

LEGO RÊVES DE DINOSAURES MUSIQUE AMOUR HOMO SAPIENS FLAMANT ROSE
IGNOROSPHERE ROBOTS GÉANTS PARMESAN FLASH COSMIQUE ULTRA-FROID

SCIENCE & VIE

SCIENCE & VIE

AOÛT 2017 N° 1199 MONDADORI FRANCE

SQUELETTE

IL RÉGULE
NOTRE MÉMOIRE!

POUMONS

ILS FABRIQUENT
DU SANG!

CŒUR

IL SE RÉGÉNÈRE
SANS CESSE!

LA VIE SECRÈTE DE NOS ORGANES

LES RÉVÉLATIONS DE LA SCIENCE

FOIE

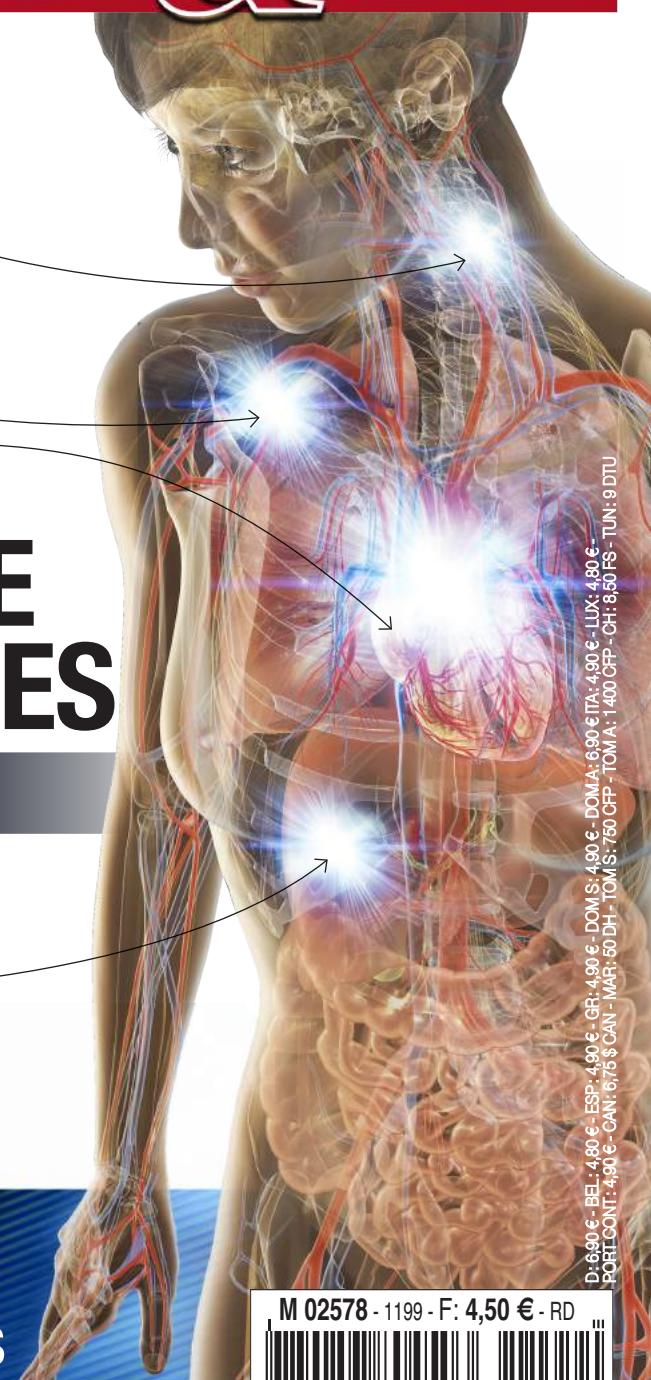
IL RÉDUIT DE MOITIÉ
LA NUIT!

ET AUSSI...

LE CERVEAU, L'UTÉRUS,
L'INTESTIN, L'ŒIL...



VALÉRIAN
LES SCIENTIFIQUES
VONT ADORER



D: 6,90 € - BE: 1,40 € - ESP: 4,90 € - GR: 4,90 € - DOM: 6,90 € - ITA: 4,90 € - IUX: 1,80 €
PORTUGAL: 4,90 € - CAN: 6,75 \$ CAN - MAR: 30 DH - TOM: 750 CFP - CH: 8,50 FS - TUN: 9 DTU

M 02578 - 1199 - F: 4,50 € - RD





Nouveau Renault **KOLEOS** Suivez vos aspirations

Le SUV au caractère affirmé

Habitabilité et confort de haut niveau avec hayon motorisé mains-libres* et toit ouvrant panoramique*

Technologie tout terrain ALL MODE 4x4-i*

Système multimédia R-LINK 2 avec écran tactile 8,7**

* De série ou en option selon version. Consommations mixtes min/max (l/100 km) : 4,6/5,8. Émissions CO₂ min/max (g/km) : 120/156.
Consommations et émissions homologuées selon réglementation applicable.

Renault recommande 



RENAULT
La vie, avec passion



meilleurtaux.com

C'EST AUSSI



1 000 experts



en agence



sur le web



au téléphone

meilleurtaux.com

Un crédit vous engage et doit être remboursé. Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.

Aucun versement, de quelque nature que ce soit, ne peut être exigé d'un particulier avant l'obtention d'un ou plusieurs prêts d'argent. Pour tout prêt immobilier, l'emprunteur dispose d'un délai de réflexion de 10 jours : l'achat est subordonné à l'obtention du prêt, si l'acheteur n'est pas obtenu, le vendeur doit lui rembourser les sommes versées. Meilleurtaux, 36 rue de Saint-Pétersbourg 75008 Paris, société par actions simplifiée au capital de 1 000 000 €, RCS Paris n°424 264 281, courtier en opérations de banque et services de paiement et intermédiaire en assurance ORIAS n°07 022 955 (www.orias.fr). Liste de nos partenaires consultable sur meilleurtaux.com. Sous le contrôle de l'ACPR, 61 rue Taitbout 75436 Paris Cedex 09, (www.acpr.banque-france.fr).

Auant-propos

SCIENCE & VIE



Mathilde
Fontez
m.fontez@mondadori.fr

La science en commun

C'est en revenant des Etats-Unis, admiratif d'une nation portée par le progrès scientifique, que Paul Dupuis a créé *Science & Vie* en 1913. En 1967, Pierre Christin et Jean-Claude Mézières, les auteurs de la BD *Valérian*, ont respiré le même air, "la croyance dur comme fer au progrès", pour le premier, "l'espérance de faire quelque chose de formidable" pour le second. Aussi était-il évident pour nous de considérer l'arrivée de *Valérian* sur les écrans comme un événement.



Gautier
Depambour
g.depambour@mondadori.fr

Voyage au bout du froid

Pour percer les secrets de l'Univers, certains façonnent des accélérateurs de particules de plus en plus puissants, d'autres construisent des télescopes de plus en plus larges. Les physiciens de la Nasa, eux, se sont engagés dans la course vers l'ultra-froid. Ils prévoient de porter un nuage de particules à la température sidérante de -273,14999999999 °C, soit 0,00000000001 °C au-dessus du zéro absolu. Et ce nuage, le plus froid de tout l'Univers, orbitera bientôt autour de la Terre...



Alexandra Pihen
a.pihen@mondadori.fr

Un corps insoupçonné

Notre corps a été disséqué par Vésale dès le XVI^e siècle, et décortiqué depuis sous toutes les coutures: peut-on vraiment croire qu'il cache encore des secrets primordiaux? Il m'aura suffi d'une discussion avec le spécialiste mondial du squelette pour m'en convaincre. En une heure, mes os sont passés de simples réserves de calcium au statut d'organe vital conditionnant mon métabolisme énergétique, ma reproduction et même ma mémoire! Une dizaine d'autres découvertes récentes sur les organes ont fini de me mettre la tête à l'envers. Oui, les organes de notre corps avaient jusqu'ici gardé secrète une grande part de leur vie!

08 **FORUM**

Actus

14 **Labos**

Un fossile d'*Homo sapiens* réécrit notre histoire ; Mars a connu des périodes de fortes pluies ; la Voie lactée guide le scarabée...

24 **Environnement**

L'ours blanc se met à piller les nids d'oiseaux ; les algues, cruciales pour la vie des sols...

30 **Médecine**

Une piste moléculaire contre l'allergie ; une arme anti-AVC dans des sirops antitussifs...

34 **Technos**

Une pile transforme la pollution en énergie propre ; l'aimant passe de la 3D à la 2D...

Événement

38 **"Valérian"**

Au cœur de l'imaginaire scientifique

A la Une

46 **LA VIE SECRÈTE DE NOS ORGANES**

Du cœur aux poumons en passant par le cerveau, les testicules, le foie ou l'utérus... révélations sur 12 organes et leurs super-pouvoirs à la fois étonnantes et insoupçonnés.

Science & découvertes

70 Astrophysique

Que s'est-il passé le 1^{er} octobre 2014 à 7h04 ?

73 Neurobiologie

Les secrets de l'amour enfin révélés

76 Climatologie

Ignorosphère : à l'assaut de l'endroit le plus mystérieux de la Terre

80 Cognition

A la source des rêves

Science & techniques

86 Génie mécanique

Robots géants : ils débarquent !

94 Zéro absolu

Ils vont créer le point le plus froid de l'Univers

98 Infections invasives

La guerre contre les champignons est déclarée

Science & futur

102 Des drones bientôt testés pour produire de l'électricité ; un robot policier a effectué ses premières rondes ; des pistes de ski renouvellent le concept d'incinérateur géant ; la route qui recharge les voitures électriques a été testée avec succès ; des aspirateurs à CO₂ pour contrer l'effet de serre ; un OGM anti-infectieux ouvre la voie d'une agriculture sans pesticides ; le projet d'un gratte-ciel antipollution haut de 5 000 mètres...

La science & la vie

Science & société

110 Dangerosité des batteries au lithium : la sécurité aérienne en plein dilemme

114 Médicaments : leur rejet dans la nature pose un vrai problème

116 2,6 millions de salariés en France sont exposés aux cancérogènes

Science & vie pratique

118 Bon à savoir

120 Technofolies

Science & culture

124 Questions/Réponses

130 A voir / à lire

132 Il y a... 100 ans : D'Arcy Thompson révèle le sens des formes naturelles

Changeons le programme scolaire, pas le rythme!

Votre article sur l'aménagement des rythmes scolaires (n° 1198, p. 106) est, sur le principe, irréprochable. Des journées moins longues sont moins fatigantes pour les enfants comme pour les adultes. Sauf que les parents sont indisponibles presque 9 heures par jour, et que l'enfant restera à l'école ou à la garderie pendant ce temps. La semaine de 4 jours lui permettait de se reposer au milieu de la semaine. Ne faut-il pas alors revoir le programme plutôt que le rythme ?

Frédéric Adamo, Pont-Saint-Esprit (30)

Où sont passés les hommes à petit cerveau ?

Dans l'article sur "la mutation qui a fait grossir notre cerveau" (n° 1197, p. 71), vous dites que cette fameuse mutation n'a eu lieu que chez un seul individu. Mais les autres humains ancestraux de cette époque ont aussi eu des descendants, non ? De ce fait, ne devrait-il pas y avoir deux types de cerveau dans la population actuelle ?

Bertrand D., Beaurains (62)

S&V Le fait est que non ! Et c'est bien parce que l'on constate

aujourd'hui qu'il n'y a qu'un seul type de cerveau au sein de la population humaine que nous pouvons dire que cette mutation a été d'une importance capitale. Conférait-elle de meilleures aptitudes à survivre dans cette préhistoire pour le moins hostile ? Ou ses porteurs avaient-ils plus de chances de se reproduire ? Toujours est-il que, au fur et à mesure des générations, le taux de porteurs de cette mutation au sein de toute l'humanité n'a fait qu'augmenter, jusqu'à atteindre les 100 %.

On en reparle



ENFIN LES CHIFFRES DE LA PUBERTÉ PRÉCOCE EN FRANCE

En juillet 2013, S&V publiait son enquête sur la puberté précoce, soit l'apparition de signes de la puberté avant 8 ans chez les filles et 9 ans chez les garçons, et annonçait le lancement d'une étude visant à combler l'absence de données épidémiologiques françaises sur ce phénomène. Quatre ans plus tard, ses résultats viennent d'être rendus publics : entre 2011 et 2013, l'équipe de Joëlle Le Moal, médecin épidémiologiste à l'agence Santé publique France, a recensé 3519 cas de puberté précoce chez des petites filles, soit une incidence de 2,68 pour 10 000, et 352 chez des petits garçons, soit 0,24 cas pour 10 000. Des chiffres et un ratio fille/garçon tout à fait comparables à ceux mesurés dans les rares études menées ailleurs dans le monde. En l'absence de données antérieures, l'étude française ne permet pas de dire si la puberté précoce est, ou non, en augmentation. En revanche, la forte hétérogénéité géographique mesurée soulève des interrogations : dans les deux départements les plus touchés (Haute-Garonne et Rhône), l'incidence est jusqu'à dix fois plus élevée que celle mesurée au niveau national. Pour l'expliquer, les chercheurs vont maintenant tenter d'établir des corrélations avec des indicateurs d'exposition, notamment aux pesticides issus de la viticulture et de l'arboriculture, deux secteurs importants dans ces départements. C.H.

Forum

On en reparle



LE PLAN DE ROUTE DES SONDES VOYAGER VERS L'AU-DELÀ

Nous vous l'annoncions en 2012 : la sonde *Voyager 1* de la Nasa devenait, 35 ans après son lancement, le premier objet fabriqué par l'homme à sortir du système solaire et à pénétrer dans l'espace interstellaire... Aujourd'hui, Seth Redfield, de l'université Wesleyenne dans le Connecticut, prévoit son chemin pour les 40 000 prochaines années. Le chercheur a pointé le télescope *Hubble* dans la direction vers laquelle file la sonde, ainsi que vers sa jumelle *Voyager 2*, lancée au même moment dans une autre direction et qui devrait quitter le système solaire vers 2019-2020. Verdict : les sondes entreront bientôt dans un nuage de gaz qui englobe le système solaire pour y naviguer un millier d'années. Puis *Voyager 2* pénétrera dans un second nuage, qu'elle traversera en 90 000 ans, avant de s'abîmer peu après dans un troisième. *Voyager 1* a également un second nuage sur son chemin, mais peut-être passera-t-elle à côté, les observations ne concluent pas clairement. En tout cas, dans 40 000 ans, elle passera au large de l'étoile Gliese 445, située à 1,6 année-lumière de la Terre. Au même moment, *Voyager 2* s'approchera à 1,7 année-lumière de Ross 248. Aucun Terrien ne s'en apercevra, car même si notre espèce subsiste encore 40 000 ans, les sondes seront éteintes depuis longtemps : il ne leur reste que 5 à 10 ans de batterie. B.R.

L'étoile de Tabby attaquée par un trou noir?

“ ”

J'ai une hypothèse pour résoudre le mystère de l'étoile qui clignote (n°1187, p.68 et n°1194, p.52). Et si elle se rapprochait d'un trou noir ? Les chutes brutales de son flux lumineux seraient dues à son passage de plus en plus fréquent derrière le trou noir... Mon idée n'est pas trop farfelue ?

Jean-Jacques Mimart, Internet

S&V Jolie idée ! Nous l'avons soumise à Tabetha Boyajian, l'astrophysicienne qui a découvert l'étoile. Elle ne tient pas pour deux rai-

sons : d'abord, les trous noirs peuvent amplifier (par effet de lentille gravitationnelle) la lumière d'une étoile, mais non l'affaiblir. Surtout, les mesures de vitesses ne montrent aucune trace d'un objet aussi massif qu'un trou noir. "Et dans ce cas, on devrait voir la luminosité de l'étoile changer de manière périodique à chaque fois qu'elle fait un tour autour du trou noir. Or, on n'observe pas de telles variations", ajoute l'astrophysicien Jérémie Leconte, qui a lui aussi étudié votre proposition. Si vous avez d'autres idées, n'hésitez pas !

Et Thomas Pesquet, alors ?

Pas une ligne sur Thomas Pesquet dans S&V. Pourquoi avez-vous snobé cet événement ?

Bruno Sergier, Internet

S&V Nous en avons parlé sur notre site internet. Mais du point de vue scientifique, soyons directs : il n'y avait rien de neuf à raconter. Si l'une de ses 55 expériences avait été exceptionnelle, nous vous l'aurions décrite (comme nous le faisons ce mois-ci avec l'expérience CAL, voir p. 94). Ainsi, l'étude des effets de l'apesanteur n'est qu'une goutte d'eau dans l'océan des travaux menés sur les 228 astronautes qui ont séjourné dans l'ISS depuis 17 ans, dont nous vous avons rendu compte en mai dernier (n°1196).

**SCIENCE &
LA BOUTIQUE**
Livres & cadeaux scientifiques et insolites

Nouvelle boutique en ligne !

+ de
600

- ✓ Livres
- ✓ Objets scientifiques
- ✓ Idées cadeaux

Rendez-vous vite sur : boutique.science-et-vie.com

FORD RANGER

À PARTIR DE

299€
/mois**

LLD 48 MOIS.

1^{er} LOYER DE 3 990 €.

ENTRETIEN ET ASSISTANCE 24/24 INCLUS.

NON ASSUJETTI AU MALUS



N°1 des ventes de pick-up en France*

*Source AAA des immatriculations sur les produits de même segment jusqu'à fin décembre 2016. **Exemple de Location Longue Durée avec prestation « maintenance/assistance » d'un Ford Ranger Double Cabine XL PACK TDCI 160 ch 4x4 Euro 6 Type 05-16 neuf, sur 48 mois et 60 000 km, soit un 1^{er} loyer de 3 990 € et 47 loyers de 299 €/mois. Modèle présenté : Ranger Double Cabine WildTrak 3.2 TDCI 200 ch BVM Stop&Start 4x4 avec options au prix remisé de 37 560 €, soit 1^{er} loyer de 3 990 € et 47 loyers de 418 €/mois. Consommation mixte (l/100 km) : 8,4. CO₂ (g/km) : 221 (données homologuées conformément à la Directive 80/1268/EEC amendée). Loyers exprimés TTC hors malus écologique et carte grise. Restitution du véhicule à la fin du contrat avec paiement des frais de remise en état standard et des kilométrages supplémentaires. Offres non cumulables réservées aux particuliers pour toute commande de ces véhicules neufs, valables du 01/07/17 au 31/08/17, dans le réseau Ford participant en France métropolitaine, selon conditions générales LLD, et sous réserve d'acceptation par Bremany Lease, SAS au capital de 39 650 €, RCS Versailles n°393 319 959, 34 rue de la Croix de Fer, 78100 St-Germain-en-Laye. Société de courtage d'assurances n°ORIAS 08040196 (www.orias.fr).

Ford France, 34, rue de la Croix de Fer - 78122 St-Germain-en-Laye Cedex. SIREN 425 127 362 RCS Versailles.

ford.fr



Forum

Dans les kiosques

LA GASTRONOMIE FRANÇAISE

Portée au plus haut sous le règne de Louis XIV, adaptée par Napoléon, réinventée sous la III^e République, la gastronomie française traverse toute notre histoire.

Les Cahiers de Science & Vie consacrent un dossier complet sur notre art de manger à nul autre pareil.

Les Cahiers de Science & Vie, 5,95 €



LES PLANTES, SECRETS & VERTUS

Avant de mettre des plantes chez vous pour assainir l'air ou de vous soigner avec des gélules de valériane, lisez ce numéro spécial. Vous y découvrirez quelles sont les plantes réellement médicinales, ainsi que les secrets de l'intelligence végétale. Car les plantes ont un cerveau ! De quoi bannir l'expression "bête comme chou".

Science & Vie Questions Réponses, 4,50 €



SPÉCIAL ANIMAUX

Ils sont trente. Trente animaux dont la morphologie ou le comportement déifie la logique... et la théorie de Darwin. Pourquoi le poisson opah est-il le seul à avoir le sang chaud ? Pourquoi le paresseux descend-il laborieusement de son arbre pour déféquer ? Quel peut bien être le secret de l'éternelle jeunesse de l'hydre ? Ou encore, pourquoi le rat-taupe est-il prévenu contre le cancer ? *Science & Vie* a retenu trente animaux qui, à première vue, semblent s'affranchir des lois de l'évolution.

A première vue, seulement...



Science & Vie Hors-série, 5,50 €

SCIENCE & VIE

Une publication du groupe

MONDADORI FRANCE

RÉDACTION

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

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Matthieu Villiers,
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF

Hervé Poirier

RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT

Grégoire Bouillier (chef d'édition)

DIRECTRICE ARTISTIQUE

Yvonne Diraison

CHEFS DE SERVICE

Valérie Greffoz (éditrice en chef déléguée du site internet), Vincent Nouyrigat, Caroline Tourbe (médecine)

CHEFS DE RUBRIQUE

Mathilde Fontez (sciences fondamentales), Muriel Valin (technologies)

RÉDACTEURS

Elsa Abdoun, Thomas Cavallé-Fol, Emilie Rauscher

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucole

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION

Anne Riera, Clara Baudel

MAQUETTISTES

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

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Anne Levy (chef de service photo), Stéphane Aubin, Boris Bellanger (chef de service photo)

DOCUMENTATION

Marième-Anne Guffroy, Frédéric Vladislav

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

S.Aquino, K.Bettayeb, P.-Y.Bocquet, X.Bolinet, B.Bourgeois, S.Brunier, S.Ceugnot, G.Cirade, B.Crépin, A.Dagan, A.Deboise, O.Delmas, G.Depambour, S.Devos, O.Donnars, S.Fay,

F.Gracci, M.Grousson, E.Haentjens, C.Hancok, R.Ikonioff, M.Kontente, A.Legrand, C.Loisseau, M.Mayo, E.Monnier, B.Perrin, N.Picard, A.Pihen, A.Rambaud, B.Rey, M.Saemann, Y.Scialma, M.Spée, E.Therry-Aymé, A.Vernet, J.-B.Veyrieras

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION POLE

Carole Fagot

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ

Vincent Cousin

ABONNEMENTS ET DIFFUSION

DIRECTEUR MARKETING CLIENTS/DIFFUSION

Christophe Ruet

ABONNEMENTS

Catherine Grimaud (directrice marketing direct) Juliette Mesnil (responsable marketing direct)

VENTES AU NUMÉRO

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

BOUTIQUE ET VPC

Sandrine Tiffreau (directrice vente à distance) Arnaud Henaff (responsable marché)

MARKETING/INTERNATIONAL

Giliane Dousl, Mathilde Janier-Bonnichon, Michèle Guillet

PUBLICITÉ

DIRECTEUR EXÉCUTIF

Valérie Camy

CONTACTS PUBLICITÉ

Virginie Commun (50 28), Lionel Dufour (50 19)

PLANNING

Angélique Consoli (53 52), Stéphanie Guillard (53 50)

TRAFIC

Stéphanie Durand (53 12)

OPÉRATIONS SPÉCIALES

Jean-Jacques Benezech (19 83)
Grande-Bretagne : Publieurope LTD
(infodolon@publieurope.com –

44 (0)20 7927 9800);

Allemagne : Publieurope Munich
(infomunich@publieurope.com 0049 89 2908150);

Suisse : Publieurope Lausanne
(infolausanne@publieurope.com 0041 21 323 3110);

Espagne : Publimedia Madrid
(infomadrid@publim-gestion.es 0034 91 212 83 00)

FABRICATION

Daniel Rougier, Agnès Châtele

FINANCE MANAGER

Guillaume Zaneski

ÉDITEUR

MONDADORI MAGAZINES FRANCE

Siège social : 8, rue François-Ory

92543 Montrouge Cedex

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Carmine Perini

ACTIONNAIRE PRINCIPAL

Mondadori France SAS

IMPRIMEUR : ELCOGRAF – ITALIE

N° ISSN : 0036-8 369

N° DE COMMISSION PARITÉE :

1020 K 79977, Tarif d'abonnement légal :

1 an, 12 numéros : 44,80 €

1 an, 12 numéros + 6 HS : 64,80 €

Dépôt légal : août 2017

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par téléphone : 01 46 48 49 96

Par courrier :

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE, CS 90125 - 27091 EVREUX CEDEX 9

Pour vous abonner par internet :

www.kiosquemag.com

Etats-Unis et Canada : Express Mag,

Tél. : 1 800 363-1310 (français)

et 1 877 363-1310 (anglais).

Suisse : Edigroup, 022 860 84 50

mondadori-suisse@edigroup.ch.

Belgique : Edigroup Belgique, 070 233 304

mondadori-belgique@edigroup.be

Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS

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

À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS

Par courrier :

8, rue François-Ory,

92543 Montrouge Cedex

Par mail : sev.lecteurs@mondadori.fr

COMMANDE D'ANCIENS

NUMÉROS, RELIURES

ET VPC

Tel : 01 46 48 48 83

Contact@

laboutiquescienceetvie.com

AFFICHAGE ENVIRONNEMENTAL

Origine du papier : Allemagne.

Taux de fibres recyclées : 0 %.

Certification : PEFC. Impact sur l'eau :

Ptot 0,016 kg/tonne



Arrêt du tabac LA VOLONTÉ PEUT-ELLE TOUT ?

Que penser des substituts nicotiniques ? Ces traitements vont jusqu'à doubler les chances d'arrêt de la cigarette par rapport à la volonté seule. Pourtant leur utilisation soulève encore beaucoup de questions. Tout ce qu'il faut savoir pour se faire un avis.

✓ Arrêter de fumer, est-ce seulement une question de volonté ?

Non ! Car la nicotine active les récepteurs nicotiniques cérébraux et quand ces derniers sont en manque de nicotine, une sensation de manque physique peut se faire sentir : la volonté seule ne peut pas toujours lutter contre cette dépendance physique.



✓ La nicotine est-elle cancérogène ?

La molécule de nicotine en elle-même n'est pas cancérogène, contrairement aux 4000 autres substances contenues dans la cigarette².

✓ Les substituts nicotiniques pourraient-ils me rendre dépendant ?

La nicotine contenue dans les substituts est diffusée de manière lente et régulière, contrairement au shoot nicotinique provoqué par la cigarette. Ce mode de diffusion n'entretient pas la dépendance.



✓ Je peux continuer à fumer en prenant des substituts nicotiniques ?

Il est préférable d'arrêter de fumer définitivement, mais il est possible de réduire sa consommation en alternant les cigarettes avec certaines formes orales de substituts (gommes, comprimés à sucer, inhaleur). Chaque cigarette non fumée compte !

Gommes Patchs Spray Comprimés Inhaleur

Nicorette[®], une large gamme de solutions pour lutter contre le tabagisme.



CA VA MIEUX EN LE DISANT

Les effets de l'arrêt du tabac sont très rapides². 20 minutes après la dernière cigarette, la pression artérielle et les pulsations du cœur redeviennent normales. En 8 heures, la quantité de monoxyde de carbone dans le sang diminue de moitié. Après 10 à 15 ans d'abstinence, l'espérance de vie redevient identique à celle des personnes n'ayant jamais fumé. Bref on aurait raison de s'en priver !

✓ Combien ça coûte ?

L'Assurance Maladie prend en charge les traitements par substituts nicotiniques à hauteur de 150€ par an et par bénéficiaire, prescrits sur une ordonnance consacrée exclusivement à ces produits. Plus d'informations sur : www.ameli.fr

✓ Et si je suis enceinte ?

Un arrêt total de la consommation de tabac est recommandé quand on est enceinte. En cas d'échec, un sevrage tabagique par substituts nicotiniques est possible sous contrôle médical.

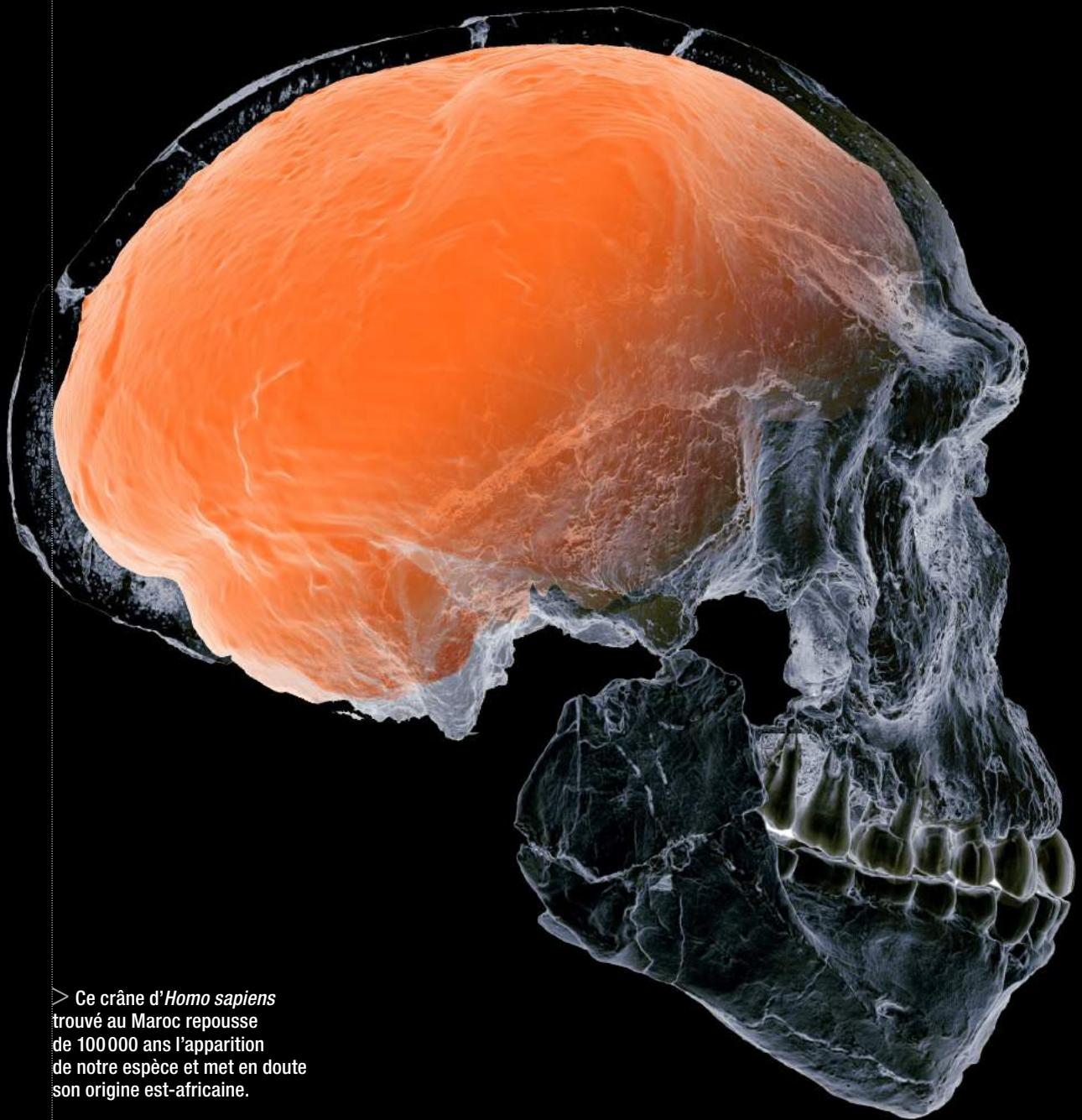
Quel "accro" êtes-vous ?

Evaluez votre niveau de dépendance et faites le test de Fagerström sur nicorette.fr puis découvrez la solution Nicorette[®] qui vous ressemble !

nicotine
nicorette[®]

Médicaments contenant de la nicotine. Patch, gomme et inhaler : pas avant 15 ans. Microtab, comprimés à sucer, NICORETTE SPRAY[®] : pas avant 18 ans. Utiliser pour aider les fumeurs à arrêter de fumer. L'arrêt définitif de la consommation de tabac est préférable. Contient de l'alcool (NICORETTE SPRAY[®]). Demandez conseil à votre pharmacien. En cas de difficulté, consulter votre médecin. Lire attentivement la notice. M17NI076APC 17/03/6 954 655 3/GP/003 · JJSBF SAS au capital de 153.285.948 € - RCS Nanterre : 479 824 724-1, rue Camille Desmoulins - 92130 Issy-les-Moulineaux - Locataire Gérant de Vania Expansion SAS.

actus



> Ce crâne d'*Homo sapiens* trouvé au Maroc repousse de 100 000 ans l'apparition de notre espèce et met en doute son origine est-africaine.



PALÉOANTHROPOLOGIE

UN FOSSILE D'*HOMO SAPIENS* RÉÉCRIT NOTRE HISTOIRE

Coup de tonnerre dans le milieu de la paléoanthropologie. Des fouilles menées depuis 2004 au Maroc ont livré de nouveaux fossiles attribués à notre espèce. Et, surprise, ils seraient vieux de 300 000 ans. *Homo sapiens* ne serait donc pas né en Afrique de l'Est il y a 200 000 ans, comme pensé précédemment : il aurait au moins

100 000 ans de plus et serait... maghrébin ! "L'*histoire de nos origines doit être réécrite*", s'amuse Jean-Jacques Hublin, professeur à l'institut Max-Planck de Leipzig, en Allemagne.

Le paléoanthropologue et son équipe décrivent ces premiers représentants de notre espèce : "Leur face est très proche de la nôtre. A ceci près qu'ils n'ont pas

encore de vrai menton et que leur boîte crânienne est plus archaïque. Au sein de notre espèce, la figure est donc devenue moderne très vite tandis que la forme du crâne a continué à évoluer."

L'Eden de Sapiens est-il vraiment au Maghreb ? "Ce serait trop facile, répond le chercheur. Plusieurs populations ont dû évoluer, parfois de façon isolée, parfois

en échangeant gènes et caractères, jusqu'à donner naissance à l'humain anatomiquement moderne."

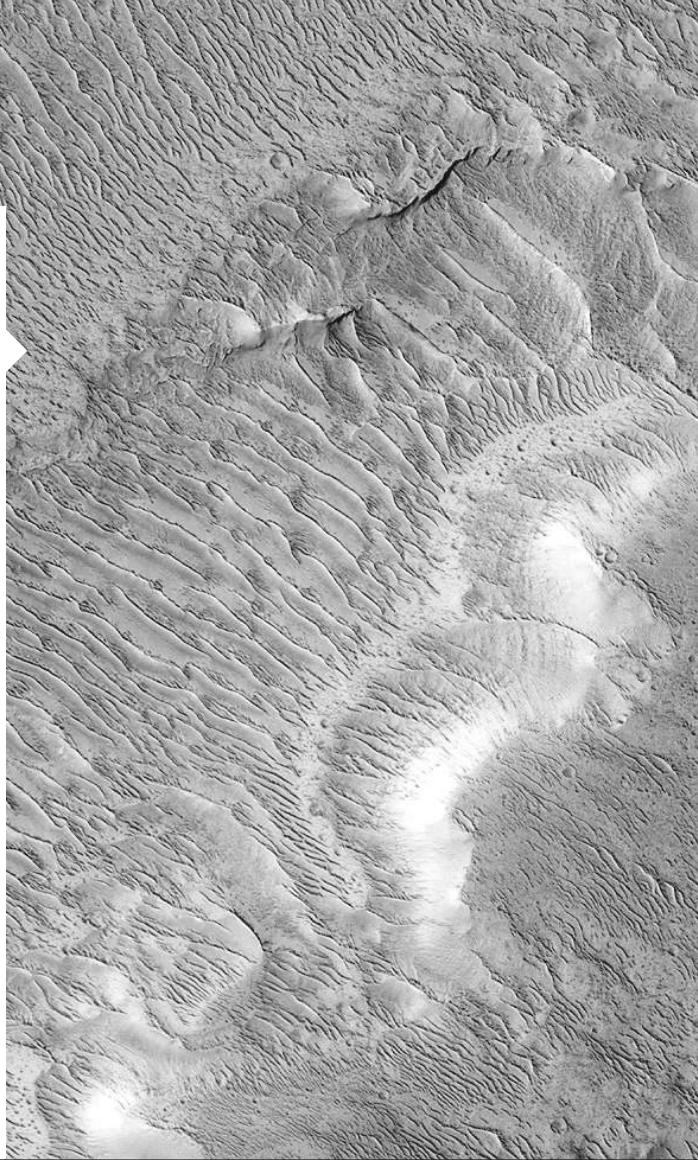
L'*Homo sapiens* archaïque aurait exploré de long en large l'Afrique qui abritait alors un véritable panel de l'évolution : *Homo naledi* par exemple, espèce aux caractères bien plus primitifs, vivait encore à cette époque en Afrique du Sud. T.C.-F.

ASTRONOMIE

MARS A CONNU DES PÉRIODES DE FORTES PLUIES

Une surface désertique sous un ciel toujours dégagé... difficile d'imaginer qu'il a plu à seaux sur Mars par le passé. Et pourtant : des averses ont détrempé le sol, avec des gouttes atteignant 7,3 millimètres de diamètre – un millimètre de plus que la moyenne des gouttes terrestres. Pour le découvrir, Robert Craddock, de la Smithsonian Institution, à Washington DC, a appliqué un modèle climatique terrestre à la planète rouge. A mesure que l'atmosphère martienne s'échappait dans l'espace, la nature des précipitations changeait. Au début, ses 4 bars de pression ne lais-

saient pas les gouttes grossir au-delà de 3 millimètres et former autre chose que du brouillard. Puis, il y a 3,5 milliards d'années, la pression est descendue à 2 bars. Des gouttes ont commencé à pleuvoir, et ont grossi au cours des 500 millions d'années suivantes, frappant le sol de plus en plus fort. *“Ce sont ces marques d'érosion que l'on observe aujourd'hui”*, constate Robert Craddock, selon qui tout se serait arrêté il y a 3 milliards d'années. La pression a chuté au-dessous de 0,5 bar, les dernières gouttes sont tombées et, depuis, le beau temps n'a jamais cessé. **B.R.**



✓ Ce sont les contrastes de brillance qui lui servent de repères.

COGNITION ANIMALE

La Voie lactée sert de guide au

Quand le bousier d'Afrique du Sud traîne sa précieuse boulette d'excrément, il ne doit surtout pas retourner accidentellement à son point de départ, où ses congénères pourraient la lui piquer. Il trace donc une ligne droite en s'orientant par rapport... à la Voie lactée !

Plus précisément : aux différentes parties plus ou moins brillantes de la galaxie ! Une sensibilité oculaire hors du commun, qu'a mise en évidence James Foster, de l'université de Lund en Suède. Il a reproduit un modèle réduit de Voie lactée à partir de LED.

« Durant 500 millions d'années, les précipitations ont érodé la surface martienne. »

scarabée

Lorsqu'elles brillaient toutes avec la même intensité, les scarabées étaient désorientés. Mais quand des différences de contraste étaient introduites, ne serait-ce que de 13 %, la symétrie de la traînée lumineuse était rompue, et les insectes reprenaient leur chemin en ligne droite. **B.R.**

UN POISSON MÂLE CRÉE SON DOUBLE GÉNÉTIQUE

Un *Squalius alburnoides* est né sans l'ADN de sa mère. Une telle androgénèse avait déjà été produite par manipulation génétique, mais c'est la première fois qu'elle est observée naturellement chez un vertébré. **X.B.**

DEUX LUNES CAPTURÉES PAR JUPITER

Un astronome a observé deux nouvelles lunes de Jupiter, portant ainsi leur nombre à 69. Leur orbite lointaine et leur sens de rotation opposé à celui de la planète suggèrent qu'elles se sont formées loin de la géante, qui les a par la suite capturées. **G.D.**

UNE LIBELLULE FAIT LA MORTE POUR ÉVITER DE COPULER

Après avoir pondus ses œufs, la femelle *Aeshna juncea* simule une chute mortelle. Un nouvel accouplement serait inutile pour fertiliser ses œufs, et la copulation est risquée pour elle. **X.B.**

PALÉONTOLOGIE

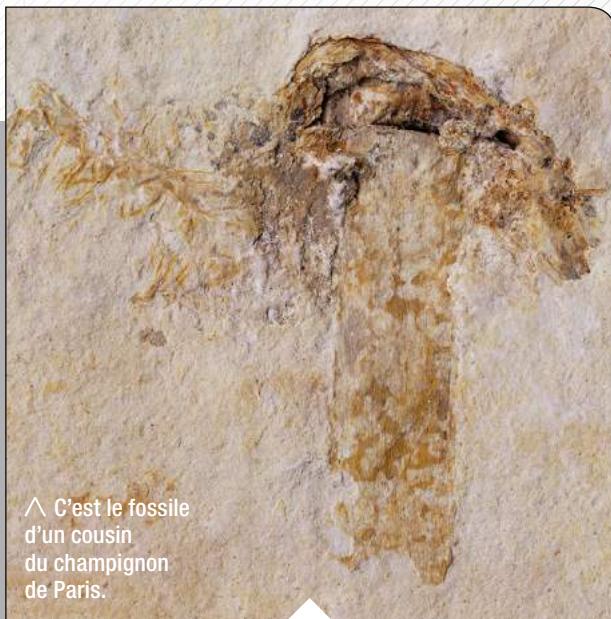
Un poussin préhistorique a été retrouvé dans l'ambre

Les marchés à l'ambre du nord de la Birmanie recèlent décidément de richesses infinies pour les paléontologues : après y avoir découvert la queue d'un dinosaure pourvu de plumes (voir S&V n° 1193, p. 16), l'équipe de Ryan McKellar (université de Regina, Canada) a cette fois mis au jour les restes fossilisés d'un poussin vieux de 99 millions d'années. Dans un morceau d'ambre de 9 cm de long, ont ainsi été conservés la tête, le cou, l'aile droite et la patte droite d'un jeune énantiornithine, une sous-classe d'oiseaux contemporains des dinosaures. « Il s'agit du spécimen le plus complet jamais retrouvé dans de l'ambre et il fournit des détails auxquels nous avons rarement accès, comme les plumes. On peut voir que celles de l'aile sont très semblables aux plumes des oiseaux modernes, tandis que celles de la patte ressemblent plus aux protoplumes dont étaient pourvus certains dinosaures », explique Ryan McKellar. Autres caractères ancestraux hérités des dinosaures et visibles sur ce poussin : une dent et une griffe au bout de son aile.

C.H.



« Les plumes de ses pattes sont similaires à celles de certains dinosaures. »



▲ C'est le fossile d'un cousin du champignon de Paris.

PALÉOBOTANIQUE

LE PLUS VIEUX CHAMPIGNON A ÉTÉ DÉCOUVERT

Ce champignon a poussé au temps des dinosaures il y a 115 millions d'années, là où se trouve actuellement le Brésil. Ce petit spécimen de 4,1 cm de haut, doté d'un chapeau d'environ 3 cm de diamètre, a été baptisé *Gondwanagaricites magnificus*, du nom du supercontinent Gondwana sur lequel il se trouvait.

Si les fossiles de cette époque sont monnaie courante, il est beaucoup plus rare de découvrir un fossile de champignon, du fait de sa durée de vie très courte et de sa dégradation rapide. C'est même l'unique fossile de champignon connu préservé dans une forma-

tion calcaire stratifiée (les autres étaient fossilisés dans l'ambre).

“Il poussait probablement au bord d'une rivière et a dû être emporté jusqu'à un lagon aux eaux très salées. Là, il a coulé à pic et a été enseveli sous les sédiments où il s'est fossilisé”, suggère Sam Heads (université de l'Illinois, Etats-Unis), qui a participé à l'étude, pour expliquer son état de conservation exceptionnel.

Ses dimensions, son chapeau, ses lamelles et l'absence de voile autour des spores le rattachent à l'ordre des agaricales, comme le champignon de Paris *Agaricus bisporus*. E.H.

NEUROLOGIE

Il suffit de 200 neurones pour coder le visage

L'identification des visages solliciterait à peine plus de 200 neurones du cortex temporal inférieur. Des chercheurs américains l'ont montré sur des macaques, mais cela s'appliquerait aussi à l'humain: chaque neurone ne “voit” qu'une ligne traversant le visage et émet un train d'influx en fonction de la distance séparant des points de contrastes. Le visage se trouve alors encodé par l'ensemble de ces signaux, que le cerveau compare ensuite aux autres visages mémorisés. R.I.



> Ces œufs reflètent l'aérodynamisme de la mouette.

PHYSIOLOGIE ANIMALE

Le vol de l'oiseau donne leur forme à ses œufs

Bien ronds chez les chouettes, joliment oblongs chez les oies sauvages. Les œufs d'oiseau présentent une variété de formes incomparable. *“Une telle diversité était un vrai mystère”*, confie Mary C. Stoddard, de l'université de Princeton. Pour le percer, elle et ses collègues ont étudié 50 000 œufs issus de 1 400 espèces. Le résultat est étonnant: *“La forme des œufs a évolué selon les aptitudes de vol des espèces, explique-t-elle. Plus les ailes et l'abdomen de l'oiseau sont affûtés pour favoriser l'aérodynamisme, plus les organes sont comprimés, et plus les œufs sont allongés et pointus.”* Et vice-versa. Une découverte en forme d'œuf de Colomb. J.-B.V.



BRIGHTON SEAFRONT



OFFENBURG AM MESSEPLATZ



SAO PAULO PAULISTA



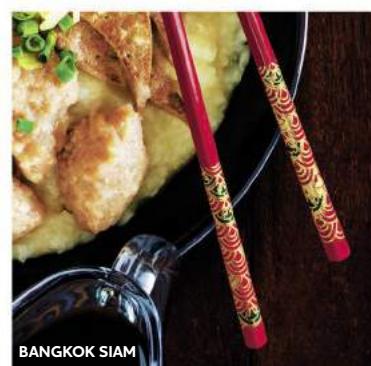
KANGAROO ISLAND LODGE



PARIS LA VILLETTÉ



MANCHESTER PICCADILLY



BANGKOK SIAM

PETIT-DÉJEUNEZ EN VERSION ORIGINALE.

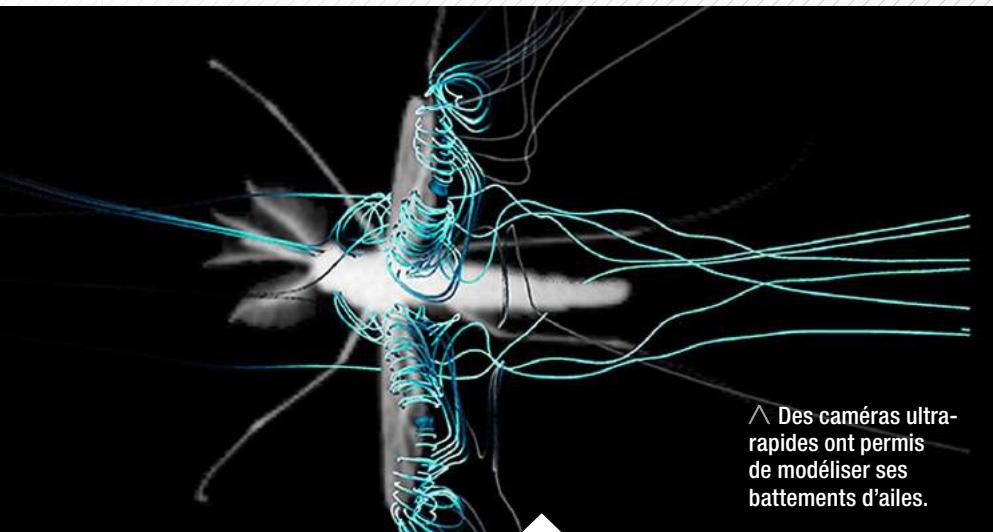
Frühstück, Breakfast, Sarapan... Comment s'appelle votre petit-déjeuner aujourd'hui ? Croissant au beurre ou poisson fumé, café colombien ou soupe miso : tous les matins du monde ne se ressemblent pas. Alors chacun de nos hôtels vous réveille à sa façon, pour dépayser vos papilles et faire du petit-déjeuner un vrai moment de voyage.

Mercure
HOTELS
VOYAGEZ PLUS VRAI

JUSQU'À **-10 %*** SUPPLÉMENTAIRES EN RÉSERVANT VOTRE CHAMBRE SUR MERCURE.COM OU ACCORHOTELS.COM

*Offre réservée aux membres "Le Club AccorHotels". La réduction s'applique, sous réserve de disponibilité, sur le tarif public. Voir conditions et liste des hôtels participants sur mercure.com.

Pour votre santé, mangez au moins cinq fruits et légumes par jour - www.mangerbouger.fr



PHYSIOLOGIE ANIMALE

Le flamant rose livre son secret

Si le flamant rose préfère rester sur une patte plutôt que sur deux, c'est parce que cette position ne solliciterait aucun muscle chez lui. Des physiciens américains ont analysé l'équilibre de huit jeunes oiseaux sur une patte grâce à une plateforme de force, puis en faisant tenir debout un cadavre sur une jambe. Les caractéristiques anatomiques du genou et de la hanche donneraient aux oiseaux un point d'équilibre sur une patte, leur permettant de se reposer dans cette position.

M.S.



BIOMÉCANIQUE

LE VOL DU MOUSTIQUE EST UNIQUE EN SON GENRE

“C'est du jamais-vu”, observe Sébastien Grondel, mécatronicien à l'université de Valenciennes. D'ordinaire, pour avancer, l'insecte volant “pagaille” dans son micromonde visqueux, misant sur les translations d'ailes pour générer l'aspiration nécessaire au vol. Le moustique, lui, réduit la durée de ces phases au profit d'un plus

grand nombre de rotations. Mieux, deux mécanismes de portance supplémentaires sont dévoilés par les caméras ultrarapides d'une équipe de biomécaniciens britanniques et japonais : d'abord, les flux d'air créés par les translations, puis la résistance de l'air engendrée par la rotation elle-même. *“Reste à élucider de quelle façon*

les moustiques contrôlent ce battement d'ailes, bien trop rapide pour être induit par le cerveau...”, souligne le chercheur. Car lorsque la mouche effectue 200 vibrations par seconde à 140° d'amplitude, le moustique atteint les 800 à seulement 44° ! Une vitesse inégalée qui explique par ailleurs le son aigu si caractéristique de son vol.

A.P.

BONIPHRE/INAKATA/PHILLIPS/WALKER - C. THOUVENIN/BIOSPHOTO

ASTRONOMIE

L'exoplanète gazeuse Kelt-9b mijote en permanence à 4 300 degrés

4300°C ! C'est la température de Kelt-9b, une exoplanète gazeuse de 2,9 fois la masse de Jupiter, récemment découverte par Scott Gaudi, de l'université de l'Ohio. C'est l'exoplanète la plus chaude connue à ce jour. Elle est même plus chaude que 80 % des étoiles de notre galaxie ! Cette planète infernale orbite très près de son étoile, une géante bleue de 10 000°C, à qui elle montre toujours la même face. Son côté jour est continuellement irradié par une pluie d'ultraviolets qui la porte à incandescence, et qui souffle dans l'espace son gaz, qu'elle aura intégralement perdu dans 600 millions d'années.

B.R.

LA SOLUTION connectée POUR SÉCURISER VOS TRAJETS

MICHELIN Safe & Drive réalise une petite révolution technologique et réinvente votre sécurité de conduite. Adoptez dès maintenant ce **système d'alerte automatique des secours**.

L'ALGORITHME DE VOTRE SÉRÉNITÉ

Avec son **capteur d'accélération 3D** et son **algorithme dédié**, le boîtier MICHELIN Safe & Drive détecte les collisions et les freinages d'urgence. Connecté à votre smartphone, le système contacte alors une **plateforme accessible 24h/24, 7j/7**. Les opérateurs vous appellent et déterminent avec vous le type de secours requis. Si vous n'êtes pas joignable, **ils vous géolocalisent et envoient les secours**.

Grâce à cette solution embarquée accessible à tous, votre voiture n'a plus rien à envier aux véhicules haut de gamme et à leur bouton d'urgence ! Découvrez tous les revendeurs sur www.michelin.fr

MICHELIN

SAFE&DRIVE



L'INNOVATION MISE EN ÉQUATION

- + Le boîtier MICHELIN Safe & Drive se branche sur **votre allume-cigare**.
- + Il s'adapte à **tout véhicule, quelle que soit sa marque**.
- + L'application mobile fonctionne sur **Apple et Android**.
- + La connexion se fait simplement par **Bluetooth**.
- + Les conseillers vous informent sur vos trajets : **stations-service, parkings, restaurants...**
- + Une fonctionnalité pratique **localise l'endroit où vous avez garé votre véhicule**.





▲ La nébuleuse du Boomerang a livré son secret.

ASTRONOMIE

IL EXISTE UNE NÉBULEUSE PROCHE DU ZÉRO ABSOLU

Voici l'endroit le plus froid du cosmos : la nébuleuse du Boomerang, à moins de 0,5 degré au-dessus du zéro absolu. En l'observant avec l'interféromètre Alma, Wouter Vlemmings, de l'université de Chalmers en Suède, a compris pourquoi : elle résulterait de la fusion de deux étoiles il y a 3 500 ans. L'une d'elles était une géante rouge dont

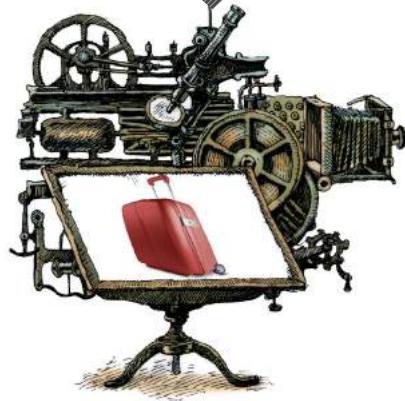
l'enveloppe gazeuse était en train de gonfler. Elle aurait piégé la seconde étoile, plus petite, qui aurait orbité dans ses entrailles en spirant progressivement vers le centre. Au passage, elle aurait expulsé à tout vent le gaz rencontré sur sa route à 150 km/s, une vitesse telle que la dépression brutale subie par le gaz aurait fait chuter sa température. **B.R.**

9 ans

C'est la période d'allaitement record, mesurée chez les orangs-outans. Les chercheurs ont cartographié le baryum – élément du lait maternel – déposé dans leur émail dentaire. Après 12-18 mois, quand les fruits sont ajoutés à l'alimentation, le baryum diminue, puis fluctue en fonction de la disponibilité alimentaire saisonnière. Maman est donc là en renfort si besoin.

M.S.

Drôle de science



Le tangage de la valise à roulettes a été modélisé

Un accroc sur le sol, un virage trop sec, et voilà notre bagage qui tangue et menace de tomber. Qui n'a pas déjà subi les balancements de sa valise ? De jeunes physiciens français ont pris la valise par les cornes. « C'était au départ un sujet amusant pour mes étudiants, mais cela est apparu bien plus complexe que je ne l'imaginais. On a dû s'y atteler plus sérieusement », évoque Sylvain Courrech du Pont, de l'université Paris-Diderot.

Une petite croix d'aluminium lestée de deux masses roule sur un tapis roulant : et voilà un avatar de valise pour étudier en laboratoire le mystère du “roulis hollandais” – un clin d'œil à l'ivresse titubante des marins d'Amsterdam. Pour mettre en équation le mouvement de notre valise ivre, il a fallu la projeter dans l'espace mathématique des “angles de Tait-Bryan”, du “nombre de Froude”, des “diagrammes de bifurcations” et la remplir d'une bonne dose de trigonométrie. Puis le tout a été chargé dans des ordinateurs.

Théorie et expérience concordent pour vous offrir ce conseil : la prochaine fois que votre valise titube, accélérez ! C'est la seule manière de contenir ses embardées.

J.-B.V.



AVVENTUREZ-VOUS.

THE NEW MINI COUNTRYMAN.

Le crossover MINI s'aventure sur tous les terrains grâce à sa technologie 4 roues motrices ALL4. Son espace intérieur et son coffre modulables s'adaptent à vos escapades entre amis, tout en assurant confort et accès aux technologies embarquées.



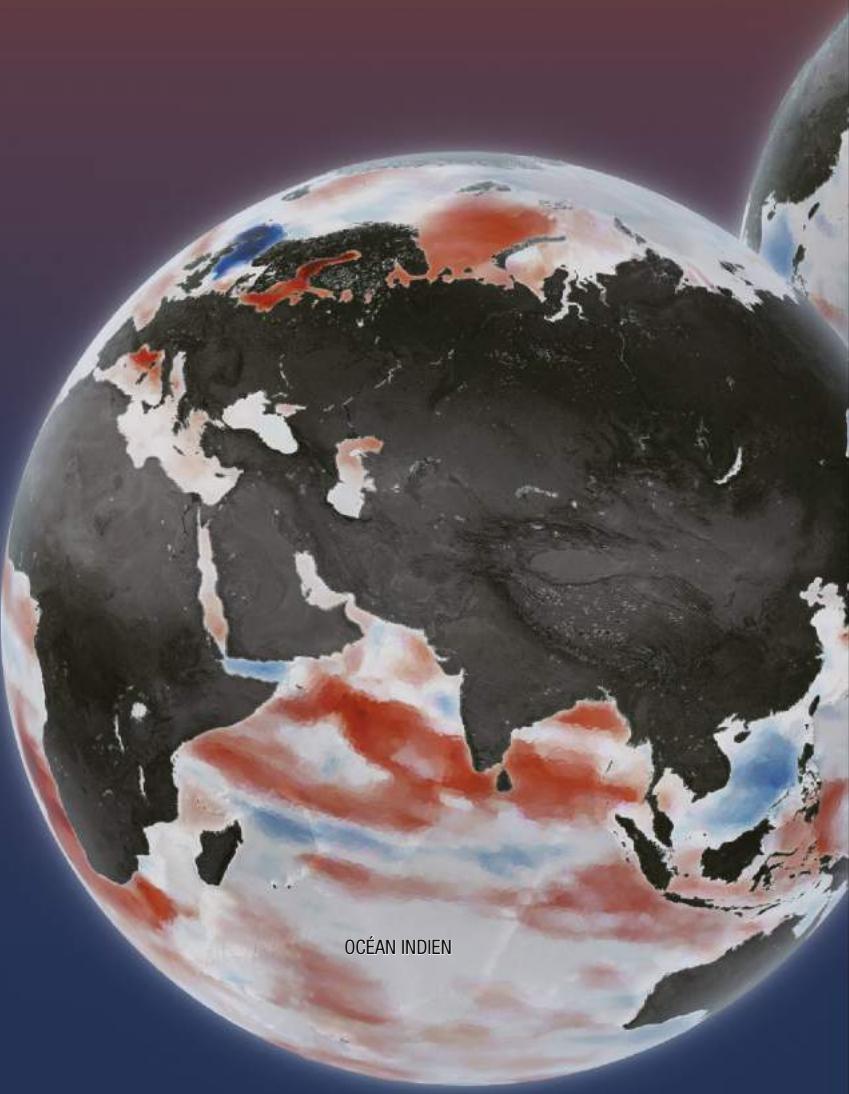
Consommations et émissions de CO₂ du MINI Countryman en cycle mixte selon la norme européenne NEDC : de 4,3 à 7,1 l/100 km et de 113 à 162 g/km. BMW France, S.A. au capital de 2 805 000 € - 722 000 965 RCS Versailles - 3 avenue Ampère, 78180 Montigny-le-Bretonneux. The New = Nouveau.

OCÉANOGRAPHIE

LA RARÉFACTION EN OXYGÈNE DES OCEANS A ENFIN ÉTÉ MESURÉE

C'est une loi de la physique: une eau plus chaude contient moins de gaz dissout. En conséquence, le réchauffement qu'a connu la planète depuis les années 1950 devrait se traduire par moins d'oxygène dans les océans. Encore fallait-il le mesurer – c'est ce qu'a fait l'équipe dirigée par le Japonais Takamitsu Ito, qui a compilé toutes les données d'oxygénation de l'océan mesurées par des croisières scientifiques depuis 1950 pour aboutir à la première cartographie mondiale de la raréfaction de l'oxygène. *“Selon nos calculs, le premier kilomètre de l'océan (nous n'avons pas étudié les couches profondes) a perdu 2 % de son oxygène environ. Mais cette perte n'est pas uniforme, précise le chercheur. Parce que le réchauffement ne l'a pas été, mais aussi à cause d'autres facteurs que nous évaluons encore.”* Les courants marins jouent un rôle, de même que les rejets de fertilisants, variables selon les régions, qui provoquent des phénomènes de désoxygénéation. Quels sont les risques pour les écosystèmes? *“Ce n'est pas une baisse massive, estime Takamitsu Ito. Les organismes ne vont pas étouffer, et dans beaucoup de zones riches en oxygène cela ne fera guère de différence. Mais il y a des zones naturellement pauvres en oxygène, comme la côte californienne, où la baisse pourrait être problématique pour le vivant.”*

Y.S.

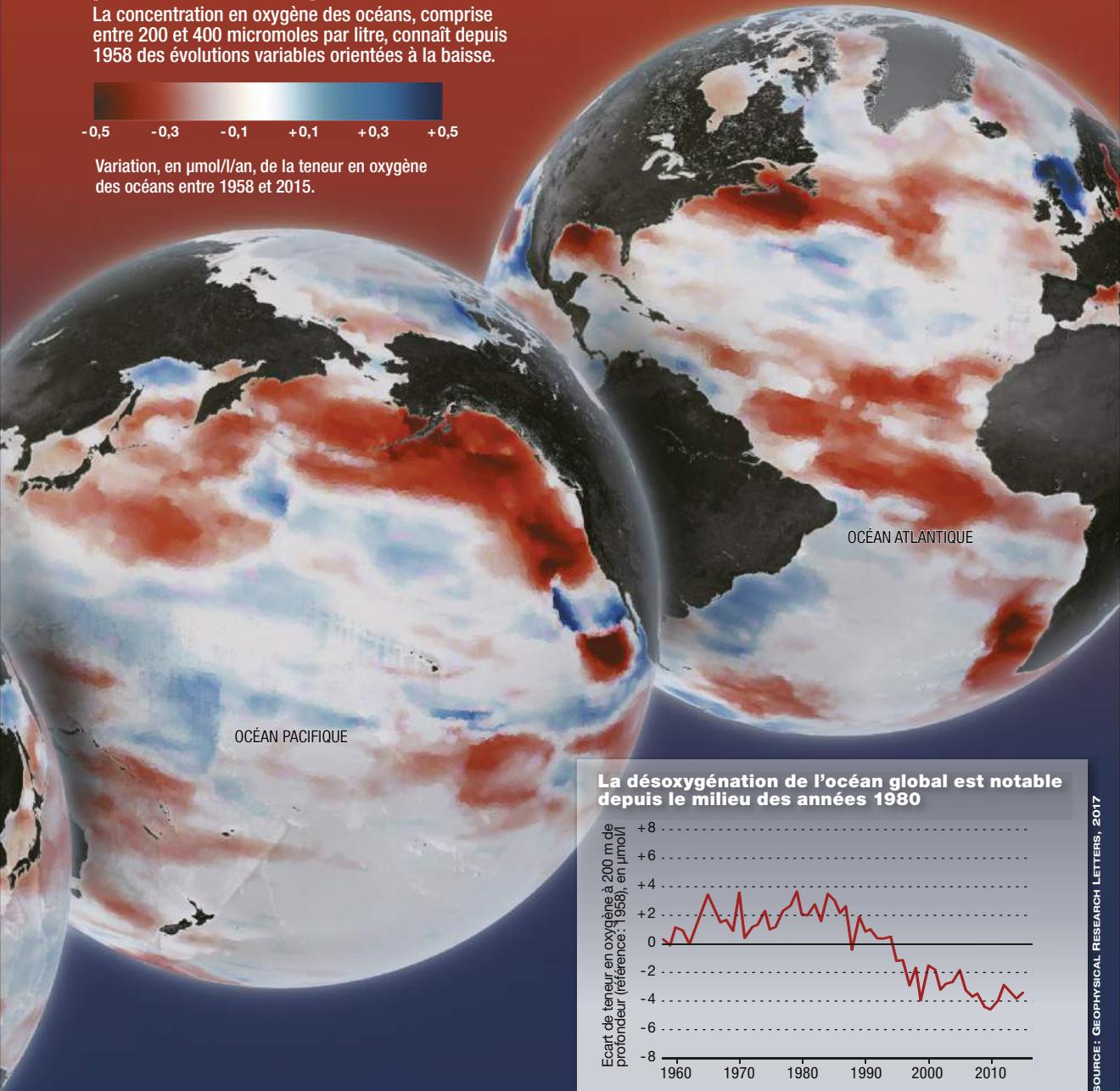


Le Pacifique Nord et le golfe d'Alaska parmi les zones les plus touchées

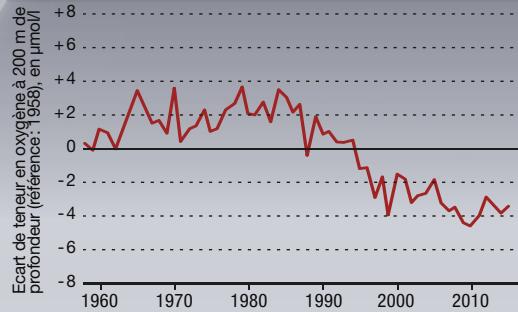
La concentration en oxygène des océans, comprise entre 200 et 400 micromoles par litre, connaît depuis 1958 des évolutions variables orientées à la baisse.



Variation, en $\mu\text{mol/l/}\text{an}$, de la teneur en oxygène des océans entre 1958 et 2015.



La désoxygénation de l'océan global est notable depuis le milieu des années 1980



SOURCE : GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, 2017

9 milliards

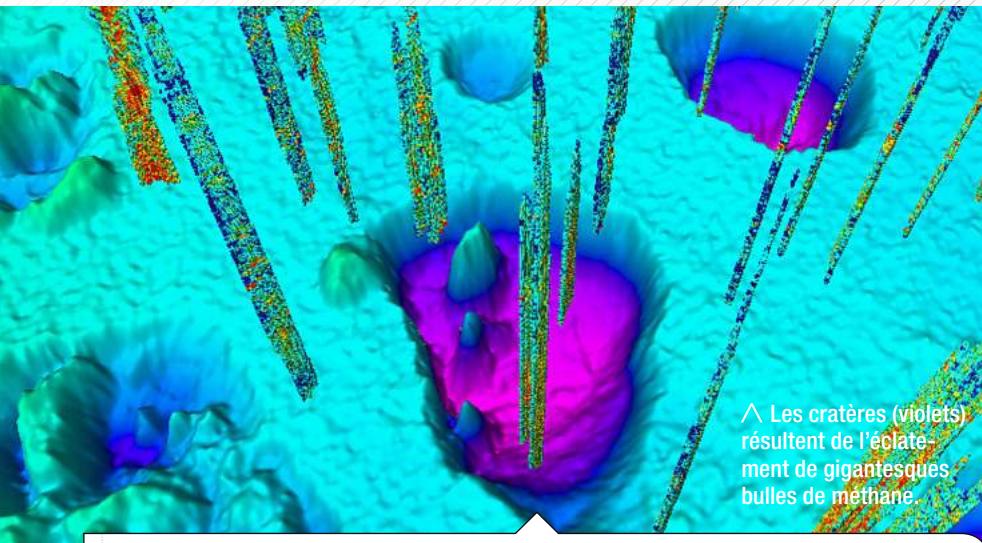
C'est, en tonnes, la quantité d'oxygène perdue par les océans chaque décennie depuis les années 1950.

90 %

du réchauffement anthropique (dû à l'activité humaine) est absorbé par les océans.

0,65 °C

C'est la hausse des températures enregistrée dans la couche superficielle des océans depuis 1950.



GÉOLOGIE

LE FOND MARIN ARCTIQUE EST TAPISSE DE CRATÈRES GÉANTS

Au large de l'archipel arctique du Spitzberg, une équipe norvégienne a découvert, sous 300 mètres d'eau, des centaines de cratères jonchant le fond marin, dont certains atteignent 1 kilomètre de diamètre.

Les cratères se sont formés il y a environ 12 000 ans, lorsque les immenses calottes glaciaires qui recouvriraient alors ces régions,

jusqu'au plancher océanique, ont fondu. Le méthane, issu de gisements d'hydrocarbures profonds, s'était accumulé, formant d'immenses "bulles" bloquées juste sous le fond par le poids de la glace, qui ont fini par éclater. *"Ces observations ont été rendues possibles par les progrès de l'imagerie multifaisceaux, qui permettent même de*

voir les colonnes de bulles de méthane", éclaire Karin Andreassen, une des auteures de la découverte.

Une question reste posée : le méthane a-t-il gagné l'atmosphère, ou s'est-il dissous avant d'atteindre la surface ? Des dégagements analogues pourraient accompagner la fonte des glaces groenlandaises ou antarctiques. Y.S.

ÉCOLOGIE

Les clôtures arrêtent la faune, pas les hommes

Les clôtures et murs frontaliers ont un vrai impact écologique sur la faune. C'est ce que souligne John Linnell, de l'Institut norvégien pour la recherche sur la nature, qui vient de recenser les travaux scientifiques sur le sujet : *"De nombreux animaux parcourent des distances considérables pour accéder à des ressources en eau ou en nourriture, ou pour fuir des conditions défavorables. Confrontées à des clôtures infranchissables, ces espèces peuvent connaître des déclins massifs."*

En revanche, des caméras le long de la frontière américano-mexicaine ont

révélé que ces clôtures empêchent peu les franchissements humains. Y.S.

A PLAZA FAVEROLA/CAGE - EL PINACATE/GREAT ALTAR DESERT BIOSPHERE RESERVE/AFP

GÉOMAGNETISME

Nos émissions radio nous protègent des particules spatiales

Oui, les activités humaines peuvent avoir des effets bénéfiques ! Deux satellites de la Nasa ont ainsi repéré, vers 18 000 km d'altitude, une sorte de bulle de protection anti-radiations qui a toutes les chances d'être... artificielle. L'explication ? Les ondes radio très basse fréquence émises par les militaires pour communiquer avec leurs sous-marins auraient pour vertu de repousser les particules de haute énergie susceptibles de provoquer des dégâts sur nos satellites, comme l'interruption de courant sur de vastes réseaux électriques. V.N.

➤ Ce lièvre vit entre les États-Unis et le Mexique. Tant qu'il n'y a pas de mur...





- Mix énergétique à 97 % sans émission de CO₂*

 Nucléaire

 Énergies renouvelables

 Thermique



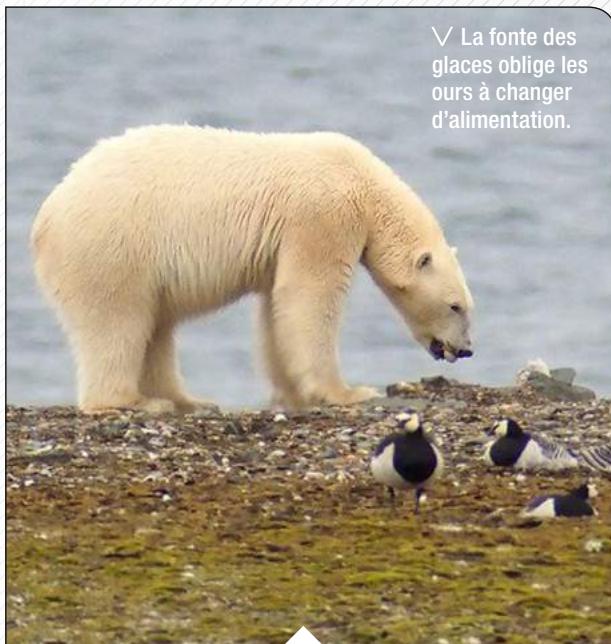
IL FAUT TOUT UN MIX POUR TERMINER VOTRE JEU PRÉFÉRÉ

Avec EDF, votre console de jeu fonctionne à 97 % sans émission de CO₂*, principalement grâce à une production qui mixe énergies nucléaire et renouvelables.

edf.fr/mix-energetique

* En 2016, le mix énergétique d'EDF SA était composé à 87 % de nucléaire, 10 % d'énergies renouvelables, 2 % de gaz et 1 % de charbon. Il est à 97 % sans émission de CO₂ (émissions hors cycle de vie (ACV) des moyens de production et des combustibles en France). Indicateurs de performance financière et extra-financière 2016.

L'énergie est notre avenir, économisons-la !



✓ La fonte des glaces oblige les ours à changer d'alimentation.

ÉCOSSYSTÈME

L'OURS BLANC SE MET À PILLER LES NIDS D'OISEAUX

Sous l'effet du réchauffement arctique, les ours blancs semblent se détourner des phoques annelés, qui constituent la base de leur alimentation. Leur nouvelle cible: les colonies côtières d'oiseaux, dont ils se mettent à dévorer les œufs et les poussins.

Le phénomène a été mis en évidence par une équipe norvégienne qui a suivi une soixantaine de spécimens dans l'archipel du Spitzberg avant et après 2006, année marquée par une disparition brutale de la glace de mer. Les chercheurs constatent que depuis cette date, les plantigrades délaisse les

embouchures des fjords, où l'absence de glace fait qu'ils ne parviennent plus à attraper les phoques, pour d'autres sites où ils pillent les nids des colonies d'oies et de canards.

“Il n'y a pas encore de preuves scientifiques que ce transfert alimentaire nuise aux ours blancs, précise Karin Andreassen, principale auteure de ce travail, mais son impact sur les oiseaux pourrait être sérieux. En effet, la plupart de ces volatiles sont des migrateurs. Leur raréfaction aurait donc des conséquences sur d'autres écosystèmes, parfois lointains.”

Y.S.

LE PLOMB POLLUE L'ATMOSPHÈRE DEPUIS 2000 ANS
L'analyse d'une carotte de glace a montré que les activités humaines polluent l'atmosphère au plomb depuis plus de 2000 ans ! Le niveau naturel du plomb atmosphérique est en fait pratiquement nul, contrairement à ce qu'affirment les industriels. v.n.

UN RIZ MODIFIÉ POUR MIEUX SE DÉFENDRE
En manipulant le gène *NPR1* du riz, des chercheurs ont permis de booster son système immunitaire. Résultat, cette variété OGM parvient à se protéger seule des pathogènes. x.b.

LA MOUSSON VECTEUR DE PARTICULES
Les mouvements ascendants de la mousson asiatique propulsent massivement les particules industrielles vers la stratosphère de tout l'hémisphère Nord. Une contribution équivalente à l'ensemble des éruptions volcaniques récentes ! x.b.

MICROBIOLOGIE

Les algues sont cruciales pour la vie... des sols

Les algues unicellulaires, capables de se développer dans de minuscules volumes d'eau, seraient un élément clé de l'écosystème... des sols.

“Notre étude suggère que l'alimentation des microbes prédateurs du sol (par exemple les amibes) repose en bonne partie sur les algues, indique Edward Mitchell, de l'université de Neuchâtel (Suisse). Nous nous en sommes aperçus grâce à la technique du séquençage de masse, indique l'un des auteurs, qui permet d'étudier toutes les espèces présentes, pas seulement celles que l'on peut voir ou élever.” Cette contribution écologique des algues ouvre d'importantes voies de recherche sur la fertilité et la croissance des cultures. y.s.

✓ Étonnamment, les microalgues pullulent dans les prairies ou les cultures.



Où lirez-vous la presse quand les tablettes auront disparu ?



ACPM pour ACPM - R.C.S. Paris B 378 899 363 • *Source: ACPM ONE Global 2016 V4

Sur papier, certainement, et sur d'autres supports qui n'existent pas encore.

La presse a déjà beaucoup changé. C'est même le média qui a le plus évolué.

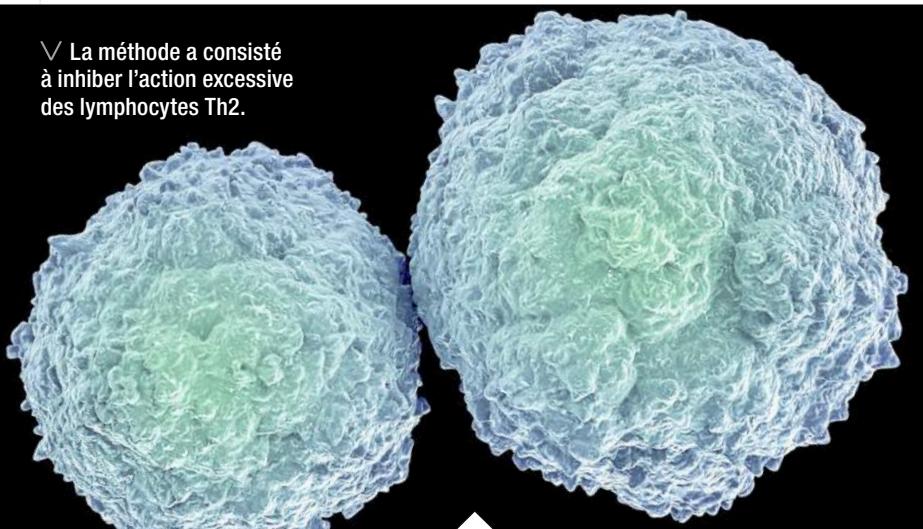
Aujourd'hui, 98 % des Français nous lisent chaque mois, sur papier, ordinateur, tablette ou smartphone.*

Demain, pour vous accompagner, nous évoluerons encore. Mais ce qui ne changera pas, c'est la qualité du travail de nos journalistes. C'est et cela restera notre cœur de métier. Et nous trouverons toujours le moyen de vous rendre accessible une information de qualité qui vous procure du plaisir.

Notre évolution ne se fera pas sans votre avis, exprimez-le sur demainlapresse.com

#DemainLaPresse
avec
DEMAINLAPRESSE.COM

✓ La méthode a consisté à inhiber l'action excessive des lymphocytes Th2.



ALLERGOLOGIE

UNE PISTE MOLÉCULAIRE S'OUVRE CONTRE L'ALLERGIE

Face à certaines molécules (pollens, allergènes alimentaires), les lymphocytes Th2, cellules de notre système immunitaire, ont une réaction excessive, faisant sécrétter des molécules inflammatoires et des anticorps, couler le nez, apparaître des plaques sur la peau... C'est l'allergie!

La plupart des traitements se concentrent sur ces symptômes. L'équipe de

Raymond Steptoe (université du Queensland, Australie) s'est attaquée directement aux lymphocytes Th2. Les chercheurs ont réinjecté dans la moelle osseuse de souris des cellules souches génétiquement modifiées pour exprimer une molécule allergène. Certaines se sont différenciées en cellules dendritiques, qui activent les lymphocytes Th2.

Mais, exprimant la molécule allergène, elles ont fait le contraire : "Quand les lymphocytes rencontraient les cellules dendritiques, soit ils mouraient, soit ils étaient inactivés", indique Raymond Steptoe. Et qui dit absence de Th2 dit absence de réaction allergique ! Du moins chez les souris de laboratoire, les seules à avoir été testées. C.H.

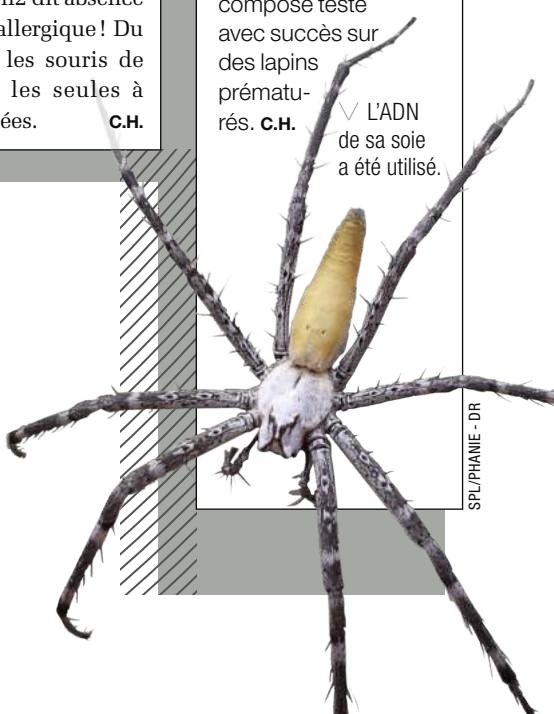
NÉONATALOGIE

La soie de l'araignée peut aider les prématurés

Pour le bon fonctionnement des poumons des bébés prématurés, les médecins leur donnent des composés naturels, les surfactants, extraits de poumons de porcs ou de bœufs. Mais l'extraction est longue et non dénuée de risques sanitaires.

C'est pourquoi les médecins suédois Jan Johansson et Anna Rising ont inséré dans des bactéries l'ADN codant pour une partie de la soie des araignées, ainsi que l'ADN codant pour le surfactant, et obtenu un composé testé avec succès sur des lapins prématurés. C.H.

✓ L'ADN de sa soie a été utilisé.



SPL/PHANIE - DR

74 %

C'est le pourcentage de la population mondiale qui serait exposée, chaque année, à partir de 2100, à des vagues de chaleur mortelles telles que la canicule française de 2003, si les émissions de gaz à effet de serre continuent d'augmenter. C'est 2,5 fois plus qu'actuellement. D'après les chercheurs hawaïens qui ont fait ce calcul, les conséquences seraient exacerbées par le vieillissement de la population et l'urbanisation. E.A.

INFOS ZOOM

Actualités commerciales

1| SAMSUNG

Le réfrigérateur qui révolutionne le quotidien de la famille

Nouvelle génération de réfrigérateur, le Samsung Family Hub révèle la cuisine comme une pièce connectée et, surtout, comme une pièce de vie et de partage. Avec son interface tactile facile à utiliser, il permet de communiquer avec ses proches et de se divertir en préparant le repas avec, à portée de main, un catalogue de recettes pour éviter la panne d'inspiration. Centre névralgique de la maison, le Family Hub aide toute la famille à bien organiser sa journée : chaque matin, le Family Hub prépare pour chacun un brief matinal : heure, météo du jour, liste des tâches du jour, point sur les rendez-vous ou réunions, nouvelles quotidiennes.



Consulter notre site internet
www.samsung.com

3| NESPRESSO

Une seule machine pour tous les moments café

Après avoir bouleversé le marché il y a plus de trente ans avec son iconique capsule, Nespresso magnifie le quotidien des amateurs de café en grande tasse. Grâce à son nouveau système par Centrifusion®, la machine Vertuo permet de délivrer la même richesse aromatique qu'un espresso. Intelligent, sa capsule paramètre automatiquement la bonne quantité d'eau et la chaleur idéale d'extraction, avec un choix de 18 Grands Crus issus des plus beaux terroirs. L'infusion prolongée de la mouture associée à la force centrifuge permet de réaliser ainsi chez soi, pour la première fois, un café de haute qualité au format Mug !



Consulter notre site internet
www.nespresso.com

2| STRESSLESS

Créez votre confort !

Quels que soient le modèle et la taille, un fauteuil Stressless® suit chacun de vos mouvements en douceur, en toute liberté, et dans un silence absolu. Votre corps tout entier est idéalement enveloppé dans toutes les positions ; lombaires et nuques sont toujours maintenues de manière synchronisée. C'est ce que propose depuis plus de 40 ans la marque norvégienne qui, cette année, innove encore avec une option de confort inédite sur l'ensemble de sa collection de fauteuils Stressless® : un repose-pied intégré, réglable selon la longueur de jambes pour que toute la famille puisse en profiter.



Consulter notre site internet
www.ekorness.fr

4| LINDT

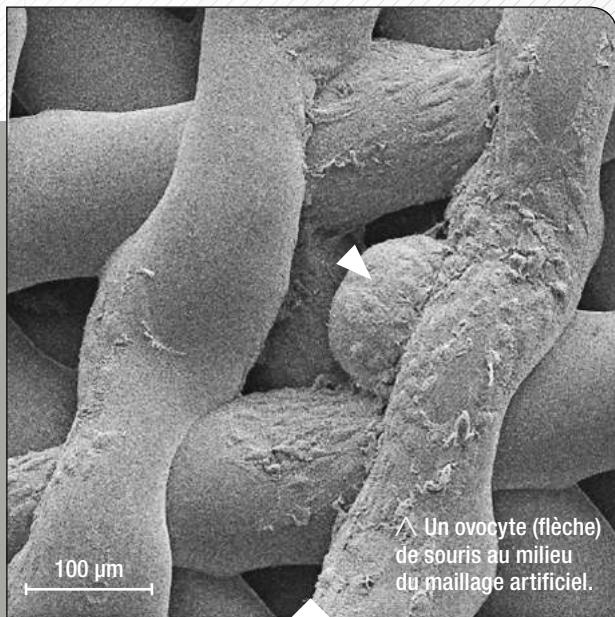
Expérience sensorielle

Crée en 1989, Lindt Excellence est le résultat du mélange de différentes fèves de cacao de l'Équateur, de Madagascar, du Ghana et des Antilles, de pourcentages de cacao, de combinaisons de sucre et de beurre de cacao. Ainsi est née la tablette 70% Cacao, appelée



Lindt Excellence, qui allie la qualité supérieure du cacao, la finesse de la texture et la richesse des arômes, pour vous faire vivre une expérience sensorielle hors du commun. La nouvelle Lindt Excellence 78% allie l'intensité du chocolat noir Lindt Excellence à de puissantes notes cacaotées.

Consulter notre site internet
www.lindt.fr



Un ovocyte (flèche) de souris au milieu du maillage artificiel.

GYNÉCOLOGIE

DES OVAIRES IMPRIMÉS EN 3D ONT DONNÉ LA VIE

Pour la première fois, un implant synthétique s'est montré totalement fonctionnel *in vivo*. A l'aide d'une imprimante 3D, des médecins de l'université Northwestern, à Chicago, ont fabriqué un "tricot" gélatineux dans les mailles duquel ils ont implanté des follicules ovariens de souris (photo), autrement dit les petits "sacs" contenant les ovocytes.

Le défi a été de trouver le bon maillage. "Au sein du follicule, l'ovocyte est entouré de cellules productrices d'hormones nécessaires à l'ovulation, précise Monica Laronda, coauteure de l'étude. Le mail-

lage devait permettre aux vaisseaux sanguins de se connecter aux follicules et aux hormones de diffuser."

Des femelles ovariectomisées ont reçu ces ovaires artificiels. Ils se sont raccordés à la circulation sanguine en une semaine, et l'ovulation s'est faite normalement. Sept femelles se sont accouplées, et trois ont donné naissance à une progéniture normale.

Les médecins américains visent l'implantation de follicules humains. Avec l'idée de permettre à des jeunes femmes, devenues stériles à la suite d'un traitement anticancéreux, d'avoir des enfants. **O.D.**

NORTHWESTERN UNIVERSITY - SHUTTERSTOCK

GÉNOMIQUE

Inactivée, la protéine DJ-1 affaiblirait les tumeurs

L'équipe de Gilbert Richarme (université Paris-Diderot) a décrit le rôle de la protéine DJ-1: "nettoyer" l'ADN des mutations provoquées par des dérivés nocifs du glucose, qui se fixent surtout sur la guanine (G), l'une des quatre bases de la séquence d'ADN. Mais la DJ-1 intervient aussi dans les cellules cancéreuses, favorisant leur propre résistance ! "Développer des inhibiteurs de DJ-1 permettrait d'affaiblir cette défense et d'améliorer les traitements anticancéreux", souligne Julien Daïrou, coauteur de cette étude. **M.M.**



NEUROLOGIE

Des sirops contre la toux recèlent une arme anti-AVC

La N-acétylcystéine (NAC), principal composant de certains sirops contre la toux, pourrait être utilisée pour détruire les caillots sanguins responsables des AVC. L'équipe de Sara Martinez de Lizarrondo et Denis Vivien (Inserm/CHU de Caen) a montré, chez la souris, qu'elle agit de la même manière sur les deux protéines impliquées dans la formation du mucus pulmonaire et des caillots sanguins : elle casse leurs liaisons moléculaires, permettant ainsi la dissolution du mucus ou du caillot. Plus facile à synthétiser et à stocker et moins chère que le traitement de référence des AVC, la NAC a un autre avantage : elle ne semble pas favoriser les hémorragies. **C.H.**

Une croisière d'exception Vietnam - Cambodge 13 jours au fil du Mékong

Places limitées
réservez vite !

À partir de
2358€ PAR PERSONNE
au lieu de ~~2850€~~
13 JOURS / 10 NUITS
INCLUS vols réguliers, visites,
pension complète...
PRIX SPÉCIAL LECTEURS !

Jusqu'à
492€
de réduction

Les points forts SCIENCE&VIE

- Un programme original : 9 jours de croisière et 3 à terre
- TOUTES les visites et les spectacles inclus
- Un tarif TOUT COMPRIS, spécial lecteurs
- Un bateau 4* de 24 cabines, habillé de bois exotique.

Renseignements : 01 41 33 59 00

Hô-Chi-Minh (Saigon) - Phnom Penh - Temples d'Angkor

Découvrez les hauts lieux classés
du patrimoine de l'Unesco au
rythme des flots du Mékong.

Cette croisière fluviale offre un angle idéal et un confort de voyage pour comprendre le Vietnam et le Cambodge d'hier et d'aujourd'hui.

Science&Vie vous propose ce programme de 13 jours pour découvrir la chaleureuse et trépidante Hô-Chi-Minh-Ville, les majestueux temples d'Angkor, Phnom Penh la coloniale et sa pagode d'argent, le fascinant spectacle des danses khmères.



DATES ET TARIFS DES CROISIÈRES 2017 - 2018

Août 2017	Sept./Oct. 2017	Nov./Déc. 2017	Janvier 2018	Fev./Mars 2018	Avril 2018
20/08 au 1*/09 ↓ 2358€	5 au 17/09 ↓ 2563€	8 au 20/11 ↓ 2764€	5 au 17/01 ↑ 2764€	12 au 24/02 ↓ 2764€	1er au 13/04 ↓ 2358€
30/08 au 10/09 ↑ 2563€	15 au 27/09 ↑ 2563€	10 au 22/12 ↓ 2358€	11 au 23/01 ↓ 2764€	28 au 12/03 ↓ 2764€	11 au 23/04 ↑ 2358€
—	7 au 19/10 ↓ 2563€	20/12 au 1/01/2018 ↑ 2563€	21 au 2/02 ↑ 2764€	26/03 au 7/04 ↑ 2358€	17 au 29/04 ↓ 2358€
—	—	26/12 au 7/01/2018 ↓ 2764€	—	—	—

Pré/post acheminement de votre région, supplément/perso pour le pont supérieur : nous consulter.

* Supplément Noël : 199 €/perso - **Supplément Jour de l'An : 160 €/perso

↑ Sens en remontant : HO-CHI-MINH VILLE-SIEM REAP ↓ Sens en descendant : SIEM REAP (ou ANGKOR si extension) HO-CHI-MINH VILLE

Avec Science&Vie tout est compris dans le tarif à partir de 2 358 € :

Le vol Paris / Hô-Chi-Minh Ville et Siem Reap / Paris - les transports aéroport / hôtel et bateau / aéroport ou inverse - en cabine double pont standard - l'hébergement, en hôtel 4* NL en chambre double à Siem Reap - la pension complète pendant tout le circuit - les transferts, les visites et excursions mentionnées au programme - les services d'un guide national francophone pour les visites - des guides locaux pendant la croisière - les services de notre directeur de croisière CroisiEurope à bord - les boissons à tous les repas (1 soda ou 1 bière ou 1 eau minérale et café et thé par personne et par repas) - l'assurance assistance/rapatriement - les pourboires (pour le personnel pendant la croisière). (NB : visas et taxes aéroport non inclus).

CHIMIE

UNE PILE PARVIENT À TRANSFORMER LA POLLUTION EN ÉNERGIE PROPRE

D'un côté, la pollution nous empoisonne. De l'autre, nous manquons d'énergie propre. Des chercheurs des universités belges de Louvain et d'Anvers ont voulu résoudre les deux problèmes en même temps, en produisant du dihydrogène (H_2) à partir de polluants organiques volatils. Pour cela, ils ont développé une pile constituée de deux chambres séparées par une membrane. Dans

la première, une anode recouverte de dioxyde de titane (TiO_2) produit des électrons sous l'effet de la lumière, comme dans les cellules photovoltaïques. Cela déclenche la dégradation des gaz polluants autour de l'électrode et crée des protons (H^+). Protons et électrons traversent la membrane et se retrouvent dans la deuxième chambre, à proximité d'une cathode en plomb, qui les couple

pour produire du dihydrogène (H_2). Celui-ci peut être stocké et utilisé ultérieurement comme carburant, notamment pour des voitures. Ce système ne traite pas encore tous les polluants. "Nous nous sommes concentrés sur les vapeurs de méthanol. Nous avons également démontré le concept avec de l'éthanol et de l'acide acétique. Actuellement, nous l'étendons au méthane et

à l'acétaldehyde", explique Sammy Verbruggen, de l'université d'Anvers, qui dirige les travaux. Cette pile n'est encore qu'expérimentale, et l'équipe doit améliorer son efficacité. Mais le chercheur imagine déjà ses possibles applications : "J'aimerais l'essayer dans les cheminées des usines de fabrication de peintures, où les vapeurs sont fortement chargées en solvants organiques."

A.V.

CRYPTOGRAPHIE

Le cryptage quantique des communications franchit un cap

Des chercheurs suisses ont conçu un nouveau type de générateur quantique de nombres aléatoires, indispensable pour la sécurité des communications. Habituellement, les générateurs utilisent l'indétermination au cœur des lois quantiques pour engendrer des suites aléatoires de 0 et de 1 (la "clé"), via des micro-expériences automatisées. Mais celui des chercheurs est en plus capable de tester le caractère aléatoire de chaque chiffre, garantissant qu'aucun biais (volontaire ou involontaire) introduit par le fabricant ne vienne affaiblir l'indétermination totale de la clé générée. Cette découverte devrait améliorer l'efficacité et la sécurité de cet instrument déjà très performant. R.I.

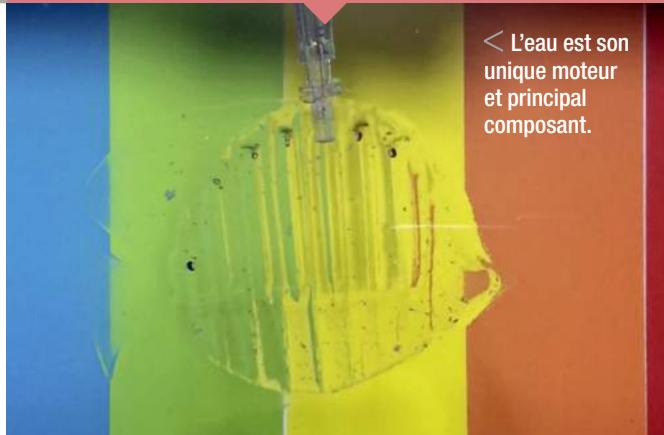
ROBOTIQUE

Un robot à l'eau biocompatible pourrait assister les médecins

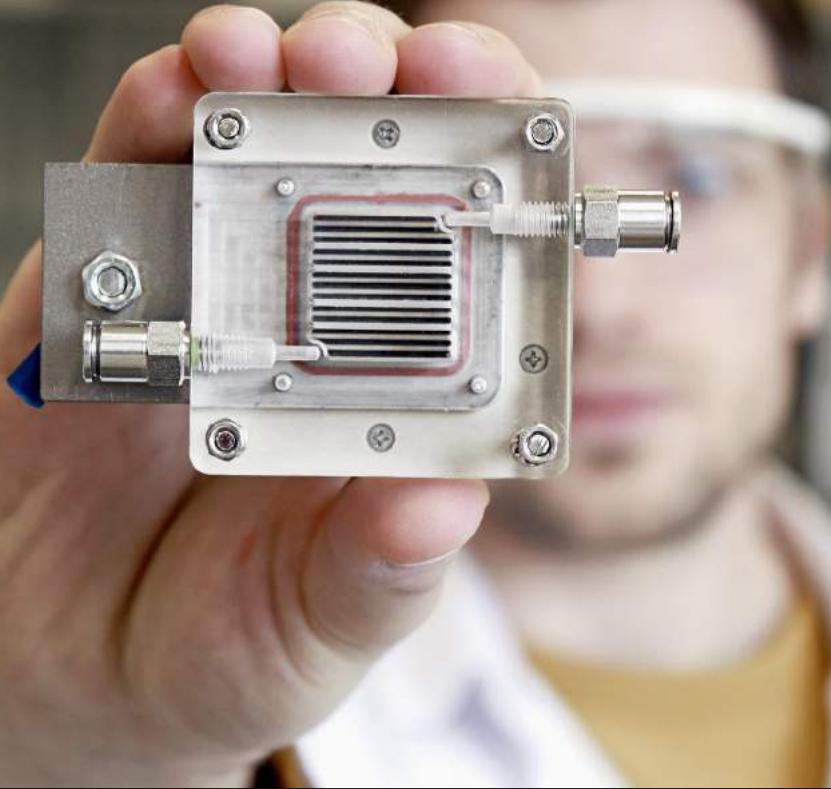
Des chercheurs américains du MIT ont mis au point un petit robot creux qui se contracte ou s'étire dès qu'on y injecte de l'eau... Pour ce faire, ils ont imprimé en 3D, découpé au laser et assemblé de petits cubes d'hydrogel, un matériau mou et transparent surtout composé d'eau. Le robot ainsi conçu est capable d'attraper puis de libérer un poisson vivant sous l'eau grâce à une force de plus de 1 newton, avec un temps de réaction inférieur à 1 seconde. Du jamais-vu! Parmi les débouchés envisagés: des applications biocompatibles en chirurgie.

E.T.A.

L'eau est son unique moteur et principal composant.



< D'un côté,
la pile purifie
l'air. De l'autre,
elle génère
de l'énergie.

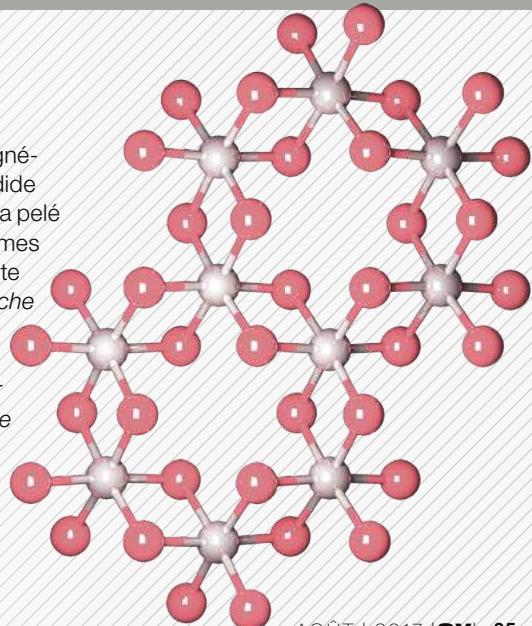


MATÉRIAU

L'aimant passe de la 3D à la 2D

Habituellement, les aimants en trois dimensions perdent leur magnétisme en deux dimensions. Ce n'est pas le cas du chrome triiodide (CrI_3). Une équipe dirigée par l'université de Washington et le MIT a pelé un cristal de CrI_3 en 3D pour le réduire à une simple couche d'atomes à l'aide d'un ruban adhésif. Le matériau, magnétique en 3D, le reste alors en 2D. "C'est la première découverte d'un aimant monocouche isolé", se réjouit Xiaodong Xu, qui a mené l'étude. Utilisé dans les capteurs ou pour stocker l'information dans les disques durs, il pourrait permettre de faire des économies d'échelle et d'imaginer des appareils toujours plus petits. Mais auparavant, "beaucoup de questions fondamentales doivent être résolues avant de trouver l'application révolutionnaire", tempère le chercheur. En effet, le CrI_3 en 2D n'est magnétique qu'au-dessous de - 228 °C! X.B.

> La molécule de chrome triiodide, première surface magnétique en 2D.



Changer une roue n'a jamais été aussi simple !

Vous pouvez désormais installer des chaînes ou changer une roue facilement : placez le cric à l'endroit prévu sur le châssis du véhicule,



et branchez-le dans la prise allume-cigare. D'une simple pression sur un bouton, le cric électrique soulève et incline votre voiture, sans aucun effort de votre part !



Cric électrique

BRANCHEMENT SUR PRISE ALLUME-CIGARE 12V. FORCE DE POUSSÉE : 1500 KG. HAUTEUR DE POUSSÉE : 11 A 34 CM. COMPOSITION : ACIER. CÂBLE DE BRANCHEMENT AVEC TÉLÉCOMMANDE INTÉGRÉE (LONGUEUR TOTALE : 3,80 M). DIMENSIONS CRIC : 40 X 12 X 12 CM. DIMENSIONS MALLETTTE DE TRANSPORT : 43 X 21 X 12 CM.

PAIEMENT
3X SANS
FRAIS

99€
seulement!
ou
3x33€

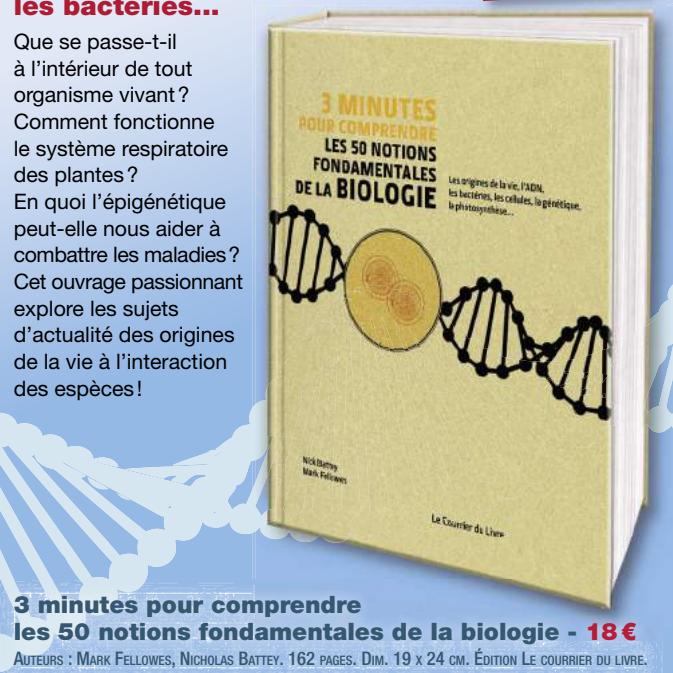
LIVRAISON RAPIDE
COLLISSIMO
OFFERTE

LE LIVRE DU MOIS

Visuels non contractuels

Les origines de la vie, l'ADN, les bactéries...

NOUVEAU



**3 minutes pour comprendre
les 50 notions fondamentales de la biologie - 18€**

AUTEURS : MARK FELLOWES, NICHOLAS BATTEY. 162 PAGES. DIM. 19 X 24 CM. ÉDITION LE COURRIER DU LIVRE.



La montre chic
et décontractée

Montre bracelet
tissu canotier

Bicolore - **38,25€** / Tricolore - **38,25€**

Boîtier doré. Manufacture haute qualité. Mouvement Quartz grande précision. Mécanisme Japonais haute précision. Modèle mixte. Livré dans son étui AW. Éco-participation incluse.

FABRICATION
EUROPEENNE | TESTÉ EN
LABORATOIRE

Prix public:
24,90€
LE LOT DE 2
RÉDUCTION
SPECIALE -16%



Blindage spécial
Blocage des ondes NFC/RFID

Protégez vous!

Les étuis SECVEL® empêchent la lecture et le piratage des données à distance et protègent vos différentes cartes contre la démagnétisation, le pliage, la chaleur et les rayures. Il est conçu pour loger un passeport de dimensions standard et jusqu'à 4 cartes type cartes de crédit, cartes d'identité ou permis de conduire RFID/NFC à piste magnétique. Le tout avec une protection optimale !

Porte passeport sécurisé - 14,90€

DIM. 88 X 125 MM. TECHNOLOGIE BREVETÉE SECVEL®. MATIÈRE : PVC, PLASTIQUE SANS PHALATES. FABRICATION EUROPÉENNE.

Modernisez vos déplacements urbains !

100% écologiques et ludiques, le monocycle et le gyropode à système gyroscopique se conduisent debout, sans les mains. Le principe est simple et intuitif :

1. Montez sur les cale-pieds, l'équilibre avant-arrière se fait automatiquement*.
2. Penchez-vous vers l'avant pour avancer et en arrière pour ralentir ou vous arrêter.

La petite taille (env. 40cm de hauteur pour 10kg) et la sangle de transport du monocycle vous permet de le ranger partout et de le transporter facilement sans prendre de place.

Les grosses roues à chambres à air du gyropode assurent la stabilité sur tous types de surfaces : sable, boue, caillou, bosses... Il s'agit de la version tout terrain et haut de gamme des smartboards du marché. Certifiés aux normes françaises & européennes.

*Pour vos débuts avec le monocycle, les roulettes d'apprentissage sont fournies !

Retrouvez notre trottinette électrique sur boutique.science-et-vie.com



Prix public: 599€
419€
ou 3x 139,66€
RÉDUCTION SPÉCIALE -30%

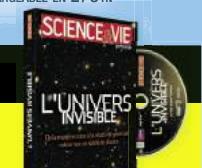
Monocycle électrique AIRWHEEL X3S

MOTEUR 350W HAUT DE GAMME SANS BALAI (BRUSHLESS) AVEC CAPTEURS À EFFET HALL. BÉQUILLE ET REPOSE PIEDS EN ALUMINIUM. AUTONOMIE 15 KM - VITESSE MAXIMUM 18 KM/H. BATTERIE SAMSUNG LITHIUM 130Wh. TRIPLE PROTECTION DE LA BATTERIE (SURCHAUFFE, DÉCHARGE ET COURT-CIRCUIT). TEMPS DE CHARGE ULTRA RAPIDE 90 MIN. INDICATEUR SONORE DÉCHARGE BATTERIE (15%) + 4 LEDS DE NIVEAU DE CHARGE. CONTRÔLE SÉCURITÉ AUTOMATIQUE : VITESSE (+ de 12 KM/H) ET INCLINAISON (+ de 45°). ARRÊT DE LA ROUE EN CAS DE CHUTE. FOURNI AVEC ROULETTES D'APPRENTISSAGE + SANGLE DE TRANSPORT + RACCORD GONFLAGE. Poids 9,8 kg.

Prix public: 599€
419€
ou 3x 139,66€
RÉDUCTION SPÉCIALE -30%

Gyropode électrique noir / carbone 10 pouces

2 RAMPES LEDS DÉCORATIVES. INDICATEUR CHARGE BATTERIE. BATTERIE SAMSUNG RECHARGEABLE EN 2/3 h. AUTONOMIE 15/20 KM. CONTRÔLE DIRECTION GAUCHE DROITE. VITESSE 10 KM/H. CHARGE MINI 20 KG, MAXI 100 KG. TAILLE PNEUS 10".



EN CADEAU pour toute commande
Le DVD de Science & Vie « L'Univers invisible » avec le code commande 412.262

POUR COMMANDER ET S'INFORMER



boutique.science-et-vie.com



Exclusivité Internet : Livraison en Points Relais®, PayPal®



Renvoyez le bon de commande avec votre règlement à

La Boutique SCIENCE & VIE - CS 90125 - 27 091 ÉVREUX CEDEX 9



01 46 48 48 83 (6 jours/7 paiement CB uniquement)

BON DE COMMANDE

Articles	Réf.	Quantité	Prix	Sous-total
Livre « 3 minutes pour comprendre... la biologie »	409.771	x	18€	= €
Cric électrique	403.568	x	99€	= €
Lot de 2 porte passeport sécurisés SECVEL®	398.735	x	24,90€	= €
Porte passeport SECVEL®	397.364	x	14,90€	= €
Montre canotier bicolore	397.588	x	38,25€	= €
Montre canotier tricolore	397.570	x	38,25€	= €
Monocycle AIRWHEEL X3S	398.115	x	419€	= €
Gyropode noir / carbone	398.131	x	419€	= €
Trottinette électrique	398.123	x	419€	= €

SOUS-TOTAL €

Avec ma commande, je reçois en **CADEAU** le DVD **L'Univers invisible** **OFFERT**

FRAIS D'ENVOI	(cocher la case de votre choix)	Envio normal	6,90€
Frais d'envoi offerts		Ma commande atteint 49€	GRATUIT
dès 49€ de commande !		Envoi Coliséo	
		<input type="checkbox"/> Livraison rapide Colissimo	7,90€
		<input checked="" type="checkbox"/> Ma commande atteint 75€	GRATUIT
		Livraison rapide Colissimo	
		<input checked="" type="checkbox"/> Je règle par carte bancaire	
			en 1 fois la totalité de ma commande
			en 3 fois sans frais (à partir de 99€ d'achat)
		<input type="checkbox"/>	

TOTAL €

Offre valable uniquement en France métropolitaine pendant deux mois dans la limite des stocks disponibles. Début de livraison des produits : maximum 2 semaines après l'enregistrement de votre commande sauf si envoyé par Colissimo (5 jours max.). Selon l'article L121-21 du code de la consommation, vous disposez d'un délai de 14 jours pour changer d'avion et nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Le droit de retour ne peut être exercé pour les enregistrements vidéo descellés. Les frais d'envoi et de retour sont à votre charge. En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessous sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du Médiateur du e-commerce. Vous pouvez également écrire à la direction de la rédaction à l'adresse suivante : Service du Médiateur du e-commerce de la FEVAD (Fédération du e-commerce et de la vente à distance) dont les coordonnées sont les suivantes : 68 Rue La Boétie - 75008 Paris - <http://www.mediateurfevad.fr>. Après démarche préalable écrite des consommateurs vis-à-vis de Science & Vie, le Service du Médiateur peut être saisi pour tout litige de consommation dont le règlement n'aurait pas abouti. Pour connaître les modalités de saisine du Médiateur : www.mediateurfevad.fr/index.php/e-space-consommateur.

MONDADORI MAGAZINES FRANCE SAS - RCS 452 791 262 NANTERRE - CAPITAL : 60 557 458 €

À RENVOYER DANS UNE ENVELOPPE AFFRANCHIE AVEC VOTRE RÈGLEMENT À : LA BOUTIQUE SCIENCE & VIE - CS 90125 - 27 091 ÉVREUX CEDEX 9

> Mes coordonnées

M. Mme Mlle

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Complément d'adresse
(résidence, lieu-dit, bâtiment)

CP _____ Ville _____

Tél. _____
Grâce à votre N° de téléphone (portable) nous pourrons vous contacter si besoin pour le suivi de votre commande.

E-mail _____
Je souhaite bénéficier des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori)

> Mode de paiement

Je règle par chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE

en 1 fois la totalité de ma commande

en 3 fois sans frais (à partir de 99€ d'achat)

Je règle par carte bancaire

en 1 fois la totalité de ma commande

en 3 fois sans frais (à partir de 99€ d'achat)

Carte bancaire N° _____

Expire fin: _____ / _____ Date et signature obligatoires

Cryptogramme _____

Les 3 chiffres au dos de votre CB

PAIEMENT
3x SANS
FRAIS

VALÉRIAN AU CŒUR DE L'IMAGINAIRE SCIENTIFIQUE

50 ans après le premier album de Christin et Mézières, Luc Besson porte à l'écran les folles aventures spatio-temporelles de Valérian. L'occasion pour **Mathilde Fontez** de célébrer l'événement... scientifique de cet été !

Le réalisateur Luc Besson raconte avoir toujours voulu adapter la bande dessinée *Valérian* au cinéma. Il lui a fallu attendre que les effets spéciaux soient à la hauteur de la richesse de l'univers imaginé par le scénariste Pierre Christin et le dessinateur Jean-Pierre Mézières. Les technologies développées pour *Avatar* par James Cameron ont rendu le projet réalisable. Nous voici donc huit ans et 197 millions d'euros

plus tard – ce qui en fait le plus gros film européen de tous les temps, et de loin –, Valérian et Laureline vont prendre vie sur les écrans du monde entier... Enfin ! Enfin... car il ne s'agit pas ici seulement de bande dessinée, ou de cinéma. Les 21 tomes de *Valérian*, dont le premier a été publié il y a pile cinquante ans, sont à la racine de l'imaginaire scientifique. Au travers des aventures de deux agents spatio-temporels – Valérian, ce

jeune homme un peu rigide et hébété, "presque pas dans le coup" d'après ses pères, et la sage et intuitive Laureline –, Pierre Christin et Jean-Claude Mézières ont conçu une œuvre-monde, un *space opera* parmi les plus riches qui revisite tous les archétypes de la SF, sans parler de son influence sur *Star Wars*, apparu sur les écrans dix ans plus tard. Ce faisant, ils ont digéré, magnifié et mis en image tous les concepts de →

Valérian et la Cité des mille planètes

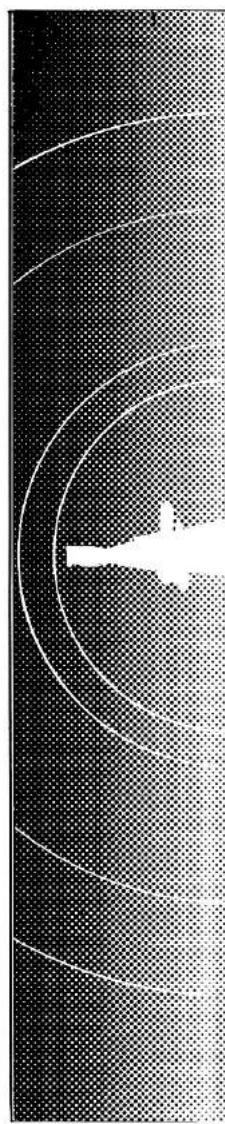
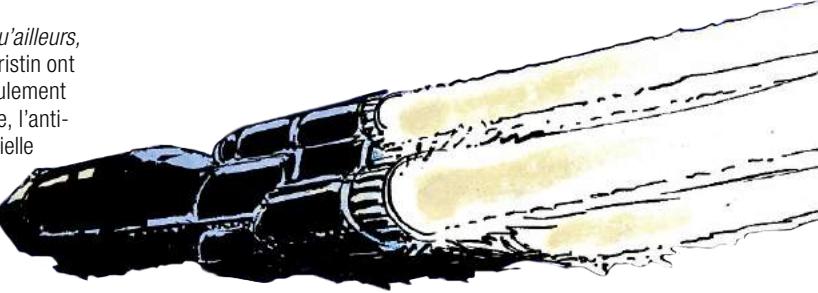
> Film de Luc Besson
> Sortie le 26 juillet
> Avec Dane DeHaan,
Cara Delevingne...

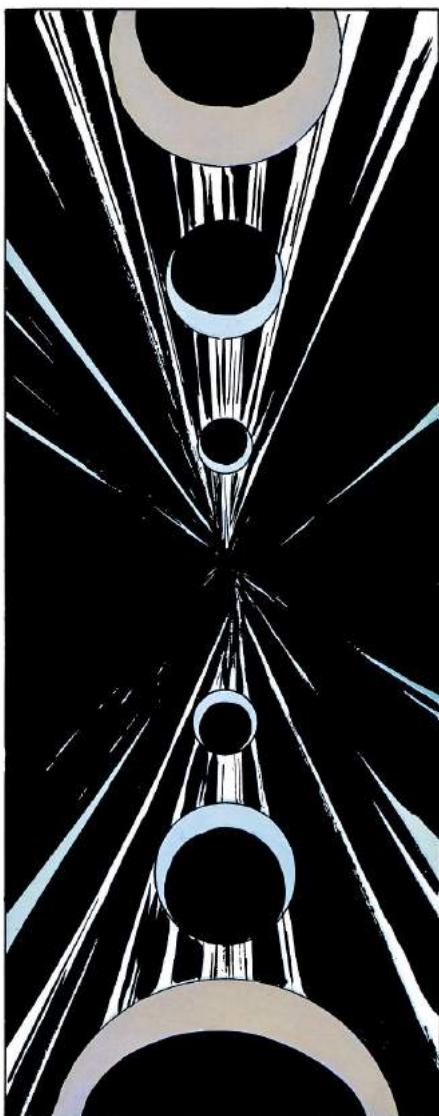
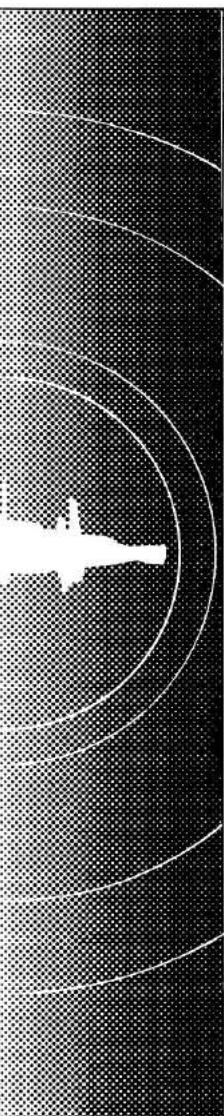
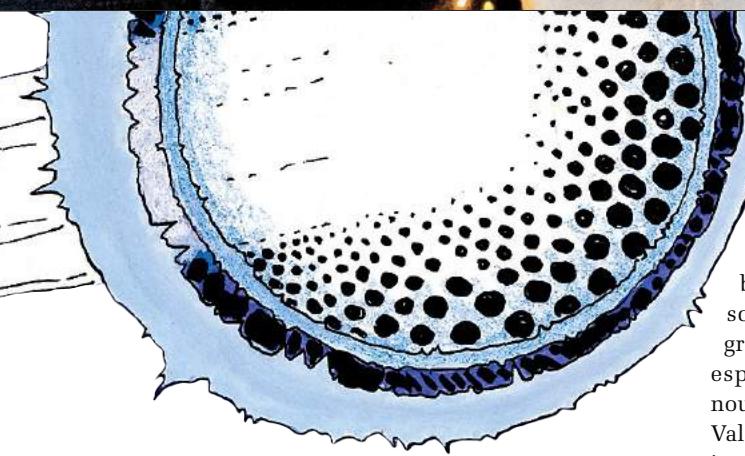
Les agents spatio-temporels Valérian et Laureline partent en mission sur la cité intergalactique Alpha, gigantesque station spatiale où des espèces venues de tout l'Univers cohabitent.

2016 VALERIAN SAS/TF1 FILMS PRODUCTION

Un Univers relativiste

L'histoire se déroule "à peu près au même moment qu'ailleurs, tout compte fait". Jean-Claude Mézières et Pierre Christin ont construit un Univers profondément einsteinien. L'écoulement du temps est relatif, la lumière se vrille avec la vitesse, l'antimatière s'annihile en même temps que la réalité matérielle jusqu'à un Grand Rien où "il n'y a plus d'étoiles, plus de routes connues, où l'Univers en formation continue de s'étendre, plein ou vide, nul ne sait". Quant au voyage dans le temps... "Dans un espace-temps courbe, il peut exister des lignes d'Univers se refermant sur elles-mêmes qui correspondent à des voyages spatio-temporels", rappelle Rolland Lehoucq, astrophysicien, dans l'exposition consacrée à Valérian à la Cité des sciences.





→ la science du XX^e siècle jusqu'à les faire entrer dans la culture populaire. Vaisseaux spatiaux high-tech, planètes exotiques, extraterrestres bigarrés, nébuleuses scintillantes, gouffres gravitationnels obscurs, espace-temps torturé... nous avons tous un petit Valérian dans la tête. Et, juste retour des choses, la science s'en est trouvée enrichie. Elle a nourri Valérian et, à rebours, elle s'en est ensuite inspirée.

VÉRITABLE ANTICIPATION

Les auteurs en restent surpris : médecins, astronomes, ingénieurs... nombre de lecteurs leur ont raconté être entrés avec *Valérian* dans un univers scientifique qu'ils n'ont ensuite jamais quitté. C'est avec Galaxy et le transmутateur Grognon de Bluxte en tête qu'ils se sont mis, une fois adultes, à "faire de la science". "A l'observatoire d'Atacama, au Chili, en reportage, je suis devenu 'per-

sona grata' dès que les gens ont su que j'étais l'un des auteurs de *Valérian*. Une personne sur deux était un lecteur ! Ils disaient : Valérian, c'est ce qu'on cherche à voir, nous !" raconte Pierre Christin.

L'imaginaire a précédé le savoir. Aujourd'hui, les mille planètes (même deux fois plus) ont été découvertes, la vie extraterrestre figure comme un objectif à la Nasa et l'exobiologie est devenue une science. Quant aux étrangetés spatio-temporelles, elles mobilisent des bataillons de cosmologues (voir encadrés).

Pourtant, les deux auteurs ne sont pas des spécialistes de l'Univers. Certes, Jean-Claude Mézières a pioché dans l'iconographie scientifique : des macrophotos dénichées dans une librairie adossée à l'Inra en face de chez lui ; les mécanismes du musée des Arts et Métiers ; des photos médicales ; des gravures de machines 1900... Mais il a toujours donné la primeur à son imagination. →

Et ses références

“ JEAN-CLAUDE MÉZIÈRES ”
78 ans,
dessinateur
de la série
créée en
1967

*Si je fais de la SF,
c'est parce que
ça m'ennuie de
recopier la réalité*



→ sont avant tout artistiques. "Si je fais de la SF, c'est parce que ça m'ennuie de recopier la réalité !" tranche-t-il.

D'ailleurs, il n'a pas été si évident pour lui de couper le cordon avec la Terre et le réel contemporain. L'univers foisonnant de Valérian s'est mis en place pas à pas, "petitemente", dit même Pierre Christin. "Le premier album, c'est vraiment courage, fuyons ! Ça commence dans le futur et aussitôt ça part au Moyen Âge. C'était la trouille, c'est tout ! Nous n'étions pas prêts à partir dans l'espace."

Pierre Christin, lui, a puisé dans les récits d'exploration, les gravures eth-

nographiques, le voyage de Darwin "et tout ce que ça entraînait autour comme flot d'illustrations. Dans mon esprit, on est des modestes continuateurs des voyageurs du XVIII^e siècle". L'espace comme nouvelle *terra incognita* !

D'ailleurs, c'est dans le Grand Ouest que sont nés les deux agents spatio-temporels. Aux Etats-Unis, où les deux amis d'enfance sont allés en 1965. "Lorsque nous avons commencé la série, nous sortions d'une année aux Etats-Unis, tout près des centres spatiaux, raconte Pierre Christin. Nous avions baigné dans cette culture américaine beaucoup plus scientifique et optimiste qu'en France : cette croyance dur comme fer au progrès, cela a joué." "C'était la conquête de l'espace, renchérit Jean-Claude Mézières. La course entre les Russes et les Américains, le choc du film 2001 l'odyssée de l'espace... et cet espoir de faire quelque chose de formidable." En prime, c'était l'âge d'or de la SF américaine.

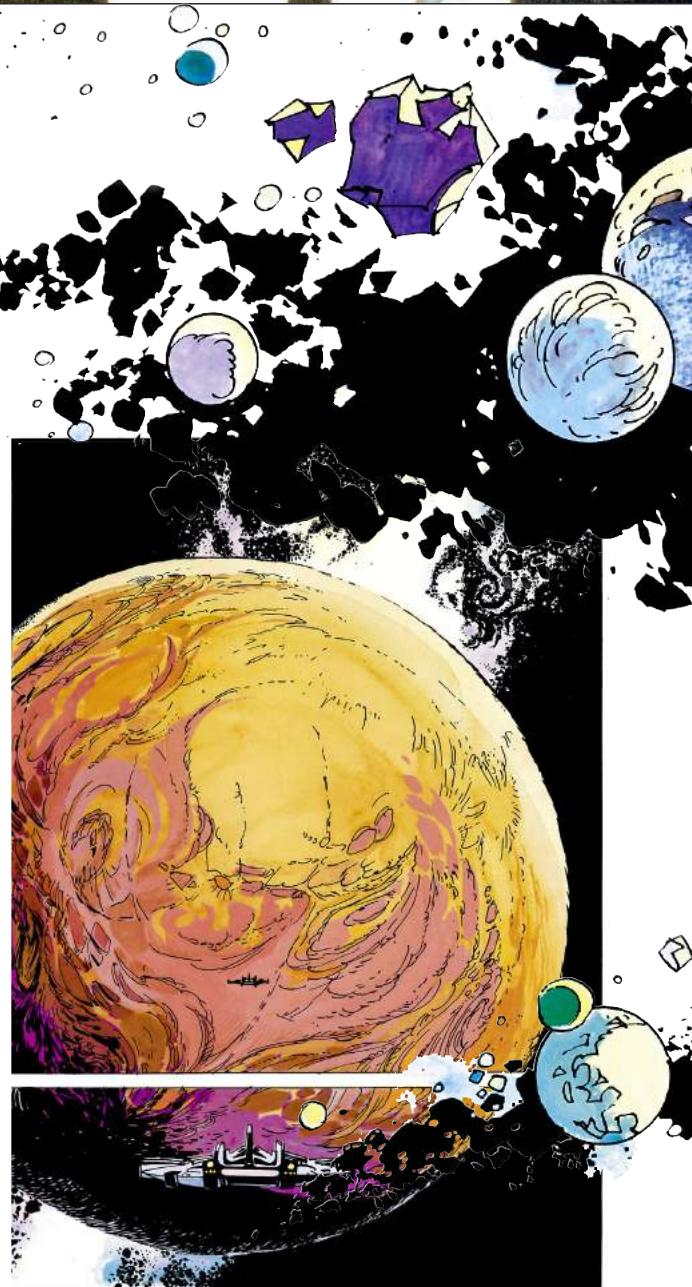
Valérian et ses mille planètes sont un concentré de cet esprit. L'espérance dans le progrès, l'attrait pour le futur, l'exploration de l'inconnu... Bref, l'esprit de *Science & Vie* ! "J'ai été un petit lecteur de *Science & Vie*, confie Pierre Christin. Cela s'est fait en partie inconsciemment : mes lectures de jeunesse, cette expérience américaine..."

Dans Valérian, les sciences dures comme →

PIERRE CHRISTIN

78 ans,
scénariste
de la série,
définitivement
morte en 2010

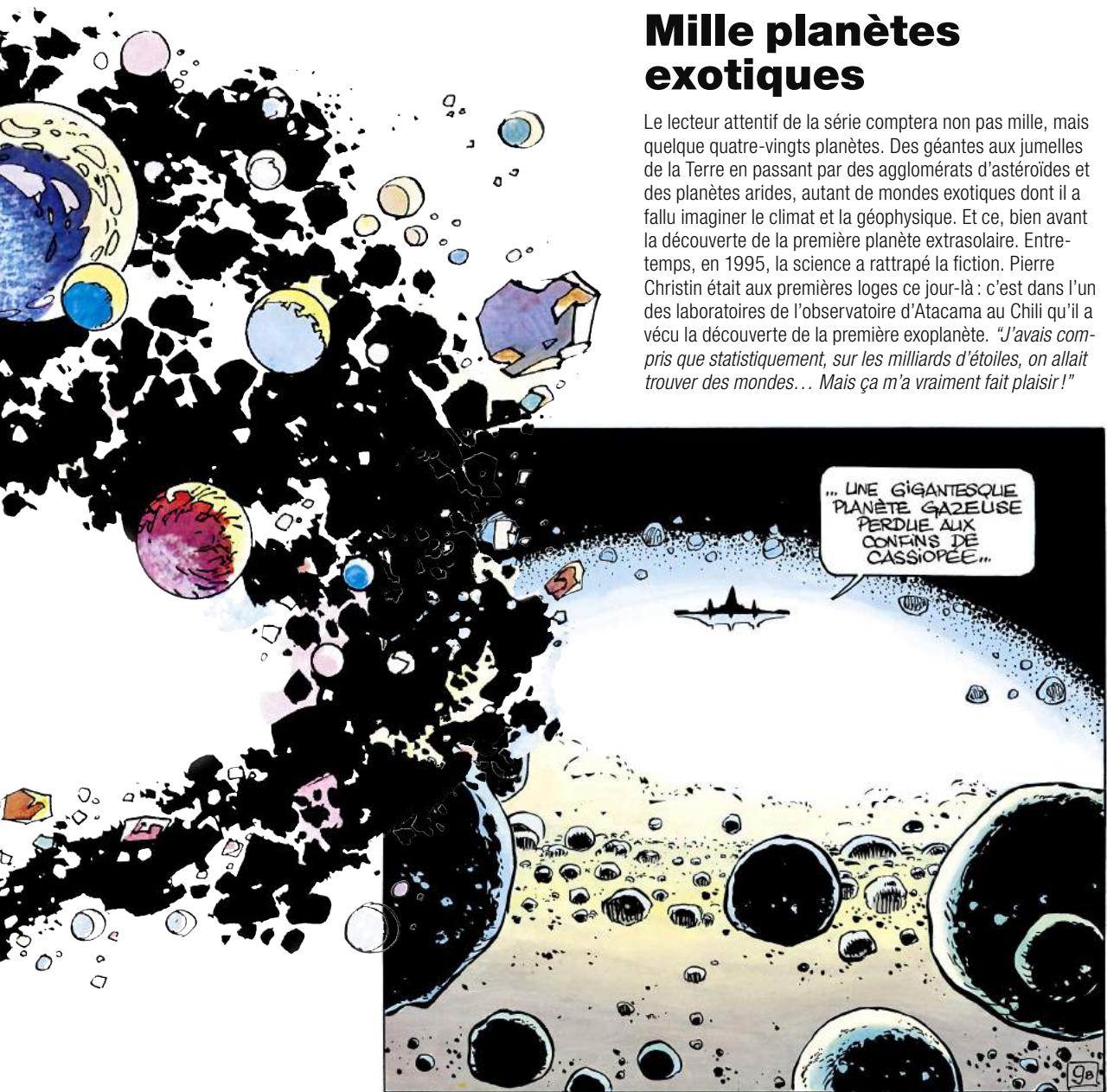
*Nous sommes
des continuateurs
des voyageurs
du XVIII^e siècle*





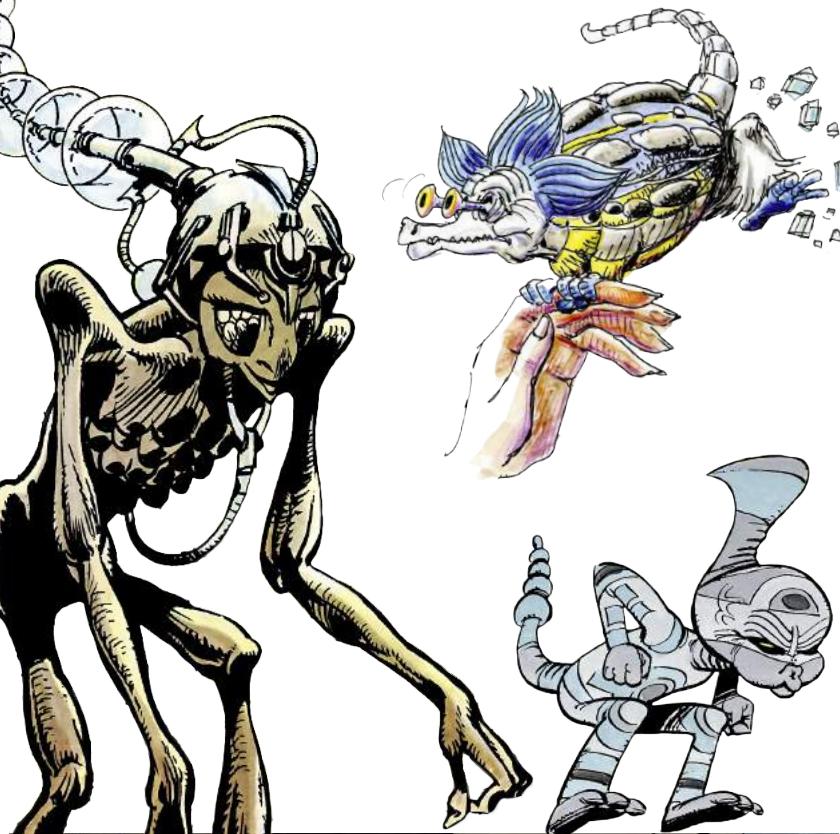
Mille planètes exotiques

Le lecteur attentif de la série comptera non pas mille, mais quelque quatre-vingts planètes. Des géantes aux jumelles de la Terre en passant par des agglomérats d'astéroïdes et des planètes arides, autant de mondes exotiques dont il a fallu imaginer le climat et la géophysique. Et ce, bien avant la découverte de la première planète extrasolaire. Entre-temps, en 1995, la science a rattrapé la fiction. Pierre Christin était aux premières loges ce jour-là : c'est dans l'un des laboratoires de l'observatoire d'Atacama au Chili qu'il a vécu la découverte de la première exoplanète. "J'avais compris que statistiquement, sur les milliards d'étoiles, on allait trouver des mondes... Mais ça m'a vraiment fait plaisir !"



Une exobiologie exubérante

Des dizaines et des dizaines de formes de vie, qui ont donné lieu à une encyclopédie... la biodiversité des mondes de Valérian est incroyablement riche. "Chaque page de la BD nous plonge dans un biotope fantastique composé d'animaux, de plantes et d'autres organismes inconnus et polymorphes", décrit le paléontologue Jean-Sébastien Steyer, dans l'exposition consacrée à Valérian à la Cité des sciences. Chaque espèce extraterrestre possède sa propre histoire évolutive et s'inscrit dans un contexte expérimental précis." Alors que sur Terre, au XXI^e siècle, les exobiologistes tentent d'imaginer à quoi pourraient ressembler les habitants de ces exoplanètes que l'on découvre par dizaines.





→ l'astronomie ou la biologie ne sont cependant qu'une toile de fond. Le sujet est avant tout la sociologie, l'ethnologie, la politique. "C'est ma formation, rappelle Pierre Christin. C'est ça qui m'a passionné toute ma vie." Les auteurs décrivent des systèmes de pouvoir, d'échange, avec en arrière-plan la détestation de certains comics américains violents et manichéens. "Il n'y a pas de méchant dans Valérian, tout le monde a ses raisons", résume-t-il.

VERS UN MONDE MEILLEUR ?

Au fil de leurs pérégrinations dans le cosmos, les deux héros se confrontent à des sociétés différentes, chacune en proie à ses difficultés, ses luttes. Partout, on retrouve les oppositions entre nature et technologie, hiérarchie et anarchie, oppression et révolution. Un à un sont dénoncés tous ces maux dont Gérard Klein, auteur et éditeur qui a analysé la série, dresse le catalogue: "Pollution, impérialisme, racisme, exercice sans frein d'un pouvoir idéologique ou religieux, exploitation économique, stupidité meurtrière des classes dirigeantes, esthéтиisme des intellectuels qui jouent avec les facettes de la réalité et se désintéressent de la souffrance réelle sont autant de maux dénoncés sans relâche."

Et en creux, une réflexion sur le progrès. "En SF, il existe deux grands courants. Le premier est pessimiste. Il repose sur la menace du nucléaire, la peur du cataclysme ou la globalisation du mal et du malheur. Le second courant, au contraire, croit au rationalisme et au futur. Il suppose que l'homme continuera toujours, développe Pierre Christin dans la réédition de la série. Valérian est en position médiane."

Dans l'un des épisodes de la série, *Les Héros de l'équinoxe*, Valérian donne naissance à des milliers d'enfants... il faut nous compter parmi eux. Nous sommes tous les enfants de Valérian.

En savoir +

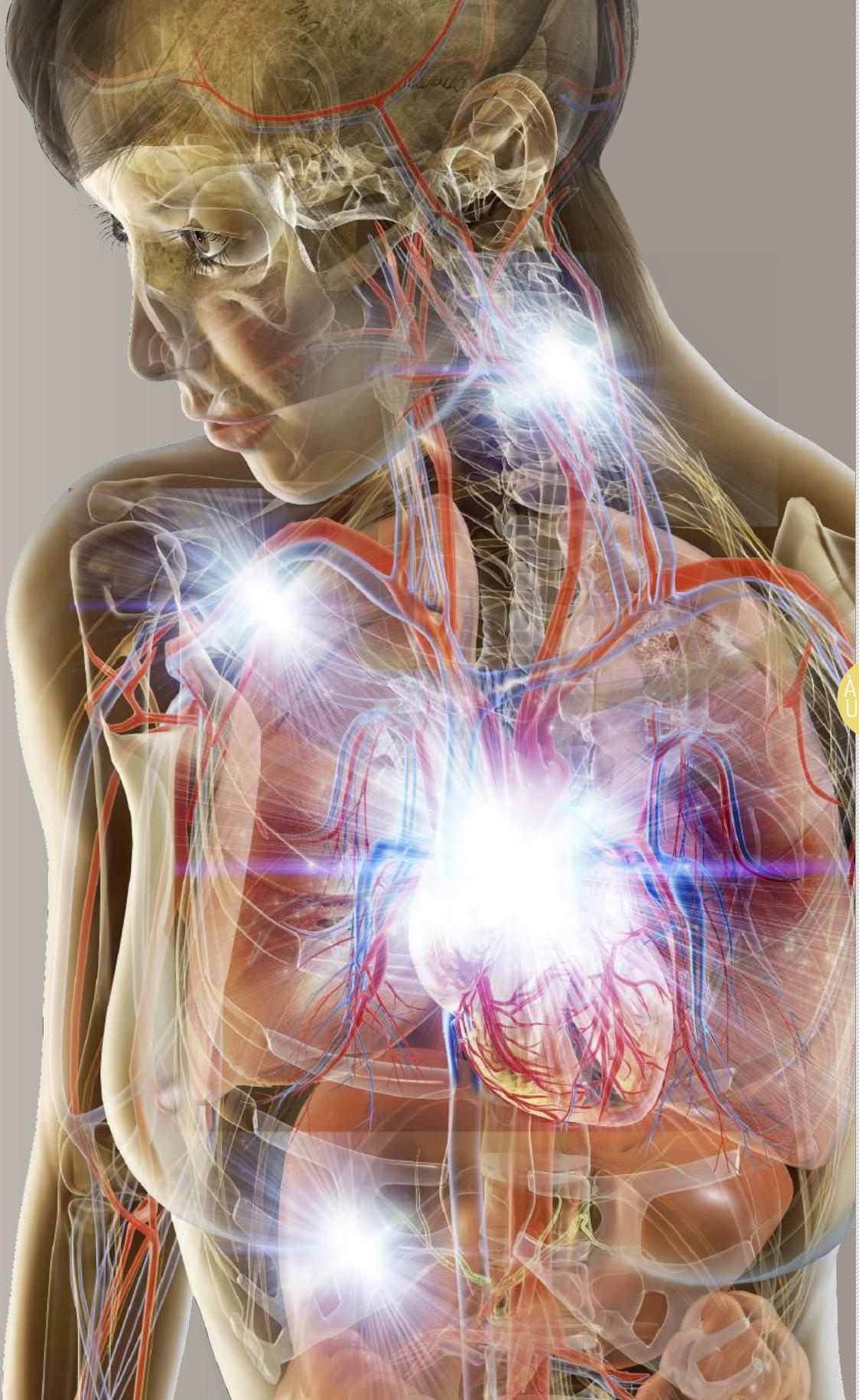
- L'intégrale de *Valérian*: une réédition qui inclut des entretiens avec les auteurs, des analyses de la série...
- Le 22^e tome: Mézières et Christin revisitent les aventures de leurs héros.
- Des albums autour de l'univers de *Valérian*: un abécédaire, un atlas, les histoires courtes qui ont précédé la série...
- L'exposition à la Cité des sciences, à Paris, jusqu'au 14 janvier.

MEZIERES/CHRISTIN/DARGAUD

LA VIE SECRÈTE DE NOS ORGANES

Cœur, foie, poumons, cerveau... On croyait bien connaître nos organes. Erreur ! Car voici qu'ils dévoilent des aptitudes insoupçonnées et des fonctions totalement inattendues. Qui imaginait que notre foie se transforme la nuit ? Que nos yeux donnent l'heure ? Que les testicules sont dotés de récepteurs du goût ? Que nos os sont connectés à notre mémoire ?... Autant de découvertes qui, liées aux progrès en microscopie et en génétique, montrent que nos organes cachent d'incroyables superpouvoirs. Lesquels éclairent surtout d'un jour nouveau le fonctionnement de notre corps tout entier... Bienvenue dans la vie secrète de nos organes.

PAR ALEXANDRA PIHEN, AVEC AUDREY RAMBAUD,
CORALINE LOISEAU ET THOMAS CAVAILLÉ-FOL



A LA
UNE

Notre squelette n'est pas que la solide charpente de notre corps, il fait aussi fonctionner notre mémoire. Nos poumons ne sont pas uniquement le pilier de notre système respiratoire, ils sont aussi des producteurs de sang. Notre graisse, loin d'être seulement une réserve passive d'énergie, est un véritable organe qui se dresse en rempart contre les infections... Nos organes sont fantastiques ! On croyait les connaître, on n'avait encore rien vu. On les associait mécaniquement à une fonction sans chercher plus loin : erreur !

Ces dernières années, les chercheurs n'en reviennent pas eux-mêmes des surprises que l'un ou l'autre de nos organes leur réserve, dévoilant des facettes aussi étonnantes qu'insoupçonnées. Surtout qu'il ne s'agit pas là de simples détails physiologiques ou de découvertes anecdotiques. Bien au contraire ! A chaque fois, cette vie secrète de nos organes vient éclairer d'un jour nouveau tout ou partie du fonctionnement de notre organisme. Au point de redessiner déjà les contours de notre savoir, de bousculer les évidences médicales bien ancrées. Au point, surtout, d'espérer repousser toujours plus loin les frontières de

l'exploration d'une fantastique *terra incognita* : le corps humain.

Pourtant, au cours du XIX^e siècle, et plus encore tout au long du XX^e siècle, nous pensions avoir patiemment classé et parfaitement étiqueté chaque organe, lui donnant sa juste place et rendant justice à toutes ses fonctions. De cet ordre apparent découlent d'ailleurs des spécialités médicales bien établies : un pneumologue s'occupe des poumons, un hématologue du sang, un cardiologue du cœur et des vaisseaux, un neurologue du cerveau et des fonctions cognitives, un gastro-entérologue du système digestif... Bref, tout semblait sous contrôle.

GRÂCE AUX PROGRÈS TECHNIQUES

Comment expliquer alors que les scientifiques puissent soudain découvrir de toutes nouvelles fonctions à des constituants anatomiques si familiers ? Simple : la vie secrète de nos organes, ce sont d'abord des outils d'observation de plus en plus performants qui nous la révèlent. Des techniques et des méthodes qui permettent à la fois aux chercheurs de tester leurs hypothèses, de vérifier leurs intuitions, mais aussi de se laisser parfois totalement surprendre par le hasard de la découverte. "Les avancées tech-

nologiques contribuent à révolutionner notre vision du monde. Et c'est parfois pour revisiter les questions les plus simples. Voilà certainement le coup de génie de tous ces résultats", s'enthousiasme Yan Burelle, spécialiste de biologie intégrative mitochondriale à l'université d'Ottawa (Canada).

Qui aurait pu ainsi imaginer, il y a trente ans, qu'il serait possible de consulter à volonté l'intégralité des détails anatomiques à la disposition de tous, en ligne, sous la forme d'un homme et d'une femme découpés en 1 800 fines lamelles d'un millimètre d'épaisseur – The Visible Human Project, dirigé par la National Library of Medicine ? On peut aussi examiner un tissu en utilisant successivement les méthodes de microscopie photonique ou électronique à transmission et à balayage. Citons à titre d'exemple les gammes de grossissement du microscope électronique à transmission pouvant atteindre x5 000 000.

A ces progrès observationnels s'ajoute la cytométrie en flux, une technique qui permet de trier une par une les cellules constitutives d'un tissu. Sans oublier l'avènement de la génétique et la possibilité de séquencer des génomes entiers en quelques heures. Suivie de près par le génie génétique et l'édition du génome, qui offrent la possibilité "d'éteindre" ou "d'allumer" un ou des gènes à souhait et d'observer le vivant en action.

Car il faut le reconnaître : sans ces manipulations génétiques, personne n'aurait pu découvrir que notre squelette joue un rôle primordial dans la mémorisation. Sans la microscopie photonique intravitaire, l'usine de production sanguine des poumons serait encore et toujours cachée dans l'ombre. Et sans le traçage cellulaire, qui aurait pu imaginer que l'utérus laisse des traces jusque dans le cerveau ou que les superpouvoirs de notre ventre passent par le prisme du microbiote ? Sachant que chacune de ces avancées irrigue d'autres voies. Ainsi, la recherche sur ce désormais

ZOOM SUR LE CORPS HUMAIN

11 grands systèmes ou ensembles d'organes participent à une liste commune et précise de fonctions : systèmes digestif, cardio-vasculaire, endocrinien, immunitaire, nerveux, reproducteur, respiratoire, tegumentaire, urinaire, squelettique et musculaire.

60 organes, au moins. Certains bien connus comme le cœur, le foie, les poumons, le cerveau ; d'autres moins évidents comme l'épiphyshe ou les glandes sébacées.

2 mètres carrés, c'est la superficie moyenne de la peau qui recouvre le corps humain.

100 mille milliards de cellules formeraient le corps humain, mais ce chiffre est soumis à de grandes variations selon les estimations. Les cellules se répartissent en au moins 200 types différents (neurones, globules rouges...).

5 litres de sang sont véhiculés dans le cœur et les vaisseaux.

fameux microbiote qui peuple nos intestins a-t-elle ouvert la porte sur d'autres mondes intérieurs dans d'autres organes, comme les poumons. "La raison pour laquelle nous n'avions pas identifié le microbiote pulmonaire avant 2011 est que les méthodes d'identification classiques, à savoir la culture, se sont considérablement améliorées et sont devenues sensibles pour détecter les microbes qui se trouvent dans les poumons", illustre Anh Tuan Dinh-Xuan, directeur du service hospitalier de Physiologie-explorations fonctionnelles de l'hôpital Cochin, à Paris.

Et voilà donc un corps humain qui nous livre ses secrets les mieux gardés. De là à les comprendre, l'affaire est plus corsée... Que le fonctionnement de nos organes soit complexe, nous en avions la certitude. Mais cette complexité atteint dorénavant l'échelle globale du corps humain et c'est à un dialogue interorganes insoupçonné et à un réel décloisonnement de ses fonctions que les spécialistes assistent au fur et à mesure des découvertes.

REPENSER LE CORPS DANS SA TOTALITÉ

Et l'hyper technicité des laboratoires a tout autant contribué aux avancées qu'elle a aussi parfois provoqué un manque de recul sur le corps dans son ensemble. "Nous avons un peu trop longtemps sacrifié les physiologistes purs, estime Laurence Vico, spécialiste du squelette à l'Inserm, je suis de la génération qui a connu un désintérêt très important pour cette discipline qui étudie le fonctionnement et l'organisation des organismes vivants. Il n'y en avait que pour la biologie moléculaire, la génétique..."

Heureusement, le vent tourne, comme le démontrent les toutes récentes découvertes choisies pour ce dossier. "Nous sommes à un moment où la recherche très pointue et technique sur des souris génétiquement modifiées, par exemple, nous a finalement fait revenir à la physiologie pure, car nous avons →

JEAN-LUC BERTIN/PASC



ALAIN
FROMENT

Chacun de nos organes témoigne de notre grande histoire évolutive

Anthropologue au Muséum national d'histoire naturelle

A LA
UNE

S&V: Quels enseignements tirez-vous de ces découvertes récentes sur nos organes ?

Alain Froment: Elles nous placent face à notre histoire évolutive. Certes, nous savons classer chaque organe et nous connaissons de mieux en mieux leur fonctionnement, mais ces découvertes prouvent que toute une partie nous échappe encore. Tels des oignons, nous sommes faits de pelures successives qui démontrent, si on sait les interpréter, la longue aventure de la vie sur Terre et les changements d'environnement qui l'ont marquée.

S&V: Cela veut-il dire que la science, la médecine, n'ont pas assez pris en compte le rôle de l'évolution ?

A.F.: La recherche fondamentale s'en empare de plus en plus. En revanche, pour la médecine, l'interprétation des maladies par le prisme de l'évolution reste encore une démarche trop timide. Pourtant, notre santé est de plus en plus confrontée à des conflits d'évolution. Les maladies neurodégénératives, tumorales, cardio-vasculaires ou encore l'ostéo-

porose, le diabète de type 2 et l'obésité n'étaient pas des problèmes de société il y a 500 ans. Pendant 3 millions d'années, nous étions chasseurs-cueilleurs. Nous consomptions de la viande maigre, des légumes riches en cellulose... mais pas de sucre, ni de sel, ni d'alcool, ni de tabac. Tout change au néolithique : malgré certaines mutations génétiques, nous ne nous sommes pas complètement adaptés au mode de vie sédentaire. Nous ne subissons plus un environnement naturel mais un environnement que nous avons modifié nous-mêmes. Il n'y a pas de précédent en biologie.

S&V: Le prochain défi, c'est donc de nous adapter à nous-mêmes ?

A.F.: Cette question domine l'avenir. Un des futurs chapitres de l'écologie concernera la relation entre l'espèce humaine et l'environnement afin de comprendre dans quel sens les modifications que nous faisons subir à ce dernier vont nous revenir en boomerang et comment les gérer... Or, pour l'instant, nous ne savons pas bien faire. Propos recueillis par A.P.

→ constaté que dès qu'on éteignait ou qu'on allumait un gène, ça n'avait pas forcément des répercussions que sur l'organe visé, mais sur beaucoup d'autres... Nous nous rendons compte que dans un organisme, tous les organes se parlent", confirme la chercheuse.

On efface tout et on recommence, alors ? Non, bien entendu, car si les poumons peuvent être désormais considérés comme des acteurs à part entière du système cardio-vasculaire, ils restent bien les garants de notre respiration. Mais des approches médicales originales ne manqueront pas d'émerger grâce à toutes ces données inattendues. D'ailleurs, si elles surprennent à première vue, l'ensemble de ces nouvelles fonctions et leurs interactions ne sont évidemment pas apparues récemment.

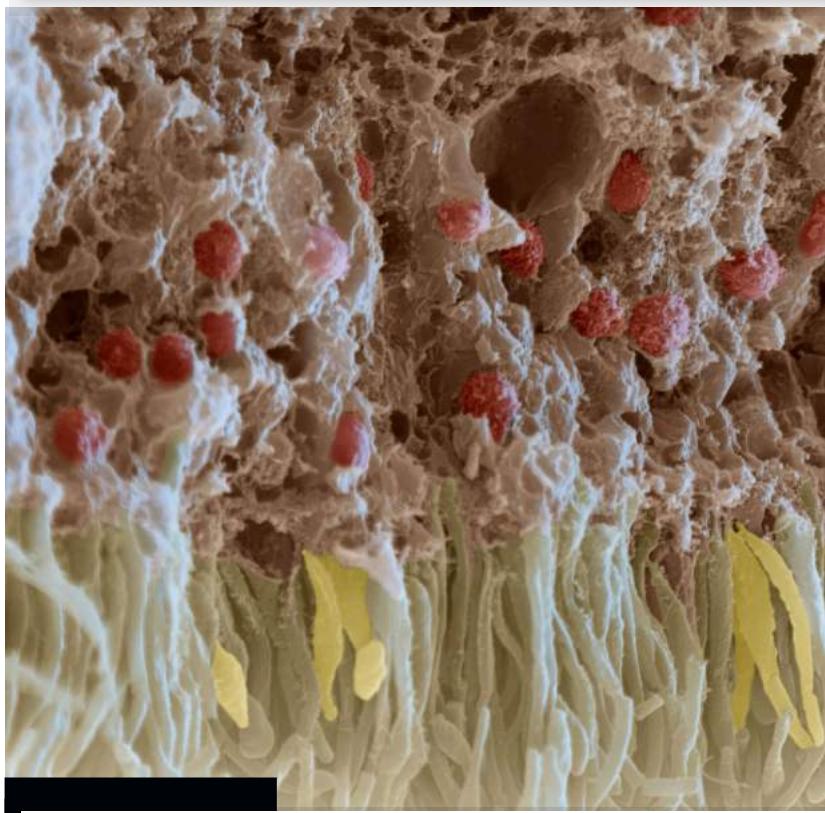
RÉINVENTER LA SURVIE

Et c'est peut-être cela, une des leçons à tirer de toutes ces découvertes récentes : dans notre course acharnée contre les maladies, nous en avons oublié de prendre en compte notre histoire évolutive. "Toutes les hormones ont été inventées pour survivre dans les conditions d'il y a 100 000 ans, rappelle Gérard Karsenty, spécialiste du squelette. D'un point de vue biologique, c'est contre-intuitif de penser que des hormones ont été inventées pour combattre l'obésité ou l'ostéoporose puisque ces problèmes n'existaient pas... L'espèce humaine est la seule qui a réussi à tricher avec la nature, dans le sens où c'est la seule espèce qui est parvenue à allonger son espérance de vie, à travers les progrès médicaux. Les éléphants vivent peut-être 100 ans maintenant, mais une chose est certaine : c'est qu'ils vivaient déjà 100 ans il y a 100 000 ans alors que nous vivions 30 ans."

Parallèlement aux nouvelles fonctions de nos organes, c'est toute notre façon d'appréhender et de soigner nos maladies qui risque bien de s'en trouver bouleversée. Pour le meilleur, n'en doutons pas !

A.P.

12 organes livrent leurs incroyables



œil Il peut donner

Organes complexes et délicats, les yeux sont faits pour voir. Personne n'imagine qu'il en soit autrement. Et s'ils génèrent des images aussi nettes et détaillées, c'est parce qu'ils possèdent un tissu particulièrement adapté : la rétine. De la taille d'un ongle, elle assure la transfor-

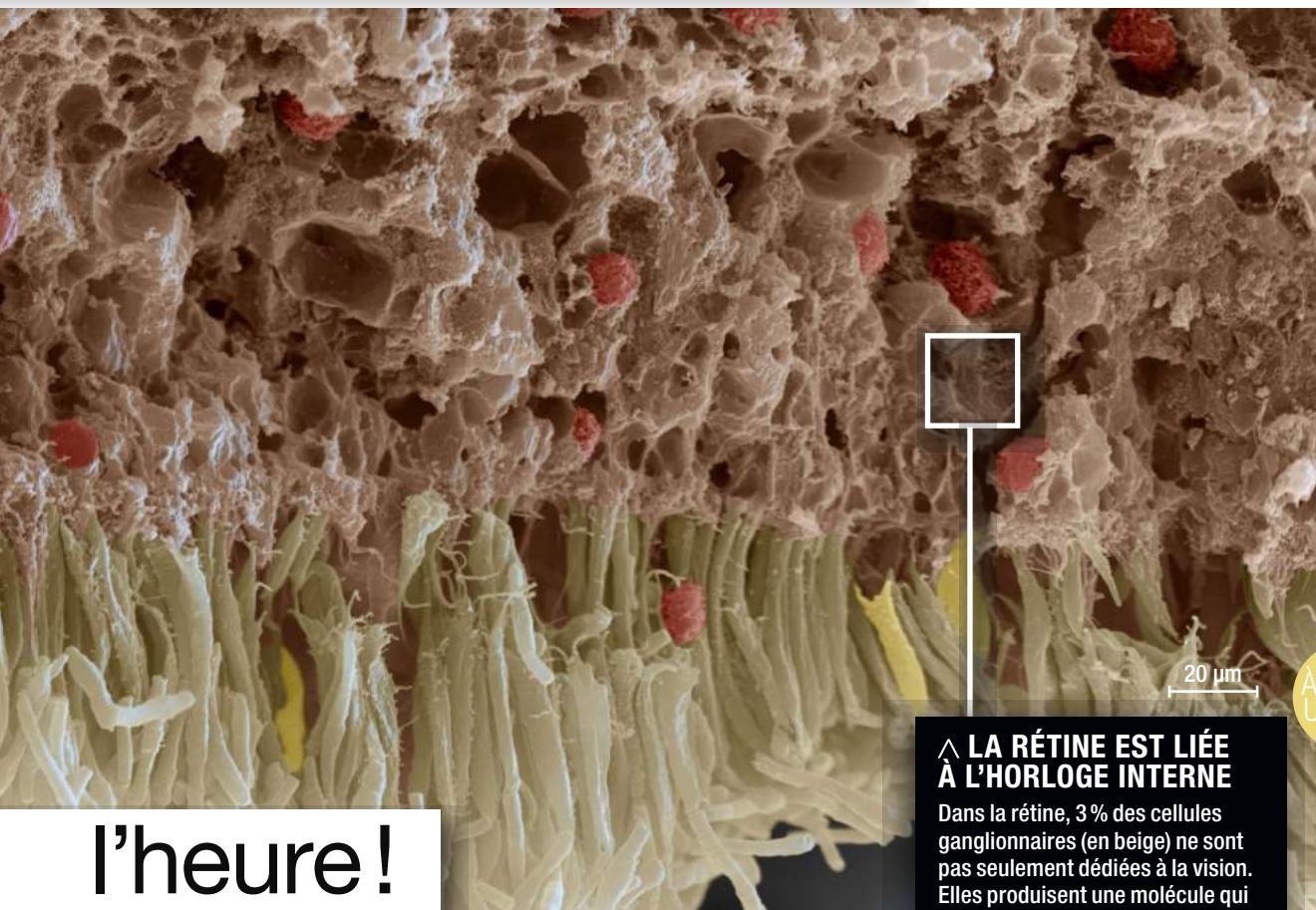
mation des rayons lumineux en images grâce à des photorécepteurs (cônes et bâtonnets) qui envoient les informations jusqu'aux aires visuelles du cerveau. Voir le monde, donc... Mais ce n'est pas tout ! Ces dernières années, plusieurs équipes ont découvert que notre rétine cache un incroyable pouvoir : celui d'indiquer l'heure à notre organisme.

Des physiologistes ont en effet mis en évidence, au fond de notre œil, une autre population de cellules sensible à la lumière. Son rôle ? Réguler l'horloge biologique. Insoupçonnée, cette découverte vient résoudre un casse-tête vieux de plusieurs siècles : com-

Zoom sur l'organe

2,5 cm de diamètre et 7 grammes en moyenne pour le globe oculaire.

10-12 micromètres, c'est l'épaisseur de la couche des cellules ganglionnaires, 40 micromètres pour celle des photorécepteurs.



l'heure !

ment les aveugles parviennent-ils à rester en phase avec les changements jour/nuit ?

UN COLLYRE POUR DORMIR

Ces nouveaux acteurs de l'horloge interne font partie de la famille des cellules ganglionnaires, des neurones qui servent normalement de simples relais entre la rétine et le cerveau. Dans le détail, cette faculté supplémentaire n'est réservée qu'à 3 % des cellules ganglionnaires. Ce qui a mis les scientifiques sur la piste, c'est une histoire d'opsine. Cette molécule produite par les cônes et les bâtonnets leur permet de mesurer l'intensité lumineuse. A l'occasion de recherches sur les cellules ganglionnaires, les chercheurs

se sont aperçus que certaines en produisaient aussi, alors qu'elles ne sont pas censées mesurer l'intensité lumineuse. Remontant plus loin la piste, ils ont constaté que ces cellules étaient directement reliées à la région du cerveau qui héberge l'horloge biologique.

Et ce n'est pas tout. Une équipe écossaise vient de montrer que ces mêmes cellules ganglionnaires produisent de la vasopressine, un neuromédiateur impliqué dans la vitesse de récupération après un décalage horaire. “*Ces cellules ganglionnaires, que l'on pensait être de simples relais d'information, ont en fait une activité propre et une sensibilité intrinsèque à la lumière qui leur permet de réguler l'horloge biologique*”,

À LA UNE

LA RÉTINE EST LIÉE À L'HORLOGE INTERNE

Dans la rétine, 3 % des cellules ganglionnaires (en beige) ne sont pas seulement dédiées à la vision. Elles produisent une molécule qui mesure l'intensité lumineuse et sont reliées à la zone du cerveau qui abrite l'horloge biologique.

résume Serge Picaud, à l'Institut de la vision, à Paris. Les chercheurs estiment qu'en modifiant leur activité à l'aide d'un collyre, il serait possible de régler l'horloge biologique à la demande : pour des travailleurs de nuit, pour favoriser l'endormissement ou encore pour mimer une augmentation de la luminosité en cas de dépression automnale. Tout cela, sans perturber a priori la perception visuelle. Ne rien voir mais ressentir l'heure qui passe... Autant dire que les chercheurs ne sont pas au bout de leurs surprises sur les compétences de nos yeux.

A.R.

Squelette Il détient la clé

Une simple charpente... voilà à quoi le squelette est souvent réduit. Tout au plus lui reconnaît-on un rôle de réservoir de calcium pour le fonctionnement des cellules. Or, depuis une dizaine d'années, se révèle aux chercheurs la vraie nature de cet organe qui, de découverte en découverte, décroche aujourd'hui l'un des premiers rôles dans une longue liste de fonctions inattendues. Re-production, alimentation, mémorisation... Il met son grain de sel partout !

UN LIEN AVEC NOS ORIGINES

Le Français Gérard Karsenty a été le premier scientifique à deviner que notre squelette n'est pas une armature inerte. Emigré aux Etats-Unis à la fin des années 1990, au département Génétique et développement de l'université de Columbia à New York, il mène des études sur la calcification de l'os. Pour les besoins de ses expériences, l'équipe fait naître une souris qui ne produit pas d'ostéocalcine, une petite molécule uniquement produite par des cellules de l'os, les ostéoblastes. Pour Gérard Karsenty, l'ostéocalcine doit forcément jouer un rôle dans la minéralisation osseuse. Or, les os des souris nées dans le laboratoire sont tout à fait normaux... Mais en les ouvrant, les chercheurs observent la présence de tissu adipeux autour de l'abdomen. Autre bizarrie, lorsqu'ils tentent de les faire se reproduire, il ne se passe

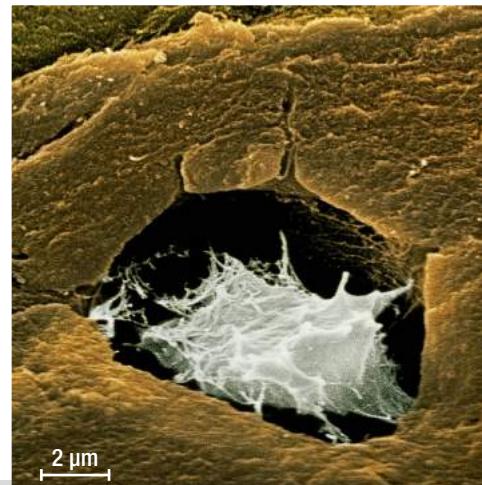
rien. L'ostéocalcine ne se contente pas du rôle de charpentier, c'est une hormone. Produite par les os. La preuve, "elle circule dans le sang, est produite par un seul type de cellules (les ostéoblastes) et affecte différents tissus (adipeux et reproducteurs)". Gérard Karsenty avance alors la thèse d'une régulation hormonale qui coordonnerait la croissance des os, le métabolisme et les fonctions sexuelles. Dans la communauté scientifique, "tout le monde trouvait cela très poétique, mais totalement farfelu", s'amuse-t-il.

Au milieu des années 2000, plus personne ne sourit. "Par accident, nous avons générés des souris auxquelles il manquait une autre molécule produite dans les ostéoblastes. Or, les souriceaux examinés n'avaient pas du tout de tissu adipeux. Totalement l'inverse de souris sans ostéocalcine, rappelle le spécialiste. C'est là que tout a redémarré."

Peu à peu, le rôle de cette nouvelle hormone dans la régulation des fonctions vitales se fait jour: masse, métabolisme en amont de l'insuline, fertilité masculine en amont de la testostérone, fonctions musculaires... et même la mémoire! En effet, "les souris sans ostéocalcine étaient particulièrement dociles, ce qui nous a amenés à étudier la fonction de cette hormone dans le cerveau", se souvient Gérard Karsenty.

En 2013, l'équipe prouve qu'en supprimant le gène responsable de la production d'ostéocalcine chez les souris, celles qui naissent de mères homozygotes (présentant les deux mêmes versions de ce gène) n'ont aucune mémoire – et qu'elles sont en plus diabétiques. "Aucun gène exprimé dans le cerveau n'a une telle influence sur la mémoire", résume le chercheur.

L'os responsable de la mémoire... l'idée laisse sans voix. Mais pour le



L'OS PRODUIT DES HORMONES EXTRAORDINAIRES

Au sein du tissu osseux (en marron), une cellule, l'ostéoblaste (en blanc), produit pas moins de trois hormones qui régulent le métabolisme énergétique, les processus de mémorisation, l'alimentation ainsi que la reproduction. Autant de fonctions au service de la survie de l'espèce.

chercheur, il n'existe aucune discontinuité entre les fonctions ambulatoire et endocrinienne de l'os, toutes deux liées à la survie. "La mémoire existe pour se rappeler où était le prédateur ce matin, et où était la nourriture hier soir. Mais si vous ne pouvez pas courir parce que les muscles ne peuvent pas grossir sur vos os, ça ne sera pas une bonne journée non plus..."

En mars, un nouveau pavé dans la mare bouscule la communauté des spécialistes du squelette en démontrant le rôle de l'os dans la régulation de l'appétit. Un quart d'heure après la prise d'un repas, les ostéoblastes libèrent très rapidement une autre hormone, la lipocaline 2, agissant sur les voies anorexigènes pour réduire la prise alimentaire. L'os n'a pas fini de nous faire marcher...

A.P.

Zoom sur l'organe

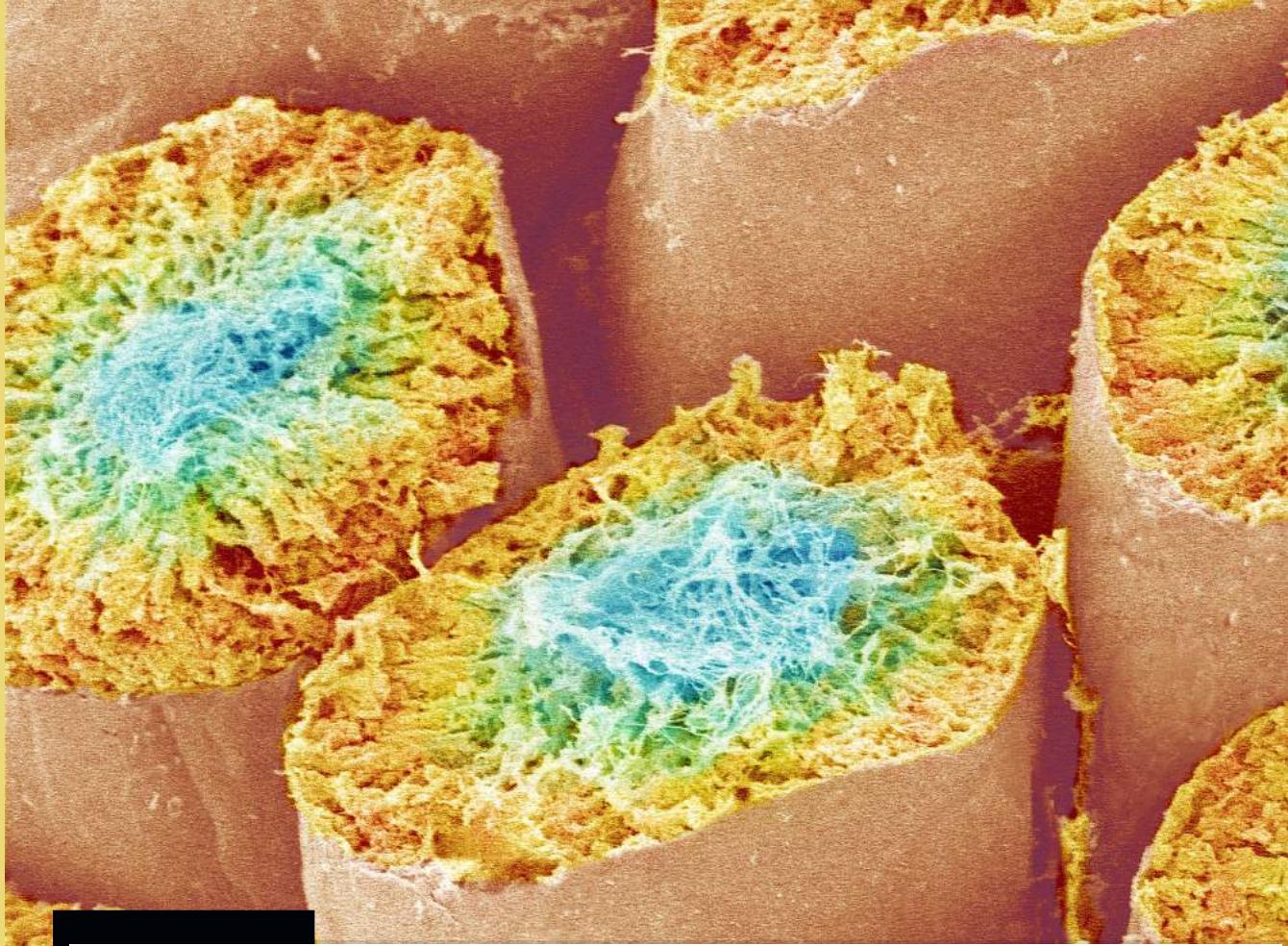
206 os composent notre squelette, qui représente environ 20% du poids du corps.

20 % du calcium indispensable au bon fonctionnement des cellules du corps humain provient de notre squelette.

de notre mémoire



À LA
UNE



Testicules Ils sont dotés de récepteurs du goût

Voilà le genre de découverte qui bouleverse totalement le regard que la science – et chacun d'entre nous – porte sur un organe. Les testicules, ces deux glandes de 5 à 7 cm de longueur, sont équipés de récepteurs... du goût! Loin d'être anecdotique, cette fonction gustative s'avérerait même vitale pour produire des spermatozoïdes en pleine forme. A tel point qu'empêcher les testicules de goûter certaines saveurs les pousserait à engendrer des gamètes sans queue ni tête. Sachant – précision utile – que cette appétence gustative des testicules est interne: inutile de les saupoudrer de sucre...

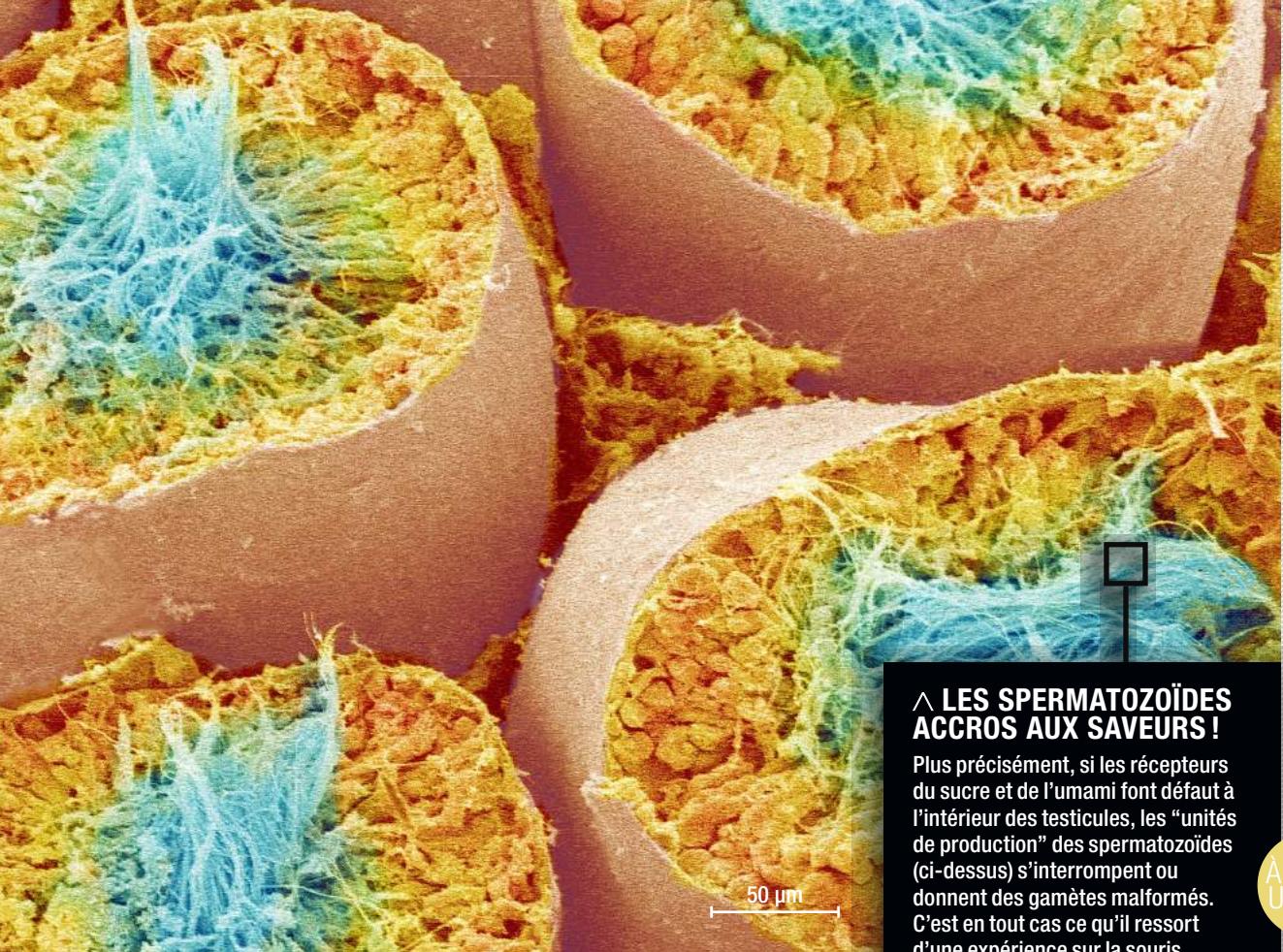
Depuis quelques années déjà, les scientifiques savent que lorsque nous mangeons, nous sommes sensibles aux quatre saveurs classiques (amer, acide, salé et sucré), mais aussi à une cinquième, l'umami, comparable à celle d'une sauce soja sans sel. Lorsqu'elles sont ingérées, les molécules qui composent ces saveurs se diffusent un peu partout dans l'organisme et finissent par arriver naturellement jusqu'aux testicules... qui peuvent les percevoir.

Mais comment les scientifiques ont-ils pu aboutir à une telle incongruité? Au cours des années 2000, la recherche moléculaire a permis

d'identifier la structure des récepteurs associés aux différentes saveurs et de mettre au point des méthodes d'inhibition pour les étudier.

EN RAPPORT AVEC LA FERTILITÉ

Et à mesure que les structures moléculaires se dessinaient et que leur localisation se simplifiait, quelle ne fut pas la surprise des spécialistes du goût de détecter des récepteurs non plus uniquement dans la bouche, mais à différents endroits de l'organisme. C'est bien simple, ils sont partout. Côlon, vessie, estomac, graisse, os, cœur... et donc testicules! "La liste des tissus et des organes com-



▲ LES SPERMATOZOÏDES ACCROS AUX SAVEURS !

Plus précisément, si les récepteurs du sucre et de l'umami font défaut à l'intérieur des testicules, les "unités de production" des spermatozoïdes (ci-dessus) s'interrompent ou donnent des gamètes malformés. C'est en tout cas ce qu'il ressort d'une expérience sur la souris.

A LA
UNE

portant des récepteurs de goût s'allonge d'année en année, même si leur rôle reste encore souvent à élucider", confirme Loïc Briand, au Centre des sciences du goût et de l'alimentation (Inra, université de Bourgogne Franche-Comté).

Pour les testicules, le mystère s'est un peu éclairci en 2013. L'équipe de Robert Margolskee, du Monell Chemical Senses Center de Philadelphie, a révélé le rôle déterminant de certains récepteurs de l'umami et du sucre placés un peu partout sur les cellules de testicules : ils seraient directement liés à la fertilité masculine !

SUSUMI NISHINAGA/SCIENCE PHOTO LIBRARY/COSMOS

brate – le récepteur commun au sucré et à l'umami. Résultat : l'inhibition a immanquablement provoqué la production de spermatozoïdes malformés et une stérilité des mâles. Plus incroyable encore, une fois le récepteur et sa protéine désinhibés, les souris ont recouvré leur puissance fertile. Faut-il voir ici la marque de l'évolution qui aurait donné à notre espèce une sorte de contrôle des naissances en cas de disette ? Pas d'hypothèse avancée, mais une foule de questions !

En attendant, messieurs, à la lecture de ces lignes, ne mangez pas plus de plats à base de sauce soja et n'ajoutez pas de sucre dans votre café sous prétexte que les récepteurs de vos testicules en seraient très friands... La nouveauté de ces résultats demandera approfondissement et confirmation avant d'en déduire une quelconque leçon.

Pour les chercheurs, les applications les plus directes sont à espérer du côté des contraceptifs masculins. Par ailleurs, ils soulignent également que l'inhibiteur utilisé dans leur expérience – le clofibrate – n'est pas anodin. Il se retrouve classiquement dans des herbicides utilisés dans l'agriculture. De quoi soulever un questionnement complexe sur les liens entre sens du goût, pollutions et troubles de la fertilité.

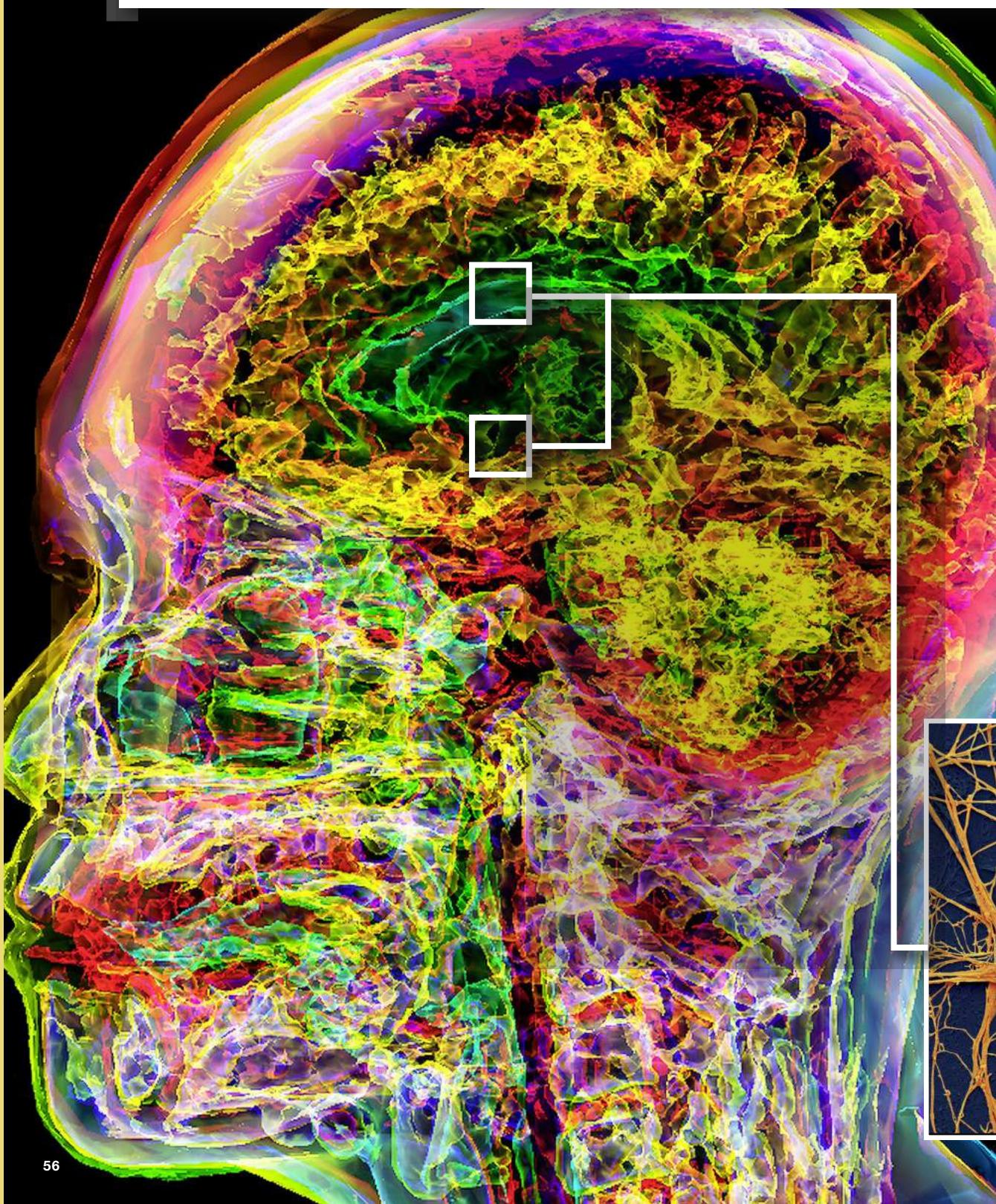
A.P.

Zoom sur l'organe

34 degrés Celsius, c'est la température qui règne dans les testicules, soit en moyenne 3 degrés de moins que dans le reste du corps humain.

100 millions de spermatozoïdes sont présents dans chaque millilitre de sperme.

Cerveau Il cache une



arme contre son propre déclin

Pour le cerveau, tout se construit avant 25 ans. Après, c'est le déclin." Voilà un dogme scientifique enseigné pendant des décennies dans les écoles de médecine. Pourtant, il est faux. Car le cerveau a une botte secrète : il parvient à se régénérer ! Et ce qui intrigue le plus les chercheurs, c'est que certaines zones semblent garder leur pouvoir de régénération tout au long de la vie, tandis que d'autres le perdent à l'âge adulte. La recherche intense autour de ces zones de régénération tient autant à leur nombre exact qu'à leur rôle précis dans son fonctionnement.

Ce que l'on sait désormais, avec certitude, c'est que le cerveau adulte possède au moins deux réserves de neurones immatures. Des pouponnières dans lesquelles grandissent les futurs remplaçants des neurones fatigués,

voire de nouveaux neurones supplémentaires. Découverte au milieu des années 2000, la première est située dans l'hippocampe, centre de régulation des émotions et de formation des souvenirs. La deuxième, découverte en 2011, se cache dans le striatum, région impliquée dans le système de récompense et à l'origine du plaisir. Et c'est un animal, pas forcément réputé pour son intelligence, le canari, qui a mis les chercheurs sur la piste. "Cet oiseau produit un chant différent à chaque printemps ; en étudiant cette curiosité de la nature, des scientifiques ont découvert qu'à chaque automne, l'animal perdait des neurones et qu'il en acquérait de nouveaux au printemps, qui lui permettent d'élaborer un nouveau chant pour séduire une femelle", raconte Pierre-Marie Lledo, directeur de recherche au

CNRS et directeur du département de Neurosciences à l'Institut Pasteur.

Ce fut un vrai délic pour les scientifiques, qui se mirent alors en quête d'un tel mécanisme chez notre espèce. On en sait un peu plus sur le fonctionnement de nos pouponnières – une étude a par exemple compté que l'hippocampe produit jusqu'à 700 nouveaux neurones par jour. Mais les chercheurs s'interrogent sur leur rôle. Des hypothèses sont évidemment envisagées. "Pour l'hippocampe, le stock de neurones, en se renouvelant, va former en quelque sorte la mémoire vive de l'individu qui va évoluer avec le temps", explique Pierre-Marie Lledo. Cette capacité de régénération contribuerait donc à l'acquisition de nouvelles compétences intellectuelles à l'âge adulte. Mais pourquoi ici et

pas ailleurs ? Dans le cortex ou dans l'amygdale, là où d'autres fonctions vitales du cerveau sont également en jeu ? Et pourquoi ce renouvellement est-il limité à quelques centaines de neurones par jour, alors que les ravages du temps et des éléments extérieurs peuvent être sans pitié pour notre fragile cerveau ? Les énigmes sont encore nombreuses.

DE QUOI RELANCER LA MACHINE

Ce qui apparaît clairement, en revanche, c'est que fabriquer de nouveaux neurones à l'âge adulte n'est pas un dû et que ce processus nécessite certaines conditions. "Il existe en effet des facteurs favorables et d'autres pas, et, malheureusement, la vie moderne fait pencher la balance en faveur des seconds. La sédentarité, le surpoids, la passivité, le stress, l'isolement social ou encore le manque de sommeil freinent ce phénomène", poursuit Pierre-Marie Lledo. En soumettant des rongeurs à ces différentes conditions, on observe une diminution du volume de leur hippocampe, ce qui signifie que la naissance de nouveaux neurones est ralenti, voire bloquée. Et, à l'inverse, les placer dans des contextes de relations sociales, d'apprentissage, d'exercice physique quotidien, relance la machine", précise le chercheur.

Alors, en attendant de percer tous les mystères de notre fascinant cerveau, rien ne nous empêche déjà de tout faire pour relancer la machine de sa régénération.

A.R.

< DEUX ZONES TRÈS LOCALISÉES DE RÉGÉNÉRATION PERPÉTUELLE

Deux réserves de neurones immatures ont à ce jour été localisées dans le cerveau humain. L'une dans l'hippocampe, zone qui régule les émotions et où se forment les souvenirs ; il s'y produit jusqu'à 700 nouveaux neurones par jour. L'autre réserve se situe dans le striatum, région qui abrite le système de récompense et qui produit le plaisir.



SPLASHANIE

Zoom sur l'organe

100 milliards environ de neurones joints par 100 milliards de milliards de connexions.

1,4 kilo, c'est le poids moyen d'un cerveau adulte.

UN ACTEUR DU SYSTÈME IMMUNITAIRE

Au début de la vie d'un individu, l'appendice est l'un des rouages de son système immunitaire. Puis, à partir de l'adolescence, les tissus qui le composent se modifient pour ressembler à ceux du rectum !

Appendice En fait, il sert à quelque

L'appendice ? Un simple diverticule intestinal qui ne sert à rien en particulier mais présente un risque d'infection pendant l'enfance, au point de nécessiter son ablation pure et simple. Voilà ce que les médecins ont longtemps pensé. Ils étaient loin de se douter que ce petit organe attaché au système digestif, situé dans la première partie du côlon, cache non seulement une

fonction bien à lui, mais qu'en plus, il a deux vies !

Pour le révéler, des biologistes franco-américains ont fait ce que personne avant eux n'avait fait : ils ont étudié, de manière systématique, la présence de l'appendice chez 533 espèces de mammifères : chèvre, éléphant, taupe, loup, ours... Une première évidence leur a alors sauté aux yeux : l'appendice est apparu dans plusieurs branches de l'évolution et il n'a a priori plus jamais disparu par la suite. "Les nombreuses apparitions et la persistance de ce diverticule montrent qu'il a une valeur adaptative, une fonction pour l'espèce. Il ne s'agit pas d'un vestige, comme on l'a longtemps cru", clarifie l'un des auteurs, Michel Laurin, spécialiste de paléobiodiversité (CNRS, Paris).

Zoom sur l'organe

10% des personnes souffrent d'une inflammation de l'appendice pouvant nécessiter une ablation (appendicectomie).

6-12 cm de longueur pour 4 à 8 mm de largeur.

Ce n'est pas tout. Les scientifiques ont aussi remarqué que la présence de l'appendice est corrélée à celle d'un tissu du système immunitaire qui héberge les lymphocytes B et T. "De récents travaux montrent que l'appendice n'est autre qu'un organe lymphoïde secondaire, comme un ganglion lymphatique mais au niveau du côlon", explique Eric Ogier-Denis, spécialiste de l'inflammation intestinale (Inserm, Paris). Il contient 70 % de lymphocytes B immatures, ainsi que des lymphocytes T naïfs qui sont éduqués sur place grâce aux contacts avec des molécules et des micro-organismes présents dans le côlon."

Plus étonnant encore, l'appendice change de vie à partir de l'adolescence ! Après des années de bons et loyaux services immunologiques, il



chose

perd en effet sa fonction d'organe lymphoïde pour se transformer en... tissu rectal ! Sachant que le rectum se situe bien plus en aval du tube digestif, pas très loin de l'anus.

COMME UN DEUXIÈME RECTUM

De là à dire que c'est un peu comme si nous avions un deuxième rectum qui poussait à l'intérieur du ventre... “*Nous ne comprenons ni comment ni pourquoi cette transition a lieu, mais nous observons l'acquisition de marqueurs spécifiques au tissu rectal au sein de l'appendice chez l'adulte*”, commente Eric Ogier-Denis. Une chose est sûre, l'appendicectomie ne peut plus être le geste anodin qu'il a longtemps été pour la médecine. A.R.

Graisse Elle fait barrage aux infections

La graisse, un organe ? Eh oui ! Alors qu'elle était considérée comme une réserve passive d'énergie, les scientifiques sont certains, aujourd'hui, que la fine couche de cellules graisseuses située sous la peau et dans la région profonde de notre abdomen est le moteur d'une multitude de réactions immunitaires face aux attaques de pathogènes.

UNE HORMONE LA LIE AU CERVEAU

C'est en 1994 qu'une hormone, la leptine, a commencé à faire vaciller les préjugés. En effet, le tissu adipeux s'est révélé capable de la produire et de l'envoyer tel un message chimique jusqu'au cerveau pour réguler le métabolisme. Au cours des années 2000, “*le tissu adipeux va changer définitivement de statut avec la découverte de ses premières cellules immuno-inflammatoires*”, se souvient Karine Clément, spécialiste de nutrition à l'université Pierre-et-Marie-Curie. De nombreuses études ont révélé que tout est imbriqué : l'hormone de la graisse, la leptine, active la réponse inflammatoire et la

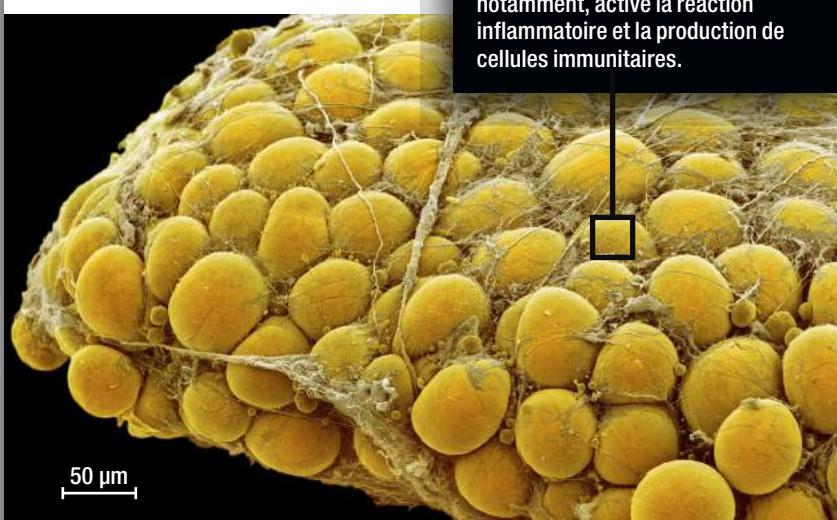
différenciation de certaines cellules immunitaires. Et en juin 2017, c'est le rôle protecteur du grand épiploon, cette membrane graisseuse de l'abdomen, qui est démontré : “*Il essaie d'empêcher tout un tas de processus d'infection en activant des pseudo-organes lymphoïdes*”, explique Cyril Touboul (Centre hospitalier intercommunal de Créteil).

Mais attention, l'équilibre est subtil. “*Si le tissu graisseux augmente, le système s'emballe*”, prévient Karine Clément. Les adipocytes fabriquent alors plus de cellules inflammatoires qui modifient toute l'immunité locale et annulent ce rôle bénéfique. Nous avons d'ailleurs montré que l'efficacité de ces cellules était améliorée lors d'une perte de poids...” Reste à déterminer les conditions et limites exactes de cet équilibre parfait ! A.P.

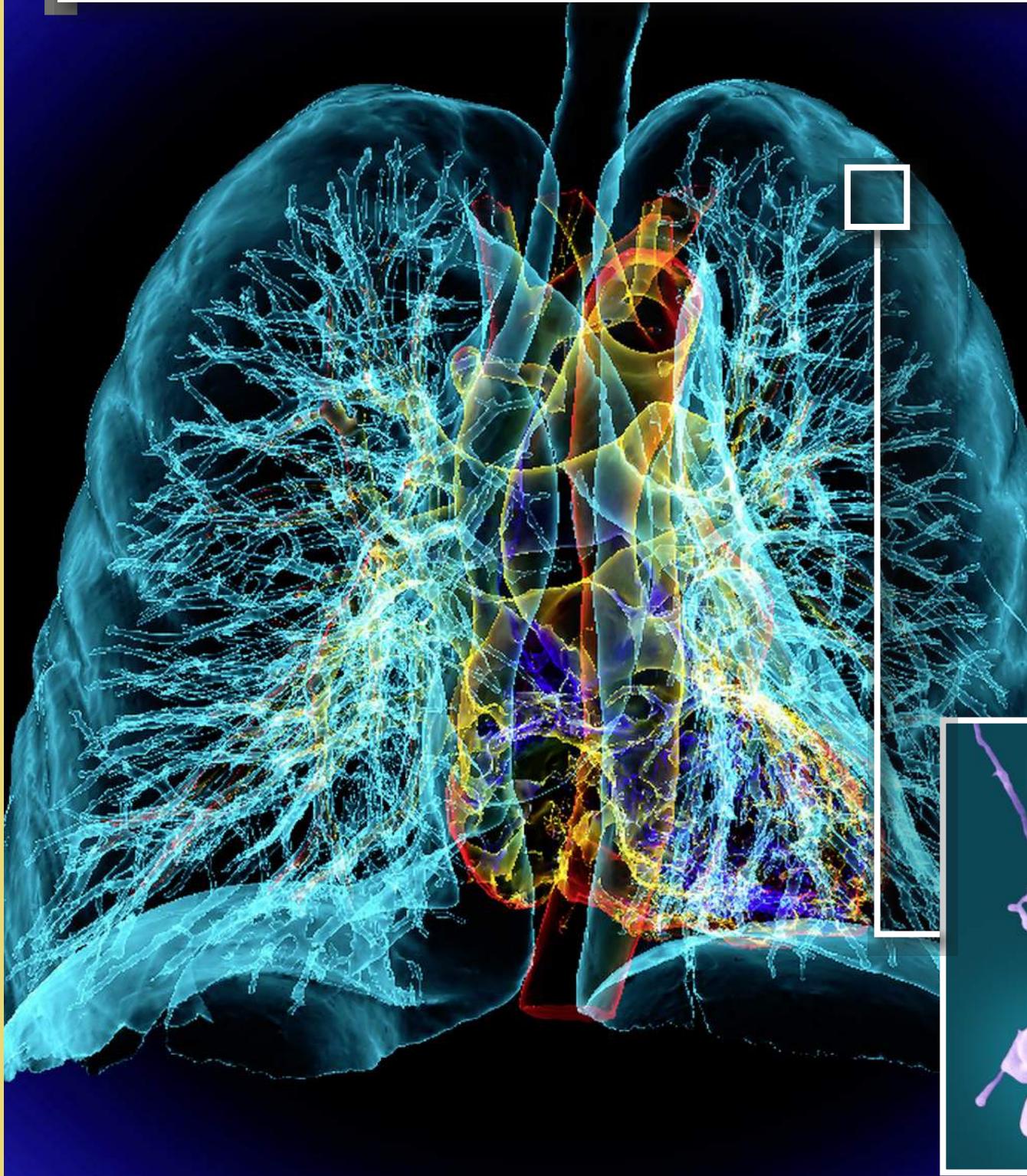
A LA UNE

UN ORGANE QUI AGIT COMME UN BOUCLIER

Les adipocytes (cellules graisseuses) ont la capacité de produire une hormone, la leptine, qui, notamment, active la réaction inflammatoire et la production de cellules immunitaires.



Poumons Ils produisent



aussi des cellules sanguines

Sur le rôle des poumons, les choses étaient pourtant très claires. Réservés aux échanges gazeux vitaux avec l'air extérieur chargé en oxygène, ils constituent l'organe central de la respiration. Parfairement adaptés à ce rôle, ils procèdent à l'extraction de l'oxygène grâce à leurs trois cent et quelques millions de minuscules alvéoles, qui leur confèrent cette texture spongieuse. Or, il va falloir tout revoir! En effet, une fonction totalement insolite vient d'apparaître: les poumons contribuent à la fabrication du sang.

De fait, des expériences inédites menées chez la souris entre 2016 et 2017 montrent que les poumons produiraient à eux seuls plus de 50% des plaquettes sanguines, cellules primordiales pour la cicatrisation. Et qu'ils

sont le lieu de stockage des cellules souches hématopoïétiques, celles qui sont capables de donner naissance à toutes les cellules du sang, globules rouges, globules blancs... De quoi détrôner la moelle osseuse, considérée depuis le XIX^e s. comme la source principale de nos plaquettes sanguines.

VERS UN TOUT NOUVEAU STATUT

C'est la combinaison d'une technologie de pointe et du hasard qui a conduit à cette découverte surprenante au cœur du laboratoire de Mark Looney, à l'Université de Californie (San Francisco). D'abord une technique, donc, la "microscopie photonoïque intravitaire", mise au point en 2011. À l'aide d'une fenêtre d'observation insérée entre deux côtes adjacentes d'une souris vivante, elle permet d'observer les cellules en direct dans le poumon.

Ce sont ensuite les observations d'Emma Lefrançais, post-doctorante chargée d'étudier les mécanismes d'une inflammation pulmonaire, qui ont permis de détecter inopinément le phénomène. "Alors que je regardais leurs interactions avec les globules blancs, là, sous mes yeux, il s'est produit une chose totalement inattendue: la production de plaquettes sanguines par les poumons. Ça ne pouvait être que ça, se souvient encore, surprise, la jeune chercheuse. J'observais, outre ceux présents dans la circulation sanguine, des mégacaryocytes résidents [cellules souches des plaquettes], c'est-à-dire situés dans les alvéoles ou dans les tissus interstitiels, qui se fragmentaient."

Trop extraordinaire pour être vrai? D'autres expériences sont pourtant venues enrichir et entériner la découverte d'Emma Lefrançais. Car non

seulement les poumons produisent des plaquettes, mais ils renferment aussi les cellules souches hématopoïétiques. Ces dernières sont capables, lors d'expériences de greffe pulmonaire sur la souris, de migrer vers la moelle osseuse et de relancer la production de plaquettes.

Mais *quid* de l'être humain, chez qui installer une fenêtre entre deux côtes reste impossible? "Nous avons mesuré chez l'homme le taux de plaquettes dans le sang à la sortie des poumons et il est plus important qu'ailleurs", répond Emma Lefrançais. *De plus, les patients branchés sur des machines assurant la circulation sang et oxygène lors d'opérations présentent moins de plaquettes dans le sang.*" Autant d'indices qui viennent confirmer le nouveau statut des poumons. Non contents d'être l'organe vital du système respiratoire, ils se révèlent être une pièce maîtresse de notre système cardio-vasculaire!

Et ça change quoi? Il est encore trop tôt pour le dire, tellement la découverte met "la tête à l'envers" des médecins, qui s'interrogent sur ce qu'ils avaient compris des poumons. Et qui imaginent déjà de nouvelles pistes de traitements des thrombopénies – baisse du taux de plaquettes – liées, entre autres, à des maladies auto-immunes, à des aplasies médullaires – raréfaction de la moelle osseuse – ou encore à des maladies infectieuses (syndromes hémolytique et urémique).

A LA UNE
SPLASHANIE - SCIENCE SOURCE/GETTY IMAGES
A.P.

PLUS DE 50 % DES PLAQUETTES EN SERAIENT ISSUES !

Le rôle des poumons est loin de se "limiter" à la respiration. Ils produisent en effet plus de la moitié des plaquettes sanguines (ci-dessous). Et abritent également les cellules hématopoïétiques, les cellules souches responsables de la production de la totalité des cellules sanguines!



Zoom sur l'organe

8,5 millions, c'est le nombre de respirations que nous effectuons chaque année, soit entre 12 et 20 par minute selon notre activité.

70 m², c'est la superficie qu'occuperaient toutes les alvéoles des poumons, soit 40 fois plus que la peau.

Intestin Il tient ses super

Le tube digestif est sans doute l'un des organes dont le destin a été le plus revisité ces dix dernières années. Au point de passer du statut de simple organe de la digestion à celui d'entité complexe et bien plus noble qu'il n'y paraît.

Personnalité, mémoire, longévité... Son influence majeure sur nos existences s'étend à mesure que les chercheurs progressent dans la compréhension du monde qui l'habite, rassemblé sous le nom de microbiote intestinal: un écosystème complexe dont les perturbations sont associées à de nombreux troubles ou maladies allant du diabète aux maladies inflammatoires, jusqu'à l'autisme.

Mais les scientifiques ne se sont intéressés jusqu'à présent qu'à une seule catégorie de microbes: les bactéries. Ils ont émis des hypothèses sur ces êtres unicellulaires, qualifiés de "bonnes bactéries", qui dirigeaient en sous-main, depuis l'intestin, de nombreuses fonctions.

Or, depuis plus d'un an, tels des explorateurs découvrant la partie immergée d'un iceberg, les chercheurs comprennent que ce ne sont peut-être pas les bonnes bactéries qui sont vraiment aux commandes... Derrière elles se cache une catégorie de microbes beaucoup plus nombreux, plus petits et, surtout, plus mystérieux: les virus.

Chez des sujets sains, l'ADN issu des micro-organismes de l'intestin retrouvés dans les selles provient à 10 % de bactéries et à 90 % de virus. Ainsi, notre corps héberge plus de 10^{14} bactéries, mais il abrite... 10^{35} virus !

Ce qui intrigue le plus les chercheurs, c'est qu'il s'agit, dans l'immense majorité des cas, de bactériophages, soit des virus qui s'attaquent aux bactéries. Ils peuvent transférer des morceaux d'ADN entre les bactéries ou les forcer à produire des toxines, modifier leur métabolisme, etc. En ayant en quelque

sorte droit de vie ou de mort sur les bactéries, ces phages jouent un rôle majeur dans l'équilibre du microbiote. Au point que la question se pose: et si c'étaient eux qui agissaient sur notre appétit, nos goûts alimentaires, notre personnalité, etc. ?

L'ENTRÉE EN SCÈNE DU "VIROBIOTE"

Il est trop tôt pour statuer sur ce rôle qui, s'il était confirmé, relancerait le débat. Les scientifiques ne savent pas encore grand-chose sur le "virobiote" intestinal. *"Les travaux d'exploration commencent tout juste et la tâche est ardue, tant la diversité des phages est importante. De plus, près de 70 % des bactéries qui en renferment sont anaérobies, c'est-à-dire qu'elles poussent en l'absence d'oxygène, ce qui pose problème pour les cultiver"*, rappelle Eric Ogier-Denis (Inserm, Paris).

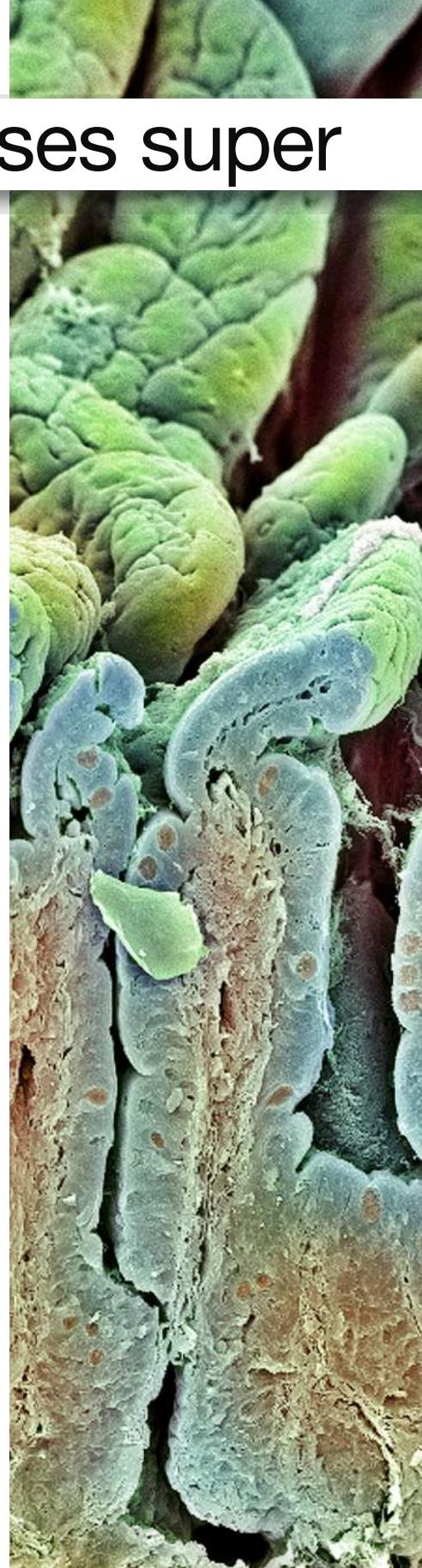
Les scientifiques ignorent même la provenance exacte de ces virus. *"Nous en récupérons probablement avec les bactéries de la flore maternelle pendant l'accouchement, mais la plus grande partie vient certainement de l'alimentation. On trouve dans ce virobiome des virus de végétaux qui ne peuvent a priori venir que de là!"*.

En attendant, ce virobiote semble bien jouer un rôle sur la santé humaine. En cas d'infection au VIH, les complications sont associées à une explosion de l'activité des phages. Décidément, l'intestin est l'organe de toutes les surprises... **A.R.**

Zoom sur l'organe

200 m² de surface si l'on déploie entièrement notre tube digestif (estomac, intestins...).

11,5 litres de nourritures liquides et de sucs digestifs traversent l'intestin grêle, qui assure 95% du travail de digestion.



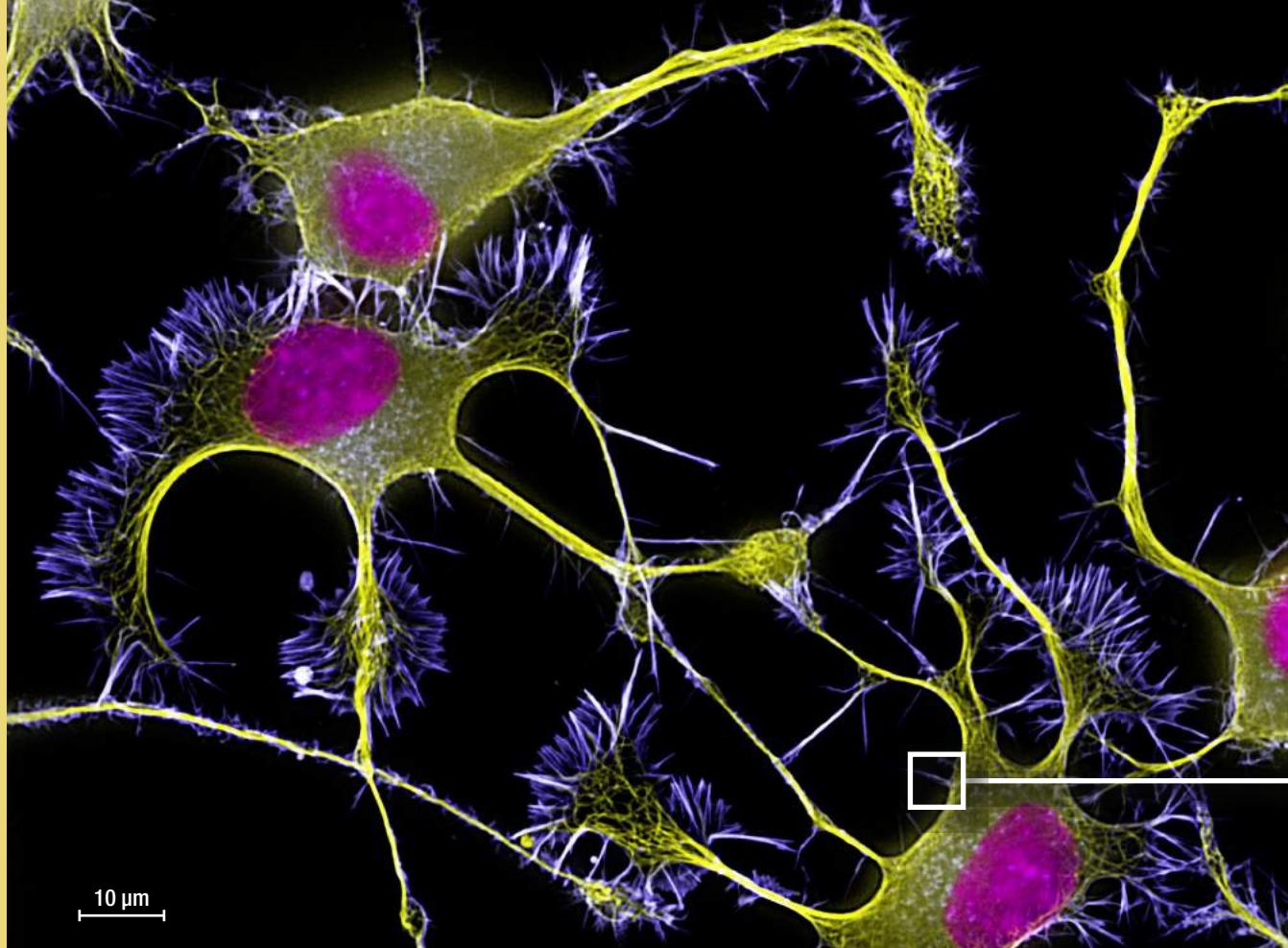
pouvoirs de... virus



^ PLUS FORTS QUE LES BACTÉRIES !

Dans une villosité de la paroi intestinale se cache le virus T4, prédateur (phage) de la bactérie *Escherichia coli*. La présence massive au sein de cet organe de tels phages, capables de prendre le contrôle des bactéries, pose question : et si c'était eux, les virus, qui jouent un rôle prépondérant et influent sur notre santé ?

A LA UNE



Foie Il grossit presque de moitié pendant

Les scientifiques viennent enfin de se pencher sur cette bizarre : chaque jour, notre foie se dilate, et pas qu'un peu ! Imaginez : son volume augmenterait d'un peu plus de 40 % dans la journée, et diminuerait d'autant pendant la nuit. Pour un foie adulte moyen de 1 500 cm³ le jour, qu'il n'est plus que de 900 cm³ au beau milieu de la nuit, .

Le foie est souvent comparé à une usine à trois départements : traitement, production, stockage. On sait depuis longtemps qu'il passe le plus clair de son temps à traiter les nutriments, à fabriquer des messagers chimiques (hormones), des composants des tissus du corps (protéines), du liquide digestif

(la bile), et à stocker du glucose et du fer... Mais ils n'avaient jamais mesuré à quel point cette usine fait les "trois-huit", sous le contrôle impitoyable d'une horloge biologique qui détermine l'augmentation des cadences, et donc la surface du foie pour assurer son bon fonctionnement.

PLUS IL PRODUIT, PLUS IL SE DILATE

Dans les années 1980, des échographies réalisées par hasard sur des patients avaient bien mis la puce à l'oreille des scientifiques, mais personne n'avait pris le temps d'étudier ces changements de taille avant l'équipe d'Ueli Schibler (université de Genève). Début 2017, les chercheurs

ont constaté, sur des souris de laboratoire, que cette dilatation est précisément liée à l'activité des cellules du foie. Ils ont mesuré que, chaque début de nuit, le rythme de fabrication des ribosomes, molécules permettant la construction des protéines, augmente exponentiellement dans le foie des rongeurs. La production de protéines s'en trouve amplifiée d'autant. Gorgé de molécules, le foie se dilate chaque nuit et se rétracte le jour chez le rongeur. Pour cette espèce nocturne, tout est inversé par rapport à nous, mais le principe est le même.

Ce mécanisme pourtant bien rodé s'enraye en cas de déphasage. Quand les souris ont été forcées de déjeuner

Glandes surrénales Elles font se parler le corps et l'esprit

La réputation de ces petites glandes qui reposent sur les reins semblait bien établie : elles gèrent le stress. Lorsque notre cerveau est en proie à une forte émotion, il leur envoie un message grâce à une connexion directe avec une région cérébrale impliquée dans l'humeur et elles sécrètent ainsiadrénaline et noradrénaline, qui augmentent le rythme cardiaque et la pression artérielle, libèrent les nutriments...

AU-DESSUS DU REIN, ELLES SONT HYPERCONNECTÉES

Les glandes surrénales, qui sécrètent les hormones du stress, sont reliées à une zone cérébrale impliquée dans l'humeur, ainsi qu'à d'autres régions qui contrôlent les muscles de la posture et du visage.

Peter Strick vient de montrer qu'elles sont bien plus que cela. L'équipe de ce neurologue de l'université de Pittsburgh a infecté des singes avec le virus de la rage, en l'injectant directement dans ces glandes. “Ce virus a la particularité de voyager dans les neurones. Nous avons ainsi pu remonter la piste jusqu'au cortex.” Résultat: “Ces glandes sont aussi directement reliées au cortex primaire moteur, qui contrôle les muscles impliqués dans la posture et les expressions du visage, mais aussi à des zones impliquées dans l'état dépressif, méditatif, ainsi que dans des processus cognitifs supérieurs, comme la reconnaissance d'une erreur.” Autrement dit, cet organe se révèle en fait une sorte de centre névralgique où le corps et l'esprit se parlent.

Les conséquences sont loin d'être anodines. “Si les muscles de la posture et du visage ont un effet sur les glandes médullo-surrénales, peut-on dire que sourire, se tenir droit ou faire du yoga réduit la libération des hormones du stress secrétées par ces glandes ?” s'interroge Peter Strick. “Il y a quelques années, je vous aurais dit : balivernes ! Plus aujourd'hui.”

RÉACTIONS EN BOUCLE

Ce qui ouvre de formidables pistes anatomiques pour l'étude des maladies psychosomatiques. “Si notre étude montre quelque chose, c'est qu'esprit et corps sont indissociables. Les deux s'influencent sans arrêt en boucle”, poursuit le chercheur. Et ce serait ces petites glandes qui rendent ce dialogue possible.

T.C.-F.

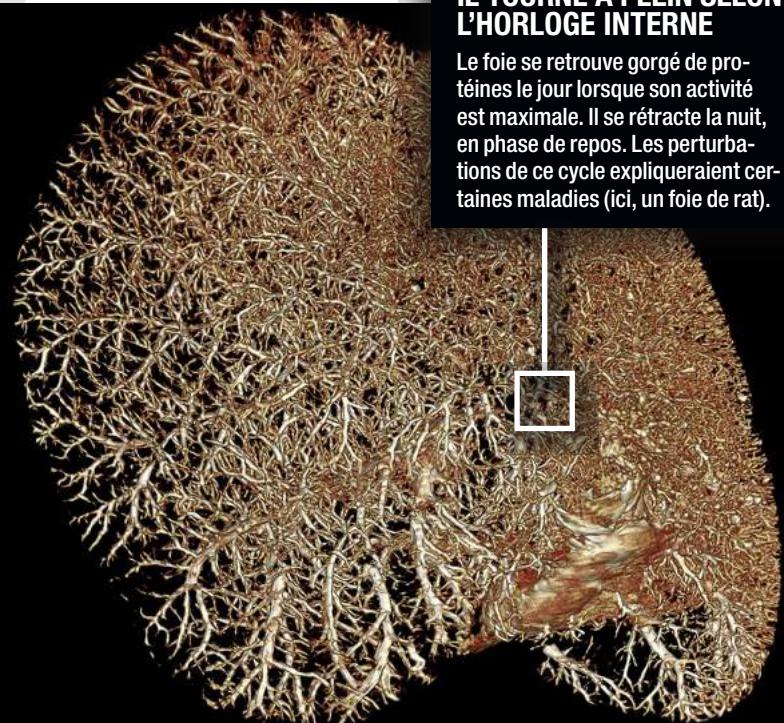
la journée

le jour au lieu de la nuit, leur foie, trouvé perturbé, a conservé la même taille pendant 24 heures et suspendu son cycle de production de protéines, ce qui interroge sur ses capacités à fonctionner correctement. “Il n'y a pas de raison qu'il en soit autrement chez l'homme, car le rythme jour/nuit, mais aussi les repas sont de puissants synchronisateurs de notre horloge biologique”, souligne Franck Delaunay, spécialiste de l'horloge biologique à l'université Nice-Sophia Antipolis. Alors que s'allonge la liste des maladies en lien avec une perturbation de l'horloge biologique, les variations de taille notre foie ne laisseront plus la science indifférente.

A.R.

IL TOURNE À PLEIN SELON L'HORLOGE INTERNE

Le foie se retrouve gorgé de protéines le jour lorsque son activité est maximale. Il se rétracte la nuit, en phase de repos. Les perturbations de ce cycle expliqueraient certaines maladies (ici, un foie de rat).



Cœur Il repousserait comme la queue du lézard

Il est l'organe vital par excellence. Celui qui cache une horloge de haute précision, chargée de propulser le sang et d'assurer en continu sa circulation en tout point de notre corps, est aussi perçu comme un organe fragile. Soumis aux accidents et aux ravages du temps qui menacent de le faire dérailler, le cœur n'est pas le foie. Aussi fort soit-il, il n'a pas en lui le pouvoir de se régénérer prodigieusement. C'est en tout cas ce que l'on pouvait penser, jusqu'à ce que des scientifiques observent l'impensable. Un cœur humain qui, tel le foie de Prométhée, semble se reconstituer !

Totalement inattendue, cette régénération a été rapportée en 2015 par l'équipe d'un chercheur autrichien, Bernhard Haubner, de l'Institut de biotechnologie, à Vienne. Ils ont examiné sous toutes les coutures le cas extrêmement rare d'un nouveau-né dont le cœur avait été sévèrement endommagé par un infarctus du myocarde à la naissance. A la surprise générale, quelques mois après être né, l'enfant avait totalement et spontanément récupéré ses fonctions cardiaques. Amputé d'une large partie, le cœur aurait donc repoussé, un peu comme le fait la queue du lézard !

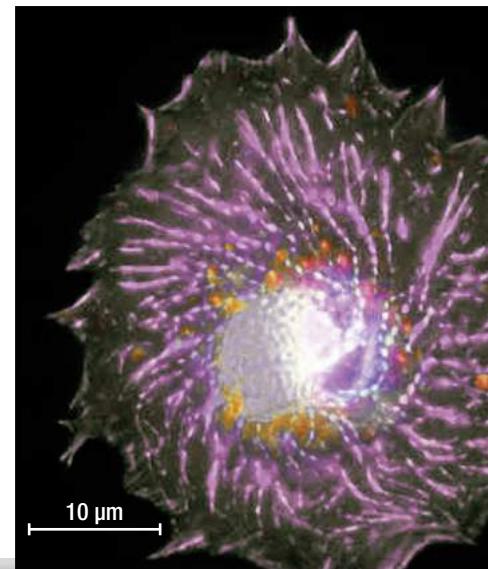
Jusqu'alors, seuls quelques cas reportés chez l'animal laissaient envisager pareil prodige pouvant survenir uniquement dans les jours, voire quelques

semaines après la naissance, avant de disparaître... D'ailleurs, la prudence reste de mise, car avant de mesurer l'ampleur de cette découverte, de nombreux examens seront nécessaires, notamment pour comprendre ce processus inédit chez le nouveau-né.

TOTALEMENT RÉGÉNÉRÉ EN 50 ANS

Mais le cœur des adultes intrigue lui aussi. Et semble réserver de bonnes surprises. *"Grâce à l'avancée de nos connaissances ces dernières années, on peut dire qu'à partir de la cinquantaine, notre cœur est quasiment entièrement renouvelé par rapport à celui qui nous a été donné à la naissance car, en réalité, les cellules musculaires cardiaques se renouvellent tout au long de la vie, lentement mais sûrement"*, explique Philippe Menasché, à l'Hôpital européen Georges-Pompidou.

Cette découverte, nous la devons aux études menées sur les témoins d'essais nucléaires pendant la guerre froide. En analysant, après leur décès, les doses de carbone 14 incorporé dans leurs cellules cardiaques, des chercheurs ont constaté que seule une petite partie d'entre elles étaient encore imprégnées de doses radioactives. Le cœur de ces adultes était en fait composé de vieilles mais aussi de nouvelles cellules. Plusieurs travaux, par la suite, indiquent que ce serait les cardiomycocytes, les cellules du muscle cardiaque, qui se multiplient à un rythme très lent sans avoir besoin de cellules souches. *"Le taux de renouvellement serait de 1 % à 2 % par an, peut-être*



EN PLUS, IL SE RENOUVELLE LENTEMENT, TOUTE LA VIE

Dans le cœur, ce ne sont pas des cellules souches qui produisent de nouvelles cellules, mais les cardio-mycocytes (les cellules du muscle cardiaque) elles-mêmes qui se renouvellent toutes seules. Elles le font lentement, à un taux de 1 % à 2 % par an, rythme qui diminue avec l'âge.

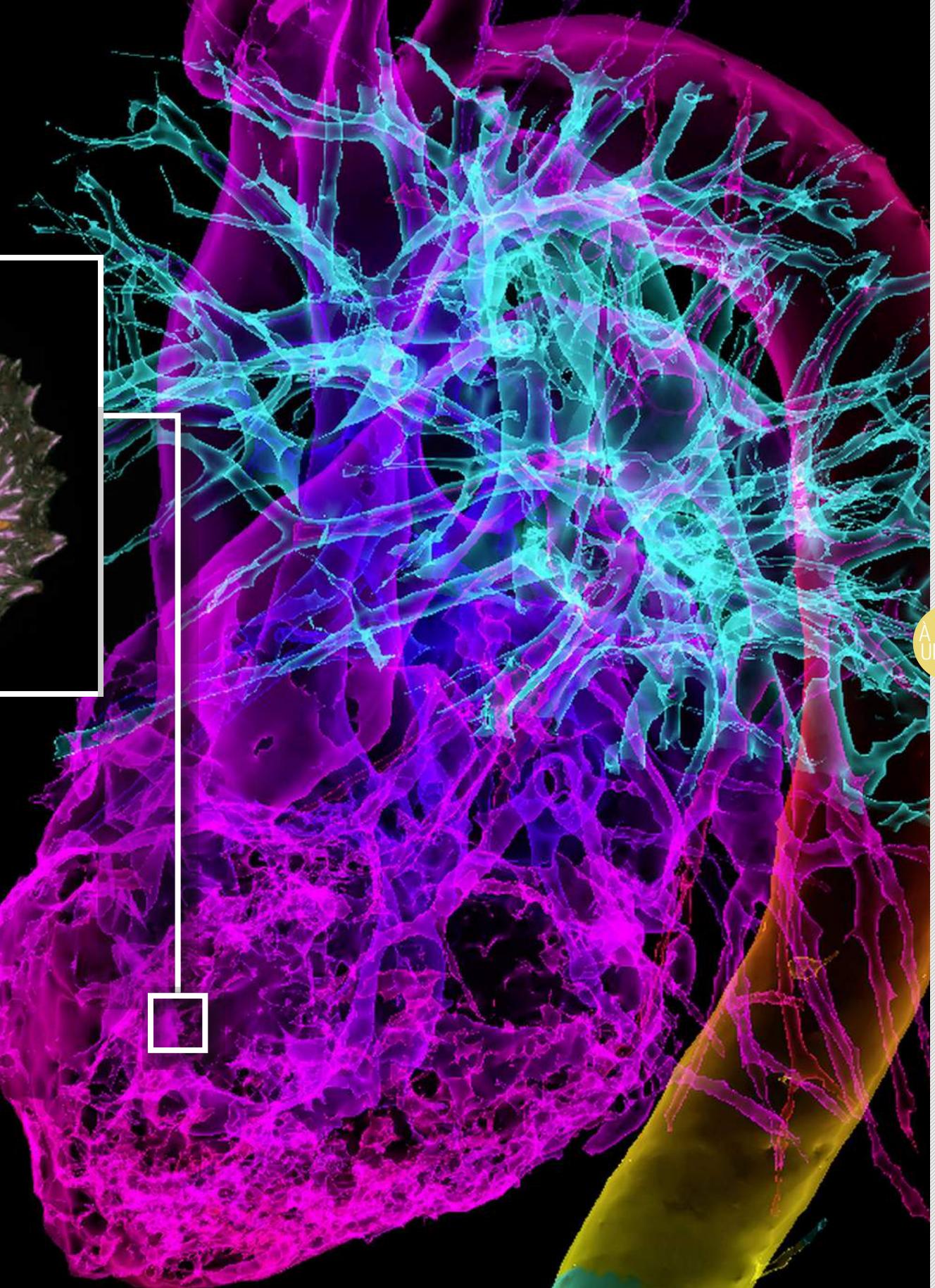
plus dans certaines régions ou après une lésion, puis diminuerait avec l'âge. Il s'établirait plutôt à 0,5 % après 70 ans", reprend Philippe Menasché.

Reste à découvrir les mécanismes qui permettent ce phénomène et, inversement, ceux qui l'inhibent. Mais le cœur semble prêt à rejoindre la liste des organes qui se régénèrent ! Même si, en termes de vitesse, il reste loin derrière l'épiderme, qui nous fait une peau neuve tous les mois, ou la paroi de l'intestin, qui détient le record absolu en se renouvelant tous les quatre jours. **A.R.**

Zoom sur l'organe

2,8 milliards de battements au cours d'une vie, soit 36 millions de fois par an.

330 grammes pour un cœur adulte, et un volume équivalent à celui d'un poing fermé.



A LA
UNE



Utérus Il voyage dans tout le corps

Dans la mécanique bien huilée du corps humain, chaque organe se trouve a priori à une place bien définie et n'en bouge plus. Pas l'utérus ! Lui a tendance à partir en vadrouille. Plus précisément, l'endomètre – un tissu qui tapisse sa paroi interne – s'avère être un grand baladeur, à tel point qu'il peut se retrouver dans des organes aussi éloignés que le cerveau ou les poumons !

L'endomètre ? C'est, à l'intérieur de l'utérus, une muqueuse dont les cellules prolifèrent pour se préparer à une éventuelle grossesse. Si elle n'a pas lieu, le tissu se désagrège en fin de cycle, avant d'être expulsé vers l'extérieur pendant les menstruations.

Dès la fin du XIX^e siècle, les médecins remarquent, chez des patientes en souffrance, la présence d'endomètre... en dehors de l'utérus : dans

la cavité abdominale, sur les ovaires, le tube digestif, la vessie... A partir des années 2000, les progrès de l'imagerie médicale aidant, on en découvre jusque dans l'appareil respiratoire, voire le cerveau. Et, même délocalisé, il continue à proliférer et à se désagréger au cours du cycle menstrual. C'est l'endométriose, qui touche 5 à 10 % des femmes réglées.

TOUS LES UTÉRUS ONT LA BOUGEOTTE

Chez certaines patientes, cela peut se traduire par de fortes douleurs et par un endommagement des organes. Chez d'autres il n'y a aucun symptôme. C'est en cherchant comment traiter cette pathologie que les médecins ont découvert une chose étonnante : les cellules de l'endomètre se baladent couramment dans l'organisme de la plupart des femmes.

DES TRACES JUSQUE DANS LE CERVEAU !

Les cellules de l'endomètre, la muqueuse intérieure de l'utérus, se dispersent dans tout le corps féminin. Les médecins en ont retrouvé certes sur les ovaires et dans la cavité abdominale, mais aussi dans les poumons et jusqu'au cerveau !

“Pendant les règles, l'utérus se contracte et peut propulser une partie des règles dans les trompes, plutôt que dans le vagin”, explique Michel Canis, gynécologue au CHU de Clermont-Ferrand et professeur des universités. Les trompes étant ouvertes à leur extrémité, des cellules endométriales s'échappent.”

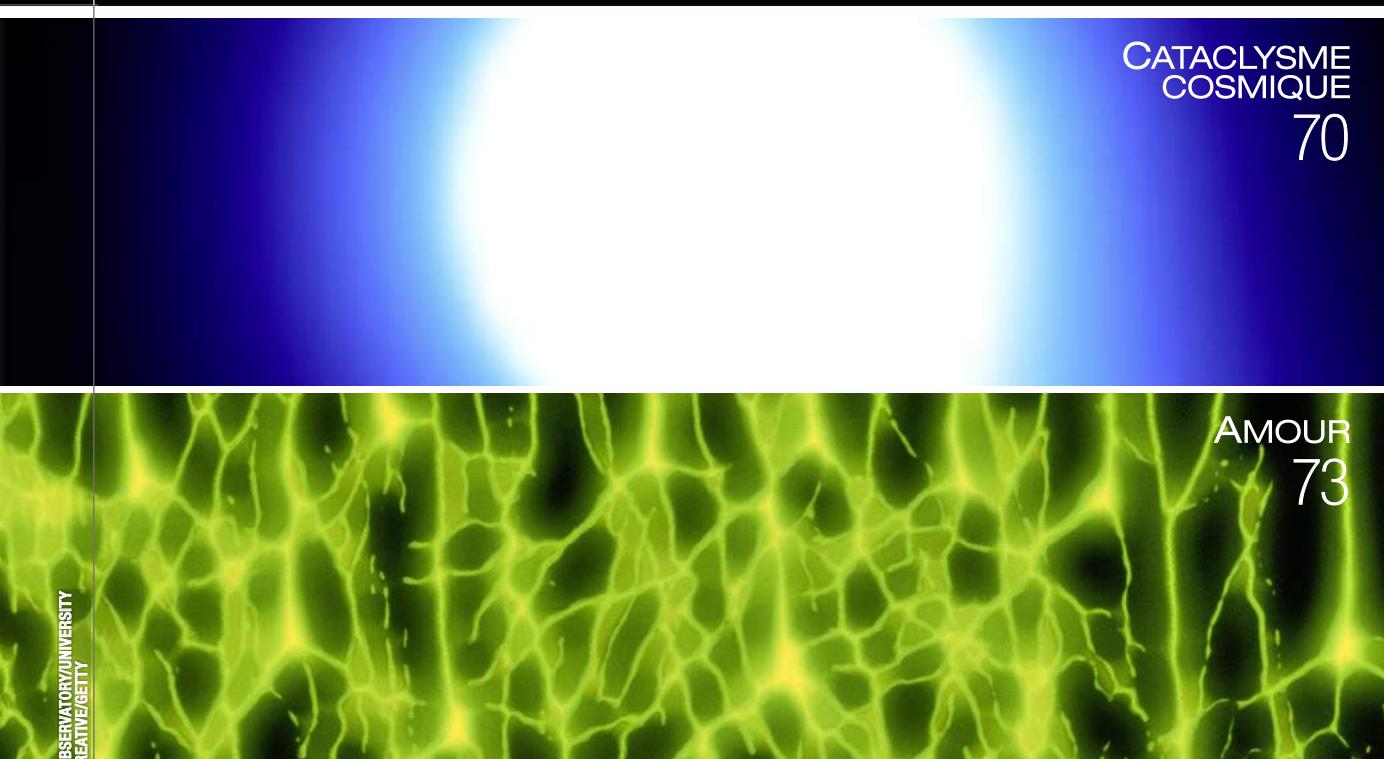
Voilà comment des cellules de l'utérus se retrouvent éparses dans le ventre. Mais comment peuvent-elles migrer plus loin encore ? *“Elles sont à peine plus grosses que les globules blancs, explique Michel Canis. Elles peuvent donc aussi passer dans les voies lymphatiques ou vasculaires.”* Chez la majorité des femmes, ce hors-piste n'est pas un problème, il va bien vite être balayé par des cellules immunitaires spécialisées... jusqu'au prochain cycle.

C.L.

& Science découvertes

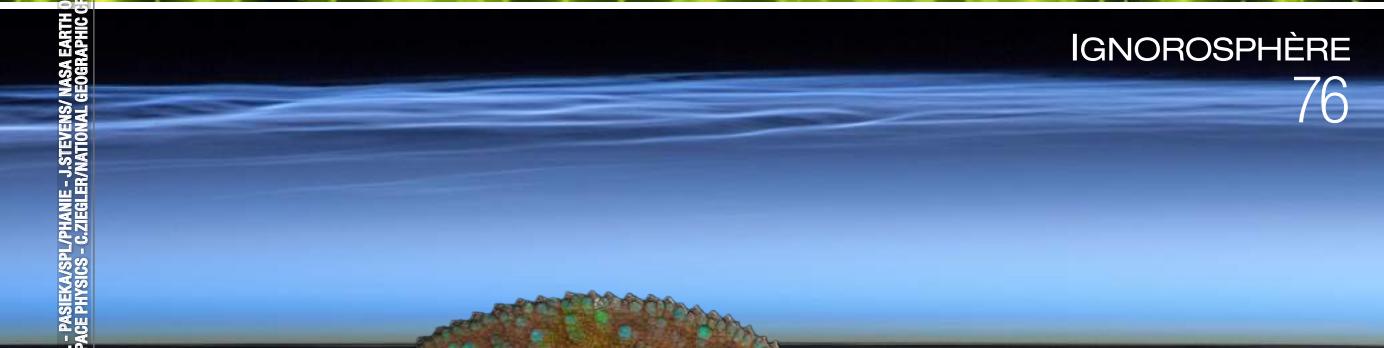
CATACLYSME
COSMIQUE

70



AMOUR

73



IGNOROSPHERE

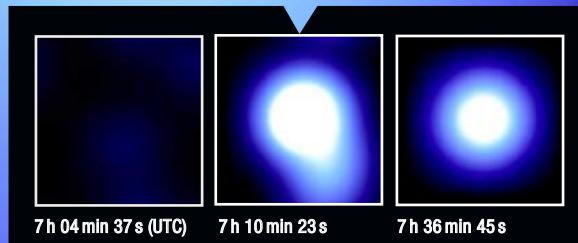
76

F. BAUER ET AL./NASA/CXC/PONTIFICAL CATHOLIC UNIVERSITY - PASIEKA/SPL/PHANIE - J.-S. STEVENS/NASA EARTH OBSERVATORY/UNIVERSITY OF COLORADO LABORATORY FOR ATMOSPHERIC AND SPACE PHYSICS - C. ZIEGLER/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE/GETTY



ORIGINE DES RÊVES

80



7 h 04 min 37 s (UTC) 7 h 10 min 23 s 7 h 36 min 45 s

Que s'est-il passé le 1^{er} octobre 2014 à 7 h 04 ?

Ce n'est ni une collision avec une étoile à neutrons, ni la mort explosive d'une étoile, ni un trou noir...

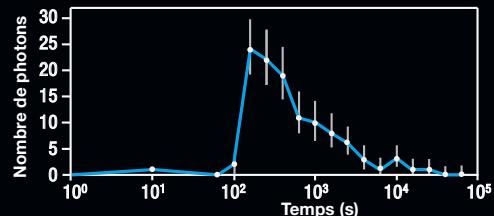
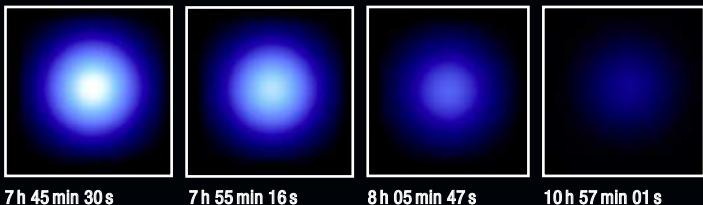
D'où vient cet étrange flash de rayons X détecté par le télescope *Chandra*? **Benoît Rey** a mené l'enquête.

D'abord, un petit point s'est allumé dans le ciel de l'hémisphère Sud, dans la constellation du Fourneau. De plus en plus brillant durant deux minutes trente, il s'est ensuite lentement estompé, pour s'évanouir complètement à la fin de la journée. Et ne plus réapparaître. Aucun humain n'a pu le voir: il brillait en rayons X, imperceptibles à l'œil. Aussi serait-il passé totalement inaperçu si, par le plus grand des hasards,

le télescope spatial à rayons X *Chandra* n'avait pas été pointé pile dans la bonne direction, ce jour-là, 1^{er} octobre 2014.

Il était parfaitement orienté pour recueillir les 115 petits photons qui ont pleuvoté sur ses miroirs, et enregistrer ce mystérieux signal baptisé CDF-S XT1. Cent quinze particules de lumière qui témoignent qu'à l'autre bout de l'Univers, une apocalypse a eu lieu, qu'un monde s'est achevé dans une gigantesque explosion. Mais que s'est-il passé exactement?

F. BAUER ET AL./NASA/CXC/PONTIFICAL CATHOLIC UNIV.



✓ UN FLASH DE RAYONS X INÉDIT

Le signal détecté le 1^{er} octobre 2014 est trop intense pour avoir été émis par un magnétar, par la collision d'un astéroïde et d'une étoile à neutrons, ou lors d'une flambée de naine blanche. Il est trop plat et s'éteint trop vite pour provenir d'une explosion d'étoile massive. Et trop faible pour être né dans la fusion de deux étoiles à neutrons.

→ loin, à l'autre bout de l'Univers visible! "Les deux positions étant alignées à 0,000361 degré près, on a calculé qu'il y a 96 % de chance que le signal provienne de cette petite galaxie", estime le chercheur.

Le mystérieux signal X a donc très probablement été émis depuis ce petit îlot, là-bas, il y a 10,7 milliards d'années, à une époque tellement reculée que le système solaire

per-massives, qui génèrent des flashes de rayons X si intenses qu'ils peuvent se voir à des milliards d'années-lumière... Ces flashes ont bien une durée comparable à celle du signal inconnu, mais ils sont trop plats et s'éteignent trop rapidement, comparé à CDF-S XT1, qui décroît de manière seulement exponentielle.

En revanche, cette pente de décroissance ressemble à la

Fermi, deux satellites de la Nasa dédiés à l'étude des sursauts gamma, à la recherche d'une détection le 1^{er} octobre 2014... Rien. Mais les satellites ne regardaient pas dans la même direction: ils pourraient avoir raté un sursaut de faible intensité. Dans le doute, l'astrophysicien analyse les flashes de rayons X émis lors de 760 sursauts gamma faibles... et trouve qu'ils sont systématiquement plus intenses que CDF-S XT1. Nouvelle impasse.

TOTALEMENT INÉDIT

S'agirait-il alors d'un cataclysme jamais encore modélisé? "Pour aller plus loin, il faudra de nouvelles observations ou de nouvelles théories", répond prudemment Franz Bauer. D'après ses calculs, réalisés à partir des spécificités de *Chandra*, 475 signaux semblables devraient statistiquement s'allumer chaque jour dans la sphère céleste! Cela paraît beaucoup, mais les télescopes n'observent qu'une infime portion du ciel. "Seuls six pourraient avoir été détectés par XMM-Newton et *Swift*", évalue le chercheur.

Reste aux observateurs à fouiller les téraoctets de données archivées par les deux télescopes... et aux théoriciens à agrandir leur bestiaire.

Ce 1^{er} octobre 2014, un nouveau monstre astrophysique s'est révélé.

Un vieux signal mystère refait parler de lui

C'est le plus emblématique des signaux inexpliqués en astronomie: le signal "Wow!" fut détecté en 1977 par le radiotélescope Big Ear du programme Seti. Sous le coup de la surprise, son découvreur Jerry Ehman annota l'interjection "Wow!" sur le papier à côté de cette étrange émission d'ondes radio, qui depuis porte ce surnom. Aujourd'hui, l'astronome amateur Antonio Paris annonce qu'il aurait été émis par l'hydrogène de la queue de la comète 266P/Christensen, découverte en 2006, mais qui, d'après ses calculs, serait passée pile dans le champ du télescope en 1977! Mystère résolu? Pas sûr... Les spécialistes s'étonnent que personne n'ait jamais remarqué cette émission par une comète auparavant...

était lui-même loin d'exister. Surtout, pour être visible aussi loin, l'explosion a dû être d'une violence phénoménale!

Voilà qui permet déjà d'exclure bon nombre d'hypothèses, comme celle d'un magnétar, une étoile mourante au champ magnétique ultra-intense; mais aussi d'une flambée de naine blanche; ou de la chute d'un astéroïde sur une étoile à neutrons... Tout puissants qu'ils soient, ces cataclysmes seraient invisibles d'aussi loin. Et les chercheurs d'invoquer les plus violents connus dans l'Univers, comme les explosions des étoiles su-

lumière d'une étoile en train d'être détruite par un trou noir de masse intermédiaire (environ 1 000 à 10 000 masses solaires). Sauf que cette fois, l'intensité du signal ne correspond pas; elle est 100 fois trop élevée. Ou bien s'agirait-il d'un de ces jets de matières qui surgissent lors de la fusion d'étoiles à neutrons? "La majorité de l'énergie est expulsée dans la fréquence des rayons gamma, mais il y a toujours une contrepartie en rayons X", explique Franz Bauer, qui s'accroche un temps à cette piste.

Le chercheur se plonge alors dans les archives de *Swift* et

A consulter : la publication qui détaille l'enquête menée par les chercheurs.

EN
SAVOIR
PLUS

science-et-vie.com





Les secrets de l'amour enfin révélés

L'attachement amoureux, un phénomène hautement irrationnel ? Il dépend pourtant du centre du raisonnement et de la décision, révèlent des chercheurs. **Olympe Delmas** éclaire pour nous ce paradoxe.

Imaginez-vous allongé sur l'herbe, dans les bras de votre moitié. Vous vous sentez merveilleusement bien. Vous êtes amoureux.

Mais que se cache-t-il derrière ce sourire béat ? Des neuroscientifiques viennent de proposer une réponse profonde, convaincante et... prosaïque : lorsque vous êtes ainsi blotti contre l'être aimé, votre cortex préfrontal, impliqué dans le

raisonnement et la prise de décision, prend le contrôle et stimule votre noyau accumbens, siège du plaisir et de l'addiction. Dit autrement, la clé de l'attachement amoureux résiderait dans la prise en main du centre affectif par le centre exécutif : le coup de foudre aurait gravé dans votre cerveau un circuit neuronal entre ces structures, qui vous ferait ressentir la présence de l'autre comme une récompense.

Etrange vision de l'amour, un sentiment que l'on aurait pu croire provoqué par un véritable emballage du plaisir, mais non : tout passerait au contraire sous le contrôle du centre des fonctions cognitives dites supérieures. Alors, l'amour, c'est quand la raison prend la main sur l'émotion ?

Cela a en tout cas été clairement observé chez les campagnols des prairies. L'équipe de neurobiologistes de l'université Emory à Atlanta (Etats-Unis) a mesuré l'activité électrique du cerveau de ces petits rongeurs, *in vivo* et en temps réel. Ils ont constaté que, lors des interactions amoureuses, la communication entre le cortex préfrontal et le noyau accumbens s'intensifie : en imposant une fréquence d'oscillation de son activité électrique de 5 pics par seconde, le premier prend le contrôle de l'activité du second, qui bat normalement 16 fois plus vite.

“C'est la première fois que l'on observe précisément comment l'un affecte l'autre”, s'enthousiasme Florian Duclot, neurobiologiste à l'univer-

Repères

Les neuroscientifiques ayant étudié les ressorts du sentiment amoureux ont repéré depuis longtemps les hormones impliquées, comme l'ocytocine, celle de l'attachement social, et la dopamine, celle du plaisir, ainsi que les structures cérébrales sur lesquelles elles agissent. Mais au-delà de la dimension chimique, les circuits neuronaux engagés dans ce processus cognitif singulier n'avaient jamais été précisément identifiés.

→ sité de l'Etat de Floride, dont l'équipe avait démontré il y a quatre ans l'impact du coup de foudre sur l'expression génétique de l'ADN des neurones (voir *S&V* n°1151, p.20).

On sait depuis longtemps que la présence du partenaire (aspect, odeur, timbre de voix) libère dans le cerveau des neurotransmetteurs qui stimulent ces deux régions cérébrales (voir Repères p. 73), mais “*nous ne savions pas comment ces structures étaient dynamiquement activées pendant les interactions amoureuses naturelles*”, souligne Elizabeth Amadei, qui a participé aux récents travaux.

AMOUR SUR COMMANDE

Pour confirmer cette observation, les scientifiques se sont improvisés “maîtres de l'amour”. Ils ont inséré des gènes sensibles à la lumière dans les neurones du cortex préfrontal d'une femelle, puis l'ont placée dans une cage en présence d'un mâle inconnu, sans contact physique possible. En éclairant les gènes avec une fibre optique – une technique appelée optogénétique –, ils ont activé les neurones du cortex préfrontal avec la même fréquence que celle mesurée lors des expériences. Ils ont ensuite

placé la femelle parmi différents mâles, dont celui avec lequel elle a cohabité pendant l'expérience. Résultat: sur les 12 femelles testées, 10 d'entre elles ont préféré le mâle choisi par les scientifiques.

Cela montre que les signaux envoyés par le cortex préfrontal correspondent bien au message “ce mâle est une récompense”. C'est donc bien un coup de foudre qui a été artificiellement provoqué. Et celui-ci a gravé dans le cerveau un véritable attachement amoureux. Un amour sur commande, en quelque sorte!

En va-t-il de même pour l'humain ? Sans doute pas aussi nettement. “*Ces rongeurs n'ont pas un cortex aussi complexe que les humains*”, reconnaît Larry Young, lui aussi membre de l'équipe. Sans compter que les facteurs influençant la création d'un lien d'amour sont moins divers que chez nous, et la dimension psychologique moins importante...

Reste que *Microtus ochrogaster* est reconnu comme le meilleur modèle animal pour étudier les comportements affiliatifs humains. D'un point de vue comportemental, d'abord. Comme nous, les deux parents campagnols s'occupent de leur progéniture, affichent une



Pour le cerveau du sujet amoureux, le partenaire est une récompense

1 La présence amoureuse déclenche des circuits hormonaux...

Les stimuli provenant de l'être aimé (odeur, apparence, voix, toucher) sont perçus par les récepteurs sensoriels du cerveau. Ces informations sont transmises à l'hypothalamus et à l'aire tegmentale ventrale, qui libèrent de l'ocytocine et de la dopamine.

2 ... qui stimulent les centres de la décision et du plaisir

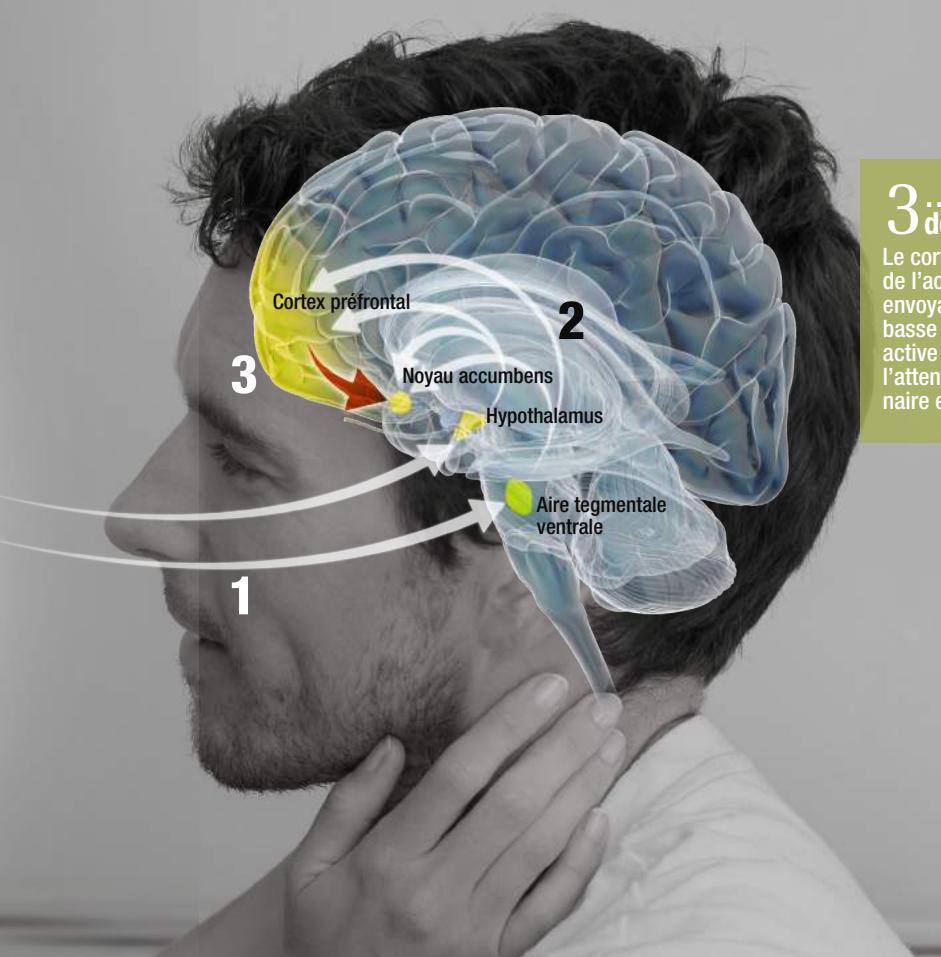
Ces hormones sont envoyées vers le cortex préfrontal, centre des fonctions exécutives (raisonnement, décision) et le noyau accumbens, qui joue un rôle clé dans la motivation, le plaisir et l'addiction.

Une piste pour soigner l'autisme ?

La découverte du circuit cérébral impliqué dans le lien amoureux pourrait améliorer les traitements de l'autisme et autres troubles affectant la création de lien social. D'abord parce que cette étude “*apporte plus de détails sur ce qui pourrait dysfonctionner chez ces patients*”, explique le neurobiologiste Florian Duclot. Mais aussi parce qu'elle pourrait permettre de concevoir des traitements ciblés. En particulier en agissant directement sur les zones du cerveau impliquées dans le lien social à l'aide de nouvelles technologies telles que la stimulation transmagnétique. Cette technique, déjà testée dans le traitement de la dépression, permet d'appliquer des impulsions magnétiques dans des régions précises du cerveau afin de les stimuler.

forme d'agressivité envers les étrangers du même sexe, sont déprimés lors de la perte de leur partenaire. Surtout, à la différence des rats et souris de laboratoire, ces rongeurs font partie des 5 % de mammifères monogames. “*Les campagnols sont socialement monogames, mais ont des interactions sexuelles hors couple, ce qui en fait des modèles encore plus intéressants !*” ajoute malicieusement Florian Duclot.

Au niveau du fonctionnement cérébral, ensuite. “*Nous partageons aussi avec les campagnols un cortex préfrontal qui est impliqué dans la prise de décision, et qui peut influencer les structures plus*



3 ... ce qui active le système de la récompense

Le cortex cérébral prend le contrôle de l'activité du noyau accumbens en envoyant des signaux électriques à basse fréquence. Le noyau accumbens active alors des réseaux du plaisir, de l'attention et de la motivation. Le partenaire est perçu comme une récompense.

profondes du cerveau, comme le système de récompense”, détaille Elizabeth Amadei.

DYNAMIQUE NEURONALE

Larry Young en est convaincu : la dynamique neuronale observée chez les campagnols “représente les fondements biologiques de l'amour chez l'homme”. Chez nous aussi, le lien amoureux se créerait donc via la prise de contrôle par le cortex préfrontal du noyau accumbens. “Ce circuit existerait chez l'humain, rendant le partenaire récompensant”, résume Elizabeth Amadei.

Ces travaux permettent de dresser un portrait, sommaire mais crédible, du circuit d’activation des structures cérébrales gouvernant le sentiment amoureux (voir ci-dessus). Ils ouvrent des perspectives théra-

peutiques originales, en particulier contre l'autisme (lire encadré p. 74), ainsi que d'autres, plus lointaines et troublantes, comme la fabrication de “machines à rendre amoureux”...

Surtout, ils invitent à se poser des questions. Par exemple : quelles sont les meilleures conditions pour provoquer un coup de foudre ? “Plus la cohabitation est longue et intense, plus l'attachement s'avère possible”, répond Florian Duclot. Mais alors, peut-on vraiment tomber amoureux sur internet ? “Pas vraiment”, pour Larry Young, persuadé de l'importance du contact physique dans le coup de foudre.

Le chercheur, qui a longuement observé les communications entre le cortex préfrontal et le noyau accumbens de campagnols amoureux, sou-

ligne l'importance des stimuli visuels, mais aussi olfactifs, tactiles et auditifs envoyés par notre partenaire, qui activent par la chimie les mécanismes amoureux de notre cerveau.

“C'est la combinaison des actions de l'ocytocine et de la dopamine qui module le circuit, explique Larry Young. Si vous souriez ou riez, c'est que de la dopamine s'est déversée dans votre cerveau ; lorsque vous regardez votre moitié dans les yeux, c'est de l'ocytocine qui est déversée.”

Et le sexe ? “Il n'est pas nécessaire pour tomber amoureux, mais c'est un puissant facilitateur”, tranche le scientifique.

L'expert ajoute avoir observé que plus le contrôle exercé par le cortex préfrontal sur le noyau accumbens est fort, plus l'individu se lie rapidement avec son partenaire. “Cela pourrait expliquer pourquoi certains humains tombent amoureux très rapidement, et d'autres non.”

On connaît peut-être enfin le secret des cœurs d'artichaut.



À lire :
les publications évoquées dans l'article.
science-et-vie.com

Ignorosphère

A l'assaut de l'endroit le plus mystérieux de la Terre

Aussi étonnant que cela puisse paraître, une zone de l'atmosphère échappe encore aux investigations des scientifiques. Or, le climat se joue aussi là. Parviendra-t-on à percer ses secrets ? **Vincent Nouyrigat** veut y croire.

Il n'ont pas franchement l'allure de vaillants pionniers ; pour tout dire, ce ne sont que de frêles cubes métalliques de 10 cm de côté pour un poids d'à peine 1 300 g. Pourtant, ces quelque 35 nanosatellites lâchés au mois de mai à partir de la Station spatiale internationale (ISS) sont de la trempe des plus grands探索ateurs !

Bardés d'instruments de mesure, ces minuscules vaisseaux s'apprêtent à silloner une région de l'atmosphère terrestre où aucun appareil n'ose jamais s'aventurer – hormis, peut-être, quelques engins militaires *top secrets*. Une région que certains scientifiques, un brin facétieux, aiment appeler... “ignorosphère”.

Ignorosphère. Ce savoureux néologisme dit bien toute

Un lieu aux propriétés énigmatiques

Située à la lisière entre l'environnement terrestre et le monde spatial, cette couche est agitée de phénomènes difficiles à cerner.

► Une physique étrange

C'est ici que viennent se fracasser, dans un immense chaos, toutes les ondes générées par les masses d'air dans les nuages d'orage ou au-dessus de reliefs.

► Une chimie intrigante

De l'ozone atmosphérique y est produit, tout comme, probablement, d'autres espèces chimiques encore mal identifiées. Par ailleurs, la zone regorge de poussières météoritiques qui engendrent des nuages très intrigants et pourraient être à l'origine de décharges électriques fulgurantes.

► Une nature extrême

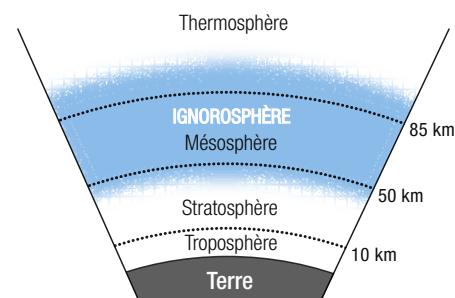
L'air y est tenu à l'extrême : à 80 km d'altitude, l'atmosphère est 100 000 fois moins dense qu'au niveau du sol. Tandis que la zone supérieure de cette couche est portée à -100 °C, soit l'endroit le plus froid de toute l'atmosphère.

l'ignorance qui entoure cette couche de l'atmosphère dont les frontières ne sont pas formellement définies : d'aucuns la situent entre 40 et 300 km d'altitude, mais les puristes la voient entre 40 et 100 km, ce qui correspond à peu près à la mésosphère (voir Repères, ci-contre). Toujours est-il que cette "ignorosphère-mésosphère" constitue l'une des zones les plus mystérieuses de notre planète, la dernière *terra incognita* de notre atmosphère pourtant étudiée en long, en large, en travers et en temps réel depuis des décennies, si non des siècles. Une véritable provocation pour la commun-

nauté mondiale des climatologues et météorologues !

"Tout joue contre nous dans cette couche atmosphérique, rumine Thierry Dudok de Wit, du Laboratoire de physique et chimie de l'environnement et de l'espace LPC2E (université d'Orléans). *Elle est à la fois trop haute et trop basse pour y accéder avec nos instruments."*

Trop haute ? La densité de l'air est ici trop faible pour permettre aux avions d'y voler. Même les ballons-sondes des météorologues ne dépassent pas les 40 km d'altitude. Trop basse ? L'air est en revanche trop dense pour les satellites, qui sont freinés →



Repères

Les scientifiques considèrent que l'atmosphère est composée de quatre strates d'épaisseur variable, répondant à certaines caractéristiques de densité, de composition ou d'ionisation... Même si 75 % de la masse de l'atmosphère se situe sous les 10 km d'altitude, les couches supérieures semblent jouer un rôle déterminant dans la dynamique d'ensemble.

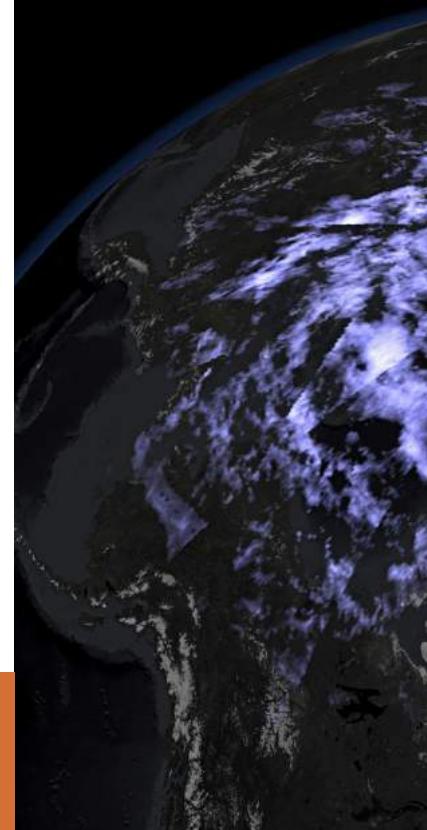
→ nés par les forces de friction et tombent irrémédiablement dans la basse atmosphère en quelques semaines, consommant leurs centaines de millions de dollars de précieux matériel.

INFORMATIONS PARCELLAIRES

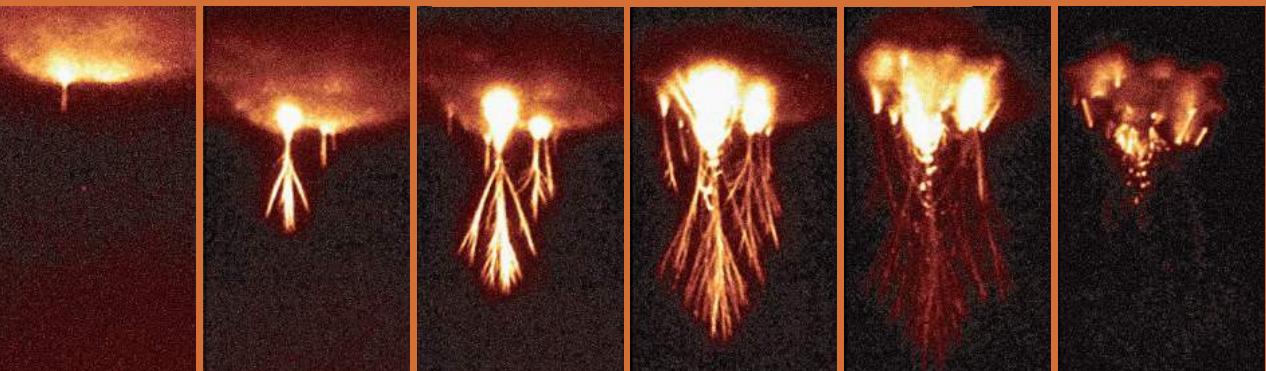
D'où l'idée d'y envoyer désormais une multitude de micro-satellites bon marché, dont la perte sera moins douloureuse... même si les engins lancés ce printemps ne pourront évoluer vraisemblablement qu'entre 200 et 300 km d'altitude, encore bien loin du cœur de la "zone interdite".

C'est dire si les informations dont disposent les scientifiques sont maigres. Les fusées traversent évidemment cette

cialiste de la moyenne atmosphère à la Nasa. "Nous avons une compréhension très basique de la chimie et de la physique de cette couche, complète Anasuya Aruliah, du Laboratoire de physique de l'atmosphère de l'université de Londres. *Un peu comme si vous disposiez de la photo très floue d'un visage humain, qui permettrait de distinguer un nez, une bouche, des yeux, mais dont la résolution serait insuffisante pour reconnaître qu'il s'agit de votre mère...*"



L'Ignorosphère, source de phénomènes uniques

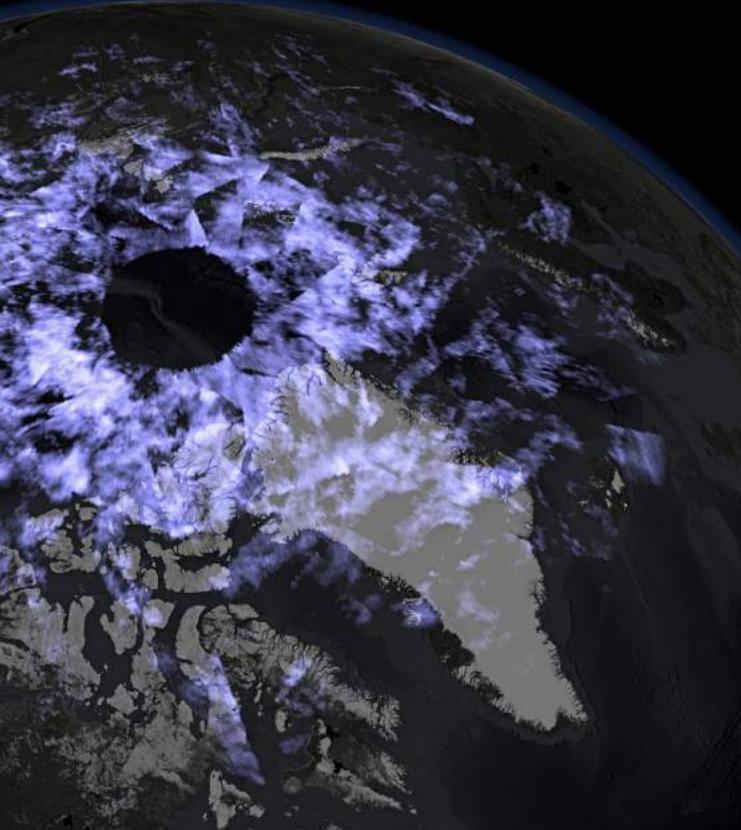


couche mystérieuse, mais de manière très fugace. Les mesures effectuées depuis le sol par laser permettent de déterminer seulement ici ou là une température locale, une teneur en vapeur d'eau ou en ozone. "Ces dernières années, les observations effectuées à distance par nos satellites nous ont permis d'acquérir une compréhension de la structure générale de cette mésosphère, mais il reste beaucoup d'inconnues fondamentales pour comprendre sa dynamique", indique Diego Janches, spé-

Une chose est sûre néanmoins : l'ignorosphère n'est pas la région inerte et paisible que l'on serait tenté d'imaginer depuis un avion de ligne survolant les nuages. En témoignent, par exemple, les phénomènes lumineux brefs mais très intenses – appelés "sprites" – qui se manifestent dans la mésosphère au-dessus des éclairs d'orages : "Lorsqu'elles ont été détectées pour la première fois, en 1989, nous avons cru que ces décharges électriques étaient très marginales, confie Jean-Louis

Pinçon, physicien au LPC2E. Or, nous en sommes maintenant à considérer qu'elles se produisent lors de 10 % des éclairs terrestres !"

Autre phénomène exotique, observable depuis le sol : les nuages noctulescents, qui se forment vers 80 km d'altitude au-dessus des régions polaires, sans doute à partir de poussières de micrométéorites présentes dans cette couche : "Ce sont les nuages les plus élevés que nous connaissons, et sûrement des traceurs sensibles de l'état de



▲ Les nuages noctulescents (ici au-dessus du pôle Nord) se forment à partir de météorites.

l'atmosphère", relève Thierry Dudok de Wit.

Certes, faute de données *in situ*, les scientifiques en sont réduits à des observations lointaines, des spéculations théoriques et des simulations hasardeuses. Mais il semble bien que l'ignorosphère soit constamment agitée de phénomènes violents et de très grande ampleur.

"Cette couche relativement fine fait le lien entre l'environnement terrestre et l'environnement spatial, éclaire Diego Janches. Elle subit l'influence de ces deux mondes aux propriétés très différentes." L'air dense de la basse atmosphère a un impact majeur sur cette couche : les orages tropicaux y provoquent, par exemple, de violentes turbulences. Une équipe de la Nasa a récemment relevé une corrélation entre la

baisse des températures dans l'hémisphère Nord et l'apparition, deux semaines plus tard, de nuages noctulescents au-dessus... du pôle Sud.

Mais ce qui se passe tout là-haut pourrait également avoir des conséquences au niveau du plancher des vaches !

DES EFFETS SUR LE CLIMAT

Les ondes qui se propagent tout au long de la mésosphère semblent jouer un rôle dans la désintégration saisonnière du vortex polaire entourant l'Arctique durant l'hiver. Pour ajouter au trouble, certains scientifiques estiment que les particules de haute énergie qui se déposent à ces altitudes lors d'aurores boréales ou de tempêtes solaires généreraient des oxydes d'azote destructeurs d'ozone, pouvant entraîner des effets climatiques locaux. Au passage, les décharges électriques qui traversent la mésosphère pourraient elles aussi

engendrer, à ces altitudes, de nouvelles espèces chimiques, avec des conséquences possibles sur la météo terrestre. Mieux : *"Les plus grands jets lumineux connectent le haut des nuages et les couches ionisées près de 100 km plus haut, créant un couplage électrique étonnant entre la basse et la haute atmosphères"*, jubile Steven Cummer, électricien de l'atmosphère à l'université de Duke (Etats-Unis).

"Cette mésosphère semble jouer un rôle important dans la dynamique générale de l'atmosphère", résume Thierry Dudok de Wit. De fait, les scientifiques sont en train de prendre conscience à quel point les différentes couches de l'atmosphère, loin d'être isolées, interagissent entre elles ; l'ignorosphère pourrait être la clé de voûte de ces transferts verticaux d'énergie et de matière. *"Les couplages vitaux sont de mieux en mieux pris en compte dans les modèles de prévision"*, note Aaron Ridley, chercheur à l'université du Michigan. *Et on voit bien que plus les modélisations intègrent des couches élevées, plus leurs calculs gagnent en précision..."*

"Il n'est pas question que la mésosphère nous reste inconue ! milite Jean-Louis Pinçon. *Le satellite français Taranis, qui sera lancé en 2019, nous permettra d'en savoir plus sur ses propriétés via la lumière émise par les sprites."* Un ordre de bataille qui mobilise aussi les laboratoires de la Nasa et, en ce moment même, la cinquantaine d'universités à l'origine des 35 vaillants nanosatellites venus flirter avec cette zone mystérieuse... L'ignorosphère ne peut plus être ignorée.



A voir : suivez les micro-satellites de la mission QB-50 partis à l'assaut de l'ignorosphère. **EN SAVOIR PLUS**
science-et-vie.com



A la source des rêves

Le dragon australien, un lézard, présente des périodes de sommeil paradoxal. Comme les mammifères ! Leur ancêtre commun rêvait donc sans doute déjà. Voilà qui repousse dans le temps l'apparition des rêves, explique **Anne Debroise**.

A quoi rêvaient les dinosaures ? La question paraît bien peu scientifique. Que peut-on savoir de l'activité onirique d'espèces disparues depuis des dizaines de millions d'années ?

Jamais on ne fera revivre les songes qui auraient agité des

crânes depuis si longtemps fossilisés. Mais au moins l'on peut savoir si le cerveau des dinosaures était équipé pour le rêve. Car, aujourd'hui, toute l'histoire de cette singulière activité onirique dans le règne animal est en train d'être réécrite. Et elle s'avère plus complexe que prévu.

Le vrai rêve, celui qui vous transporte dans des aventures fortes et scénarisées, se produit pendant le sommeil paradoxal. Chez l'homme, cette phase de sommeil revient trois à cinq fois par nuit et dure environ 20 minutes. Elle se caractérise par une activité cérébrale semblable à celle



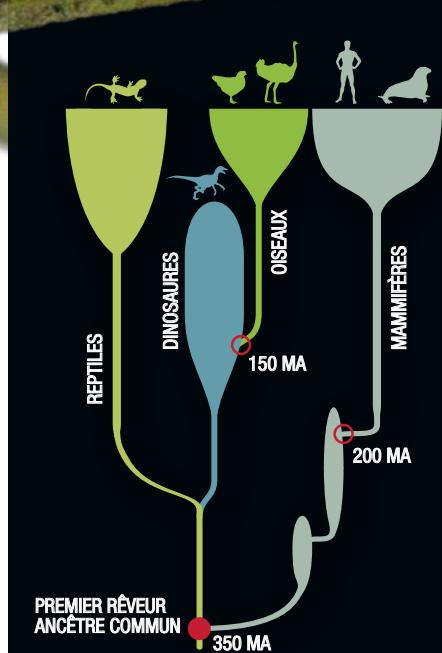
de l'éveil, mais avec un corps totalement relâché.

Au fil des recherches, le sommeil paradoxal a été identifié chez des dizaines d'animaux, de l'autruche à l'ornithorynque en passant par la poule ou le phoque. Qui sont donc considérés comme des rêveurs. “*Bien sûr, nous ne pouvons pas demander aux animaux ce qui leur passe alors par la tête*, admet Niels Rattenborg, qui étudie le sommeil des oiseaux à l’Institut Max-Planck à Seewiesen (Allemagne). Mais il serait surprenant que nous soyons la seule espèce à rêver pendant le sommeil paradoxal.”

Jusqu'ici, ce dernier n'avait en effet été clairement caractérisé qu'au sein de deux familles distinctes : les mammifères et les oiseaux. “*Pendant des décennies, le consensus*

était que le sommeil paradoxal serait apparu deux fois au cours de l'évolution, de manière indépendante”, explique Paul-Antoine Libourel, qui étudie le sommeil chez les reptiles au Centre de recherche en neurosciences de Lyon. Le premier rêve aurait donc dû se former il y a environ 200 millions d'années, chez un des premiers mammifères. Puis aurait été réinventé il y a environ 150 millions d'années, chez les premiers oiseaux.

Mais l'année dernière, une équipe menée par Laurent Gilles, de l’Institut Max-Planck à Francfort (Allemagne), a montré que le rêve est très probablement bien plus ancien – ce que certains neurologues, dont Paul-Antoine Libourel, suspectaient depuis longtemps, sans en avoir → la preuve. Comment ? Ils



Bien avant les oiseaux et les mammifères

Jusqu'ici, la capacité de rêver n'avait été repérée que chez les mammifères et les oiseaux. On pensait alors que le rêve avait été inventé deux fois, par l'ancêtre de chacune de ces deux familles. La découverte d'un lézard capable de rêver indique qu'il serait apparu beaucoup plus tôt, chez l'ancêtre commun des reptiles et des mammifères, il y a 350 millions d'années.

ont observé des périodes de sommeil paradoxal chez un reptile, le dragon australien (*Pogona vitticeps*). En plein sommeil, pendant environ 40 secondes, son électroencéphalogramme trahit une activité cérébrale proche de celle de l'éveil. Et Gilles Laurent en témoigne : "Au cours de ces phases, vous pouvez prendre les dragons dans vos bras, ils ne vont pas se réveiller, la tête et le cou sont relâchés, et leurs yeux bougent dans tous les sens."

IL Y A 350 MILLIONS D'ANNÉES

Or, l'arbre d'évolution des espèces est très clair : les reptiles sont apparus sur terre bien avant les oiseaux, qui en sont les héritiers (voir infographie p. 81). "Notre découverte augmente la probabilité que le sommeil paradoxal ne soit apparu qu'une seule fois, chez l'ancêtre commun des mammifères et des reptiles", conclut Laurent Gilles. Une perspective qui repousse la période d'apparition des premiers rêves à 350 millions d'années. Et qui invite à penser que tous les dinosaures, et pas seulement les ancêtres des oiseaux, étaient équipés pour le rêve.

On connaît depuis 1959 l'équipement neuronal qui permet cette dichotomie entre



“

PAUL-ANTOINE LIBOUREL
Centre de recherches en neurosciences de Lyon

La question reste posée : pourquoi certaines espèces rêvent autant, et d'autres si peu ?

CES ESPÈCES QUI NE RÉVENT PAS COMME NOUS

Sur une nuit de 8 heures, l'homme passe 24 % du temps en sommeil paradoxal. Chez les autres animaux, voici quatre exemples emblématiques de rêves différents.



Les rêves intermittents des frégates

Au cours de leurs parties de pêche, les frégates peuvent voler 10 jours d'affilée et parcourir 3 000 km sans se poser. Pourtant, elles réussissent à dormir (d'un seul œil, en alternance) et à rêver (les deux yeux fermés). C'est le constat dévoilé en 2016 par Niels Rattenborg (Institut Max-Planck de Seewiesen), qui a équipé des frégates

des îles Galápagos avec des balises miniatures enregistrant leur électroencéphalogramme. Et mesuré que les épisodes de sommeil durent plusieurs minutes avec des phases de sommeil paradoxal de 5 secondes. Les yeux des frégates bougent rapidement... comme si elles continuaient à chercher une proie à la surface de la mer.



Les rêves archaïques des ornithorynques

Ce drôle d'animal témoignerait-il de ce que fut l'ancêtre des rêves ? C'est en tout cas ce que suggère l'étude de son sommeil. Ce mammifère ovipare, doté d'un bec de canard, fait partie des cinq espèces survivantes de l'ordre des monotrèmes,

qui s'est dissocié des autres mammifères il y a environ 200 millions d'années. Or, il dort 14 heures par jour, et en passe plus de la moitié dans un sommeil lourd, avec le corps flasque et les yeux mobiles. Un record. Mais rêve-t-il

un cerveau actif et un corps passif. Dans son laboratoire de l'université de Lyon, Michel Jouvet a montré qu'elle était contrôlée par un noyau de cellules, le subcoeruleus, situé à la jonction de l'encéphale et de la moelle épinière. Des chats, chez lesquels le neurologue avait détruit ces neurones, se

mettaient à bouger pendant la phase de sommeil paradoxal, courant des proies imaginaires, faisant leur toilette, ou se battant... Il en déduit que, pendant le sommeil paradoxal, les neurones du subcoeruleus bloquent la plus grande partie des signaux adressés aux muscles par le cerveau. Grâce à eux, le cerveau peut mettre en scène des images, des sensations, des mouvements, qui restent confinés dans l'imagination : seuls les yeux et les moustaches du chat bougent.

Même si, comme le souligne Paul-Antoine Libourel, "les réseaux complexes du sommeil paradoxal sont bien décrits uniquement chez le chat, le rat et la souris, mais pas chez les autres espèces", les spé-

Les rêves superflus des éléphants

Les éléphants se passent très bien du rêve... ou en tout cas de ses manifestations les plus prenantes telles qu'en les vit dans le sommeil paradoxal. C'est la conclusion d'une équipe sud-africaine ayant étudié pendant 35 jours deux éléphantes adultes du parc national de Chobe au Botswana. Ils ont enregistré leurs phases d'activité et de repos en les équipant d'un accéléromètre,

d'un gyroscope pour détecter leur position (couché ou debout), et d'un GPS. Non seulement les éléphantes dorment moins de 2 heures par jour, mais en plus elles peuvent passer 9 jours sans s'allonger, donc sans expérimenter ce sommeil paradoxal, le plus propice aux rêves profonds et qui ne constitue que 14 % du total. Chose plus curieuse encore : contrairement

à l'homme, elles ne montrent pas de "rebond" dans le sommeil paradoxal. C'est-à-dire qu'elles n'ont pas besoin de compenser une période sans sommeil paradoxal par plus de sommeil en position allongée. Ce qui suggère qu'il ne remplit pas une fonction essentielle chez l'éléphant.



cette phase de sommeil indiquent qu'elle joue un rôle important dans le fonctionnement cérébral des animaux. Et pourtant, elle est absente (ou en tout cas très discrète) chez certaines espèces aux capacités cognitives réputées.

On n'a par exemple jamais trouvé de trace de sommeil paradoxal chez les dauphins, pourtant si intelligents, ni chez les baleines, les marsouins ou aucun autre cétacé. Et une équipe sud-africaine vient de montrer que l'éléphant d'Afrique, pourtant connu pour sa fabuleuse mémoire, pratique très peu le sommeil paradoxal (voir ci-contre).

Les rêves empêchés des dauphins

vraiment ? Des enregistrements de ses encéphalogrammes réalisés en 1998 n'ont pas montré de traces d'activité électrique typiques du rêve. Il n'empêche, cette forme de sommeil pourrait être le précurseur du sommeil paradoxal...

cialistes supposent que cette structure se retrouve aussi dans le cerveau des oiseaux.

A quoi ressemblaient donc les rêves de dinosaures ? Difficile à dire, bien sûr. Matt Wilson a réalisé il y a quinze ans une expérience particulièrement édifiante à ce sujet. Dans son laboratoire du Massachusetts Institute of Technology, aux Etats-Unis, le neuroscientifique a implanté des électrodes à l'intérieur du cerveau de rats, puis a observé leur activité neuronale lorsqu'ils explorent un labyrinthe, puis pendant le sommeil suivant cette exploration. Résultats :

le réseau de neurones activés pendant le sommeil rejoue exactement la séquence d'activation observée pendant

On n'a jamais trouvé trace de sommeil paradoxal chez les cétacés. Pourtant, il s'agit bien de mammifères. Même s'ils vivent dans l'eau, leurs ancêtres étaient les mêmes rongeurs que ceux qui ont donné les lignées humaines. Jerome Siegel, à l'université de Los Angeles, a même retrouvé chez plusieurs d'entre eux (marsouin commun, baleine de Minke et grand dauphin) les réseaux de neurones qui contrôlent l'apparition du sommeil paradoxal chez les autres mammifères : mêmes types de neurones, organisés de la même manière. Ces cétacés, qui dorment 8 heures, auraient l'équipement pour basculer d'un mode éveillé à un mode sommeil paradoxal, mais ce dernier serait systématiquement inhibé.

l'exploration éveillée. La précision de l'enregistrement est telle qu'elle permet même de dire dans quelle zone du labyrinthe croit se trouver le rêveur, et l'attitude qu'il adopte, en mouvement ou à l'arrêt ! On peut donc se plaire à imaginer T. rex et diplodocus ressassant les événements de leur journée dans des rêves archaïques.

Mais la découverte du rêve chez les reptiles souligne aussi un étrange paradoxe : l'ancienneté et le succès évolutif de



APPRENDRE EN DORMANT

"Cette diversité pose en réalité la question de la fonction du rêve chez les espèces : pourquoi certaines rêvent autant, et d'autres si peu?", poursuit Paul-Antoine Libourel.

"On n'a qu'une vague idée du rôle joué par le sommeil paradoxal", avertit Mehdi Tafti, du Centre d'investigation et de recherche sur le sommeil de l'université de Lausanne. Le fait que les jeunes mammifères passent 50 à 80 % de leur temps en sommeil paradoxal lorsqu'ils se trouvent encore dans l'utérus de leur mère suggère que le rêve joue un rôle dans la structuration du cerveau au cours du développement. Et on suppose qu'à l'âge adulte, les rêves nous permettent d'ordonner les événements survenus dans la journée et de stocker des souvenirs à long terme.

On commence même à mettre en évidence des mécanismes neuronaux qui soutiendraient ces hypothèses, explique Pierre-Hervé Luppi,

→ du Centre de recherche en neurosciences de Lyon: "L'apprentissage se traduit par l'apparition de nouvelles connexions entre les cellules nerveuses. Or on a observé, chez des souris de laboratoire apprenant à se déplacer sur une barre métallique, qu'un tri est effectué entre les épines dendritiques qui poussent pour former ces connexions pendant le sommeil paradoxal. Certaines sont

ainsi Laurent Gilles. Le petit daman des rochers (un petit mammifère d'Afrique chassé par les oiseaux de proie et les félins) y passe par exemple moins de 6 minutes par jour.

Autre inconvénient: le rêve prend du temps. Si l'ornithorynque se prélasser aussi longtemps (voir encadré p. 82), c'est qu'il se nourrit d'insectes, un aliment très calorique. Mais, comme le sou-

chez les cétacés les conduirait à couler". S'ils s'enfoncent en profondeur, les cétacés risquent non seulement l'hypothermie, mais s'éloignent aussi dangereusement de la surface où ils doivent remonter pour respirer.

Jérôme Siegel a montré l'année dernière, en étudiant le cerveau d'un marsouin, que les cétacés ont bien hérité de leurs ancêtres les structures cérébrales qui permettent le rêve, mais que les neurones de leur subcoeruleus seraient inhibés pour les empêcher de basculer en sommeil paradoxal (voir encadré p. 83).

Et les fonctions du sommeil paradoxal, que deviennent-elles? "Il est probable que ces animaux se sont adaptés à l'absence de sommeil paradoxal, en déplaçant ses fonctions pendant des phases d'éveil", analyse Paul-Antoine Libourel. Pour Jerome Siegel, l'homme serait capable de s'adapter à une vie sans rêve. Il en veut pour preuve "la vie remarquablement normale" des personnes placées sous anti-dépresseurs, qui suppriment le sommeil paradoxal.

Mais l'homme rêve aussi éveillé. Et il peut ainsi imaginer qu'il y a 100 millions d'années, le T. rex rêvait de sa dernière chasse ou se remémorait un territoire nouvellement exploré. Un rêve désormais autorisé par la science...

Les yeux, une caméra embarquée sur nos rêves

Oui, lorsque l'on rêve, les mouvements rapides de nos yeux sous les paupières correspondent aux scènes visuelles que notre cerveau se projette. Isabelle Arnulf, à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, à Paris, l'a montré en filmant les nuits de patients atteints de troubles du sommeil paradoxal. Chez ces personnes, les neurones chargés d'organiser la paralysie motrice fonctionnent mal. Elles effectuent donc les gestes dont elles rêvent et leur yeux bougent en même temps. Mais surtout, leurs mouvements sont cohérents avec les gestes effectués : les yeux se dirigent vers le haut quand la main saisit un objet imaginaire sur une étagère, ou se baissent quand le rêveur écrase une cigarette fictive.

renforcées, et beaucoup disparaissent." Le sommeil paradoxal serait bien un état favorable à l'apprentissage.

Pourtant, force est de reconnaître que cette phase de sommeil présente aussi de sérieux inconvénients. Le plus évident est cette paralysie forcée qui rend les animaux vulnérables. Le cheval ou l'éléphant, qui dorment debout en sommeil lent, doivent par exemple s'allonger quand ils entrent en sommeil paradoxal. "Plus les animaux sont exposés à la prédation, moins ils consacrent de temps au sommeil paradoxal", constate

ligne Paul-Antoine Libourel, "les herbivores, notamment les gros, dorment peu car ils passent beaucoup de temps à s'alimenter". On peut donc penser que les gros dinosaures herbivores comme le diplodocus rêvaient moins que des prédateurs comme le T. rex.

UNE VIE SANS RÊVES ?

Enfin, certains animaux ne peuvent tout simplement pas se permettre de se relâcher. Pour Jerome Siegel, qui étudie le sommeil des animaux à l'université de Los Angeles, "la perte de tonus musculaire pendant le sommeil paradoxal



A lire : les études citées dans l'article ; le livre d'Isabelle Arnulf. A consulter : les sites des spécialistes.

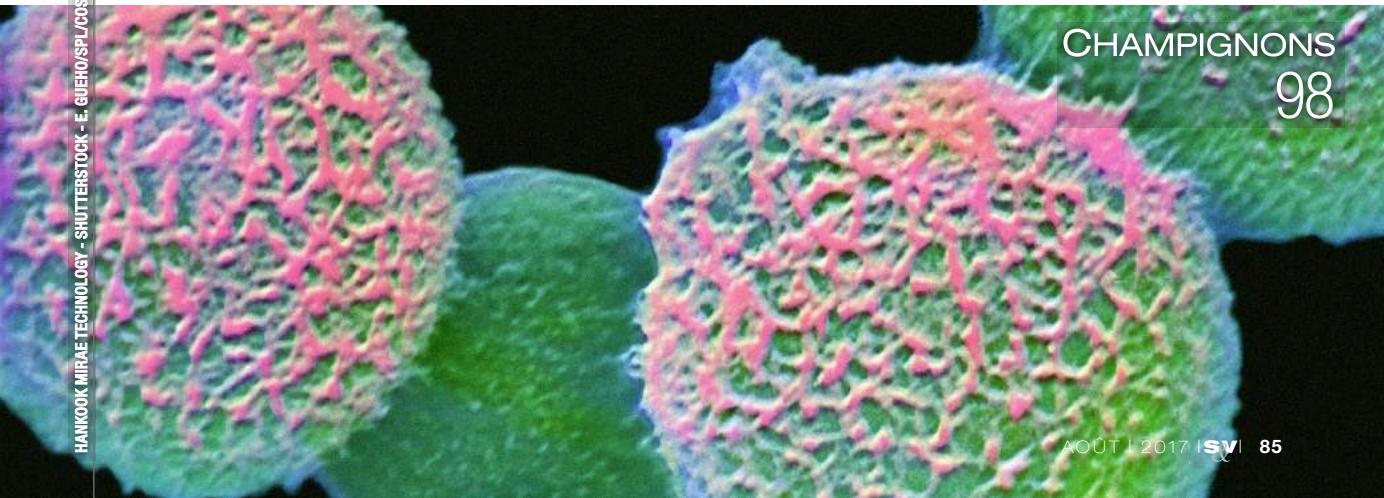
& Science techniques



ROBOTS GÉANTS
86



FROID ULTIME
94



CHAMPIGNONS
98

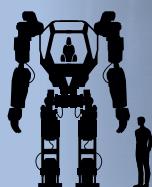
ROBOTS GÉANTS

ILS DÉBARQUENT!

Goldorak n'a qu'à bien se tenir. Plusieurs robots et exosquelettes surdimensionnés récemment mis au point montrent combien le défi du gigantisme est en passe d'être relevé en robotique. **Muriel Valin** a scruté les premiers pas de ces bébés monstres.

Method-2: un monstre de science-fiction pour jouer les secouristes

Voici le premier bipède géant mobile au monde. Il fait plus de deux fois la taille d'un humain et plus de dix fois sa masse. Son pas est encore un peu gauche, mais le résultat est impressionnant. Imaginé par Vitaly Bulgarov (le designer de *Robocop* et *Transformers*), Method-2 a été dévoilé en décembre dernier: dans son torse, un pilote guide ses membres. Alimenté par 68 kg de batterie lithium-ion, Method-2, dont le coût de fabrication s'élève à 8 millions d'euros, est conçu pour aller sur les zones de catastrophes naturelles afin d'enlever les décombres. "Nous envisageons un premier déploiement à Fukushima sous peu", confie Hyun-Kuk Lim, directeur de Hankook Mirae Technology. Son petit frère, Method-3, encore plus puissant, est déjà en gestation.





METHOD-2

Géniteur: Hankook Mirae Technology (Corée du Sud)

Dimension : 4 m

Masse : 1 600 kg

Déplacement :
foulée de 40 cm

Signes particuliers :
Exosquelette sauveteur.
Alliage aluminium et fibre
de carbone, 46 moteurs
électriques. Chaque bras
soulève 100 kg.

Letrons: la première voiture "Transformer"

Debout, il dresse sa tête à 4 m de haut, bouge ses bras et ses doigts. Puis, sur commande, il devient en quelques secondes... une BMW Série 3, prête à rouler. Réalisé par une start-up, Letrons est né en Turquie en septembre dernier. C'est le premier robot "Transformer" au monde capable de rouler... mais pas encore de marcher (faute de budget!). L'intérêt du projet? Le défi mécanique avant tout, les débouchés restant encore à inventer. Une équipe concurrente japonaise, J-Deite, travaille, elle sur un modèle de 3 m de haut et en prévoit un de 5 m d'ici à 2020.

LETRONS

Généiteur: Letvision (Turquie)

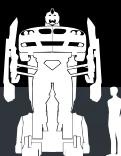
Dimension: 4,2 m

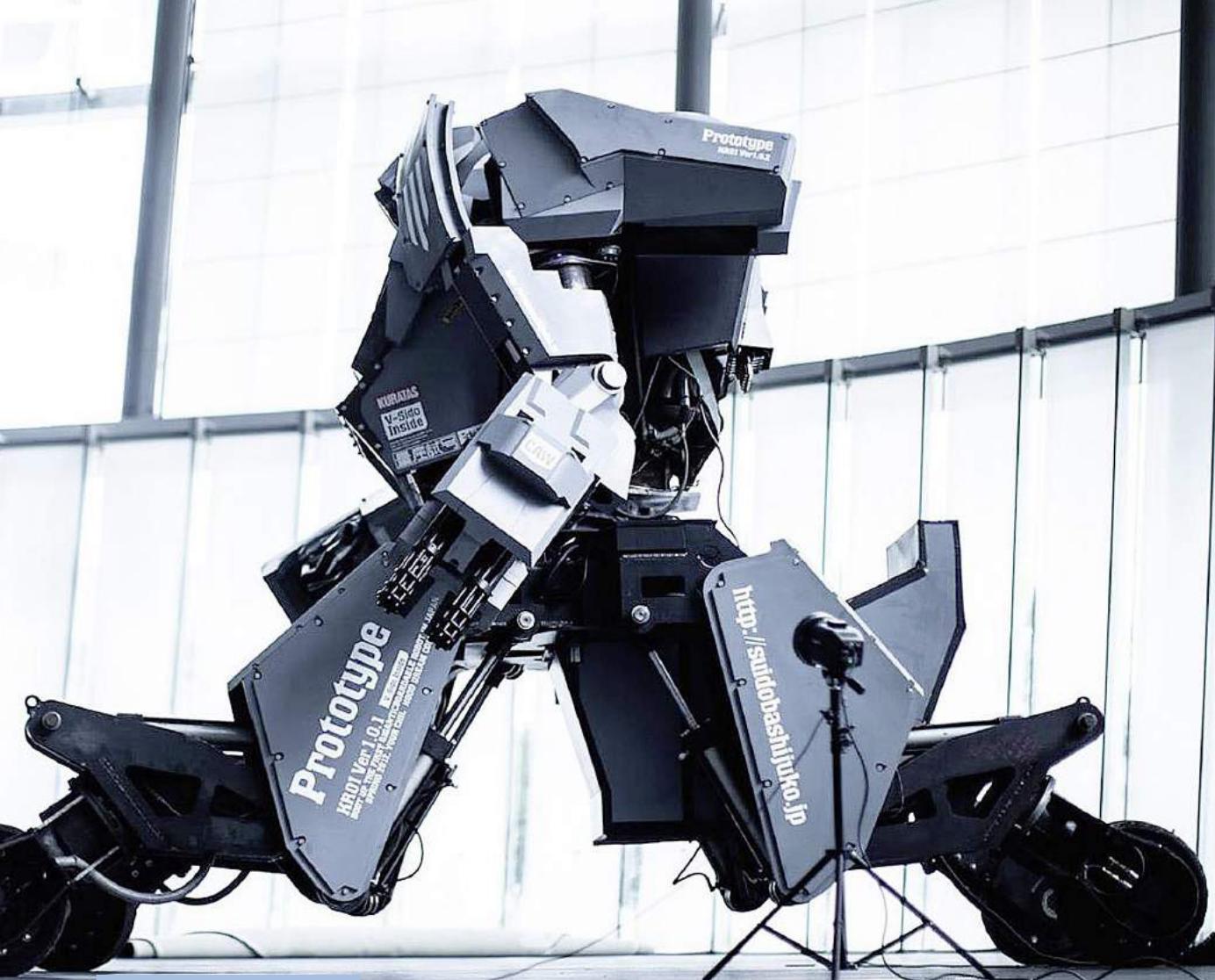
Masse: 1451 kg

Déplacement: 20 km/h

Signes particuliers:

Robot se transformant en voiture. Corps en matériaux composites, fer et polystyrène extrudé, alimenté par 4 batteries de 12 V.





KURATAS

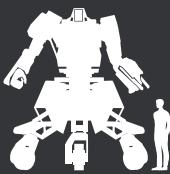
Généiteur: Sudobashi Heavy Industry (Japon)

Dimension: 4 m

Masse: 4500 kg

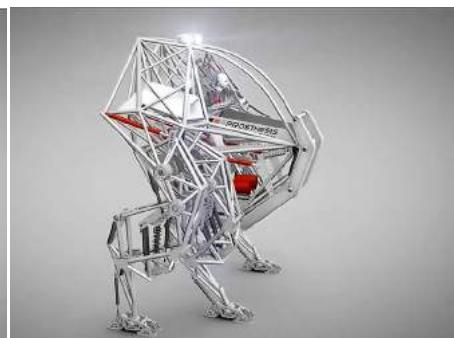
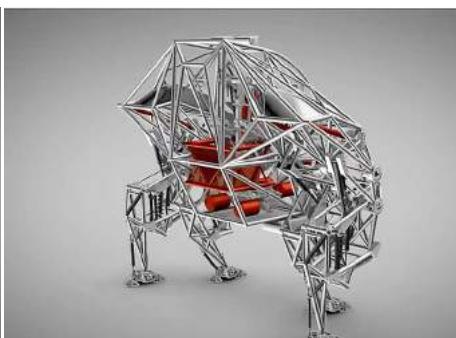
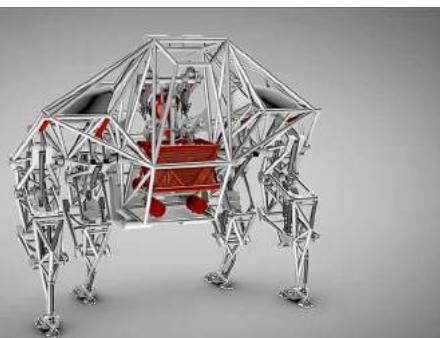
Déplacement:
10 km/h

Signes particuliers :
Exosquelette ou robot, suivant la configuration, 4 roues pour le faire avancer, moteur diesel, boucliers de protection.



Kuratas : un véhicule ou... une future machine de combat ?

Quand il avance sur ses quatre roues, avec un pilote à son bord ou commandé à distance par un smartphone, il ressemble un peu à une voiture. Mais quelle voiture ! Grâce à des pistons hydrauliques, ce spécimen né en 2012 au Japon peut bouger ses membres et se mettre en position ras du sol ou surélevé part rapport à la route. "Je voulais créer des robots qui puissent vivre et évoluer avec nous", explique Wataru Yoshizaki, l'un de ses concepteurs. Kuratas n'a pas encore de débouché très explicite, excepté un seul : pouvoir se battre ! De fait, il a été équipé d'armes non létales de type lance-eau et mitrailleuse de billes, sur lesquels les concepteurs se montrent peu bavards. De quoi préfigurer de futurs équipements policiers ou militaires ?





PROSTHESIS

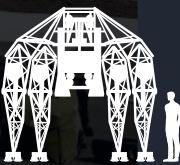
Généiteur: Furrión (Etats-Unis - Canada)

Dimension: 4,2 m

Masse: 3500 kg

Déplacement: 30 km/h

Signes particuliers:
Exosquelette fabriqué en chromoly (acier haute résistance), aluminium et fibre de carbone.
Moteur électrique et batterie lithium-ion.



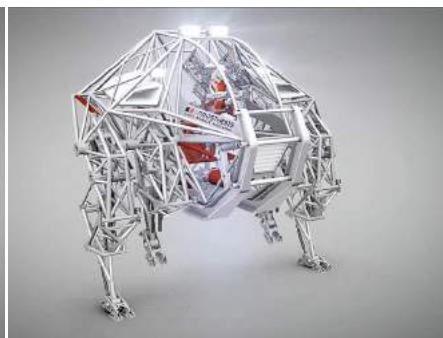
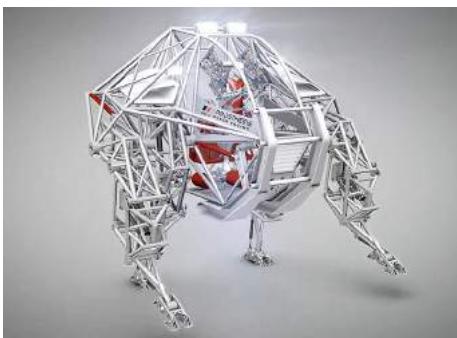
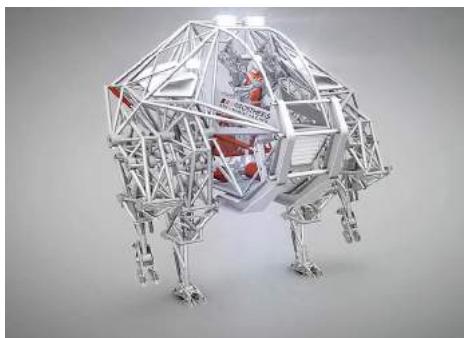
Prosthesis : le quadrupède d'acier pour courses futuristes

Pour avancer, cette machine de plus de 4 m de haut déploie ses quatre grosses pattes métalliques comme un animal.

Mais pour que le mouvement s'enclenche, il faut qu'un humain se place à l'intérieur de la cage et bouge lui-même très vite ses bras et ses jambes. Son inventeur, le Canadien Jonathan Tippett, a travaillé plus de dix ans avec l'aide, notamment, de l'université de la Colombie-Britannique. Son objectif initial : construire une machine destinée à participer à un nouveau type de sport futuriste, la course de robots de compétition, avant d'envisager d'autres perspectives.

“Pour piloter Prosthesis, il faudra forcément des athlètes entraînés qui devront trouver le bon équilibre et la bonne cinématique pour faire avancer la structure et même lui faire sauter des obstacles d'1,50 m!” explique-t-il. Pour l'heure, le robot est encore en phase de tests et devrait être réellement mis entre les mains de pilotes d'ici un an.

FURRION - M. KONTENTE





Mark II: l'énorme titan qui joue à la guerre des étoiles

De tous les robots géants actuels, voici le plus futile. *“Quand on était enfant, on a tous rêvé d’organiser des combats avec des robots géants. Aujourd’hui, ce rêve peut devenir réalité”*, lance fièrement l’ingénieur américain Matt Oehrlein. Son but: construire un robot capable de participer à de véritables duels. Le défi n’est pas nouveau, puisqu’il existe depuis plus de dix ans des combats entre machines robotisées aux Etats-Unis. Sauf qu’ici, l’engin mesure plus de 4 mètres et pèse plus de 5 tonnes. A bord de ce robot, un ou deux humains pilotent la machine, qui est rendue mobile grâce à des chenilles et des pistons hydrauliques. Ils affûtent aussi leurs armes, des pistolets de peinture ! Et l’ingénieur de jouer les gros bras: *“Nous aimons les gros robots. Il vous suffit d’attendre encore un peu, et vous verrez que nous pouvons les faire encore plus grands que ceux-là.”* Mark III piaffe déjà sur ses chenilles...

MARK II

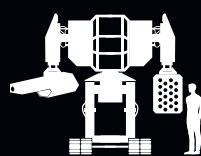
Généiteur: Megabots
(Etats-Unis)

Dimension: 4,5 m

Masse 5400 kg

Déplacement:
12 km/h

Signes particuliers:
Exosquelette sur chenille,
acier soudé et aluminium,
moteur essence.



Qui sera le plus fort ? Kuratas ou Mark III ? A la mi-août, deux robots géants, l'un venant du Japon (p. 89), l'autre des Etats-Unis (ci-contre), vont s'affronter pour la première fois dans un grand duel.

A l'heure où nous bouclons cet article, la date et le lieu restent tenus secrets, mais le combat promet d'être très médiatisé. Il faut dire que cet événement, somme toute futile, est le signe d'une lame de fond plus intéressante : l'arrivée de machines géantes sur Terre.

Goldorak, les Transformers, les machines d'*Avatar* et de *Pacific Rim*, le géant du *Roi et l'Oiseau*... cela fait déjà plusieurs décennies qu'au cinéma, les robots ont démarré la course à la toise. Depuis quelques mois, ils débarquent dans les laboratoires aux Etats-Unis, au Japon, en Turquie ou encore en Corée du Sud, consacrant la naissance de nouvelles machines – robots, exosquelettes ou hybrides – de plus de 4 mètres de haut !

Pourquoi un tel engouement ? Les constructeurs avancent tous la même réponse : ce qu'ils recherchent avant tout, c'est la démonstration, rendue possible grâce à la technique. De fait, tous ces projets sont clairement plus des exercices

de style que de véritables réponses à des problématiques scientifiques ou sociétales. “Nous rêvons de dépasser les limites physiques humaines. Désormais, la technologie rend cela possible avec des robots géants. Alors on y va et on en fabrique”, résume Hyun-kuk Lim, qui travaille sur l'exosquelette coréen Method-2 (p. 86). “Avec ces projets, on montre au reste du monde jusqu'où l'on peut pousser les exploits techniques”, abonde Evren Tanrikulu, qui travaille, lui, sur le “Transformer” Letrons (p. 88).

LE DÉFI DE LA MASSE

Parler d'exploit n'est pas exagéré. Rappelons que pour multiplier la taille d'une machine d'un facteur 2, il faut augmenter sa largeur et son épaisseur de manière quasi proportionnelle, ce qui revient à multiplier sa masse par 8.

“Transposé à un robot 10 fois plus grand, cela veut dire construire un bras ou une jambe 1 000 fois plus massifs !”, commente Andy Ruina, chercheur à l'université Cornell sur la locomotion en robotique. “Quand on veut bouger cette masse, il faut mobiliser une énergie considérable. Pour des mouvements réduits et très lents, c'est probablement faisable, y compris à de grandes hauteurs, mais pour des robots plus véloces, cela devient vite impossible avec les moteurs électriques actuels”, poursuit le chercheur. Cela explique le recours fréquent à de la fibre de carbone ou à des matériaux composites de pointe ultralégers. Et aussi pourquoi la barre des 4 mètres de haut n'a pas été pour l'instant dépassée.

Les deux autres grandes questions sont la gravité et le

design approprié. “Jusqu'ici, personne n'a jamais su faire un robot, même de petite taille, qui marche aussi bien qu'un humain, c'est-à-dire en toute sécurité, sans tomber. Quand on va fabriquer des modèles géants, ce problème va se poser de manière plus flagrante. Les roues ou les chenilles vont être plus appropriées pour avancer que des jambes”, estime Andy Ruina.

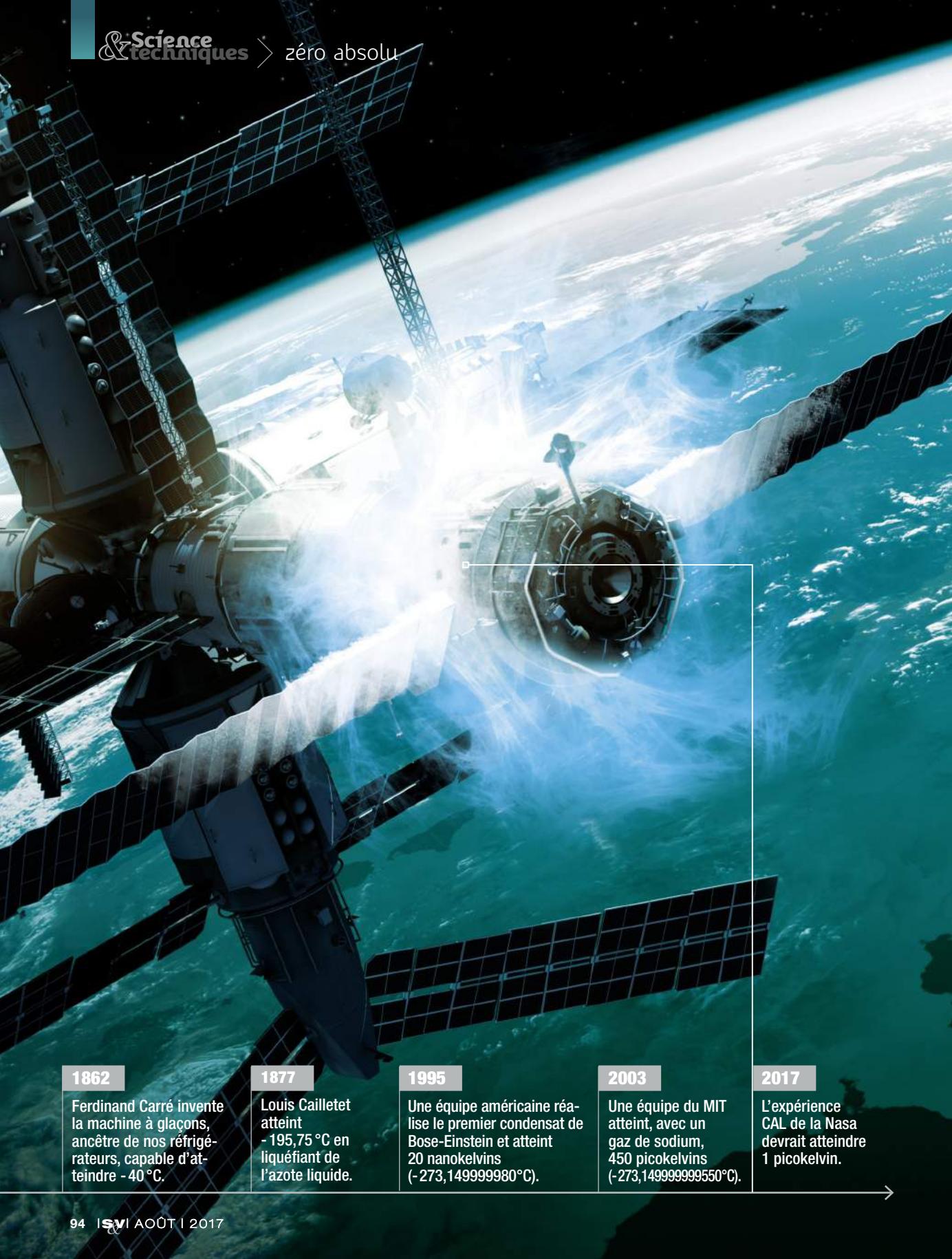
Même discours du côté de Rodolphe Gélin, directeur de recherche chez Softbank Robotics, une entreprise qui travaille sur les robots Nao, Pepper et Roméo : “Le choix de fabriquer un robot bipède géant est une coquetterie pour épater le monde. Pour aller sur des terrains accidentés ou des gravats, les chenilles sont mieux adaptées. Cette question devient d'autant plus prégnante dans un environnement sécurisé où ils seront en contact potentiel avec des humains.” Demain, après ces démonstrations spectaculaires, les contraintes d'usage et de coûts devraient donc reprendre le dessus et limiter la course à la hauteur.

A moins que ces monstres trouvent leur place dans le sport et les loisirs... Les géniteurs de ces mastodontes y ont tous fait allusion. La ville de Dubai organise justement en décembre prochain les premiers JO de robotique : les World Future Sport Games, destinés aux drones et robots.

D'ici quelques années, ce sera probablement dans ce secteur que cette progéniture géante s'exercera à faire ses premiers pas. Avant, peut-être, de trouver sa place dans l'armée, l'espace ou l'exploration. Comme au cinéma.



A voir : les vidéos des cinq robots présentés en action. **EN SAVOIR PLUS**
science-et-vie.com



1862

Ferdinand Carré invente la machine à glaçons, ancêtre de nos réfrigérateurs, capable d'atteindre -40°C .

1877

Louis Cailletet atteint $-195,75^{\circ}\text{C}$ en liquéfiant de l'azote liquide.

1995

Une équipe américaine réalise le premier condensat de Bose-Einstein et atteint 20 nanokelvins ($-273,149999980^{\circ}\text{C}$).

2003

Une équipe du MIT atteint, avec un gaz de sodium, 450 picokelvins ($-273,14999999550^{\circ}\text{C}$).

2017

L'expérience CAL de la Nasa devrait atteindre 1 picokelvin.

0,000000000001 °C au-dessus du zéro absolu

Ils vont créer le point le plus froid de l'Univers

Des physiciens de la Nasa vont tenter de pulvériser le record de la température la plus basse. **Gautier Depambour** a plongé dans cette mission au cœur de la matière.

Très précisément -273,149999999999 degrés Celsius. Soit un millième de milliardième de degré seulement au-dessus du zéro absolu. C'est la température glaçante qu'une équipe de physiciens de la Nasa s'apprête à atteindre, à bord de la Station spatiale internationale (ISS).

Dans les mois qui viennent, leur Laboratoire à atomes froids (Cold Atom Laboratory, ou CAL) sera envoyé depuis la Terre vers l'ISS, où il séjournera pendant au moins trois ans. Au cœur du dispositif, un nuage d'atomes sera refroidi jusqu'à atteindre la température la plus basse jamais obtenue. Bien en dessous de celle du vide sidéral, qui descend, au mieux, à quelques degrés

du zéro absolu. Bientôt, l'ISS abritera le lieu le plus froid de l'Univers.

Plus d'un siècle après la première liquéfaction de l'azote, et plus d'une trentaine d'années après la réalisation du premier nuage d'atomes froids, une nouvelle étape est en passe d'être franchie dans la quête du froid (voir ci-contre). Et avec elle, c'est tout un pan de la physique qui devrait se dévoiler. *"Observer des atomes extrêmement froids et donc presque immobiles, c'est le Graal de la physique atomique!"* s'enthousiasme Rob Thompson, responsable scientifique de l'expérience. *"Nous allons bientôt pouvoir le faire dans l'espace, à des températures inédites, où les effets quantiques prédominent."*

ILLUSTRATION V SAMUEL D'APRÈS 3DSCULPTOR/SHUTTERSTOCK ET SODA/SHUTTERSTOCK

Mais pour cela, il fallait réussir à mettre au point une expérience spatiale. Sur Terre, en effet, la gravité rend délicate la maîtrise des atomes froids. Il est par exemple impossible de "regarder" un nuage d'atomes à très basse température pendant plus de 2 secondes, car ceux-ci sont entraînés vers le sol et se retrouvent très vite hors des limites de l'expérience. *"Alors que dans l'espace, nous pourrons l'observer bien plus longtemps, entre 5 et 10 secondes"*, affirme Kamal Oudrhiri, chef adjoint du projet CAL.

LE DÉFI DE LA MINIATURISATION

Une poignée de secondes de plus seulement, mais qui fait toute la différence: c'est durant cette étroite fenêtre que les physiciens pourront insuffler à leurs atomes une dernière salve de champ magnétique et leur faire atteindre cette température record de quelques picokelvins (voir infographie, page suivante).



→ Mais mener une expérience de physique atomique dans l'espace n'est pas une mince affaire. Le principal défi : la miniaturisation. "Nous avons dû faire tenir toute notre expérience dans le volume d'une grosse boîte... alors que sur Terre, elle prend toute une pièce !" commente Kamal Oudrhiri. Chambre et pompe à vide; systèmes de refroidissement; blindage pour se protéger du champ magnétique terrestre variable en orbite... les physiciens de CAL ont mis trois ans à compacter tous leurs composants dans les modules qui s'inséreront dans l'un des compartiments de l'ISS, après avoir été transportés dans un vaisseau cargo pressurisé Space-X.

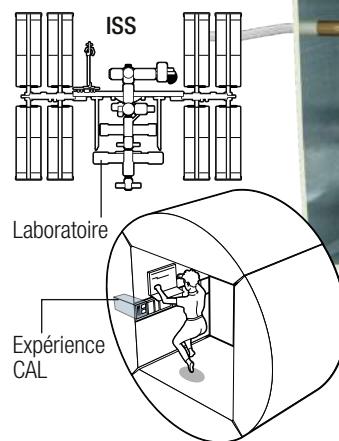
Il leur a aussi fallu rendre l'expérience contrôlable depuis la Terre via une connexion Ethernet, afin d'alléger la tâche des astronautes. Et comme elle est extrêmement sensible aux vibrations, il est impossible de la mener pendant qu'un astronaute s'active dans la station... Pour réaliser le point le plus froid de l'Univers, il faudra donc attendre que tout l'équipage soit endormi.

EFFETS QUANTIQUES

Mais ça y est, aujourd'hui, tout est prêt – ou presque – pour le départ. Les physiciens vont enfin être en mesure de sonder les abîmes du froid... et de scruter la matière qui, à des températures extrêmes, se retrouve dans un état bien particulier : le condensat de Bose-Einstein, du nom des deux célèbres physiciens qui en firent la description théorique en 1924. A mesure que la température diminue, les ondes associées aux particules

6 étapes pour atteindre une température record

Prochainement, l'expérience CAL va rejoindre l'ISS à bord d'un vaisseau SpaceX. Une fois installée dans l'un des laboratoires de la station, elle sera pilotée depuis la Terre et pourra être répétée à volonté.



1 Un nuage d'atomes est conditionné

Des atomes de potassium et/ou de rubidium sont piégés et guidés par un champ magnétique et des lasers.

T =
1 K

en expansion, que la température record sera mesurée.

Jargon

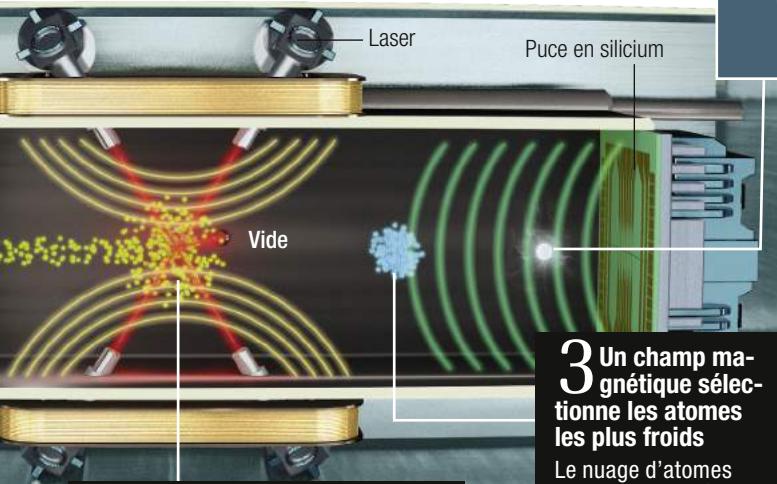
La température (T) est une grandeur physique qui quantifie l'agitation moyenne des particules. Elle peut descendre jusqu'à

-273,15°Celsius, soit

0 degré Kelvin (K) : c'est le zéro absolu, état théorique où l'agitation thermique disparaît totalement.

Durant ces 5 à 10 secondes, les physiciens espèrent pouvoir explorer un nouveau territoire de la physique. Car une fois ces particules refroidies et donc pratiquement figées, les effets de la relativité générale, qui décrit comment l'espace-temps se déforme sous l'effet des masses, pourraient devenir visibles... De quoi, enfin, tester simultanément deux théories phares de la physique qui, jusque-là, sont en froid : la théorie d'Einstein, qui embrasse tout l'Univers, et la mécanique quantique, qui régit l'infiniment petit.

L'enjeu est de taille : si l'une d'entre elles venait à être contredite par l'expérience, la physique théorique entrerait dans une sérieuse zone de turbulences ! L'expérience CAL va ainsi tester la solidité de



2 Des lasers le refroidissent

Des lasers freinent les atomes en appliquant une force qui s'oppose à leur vitesse : le nuage refroidit.

$T = 20 \text{ mK}$

3 Un champ magnétique sélectionne les atomes les plus froids

Le nuage d'atomes migre vers un piège magnétique généré par une puce en silicium. Là, des ondes éjectent les atomes les plus chauds.

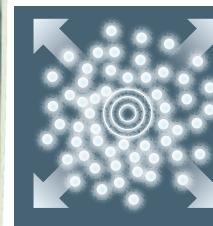
$T = 10 \text{ nK}$



4 Un condensat de Bose-Einstein s'est formé

Une partie des atomes s'est agrégée dans l'état de plus basse énergie : un condensat de Bose-Einstein. Les autres atomes, plus énergétiques, forment un gaz autour du condensat.

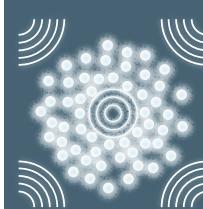
$T = 10 \text{ nK}$



5 Le nuage d'atomes s'étend...

En éteignant le champ magnétique, le nuage se dilate et refroidit. Les atomes les plus chauds, donc les plus rapides, s'éloignent.

$T = 100 \text{ pK}$



6 ... et s'immobilise, pour atteindre 1 pK

De brèves impulsions électromagnétiques sont envoyées sur les atomes pour les freiner : le nuage devient presque figé pendant quelques secondes et sa température atteint le picokelvin.

$T = 1 \text{ pK}$

la pierre angulaire de la physique de la relativité générale : le principe d'équivalence, qui stipule que tous les objets, lorsqu'ils sont en chute libre, tombent à la même vitesse, quelle que soit leur masse.

LES SECRETS DE L'UNIVERS

Ainsi, de même que Galilée lâchaît des objets pour tester ce principe, du haut de la tour de Pise selon la légende, les physiciens de CAL vont laisser tomber dans l'espace des atomes de rubidium et de potassium. «*Si nos mesures sont suffisamment précises, nous allons peut-être observer des différences de temps de chute entre les deux types d'atomes... auquel cas le principe d'équivalence serait mis en défaut!*» pressent Jason Williams, chef de projet scientifique.

Le minuscule condensat spatial de CAL s'attaquera aussi à

l'un des plus grands mystères du cosmos, l'énergie noire, censée remplir les trois quarts de l'Univers et que de nombreuses théories tentent d'élucider. Certaines supposent par exemple l'existence d'un «champ Caméléon», un réservoir d'énergie qui remplirait tout l'espace et qui agirait sur la matière comme une cinquième force fondamentale. CAL fera office de juge de paix : elle devrait permettre de soutenir ou rejeter les théories de ce type. «*L'expérience devrait atteindre des niveaux de précision tels qu'il sera possible de détecter de toutes petites accélérations liées à l'existence d'un champ Caméléon*», précise Philippe Bouyer, directeur de recherches au laboratoire Photonique, numérique et nanosciences de Bordeaux.

Et, en prime, CAL pourrait «ouvrir la voie à une nouvelle

génération de capteurs quantiques d'une extrême précision», anticipe Christophe Salomon, spécialiste des atomes froids à l'ENS de Paris... jusqu'à envisager des projets de grande envergure, comme de gigantesques détecteurs d'ondes gravitationnelles, ces vibrations de l'espace-temps qui pourraient révéler la dynamique des trous noirs ou les premiers instants après le big bang. «*Notre laboratoire spatial va jouer le rôle d'antichambre pour de futures expériences, qui utiliseront ces nouveaux outils de précision pour percer les secrets de l'Univers!*» s'enthousiasme Rob Thompson.

Ainsi, c'est dans l'infiniment froid, dans un minuscule nuage d'atomes en orbite autour de notre petite planète, que pourraient se révéler les réponses aux plus grands mystères... de l'infiniment grand.



A voir : la vidéo de présentation de la mission. *

A consulter : le site de l'expérience CAL. **EN SAVOIR PLUS**

science-et-vie.com

Infections invasives

La guerre contre les champignons est déclarée

Quand les champignons infectent le sang ou les poumons, ils peuvent se révéler mortels. Face à ce qui prend l'allure d'une épidémie, les chercheurs se mobilisent. **Kheira Bettayeb** détaille leurs stratégies.

Il était temps ! Après plus de quinze ans de stagnation, plusieurs équipes proposent simultanément diverses pistes très prometteuses pour traiter les infections aux champignons.

Jusque-là, les médecins étaient plutôt démunis. Alors que face aux bactéries, ils disposent de 20 classes d'antibiotiques différents, extrêmement efficaces dans la plupart des cas (malgré l'apparition de ré-

sistances en raison de leur surutilisation), contre les champignons, les antifongiques sont, eux, bien plus rares : il n'en existe que 4 classes. Or, ce type d'infection peut s'infiltrer dans le sang ou dans des organes comme les poumons ou le cœur. La question est d'autant plus préoccupante que depuis environ quinze ans, les "mycoses invasives" se multiplient : +1,5 % par an. Au total, plus de 40 000 cas ont été rapportés ces dix dernières années chez les personnes hospitalisées en France. Et 1 personne infectée sur 4 en est morte !

L'ampleur de cette épidémie silencieuse s'explique en partie par le vieillissement de la population et l'utilisation accrue de traitements affaiblissant nos défenses naturelles (chimiothérapie contre les

> ASPERGILLUS

Ce champignon, qui cause 200 000 décès par an dans le monde, s'attaque souvent aux poumons.

Chronologie

- 2000 av. J.-C. :** premier cas rapporté d'infection par des champignons (mycétome fongique au pied).
- 1957 :** découverte du premier antifongique commercialisé, l'amphotéricine B.
- 2001 :** commercialisation de la classe d'antifongiques la plus récente à ce jour, les échinocandines.
- 2016-17 :** nouvelles cibles thérapeutiques trouvées.

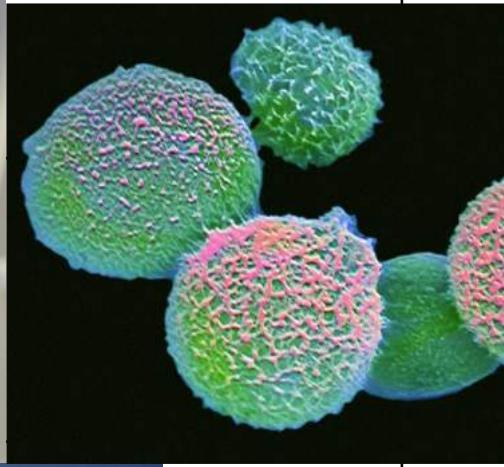




Les 4 ennemis à abattre

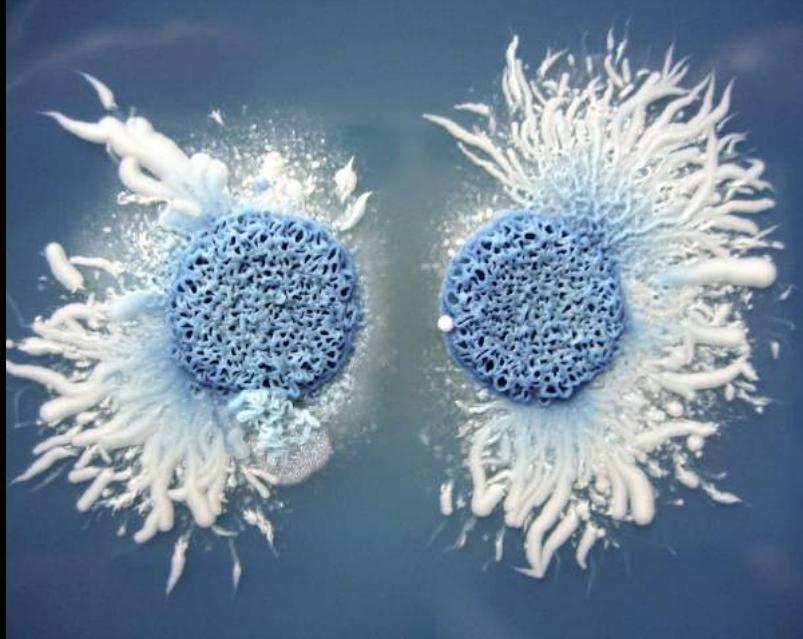
▽ CRYPTOCOCCUS

Le genre fongique le plus mortel (1 million de décès/an). Il s'attaque notamment au cerveau (méningites).



< CANDIDA

Le 2^e genre le plus tueur au monde (400 000 morts/an) et le 1^{er} en France. Ces levures peuvent induire une candidémie, infection grave du sang.



< RHIZOPUS

Le plus redoutable. Il peut induire une mucormycose, infection aiguë et rare du sang, des poumons, des sinus et du cerveau.

10 000 morts en France depuis 10 ans

Plus de 6200 impliquaient le genre *Candida*. Plus de 2400, *Aspergillus*. Près de 900, *Pneumocystis*. Environ 300, *Cryptococcus*. Et une centaine, des champignons responsables de mucormycoses, dont les *Rhizopus*.

→ cancers, immunosuppresseurs contre le rejet de greffe...). Les champignons parviennent en effet plus facilement à coloniser le sang ou les organes des personnes au système immunitaire affaibli.

Si ces infections sont si dangereuses, c'est aussi parce que, contrairement aux mycoses classiques, elles passent la barrière de la peau ou de la bouche et ne peuvent être traitées par applications externes. Il faut recourir à des antifongiques en comprimés ou par injections. Et même : à ce jour, ces molécules ne sont pas assez puissantes pour éradiquer tous les champignons. Elles risquent aussi d'induire des effets secondaires très graves : toxicité rénale, arrêt cardiaque, etc. Enfin, certains champignons y sont devenus totalement insensibles.

ILS SONT PROCHES DE NOUS

Mais pourquoi est-il si difficile de combattre des champignons ? La raison est biologique. Pour élaborer un nouveau médicament, la recette est toujours la même, quel que soit le pathogène visé (champignon, bactérie, virus...) : il faut identifier une molécule ou une réaction biochimique vitale pour ce pathogène, puis trouver une molécule capable de la bloquer. Point très important : cet inhibiteur doit être uniquement actif chez l'agent infectieux et surtout pas chez l'humain, sans quoi il serait hautement毒ique. Or, comparés aux bactéries, les champignons, qui se retrouvent partout dans notre environnement, sont assez proches de l'homme d'un point de vue évolutif. Plus de 50 % de leurs protéines ressemblent,

Antifongiques

5 stratégies pour détruire

Quatre classes d'antifongiques sont déjà utilisées contre les mycoses invasives. Une cinquième pourrait bientôt s'y ajouter.

EMPÊCHER LA FABRICATION DE LA MEMBRANE

Les **azoles** (fluconazole, voriconazole, itraconazole...) empêchent la réaction biochimique qui permet la fabrication de l'ergostérol, essentiel à la membrane. Ce qui endommage cette dernière et provoque la mort du champignon. Plutôt bien tolérés et peu onéreux, ce sont les antifongiques les plus utilisés en première ligne. Ils sont efficaces contre *Candida* et *Aspergillus*.

Jargon

Les champignons pathogènes sont des organismes microscopiques formés d'une ou plusieurs cellules. Comme nous, ce sont des **euacryotes** : leur ADN est contenu dans un noyau au sein de leurs cellules. A l'inverse, les bactéries sont des micro-organismes prokaryotes (sans noyau), toujours constitués d'une seule cellule.

FORMER DES TROUS DANS LA MEMBRANE

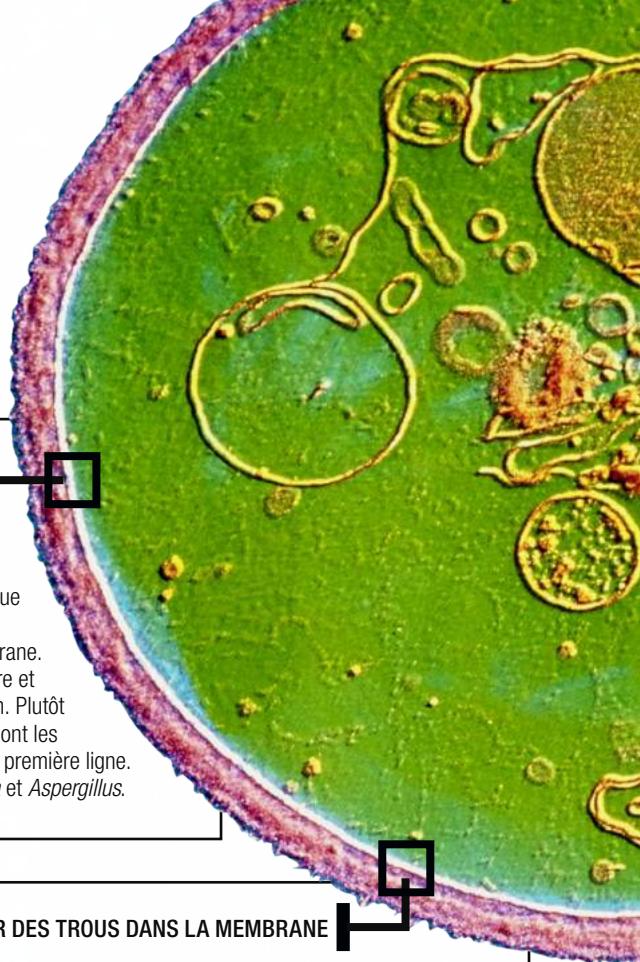
Les **polyènes** (amphotéricine B, amphotéricine B désoxycholate...) se lient à l'ergostérol de la membrane, ce qui nuit aux champignons. Ces antifongiques, assez efficaces et moyennement chers, sont cependant toxiques pour les reins. Traitement de première ligne contre *Cryptococcus*, ils sont surtout utilisés en seconde ligne, en cas d'échec thérapeutique, d'intolérances...

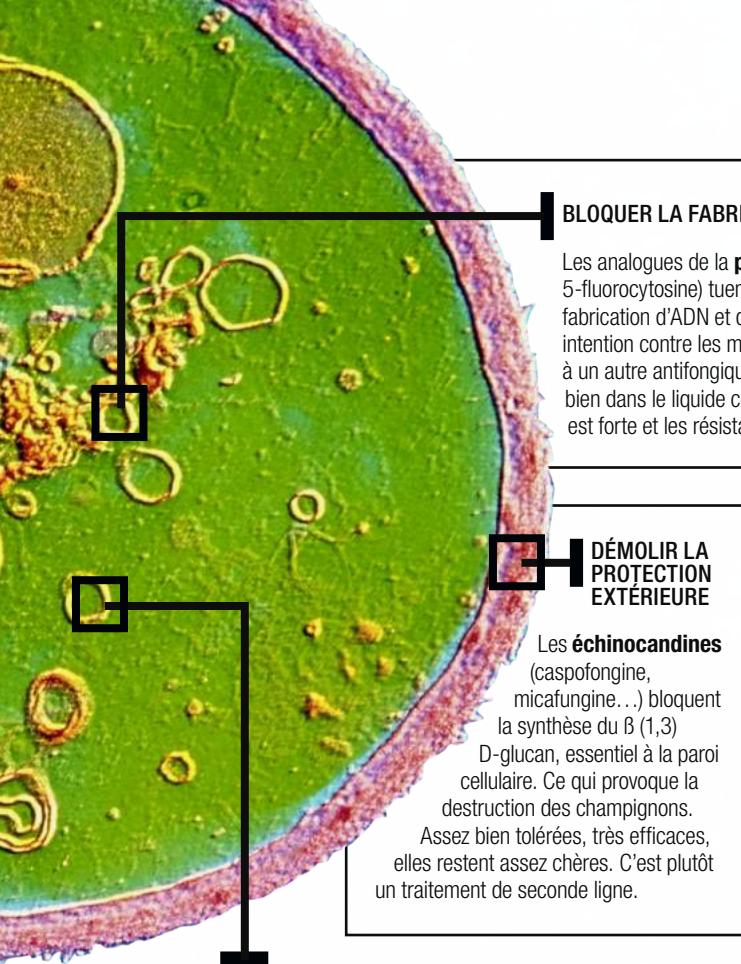
au niveau de la structure moléculaire, aux nôtres ! C'est par exemple le cas de leur protéine Hsp90 et de sa version humaine (elles permettent le bon repliement tridimensionnel des protéines). Ce qui complique l'identification d'inhibiteurs qui leur sont propres.

Mais voilà qu'une équipe internationale vient de relever le défi ! "Présentés en mai dernier, nos résultats ont été accueillis avec un grand enthousiasme par la communauté scientifique", jubile Jérôme Govin, biologiste au Laboratoire de biologie à grande

échelle de Grenoble. Il faut dire que depuis l'arrivée des premiers antifongiques dans les années 1940, la recherche avait peu évolué.

Concrètement, les chercheurs ont découvert une protéine vitale pour le champignon *Candida albicans* : Bdf1, un régulateur clé de l'expression des gènes. Ils ont montré que cette molécule réalise sa fonction grâce à deux régions particulières appelées "bromodomains", et identifié pas moins de 125 molécules qui peuvent bloquer le premier bromodomaine, et 44 l'autre.





BLOQUER LA FABRICATION DE L'ADN ET DE L'ARN

Les analogues de la **pyrimidine** (une seule molécule : la 5-fluorocytosine) tuent les champignons en bloquant leur fabrication d'ADN et d'ARN. Ils sont utilisés en première intention contre les méningites à *Cryptococcus*, associés à un autre antifongique, l'amphotéricine B (ils se diffusent bien dans le liquide céphalo-rachidien). Mais leur toxicité est forte et les résistances fréquentes.

DÉMOLIR LA PROTECTION EXTÉRIEURE

Les **échinocandines** (caspofongine, micafungine...) bloquent la synthèse du β (1,3) D-glucan, essentiel à la paroi cellulaire. Ce qui provoque la destruction des champignons. Assez bien tolérées, très efficaces, elles restent assez chères. C'est plutôt un traitement de seconde ligne.

DÉRÉGULER L'EXPRESSION DES GÈNES

Les **inhibiteurs de la Bdf1** : une nouvelle classe d'antifongiques ? Ils bloquent la protéine Bdf1 des champignons, ce qui provoque une dérégulation massive du programme d'expression des gènes et, au final, la mort des champignons. Ils pourraient être mieux tolérés et plus efficaces que les antifongiques actuels. Ces inhibiteurs seraient utilisables contre tous les types de champignons si l'on trouve des inhibiteurs spécifiques à tous les genres fongiques.

Point crucial : ces composés sont actifs sur les bromodomains des champignons, beaucoup moins sur les bromodomains humains.

BIENTÔT DES TESTS CLINIQUES

“Les inhibiteurs identifiés semblent vraiment avoir une action fungicide très efficace. Ce qui laisse espérer des antifongiques bien plus agressifs que ceux dont nous disposons, avec peu ou pas d'effets secondaires chez l'homme”,

se réjouit Frédéric Dalle, au Centre hospitalier universitaire de Dijon.

“Depuis quelques années, plusieurs autres équipes dans le monde sont arrivées à des résultats aussi prometteurs”, souligne Nicolas Papon, au Centre hospitalier universitaire d'Angers. Ainsi, en 2016, celle du Britannique David Moyes a découvert une autre cible thérapeutique très intéressante chez les champignons : la candidalysine, une toxine sécrétée par

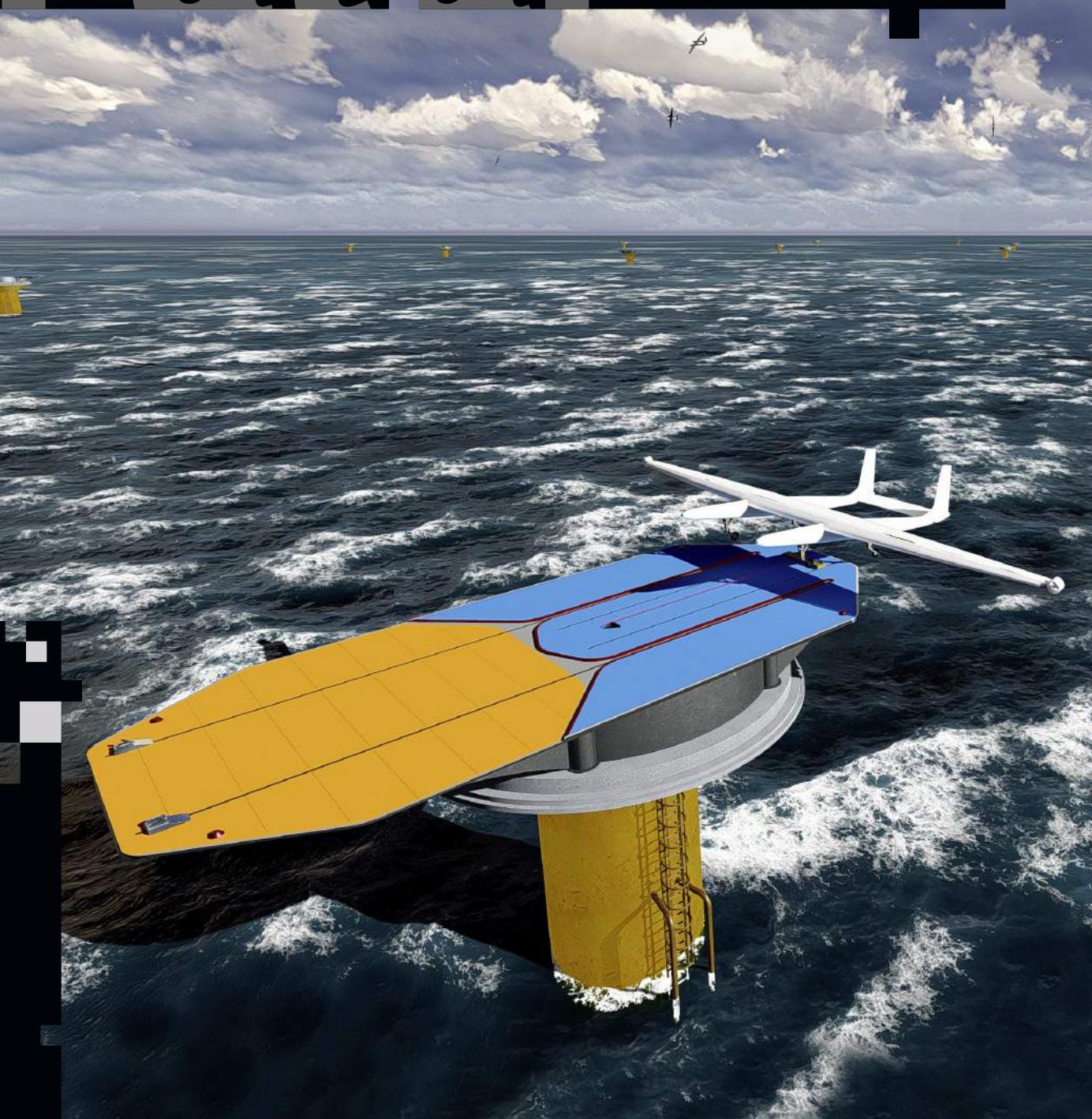
Candida albicans pour détruire les muqueuses. *“On n'avait pas trouvé un facteur de virulence fongique aussi important depuis au moins quinze ans”,* s'étonne encore Nicolas Papon. Toujours en 2016, une autre équipe, celle du microbiologiste suisse Dominique Sanglard, révélait avoir identifié un inhibiteur prometteur : NGx04. Lequel cible Sec14p, une molécule indispensable à la virulence du champignon *Cryptococcus neoformans*. Les découvertes s'enchaînent, et des essais sur l'humain pourraient démarrer dans cinq ans.

Et ce n'est pas tout. Depuis 2011, le Département de l'énergie américain (DOE-JGI) s'est lancé dans une entreprise colossale qui devrait accélérer l'identification de nouvelles cibles thérapeutiques : le projet “1 000 Génomes de champignons”, qui vise à établir, d'ici un an ou deux ans, un séquençage massif des génomes de champignons.

“Certes, nous ne sommes qu'à l'aube de l'exploitation des récents travaux en mycologie médicale, concède Nicolas Papon. Mais ça y est, c'est parti !” La recherche de nouveaux antifongiques décolle enfin ! Et les courbes pourraient un jour s'inverser et la mortalité liée aux champignons enfin diminuer.



A voir : des liens vers les études mentionnées dans l'article et vers le site du projet “1000 Génomes de champignons”. **EN SAVOIR PLUS** science-et-vie.com



> Baptisés Power-Plane, les drones de 12 m d'envergure vont chercher les vents jusqu'à 450 m d'altitude.



PAYS-BAS

Des drones bientôt testés pour produire de l'électricité

Le secteur de l'éolien a le vent en poupe aux Pays-Bas! Après l'ouverture, en mai, d'un parc en mer comprenant quelque 150 turbines, voilà que la start-up néerlandaise Ampyx Power vient de présenter un concept aussi novateur qu'étonnant pour récupérer l'énergie du vent. Il s'agirait d'utiliser des drones de 12 m d'envergure volant à des altitudes comprises entre 200 et 450 m, là où la force du vent est beaucoup plus importante qu'à la surface terrestre.

Chaque drone, relié à une base par un câble, planerait ainsi dans les airs à la manière d'un cerf-volant de très haute altitude. L'engin, programmé pour effectuer de grands "huit", tirerait en permanence sur le câble qui le retient. Ce câble serait relié à un générateur, qui convertirait en électricité ce mouvement de rotation induit par le drone.

Le prototype, baptisé Power-Plane, sera capable de voler de jour comme de nuit sans interrup-

tion. Selon Ampyx Power, chaque drone disposera d'une puissance de 250 kW, et sera capable de produire jusqu'à 2 MW, ce qui permettra d'approvisionner jusqu'à 2000 foyers en électricité. Une puissance qui est de l'ordre de celles produites par les plus grandes éoliennes actuellement en fonctionnement, dont les rotors dépassent 50 m de diamètre. Pourtant, la construction du PowerPlane nécessiterait 90 % de matériaux en moins! s.d.

AMPYX



DUBAÏ (ÉMIRATS ARABES UNIS)

Un **robot policier** a effectué ses premières rondes

La police de Dubaï vient d'intégrer sa première recrue humanoïde: un robot sur roulettes de 1,70 m et 100 kg! Muni d'une tablette tactile, il permet de régler des contraventions, de signaler un délit ou d'entrer en relation avec la police, grâce à ses yeux-caméras. Cet adjoint de sécurité devrait, dans un premier temps, être déployé dans les centres commerciaux et les sites touristiques... pour libérer les "vrais" agents de ce type de patrouille. La police dubaïote ambitionne d'avoir un quart d'humanoïdes dans ses effectifs d'ici à 2030.

E.T.-A.

COPENHAGUE (DANEMARK)

Des **pistes de ski** renouvellent le concept d'**incinérateur géant**

Comment faire accepter à des riverains proches du centre de Copenhague un incinérateur géant de 85 m de hauteur capable de traiter près de 400 000 tonnes de déchets par an? En promettant qu'il pourra accueillir sur son toit pentu trois pistes de ski! Couvertes de neige artificielle, ces surfaces seront skiables toute l'année. Les remontées s'effectueront grâce à un ascenseur et à des tapis roulants. Le toit disposera également d'espaces verts, de parcours de randonnée et d'un café offrant l'un des plus beaux points de vue sur la ville. La façade du bâtiment sera pourvue d'un mur d'escalade haut de 80 m. C'est le cabinet danois d'architecture Bjarke Ingels qui travaille depuis 2010 sur ce projet un peu fou. L'incinération et la production d'énergie ont démarré en mai, pour trois à six mois de tests. Les équipements sportifs, quant à eux, devraient être inaugurés à l'été 2018.

E.T.-A.

La route qui recharge les voitures électriques a été testée avec succès

En mai, deux voitures électriques Renault ont parcouru une section de piste qui préfigure les routes du futur. Sa particularité ? Le véhicule recharge ses batteries en roulant dessus, grâce à une technologie mise au point par la société américaine Qualcomm. Sous la piste se trouve un système de charge dynamique sans contact par induction électromagnétique.

Des générateurs placés de chaque côté de la route convertissent le courant du réseau électrique en champs magnétiques qui rechargent les accumulateurs du véhicule.

Lors des tests, ce système aurait permis de recharger 20 kW, pour une voiture roulant jusqu'à 120 km/h.

S.D.



MIGUEL COLL - BIG-BJARKE INGELS GROUP - DR

Idée neuve



“DES CHENILLES POUR DÉGRADER LES SACS EN PLASTIQUE”

Paolo Bombelli, biochimiste à l'université de Cambridge

La larve *Galleria mellonella* a révélé un étonnant super-pouvoir. Paolo Bombelli et ses collègues de l'université de Cambridge ont montré que cette chenille dégrade le polyéthylène, composant majoritaire des sacs en plastique, à une vitesse record : des trous apparaissent au bout de 40 minutes.

“Nous espérons que l'on pourra utiliser cette découverte pour réduire les déchets plastiques dans le futur”, s'enthousiasme Paolo Bombelli. Alors que des milliards de sacs en plastique sont utilisés chaque année, les dégrader biologiquement “pourrait être une intéressante alternative au recyclage chimique”, commente Guy Castelan, expert en analyse de cycle de vie des plastiques à Plastics Europe. Le produit de cette dégradation reste néanmoins opaque.

“Nous avons des preuves qu'il s'agirait d'éthylène glycol, mais nous sommes encore en train de travailler dessus”, ajoute Paolo Bombelli. Il est donc trop tôt pour affirmer que cette chenille sera la solution miracle pour lutter contre la pollution plastique, “mais cela reste une belle promesse”, conclut le chercheur.

O.D.



ÉTATS-UNIS ET CHINE

Un OGM anti-infectieux ouvre la voie d'une agriculture sans pesticides

Un nouveau produit de l'ingénierie génétique a été découvert à l'université Duke, à Durham (États-Unis). Celui-ci contient un gène (TBF1) qui en active un autre (NPR1), libérant des agents antimicrobiens qui renforcent les défenses naturelles des plantes seulement en cas d'infection, sans nuire à leur croissance. Introduit dans le riz, ce système lui confère *in vitro* une résistance à la bactériose et à la pyriculariose, un champignon causant 30 % des pertes annuelles dans l'agriculture mondiale. Reste à réaliser des essais à grande échelle et sur d'autres maladies! F.G.

NORVÈGE

Les débuts du cabotage automatique

Le premier porte-containier autonome alimenté par batterie, *Yara Birkeland*, reliera dès 2018 l'usine Yara de Porsgrunn, dans le sud de la Norvège, à deux ports distants de 50 et 100 km. Cent trajets quotidiens en camion (soit 40 000 par an) seront ainsi évités. De quoi réduire considérablement les émissions de CO₂ et NO_x sur ces tronçons, et rendre les routes plus sûres. Au départ, *Yara Birkeland* embarquera un équipage pour superviser la navigation, Mais dès 2019, il sera piloté à distance, en vue de gagner son autonomie complète en 2020. F.G.

SUISSE

Des aspirateurs à CO₂ pour contrer l'effet de serre

Depuis juin, les 18 ventilateurs Climeworks placés sur le toit d'une usine de récupération de déchets près de Zurich aspirent le gaz carbonique présent dans l'air, et l'acheminent à une ferme voisine, où il accroît de 20 % le rendement des tomates. Chaque jour, 2 500 kg sont aspirés – soit à l'année

l'équivalent des émissions de 200 voitures! Grâce à un processus d'adsorption-désorption, le CO₂ est filtré puis isolé à 100 °C, à l'aide de la chaleur perdue de l'usine. Climeworks ambitionne, en déployant 250 000 unités de ce système, d'aspirer 1 % des émissions mondiales de CO₂ dès 2025! Les critiques estiment toutefois qu'il serait dix fois moins coûteux de capturer le gaz à effet de serre directement au niveau des usines d'extraction de combustibles fossiles.

F.G.



J.DUNLOP/CLIMWORKS - YARA BIRKELAND

Rendez-vous en...
2024

DES MILLIERS DE MICROSATELLITES POURRAIENT FOURNIR UN INTERNET GLOBAL

La société américaine SpaceX d'Elon Musk veut déployer une constellation de 4 425 micro-satellites (environ 380 kg) à une altitude comprise entre 1 110 et 1 325 km. Son objectif? Diffuser internet sur toute la planète. Un premier prototype sera testé début 2018.

“Les autres satellites de la constellation seront lancés progressivement jusqu'en 2024”, a déclaré la vice-présidente de SpaceX, Patricia Cooper, devant un comité du sénat américain. Leurs orbites basses, atteintes grâce à un lanceur partiellement réutilisable Falcon 9, permettront d'assurer un temps de réponse court – une trentaine de millisecondes (ms), comme pour un réseau terrestre, contre 500 ms pour d'autres satellites situés à plusieurs dizaines de milliers de kilomètres d'altitude. L'un d'eux, au moins, sera toujours visible dans le ciel depuis n'importe quel point du globe. Des installations au sol feront alors le lien entre internet et les signaux qu'ils diffuseront, ou bien ces signaux pourront être captés directement par l'antenne d'un client. La vitesse de transmission sera du même ordre que celle de la fibre optique aujourd'hui. Sept mille cinq cents satellites seraient déployés ultérieurement sur des orbites plus basses au-dessus des zones les plus peuplées.

S.F.

ÉTATS-UNIS

Projet de gratte-ciel antipollution haut de 5 000 mètres

Et si les gratte-ciel de demain dépolluaient les villes ? L'entreprise américaine Arconic a en tout cas développé un concept qui va dans ce sens. Elle a imaginé une tour de près de 5 km de haut enveloppée d'un matériau antipollution, l'EcoClean. Si la construction d'une tour d'une telle hauteur demeure encore hypothétique, l'EcoClean, lui, existe déjà bel et bien : par exemple, 1 000 m² de ce matériau dépolluent autant que 80 arbres. Comment ? Lorsque le revêtement est exposé au soleil, les électrons des molécules de dioxyde de titane qui le composent sont excités. Leur énergie est transférée à l'humidité de l'air ; se forment alors des ions avec un fort pouvoir oxydant. Une partie de ces ions va décomposer dans l'air le dioxyde d'azote polluant, et le transformer en nitrates inoffensifs. L'autre partie va capter à la surface de l'EcoClean les saletés (sous forme de matière organique), qui seront ensuite éliminées par l'eau de pluie. Ainsi, en plus de dépolluer l'atmosphère autour du gratte-ciel, à petite et haute altitude, le matériau reste toujours propre ! **G.D.**



ARCONIC

LA SCIENCE & LA VIE

110

Dangerosité des batteries au lithium

La sécurité aérienne en plein dilemme



120

Technofolies

Le casque audio qui fait aussi vidéo et réalité virtuelle



128

Questions/Réponses

Sans moustique, à quoi ressemblerait le monde ?



Science & société

110

Dangerosité des batteries au lithium

La sécurité aérienne en plein dilemme

Médicaments

Leur rejet dans la nature pose un vrai problème

Santé au travail

2,6 millions de salariés sont exposés aux cancérogènes

Science & vie pratique

118

Bon à savoir

Dix conseils pratiques en direct des publications scientifiques

Technofolies

Le casque audio qui fait aussi vidéo et réalité virtuelle; des Lego pour débuter dans la robotique; le petit boîtier qui connecte les serrures des portes; la pollution en direct grâce à un capteur de poche...

Science & culture

124

Questions/Réponses

Sans moustique, à quoi ressemblerait le monde? Pourquoi une musique donne-t-elle le frisson?...

A voir/A lire

“Les Nuits des étoiles”, dans toute la France

Il y a... 100 ans

D'Arcy Thompson révèle le sens des formes naturelles

Dangerosité des batteries au lithium

La sécurité aérienne en plein dilemme

Le récent débat lancé par les Etats-Unis sur l'interdiction ou non d'embarquer des ordinateurs portables en cabine sur certains vols n'est que la partie émergée d'un vaste enjeu de société. En coulisse, les autorités de l'aviation sont en proie à un terrible dilemme.

Elles doivent en effet déterminer les règles à adopter face à deux risques majeurs émergents, qui mettent en péril la sécurité à bord des avions. Ces deux dangers sont malheureusement

liés: réduire l'un revient implacablement à aggraver l'autre. Forçant le régulateur à choisir entre la peste et le choléra...

Le premier risque est d'une actualité brûlante: que des terroristes montent à bord avec des ordinateurs ou des tablettes dont les batteries ont été remplacées par des explosifs. Et les fassent sauter en plein vol.

CARLINGUE TROUÉE

Un risque bien réel: le 2 février 2016, un avion de la compagnie somalienne Daallo a été la cible d'une telle attaque, qui a provoqué un trou béant dans la carlingue. Elle n'a miraculeusement fait qu'une victime, l'avion ayant pu atterrir en urgence. Mais d'autres projets d'attentats de ce type ont été détectés, comme l'a révélé l'affaire des indiscretions de Donald Trump.

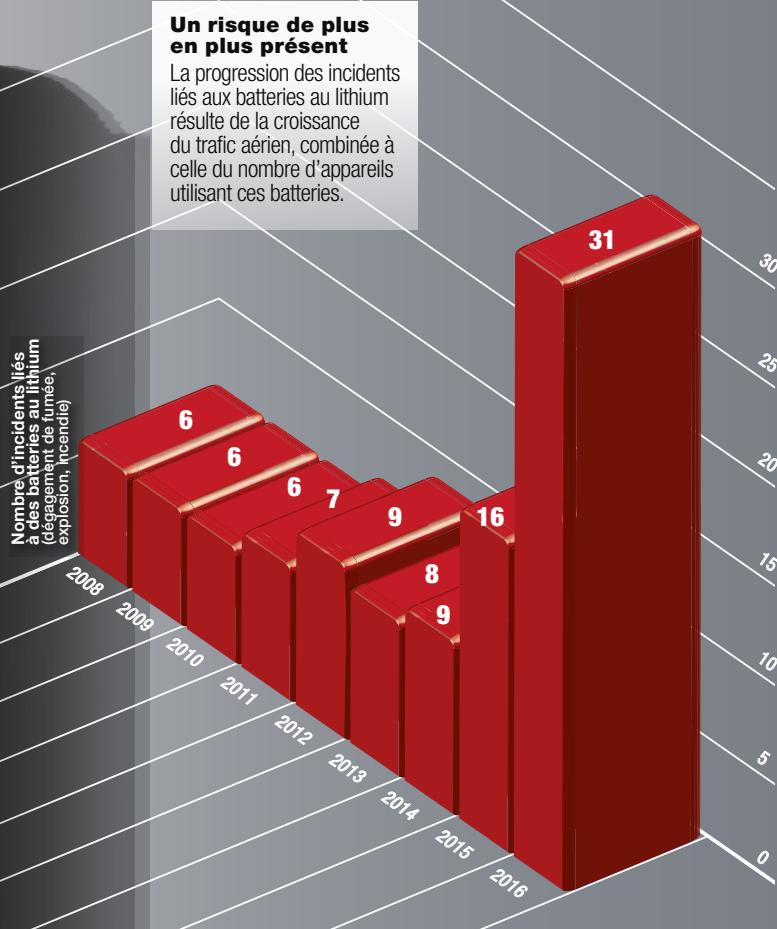
LE RAPPEL DES FAITS

Depuis mars 2017, les Etats-Unis et le Royaume-Uni interdisent les ordinateurs portables, tablettes et liseuses en cabine sur tous les vols en provenance de dix villes du Moyen-Orient et d'Afrique. Cette mesure ne sera pour l'instant pas généralisée.



C'est ce renseignement, remonté par les services secrets israéliens, que Trump est soupçonné d'avoir imprudemment transmis aux services russes, créant une vaste polémique outre-Atlantique. Conduisant en mars dernier les Etats-Unis (suivis du Royaume-Uni) à interdire d'embarquer ordinateurs, tablettes et liseuses en cabine sur tous les vols en provenance d'une dizaine de villes jugées à risque (Le Caire, Amman, Koweït, Casablanca, Doha, Riyad et Djeddah, Istanbul, Abu Dhabi et Dubai).

Une telle interdiction revient à obliger les passagers à placer leurs équipements électroniques en soute. Non qu'une explosion en soute serait moins grave qu'en cabine, mais les bagages envoyés en soute, qui passent sous des tomographes, subissent des contrôles plus poussés et efficaces pour détecter les explosifs que les bagages cabine passés aux rayons X (lire les encadrés p. 112). La mesure est donc bien efficace. Les deux pays ont même un temps envisagé de la généraliser à tous les vols à destina-



Un risque de plus en plus présent

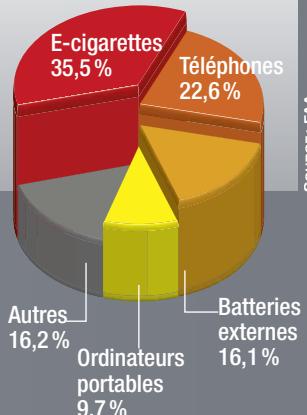
La progression des incidents liés aux batteries au lithium résulte de la croissance du trafic aérien, combinée à celle du nombre d'appareils utilisant ces batteries.

160

C'est le nombre d'incidents liés à des batteries au lithium (dégagement de fumée, explosion, incendie...) ayant touché des avions ou des aéroports entre 1991 et 2017.

Les e-cigarettes en tête des incidents

Elles sont cependant jugées trop petites pour que des explosifs à la place des batteries présentent un réel danger.



SOURCE : FAA

tion de leur territoire, mais ont fait machine arrière fin juin en préconisant juste des contrôles plus poussés des bagages cabine à l'embarquement. Car mettre les portables en soute n'est pas la panacée, et présente même un réel danger.

“Cela ne fait que déplacer le problème”, déplore Gilles Leclair, directeur de la sûreté chez Air France. Mettre les téléphones portables en soute comporte des risques pour la sécurité”. Moins connus du grand public, les risques d'incendie causés par les batteries au lithium

qui équipent la majorité des téléphones sont pourtant tout aussi graves.

“L'ensemble de la communauté aéronautique internationale considère les batteries au lithium comme dangereuses car elles sont inflammables en cas de sur-

chauffe, de court-circuit ou de dommage en tout genre”, résume Dominique Fouda, porte-parole de l’European Aviation Safety Agency.

Cela fait une quinzaine d'années que le phénomène préoccupe les autorités de l'aviation: cette

technologie de batterie présente un risque bien documenté d'emballement thermique, pouvant conduire à l'inflammation, voire à l'explosion de l'appareil. Le cas du Galaxy Note 7 de Samsung, banni des avions puis retiré du marché fin



DOMINIQUE FOUDA
Porte-parole de l’European Aviation Safety Agency

Les batteries au lithium sont inflammables en cas de surchauffe, de court-circuit ou de dommage en tout genre

Les bagages de soute sont contrôlés plus efficacement

Ceux qui restent en cabine passent aux rayons X...

Utilisé pour les bagages cabine, l'appareil de détection radioscopique à rayons X attribue aux objets une couleur spécifique en fonction de leur composition. Ce contrôle visuel, conçu en priorité pour détecter les objets interdits à bord (couteaux, liquides...) n'est pas pleinement efficace pour les explosifs, dont la reconnaissance nécessite une bonne formation des agents, et une longue expérience.



... et ceux destinés à la soute ont droit au

On recourt au tomographe pour l'inspection des bagages de soute ayant été jugés suspects lors d'un premier contrôle aux rayons X. Il reconstitue une image en 3D de haute résolution du contenu des bagages et est associé à un algorithme spécifiquement dédié à la détection des explosifs.



→ 2016 pour des explosions intempestives, est loin d'être unique (voir *S&V* n°1192, p.106). Des tests de la Federal Aviation Administration (FAA) américaine ont montré qu'à la suite de chocs ou de défauts de fabrication, les températures de ces batteries peuvent atteindre plus de 700°C, provoquer un incendie ou une explosion, et se propager d'une batterie à l'autre. Autre enseignement inquiétant de ces tests: les extincteurs installés dans les soutes des avions (à base de halon, un gaz censé priver la flamme d'oxygène) se révèlent inefficaces contre des incendies de ce type et n'empêchent pas leur pro-

pagation. Bref, ces batteries peuvent se transformer en machines infernales, tout aussi dangereuses qu'une bombe.

Là aussi, le risque est avéré: en septembre 2010, un Boeing 747 d'UPS a été détruit après l'inflammation de batteries au lithium qu'il transportait. Un tel accident est même soupçonné d'être à l'origine de la mystérieuse disparition, en 2014, du vol MH370 de la Malaysia Airlines – l'avion transportait une cargaison de 200 kg de batteries de ce type. Entre 1991 et 2017, la FAA a recensé dans le monde quelque 160 accidents (la plupart mineurs) dans des avions ou des aé-

roports, liés à des batteries au lithium.

L'Organisation internationale de l'aviation civile (OACI) prend le risque au sérieux: depuis avril 2016, elle interdit que des cargaisons de batteries au lithium soient embarquées sur les vols transportant des passagers: elles ne sont autorisées que sur des cargos dédiés au fret. On ne met ainsi en péril "que" la vie de l'équipage...

LES CARGAISONS DE BATTERIES INDÉSIRABLES

Quant aux batteries transportées par les passagers, les autorités de l'aviation

en arrivent à une conclusion exactement inverse à celle de l'administration américaine:

elles préconisent que les appareils électroniques et batteries de rechange soient "placés en cabine, ce qui permet à l'équipage de réagir rapidement en cas d'incident". Le personnel de bord étant formé pour gérer ce type d'incendie, elles considèrent que le risque de propagation est bien moindre qu'en soute.

Au-delà de la décision des Etats-Unis, les autorités de l'aviation doivent édicter leurs règles pour 2018. "Elles font face à un vrai dilemme", résume Quentin Martiny, co-directeur de la commission Produits dangereux à la Fédération internationale des pilotes de ligne. Contre quel risque agir en priorité? Terrorisme ou accident? "C'est l'objet de nombreuses discussions", témoigne Gilles Leclair, directeur de la sûreté chez Air France.



GILLES LECLAIR
Directeur de la sûreté chez Air France

Mettre les portables en soute comporte des risques pour la sécurité: cela ne fait que déplacer le problème

tomographe



Quelles solutions? Interdire tous les appareils électroniques en avion? Irréaliste. Trouver une alternative aux batteries au lithium, les rendre moins inflammables, développer des extincteurs adaptés? Cela prendra des années! Quant à appliquer aux bagages cabine les mêmes contrôles que pour la soute, cela pourrait même s'avérer contre-productif: cela rallongerait les files d'attente... autant de cibles potentielles pour les terroristes, comme l'a montré l'attentat commis à l'aéroport de Bruxelles en mars 2016.

Avec un taux de possession d'équipements électroniques en constante augmentation, un nombre de vols et de passagers qui va doubler d'ici quinze ans, et un risque terroriste plus présent que jamais, il est urgent de trancher.

Pierre-Yves Bocquet

Pour aller plus loin:
www.science-et-vie.com

Théories du complot,
fake news...

Et si on vaccinait les individus?

Science & Vie: Vous dites qu'il est possible de vacciner les gens contre les fake news (fausses informations). Qu'entendez-vous par là?

Dr Sander van der Linden: Il s'agit bien sûr d'une métaphore. Lors d'un vaccin, une version inoffensive d'un pathogène est utilisée pour provoquer une réaction de notre système immunitaire. Si nous appliquons ce principe à la lutte contre les fausses idées, il s'agirait de confronter les individus aux sites de désinformation et aux théories contradictoires, tout en pointant leur manque de crédibilité.

S&V: Vous avez récemment testé cette théorie. Pour quels résultats?

Dr SvdL: Nous avons évalué l'avis de plus de 2000 individus sur le changement climatique. Avant expérimentation, l'influence de l'homme sur le climat était acceptée par environ 70% des participants. En avertissement les individus

du fait que cette théorie faisait consensus parmi la communauté scientifique, l'adhésion montait même à plus de 90%. Mais cet effet est entravé par les fake news: en montrant aux participants une pétition sortie en 2007 et signée par 31 000 chercheurs, clamant qu'il n'y a en fait aucune preuve de l'influence de l'homme sur le climat, l'adhésion retombait à 70%, et même à 60% pour les individus qui n'avaient pas été mis au courant du consensus. En revanche, il a suffi de pointer le peu de sérieux de cette même pétition, le fait que Charles Darwin ou encore les Spice Girls faisaient partie des signataires par exemple, pour faire remonter ce taux à 83%. L'effet "fake news" a été fortement contré, et ce quelles que soient les opinions politiques des participants.

S&V: Pensez-vous qu'il suffise de "vac-



SANDER VAN DER LINDEN

Chercheur en psychologie sociale à l'université de Cambridge

ciner" un individu pour qu'il soit immunisé contre toutes les fake news ?

Dr SvdL: C'est possible. Plus que la connaissance d'un sujet, je pense que le "vacciné" se familiarise surtout avec une démarche de vérification. Et cette démarche est extrêmement importante à l'ère des réseaux sociaux, où les fausses informations se répandent avec une vitesse incroyable.

Propos recueillis par T.C.-F.



LE RAPPEL DES FAITS

Les fake news ont marqué la dernière **élection présidentielle**, en France et aux Etats-Unis. En 2016, les 50 plus "populaires" ont généré 21 millions d'interactions sur Facebook, et réussi à tromper 3 adultes américains sur 4 environ.

Médicaments

Leur rejet dans la nature pose un vrai problème

Nous sommes trop nombreux à l'ignorer ou à ne pas nous en préoccuper: jeter ses médicaments à la poubelle n'est pas sans risque. Faute de recyclage spécifique, toutes ces substances actives arrivent directement dans l'environnement et peuvent même parfois revenir en partie dans notre organisme via l'eau du robinet.

Les chiffres que vient de publier l'association Cy-

claimed, agréée par les pouvoirs publics pour collecter les médicaments non utilisés, montrent que le problème n'est pas suffisamment pris en compte par les consommateurs. Plus largement, il concerne aussi les rejets des industries pharmaceutiques, des élevages d'animaux, des hôpitaux, et – surtout – les rejets liés à la consommation de médicaments (l'urine et les fèces contiennent les produits issus de dégradation des médicaments).

Selon une étude publiée en 2011 par l'Agence nationale de sécurité sanitaire, certaines eaux françaises étaient contaminées par plusieurs résidus de médicaments: l'antiépileptique carbamazépine et son principal résidu, l'anxiolytique oxazépam, le paracétamol, etc. Les concentrations to-



concentrations infinitésimales de résidus de médicaments dans l'environnement, il n'y a pas de risque significatif."

Pas de risque, vraiment?

On sait pourtant que cela peut nuire à certaines espèces. Ainsi, les résidus

d'hormones peuvent provoquer des troubles de la reproduction ou de la croissance, les traces d'anticancéreux, des cancers, les antidépresseurs, des troubles du comportement, etc. Une étude américaine de 2013 a indiqué que l'exposition des poissons au Prozac (fluoxétine) peut rendre ces

LE RAPPEL DES FAITS

Près de 40% des Français ne rapportent pas leurs médicaments inutilisés à leur pharmacien. L'Académie de pharmacie prépare un rapport sur les conséquences environnementales et sanitaires des rejets de médicaments dans l'environnement.

30 000

EN CHIFFRES

C'est, en hectares, la surface agricole absorbée par le développement urbain en France en 2016. Malgré les alertes lancées par les spécialistes ces dernières années, les ventes de parcelles sont en nette recrudescence (+22 % par rapport à 2015). G.D.

49 %

C'est la part de la population française adulte en surpoids ou obèse, d'après l'Institut national de veille sanitaire. Un taux très élevé, mais stable depuis dix ans, alors qu'il augmente dans nombre d'autres pays. Les hommes et les plus de 55 ans sont les plus touchés. E.A.

animaux anxieux, antisoziaux... quand ils ne développent pas des tendances meurtrières ! D'autres travaux ont montré que le déclin des vautours à col blanc du Pakistan serait dû au fait qu'ils se nourrissaient de carcasses d'animaux contaminés par des résidus de l'anti-inflammatoire diclofénac...

Or, les risques encourus par les humains sont les mêmes que ceux observés chez les animaux : troubles



YVES
LÉVI

Professeur de santé publique à l'université Paris-Sud

On ne connaît pas la nocivité d'une exposition à des doses faibles, mais cumulées sur le long terme

de la croissance, du comportement, de la reproduction... Mais l'ampleur de ces effets reste inconnue, tout comme leur poids relatifs par rapport à d'autres sources de polluants (rejets diesel, résidus de pesticides...).

Les données suffisantes de toxicologie des faibles doses ne concernent qu'un petit nombre de molécules, alors qu'on utilise environ 3 000 médicaments, souligne Yves Lévi, professeur de santé publique et d'environnement à l'université Paris-Sud. *Il manque des études sur la nocivité d'une exposition à des doses faibles, mais cumulées sur le long terme. On ne sait pas non plus s'il existe des effets dus à des mélanges de médicaments dans l'environnement, ou à des résidus de médicaments mélangés à d'autres polluants environnementaux et alimentaires.*

En attendant que toute la lumière soit faite sur ce sujet, "rapportez tous les médicaments non utilisés en pharmacie, et évitez la surconsommation", conseille Elodie Brelot, directrice du groupe de recherche Rhône Alpes sur les infrastructures et l'eau. **Kheira Bettayeb**

999 990

C'est le plus haut score obtenu au jeu Pac-Man, réputé difficile, par un programme d'intelligence artificielle développé par Microsoft. Pour comparaison, le meilleur score en date réalisé par un joueur humain est de 266330. **G.D.**

 C'est le plus haut score obtenu au jeu Pac-Man, réputé difficile, par un programme d'intelligence artificielle développé par Microsoft. Pour comparaison, le meilleur score en date réalisé par un joueur humain est de 266330. **G.D.**



On peut faire ses achats en s'authentifiant... par la voix

"Bonjour, je suis Aurélie Dupont, je voudrais exécuter un paiement en ligne et m'authentifier par ma voix." C'est par ces mots que, depuis le 5 juin, les clients de la Banque postale peuvent valider leurs achats en ligne. Plus besoin de taper le code de sa carte de crédit : ils reçoivent un coup de fil et prononcent la phrase sésame. Si leur voix est reconnue par le logiciel, ils reçoivent une clé d'accès permettant de confirmer le paiement.

"Le niveau de sécurité assuré par la reconnaissance vocale est sans commune mesure avec les codes bancaires", assure Dijana Petrovska-Delacrétaz, à Télécom SudParis, qui a participé avec son équipe à l'élaboration des algorithmes du système. *"Nous avons opté pour une solution 'dépendante du texte' : le locuteur prononce toujours la même phrase d'identification."*

Cette approche a cependant une faille : les fraudeurs pourraient enregistrer la phrase, puis la reproduire. *"Déetecter plus efficacement ce 'rejou' est notre nouvel axe de recherche"*, indique Dijana Petrovska-Delacrétaz. Ainsi, deux autres verrous sécurisent le paiement : la clé numérique et le téléphone, qui doit être celui de l'usager. Et le piratage à l'aide de logiciels de synthèse vocale ? La chercheuse balaye ces inquiétudes. *"Reconstituer une voix n'est pas à la portée de tous : il faut maîtriser les statistiques et technologies de pointe et disposer d'un échantillon de voix d'au moins une demi-heure et d'excellente qualité."*

En plus d'anticiper les techniques de piratage, les chercheurs étudient les manières de modifier cet identifiant biométrique. Car on ne peut pas changer sa voix aussi facilement qu'un code PIN!

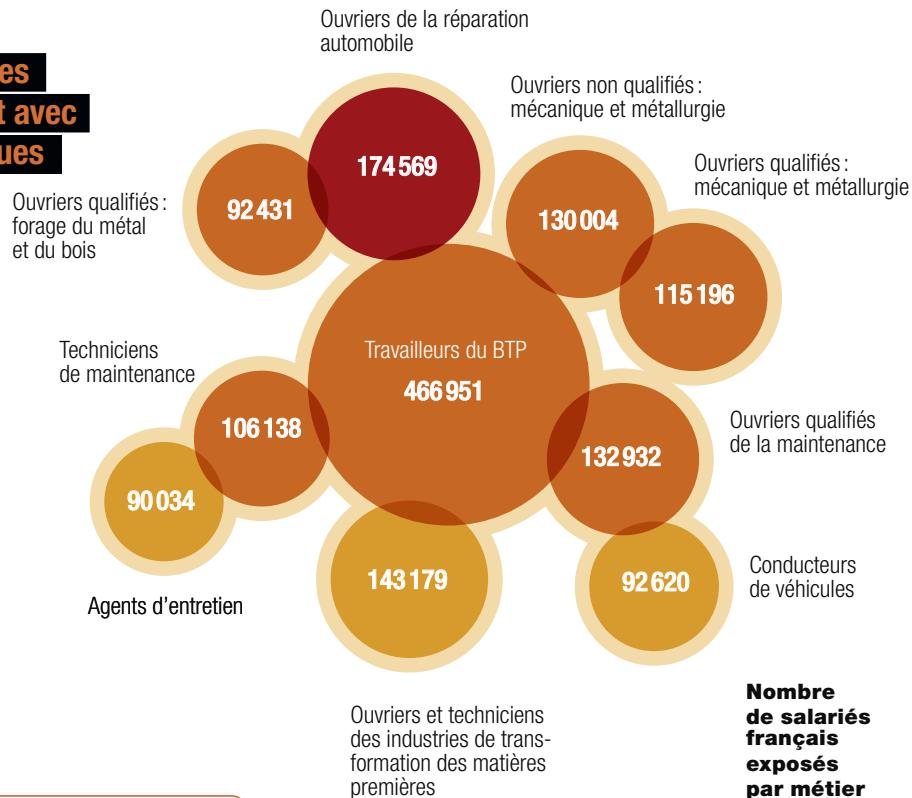
Fiorenza Gracci

Santé au travail

2,6 millions de salariés sont exposés aux cancérogènes

Dix professions regroupent 70 % des salariés en contact avec des agents chimiques

C'est ce qui ressort de l'enquête Sumer 2009-2010 (Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels) réalisée auprès de 48 000 salariés français. La Direction de la santé du travail estime à 12 % la part des travailleurs qui, au cours d'une semaine au moins dans l'année, sont exposés à au moins un facteur aggravant ou favorisant l'apparition d'une tumeur. Parmi eux, 600 000 femmes et 2 millions d'hommes, dont trois quarts d'ouvriers. En première ligne, les femmes et les hommes en âge de procréer (moins de 45 ans).

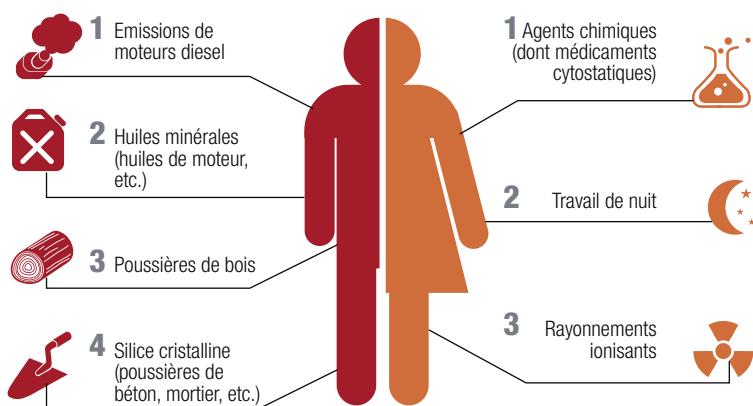


DEGRÉ D'EXPOSITION ● - de 25% ● de 25% à 50% ● + de 50%

Des cancérogènes différents selon le sexe

Les agents chimiques sont les nuisances les plus fréquentes chez les hommes, toutes professions confondues. Idem pour les coiffeuses et les esthéticiennes. En revanche, les infirmières et sages-femmes sont, elles, davantage exposées à un risque plus élevé de cancer du sein lié au travail de nuit.

B. BOURREAU



Profitez de cette offre spéciale réservée à nos lecteurs

Abonnez-vous à SCIENCE&VIE

42%
de réduction



Sans engagement

4€20

par mois seulement
au lieu de 7,33€*

12 numéros
+ 6 hors-séries par an

Les avantages du prélèvement

✓ Gagnez en sérénité ✓ Réglez en douceur ✓ Stoppez quand vous voulez



Abonnez-vous sur
KiosqueMag.com

BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner sous enveloppe affranchie à : Service abonnements Science&Vie - CS 90125 - 27091 Evreux Cedex 9

SV 1199

1 - Je choisis mon offre d'abonnement :

»»» La meilleure offre : **-42%**

L'offre Sérénité : 4,20€ par mois au lieu de 7,33€*
sans engagement de durée.

Je reçois chaque mois mon magazine et 6 hors-séries par an. Ce tarif préférentiel est garanti pendant 1 an minimum. J'ai la possibilité de suspendre mon abonnement à tout moment. Je remplis le mandat de prélèvement SEPA ci-dessous auquel je joins un RIB.

[930859]

Je préfère régler maintenant les **12 numéros + 6 hors-séries** de Science&Vie pour 57,90€ au lieu de 87,90€*. **-34%** [930867]

Je peux acquérir les 12 numéros de Science&Vie pour 37,90€ au lieu de **54€**. **-29%** [930875]

2 - J'indique mes coordonnées :

Nom/Prenom :

Adresse :

CP : Ville :

Tél. :

Votre email est indispensable pour créer votre accès à l'abonnement numérique sur notre site kiosquemag.com

Email :

J'accepte d'être informé(e) par email des offres commerciales du groupe Mondadori France et de celles de ses partenaires.

3 - Je choisis mon mode de paiement :

prélèvement automatique : je remplis l'IBAN et le BIC présent sur mon RIB et je n'oublie pas de joindre mon RIB.

IBAN :

BIC : 8 ou 11 caractères selon votre banque

Vous autorisez MONDADORI MAGAZINES FRANCE à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de Mondadori Magazines France. Créditeur : MONDADORI MAGAZINES FRANCE - 8, rue François Ory - 92543 Montrouge Cedex 09 - France - Identifiant du créancier : FR 05 ZZZ 489479

chèque bancaire à l'ordre de Science&Vie

CB : Expire fin : / Cryptogramme :

* Prix de vente en kiosque. Offre valable en France métropolitaine jusqu'au 31/10/2017. Je puis acquérir séparément chacun des numéros de Science&Vie au prix de 4,50€, chacun des hors-séries pour 5,50€ et chacune des Éditions spéciales au prix de 5,95€ frais de port non inclus. Votre abonnement vous sera adressé dans un délai de 4 semaines après réception de votre règlement. Vous disposez d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception du magazine en notifiant clairement votre décision à notre service abonnements ou via le formulaire de rétractation accessible dans nos CGV sur le site www.kiosquemag.com. Les informations recueillies à partir de ce formulaire font l'objet d'un traitement informatique destiné à Mondadori Magazines France pour la gestion de son fichier clients par le service abonnements. Conformément à la loi « informatique et libertés » du 6 janvier 1978 modifiée, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux informations qui vous concernent en écrivant à l'adresse d'envoi du bulletin. J'accepte que mes données soient cédées à des tiers en cochant la case ci-contre :

Dater et signer obligatoirement :

À :

Date : / /

Signature :

Science&Vie le journal de tous ceux qui veulent vivre en intelligence avec le monde.

LE GENOU TIRE PROFIT DES FIBRES ALIMENTAIRES

Des chercheurs ont montré qu'une alimentation riche en fibres diminue le risque d'apparition d'arthrose du genou (réduction du poids corporel, de la pression sanguine et des inflammations). Et chez les sujets atteints, elles limitent considérablement l'aggravation de la douleur. "Annals of Rheum. Dis.", mai 2017



SOUS LE CIEL BLEU, ON EST PLUS GÉNÉREUX

L'étude de plusieurs millions de courses de taxis new-yorkais a permis de constater que lors des beaux jours, les montants des pourboires laissés aux chauffeurs étaient supérieurs à ceux des jours de pluie. La générosité serait ainsi liée à l'humeur, bien meilleure par beau temps.

LES FAUX ONGLES NE SONT PAS SANS RISQUE

Certaines techniques de "nail art" (résine acrylique, vernis semi-permanents, gels UV) comportent des risques d'infection, d'allergie et d'affaiblissement de l'ongle. Mieux vaut bien choisir son salon, veiller à la stérilisation du matériel et protéger ses mains des UV. "Acad. pharm.", juin 2017

POUR SE LAVER LES MAINS, L'EAU FROIDE SUFFIT BIEN

L'eau chaude vous paraît laver mieux? Pourtant, une équipe américaine de l'université Rutgers a montré qu'elle n'est pas indispensable pour se laver les mains. Vingt participants dont les mains avaient été "salies" à l'aide d'une bactérie inoffensive d'*Escherichia coli* ont testé, à vingt reprises, trois températures de lavage: 38°C, 27°C et 15°C. Le comptage des bactéries après lavage a révélé que l'eau chaude n'apportait pas une meilleure hygiène des mains. Utiliser un savon "antibactérien" non plus. Par contre, la durée du lavage est un paramètre déterminant. Frotter les mains pendant 20 secondes plutôt que 5 multipliait par 5 la quantité de germes éliminés. "Journ. of Food Protect.", juin 2017

NOTRE COMPORTEMENT DÉPEND DES ALIMENTS INGÉRÉS AU RÉVEIL

"Qu'est-ce qu'il a mangé ce matin?" Cette question rhétorique a plus de sens qu'on pourrait le croire. Des chercheurs allemands ont montré, par des tests menés sur 100 personnes, que la composition de leur petit déjeuner influençait leur comportement 4 heures plus tard. Plus précisément, leur capacité à accepter une offre financière injuste. Ceux ayant mangé beaucoup de protéines (jambon, produits laitiers) acceptaient plus souvent l'offre injuste que ceux à qui l'on avait servi des glucides (pain, banane, pomme). Une tendance corrélée au taux de tyrosine dans le sang, l'acide aminé impliqué dans la cognition, dont la production est favorisée par l'ingestion de protéines. "Pnas", juin 2017



SHUTTERSTOCK - V.SCHMIDT/PLAINPICTURE - O.BAYEV/SHUTTERSTOCK



UN PRÉNOM EST LIÉ À L'IDÉE QUE L'ON SE FAIT D'UN VISAGE

Des Louis au visage rond, des Vincent au visage anguleux : ces a priori sont le fruit d'une association inconsciente, dans notre esprit, des sons-voyelles "o", "ou" et "u" avec les formes arrondies, et des voyelles "é" et "i" avec les formes pointues. Démontré en 1929 concernant les objets, cet effet nommé "bouba/kiki" existe aussi, dans une moindre mesure, pour les visages, démontre une étude néo-zélandaise. Mieux : les visages qui sont le mieux assortis à leur prénom sont, de manière tout aussi inconsciente, plus appréciés, jugés plus agréables. De quoi donner certains avantages en société : ainsi, chez les sénateurs américains, les "bien" nommés (les Bob au visage arrondi et les Mike au visage pointu) ont été élus avec 10 % de voix de plus que les "mal" nommés ! "Psychon. Bull. Rev.", juin 2017

MÊME À DOSE MODÉRÉE, L'ALCOOL NUFT AU CERVEAU

L'alcool nuit aux capacités cognitives, y compris consommé avec modération. Les personnes buvant 14 à 21 verres de vin par semaine ont ainsi trois fois plus de chances que les gens sobres de subir une atrophie de l'hippocampe. "Brit. Med. Journ.", juin 2017

LES PÈRES ÂGÉS ENFANTENT PLUS DE GARÇONS "GEEKS"

Un garçon né d'un père tardif aurait plus de chances d'être performant, concentré, ambitieux... et qualifié de "geek". Cela ne marche que pour les garçons, selon une étude anglaise réalisée sur une cohorte de 4 000 familles de jumeaux. "Transl. Psych.", juin 2017

UN "CŒUR BRISÉ" PEUT LE RESTER DURABLEMENT

Une étude anglaise portant sur 52 victimes du syndrome du "cœur brisé" montre que les perturbations cardiaques persistent au moins 4 mois après le choc. Ce syndrome affecte particulièrement les femmes âgées suite à un choc émotionnel. "J. Am. Soc. Echocard.", juin 2017

ON PEUT APPRENDRE À AIMER LES FROMAGES... MAIS PAS TOUS

Le goût se cultive... jusqu'à un certain point, confirme une étude menée en Corée. Dans ce pays où la cuisine traditionnelle ne compte aucun fromage, des nutritionnistes ont fait goûter à 47 femmes six fromages différents, à huit reprises durant un mois. Verdict : l'exposition répétée permettait d'apprendre à apprécier le gouda, le cheddar fort, le brie et l'emmental. Mais les cobayes qui réagissaient mal dès le départ au gorgonzola ou au parmesan ne les appréciaient pas plus au bout d'un mois. Ils étaient jugés trop salés, répugnantes ou malodorants. "Food Res. Int.", juin 2017



Le casque audio qui fait aussi vidéo et réalité virtuelle

Et s'il était possible de regarder un film dans les mêmes conditions qu'au cinéma, quels que soient l'heure ou le lieu? C'est ce que propose la start-up américaine Avegant avec le Glyph, un accessoire à mi-chemin entre le casque audio et le casque de réalité virtuelle. Cet appareil à l'aspect futuriste se connecte à un ordinateur, une console de jeu ou un smartphone par un câble HDMI. Des LED projettent alors les images non pas sur un écran mais sur un

ensemble (2 millions) de micromiroirs orientables situés à quelques centimètres des yeux de l'utilisateur, selon le principe du *digital light processing*. Ainsi les images, très nettes, s'affichent directement sur la rétine, avec un champ de vision de 45°, un taux de résolution par œil de 1 280 x 720 pixels et une fréquence de rafraîchissement de 120 Hz.

Contrairement aux autres casques de réalité virtuelle, le Glyph ne coupe pas l'utilisateur du monde extérieur: les lentilles sont

intégrées dans un arceau qui ne recouvre pas totalement son champ de vision. L'utilisateur n'a qu'à remonter l'arceau sur le haut de la tête pour utiliser le casque en mode audio. Rechargeable par micro-USB, le Glyph a une autonomie de 48 heures en mode audio et de 4 heures en mode vidéo. **S.D.**

Prix: env. 450 €
Rens.: <https://avegant.com/glyph>



> Toutes les données enregistrées par les appareils de bord s'affichent sur cette montre connectée.

Une smartwatch pour loups de mer

La Quatix 5 de la société américaine Garmin est une montre "intelligente" conçue pour les marins. Elle peut ainsi se connecter aux appareils de bord (autopilotes, sonars) pour donner la vitesse du bateau et la profondeur de l'eau. Ou encore à un smartphone pour afficher des informations sur la météo ou les marées. La montre alerte aussi en cas de dérive de l'embarcation, permet de gérer des courses, et mesure également vos pulsations cardiaques. Son autonomie varie de 1 à 14 jours, en fonction de l'utilisation. **S.F.**

Prix: env. 600 €
Rens.: www.garmin.com/en-US/blog/marine/quatix-5-marine-gps-smartwatch



La balance à tout mesurer, de la tête aux pieds

Le pèse-personne RD-545 de la société japonaise Tanita mesure, par impédance bioélectrique (en évaluant la résistance des tissus corporels au passage d'un courant électrique) pas moins de 26 paramètres: qualité musculaire (efficacité contractile des fibres), âge métabolique, composition hydrique... Une application pour smartphone enregistre le tout en Bluetooth.

Avec ses électrodes à main, l'appareil peut même isoler et n'évaluer qu'une partie du corps: le tronc, les bras ou les jambes. Considérée comme un dispositif médical au Etats-Unis, cette super-balance s'adresse avant tout aux sportifs de haut niveau, mais conviendra aussi aux maniaques de la santé. **A.V.**

Prix: env. 450 €

Rens.: <http://tanita.fr>

LE COIN DES PROTOTYPES

Un assistant domestique qui obéit à la voix

Alexa, le programme d'intelligence artificielle d'Amazon, débarquera peut-être en France sous la forme de ce petit robot. La firme chinoise Omate prévoit en effet de tester Yumi, déjà disponible au Japon, en Chine et à Taïwan, dans des maisons de retraite françaises, avant son lancement européen prévu en 2018. Assujetti aux applications Android, ce robot a été conçu pour les loisirs et la surveillance domestique. Il peut notamment aider les personnes âgées en se connectant à un centre de télé-assistance. Et son ergonomie est simple: grâce aux commandes vocales d'Alexa, il suffit de formuler oralement une demande pour que Yumi l'exécute ou la transmette.

A.V.

Rens.: www.omate.com/yumi



Des Lego pour débuter dans la robotique

Elle en a fait du chemin, la petite brique danoise créée en 1949 ! Lego Boost ajoute une nouvelle dimension à la programmation, apparue sur les Lego Mindstorm : la simplicité. Grâce à une application dont l'interface utilise des icônes intuitives, Lego Boost est accessible aux enfants à partir de 7 ans ! Le kit de 840 pièces contient des modules spéciaux

connectés : des capteurs d'inclinaison, une lumière qui change de couleur, un moteur interactif, un capteur de distance et de couleur... De quoi programmer les mouvements de n'importe quelle construction (robot, voiture...) ; l'objet réagira alors à un bruit ou à l'approche d'un objet d'une couleur donnée, ou bien dansera et allumera sa lumière... Lego Boost est

compatible avec les briques traditionnelles. L'application, gratuite, est disponible pour les tablettes sous iOS ou Android et nécessite le Bluetooth.

B.P.

Prix : env. 160 € (kit de base)
Rens. : www.lego.com/fr-fr/

Le petit boîtier qui connecte les serrures des portes

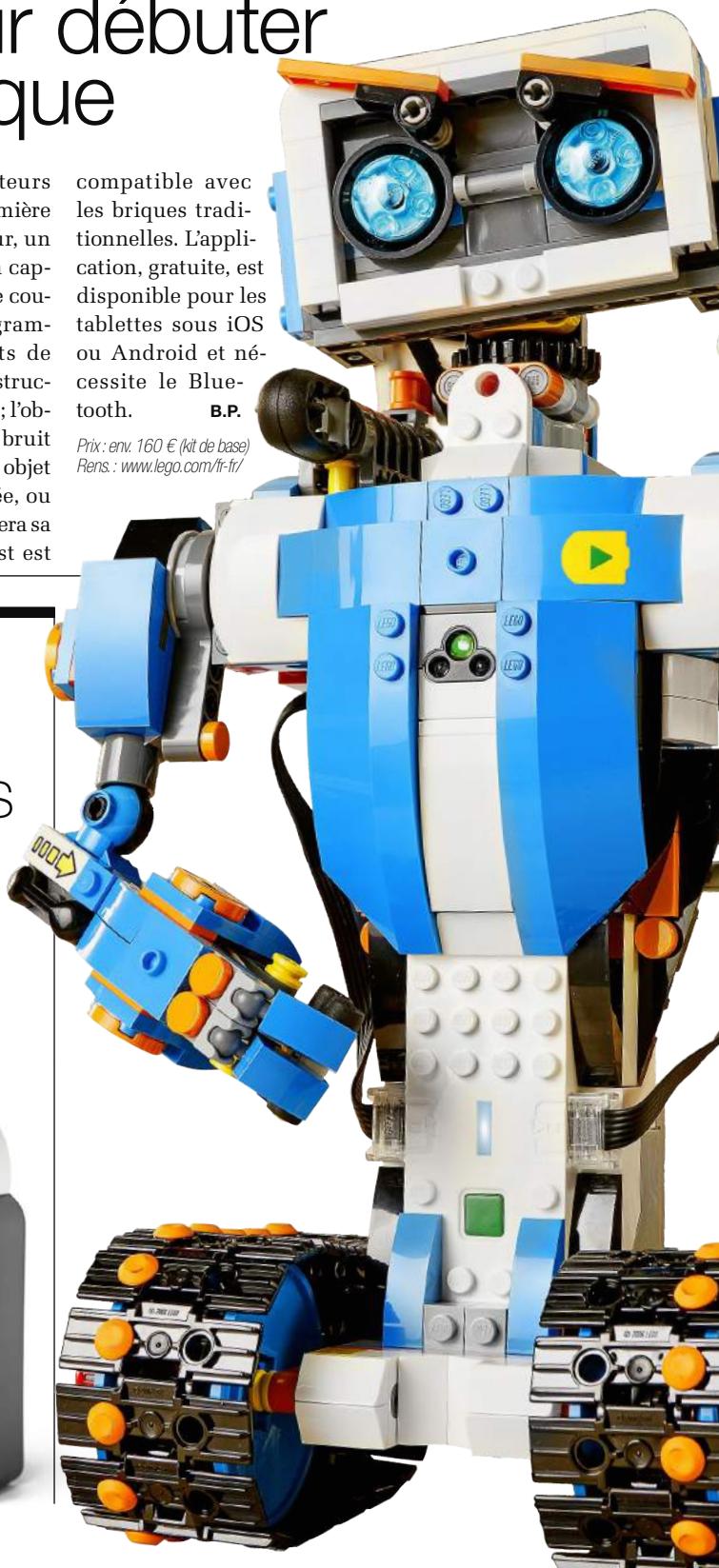
Smart Lock, de la société autrichienne Nuki, est un boîtier qui rend votre serrure connectée sans avoir à la démonter. Pour cela, côté intérieur de la porte, on superpose le boîtier sur la clef insérée dans sa serrure habituelle. Une application smartphone commande alors les moteurs électriques de

Nuki, qui font tourner la clef. Elle permet aussi de donner accès à des personnes de confiance. Nuki fonctionne avec 4 piles pour une autonomie moyenne de 6 mois.

S.F.



Prix : env. 230 €
Rens. : <https://nuki.io/fr>



Le super frigo familial conçu pour une gestion optimale des denrées

Un réfrigérateur qui module son taux d'humidité et sa température selon les aliments, voilà ce que propose Bosch avec la technologie Vitafresh (sur les Séries 4, 6, 8). La palme revenant à la Série 8 (env. 1600 €), qui promet une conservation "jusqu'à trois fois plus longue". Son secret: deux compartiments dont on peut régler la température et l'hygrométrie séparément. Un pour les viandes et les poissons, qui peut atteindre 0°C et seulement 50% d'humidité. Un second dont le fond ondulé permet une meilleure circulation de l'air, pour les fruits et légumes, avec un réglage du taux d'humidité jusqu'à 95%. "Idéal pour les grandes familles ou ceux qui souhaitent gagner du temps en faisant les courses moins souvent", explique le fabricant. E.T.-A.

Prix: à partir de 1 050 € - Rens.: www.bosch.fr



La pollution en direct grâce à ce capteur de poche

Mis au point par la start-up californienne du même nom, Sprimo est un petit boîtier (30 x 24 x 5 mm) qui se branche directement sur le port Lightning d'un iPhone. Il contient un capteur miniature capable de détecter les composés organiques volatils présents dans l'air, ce qui inclut de très nombreuses molécules (issues des peintures, colles, cigarettes...) mais exclut, par exemple, les parti-

culles fines ou les oxydes d'azote issus des moteurs diesel. Ce capteur permet ainsi de connaître en temps réel (une fois par seconde), grâce à l'application dédiée, le taux de pollution environnant. Il l'exprime sous forme d'un code couleur accompagné d'un score: de 0 pour un air sain à 500 pour un air très pollué. Il mesure également la température et le taux d'humidité. B.P.

Prix: 40 €
Rens.: www.sprimo.com



< Robot, voiture... : à partir de 7 ans, les enfants peuvent animer leurs créations en Lego.

DR



Pourquoi une musique donne-t-elle le frisson?

Question de Sébastien Lacuès, Ecquevilly (78)

Parce que la musique procure des émotions! Le neurobiologiste Robert Zatorre, de l'université McGill, à Montréal, et son équipe ont scruté le cerveau de volontaires en imagerie cérébrale alors qu'ils écuchaient des musiques provoquant chez eux des frissons. Ils ont mis en évidence l'activation de leur "centre du plaisir et des émotions".

D'autres expériences ont révélé que le plaisir ressenti grâce à la musique provoque une libération de dopamine dans le cerveau. Et ensuite? En réaction à ce plaisir, le cerveau envoie des messages nerveux qui contractent les petits muscles fixés aux poils, ainsi que les muscles

antagonistes qui effectuent alors un mouvement et son contraire: le corps frissonne.

Reste que les spécialistes ne savent pas encore pourquoi la musique, un stimulus a priori non vital, a le pouvoir d'activer ces circuits cérébraux cruciaux. *"Normalement, la sécrétion de dopamine et l'activation des circuits neuro-naux de la récompense et des émotions sont déclenchées par certains stimuli biologiquement importants pour la survie de notre espèce, comme la nourriture et les stimuli érotiques..."*, précise Robert Zatorre.

Pour certains chercheurs, la musique ne ferait qu'exploiter des réseaux neuro-naux apparus au cours de

l'évolution pour d'autres raisons. Le fait qu'elle provoque plaisir et frissons ne serait donc qu'un heureux accident de l'évolution; et si elle disparaissait demain, le devenir de notre espèce n'en serait pas affecté.

Mais d'autres spécialistes sont convaincus que la musique a occupé lors de l'évolution, et occupe toujours, un rôle biologique important dans la reproduction. Ce rôle aurait notamment pu être majeur avant l'apparition du langage articulé. Le fait que la musique puisse activer les circuits du plaisir, présents chez tous les humains, aide à comprendre pourquoi elle revêt une si grande importance dans toutes les cultures. K.B.

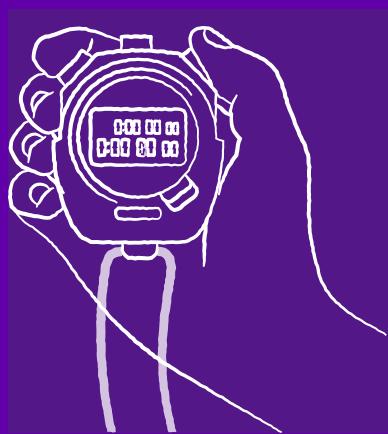


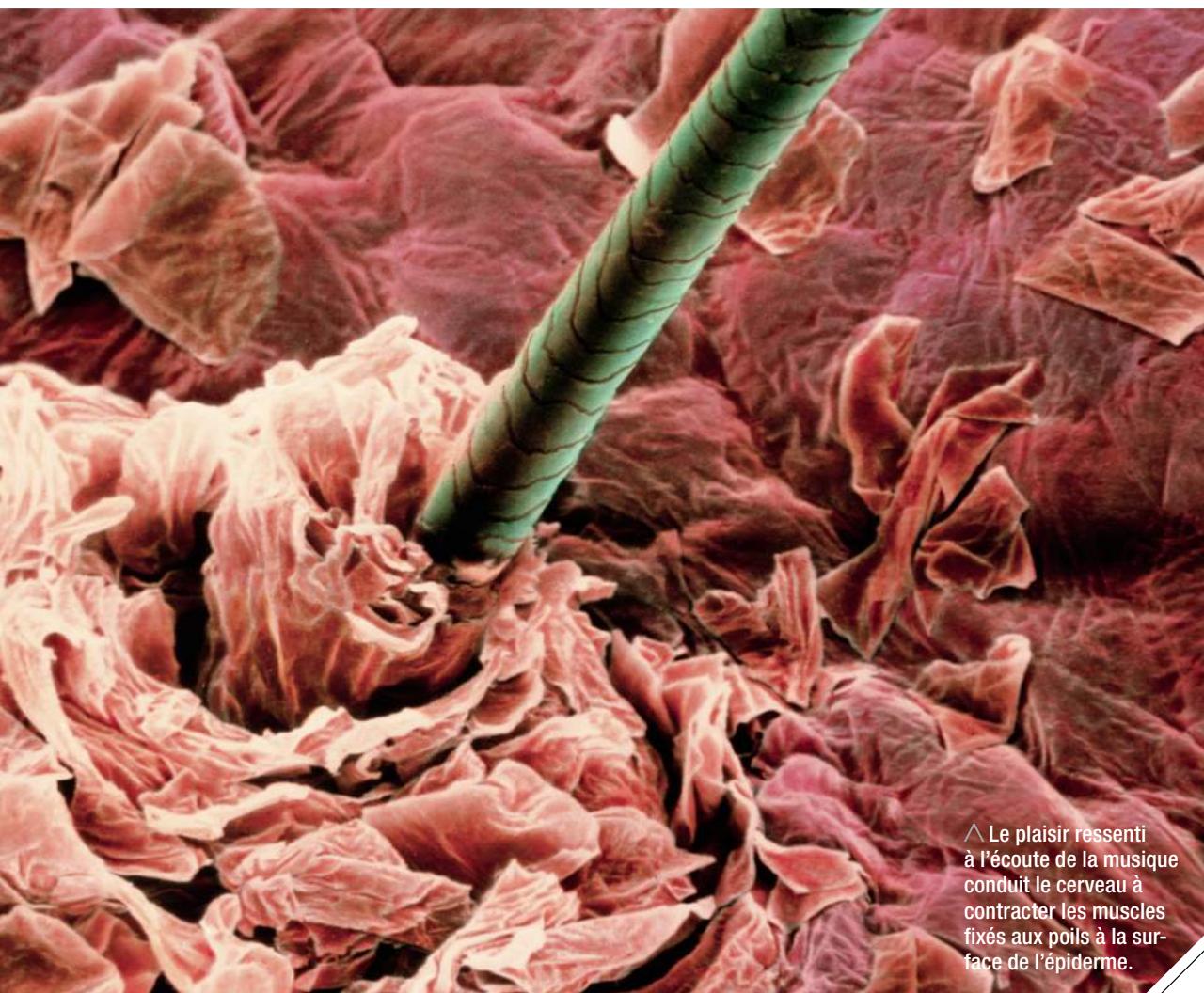
Quelle est la plus petite quantité de temps mesurable?

Question d'Edouard Mutschler, Lille (59)

Si l'on s'en tient aux chiffres, les physiciens des particules détiennent le record, avec une mesure du temps de vie des bosons W et Z (particules élémentaires) de $3 \cdot 10^{-25}$ seconde! Mais ce résultat, déduit de la mesure de l'énergie de ces particules, a été obtenu de manière indirecte. La mesure directe de temps ultracourts relève de la spectroscopie dite "attoseconde" (as, soit

10^{-18} seconde). Son principe: éclairer un phénomène physique par de très brèves impulsions laser pour en saisir la dynamique. Le record est détenu par Martin Schultze, de l'Institut Max-Planck à Garching (Allemagne), qui est parvenu en 2016 à mesurer le délai (6 as) entre l'éjection des deux électrons d'un atome d'hélium après l'absorption d'une particule de lumière. M.G.

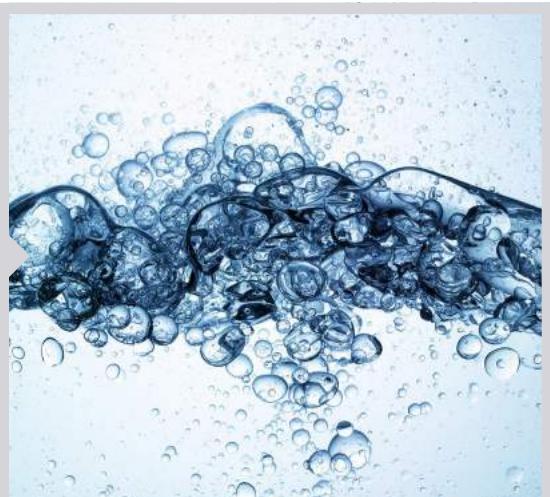




Qu'est-ce qui produit le bruit de l'eau ?

Manuel G. De Figueiredo, Porto (Portugal)

Les bulles, principalement. Libérées lors de la circulation du fluide, elles engendrent, en éclatant, des vibrations qui se propagent dans l'air sous forme d'ondes mécaniques : les ondes sonores. "Les grosses bulles génèrent des sons basse fréquence, les petites, des sons haute fréquence", détaille Laurent Galbrun, acousticien à l'université Heriot-Watt d'Edimbourg, au Royaume-Uni. Les ondes de choc formées par les vagues participent également au bruit de l'eau, "mais les niveaux sonores produits sont négligeables comparés aux sons des bulles", précise le chercheur. **B.C.**



S. GSCHMEISSNER/SPL/COSMOS - PLAINPICTURE/LOHFFINK

Une onde lumineuse peut-elle être infiniment grande ou infiniment petite ?

Question de Michel Estevenin-Davenne, Entraigues (84)

En théorie, oui ! La longueur d'une onde lumineuse est la distance qui sépare deux points d'amplitude maximale. Et aucune loi n'empêche cette distance d'être très grande ou très petite ! Difficile, pourtant, de donner un sens à une longueur d'onde excédant la taille de l'Univers visible (10^{27} m), ou plus petite que la longueur de Planck (10^{-35} m), en deçà de laquelle les théories peinent à décrire le réel.

En pratique, la longueur d'onde est limitée par notre capacité à la mesurer (voir infographie ci-contre).

Pour le record de la plus grande longueur d'onde, la limite est le temps : il faut par exemple une heure pour en mesurer une d'un milliard de km... Et, comme le note Richard Taillet, de l'université Savoie-Mont-Blanc, ce record n'intéresse guère les chercheurs : "Il n'y a pas de concours de la me-

sure de la plus grande longueur d'onde, car il n'y a pas de physique associée !"

Quant au record de la plus petite longueur d'onde, il est détenu par les photons du rayonnement cosmique. La longueur d'onde associée à un photon est inversement proportionnelle à son énergie. Or, ont été détectés des photons d'énergie 10^{14} électrons-volts, soit une longueur d'onde de 10^{-20} m.

Pourrait-on en observer

d'encore plus énergétiques ? Pour Corinne Bérat, au Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie à Grenoble, c'est possible. "Avec l'observatoire Pierre-Auger, plus grand détecteur de rayonnement cosmique au monde, on pourrait observer des photons de longueur d'onde inférieure à 10^{-24} m. Mais leur détection est d'autant plus délicate qu'ils doivent être extrêmement peu nombreux." G.D.

Qu'est-ce qui donne le tournis ?

Question de Victor Toulemonde, internet

Il provient d'une perturbation de notre sens de l'équilibre. "Celui-ci repose sur des capteurs – on parle d'accéléromètres ou de mécanorécepteurs, car ils perçoivent nos mouvements et nos accélérations – situés dans l'oreille interne et étroitement reliés au système nerveux central", explique Anne Charpiot, spécialiste des troubles de l'équilibre au CHU de Strasbourg. Ainsi, tout dysfonctionnement ou maladie affectant l'oreille interne ou le système nerveux central peut donner le tournis... Par conséquent, les causes sont très diverses. "Néanmoins, il s'agit le plus souvent de ce que l'on appelle des vertiges positionnels paroxystiques, qui sont dus au déplacement de petits cristaux dans l'oreille interne",



précise la spécialiste. Quant au tournis qui se manifeste à la sortie d'un manège, il n'a, lui, rien de pathologique. Simplement, les capteurs de notre oreille, très sensibles, sont facilement perturbés par de fortes accélérations ou des mouvements inhabituels.

C.H.

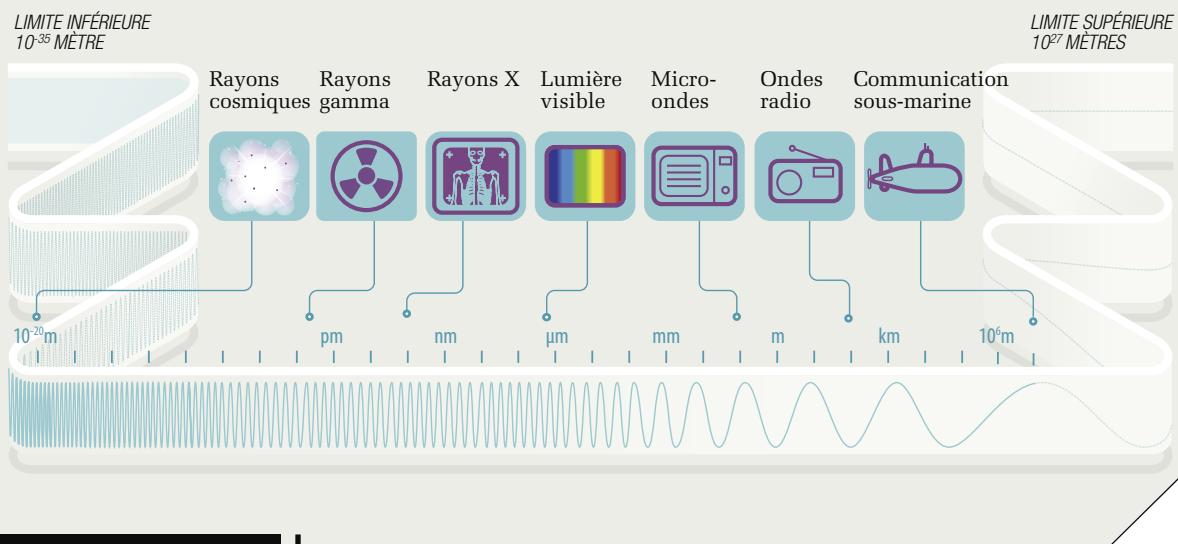
Sapiens

Question de Fabien

L'homme est loin d'être le seul ! Sur quelque 10 millions d'espèces, des centaines, voire des milliers, sont les seules de leur genre. L'*Homo sapiens* est devenu le seul représentant du genre *Homo* après la disparition de l'homme de Néandertal et de l'homme de Flores, il y a respectivement 28 000 et 60 000 ans. Mais le ginkgo biloba, un arbre de Chine, est aussi l'unique espèce du genre *Ginkgo* depuis que les autres se sont éteintes il y a... 2,5 millions d'années. "L'étonnant avec les genres monotypiques, remarque Annemarie Ohler,

Le spectre électromagnétique s'étend sur 62 ordres de grandeur

En théorie, le spectre électromagnétique peut s'étendre de la longueur de Planck (soit 10^{-35} m) jusqu'à la taille de l'Univers visible (soit 10^{27} m). Il se déployerait donc sur 62 ordres de grandeur ! En pratique, nous n'avons accès qu'à une gamme bien plus réduite de longueurs d'ondes. Une douzaine d'ordres de grandeur séparent ainsi la longueur d'onde des rayons X de celle des ondes radio.



est-il seul à être unique en son genre ?

Dorémus, Amiens (80)

biographe au Muséum national d'histoire naturelle, c'est que certaines branches ont des taux d'évolution très importants, et d'autres ne montrent aucune diversification pendant des millions d'années, au point que l'on parle de fossiles vivants."

Il faut dire que la définition de la notion d'espèce est délicate, même pour les biologistes. L'existence d'espèces isolées sur leur branche est-elle due à des erreurs de placement des nouveaux spécimens dans l'arbre du vivant ? Certaines espèces découvertes paraissent tellement origi-

nales qu'on crée un nouveau genre, jusqu'à ce qu'on se rende compte que l'on pouvait les classer dans une catégorie existante.

UNE ESPÈCE PEUT EN CACHER UNE AUTRE

Parfois, on pense avoir sous les yeux une espèce unique, alors qu'il y en a deux. C'est le cas de la grenouille *Aubria subsigillata*, connue depuis 1856. En 1989, Anne-Marie Ohler et son étudiant en ont trouvé des spécimens au Zaïre et se sont aperçus qu'une glande sur le dessous des cuisses était positionnée différemment... Il s'agissait en fait d'une espèce différente !

"Si on faisait une étude plus poussée de ce genre, on se rendrait peut-être compte qu'il contient en réalité cinq ou dix espèces", estime la chercheuse. Dans ce cas, c'est l'analyse morphologique qui a permis de faire la différence. D'autres fois, la distinction est plus subtile et ne se révèle que lorsqu'on procède au séquençage de l'ADN. Ainsi, en 2014, des chercheurs du Muséum et de l'université de Lyon ont découvert que le brochet de France englobait en réalité deux espèces différentes : *Esox lucius linnaeus* et *Esox aequitanicus*.

Malgré tout, erreur mise à part, il reste que certains

genres fourmillent d'espèces tandis que "ceux d'en face" restent monotypiques. Le cerf russe *Preszwalskium albirostre*, par exemple, est la seule espèce du genre *Preszwalskium*, alors que le genre frère *Cervus* compte une dizaine d'espèces. Le séquençage de l'ADN a bien confirmé que ces deux groupes faisaient partie d'un genre différent. Le *Preszwalskium* est donc, comme *Homo*, un genre monotypique perdu au milieu de cousins très diversifiés.

Paradoxalement, le fait que *Sapiens* soit la seule de son genre ne fait donc pas d'elle une espèce... unique en son genre.

B.R.

Sans moustiques, à quoi ressemblerait le monde ?

V. Chauvin, Saint-Georges-sur-Moulon (18)

Certains imagineront bien un monde sans ces insectes, à l'origine de la transmission de nombreuses maladies... A quoi ressemblerait-il ? "Difficile à prédire pour un animal aussi cosmopolite, dont on dénombre 3 500 espèces sur la planète. Mais en théorie, toute éradication pourrait avoir un fort impact sur l'écosystème", estime Claudio Lazzari, chercheur à l'Institut de recherche sur la biologie de l'insecte.

De fait, les moustiques rendent bien des services.

"Au printemps, leurs larves aquatiques constituent une biomasse importante dont se nourrissent poissons, batraciens et libellules. Et elles filtrent l'eau en ingérant de la matière organique", liste Christophe Daugeron, entomologiste au Muséum national d'histoire naturelle. Puis vient la phase volante, à l'âge adulte. D'autres animaux, comme le crapaud, la chauve-souris ou l'araignée, se régale de l'insecte. Et ce n'est pas tout : les moustiques pollinisent des fleurs en prélevant leur nectar.



Cela n'empêche pas certains pays de cibler des espèces vectrices de maladies. Ainsi, au Brésil, des moustiques transgéniques mâles, modifiés pour qu'ils s'accouplent sans laisser de descendance, ont été lâchés dans le but de réduire, voire de supprimer *Aedes aegypti*, le moustique vecteur de la dengue.

N.P.

▲ Leur disparition affecterait les animaux qui se nourrissent d'eux et les fleurs qu'ils pollinisent.

Pourquoi la mer mousse-t-elle parfois sur le bord de la plage ?

Question d'Arnaud Fenez, Valenciennes (59)

L'écume de mer est due à la dissolution de matière organique issue de la dégradation de bactéries, micro-algues, zooplancton ou poissons morts. "Dans les turbulences provoquées par le vent ou les courants, cette matière organique gélantineuse, constituée de sucres, lipides et protéines... est agitée et des bulles d'oxygène s'y dispersent, explique Valérie Gentilhomme, biologiste marine à l'université de

Lille. Résultat : il y a émulsion ! Comme des blancs d'œufs battus en neige."

La plupart du temps, cette écume est peu épaisse et se disperse rapidement, de sorte qu'on ne la voit qu'au niveau des rouleaux s'échouant sur la plage, là où il y a le plus de turbulences. Mais au printemps, le long des côtes de la Manche ou de la mer du Nord, on observe des mousses persistantes, pouvant atteindre

par endroits des dizaines de centimètres d'épaisseur !

"C'est le 'vert de mai', précise la chercheuse. Une mousse due à la dégradation d'une espèce de micro-algue, *Phaeocystis globosa*, qui forme des colonies de cellules agrégées entre elles par un mucus gélatineux."

Lorsque ces colonies meurent, elles libèrent de grandes quantités de mucus dans l'eau, qui se transforme en mousse grasse de couleur blanc cassé sous l'effet du vent et des courants, violents dans cette région.

K.B.

GAGΝEZ ΥΠ
ΑΒΟΛΙΦΕΜΕΝΤ
D'ΥΝ ΑΝ Ά

SCIENCE&VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous !

Nous ne pourrons répondre à tous, mais les auteurs des questions sélectionnées se verront offrir un abonnement d'un an à la version numérique de *Science & Vie* (pour eux-mêmes ou une personne de leur choix).

Envoyez vos questions, en indiquant clairement votre adresse postale, à : sev.qr@mondadori.fr ou bien par courrier à :

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



franceculture.fr/
@Franceculture
en partenariat
avec SCIENCE&VIE

Nous sommes
composés de
65% d'eau
et de 35% de
questions.



LA MÉTHODE
SCIENTIFIQUE.

CHAQUE SAMEDI ET
DIMANCHE D'AOÛT
DE 7H05 À 8H00

Nicolas
Martin

Ecoute, réécoute, podcast
franceculture.fr



L'esprit
d'ouver-
ture.

Les Nuits des étoiles

Le grand rendez-vous astronomique veut voir plus loin

C'est assurément l'événement astronomique de l'été aux Etats-Unis : le 21 août 2017, une éclipse totale de Soleil traversera le pays d'ouest en est sur une bande d'une centaine de kilomètres de large.

Et en France ? Même si on ne verra pas l'éclipse directement, il sera possible d'en discuter des heures entières avec tous les passionnés qui participent aux Nuits des étoiles.

ESSAIMS DE MÉTÉORES

Du 28 au 30 juillet, près de 400 clubs d'astronomie et associations donnent rendez-vous au grand public dans toute la France pour un traditionnel moment de contemplation sidérale. Cette année, l'édition est dédiée aux "terres habitables". L'occasion

d'échanger avec des astronomes sur les lointaines et fantasmagoriques exoplanètes (voir entretien ci-contre).

Mais le ciel aura d'autres richesses à nous montrer. Des étoiles filantes, bien sûr : durant ces trois nuits, la Terre sera au cœur de trois essaims de météores qui brûleront un peu de leur poussière dans l'atmosphère (Pisces Austrinides, Alpha Capricornides et Delta Aquarides Sud présenteront leur pic d'activité ce week-end-là). Il sera par contre un peu tôt pour admirer les fameuses Perséïdes.

Avantage de ce week-end de fin juillet : le premier croissant de Lune brillera peu ; le ciel nocturne en sera d'autant plus généreux. La Lune sera ainsi

Au programme

- **Parlons de la vie dans l'Univers...** Des conférences et projections sont proposées au public dans toute la France, sur le thème des "terres habitables".
- **Mais aussi de pollution lumineuse...** A Angers (49), l'association Ciel d'Anjou organise une conférence sur la protection du ciel et de l'environnement nocturne. Samedi 29 juillet.
- **Sans oublier le Soleil !** A Tauxigny (37), la Société astronomique de Touraine offre la possibilité d'observer le Soleil avec ses outils. Samedi 29 juillet, à partir de 17 h.



- **Les Nuits des étoiles**
- 28, 29, 30 juillet 2017
- Dans toute la France
- www.afastronomie.fr

un excellent point de départ pour rejoindre Jupiter. À l'œil nu depuis la Terre, les deux globes se frôleront dans la nuit du vendredi : la géante gazeuse passera trois degrés en dessous, avant de prendre ses distances les jours suivants. Au télescope, on pourra voir l'atmosphère turbulente de cette "planète-univers" que la mission Juno a récemment révélée (voir *S&V* n°1197, p. 76).

Le moment sera également propice pour regarder Mercure, au ras de l'horizon ouest. Pas facile d'observer cet astre si proche du Soleil. Mais durant ce week-end, sa distance à notre étoile sera maximale, elle sera donc visible particulièrement longtemps au crépuscule.

La clôture du bal revient



à Saturne et à ses anneaux. Accompagnée de ses satellites les plus brillants, la géante gazeuse se couche vers 3 heures du matin. Le temps, pour les retardataires, de repérer une planète qui révélera ses secrets en septembre prochain, lorsque la sonde *Cassini* finira sa course suicidaire dans son atmosphère.

Xavier Boivinet



“

OLIVIER LAS VERGNAS
Président de l'Association
française d'astronomie

“L'observation des exoplanètes génère toute une série de questions”

S&V: Pourquoi avoir dédié cette édition des Nuits des étoiles aux exoplanètes, impossibles à observer à l'œil nu ou au télescope ?

Olivier Las Vergnas: Les Nuits des étoiles ne sont pas seulement l'occasion de parler de ce qui est visible dans le ciel. L'observation génère toute une série de questions. Quelle composition pour Jupiter et Saturne ? Tout de suite, on est tenté de comparer avec les exoplanètes. Ce qui nous invite à aborder la vie et ses

origines, mais aussi la Terre et son environnement. La réflexion s'engage donc sur la connaissance de l'Univers, les hypothèses dont il fait l'objet et les changements de vision qu'on en a.

S&V: Les sites où se déroulent les Nuits des étoiles participent-ils à la recherche de ces exoplanètes ?

O.L.V.: Oui ! Pour obtenir l'image directe d'une exoplanète, il faut des télescopes énormes comme l'European Extremely Large

Cette année, l'édition est dédiée aux "terres habitables", ces planètes qui se trouvent dans d'autres systèmes que le nôtre.

LIVRE

- **Le Grand Roman des maths - De la préhistoire à nos jours**
- De Mickaël Launay
- Ed. Flammarion
- 296 pp., 9,90 €



On nous a déjà fait le coup du livre de maths soi-disant accessible aux pires cancers en la matière... Révélant finalement un ouvrage outrageusement incompréhensible ou un roman qui n'aborde que de très loin la discipline. Deux écueils évités par Mickaël Launay. Ce tout jeune chercheur en probabilités retrace agréablement l'histoire des mathématiques, des frises géométriques tracées sur les vases mésopotamiens jusqu'au théorème de Gödel. L'idée n'a rien de révolutionnaire, et le contenu un brin historique pourrait frustrer les plus matheux. Mais il reste parfait pour les autres...

V.N.

LIVRE

- **Fossiles et croyances populaires**
- D'Eric Buffetaut
- Ed. Le Cavalier bleu
- Juin 2017
- 168 pp., 18 €



Pour le paléontologue Eric Buffetaut, spécialiste des dinosaures, les fossiles témoignent de la "grande histoire" – évolutive, géologique... Mais ils émaillent aussi une foule de petites histoires qui racontent comment l'homme les a perçus. L'auteur offre une sélection d'exemples de ce "folklore" : milliers d'oursins réunis dans une tombe néolithique, empreintes de pas de sauriens attribuées au diable, coprolithes transformés en amulettes protectrices... Tous illustrent notre fascination et notre imagination sans borne pour les expliquer.

E.R.

1917

D'Arcy Thompson révèle le sens des formes naturelles

Pourquoi les coquilles de mollusques dessinent-elles de si belles spirales logarithmiques ? En ce printemps 1917, D'Arcy Thompson, professeur de zoologie à l'University College de Dundee, en Ecosse, apporte enfin une réponse aux questions qui le hantent. Elle prend la forme d'un livre qu'il vient de publier, *Forme et croissance (On Growth and Form)*. Ecrit comme une longue dissertation, truffé de citations latines et grecques, de références philosophiques et théologiques, l'ouvrage est inclassable. S'agit-il de biologie ? De mathématiques ?

Cela fait tant d'années que d'Arcy Thompson, 57 ans, mijote sa théorie... Ou plutôt qu'il ne croit

plus à une autre grande idée : que la sélection darwinienne, ce mélange de mutations aléatoires et de survie des plus aptes, soit la seule force qui oriente l'évolution des formes des espèces.

En observant la symétrie d'une méduse ou les travées d'un os, D'Arcy Thompson s'est convaincu que d'autres principes impérieux sont à l'œuvre. Ceux des mathématiques, dans lesquelles s'expriment les contraintes physiques auxquelles tout animal est soumis.

Un exemple ? Le réseau veiné, si complexe, d'une aile de libellule perd de son mystère – mais pas de sa beauté – si l'on réalise que les tensions physiques exercées sur les parois des cellules leur imposent

de former entre elles des angles de 120°, constituant de proche en proche un délicat réseau hexagonal.

LA GÉOMÉTRIE DU VIVANT

Cette alliance entre mathématiques, physique et biologie est inédite. En 1889, D'Arcy Thompson avait déjà écrit à l'un de ses étudiants : "Je me suis engagé dans les mathématiques et j'ai découvert quelques merveilles concernant les spirales de foraminifères." Ces organismes unicellulaires adoptent des formes géométriques qui prennent sens si l'on considère que leur coquille en spirale se forme par additions successives d'un même motif, de taille croissante, qui accompagne leur développement.

Peut-on construire une géométrie du vivant ? "Je doute que cette ligne de travail soit très fructueuse", lui répond son mentor Michael Foster en 1894.

D'Arcy Thompson publie néanmoins, en 1908, un premier article dans la revue *Nature* : "La forme des œufs et les causes qui les déterminent", dans lequel il s'interroge sur les forces mécaniques qui façonnent la géométrie de ces ovoïdes.

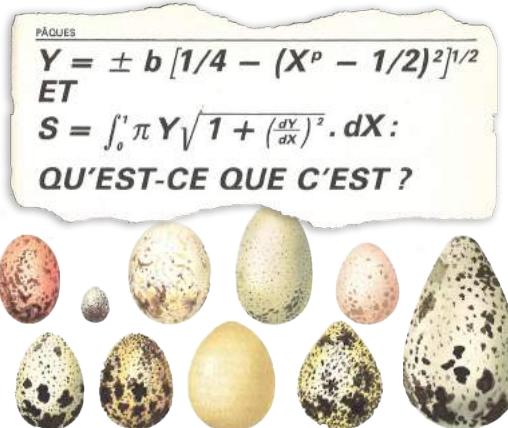
En 1911, lors d'une rencontre de la British Association à Portsmouth, il affirme que "la forme d'un objet est un 'diagramme de forces', au sens où nous pouvons en juger ou en déduire les forces qui agissent ou ont agi sur lui". Ainsi en est-il du squelette des vertébrés,

SCIENCE&VIE en parlait déjà... PAR FIORENZA GRACCI



1944 LA MORPHOLOGIE EST UNE SCIENCE

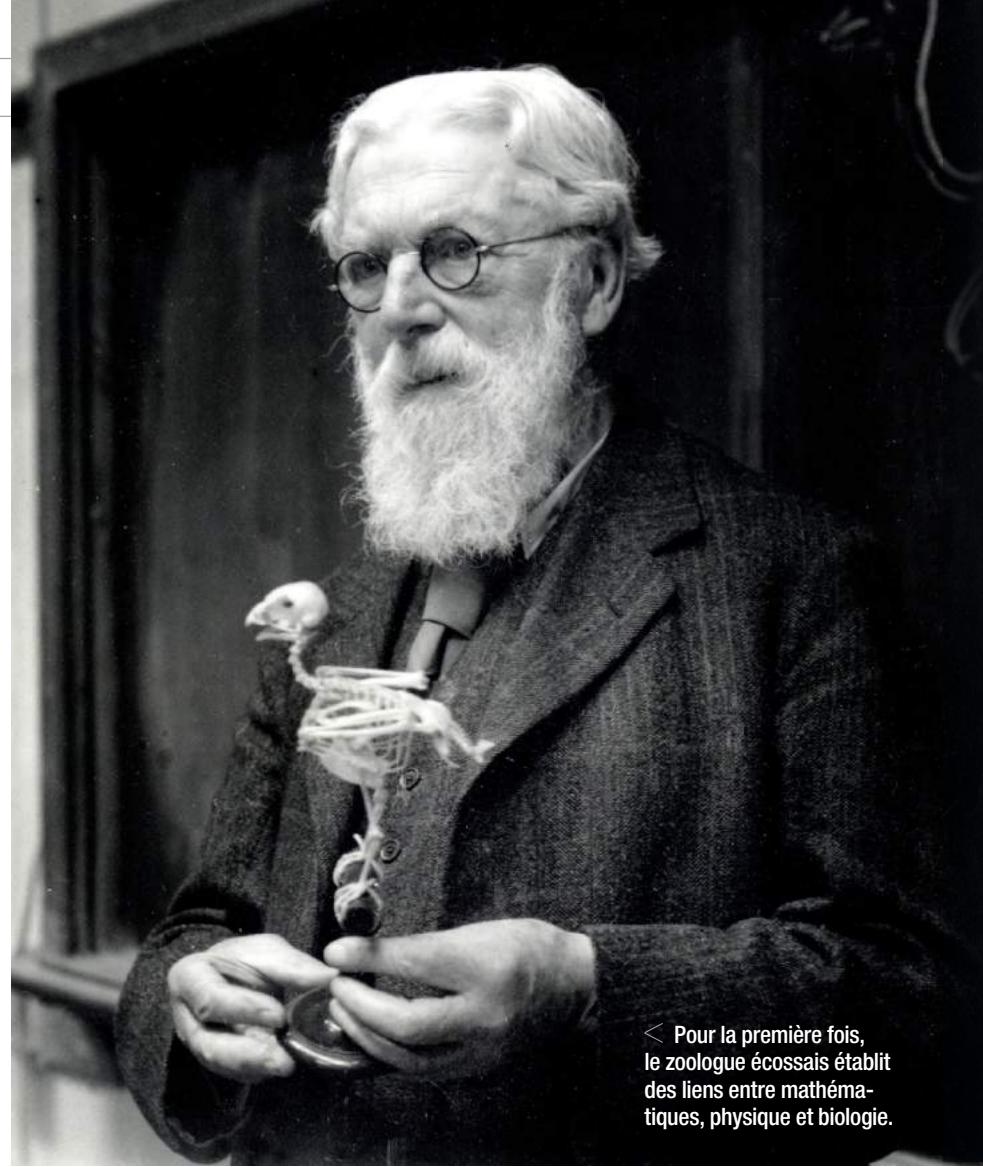
Par la plume d'un professeur du Cnam, *S&V* expose l'extrême variété des formes des êtres vivants : "Intéressante pour l'artiste, elle l'est aussi pour un naturaliste, car [elle] lui révèle beaucoup de choses sur la lutte incessante des êtres contre le milieu qui les entoure, sur leur structure interne, leur équilibre mécanique, leurs attitudes ou leurs mouvements." *S&V* n°319



dont les courbures visualisent les lignes de tension s'exerçant physiquement sur lui, indépendamment de l'hérédité. En 1915, il rassemble ses observations dans un manuscrit qu'il soumet aux Presses universitaires de Cambridge.

L'ouvrage initialement proposé a grossi démesurément. Imprimé à 500 exemplaires, il est abondamment cité dans la presse. Les chroniqueurs en louent les qualités littéraires, tandis que la revue *Nature* compare son auteur à Darwin, qu'il cherchait pourtant à dépasser.

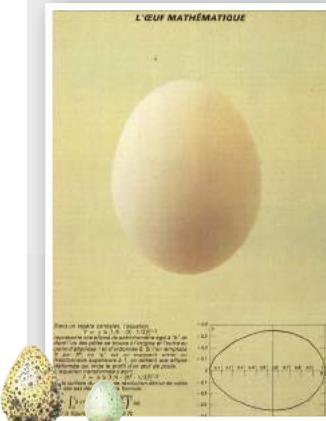
Mais attaquer ce monument de la science n'est pas l'objectif du zoologiste. "J'ai essayé d'être le moins polémique possible. Ce qui va à →



< Pour la première fois, le zoologue écossais établit des liens entre mathématiques, physique et biologie.

1983 L'ŒUF MIS EN ÉQUATIONS

S&V s'amuse avec une devinette mathématique : la formule de l'œuf de poule ! "Si l'on sait décrire mathématiquement la forme ovoïde avec une grande précision, il est en revanche plus difficile d'expliquer pourquoi l'œuf possède cette forme particulière", laquelle varie d'une espèce à l'autre, et d'une femelle à l'autre. Celle-ci "résulte de la pression exercée par les muscles de l'oviducte, l'organe où l'œuf se forme", sans quoi ce dernier serait... sphérique. **S&V n°787**



1994 L'AVÈNEMENT DES GÈNES ARCHITECTES

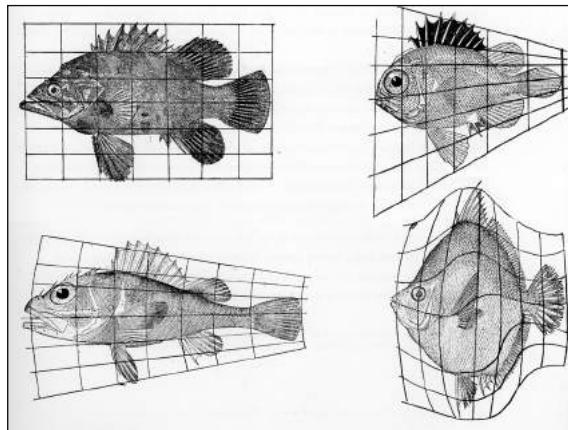
Ils figurent à la une des grandes revues scientifiques internationales. "Chargeés de découper l'homme aux mesures que lui a conférées la nature (...), ces "gènes bâtisseurs" jouent à peu près la même partition" au sein d'autres espèces très différentes comme la salamandre ou la truite. **S&V n°924**

→ l'encontre du darwinisme conventionnel, je ne le mets pas en exergue mais laisse le lecteur en tirer sa propre morale", écrit-il simplement.

UNE AUTRE THÉORIE DE LA TRANSFORMATION

Dessinez sur un film fin une espèce comme le diodon commun ou hérisson de mer, et étirez le film de plus en plus à mesure que vous vous approchez de la queue, de façon à opérer un changement de coordonnées hyperbolique. Vous obtenez *Orthagoriscus mola*, ou poisson-lune. La théorie des transformations apparaît clairement : les deux espèces, a priori sans rapport, sont liées par une transformation géométrique, résultat de contraintes physiques exercées différemment durant leur développement.

Si D'Arcy Thompson rejette Darwin comme source unique d'explication, il s'oppose aussi à ses confrères vitalistes. Ceux-ci postulent que les or-



▲ Un lien formel existe entre des espèces a priori sans rapport : une transformation géométrique permet de passer d'une forme à l'autre.

ganismes vivants sont animés d'une force vitale qui s'affranchirait des lois physiques de la matière inanimée. *Forme et croissance* démontre au contraire que pour les cellules, tissus, coquilles ou squelettes, composés de particules matérielles soumises aux lois physiques, "les problèmes de forme sont en premier lieu des problèmes mathématiques ; les problèmes de croissance, essentiellement des problèmes physiques".

De la formation des bulles de savon à celle des cellules, il y a une continuité profonde, un même jeu de contraintes à résoudre.

Durant des décennies, cette voie tracée pour comprendre le vivant sera peu empruntée. Les biologistes préfèrent s'engouffrer dans la biochimie qui, après l'identification de la structure de l'ADN en 1953, domine l'étude du vivant.

L'ouvrage introduit néanmoins le concept d'auto-

organisation, qui connaîtra un grand succès. D'Arcy Thompson influencera aussi Norbert Wiener, pionnier de la cybernétique, ou Lévi-Strauss dans son *Anthropologie structurale*.

La réponse biologique aux contraintes physiques et mécaniques est aujourd'hui un sujet brûlant de recherche. Mais Darwin et Thompson se sont réconciliés. D'abord avec la découverte des gènes architectes, qui dictent le plan de construction d'un organisme en poussant les cellules à croître, à se différencier ou à disparaître. Puis des gènes géomètres, dont les variations d'expression transforment la silhouette.

Un lien se crée entre les transformations géométriques dessinées par D'Arcy et les mécanismes génétiques darwiniens sous-jacents. Ecrit il y a cent ans dans la solitude des terres écossaises, *Forme et croissance* impose plus que jamais son insolente modernité.

Emmanuel Monnier

PICTORIAL PRESS LTD/ALAMY STOCK PHOTO/HEMIS

SCIENCE&VIE en parlait encore

2011 D'ARCY ET DARWIN ENFIN RÉCONCILIÉS

"Pour la première fois, grâce à l'étude des becs de pinsons des Galápagos réalisée par Arkhat Abzhanov, l'arbre de Darwin et les quadrillages de D'Arcy Thompson se conjuguent pour expliquer la diversité de la forme des espèces." Il "vient de mettre en exergue les gènes qui (...) déforment le plan de construction", appellés gènes géomètres. **S&V** n° 1121



2013 LES FORCES FONT LES FORMES

"Après un siècle à se regarder en chiens de faïence, les sciences de la vie et la physique se réconcilient." Frottements, compression, tension... En étudiant les effets de ces forces sur les cellules, "les physiciens apportent de nouvelles perspectives sur la manière dont les organismes se déploient dans l'espace et dans le temps", complétant ainsi la biologie moléculaire. **S&V** n° 1150



@

à lire en intégralité dans **Les grandes archives** www.science-et-vie.com



Innovation
that excites

NISSAN INTELLIGENT MOBILITY



Comme Les 2 Vaches, faites-nous naturellement confiance.

Nissan e-NV200, l'utilitaire 100% électrique.



Du 27 mai au 11 juin dernier, « Les 2 Vaches » ont fait leur tour de France et ont embarqué leurs célèbres yaourts bio à bord du Nissan e-NV200, rebaptisé pour l'occasion la « Meuhmobile ». De Marseille jusqu'à Paris, en passant par

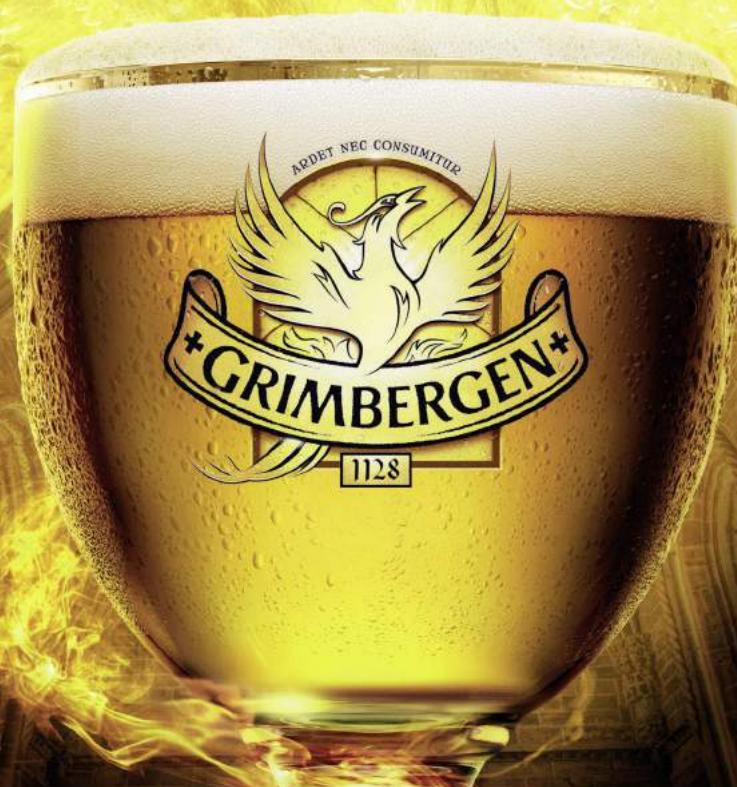
Aix-en-Provence et Lyon, elles ont sillonné les routes hexagonales pour faire déguster leurs produits. Et avec une capacité de stockage de 800 pots, on peut vous assurer, qu'elles ont fait beaucoup d'heureux.

NISSAN, LEADER MONDIAL DES VÉHICULES 100% ÉLECTRIQUES.

zero Emission**

Innover autrement. *En France, garantie constructeur 5 ans limitée à 160 000 km (sauf gamme e-NV200 2017 : garantie 5 ans limitée à 100 000 km - dont 3 ans de garantie constructeur et 2 ans d'extension de garantie - et à 3 ans pour les pièces de carrosserie et peinture). Voir détails sur les conditions générales de garantie et d'extension de garantie. **Zéro émission de CO₂ à l'utilisation, hors pièces d'usure. Modèle présenté : version spécifique. Nissan West Europe : nissan.fr

+ L'INTENSITÉ +
D'UNE LÉGENDE*



1128
+ GRIMBERGEN +
BIÈRE D'ABBAYE - ABDIJBIER

BLONDE

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