poids : 12 g
- Autonomie : 4 min



Notre avis. C'est le plus petit multiréacteur du marché, mais il fonctionne exactement comme les modèles plus imposants. Parfait pour voler à l'intérieur d'une habitation les jours pluvieux.

Horizon Hobby Blade NanoQX

49,90 €

- Taille : 14 cm de côté
- Poids : 17 g
- Autonomie : 8 min



Notre avis. Avec ses protections d'hélices, son poids plume et ses commandes douces, le NanoQX se révèle parfait pour apprendre à piloter sans stresser, et progresser rapidement.

Hubsan X4 V2

49,90 €

- Taille : 6 cm de côté
- Poids : 37 g
- Autonomie : 8 min



Notre avis. Tout petit, le X4 est l'un des mini-drones les plus vendus. Il faut dire qu'il est à la fois nerveux et précis offrant ainsi une très bonne prise en main.

DJI Phantom 2 Vision+

1069 €

- Taille : 25 cm de côté
- Poids : 1,2 kg
- Autonomie : 20 min



Le choix de
**SCIENCES
'AVENIR**

Notre avis. Avec son look tout en courbes, il a de quoi séduire. Pourtant, c'est sa prise en main rapide qui se révèle son principal atout. Le secret de ce quadricoptère réside dans son contrôleur de vol efficace. Il simplifie le pilotage, à tel point que les utilisateurs débutants

sont opérationnels en quelques minutes. Enfin, le Phantom 2 Vision+ est équipé d'une caméra aux caractéristiques semblables à celles d'une GoPro, stabilisée et avec un retour en temps réel sur smartphone, qui permet de réaliser des vidéos d'une qualité exceptionnelle.

Parrot Rolling Spider

99,90 €

- Taille : 4 cm de côté
- Poids : 55 g
- Autonomie : 8 min



Notre avis. Il se pilote avec un smartphone ou une tablette, et profite d'une stabilisation particulièrement efficace. Grâce à ses roues, il se déplace le long des murs et roule au plafond.

Hubsan X4 FPV

149 €

- Taille : 8 cm de côté
- Poids : 52 g
- Autonomie : 6 min



Notre avis. Sa caméra à bord filme et l'image s'affiche en temps réel sur l'écran de la radiocommande. De quoi débuter le pilotage en immersion à prix léger et sans risquer la casse.

LaTrax Alias

159 €

- Taille : 17 cm de côté
- Poids : 101 g
- Autonomie : 11 min



Notre avis. Ce multiréacteur au look agressif est conçu pour être malmené : il résiste bien aux chocs violents — parfait pour s'entraîner à des vols rapides et des figures de voltige.

Horizon Hobby Blade 200QX

179 € (sans radio)

- Taille : 18 cm de côté
- Poids : 194 g
- Autonomie : 10 min



Notre avis. La stabilité exemplaire de ce multiréacteur puissant permet aux débutants de progresser rapidement. Les pilotes confirmés peuvent, eux, s'initier à la voltige et même au vol sur le dos.

Walkera Tali H500

1699 €

- Taille : 29 cm de côté
- Poids : 2,3 kg
- Autonomie : 25 min



Notre avis. Avec ses 6 rotors, le Tali H500 est un engin puissant. Son GPS permet de le contraindre à rester en position stationnaire, et même de voler tout seul en le programmant à l'avance.

OBJETS CONNECTÉS

Montres et bracelets jouent les prolongations

Ces accessoires, bardés de capteurs, s'utilisent en complément d'un smartphone. Pour en augmenter les fonctions ou enregistrer des données sur son activité physique.

À quoi servent-ils ?

Apparus massivement depuis un an, ces accessoires jouent la complémentarité avec les smartphones. Ils s'y connectent par le biais d'une application iOS ou Android, chaque marque d'appareil en ayant développé une ou plusieurs qui lui est propre. Les montres veulent jouer le prolongement des smartphones en interagissant avec eux. Elles peuvent ainsi alerter leur utilisateur à l'aide d'un message sur le cadran. Prenant le plus souvent la forme de bracelets, les capteurs d'activités sont, eux, destinés à « l'auto-évaluation ».

Qu'est-ce que « l'auto-évaluation » ?

Ce terme adapté de l'anglais « *quantified self* » définit la possibilité pour tout un chacun de calculer et d'enregistrer des données concernant son activité physique par le biais d'un capteur (ou « *tracker* »). Les bracelets connectés ont cette vocation mais de plus en plus de montres l'intègrent, outre les fonctionnalités évoquées plus haut.

Qu'évaluent exactement les capteurs d'activité ?

La palette d'informations collectées varie selon les marques et les équipements. Tous les capteurs ont en commun l'évaluation du nombre de pas que l'on fait dans une journée et celui des

calories dépensées. Certains sont même censés évaluer la qualité de notre sommeil ! Des modèles plutôt destinés au sport s'adaptent à notre activité physique en étant capables de distinguer si l'on marche, court, fait du vélo... Cela leur permet d'affiner leurs calculs.

Comment fonctionnent-ils ?

Ces objets embarquent tous un détecteur de mouvements ou accéléromètre. En fonction du produit, il peut être plus ou moins perfectionné et détecter les mouvements

selon plus ou moins d'axes. Des appareils incorporent aussi un altimètre afin de déterminer le nombre d'étages que l'on monte dans une journée. Depuis peu, il existe même des capteurs qui mesurent la fréquence cardiaque de l'utilisateur. Cette fonction, pour peu qu'elle soit fiable, peut se révéler précieuse dans le cadre d'une activité sportive.

Peut-on les utiliser dans l'eau ?

Tous sont au moins « *splash proof* », c'est-à-dire qu'ils résistent aux projections d'eau. Mais certains ne sont pas « *waterproof* », autrement dit résistants à l'immersion. Avant de s'équiper, il convient de vérifier cette donnée, car on trouve sur le marché des bracelets qui supportent très mal l'humidité et d'autres utilisables en plongée jusqu'à... moins 100 mètres !

Quelle est leur autonomie ?

Là encore, les performances divergent. Celle des montres connectées excède rarement 48 heures, ce qui est leur principal problème technique. Le chargement de la batterie se fait généralement par un port microUSB ou pour certains modèles par un dock dédié. L'autonomie des bracelets connectés varie, elle, fortement : 3 à 5 jours le plus souvent. Mais il existe des modèles à pile pouvant aussi fonctionner jusqu'à un an. ■ C. S.

Quatre capteurs clés pour un moniteur d'activités

LE GYROMÈTRE

détecte les mouvements de roulis, de tangage et de lacet pour affiner les estimations...

L'ALTIMÈTRE

très sensible, repère les dénivelés...

L'ACCÉLÉROMÈTRE

détecte les mouvements en analysant les accélérations suivant trois axes...

LE CARDIO-FRÉQUENCEMÈTRE

mesure les pulsations cardiaques. Une ceinture thoracique est parfois mise à contribution pour réaliser un véritable électrocardiogramme...



BETTY LAFON

LES MONTRES CONNECTÉES

Sony SmartWatch 2

119 €

- Écran : 1,6"
- Autonomie : jusqu'à 4 jours
- Étanchéité : jusqu'à -1 mètre
- Compatibilité : Android



Notre avis. Avec son bracelet interchangeable, cette jolie montre propose une palette de fonctions pratiques mais limitées : prise d'appels (avec oreillette Bluetooth), lecture/réponse à un SMS avec des messages préenregistrés. Une belle entrée en matière.

Samsung Galaxy Gear

129 €

- Écran : 1,63"
- Autonomie : jusqu'à 1 jour
- Étanchéité : résistante aux projections d'eau
- Compatibilité : Android
- Téléphone intégré : oui



Notre avis. Imposante avec son look industriel, elle fait figure de précurseur dans l'univers des montres connectées. Elle n'est cependant compatible qu'avec certains terminaux mobiles Samsung. Un capteur photo de 1,9 mégapixel peut être utilisé pour des mémos photos.

Cogito Classic

149 €

- Écran : 42 mm
- Autonomie : jusqu'à 1 an
- Étanchéité : jusqu'à -100 mètres
- Compatibilité : iOS et Android



Notre avis. Conservant l'aspect d'une vraie montre et équipée de véritables aiguilles, la Classic peut se configurer pour offrir un maximum d'interactions avec les smartphones sous forme de notifications à personnaliser : e-mails, SMS, appels entrants...

Apple Apple Watch

De 350 à 1200 \$

- Autonomie : jusqu'à 1 jour
- Étanchéité : non
- Applications : iOS

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**

Notre avis. Disponible début 2015 dans différentes versions plus ou moins luxueuses (y compris un modèle en or jaune ou rose 18 carats), la montre connectée d'Apple aura pour fonction première de servir de super-télécommande aux iPhones. Bien que pouvant être utilisée seule, par exemple comme baladeur, son intérêt résidera aussi dans ses applications intégrées autour du sport et de la santé. Dotée d'un capteur de fréquence cardiaque, d'un accéléromètre et d'un podomètre, l'Apple Watch fonctionnera avec deux applications complémentaires : activité et entraînement.



Omate TrueSmart

199 €

- Écran : 1,54"
- Autonomie : jusqu'à 1,5 jour
- Étanchéité : jusqu'à 1 m
- Compatibilité : Android
- Téléphone intégré : oui



Notre avis. Avec sa mémoire de 4 Go extensible, cette montre résistante aux chocs se dote d'un appareil photo en 5 mégapixels. Elle dispose d'un slot pour carte SIM, lui permettant ainsi de jouer les téléphones 3G au poignet.

LG G Watch

199 €

- Écran : 1,65"
- Autonomie : 24 heures
- Étanchéité : jusqu'à -1 mètre
- Compatibilité : Android



Notre avis. Première montre certifiée Android Wear, ce modèle au look moderne et à écran tactile de 1,65" (280 x 280) propose une interaction à la voix permettant d'envoyer un e-mail, de recevoir des notifications... Particularité : elle est dépourvue de tout bouton physique.

Simvalley AW-414.Go

199 €

- Écran : 1,5"
- Autonomie : jusqu'à 2 jours
- Étanchéité : résistante aux projections d'eau
- Compatibilité : Android
- Téléphone intégré : oui



Notre avis. GPS, appareil photo, téléphone... cette montre fait tout. Elle se personnalise également par le biais d'applications à télécharger sur le Play Store de Google. Son design reste cependant lourd.

Motorola Moto 360

249 €

- Écran : 1,5"
- Autonomie : NC
- Étanchéité : résistante aux projections d'eau
- Compatibilité : Android
- Capteur de fréquence cardiaque : oui



Notre avis. Sous Android Wear (ensemble d'applications mobiles dédiées aux montres), cette grosse montre à écran tactile résistant aux chocs est très convaincante. Elle se pilote par le toucher ou la voix.

Withings Activité

390 €

- Autonomie : jusqu'à 1 an
- Étanchéité : jusqu'à -50 mètres
- Compatibilité : iOS



Notre avis. De facture classique, cette montre d'apparence très sobre intègre différents capteurs rapprochant son usage de celui d'un tracker d'activité. Ainsi, elle calcule le nombre de pas, la distance... Une application permet de se fixer des objectifs dont on vérifiera la progression sur son second cadran.

LES MONITEURS D'ACTIVITÉS

iHealth AM3

49 €

- Autonomie : jusqu'à 7 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : non
- Applications : iOS



Notre avis. D'une esthétique qui peut laisser à désirer, ce podomètre à placer au poignet ou à la ceinture calcule pas et calories et évalue le sommeil. Il profite d'une application bien conçue, compatible avec d'autres appareils de la marque.

Polar The Loop

89 €

- Autonomie : jusqu'à 5 jours
- Qualité du sommeil : non
- Étanchéité : jusqu'à 20 mètres
- Applications : iOS



Notre avis. Compatible avec une ceinture cardio-fréquence, ce bracelet est destiné aux sportifs. Contrainte pour certains, il fixe lui-même les objectifs que l'on se doit d'atteindre quotidiennement en suggérant des temps de course ou de marche.

Terrillon Activi-T Band

89 €

- Autonomie : jusqu'à 7 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : non
- Applications : iOS et Android



Notre avis. Prix serré pour ce capteur qui fait correctement ce que l'on attend de lui... à part la fonction « Réveil intelligent » pourtant annoncée, mais absente. L'application dédiée gère aussi d'autres produits de la marque (balances...).

Fitbit Flex

99 €

- Autonomie : jusqu'à 5 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : jusqu'à -10 mètres
- Applications : iOS et Android



Notre avis. En attendant son nouveau bracelet « The Force », Fitbit signe l'un des trackers les plus fiables qui soit. Ce modèle prend en compte certaines applications comme Run Keeper ou Map My Fitness.

Fitbit One

99 €

- Autonomie : jusqu'à 14 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : non
- Applications : iOS et Android



Notre avis. Ce petit tracker de ceinture se démarque par la présence d'un altimètre. Il est associé à une application précise et conviviale pouvant être utilisée dans le cadre d'un régime alimentaire.

Nike+ Fuelband SE

99 €

- Autonomie : jusqu'à 3 jours
- Qualité du sommeil : non
- Étanchéité : oui
- Applications : iOS



Notre avis. Un peu « m'as-tu vu », ce bracelet truffé de 100 LED clignotantes fut longtemps une des références en la matière. Nike, qui a pourtant décidé de se retirer de marché, en poursuit la commercialisation.

MARGE D'ERREUR

Des analyses de données qui divergent

D'un capteur d'activités à l'autre, on n'obtient pas toujours le même résultat. La faute aux algorithmes ?

Pris à part, chaque moniteur d'activités présenté dans cette sélection affiche des mesures qui semblent cohérentes avec la réalité : nombre de pas parcourus, de calories brûlées, qualité du sommeil... Assurément, les minuscules capteurs intégrés dans ces objets connectés fonctionnent à la perfection. Reste les algorithmes qui vont interpréter les données collectées... En essayant plusieurs bracelets

simultanément, nous avons parfois constaté de gros écarts dans le calcul du nombre de pas, par exemple. Le Fitbit Flex est ainsi nettement plus « généreux » que le Misfit Shine... D'aucuns affirment que certaines marques voudraient ainsi satisfaire les acheteurs de leurs produits avec des données flatteuses... Constat du même ordre pour la qualité du sommeil : l'interprétation des

temps de sommeil profond et léger enregistrés par l'accéléromètre présent dans les trackers n'a parfois rien à voir d'un appareil à l'autre... En incorporant un capteur de fréquence cardiaque dans ses bracelets, Epson est la seule marque à baser sa mesure du sommeil sur les battements du cœur de l'utilisateur. Selon la firme japonaise, les résultats obtenus seraient beaucoup plus précis...

Sony SmartBand SWR10

99 €

- Autonomie : jusqu'à 4 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : jusqu'à -1 mètre
- Applications : Android



Notre avis. Plus qu'un simple tracker d'activités, ce bracelet fait office de réveil par vibration, gère les notifications d'appels entrants et prend le contrôle du lecteur multimédia des smartphones et tablettes Android.

Misfit Wearable Shine

99 €

- Autonomie : jusqu'à 4 mois
- Étanchéité : jusqu'à 50 mètres
- Applications : iOS et Android



Notre avis. À porter au poignet, en collier, à la ceinture et même au revers de la veste, ce capteur au design « bijou » est original et discret. Outre une autonomie qui lui fait honneur, il est ultrarésistant.

Runtastic Orbit

119 €

- Autonomie : jusqu'à 7 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : jusqu'à -100 mètres
- Applications : iOS et Android

Notre avis. Spécialisée dans les applications de sport, la marque autrichienne livre un bracelet connecté ergonomique intégrant les différents résultats des applications compatibles qui permettront d'en personnaliser l'usage.



Garmin Vivofit

119 €

- Autonomie : jusqu'à 1 an
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : jusqu'à -50 mètres
- Applications : iOS et Android

Notre avis. Un afficheur permanent et une autonomie record distinguent ce tracker qui s'adapte à l'activité de son utilisateur pour lui définir un objectif de nombre de pas quotidien à réaliser.



Withings Pulse O2

119 €

- Autonomie : jusqu'à 14 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : oui
- Applications : iOS et Android

Notre avis. Pionnier dans les capteurs d'activités, le Français Withings signe un tracker original mesurant également la fréquence cardiaque ainsi que le taux d'oxygène dans le sang (SPO2), des données précieuses pour les grands sportifs.



Samsung Galaxy Gear Fit

149 €

- Autonomie : jusqu'à 3 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : jusqu'à -1 mètre
- Applications : Android

Notre avis. Ce bracelet avec écran Super AMOLED incurvé propose outre ses fonctions liées au « quantified self » de nombreuses interactions avec le smartphone auquel on le connecte.



Epson Pulsense PS-100

149 €

- Autonomie : jusqu'à 36 heures
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : jusqu'à -30 mètres
- Applications : iOS et Android

Notre avis. Remplaçant l'écran de son aîné, le PS-500, par une barre lumineuse où la progression du niveau d'activité s'affiche avec des ampoules LED, ce bracelet en noir ou turquoise conserve le précieux cardio-fréquence-mètre.



Jawbone Up 24

129 €

- Autonomie : jusqu'à 7 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : non
- Applications : iOS et Android

Notre avis. Depuis 2013, Jawbone tient la dragée haute à nombre de ses concurrents grâce à ses bracelets « Up ». Sorti au printemps, le Up 24 reprend le concept

Le choix de
**SCIENCES
AVENIR**



de son aîné : un bracelet design et ludique (plusieurs coloris disponibles) simple d'usage, associé à une application véritablement bien pensée et grâce à laquelle il est facile

d'échanger ses données avec la communauté d'utilisateurs. En filigrane, la possibilité de gérer un régime alimentaire avec la saisie des calories brûlées selon les mets ingérés.

Garmin Vivosmart

169 €

- Autonomie : jusqu'à 7 jours
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : jusqu'à 50 mètres
- Applications : iOS et Android

Notre avis. Par rapport à son aîné, le Vivofit, ce bracelet gagne en finesse. Doté d'un écran tactile OLED, il notifie les appels, SMS et e-mails et fait office de réveil par vibrations.



Sony SmartBand Talk SWR-30

179 €

- Autonomie : 72 heures
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : oui
- Applications : Android

Notre avis. Son écran incurvé de 1,4" affiche à l'encre électronique les résultats des mesures. Son altimètre fait la différence entre escaliers et ascenseurs. Son micro permet la prise d'appels et la dictée de notes.



Epson Pulsense PS-500

199 €

- Autonomie : 36 heures
- Qualité du sommeil : oui
- Étanchéité : jusqu'à -30 mètres
- Application : iOS et Android

Notre avis. Fondant ses évaluations sur l'analyse du rythme cardiaque, ce capteur d'activité au design atypique peut être employé au quotidien (suivi d'activité, régime alimentaire) ou pour des activités sportives.





TENDANCE 2.0

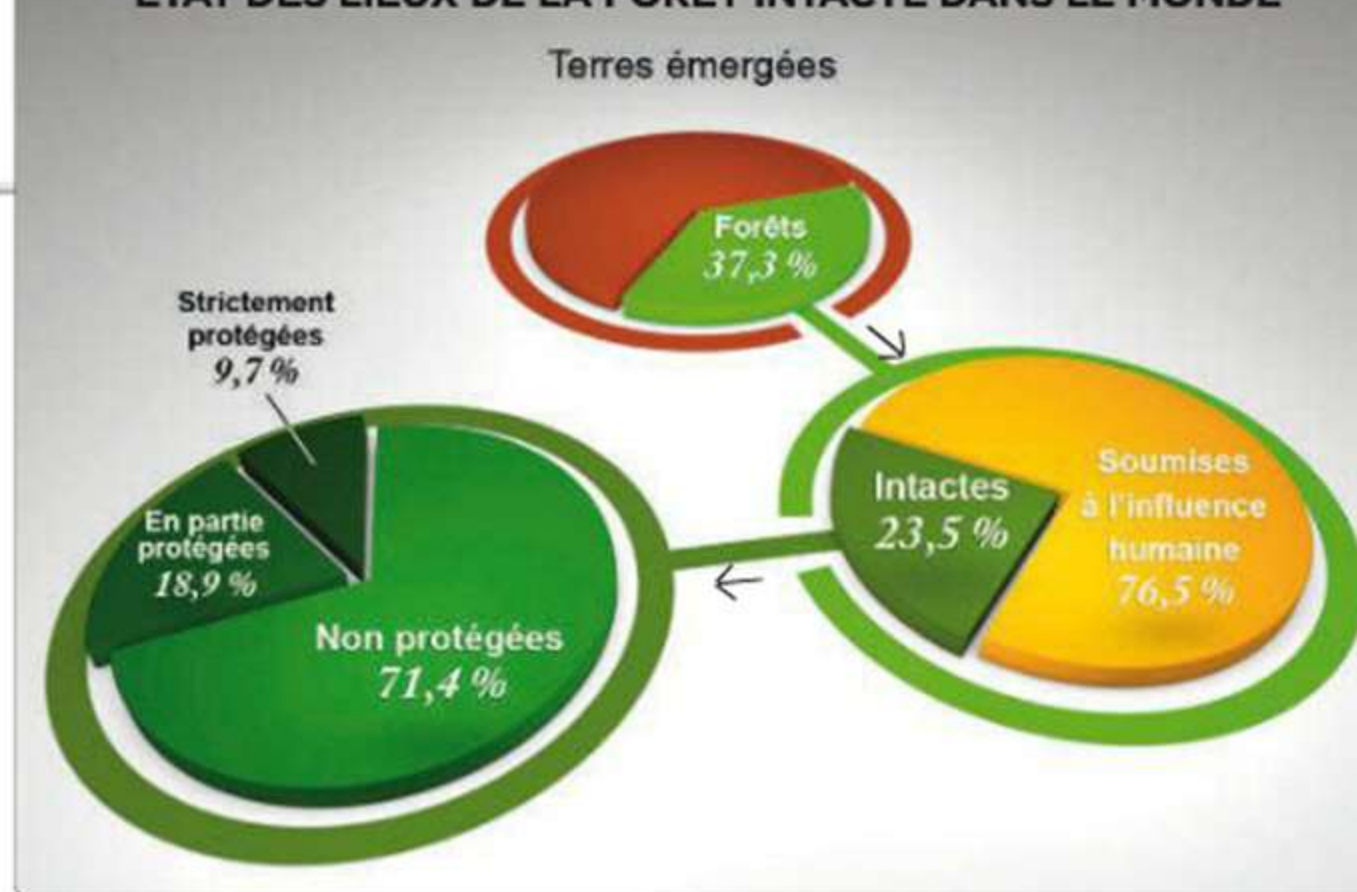
Rumeur. « Préparez-vous à l'apocalypse ! La Nasa confirme que trois jours d'obscurité vont tomber sur la Terre les 21, 22 et 23 décembre à cause d'une terrible tempête solaire ». Voilà l'avertissement devenu viral sur la Toile — évidemment un canular, que *Sciences et Avenir* décrypte sur son site Web. Tout est parti d'une vidéo où Charles Bolden, le directeur de l'Agence spatiale



américaine, incite les Américains à se munir d'un kit de survie et à se préparer à des cas d'urgence. La séquence est véridique, mais n'a rien à voir avec une quelconque tempête solaire. Quel est l'objet de cette vidéo ? Et combien de temps à l'avance peut-on prévoir ce qui va se passer à la surface du Soleil ? Les réponses sont sur le site de S. et A. (lire aussi p. 16).

<http://sciav.fr/814hoax>

ÉTAT DES LIEUX DE LA FORÊT INTACTE DANS LE MONDE



DAVID HYPOLITE

Les terribles dommages de l'homme sur la forêt

INFOGRAPHIE. Il ne reste plus à la surface de la Terre que 13,1 millions de kilomètres carrés de « forêt intacte ». Une forêt dite intacte correspond à une zone occupant au minimum 500 kilomètres carrés, mesurant au moins 10 kilomètres dans sa plus petite largeur et qui n'a pas subi de transformation par l'homme, que ce soit pour l'exploitation forestière ou autre. Pour parvenir à ce résultat, les chercheurs de deux universités américaines en partenariat avec des associations écologistes ont analysé les images satellites du globe, particulièrement celles fournies par Landsat.

<http://sciav.fr/814bois>

LES ARTICLES « ANIMAUX » LES PLUS LUS

DES BÉBÉS REQUINS PAR CÉSARIENNE

Vidéo. Un homme, sur une plage, tire des bébés requins du ventre de leur mère échouée. Décryptage du spécialiste des squales Bernard Séret.

<http://sciav.fr/814requin>

CHIEN OU CHAT : QUI A LE MAÎTRE LE PLUS INTELLIGENT ?

Insolite. Une étude américaine ausculte les propriétaires d'animaux de compagnie. Et notamment leur intelligence...

<http://sciav.fr/814chat>

FACEBOOK

L'actu scientifique des animaux vous passionne ?

SCIENCES AVENIR Animaux Entretiens, conseils et analyses de vidéos sont à découvrir sur notre page Facebook Sciences et Avenir Animaux.

<http://sciav.fr/fbanimaux>



RETROUVEZ-NOUS SUR
LES RÉSEAUX SOCIAUX



VIDÉO. BALADE À KOUROU

À quoi ressemble le port spatial européen de Kourou, en Guyane ? Réponse dans ce nouvel épisode de notre série Space Live.

<http://sciav.fr/814kourou>



BLOG DESSINS

<http://sciav.fr/olascar>



IMAGE. LE BRITISH MUSEUM EN 3D

Le musée londonien héberge sur la plateforme sketchfab de nombreuses pièces à manipuler en 3D, voire à imprimer.

<http://sciav.fr/814museum>

♦
BIENTÔT 30 ANS
D'ENGAGEMENT EN FAVEUR
DES PLUS DÉMUNIS
♦

MERCI



Grâce à vous, en 2013/2014, les Restos du Cœur ce sont

- **1 million de personnes accueillies**
- **130 millions de repas distribués**
- **40 000 bébés** de moins de 18 mois aidés dans 86 Restos Bébés du Cœur
- **67 600 bénévoles**
- **Seulement 7,3% de frais généraux**

... et de nombreuses solutions pour **aider les plus fragiles à s'en sortir durablement**

on compte sur vous
Cherhe

© Gaston BERGERET - Nova/Ad&S



Pour que cela puisse continuer, FAITES VOTRE DON
sur www.restosducoeur.org/dons ou en flashant le QR code

ou envoyez votre chèque sous enveloppe non-affranchie à :

Les Restaurants du Cœur - Libre Réponse 53061 - 91129 Palaiseau Cedex

Retrouvez-nous aussi sur [f](#) [t](#) [YouTube](#)





Un WC n'importe où

avec **SANIBROYEUR® SFA** c'est facile !

Sanicompact® SFA est une gamme complète de WC suspendus ou posés, avec broyeur intégré. Une prise électrique, une alimentation en eau suffisent pour installer des toilettes, une salle de bains, où vous voulez, sans gros travaux.



- ✓ Installation rapide
- ✓ Pas de gros travaux
- ✓ Solution économique, double chasse 1,8l / 3l
- ✓ Jusqu'à 3 m de hauteur de relevage
- ✓ Silencieux

SFA

41 bis avenue Bosquet - 75007 Paris
Tél. 01 44 82 39 10 - Fax 01 44 82 39 01
www.sfa.fr



Tailles réelles.



L'impressionnant écran Retina HD. L'étonnant nouvel appareil photo iSight. La toute-puissance de la puce A8 et ses 64 bits. Le plus avancé des iOS. Le tout sublimé par un design d'une finesse incroyable. Les nouveaux iPhones sont plus grands que grands.

Apple iPhone 6 | Bouygues Telecom

DAS : iPhone 6 0,972 W/kg / iPhone 6 Plus 0,907 W/kg. Le DAS (débit d'absorption spécifique) des téléphones mobiles quantifie le niveau d'exposition maximal de l'utilisateur aux ondes électromagnétiques, pour une utilisation à l'oreille. La réglementation française impose que le DAS ne dépasse pas 2 W/kg. Délais de réapprovisionnement variables. ©2014 Apple Inc. Tous droits réservés. www.apple.com/fr