

Ketchup
Température
Odeurs
Asthme
Parcs
IA
Polynésiens
Photosynthèse
Dauphins
Proton
Champignons
Satellites
N° 1308 - Sept. 2026
SCIENCE&VIE

SEP M
TOP
ventes

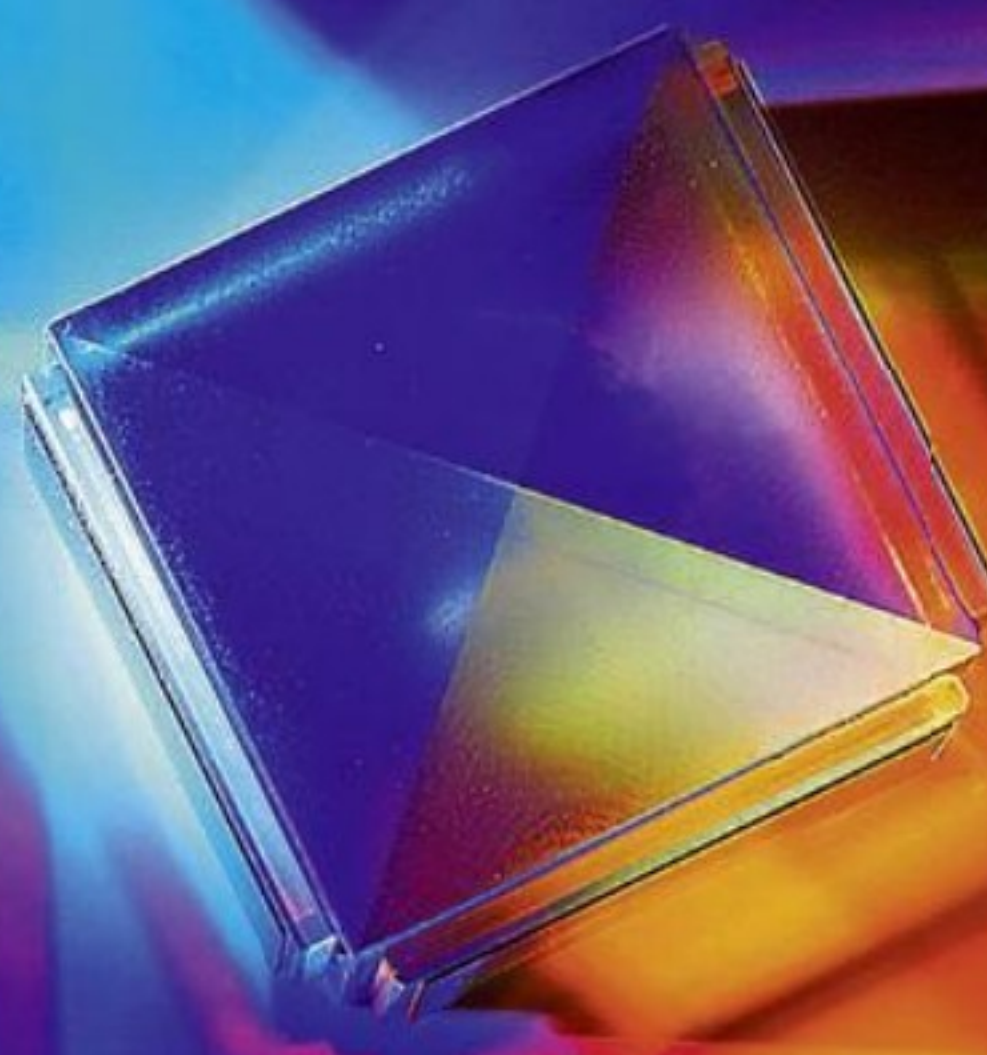
N° 1308
SEPT. 2026

SCIENCE & VIE

Depuis 1913

EXPÉRIMENTATION ANIMALE
UN NOUVEL ÉLEVAGE DE
PRIMATES ENFLAMME LE DÉBAT

UNE GÉOMÉTRIE EST NÉE
GALAXIES ET PARTICULES
ONT ENFIN LEURS FIGURES



Elle détruit les PFAS, transforme la matière,
réduit la douleur, révèle les peintures rupestres effacées...

LES POUVOIRS INSOUÇONNÉS DE LA LUMIÈRE !

**ROMAN
TELESCOPE**
UNE NOUVELLE
STAR DÉCOLLE

**CIMETIÈRE
DE BALEINES**
L'INCROYABLE
DÉCOUVERTE

**DANS UN VAISSEAU
POUR MARS**
COMMENT NE PAS
S'ENTRE-TUER ?

D : 9,20€ - BEL : 6,30€ - ESP : 6,30€ - GR : 6,50€ - DOM S : 6,50€ - DOM A : 9,20€
ITA : 6,50€ - LUX : 6,30€ - PORT CONT : 6,30€ - CAN : 8,50\$CAN - MAR : 64DH
TOM S : 960CFP - TOM A : 1760CFP - CH : 9FS - TUN : 15DTU

L 19055 - 1308 - F: 5,30 € - RD





CÉLÉBRONS 140 ANS D'INNOVATION

Jusqu'au 30 septembre

À l'occasion de cet anniversaire, découvrez nos nouveaux modèles électriques et hybrides, et profitez de nombreuses offres :



Welcome home.



Mercedes-Benz

A 0 g CO₂/km

B

C

D

E

F

G

Découvrez toutes nos offres sur [mercedes-benz.fr](https://www.mercedes-benz.fr). CLA élu voiture de l'année 2026 pour le jury Car of the Year. **Consommation électrique CLA : 12,3-15,2 kWh/100 km (données cycle mixte WLTP du 15/07/26)**. Photo non contractuelle. Welcome home : Bienvenue chez vous. 140 years of innovation : 140 ans d'innovation. Mercedes-Benz France. RCS Versailles 622 044 287.

Pour les trajets courts, privilégiez la marche ou le vélo.



140 YEARS OF INNOVATION

#SeDéplacerMoinsPolluer



ASCENCIA

BUSINESS SCHOOL

L'ÉCOLE DE COMMERCE

ET DE MANAGEMENT

MULTICAMPUS EN ÎLE-DE-FRANCE

À MOINS DE 30 MINUTES

DE CHEZ TOI

INSCRIS-TOI VITE !

REJOINS-NOUS



PARIS LA DÉFENSE • MARNE-LA-VALLÉE • ÉVRY • SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES



Lise Gougis

Éblouissante de possibilités

Longtemps elle nous a servi à repousser l'obscurité. Puis, à mesure que nous l'avons apprivoisée, elle a éclairé notre compréhension du monde, nous permettant de voir plus loin, plus petit. Et aujourd'hui encore, la lumière se révèle une source intarissable d'applications : son faisceau apaise la douleur, transforme les plastiques, ressuscite des textes oubliés... Autant de pouvoirs insoupçonnés que les chercheurs nous racontent avec un émerveillement communicatif.



Anne Le Duigou

Ensemble sur Mars

En juillet 1884, les quatre rescapés du yacht *La Mignonne* dérivent dans l'Atlantique sud. Le plus jeune finira mangé par les autres, qui survivront... Preuve que dans des conditions et un isolement extrêmes, le pire peut arriver. Comment éviter qu'un voyage sur Mars conduise à de telles extrémités ? J'ai découvert que la question était prise très au sérieux par les agences spatiales concernées, qui imposent une préparation psychologique poussée à leurs astronautes.



notre réd' chef adjointe

Aurélia Lieberherr
alieberherr@
reworldmedia.com

L'ÉDITO

Il y a ce chiffre fou, qui donne le vertige : près de 2 millions de satellites attendent aujourd'hui une autorisation de lancement. Deux millions de petites lumières artificielles appelées à rejoindre celles déjà présentes dans le ciel... jusqu'à rivaliser avec le nombre d'étoiles visibles à l'œil nu. Un ciel éblouissant mais qui assombrit notre accès au cosmos. Et lorsque l'on baisse les yeux, le tableau n'est pas plus enviable. L'été a été marqué par les lueurs de gigantesques incendies, amplifiés par le réchauffement climatique, qui ont ravagé les écosystèmes et porté un nouveau coup à la biodiversité. Du ciel aux forêts, notre frénésie d'expansion abîme la nature et menace nos conditions de vie. Comment alors guider nos choix vers un peu plus de lumière, pour construire un futur un peu plus enviable que celui que le présent nous projette ? Il y a peut-être une piste dans ce numéro : les agences spatiales cherchent les meilleures astuces pour que, durant un voyage vers Mars, quelques astronautes coopèrent, partagent leurs ressources et résolvent leurs conflits sans dévier. Peut-être qu'une recherche de ce type pourrait être menée à plus grande échelle, sur Terre... Une idée lumineuse ?

Sommaire

Septembre 2026 n°1308

08 **Forum**

L'actu des sciences

- 16 **En image**
Les champignons sous nos pieds pèsent 300 mégatonnes...
- 20 **Grand angle**
On connaît enfin le rayon du proton ; les femelles dauphins fuient certains mâles ; il y a du sucre dans l'espace!...
- 23 **3 découvertes sur...**
Les premières pestes
- 30 **Focus**
Voici comment pensent les chiens selon la race
- 32 **Et ça nous fait du bien!**
Notre sélection d'actus qui font sourire

Science & société

- 34 **ENQUÊTE**
Expérimentation animale: la communauté scientifique se divise
- 42 **Les clés pour comprendre...**
la climatisation
- 44 **L'étrange affaire...**
du champignon qui n'est pas censé faire délirer
- 46 **Retour sur image**
Le jour où on a retrouvé des bidons radioactifs sous l'eau
- 48 **Entretien croisé**
Faut-il une loi pour contrer la désinformation climatique?
- 50 **Tendance**
Sommes-nous tous en train de devenir végétariens?
- 54 **Data**
Trop de femmes meurent encore d'enfanter
- 56 **En débat**
Peut-on concilier événements sportifs et canicule?
- 58 **Carte blanche**
Le biologiste Marc-André Selosse
- 60 **Futur**
L'IA guidera nos gestes...
- 66 **Il y a pile...**
100 ans, 50 ans, 25 ans dans *Science & Vie*

18

Réseaux de champignons



34

Expérimentation animale



SPUN.EARTH- M.MURAT/PICTURE ALLIANCE/GETTY IMAGES- SHUTTERSTOCK - GLOBAL TREND, IDSSE - S.GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY. COUVERTURE: SHUTTERSTOCK

SCIENCE&VIE

ABONNEZ-VOUS DÈS MAINTENANT

Découvrez **toutes nos offres** et abonnez-vous sur **KiosqueMag.com**, la boutique officielle de *Science & Vie*, sur **bit.ly/sv-som** ou **en scannant le QR code!**



À la une

68

Les pouvoirs insoupçonnés de la lumière

Non seulement elle permet d'observer et mesurer le monde, mais elle agit aussi directement sur la matière et le vivant.

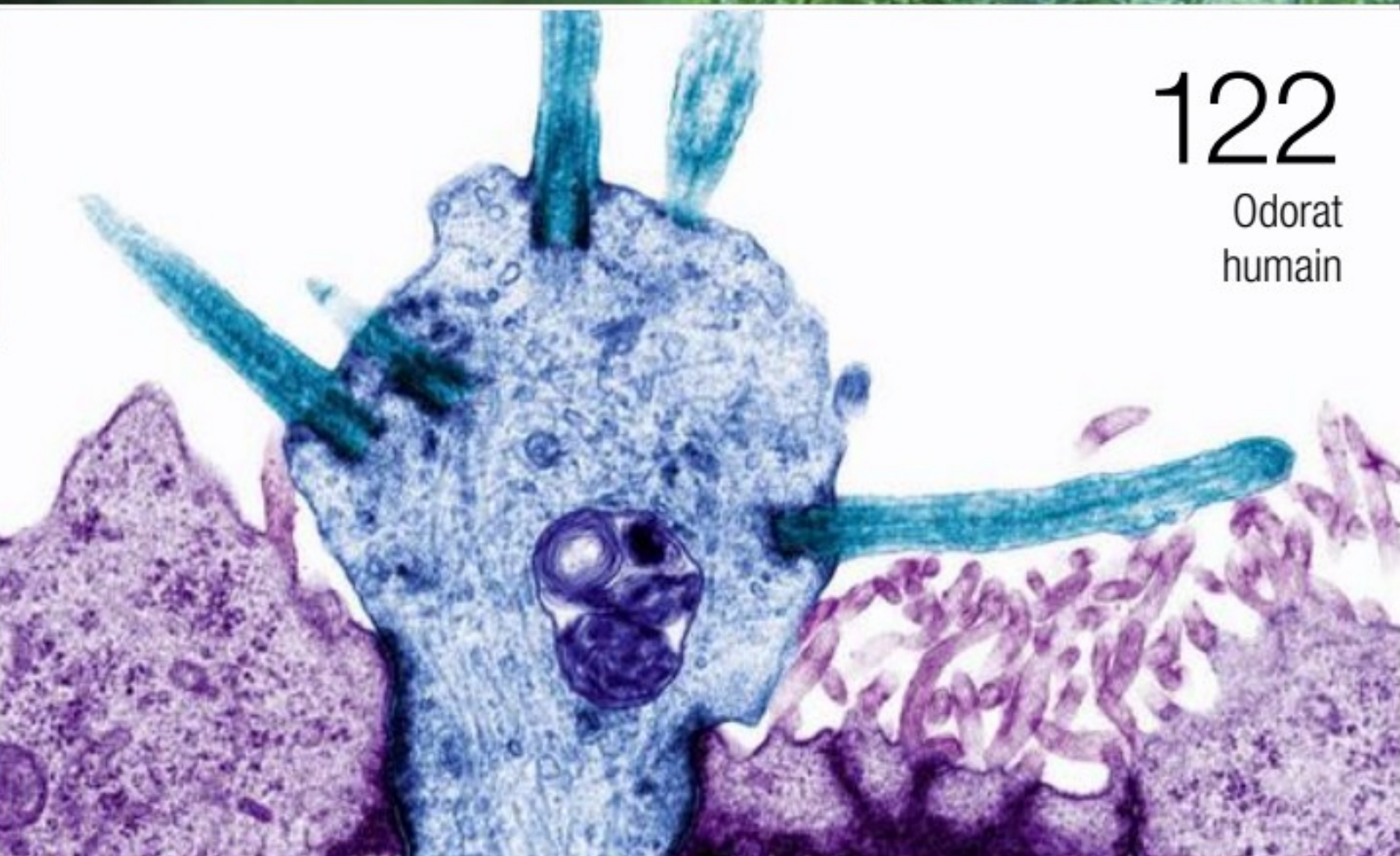


108

Cimetière de baleines abyssal

Les dossiers

- 88 **Sciences comportementales**
Voyage vers Mars : comment ne pas s'entre-tuer ?
- 94 **Musicologie**
Petite histoire évolutive de la musique
- 98 **ASTRONOMIE**
Roman Telescope : c'est parti !
- 104 **Mathématiques**
Géométrie positive : on a découvert un nouveau monde
- 108 **Paléontologie abyssale**
Il a 5 millions d'années : que cache ce cimetière de baleines ?



122

Odorat humain

C'est dans nos vies

- 113 **Technofolies**
- 116 **En pratique**
- 120 **À voir, à lire**
- 122 **Questions/Réponses**
- 128 **Mots-croisés**
- 130 **Bulle de science**

SCIENCE&VIE 40 avenue Aristide Briand, CS 10024, 92227 Bagneux Cedex. Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67. E-mail : svmens@reworldmedia.com. Recevez Science & Vie chez vous. **Votre bulletin d'abonnement se trouve p.59.** Pour commander d'anciens numéros, rendez-vous sur www.kiosquemag.com. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 48 96, ou par internet sur www.kiosquemag.com.

Ce numéro comporte, sur tout ou partie de sa diffusion : une enveloppe First Voyages posé sur la C4 ; un dépliant multi-titres Rentrée 2026 posé sur la C4.

GÉNIE DU MAL OU MAL DANS SA GÈNE ?

Merci pour ce dossier estival sur l'intelligence (n°1307, p. 62). Vous n'avez pas abordé la politique – compréhensible –, je vais donc vous y pousser : y a-t-il des corrélations entre l'intelligence et les intentions de vote ? Et que savons-nous de l'intelligence des dictateurs : génies du mal ou benêts frustrés ?

*Benjamin Ferrieux,
Sète (34)*

S&V Sujet piquant, il est vrai ! Dans l'une des dernières études (2024), des chercheurs américains ont analysé l'orientation politique, le QI et le score polygénique associé à l'intelligence (le fait de porter certains marqueurs que l'on pense liés aux fonctions cognitives) des membres d'une même fratrie – 300 familles au total. Résultat, plus le QI et le score génétique étaient

élevés, plus ils avaient tendance à adhérer à d'avantage de libéralisme sociétal et moins d'autoritarisme – des valeurs plutôt de gauche. En 2012, d'autres travaux estimaient que des enfants ayant un QI dit inférieur étaient plus susceptibles de développer des idéologies de droite une fois adultes. Reste qu'il ne s'agit que d'une tendance. Et comme nous le martelons, le QI est loin de cap-



turer l'étendue de l'intelligence, et encore moins le score polygénique. Et les dictateurs ? Aucun n'a passé de test de QI dans des conditions formelles, mais celui de certains dignitaires nazis relevé à Nuremberg était au-dessus de la moyenne (100), parfois nettement (de 106 à 143)...

Les moustiques, les animaux les plus meurtriers ? Mais ce ne sont que les vecteurs de pathogènes, comme les escargots. Et le triste vainqueur est donc... l'humain.

Grégory Beluche, Colombier (Suisse), à propos du n°1306, p. 30



LE BAISER DE LA MORT ?

L'effondrement des populations de Néandertaliens (n°1306, p. 102) pourrait-il être lié aux maladies apportées par Sapiens ?

Alain Durand (internet)

S&V Oui, c'est même l'une des hypothèses avancées pour expliquer la disparition de

cette espèce cousine il y a 45 000 ans, bravo ! La faible diversité génétique des Néandertaliens aurait pu les rendre vulnérables à de nouveaux pathogènes introduits par notre espèce. En 2016, des analyses génétiques ont estimé que la bactérie *Helicobacter pylori*, responsable d'ulcères

Vivre sans peur

Très intéressant, votre article traitant de la peur des prédateurs (n°1306, p. 96) m'a immédiatement replongé dans la sensation la plus unique de ma vie: j'ai eu la chance d'aller aux Galápagos, seul endroit sur Terre, m'est avis, où les animaux (oiseaux, reptiles, mammifères marins, etc.) n'ont pas peur de l'humain et ne détalent jamais en sa présence, même à quelques centimètres d'eux. On se regarde, "Bonjour Madame" (Monsieur?) et chacun vaque à son existence, sans stress. Expérience extraordinaire, indescriptible, on a l'impression d'être une pierre, une feuille... d'être dans le vrai paradis originel. J'en avais continuellement les larmes aux yeux. Depuis, je reste frustré devant la peur que nous avons infligée aux animaux partout ailleurs.

Jean-Gabriel Barachant, La Tour-d'Aigues (84)

de l'estomac, a d'abord infecté les humains en Afrique il y a environ 100 000 ans, puis qu'elle est arrivée en Europe après 52 000 ans, potentiellement via Sapiens. En 2024, l'étude du génome de Néandertaliens de Sibérie, vieux de 50 000 ans, a révélé la présence d'adénovirus, de papillomavirus et d'herpès. Suspect... mais

insuffisant pour conclure: rien ne prouve que ces pathogènes ont été transmis par Sapiens, ni qu'ils ont contribué à leur extinction. "Et une étude allemande de 2018 a montré que certains gènes de leur immunité présentaient une grande diversité", souligne Stéphane Peyrégne, généticien à l'Institut Jacques-Monod.



L'INDUSTRIE POURRAIT RAPIDEMENT PRENDRE SES AISES EN ORBITE

Un miroir spatial de 18 m réfléchissant la lumière solaire: voilà l'objet dont la Commission fédérale des communications américaine (FCC) vient d'approuver l'envoi dans l'espace. C'est l'un de ces projets industriels spatiaux que nous évoquions dans notre enquête de juin 2026 (n°1305, p. 38). Après avoir construit, déployé et testé le premier, Eärendil-1, la société Reflect Orbital a l'intention d'en envoyer 50 000 en orbite basse (600 km) d'ici à 2035. Le but? Fournir de la lumière aux agriculteurs, prolonger la production de centrales solaires, illuminer des chantiers ou des zones sinistrées, etc. Un seul de ces engins serait capable d'éclairer une surface de 5 km de large grâce à son miroir. Sauf que les scientifiques sont vent debout: cela pourrait aveugler les conducteurs et les pilotes, dérégler le rythme biologique des plantes, des animaux et des humains, encombrer encore plus les orbites spatiales... En outre, "cela ressemble fort à un schéma classique du 'New Space': une surenchère de promesses spectaculaires pour convaincre des investisseurs de vider leur portefeuille, mais sur la base d'un concept dont tout reste à démontrer: faisabilité, rentabilité, durabilité", commente Loïs Miraux, ingénieur et chercheur, spécialiste en aérospatial et en sciences de l'environnement. La recherche aura-t-elle son mot à dire? **Anne Le Duigou**

M. TUMELAIRE



FAIRE PLEURER LES NUAGES

En voyant les violents incendies qui ont touché la France cet été, je me demandais : pourquoi ne pas déclencher des pluies ? Certains pays ont réalisé des recherches dans ce domaine, avec la technique d'ensemencement des nuages, notamment.

Nolan Russier (internet)

lutter contre la sécheresse, mais aussi en France pour diminuer la taille des grêlons lors des orages. Certes, son efficacité, difficile à mesurer, semble limitée... mais on estime tout de même qu'ensemencer un nuage prêt à éclater augmente les précipitations d'environ 5 à 20 %. Reste un problème, et non des moindres : il faut un nuage !

“Ces techniques d'ensemencement ne créent pas de l'eau, elles favorisent juste la formation des gouttelettes, rappelle Jérôme Kasparian, de l'université de Genève, en Suisse. Or au-dessus d'un incendie, en conditions météorologiques chaudes et sèches, il n'y a pas assez d'eau dans l'atmosphère pour déclencher des précipitations.” L'air y est d'ailleurs tellement sec que l'eau dispersée par les Canadiens s'évapore en grande partie avant d'atteindre le sol. Bref, dans des cas très particuliers, l'ensemencement des nuages sera peut-être un outil de plus pour lutter contre les incendies. Mais pas la solution miracle.

S&V Votre idée est à considérer ! L'ensemencement des nuages consiste à disperser dans l'atmosphère des particules (iodure d'argent, de sel ou de glace carbonique...) à l'aide d'un avion, d'un ballon ou de canons au sol : celles-ci agglomèrent alors autour d'elles l'eau du nuage sous forme de glace ou d'eau liquide. Puis, une fois le cristal ou la goutte formé(e) assez gros(se), il(elle) tombe, avec tou(te)s les autres : il pleut.

Expérimentée depuis une dizaine d'années, cette technique est actuellement utilisée aux États-Unis, en Chine, aux Émirats arabes unis et en Australie pour

Erratum

Jérôme Vermeulen, sur internet, nous fait remarquer que si nous étions vraiment au début du II^e millénaire (n°1307, p. 66), il y aurait bien moins de bruits de voiture et de bouchons le matin ! “Morbleu, quelle mesprise adonc !” Nous sommes bien au début du III^e millénaire – toutes nos excuses pour cette coquille calendaire. Le coupable est condamné à ne s'exprimer qu'en parler de l'époque dans la rédaction et ce, pendant 1 000 minutes (deux journées de travail) – “nos rirons moult”.

M. TUMELAIRE



MATHS: L'IA TROUVE UN CONTRE-EXEMPLE À UNE CONJECTURE

En juin 2026 (n°1305, p. 102), nous décrivions l'initiative de scientifiques pour évaluer les capacités des IA sur des problèmes de recherche en maths. Ils doivent être en ébullition : les systèmes ont depuis fait tomber les conjectures les unes après les autres, à coups de contre-exemples. L'une des dernières en date est la Jacobienne, posée en 1939 et liée aux fonctions définies par un système d'équations polynomiales. Elle expose notamment que si une condition est remplie pour une fonction polynomiale, alors celle-ci doit forcément admettre une fonction inverse : leurs contributions se compensent, de la même façon que $1/2$ compense 2 car $2 \times 1/2 = 1$. En un tweet expéditif, Levent Alpöge, un employé d'Anthropic, a montré que c'était faux en exposant un contre-exemple donné par le modèle d'IA Fable. “De nombreux mathématiciens ont travaillé sur cette conjecture, avant l'IA et même en s'aidant de celle-ci. Certains ont été un peu déçus que ce soit un employé d'une entreprise d'IA qui trouve un contre-exemple...”, souffle Thomas Kahle, de l'université Otto von Guericke de Magdebourg (Allemagne). Cette percée fait s'interroger sur l'avenir de la recherche. Une chose est sûre : “Les mathématiques telles qu'elles existent depuis des siècles vont évoluer”, prévient le mathématicien. **Charlotte Mauger**

NOUVEAU

BRUT ENERGY FRAÎCHEMENT SORTI FRAÎCHEUR GARANTIE



SENTIR BON POUR DE BON

Des notes d'agrumes associées à la puissance des notes boisées
pour un parfum longue durée efficace jusqu'à 48H

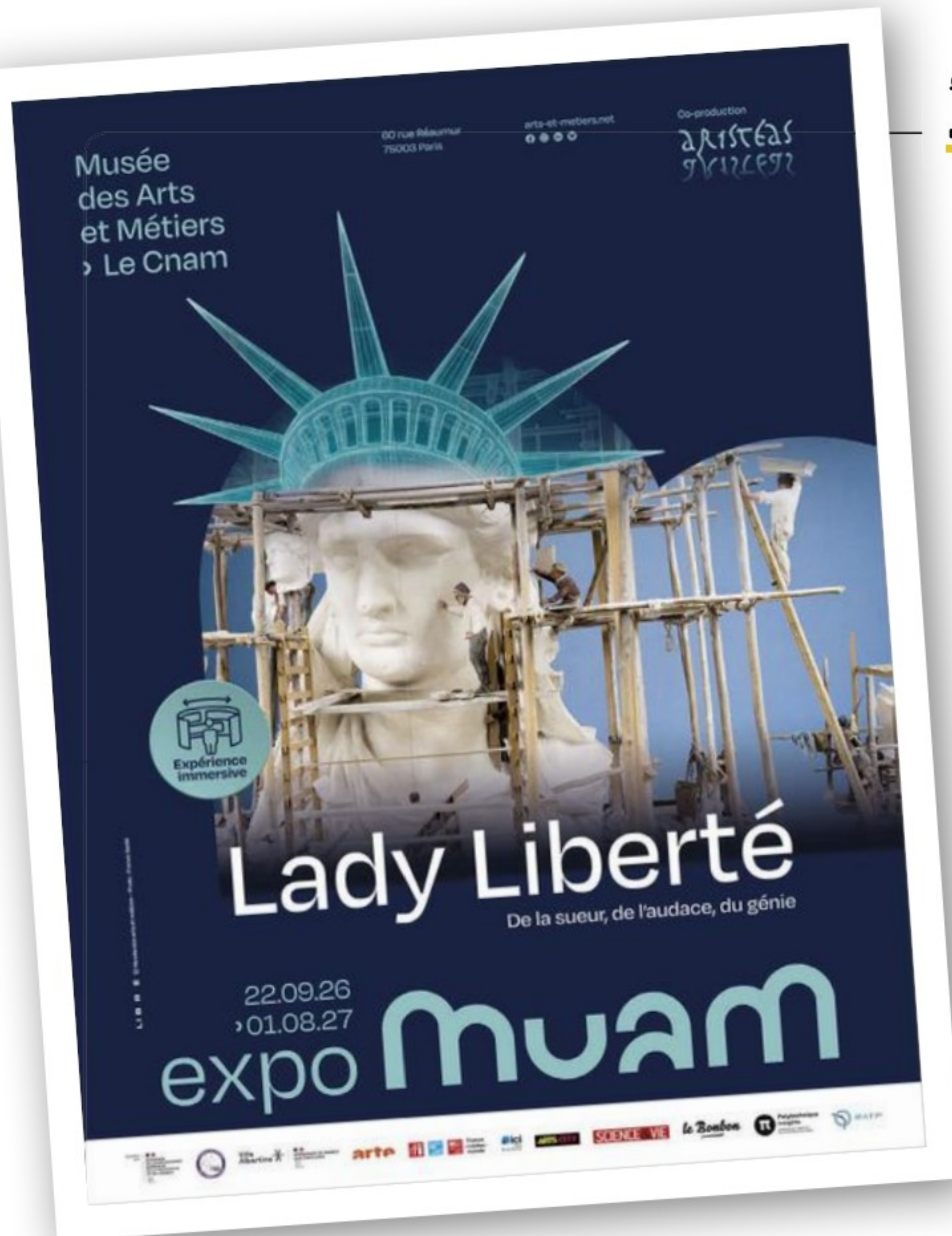
Fond généré à l'aide de l'IA



SCIENCE & VIE PARTENAIRE DE LA NOUVELLE EXPOSITION DU MUAM

La statue de la Liberté – ou Lady Liberty – n'est pas seulement l'icône de New York et des États-Unis : elle est aussi un chef-d'œuvre d'ingéniosité... à la française ! Née dans le Paris de la fin du XIX^e siècle, au sein des ateliers Gaget et Gauthier et de celui d'Auguste Bartholdi, son édification a mobilisé des savoir-faire, des métiers et des hommes capables de repousser les limites techniques de leur époque. À l'occasion du 250^e anniversaire de la Déclaration d'indépendance des États-Unis, le musée des Arts et Métiers vous invite à plonger dans les coulisses de ce chantier exceptionnel, à travers un parcours de visite inédit et immersif. Entre projections vidéo, dispositifs 3D et décors réels, entrez dans les coulisses d'une œuvre façonnée dans la sueur, animée par l'audace et portée par le génie.

Du 22 septembre 2026 au 1^{er} août 2027
Plus d'infos : arts-et-metiers.net



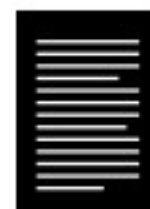
ET LE PREMIER PRIX DES CITATIONS EST DÉCERNÉ À...

Partenaire de la 1^{re} édition du Prix des citations dans la catégorie Science & Technologie, la rédaction de S&V était présente, le 3 juin dernier, aux Salons Hoche, à Paris, pour une cérémonie placée sous le haut patronage du président de la République. Réunissant 250 personnalités des sciences, de la culture, des médias, du sport, de l'entreprise et de la vie publique, cet événement, initié par le chef d'entreprise français Frédéric Mazzella, met à l'honneur les phrases qui marquent leur époque. Le Prix Science & Technologie a récompensé Étienne Klein pour cette citation : *"Est-ce que les machines vont doper notre paresse naturelle ou, au contraire, exciter notre créativité intellectuelle ?"*



Frédéric Mazzella, Étienne Klein
et l'explorateur Bertrand Piccard.

M. TUMELAIRE - FRANÇOIS TANCRÉ



CHAMPIGNOMANIA

Longtemps cantonnés aux sous-bois et aux casseroles, les champignons révèlent aujourd'hui un royaume aux pouvoirs insoupçonnés. Ils pourraient vaincre l'antibio-résistance, traiter la dépression, remplacer les engrais, dépolluer les marées noires et même devenir les matériaux de demain...

S&V Hors-Série n°327, 6,90 €



AUX ORIGINES DU COSMOS

Des premières cartes du ciel aux vertiges de la cosmologie moderne, ce numéro vous invite à remonter le fil d'une obsession vieille comme l'humanité : comprendre l'Univers. Une quête faite d'intuitions géniales, d'erreurs fondatrices et de calculs approximatifs... aux résultats étonnamment justes.

Les Cahiers de S&V n°230, 7,90 €



GUERRE ANCESTRALE

En 1159, Henri II d'Angleterre tente de conquérir le comté de Toulouse. L'intervention du roi de France Louis VII déclenche une guerre qui va durer cent ans. Ce 92^e numéro explore cette guerre méconnue, qui porte les germes de la rivalité qui déchirera les deux grandes puissances de l'Occident chrétien.

Guerres & Histoire n°92, 7,60 €



LOIS IMMUABLES

Qu'est-ce qui fait que tu flottes dans l'eau? De quoi dépend vraiment la masse de ton corps? Pourquoi les planètes ne s'écrasent-elles pas sur leur étoile? Comment la matière courbe-t-elle l'espace-temps? Découvre comment les cinq grandes lois de la physique régissent notre monde.

S&V Junior n°444, 5,30 €



ENQUÊTE SCIENTIFIQUE

Un squelette de tricératops a été volé au musée! Avec l'aide d'une technicienne en identification criminelle, mène l'enquête, découvre les méthodes de la police scientifique : relevé d'empreintes digitales, analyse ADN, portrait-robot, prélèvement d'odeurs... et démasque le coupable!

S&V Découvertes n°333, 5,95 €



POUR EN CONNAÎTRE UN RAYON

Ce mois-ci, on t'emmène en balade à vélo! Comment avance un vélo? À quoi servent les pédales, la chaîne et le pignon? Pourquoi va-t-on plus vite à vélo qu'en courant? Est-ce vrai qu'on n'oublie jamais comment en faire? Nano et ses amis répondent à toutes tes questions!

Mon Petit S&V n°61, 5,95 €



VOYAGE À REBOURS DANS NOTRE UNIVERS

Et si l'on racontait l'histoire du Système solaire à l'envers? C'est le pari fascinant que relève ce documentaire en deux parties, en inversant le cours du temps pour offrir un voyage cosmique aussi vertigineux qu'inédit.

Tout commence dans un futur lointain et glacé, au moment où le Soleil s'éteint définitivement. Le récit remonte alors le fil des milliards d'années, nous entraînant dans une exploration à rebours de notre Univers familier. Sous nos yeux, la vie sur Terre disparaît peu à peu, les continents se fragmentent, les océans se retirent. Les planètes retrouvent leur forme primitive et se disloquent, comme si la création se défaisait

devant nous. La Terre se fige, les mondes se vident, et le cosmos retourne à son silence originel. Au terme de ce voyage, il ne reste plus qu'un immense nuage glacé où apparaissent les tout premiers embryons planétaires. La poussière diffuse se rassemble lentement, une lueur stellaire commence à s'esquisser et, dans ce brouillard naissant, prend forme l'ossature future du Système solaire.

Un récit à rebours qui nous invite à contempler l'Univers autrement et à mesurer, avec humilité, la fragilité de tout ce qui existe.



Système

Mardi 8 septembre à 20h45, inédit

LA FACE CACHÉE DES MISSIONS SPATIALES

L'espace fascine l'humanité depuis toujours. Mais les grandes missions officielles pourraient-elles cacher des vérités que certains préfèrent taire? Ce programme plonge au cœur de troublantes théories: et si nos gouvernements avaient mené des missions secrètes vers la Lune, voire vers Mars, loin des regards du grand public? Et si la Nasa elle-même dissimulait des découvertes aux conséquences potentiellement dangereuses?

Ce documentaire tente de percer les zones d'ombre qui entourent la conquête spatiale, et de répondre à une question brûlante: que faudra-t-il pour que ces secrets éclatent au grand jour?



Ovnis: missions secrètes révélées

Lundi 14 septembre à 20h45



Offre réservée aux abonnés de Science & Vie

Plus d'informations sur @scienceetvietv   

Une chaîne **Médiawan**

Disponible sur



CANAL
130



CANAL
182



CANAL
560



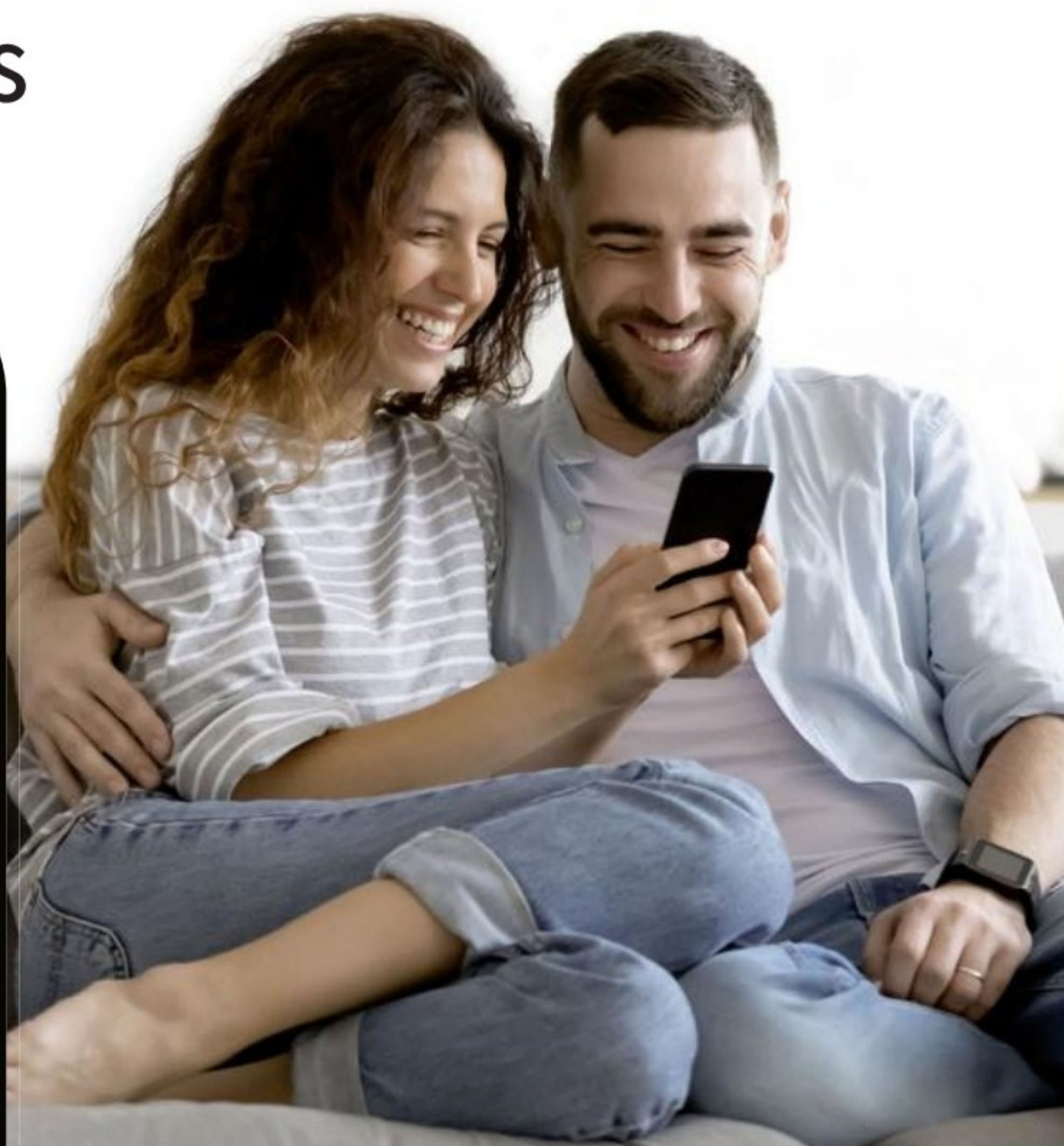
CANAL
127



CANAL
38



COMMANDEZ
VOS DOUBLES DE CLÉS
AVEC L'APPLICATION

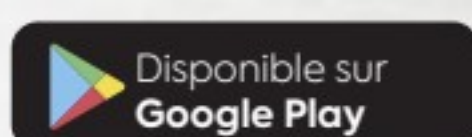


À partir de 5,90€

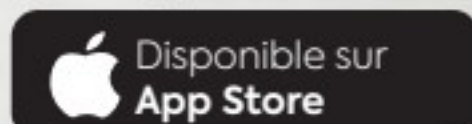
Expédié en 48h*

Jusqu'à 100% remboursée
par l'assurance CB*

(*) Selon les modèles - Voir votre devis en ligne.
Sous condition d'éligibilité assurantielle.



Télécharger
l'application



www.securcles.com

4.7/5 Google
★★★★★

L'actu des sciences



F. KAMPHUES, ESO/M. KORNMESSER



SPATIAL

LES SATELLITES VONT DÉNATURER LE CIEL NOCTURNE

Le chiffre fait tourner la tête : *“Actuellement, le nombre de satellites en attente d’une autorisation de lancer est de près de 2 millions,* déplore Olivier Hainaut, astronome à l’Observatoire européen austral. *C’est plus de 100 fois plus qu’il y a quelques années.”* Et pour cause, l’ère est à la constellation d’engins en orbite : ils doivent rejoindre la Starlink de SpaceX, mais aussi OneWeb,

Amazon, Télésat et Guo-Wang, une société d’État chinoise. Mais il y a un prix : la nuit. Dans de bonnes conditions, plusieurs milliers de satellites seraient visibles à l’œil nu par chacun de nous... soit peu ou prou le nombre d’étoiles que l’on peut admirer dans la même situation. Olivier Hainaut et son équipe l’ont démontré en modélisant l’ensemble des futures trajectoires de chaque satellite dans l’es-

pace, actuels comme à venir, sous la forme d’un brouillard représentant leur densité. *“Tous les observateurs seraient affectés, qu’ils observent les étoiles pour le plaisir ou qu’ils utilisent les plus grands télescopes”,* alerte Olivier Hainaut. À quel point ? Du fait des satellites les plus lumineux, le travail d’exposition d’un télescope sera multiplié par 4. *“Son prix aussi”,* glisse le chercheur. **V.F.**

△ Montage à partir d’une vidéo en time-lapse tournée en octobre 2025 dans le désert d’Atacama (Chili) : la plupart des traînées sont dues aux satellites.



MYCOLOGIE

LES CHAMPIGNONS SOUS NOS PIEDS PÈSENT 300 MÉGATONNES

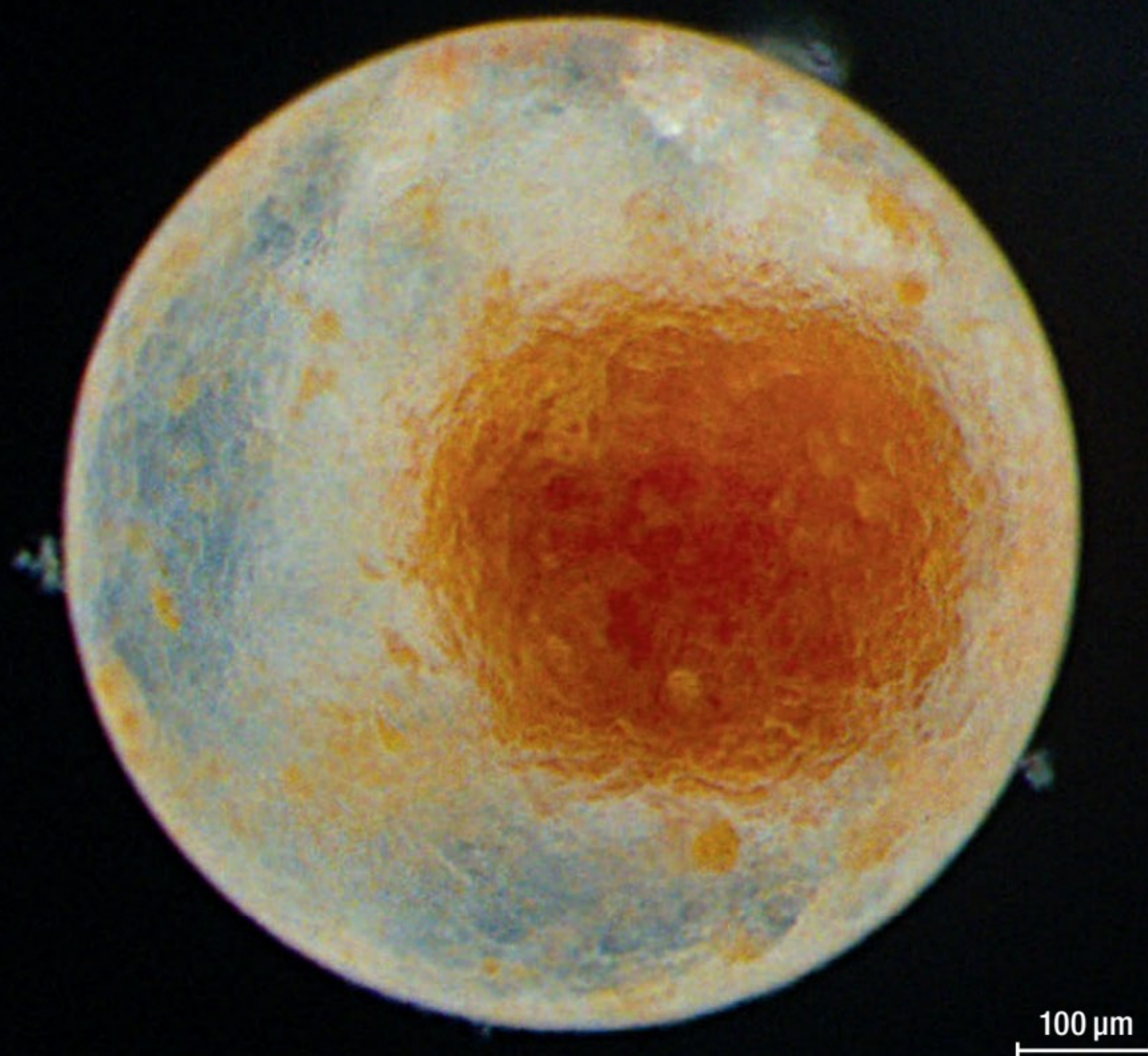
Invisibles à l'œil nu, les champignons mycorhiziens à arbuscules tissent sous la surface du sol un immense réseau reliant la plupart des plantes terrestres, auxquelles ils fournissent végétaux, eau et nutriments, en échange du carbone issu de la photosynthèse. Or l'étendue globale de ces filaments fongiques était totalement inconnue ! Dans une nouvelle

étude, des chercheurs issus d'une vaste collaboration internationale comblent ce manque.

En compilant plus de 16 000 échantillons de sol, l'imagerie robotisée et l'intelligence artificielle, ils ont pu sonder l'ensemble de la toile mycorhizienne souterraine... et même en dresser la toute première carte mondiale. Les résultats sont effarants : au total, ces

filaments de champignons pèsent 300 mégatonnes, soit cinq fois la masse de l'ensemble des êtres humains, et s'étendent sur près de 110 milliards de kilomètres... soit un milliard de fois la distance Terre-Soleil ! Les réseaux les plus denses se trouvent dans les prairies sauvages, tandis que ceux des terres agricoles sont en moyenne 47 %

plus diffus. L'information est préoccupante, tant ces champignons jouent un rôle clé dans le stockage du carbone et le recyclage des nutriments du sol. *"Protéger la biologie sous nos pieds pourrait devenir tout aussi important que gérer celle au-dessus"*, pointe Justin Stewart, de l'Université libre d'Amsterdam (Pays-Bas), l'un des auteurs. **E.H.**



△ Première carte mondiale du réseau fongique souterrain, cette immense toile qui relie la plupart des espèces végétales.

CE TISSU DE CONCOMBRE DE MER EST IMMORTEL !

P.F.

PHYSIQUE FONDAMENTALE

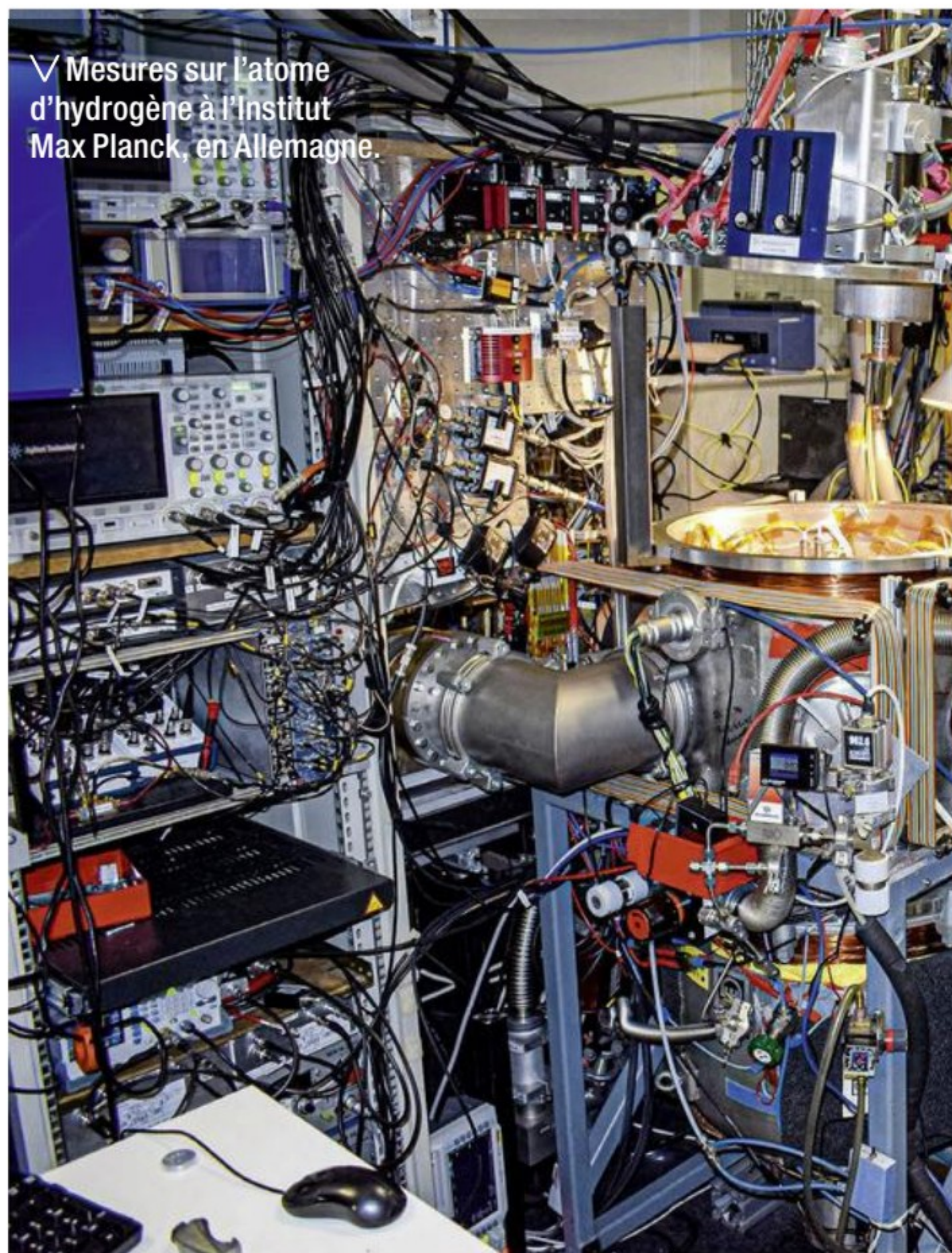
ON CONNAÎT ENFIN LE RAYON DU PROTON !

La controverse divisait les physiciens depuis plus de 15 ans. Tout commence en 2010 : une équipe de l'institut Max Planck, en Allemagne, scanne un proton et lui trouve un rayon de 0,8418 femtomètre (fm). Or c'est bien plus petit que la valeur précédemment admise de 0,876 fm, elle aussi obtenue par l'expérience. Deux nouvelles mesures indépendantes, l'une réalisée par la même équipe allemande, l'autre, par l'université du Colorado, aux États-Unis, enterrent le débat : le rayon du proton est de 0,8406 fm. Comment ont-elles obtenu une telle valeur ? En éclairant des atomes d'hydrogène avec un laser : cela fait passer leur électron d'un niveau d'énergie à un autre. Et comme la fréquence exacte de ce saut dépend de la taille du proton (cette dernière influant sur la force reliant l'atome à son électron), la mesurer avec une grande précision permet de déduire son rayon. Les deux équipes ont suivi ce protocole... et leurs résultats convergent.

"La cohérence interne entre nos mesures était essentielle : elle nous a permis de vérifier que nous maîtrisons bien les différentes sources d'erreur, et elle a renforcé notre confiance dans la valeur obtenue", expose Ryan Bullis, physicien à l'université du Colorado.

E.-O.E.

✓ Mesures sur l'atome d'hydrogène à l'Institut Max Planck, en Allemagne.



NEUROSCIENCES

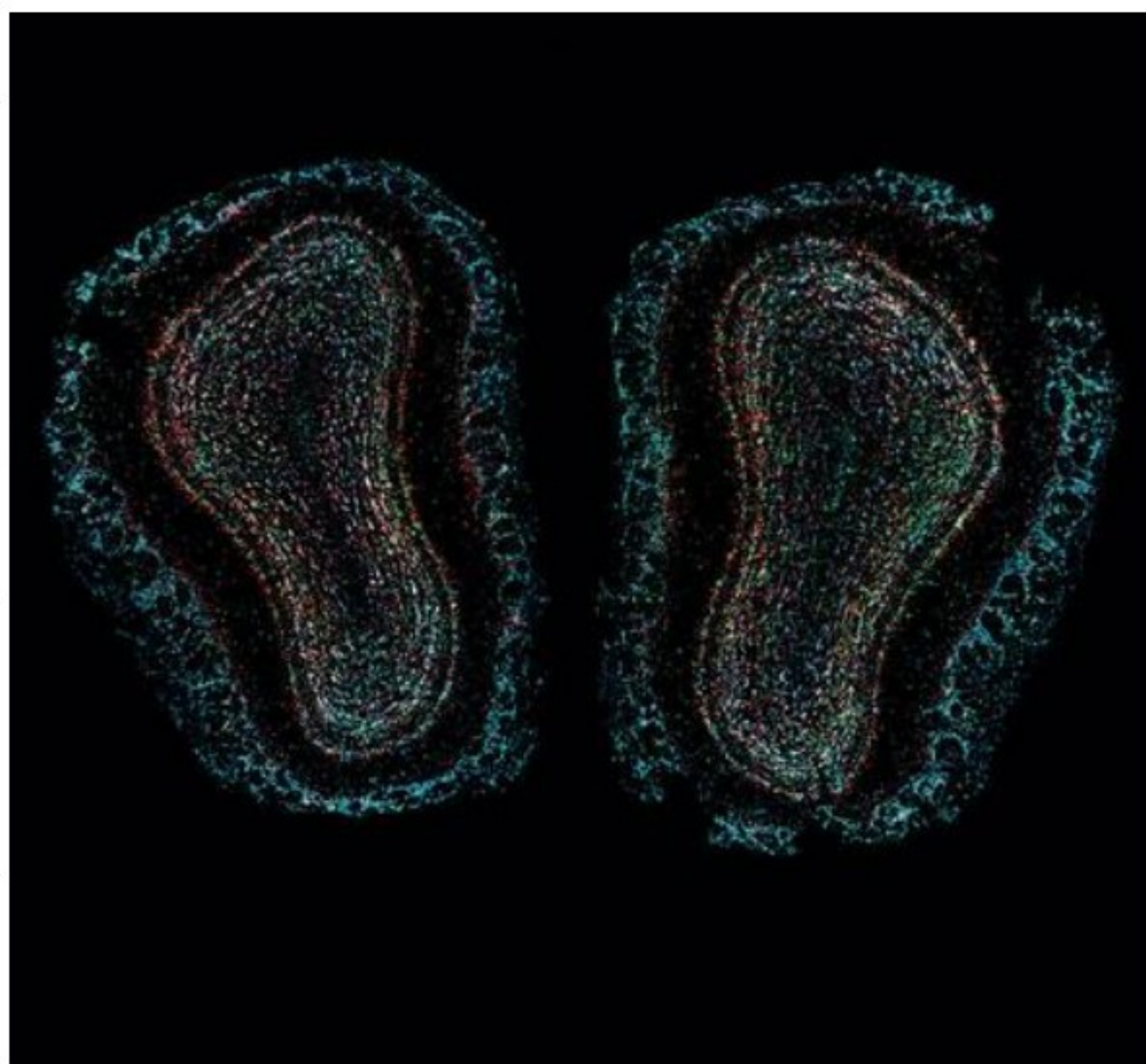
LA MADELEINE DE PROUST TIENT SON EXPLICATION AU NIVEAU CÉRÉBRAL

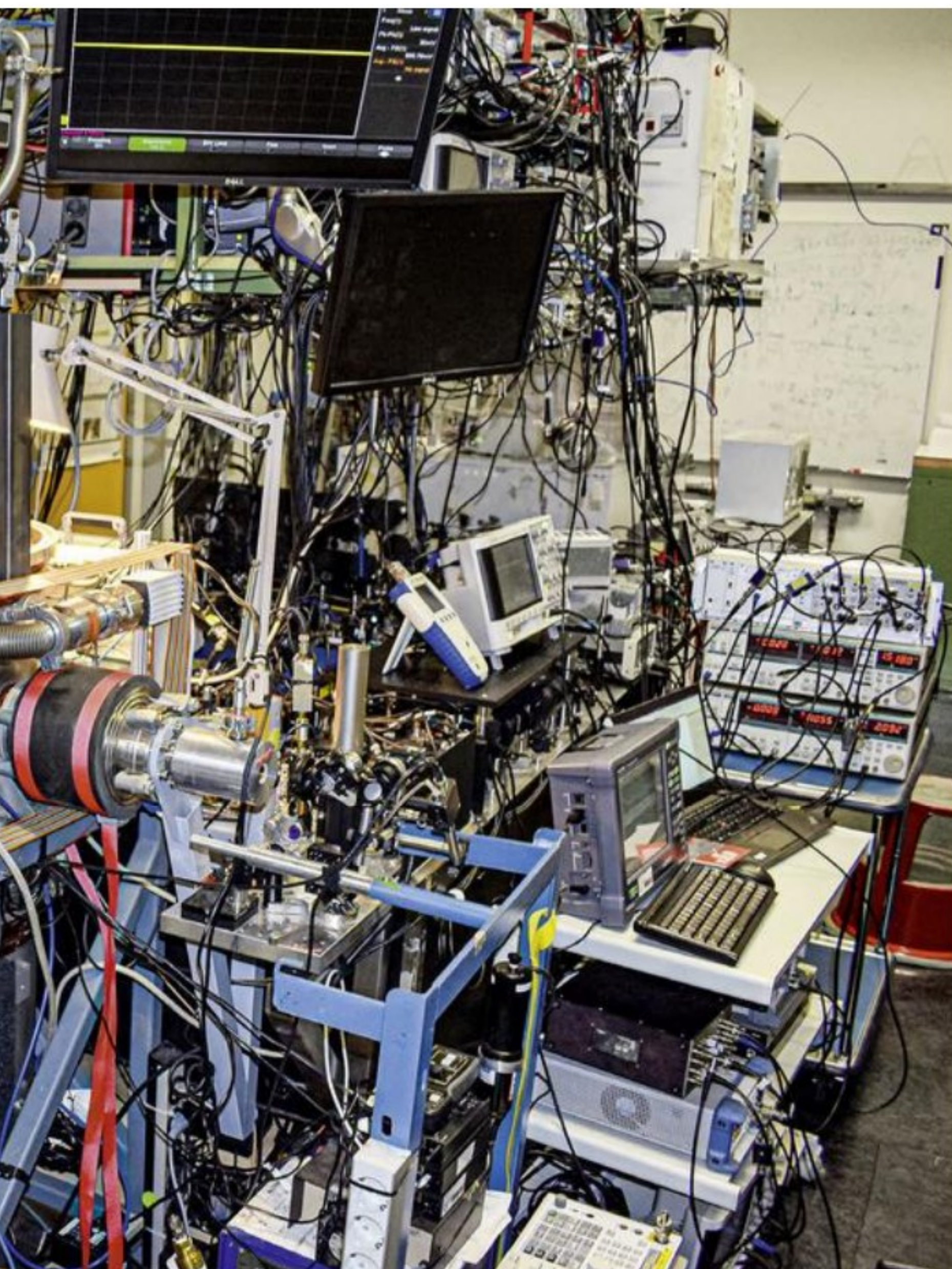
Une odeur particulière arrive à vos narines et vous voilà replongé dans un souvenir d'enfance. Si ce phénomène, appelé "madeleine de Proust" en référence à sa description par l'écrivain Marcel Proust, est bien connu, il restait inexpliqué scien-

tifiquement. L'équipe de Nathalie Mandairon (CNRS/Inserm/université de Lyon) vient d'en percer les secrets. *"Un questionnaire nous a d'abord permis d'établir les conditions de son apparition : l'odeur doit être plaisante, perçue dans un contexte positif et répétée au moins cinq fois durant l'enfance",* détaille la chercheuse. Son équipe

✎ L'étude du bulbe olfactif d'une souris montre le rôle des neurones granulaires.

VITALY WIRTHL, MPQ - JULES DEJOU, UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON 1, 2026





a ensuite reproduit ces conditions chez la souris et découvert que ce souvenir sensoriel particulier s'ancrait dans la mémoire à long terme grâce à l'action de cellules particulières : des neurones granulaires du bulbe olfactif qui apparaissent après la naissance et vivent longtemps, et d'autres du circuit de la récompense – d'où le plaisir associé lorsqu'on revit ce souvenir.

Pour autant, la madeleine n'est pas éternelle :

à l'âge adulte, une réexposition régulière (au moins une fois par an chez l'humain) est nécessaire pour éviter l'oubli. Chez les souris adultes, les chercheurs ont observé un désengagement du bulbe olfactif au profit du circuit limbique. *“Or, celui-ci est fortement impliqué dans les émotions”, souligne Nathalie Mandairon. Cela explique sans doute pourquoi la madeleine de Proust provoque une telle nostalgie avec l'âge.”* C.H.

Ça reste à prouver...

LA COMÈTE 3I/ATLAS SERAIT ENCORE PLUS VIEILLE QUE LE SOLEIL

En juillet 2025, les astronomes découvriraient 3I/Atlas, le troisième objet extra-solaire jamais détecté, et de loin le plus brillant. Une équipe menée par Cyrielle Opitom, astronome à l'université d'Édimbourg (Écosse) a pu l'étudier en détail grâce au Very Large Telescope de l'ESO. Selon ses travaux, cette comète venue d'ailleurs pourrait être plus de deux fois plus vieille que notre Soleil. Pour remonter à son origine, les chercheurs ont mesuré les rapports isotopiques du carbone et de l'azote dans les molécules de cyanure qui l'entouraient. *“Ces rapports ne changent pas après la formation de la comète, que ce soit durant le voyage interstellaire ou lorsque les glaces se vaporisent près du Soleil. Ils reflètent donc la composition du matériau d'origine”,* souligne Cyrielle Opitom. Cette analyse était impossible à réaliser sur les précédents visiteurs interstellaires : 1I/Oumuamua n'émettait pas de gaz détectable et la brillance de 2I/Borisov était trop faible. Celle de 3I/Atlas a permis de le sonder, et surprise : les rapports isotopiques relevés sont exceptionnellement élevés, ce qui suggère qu'elle s'est formée loin de son étoile, dans un système planétaire né il y a plus de 9 milliards d'années, lorsque l'Univers était encore pauvre en éléments lourds. Reste que l'histoire de 3I/Atlas ne pourra être pleinement comprise qu'en observant d'autres objets interstellaires venant d'autres lieux... L'Extremely Large Telescope de l'ESO, en cours de construction au Chili et dont la mise en fonction est prévue pour 2030, devrait être capable d'en identifier et analyser bien plus, et d'affiner ainsi nos connaissances sur ces voyageurs de l'au-delà. E.-O.E.



➤ Les chercheurs ont réussi à déchiffrer le nom d'un savant gravé sur un mur du site de Xultún, au Guatemala.

ARCHÉOLOGIE

ON CONNAÎT LE PREMIER NOM D'UN MATHÉMATICIEN MAYA

Sak Tahn Waax, "Renard à la poitrine blanche" si l'on traduit en français. Voilà le nom connu d'un astronome maya : trois chercheurs américains l'ont découvert alors qu'ils déchiffraient un texte gravé au VIII^e s. sur un mur du site de Xultún (Guatemala). "Lors des premières fouilles, en 2011, nous avons vu qu'une particule de citation 'selon untel ou unetelle' était en grande partie lisible. Nous nous attendions ainsi à ce que le dernier glyphe soit un nom, même si l'état de conservation du texte nous empêchait de le déchiffrer", retrace Franco Rossi, chercheur au MIT. Mais en prenant sa photo et en la manipulant dans un logiciel, il y est parvenu ! Que raconte le texte attribué à Sak Tahn Waax ? Il s'agit d'une série de calculs ludiques menés sur plusieurs cycles du calendrier maya, en particulier celui de 2 920 jours, soit 8 années solaires, et ses différentes divisions. "Cela confirme que les experts mayas pouvaient être célébrés pour leurs travaux intellectuels !" souligne le chercheur. **C.M.**

-40 %

C'est la réduction de masse que devront subir les combinaisons spatiales pour Mars par rapport à l'xEMU, le modèle actuel conçu pour la Lune (170 kg). Grâce à la faible gravité lunaire, le poids ressenti de ce dernier sur notre satellite reste acceptable, mais sur Mars, il atteindrait l'équivalent de 64 kg ! Une charge que les astronautes peineraient à porter : les ingénieurs de la Nasa visent une combinaison de 104 kg, plus légère (ressenti sur Mars : 39,5 kg). **A.L.**

3 DÉCOUVERTES SUR...

LES PREMIÈRES PESTES

Une étude fondée sur des analyses génétiques fossiles révèle que la maladie était déjà extrêmement mortelle au Néolithique: elle se propageait directement entre humains et touchait particulièrement les enfants.

PAR OLIVIER DONNARS



1

La maladie est plus ancienne qu'on ne le pensait

La plus ancienne épidémie de peste a été identifiée au bord du lac Baïkal, en Sibérie (Russie), où 4 cimetières néolithiques ont été découverts. Les restes de 46 chasseurs-cueilleurs ont été analysés, et 18 portaient la bactérie *Yersinia pestis* à leur mort, il y a 5500 ans. Il s'agit des plus anciennes souches du bacille jamais recensées: elles repoussent l'apparition du fléau de plusieurs siècles au moins par rapport à ce qui était établi jusqu'ici. Son berceau, que l'on pensait européen, se trouve aussi déplacé vers l'Asie centrale ou du Nord-Est.

2

Elle frappait surtout les enfants...

Dans ces sépultures sibériennes, beaucoup d'enfants ont été retrouvés: leur proportion est même bien plus grande que dans d'autres cimetières de chasseurs-cueilleurs de la région. Il semble ainsi qu'ils étaient très sensibles à la bactérie... Pourquoi? Les chercheurs ont une théorie: ils ont repéré, dans les souches de peste anciennes, un gène baptisé *ypm*, qui code pour une toxine "superantigène". Or la bactérie actuelle, cousine de la peste *Yersinia pseudotuberculosis*, le présente aussi, et les maladies inflammatoires qu'elle provoque, comme le syndrome de Kawasaki, touche surtout les jeunes enfants.

3

... et se propageait entre humains

Le principal vecteur de la peste est la puce: c'est en se faisant piquer que les humains peuvent être infectés. Or ces souches anciennes ne possèdent pas les gènes indispensables à cette transmission! L'arrivée de la bactérie chez l'humain est probablement due à un contact avec des marmottes infectées. Puis, en évoluant, la bactérie aurait gagné la capacité de se propager directement entre humains, sans doute par voie respiratoire, un scénario proche de la peste pulmonaire actuelle. Au Néolithique déjà, la maladie devait être dévastatrice.

✓ Les femelles gardent en mémoire le sifflement des mâles les plus violents.



ÉTHOLOGIE

LES FEMELLES DAUPHINS FUIENT CERTAINS MÂLES

Chez les grands dauphins, les mâles se montrent parfois très coercitifs afin de se reproduire : ils peuvent encercler et harceler les femelles fertiles, les charger et même les mordre. Au point qu'en période d'accouplement, ces dernières identifient les plus agressifs via leurs vocalisations et les gardent en mémoire, afin de ne plus retomber sur eux, annonce une équipe internationale dans une récente étude publiée dans *PNAS* ! Pour le démontrer, les chercheurs ont enregistré 34 sifflements émis par 11 mâles plus ou moins violents dans la baie Shark, en Australie, qu'ils ont diffusés en mer auprès de 17 femelles tout en les filmant à l'aide d'un drone. Leurs

réactions ? Les fécondes fuyaient en entendant les sifflements des mâles les plus violents, alors que leurs réactions étaient moindres pour les vocalisations des plus calmes. Les femelles stériles, quant à elles, se montraient moins réactives. S'il a déjà été observé que les femelles dauphins ont tendance à éviter certains mâles, *"c'est la première fois que leur utilisation des signaux d'identité individuelle afin de suivre le comportement de mâles spécifiques, et ajuster leurs réactions en fonction de leur degré de coercition, est rapportée"*, souligne la biologiste Alice Bouchard, de l'université de Bristol, au Royaume-Uni, première autrice de l'étude.

P.F.

EUCLÉA
BUSINESS SCHOOL

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE COMMERCE ET DE MANAGEMENT EN ALTERNANCE

Du Post-Bac au Bac +5

BTS MCO

BTS Gestion de la PME

BTS NDRC

Bachelor Responsable
en développement d'affaires

Bachelor Office Manager



4 Campus
dans le Grand Est

✓ De l'érythrulose a été détecté vers le centre de notre galaxie.



ASTRONOMIE

IL Y A DU SUCRE DANS L'ESPACE !

C'est une première, des chercheurs viennent de détecter un sucre dans le milieu interstellaire : l'érythrulose, molécule présente sur Terre dans les framboises et les autobronzants, flotte aussi à environ 27 000 années-lumière de nous, vers le centre de la galaxie ! Les chercheurs l'ont déniché en analysant la lumière venue d'un nuage moléculaire avec les radiotélescopes Yebes et de l'Iram, en Espagne. *"Les molécules émettent certaines fréquences radio lorsqu'elles tournent sur elles-mêmes dans les conditions froides du milieu interstellaire"*, explique Izaskun Jiménez-Serra, du Centro de Astrobiología de Madrid, en Espagne. Ils ont alors comparé ces signatures avec des mesures de laboratoire : douze étaient caractéristiques de l'érythrulose. Résultat, il y en a dans ce nuage, et pas qu'un peu : 87 000 milliards de molécules par centimètre carré ! *"Des sucres, soit des ingrédients nécessaires à la vie, peuvent donc se former avant la naissance des étoiles et des planètes"*, explique la chercheuse. Prochaine étape : en trouver d'autres, comme le ribose de l'ARN...

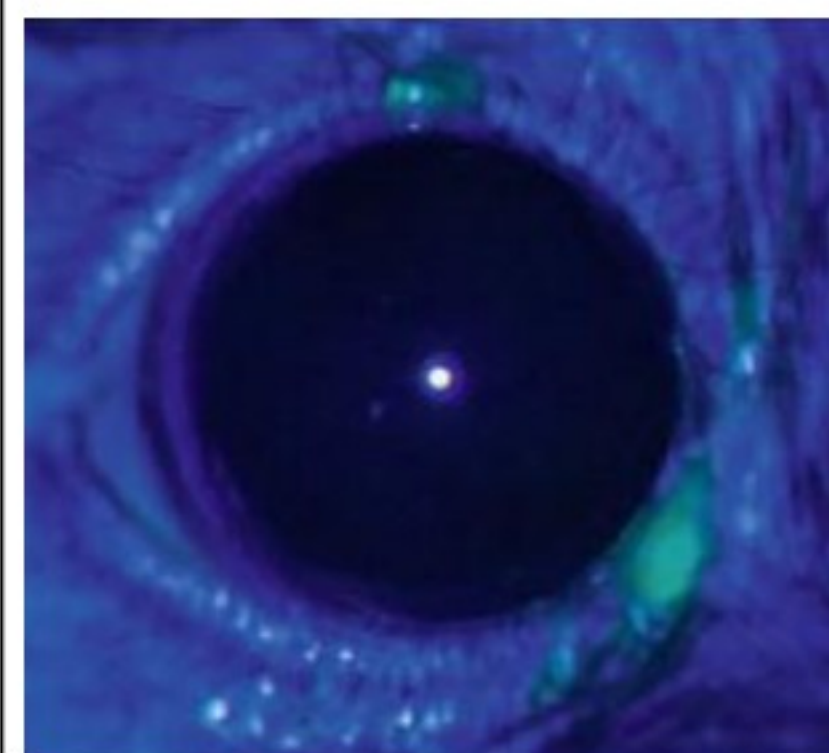
E.-O.E.

GÉNIE BIOLOGIQUE

DES YEUX DE SOURIS DOUÉS DE PHOTOSYNTHÈSE

La souris qui nous regarde ci-dessous est particulière : des biologistes singapouriens ont rendu ses yeux capables de photosynthèse ! Autrement dit, ils produisent de l'énergie à partir de lumière, comme l'immense majorité des plantes. L'équipe a d'abord extrait, de cellules d'épiniard, les chloroplastes responsables de la photosynthèse, afin de récupérer leurs composants riches en chlorophylle. À partir de ces derniers, ils ont formé un collyre qu'ils ont administré à des souris souffrant d'inflammation oculaire. Résultat ? *"Dans la cornée, la lumière a bien été convertie en ATP et NADPH, deux produits de la photosynthèse"*, indique David Tai Leong, l'un des auteurs. En trop petite quantité pour espérer se changer en panneau solaire, certes, mais après 5 jours, les yeux des souris étaient guéris grâce au NADPH antioxydant ! **O.D.**

✓ Ces yeux produisent de l'énergie à partir de lumière.





PACO
DEMOUCHOIR

JEAN
TOULMOND

ABDEL À LA
POURSUITE DE SON PAQUET
DE MOUCHOIRS

**ON NE
LÂCHE
RIEN!**

**Ramasser
ses déchets : un rôle
que chacun peut jouer.**

SEULS LES EMBALLAGES ET PAPIERS VONT DANS LES BACS DE TRI



ROBOTIQUE

CE ROBOT MARCHE SANS ÊTRE PROGRAMMÉ POUR CELA !

Faire avancer un robot avec la seule physique, voilà l'exploit d'Alberto Comoretto et son équipe de l'institut Amolf d'Amsterdam (Pays-Bas). Sur leur machine, aucun programme de marche, seulement des tubes flexibles et creux dans le rôle des quatre pattes. Si on leur injecte un flux d'air, ils se mettent à osciller indépendamment... Et là vient l'astuce : comme chaque membre a un effet sur le corps du robot, donc sur les trois autres tubes, tous finissent par se synchroniser et le robot avance ! *"La synchronisation est un phénomène universel, explique Alberto Comoretto. On l'observe par exemple dans les centaines de pieds tubulaires d'une étoile de mer se synchronisant sans cerveau central."* Les moyens d'en tirer parti sont multiples : l'équipe a créé un autre robot qui se déplace par bonds ! De quoi s'adapter à divers terrains : *"Face à un obstacle, les interactions entre membres changent, et leur comportement avec",* note le chercheur. **S.F.**

CLIMAT

CE QUI A POUSSÉ LES ANCIENS POLYNÉSIENS À REPARTIR EN MER

Entre 900 et 1250 apr. J.-C, les Lapita, ancêtres des actuels Polynésiens, quittent en bateaux les îles Samoa et Tonga sur lesquelles ils vivaient depuis près de 1 700 ans pour d'autres îles du Pacifique, à des milliers de kilomètres de là. Et l'on ne savait pas pourquoi ! Des paléoclimatologues britanniques viennent de le révéler : ces peuples auraient fui un épisode de sécheresse intense. Les chercheurs ont analysé des carottes de sédiments prélevées dans

les lacs et marécages des Samoa, des Tonga, de la Polynésie française et des îles Cook : *"Les végétaux accumulés renferment des isotopes d'hydrogène plus ou moins lourds selon l'intensité des pluies passées, explique David Sear, l'un des auteurs. Moins il pleut, plus les lourds sont concentrés."* Au temps de ces migrations, Samoa et Tonga traversaient leur épisode le plus sec depuis plus d'un siècle, tandis que les îles à l'est devenaient plus humides. **O.D.**

2

C'est le nombre d'étoiles qui constituent en fait Bételgeuse ! Au vu des variations de luminosité de cette supergéante rouge de la constellation d'Orion, les chercheurs soupçonnaient la présence d'une étoile compagne... Elle est confirmée sur l'image la plus précise jamais obtenue de l'astre par le VLT (Very Large Telescope) de l'ESO. **A.L.**

En bref



UNE SEULE MUTATION MODIFIE LE SEXE

La souris, dotée de 2 chromosomes X, a développé des testicules. Et ce après qu'une équipe israélienne a inséré un seul nucléotide dans l'ADN d'un ovocyte de souris ! Cette mutation a désactivé une séquence non codante, censée attirer des protéines permettant l'accès à un gène qui, lui, réprime l'apparition des caractères masculins. **A.L.D.**

LES CACHALOTS ONT UN ACCENT

En tout cas, ceux de Méditerranée : selon la région où ils vivent, ces cétacés communiquent à l'aide d'un dialecte, ou peut-être un accent, différent, vient de démontrer une équipe internationale ! Tous communiquent grâce à des sons ou clics très brefs appelés "codas", mais le rythme de ceux de l'Est est plus rapide que celui de l'Ouest. **A.O.**

SCIENCE & VIE

CROISIÈRES

DATES 2027
DÉJÀ DISPONIBLES !
MARS - JUIN - OCTOBRE

Croisière EN NORVÈGE

A BORD DE L'EXPRESS CÔTIER
DU 28 OCTOBRE AU 3 NOVEMBRE 2026

7 JOURS / 6 NUITS
AU DÉPART DE PARIS

En partenariat avec HURTIGRUTEN,
référence des croisières en Norvège

HURTIGRUTEN

LES POINTS FORTS

- Un itinéraire mythique de 7 jours, de Bergen à Kirkenes, longeant toute la côte norvégienne au-delà du cercle Arctique.
- Un voyage au cœur des plus beaux paysages nordiques : le Hjørundfjord, Trondheim, îles Lofoten, Cap Nord.
- Un navire chaleureux et confortable, au style authentique (300 cabines max).
- Une offre complète au départ de Paris avec accompagnement francophone à partir de 2 408 €/personne.

Avantages lecteurs : une réduction spéciale lecteurs jusqu'à 790 €/pers sur le prix public + un crédit à bord offert.

* le tarif indiqué inclut la réduction spéciale lecteurs, exemple de prix en cabine intérieure double départ du 28/10/2026.

Téléchargez la documentation sur www.voyages-lecteurs.fr/sv

OU Infos & réservations **01 41 33 57 04** en précisant **SCIENCE & VIE** du lundi au vendredi de 9h à 19h et le samedi de 9h30 à 17h

OU Demandez votre brochure sans engagement à : Science & Vie - Croisière en Norvège - 59898 Lille Cedex 09

M086 # L1598556

Code article : 785311

Nom* : Prénom* :

Adresse* :

CP* : Ville* :

Tél. :

email :

Date de naissance : (pour fêter votre anniversaire)

Avez-vous déjà effectué une croisière ou un voyage ☐ OUI ☐ NON

- ☐ Je ne souhaite pas recevoir les offres de Science&Vie et Voyages Lecteurs sur des produits et services similaires à ma commande par la Poste, e-mail ou téléphone. Dommage!
- ☐ Je ne souhaite pas que mes coordonnées postales et mon téléphone soient communiqués à des partenaires pour recevoir leurs bons plans. Dommage !

* A renseigner obligatoirement pour traiter votre demande. Les informations recueillies à partir de ce formulaire font l'objet d'un traitement informatique fondé sur votre consentement et destiné à Reworld Media France SAS en sa qualité de responsable de traitement. Les finalités poursuivies sont l'envoi de la brochure et les offres relatives aux voyages avec nos partenaires si vous y consentez. L'inscription au voyage implique l'acceptation des conditions générales et particulières de vente de Hurtigruten au dos du bulletin de réservation joint à la brochure. Les informations demandées sont destinées à la société REWORLD MEDIA MAGAZINES (Voyages Lecteurs) à des fins de traitement et de gestion de votre commande, de la relation client, des réclamations, de réalisation d'études et de statistiques et, sous réserve de vos choix, de communication marketing par Voyages Lecteurs et/ou ses partenaires par courrier, téléphone et courrier électronique. Vous bénéficiez d'un droit d'accès, rectification, d'effacement de vos données ainsi que d'un droit d'opposition en écrivant à RMM-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux, ou par mail à dpd@reworldmedia.com. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour en savoir plus sur la gestion de vos données personnelles, vos droits et nos partenaires, consultez notre politique de Confidentialité sur www.voyages-lecteurs.fr. Photographies : © Shutterstock.com, © HURTIGRUTEN

VOYAGES
LECTEURS

Legende Reserve



^ Le labrador était la race la plus représentée et a donc servi de référence dans cette étude.

ÉTHOLOGIE

VOICI COMMENT PENSENT LES CHIENS SELON LA RACE

Existe-t-il des chiens plus intelligents que les autres ? Une étude finlandaise révèle les différences cognitives entre les races canines. Et déconstruit les idées reçues.

PAR **ANAÏS OURLIS**

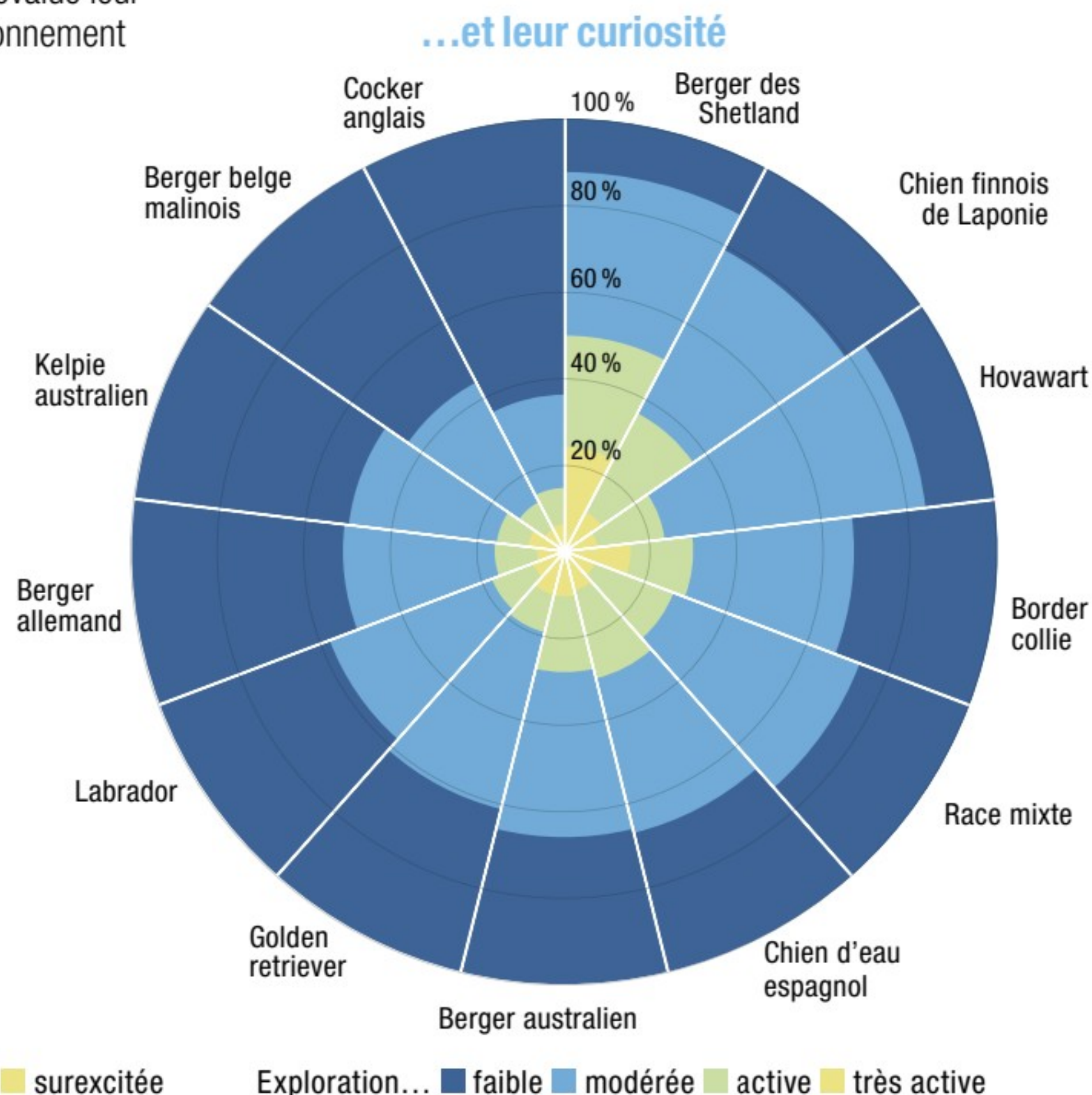
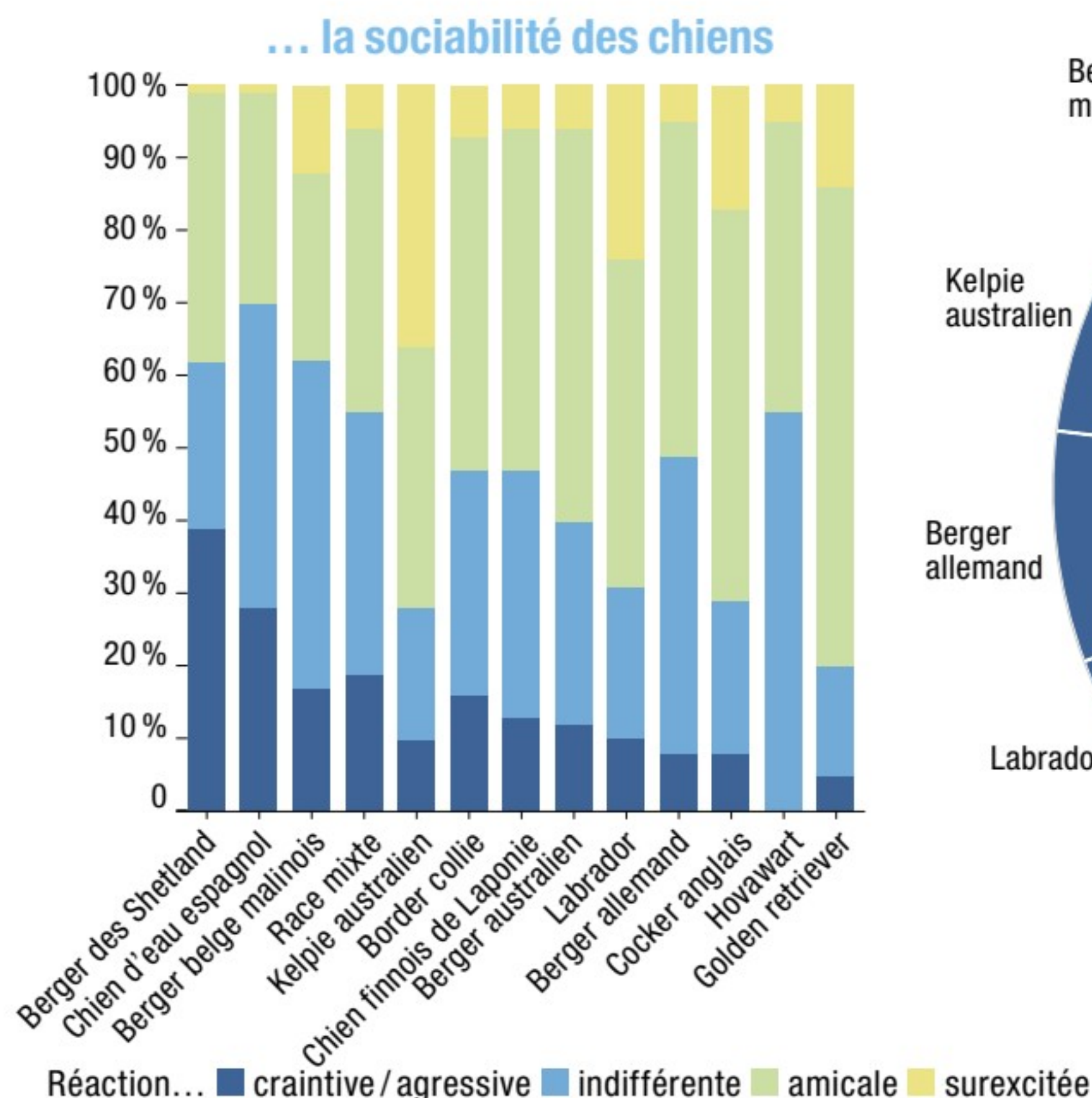
Le border collie a la réputation d'être le chien le plus intelligent du monde. Mais est-ce scientifiquement fondé ? Une race se détache-t-elle vraiment de toutes les autres ? Afin d'explorer la diversité des capacités cognitives des races canines, des chercheurs de l'université d'Helsinki (Finlande) ont étudié 1002 chiens appartenant à 13 races différentes. Les animaux ont été soumis à une série de tests évaluant notamment leur capacité à résoudre des problèmes, leur cognition sociale, leur contrôle inhibiteur – l'aptitude à ne pas céder à une impul-

sion –, leur mémoire ou encore leur persévérance.

Les résultats révèlent des différences entre les races, mais qui varient selon les aptitudes évaluées. Lorsqu'il s'agit de résister à leurs impulsions, le border collie et le berger australien obtiennent de meilleurs résultats que le berger belge malinois et le berger allemand, davantage enclins à céder à leurs envies. *"Le contrôle inhibiteur est essentiel pour les chiens afin de gérer leurs interactions sociales et résister à leurs envies. Une aptitude renforcée par la domestication"*, précise Saara

Les chercheurs ont testé notamment...

La réaction des chiens face à une personne inconnue évalue leur sociabilité tandis que leur capacité à explorer un environnement reflète leur curiosité et leur audace.



SOURCE: SCIENTIFIC REPORTS, 2022

Junttila, chercheuse en médecine des animaux d'élevage à l'université d'Helsinki et coautrice de l'étude. Concernant la sociabilité, le golden retriever, le labrador, le cocker anglais et le berger australien se sont montrés le plus fréquemment amicaux envers une personne inconnue. Le cocker anglais s'est aussi distingué par son goût pour l'exploration, devant le chien d'eau espagnol, le kelpie australien et le berger australien. Une autre épreuve, dite de "la tâche impossible", a été proposée à 969 chiens. Il s'agissait d'ouvrir une boîte conte-

nant une friandise dont le couvercle était bloqué. Seuls 57 ont affronté la difficulté sans solliciter un humain. Les autres, moins indépendants, ont abandonné ou ont consacré plus de la moitié du temps imparti à tenter d'interagir avec leur propriétaire.

En revanche, les chercheurs n'ont observé aucune différence significative entre les races concernant la mémoire à court terme et le raisonnement logique.

DE MULTIPLES FACTEURS

L'experte ajoute qu'un bon résultat à un test ne signifie pas forcément qu'un

chien est plus intelligent : il peut simplement être performant dans une capacité précise. Et la race n'est pas le seul facteur qui explique ces différences. "La génétique, l'entraînement reçu, le type d'activité pratiquée et l'âge influencent aussi la cognition et le comportement des chiens", souligne la chercheuse.

L'environnement et les expériences vécues dès les premiers mois de vie jouent également un rôle majeur. Par ailleurs, la scientifique rappelle qu'un chien "intelligent" n'est pas forcément le compagnon idéal : "De bonnes capaci-

tés de résolution de problèmes peuvent parfois être associées à davantage de difficultés comportementales à la maison."

Au-delà de la comparaison des capacités cognitives des chiens, cette étude ouvre la voie à une meilleure compréhension de l'hérédité de la cognition, tant chez l'humain que chez les autres animaux. "Nous tentons de déterminer s'il existe une forme d'intelligence générale chez les chiens comparable à celle observée chez les humains, mais ces travaux sont encore en cours", conclut Saara Junttila.



CHAMPION DE MARS!

L'exploit est signé Perseverance: en 5 ans et 4 mois, le rover a bouclé 42,195 km, soit le second marathon jamais roulé sur la Planète rouge! Avec sa vitesse moyenne fulgurante (0,001 km/h), il pulvérise le précédent record (11 ans et 2 mois), détenu par le rover Opportunity. Une grosse pensée pour ces deux magnifiques champions.

28

C'est le nombre de doigts (en comptant ceux des pattes arrière) que possède Toby, un chat américain –10 de plus que ses congénères! Cette particularité génétique le fait entrer au *Guinness des records* –et doit être bien pratique pour patouer.

AH BAH VOILÀ UNE IDÉE QUI EST BONNE!

Pour relancer la démographie déclinante, la préfecture de Kochi, au Japon, propose à ses habitant(e)s âgé(e)s de 20 à 39 ans de financer leurs abonnements à des sites de rencontre à hauteur de 110 € par an. Les premiers résultats tombent dans 9 mois – on vous tient au courant.

SHUTTERSTOCK

Résistance climatique

Licenciés en 2025 par l'administration Trump, ils n'ont pas dit leur dernier mot: des scientifiques de la NOAA (l'agence américaine de surveillance du climat) ont créé leur site internet, *climate.us*, où près de 15 ans d'archives climatiques indépendantes de toute pensée politique sont rassemblées! Sinon, il y a *climate.gov*, le site officiel de la Maison blanche, hein... Mais on ne conseille pas!

ET ÇA NOUS FAIT DU BIEN!

Les politiques aussi ont le droit d'aimer les ovnis

Le 29 juin, les bancs de l'Assemblée réservés au public affichaient complet lors d'un colloque consacré... aux ovnis. Le but? Examiner avec une approche scientifique ces phénomènes inexplicables porteurs de fantasmes. Experts et politiques ont débattu pendant 5 heures. Aucune avancée majeure sur l'existence ou non d'ET –on est déçus.

ON S'EST TOUS POSÉ LA QUESTION...



Un pet contamine-t-il l'environnement? Pour y répondre, un médecin australien a demandé à des volontaires de flatuler près d'une boîte de Petri dans un bloc opératoire. Résultat: sans pantalon, le gaz a provoqué la prolifération de bactéries; avec, l'air est resté sain, le tissu ayant fait tampon. Bref, gardez votre pantalon, au moins.

VOUS ÊTES MAJEUR? OUI/NON

Au Royaume-Uni, des enfants ont trouvé une manière efficace de contourner la vérification de l'âge par reconnaissance faciale de certains sites à l'accès interdit aux mineurs: ils se dessinent de fausses moustaches pour paraître plus âgés. Cocasse, à l'ère de l'IA...



CONCOURS

SCIENCE EN VUES

Le concours de photos de science
co-organisé par Réponses Photo,
Science & Vie et Science & Vie Junior.

RÉVÉLATION DES 12 GAGNANTS

Pour la Fête de la science

Samedi 3 octobre
à 16h45

**au MuAM - Musée des Arts et Métiers
à Paris**

Lors de la Fête de la science, découvrez
les 3 gagnants de chaque catégorie :
biodiversité, ciel nocturne, labo / recherche
+ les coup de cœur **SCIENCE VIE JUNIOR**

En présence de Greg Lecoœur.

NOTRE PARRAIN

Greg Lecoœur

*Photographe animalier
et naturaliste*



Merci à nos partenaires

Canon

muam Musée des Arts et Métiers
Le Cnam

**fête de la
Science** Par le ministère
de l'Enseignement supérieur,
de la Recherche et de l'Espace

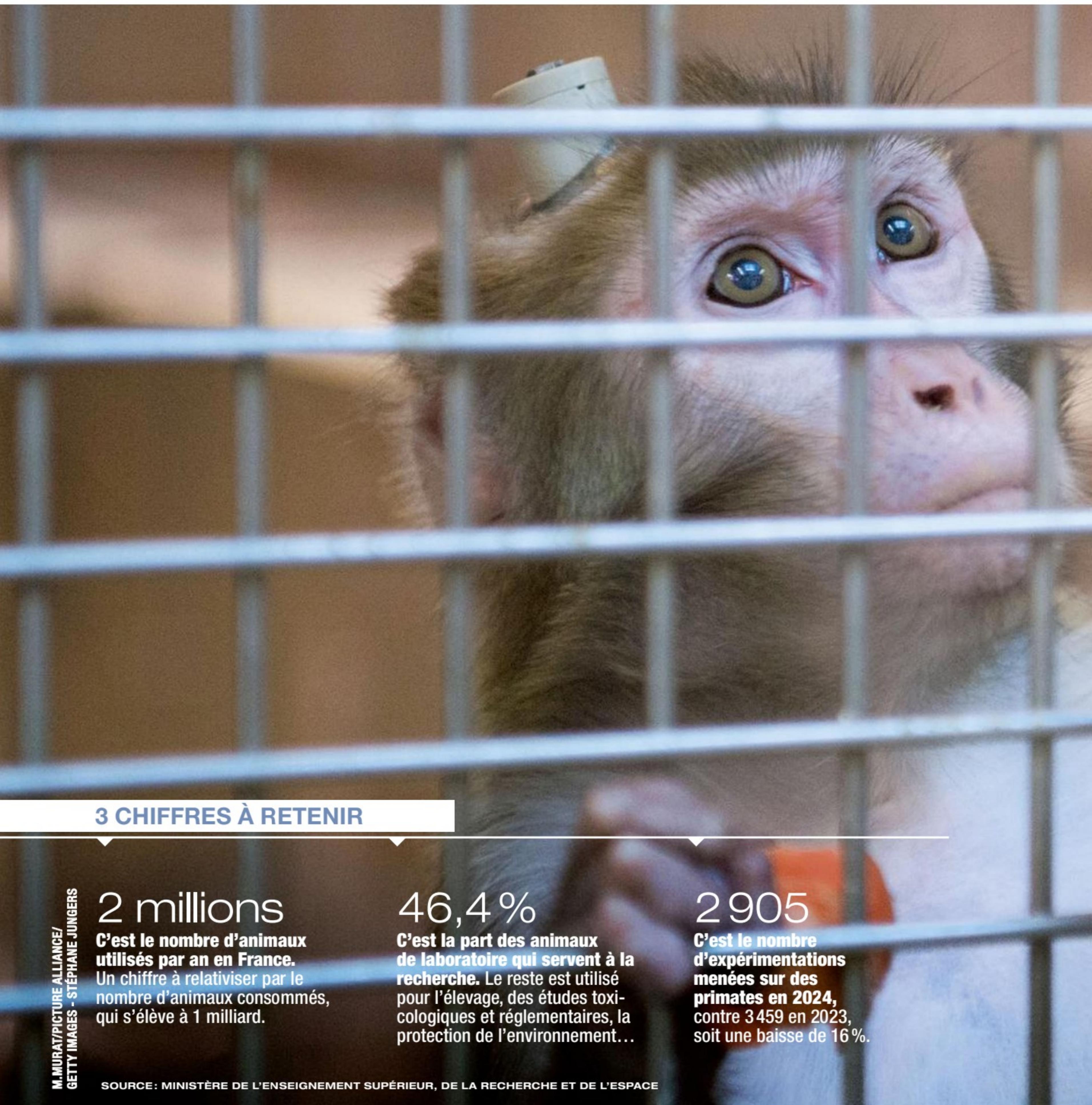


**Échappées
inattendues**
cnrs

Profitez de votre visite au MuAM pour participer aux **Échappées inattendues** organisées par le **CNRS**.

Science & société

Enquête



3 CHIFFRES À RETENIR

M. MURAT/PICTURE ALLIANCE/
GETTY IMAGES - STÉPHANE JUNGERS

2 millions

C'est le nombre d'animaux utilisés par an en France. Un chiffre à relativiser par le nombre d'animaux consommés, qui s'élève à 1 milliard.

46,4 %

C'est la part des animaux de laboratoire qui servent à la recherche. Le reste est utilisé pour l'élevage, des études toxicologiques et réglementaires, la protection de l'environnement...

2 905

C'est le nombre d'expérimentations menées sur des primates en 2024, contre 3 459 en 2023, soit une baisse de 16 %.

SOURCE : MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'ESPACE

Entre pro et anti, les débats sont relancés. Le déclencheur ?

La hausse programmée du nombre de singes destinés à l'expérimentation dans le Centre national de primatologie, près de Marseille. Les deux camps ont des arguments recevables, alors comment faire la part des choses ?

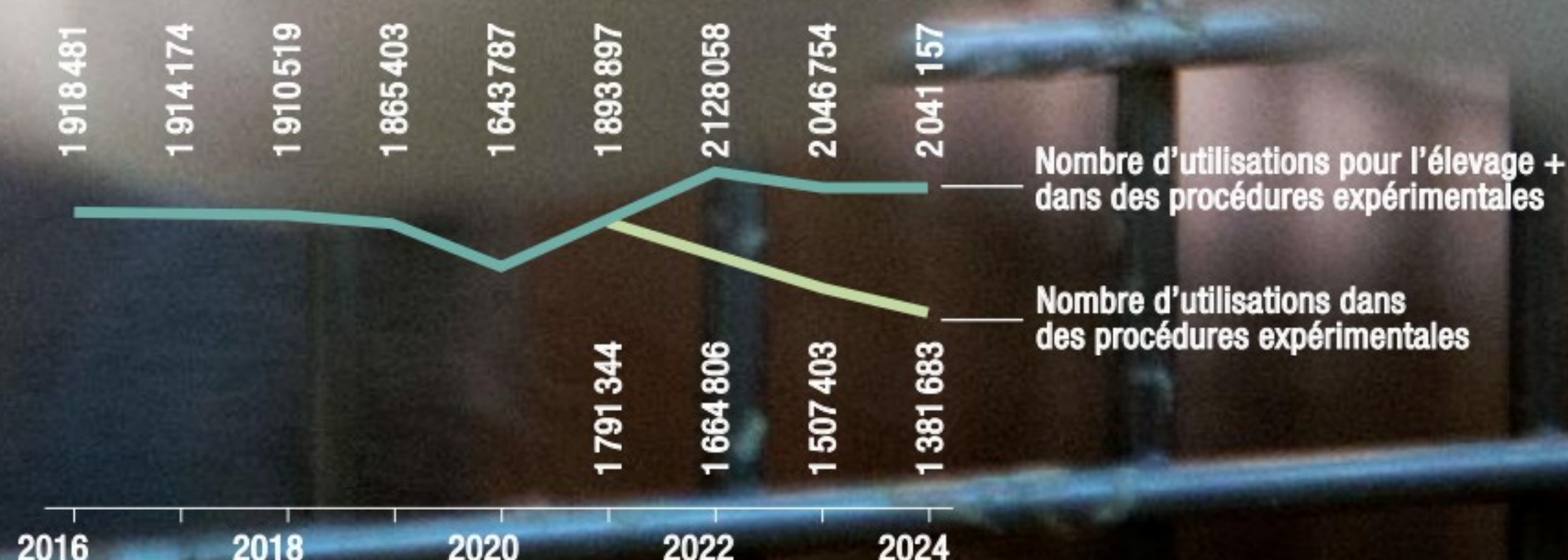
PAR YVES SCIAMA

Expérimentation animale

La communauté scientifique se divise

LE RECOURS AUX ANIMAUX DIMINUE PEU

Depuis 2021, les animaux issus d'élevages génétiquement modifiés sont inclus dans le décompte des individus utilisés à des fins scientifiques, ce qui a mécaniquement augmenté leur nombre total. En revanche, le nombre de ceux directement soumis à des procédures expérimentales est en baisse.



1947

Le code de Nuremberg, premier texte international de bioéthique, stipule que toute expérience sur l'humain doit être précédée et validée par des résultats obtenus sur les animaux.

2006

Le règlement européen Reach sur le test des substances chimiques potentiellement dangereuses impose des tests de toxicité sur les animaux mais recommande les "3R".

2010

L'Union européenne interdit l'expérimentation sur les grands singes, pour laquelle un moratoire existait déjà depuis 2000.

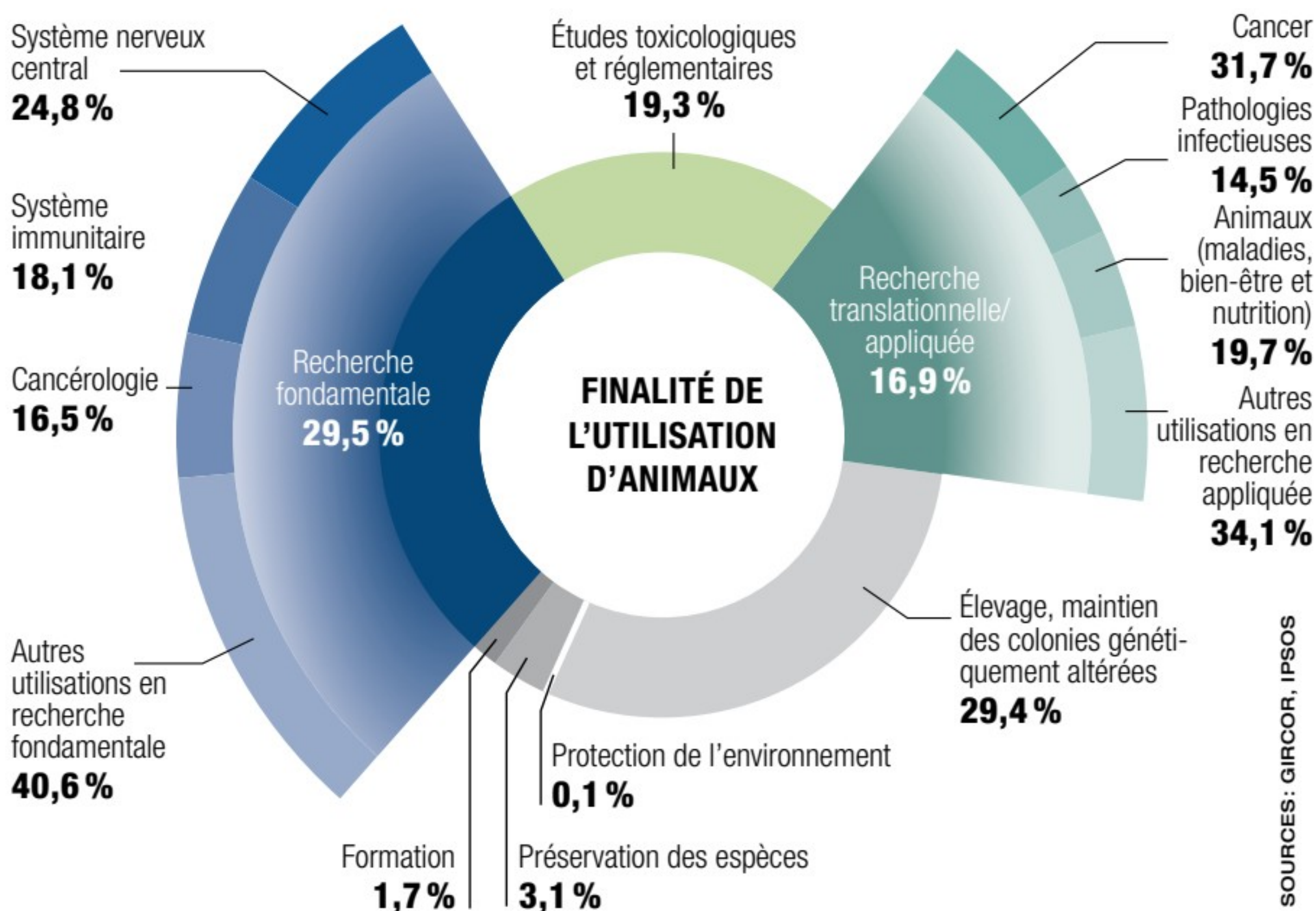
L'expérimentation animale reste largement pratiquée

La tension est palpable. En 2025, le comité d'éthique du CNRS (Comets), saisi par l'institution, produit pour la première fois un rapport sur les pratiques actuelles de l'expérimentation animale. Le rendu est plutôt critique, il souligne que *"transparence, justification [du bien-fondé des expériences] et recherche d'alternatives s'avèrent essentielles"*, écrit sa présidente, la juriste Christine Noiville.

Quelques mois auparavant, un amendement visant à taxer chaque utilisation d'animal de laboratoire avait été proposé dans le cadre du projet de loi de finances 2026 à l'Assemblée nationale. Suscitant l'ire de nombreux biologistes, qui redoutent une explosion des coûts de leurs recherches et s'offusquent de l'irruption dans le débat de députés sans expertise scientifique : ils protestent via une tribune signée par 2 700 chercheurs, affirmant que l'expérimentation animale restait indispensable. Et voilà qu'en avril dernier, nouvelle tribune ! 170 scientifiques dénoncent,

Les animaux servent dans une grande variété d'études

C'est la recherche fondamentale qui utilise le plus grand nombre d'animaux ainsi que l'élevage des lignées génétiquement modifiées.



dans un texte publié dans un grand quotidien du soir, le projet d'agrandissement du Centre national de primatologie (CNP) du Rousset, près de Marseille. Un investissement de 30 millions d'euros en vue d'augmenter de 300 à 1 800 le nombre de singes destinés à l'expérimentation. Le débat, autrefois feutré et circonscrit aux cénacles scientifiques, est

sur la place publique. Et il promet de durer.

Car les arguments pour ou contre l'expérimentation animale font sens. Pour les partisans, impossible de s'en passer, notamment lorsqu'il s'agit d'évaluer la toxicité de substances, de médicaments ou de vaccins, ou encore de mieux comprendre des maladies invalidantes. Leurs opposants dénoncent une pra-

tique à la fois contraire à l'éthique, puisqu'elle provoque de la souffrance, et d'une efficacité limitée, les résultats obtenus chez l'animal n'étant pas toujours transposables à l'humain. Ils regrettent également le manque d'investissements consacrés aux méthodes alternatives. Enfin, nombre d'interlocuteurs ont une position intermédiaire,

FÉVRIER
2013

En France, la réglementation est définie par le décret n°2013-118, qui prévoit notamment un régime de contrôle et la création de Comités d'éthique en expérimentation animale (CEEAA).

JUILLET
2013

L'Union européenne interdit toute expérimentation animale pour les produits cosmétiques.

2022

La loi américaine autorise à se passer d'animaux dans les tests de médicaments "à condition de démontrer que le niveau de sécurité est équivalent".

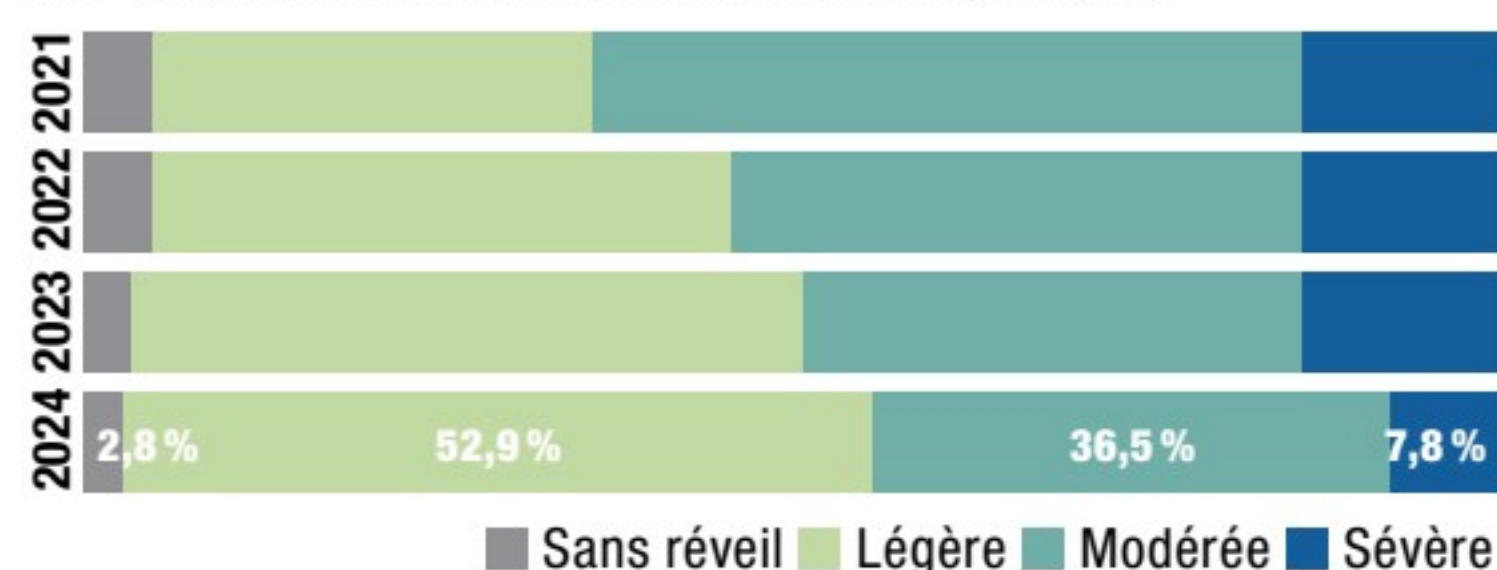
Ce sont principalement des mammifères

Parmi les espèces utilisées, la souris arrive très largement en tête. Les invertébrés, comme les insectes, ne sont pas comptabilisés dans les statistiques, à l'exception des céphalopodes.



Leur souffrance est mieux prise en compte

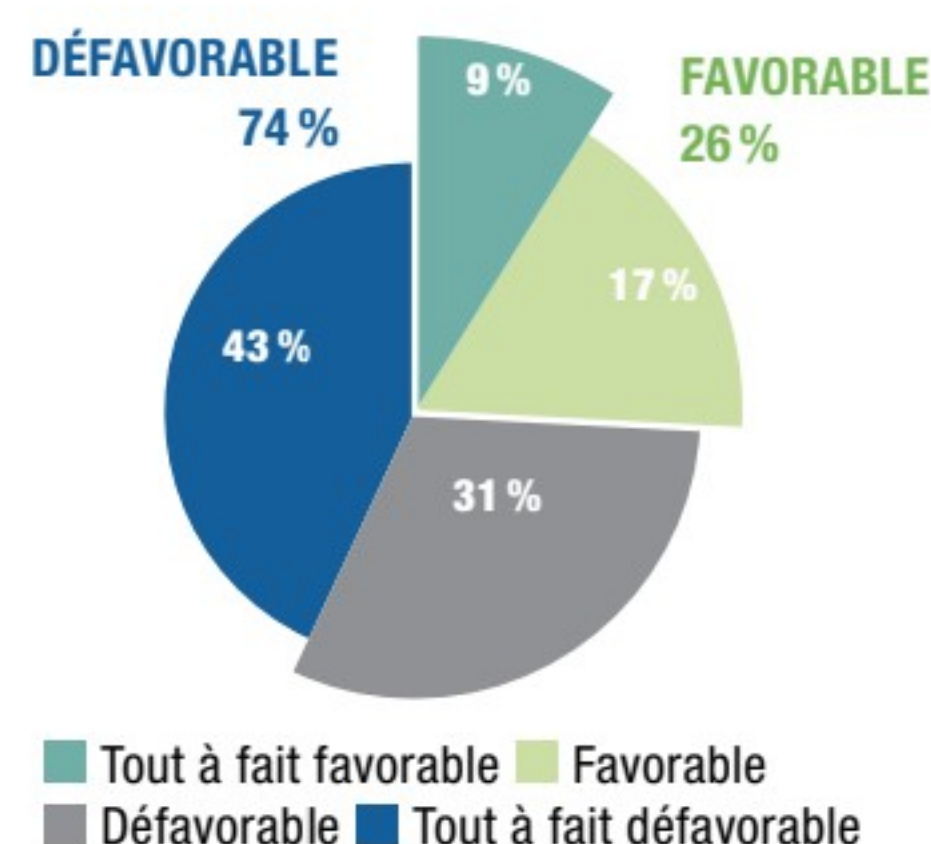
Le nombre de procédures expérimentales entraînant des souffrances sévères ou modérées diminue.



Les trois quarts des Français sont défavorables à l'expérimentation animale

0,8%

C'est le taux de réutilisation des animaux, parmi ceux qui ont subi des procédures légères et modérées.



jugeant acceptables des procédures plus ou moins invasives.

OPINION PUBLIQUE

Comment se fait-il que la communauté scientifique, autrefois unanime sur le sujet, se soit fracturée? D'abord, l'opinion publique est de plus en plus soucieuse du bien-être animal. Même Ivan Balansard, vétérinaire

au CNRS et président du Gircor, une association de laboratoires publics et privés généralement considérée comme le lobby de l'expérimentation animale, confirme: "Nos propres enquêtes le montrent! En 2025, 67% des Français estimaient que les politiques défendent mal les animaux, soit 9% de plus qu'en 2022. Et 77% sont

favorables à la création d'un statut juridique de 'personne non-humaine', ce qui implique que ces derniers ne pourraient être possédés ou vendus..."

Cause ou conséquence, les associations animalistes, de plus en plus nombreuses et actives, montent en puissance. Certaines sont consacrées aux questions scientifiques, à l'instar de Tran-

science, d'autres sont plus généralistes comme L214, qui revendique, en 2025, des revenus à hauteur de 12 millions d'euros et une centaine de salariés. Des partis animalistes sont également apparus, notamment en France, tandis que des politiques de tous bords ont commencé à questionner l'expérimentation animale. L'évolution →

des mentalités se traduit même sur le plan universitaire. *“Dans les sciences sociales, notamment des disciplines comme la philosophie morale ou encore la bioéthique, le rejet du spécisme [qui affirme la légitimité de la suprématie humaine sur les autres animaux] est devenu dominant”,* estime Nicolas Marty, qui a créé l’Observatoire de l’expérimentation animale (OXA).

Le militant animaliste appelle les institutions scientifiques à associer davantage les sciences humaines et sociales pour évaluer le bien-fondé des recherches, au lieu de s’en remettre aux seuls biologistes. Un point de vue qui hérisse Vincent Villette, biologiste à l’École normale supérieure (ENS), selon qui *“on ne peut pas comprendre, corriger, et éventuellement interdire un protocole donné si on n’est pas biologiste”*.

SENSIBILITÉ ANIMALE

Reste que ce renversement des valeurs n’est pas une lubie sociétale : il découle de la mise en évidence, ces dernières décennies, de l’étendue des capacités cognitives et de la sensibilité des animaux. Initiés dès les années 1980 par des éthologues pionniers comme la Britannique Jane Goodall ou le Néerlandais Frans de Waal, qui travaillaient souvent avec des chimpanzés et

des gorilles, et poursuivis par des centaines d’autres chercheurs, ces travaux ont abouti à un moratoire puis à l’interdiction d’utiliser les grands singes non-humains (groupe comprenant les orang-outans, les gorilles, les chimpanzés, les bonobos et les gibbons) pour la recherche dans l’Union européenne dès 2010.

“Mais des travaux plus récents sur d’autres primates font état de capacités tout aussi impressionnantes, prévient Cédric Sueur, primatologue à l’université de Strasbourg. Les ouistitis font, par exemple, usage de sortes de prénoms qui distinguent les individus. Et l’on a par ailleurs documenté chez eux de multiples signes de stress associés à la captivité.”

Qu’on se le dise, ces constats pourraient s’appliquer à un grand nombre d’espèces, bien au-delà des mammifères. Au fil des études, les chercheurs ont découvert que les oiseaux, les céphalopodes et même les insectes sociaux s’avèrent capables d’apprendre les uns des autres, voire présentent des personnalités ! Avec le risque qu’un jour, objectiver une limite quant aux animaux sur lesquels l’expérimentation est éthiquement acceptable ou pas relève quasiment de l’impossible...

Aujourd’hui, nombre de chercheurs affrontent cette question avec prag-

On peut limiter le recours aux animaux...

... en appliquant la règle des 3R



“Réduire” le nombre d’animaux utilisés

Des méthodes statistiques plus fines permettent de déterminer au plus juste le nombre d’animaux nécessaires pour obtenir des résultats fiables. On peut aussi réemployer des individus pour plusieurs expériences, ou constituer des banques de tissus de ceux qui ont été euthanasiés.



“Remplacer” par un processus non-animal

Les essais évaluant l’effet pyrogène (qui provoque de la fièvre) d’une substance injectable chez le lapin sont en voie d’être remplacés par une méthode *in vitro* validée, fondée sur la réaction inflammatoire de monocytes cultivés en laboratoire.



“Raffiner” grâce à des méthodes moins invasives

Pour étudier le sommeil via des électrodes cérébrales, un mini-enregistreur placé sur le crâne évite, par exemple, de relier l’animal par ces câbles à l’appareil qui recueille les données. On peut aussi choisir un organisme jugé moins sentant (des drosophiles plutôt que des souris...).

matisme : ils tentent de trouver des critères de bon sens afin de définir quelles sont les expériences les plus tolérables. *“On ne peut pas mettre toutes les espèces sur le même plan, juge Virginie Courtier, biologiste, directrice de recherche au CNRS et membre du Comets. Expérimenter, comme je le fais, sur des espèces abondantes d’insectes, qui ont une nombreuse progéniture dont*

elles ne s’occupent pas, paraît évidemment préférable à tuer des singes ou des éléphants, qui ont peu de petits, dont ils prennent soin.”

Enfin, une dernière cause explique l’impopularité croissante de l’expérimentation animale : l’émergence d’alternatives, appelées méthodes non-animales (NAMs, en anglais). *“Apparues il y a moins de vingt ans, elles sont de plus en plus*

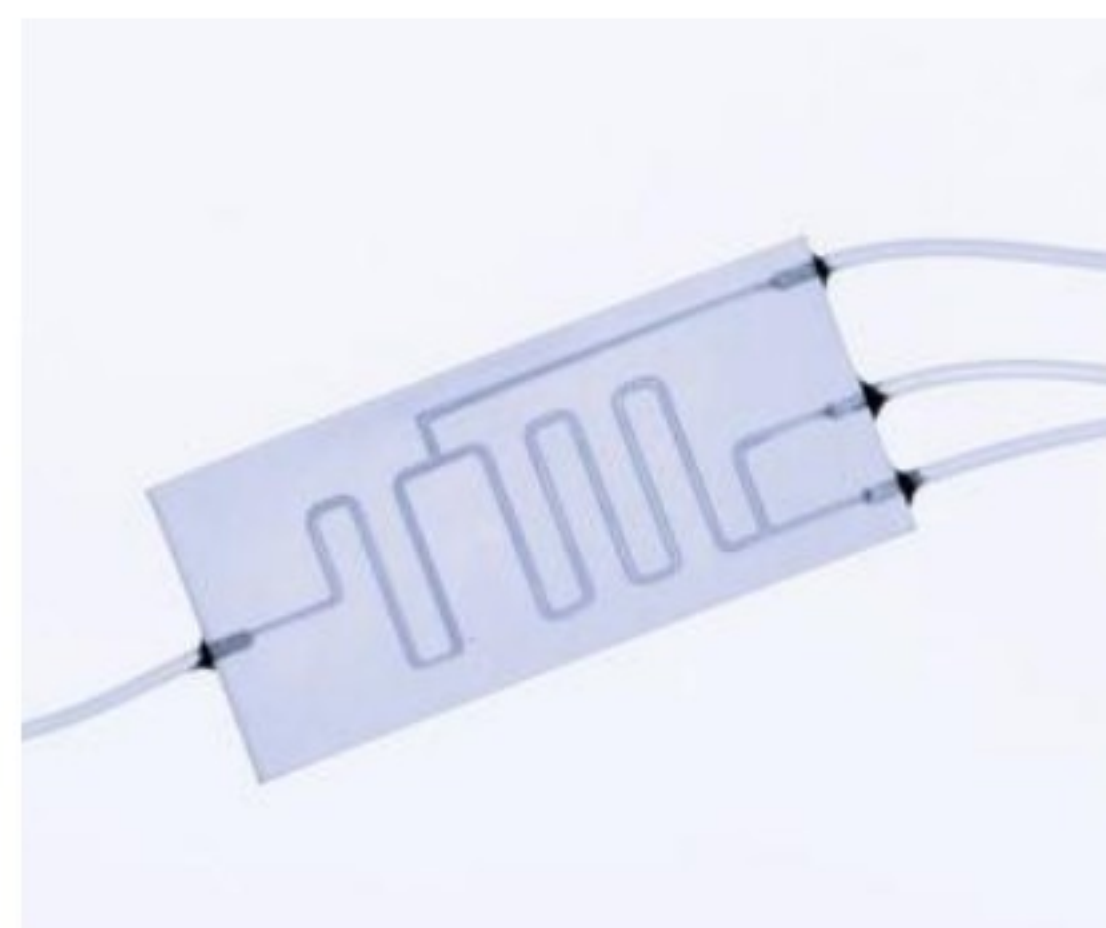
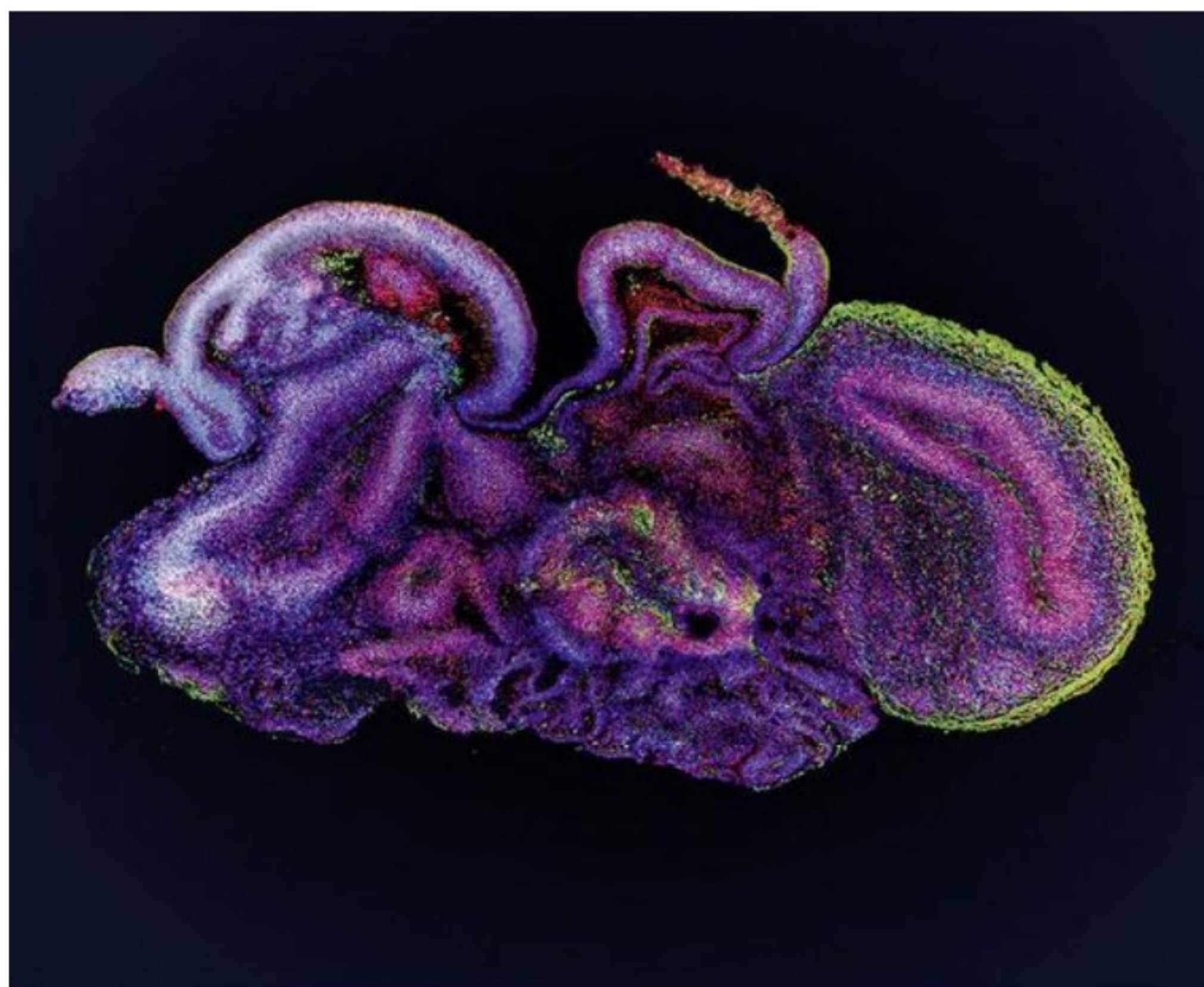
... en développant des organoïdes

✓ Ces cultures cellulaires en 3D reproduisant certaines fonctions d'un organe permettent d'étudier l'action d'une molécule. Mais, faute de vascularisation, elles restent très simplifiées. Les ensembloïdes, associant plusieurs organoïdes, offrent un modèle plus complexe, sans recréer fidèlement le vivant.



... en utilisant la bioinformatique

< La modélisation permet de prédire l'efficacité et la toxicité de molécules avant de les tester sur l'animal, tandis que l'IA accélère leur tri dans les banques de composés chimiques. À terme, les "jumeaux numériques" pourraient simuler un organisme entier, mais ils n'en sont qu'à leurs débuts.



... en utilisant des organes sur puce

^ Ils associent des organoïdes à une puce microfluidique parcourue de microcanaux. Les scientifiques s'efforcent ainsi de reproduire le fonctionnement des organes, notamment leur dynamique (battements cardiaques, respiration...) et la circulation de certains fluides.

nombreuses, souligne Ivan Balansard. On peut citer les organoïdes, des amas de cellules organisés en trois dimensions, qui peuvent à leur tour être assemblés pour former des ensembloïdes ou des embryoïdes, afin de se rapprocher du fonctionnement d'un organisme complet. Mais aussi les organes sur puce, ainsi que les jumeaux numériques et toutes les méthodes qui s'appuient

sur l'IA." Sauf que si ces nouvelles méthodes suscitent beaucoup d'espoirs, nous ne savons pas dans quelle mesure elles peuvent réellement remplacer l'animal.

EFFICACITÉ EN QUESTION

Comparer l'efficacité des deux process est un exercice très technique, tant les usages sont variés – tests d'efficacité de médicaments, de toxicité de vaccins, recherche fon-

damentale... D'ailleurs, la transférabilité à l'être humain des résultats obtenus chez l'animal est loin d'être parfaite, même si les chiffres font débat. Ainsi, seulement 5 % des molécules testées favorablement sur des animaux finissent par aboutir à un médicament – une souris, même génétiquement modifiée, restant très éloignée d'un humain !

Bref, il y a encore loin avant que les NAMs,

dont la fiabilité n'est pas parfaite non plus, remplacent l'expérimentation animale. "Elles peuvent plutôt la compléter, la retarder et la réduire", précise Ivan Balansard. Comme la plupart des institutions scientifiques ainsi que l'Union européenne, le Gircor est partisan d'en sortir "dès que des alternatives scientifiques crédibles existeront" – un bémol non négligeable. "C'est →

la direction vers laquelle il faut tendre, mais nous sommes loin d'y être", résume-t-il.

En attendant, le Gircor préconise l'approche des "3R" (voir modules pages précédentes): "réduire" le nombre d'animaux utilisés; "remplacer", par d'autres méthodes quand elles sont disponibles, ou par des espèces moins sentientes (capables de ressentir la douleur, des émotions...), par exemple des souris à la place des primates; "raffiner", soit mettre en place des procédures moins invasives et moins pénibles.

IMPORTANCE DISCUTABLE

Sauf que cette stratégie semble avoir un impact très limité: le nombre d'individus utilisés ne baisse pas sensiblement à l'échelon national, malgré le développement des NAMs. Surtout, certaines recherches à l'importance discutable continuent d'y avoir recours. "Avant de me pencher sur la question, je pensais naïvement

que les primates utilisés en France l'étaient pour sauver des vies humaines, combattre des maladies graves, s'indigne Virginie Courtier. C'est parfois le cas, mais il y a aussi des recherches très fondamentales, où des primates sont tués pour répondre à des questions telles que 'comment le cerveau a évolué'."

La biologiste préconise ainsi de rajouter un quatrième "R": "renoncer", dans le cas de recherches qui ne sont pas strictement indispensables. La question d'un tel changement fait débat: même dans le cas d'un produit anodin, le risque zéro sur la sécurité humaine n'existe pas. Lorsque l'utilisation d'animaux a été interdite en R&D cosmétique il y a dix ans, par exemple, "il y a peut-être eu une petite prise de risque pour la santé humaine, pointe Ivan Balansard. Mais il n'a pas prêté à conséquence."

Reste donc à déterminer ce qui relève d'une



VIRGINIE COURTIER

Biologiste, directrice de recherche CNRS, membre du Comets

Insectes abondants à la nombreuse progéniture ou animaux ayant peu de petits, on ne peut pas les mettre sur le même plan

démarche "strictement indispensable". Pour certains, comme Vincent Villette, "il est impossible de savoir à l'avance quelles recherches fondamentales bénéficieront un jour aux patients. Par conséquent, tous les modèles animaux doivent rester disponibles". À l'opposé, Cédric Sueur estime que même la promesse de "sauver des enfants" ne suffit pas à justifier certaines expérimentations. "On s'interdit de mener des expériences sur les humains pour des raisons éthiques, y compris si cela devait sauver des vies, estime-t-il. On pourrait adopter le même principe, au moins pour les primates. Il faut s'ef-

forcer d'obtenir un résultat identique par d'autres chemins scientifiques, c'est tout."

RÉDUIRE LA SOUFFRANCE

Avant, il sera nécessaire de se dépêtrer de cette ambiance à couteaux tirés... "Nous ne sommes pas débiles, il n'y a pas besoin de nous expliquer que nos animaux sont sentients, s'agace Vincent Villette, qui travaille essentiellement avec des souris. 99,9 % des biologistes sont comme moi, ils aiment leurs animaux et font tout pour réduire leurs souffrances."

"L'expérimentation animale ne sera pas interdite demain – même si ce serait souhaitable, reconnaît de son côté Nicolas Marty. En attendant, il faut travailler sur ce qui existe et tenter de faire le moins de mal possible: entre un laboratoire qui n'est jamais inspecté et qui fait n'importe quoi, et un laboratoire transparent qui suit des règles réduisant la souffrance des animaux, pour moi, il n'y a pas photo." Voilà qui ressemble à un terrain d'entente, non ?

Des milliers de "retraités" des labos

Seule une petite partie des animaux de labo prennent une "retraite": 99 % des souris ou des lapins sont mis à mort à l'issue de leur utilisation – de manière indolore, généralement par surdosage d'anesthésique. Certains connaissent pourtant une nouvelle vie, en particulier grâce à une association, le Groupement de réflexion et d'action pour l'animal (Graal), qui a permis, depuis sa création en 1997, de réhabiliter environ 8 000 animaux, malgré le manque de moyens. Ces "retraités" sont placés dans des familles d'accueil ou recueillis par des centres spécialisés, voire des parcs animaliers. Sans surprise, c'est pour les rongeurs, les chiens et les chats qu'il est le plus facile de trouver des accueillants, les chevaux posant des problèmes plus complexes, pour ne rien dire des primates !

Le MuAM vous invite à une soirée festive pour la Nuit de la Science 2026, seul ou entre amis au cœur de ses collections.

Vendredi 2 octobre 2026
19h à minuit • Gratuit

De nombreuses **animations** ponctueront cette soirée : des **mini-conférences** pour échanger avec les scientifiques autour de sujets tels que la radioactivité de nos aliments ou l'agriculture durable ; des **quiz et défis sur scène** pour tester vos connaissances et tenter de remporter des cadeaux ; sans oublier des démonstrations mêlant cuisine et science, où des **duo cuisiniers-chercheurs** vous dévoileront par exemple les phénomènes scientifiques qui se cachent derrière des ingrédients comme les piments ou les insectes.

Chercheurs et scientifiques vous accueilleront également sur leurs **stands** pour partager, à travers des animations ludiques et interactives, les thématiques qui rythment leur quotidien.

Une occasion de voir que la science et la technique sont partout ! Vous pourrez tester, manipuler et expérimenter par vous-même, tout en vous amusant.

* saveurs
** savantes

2 → 12 octobre

**fête de la
Science**

Tous les RDV près
de chez vous sur
fetedelascience.fr

#FDS2026



> **Rendez-vous tout le week-end au Musée des Arts et Métiers à Paris**
Animations gratuites de 10h à 18h, le samedi 3 et le dimanche 4 octobre 2026

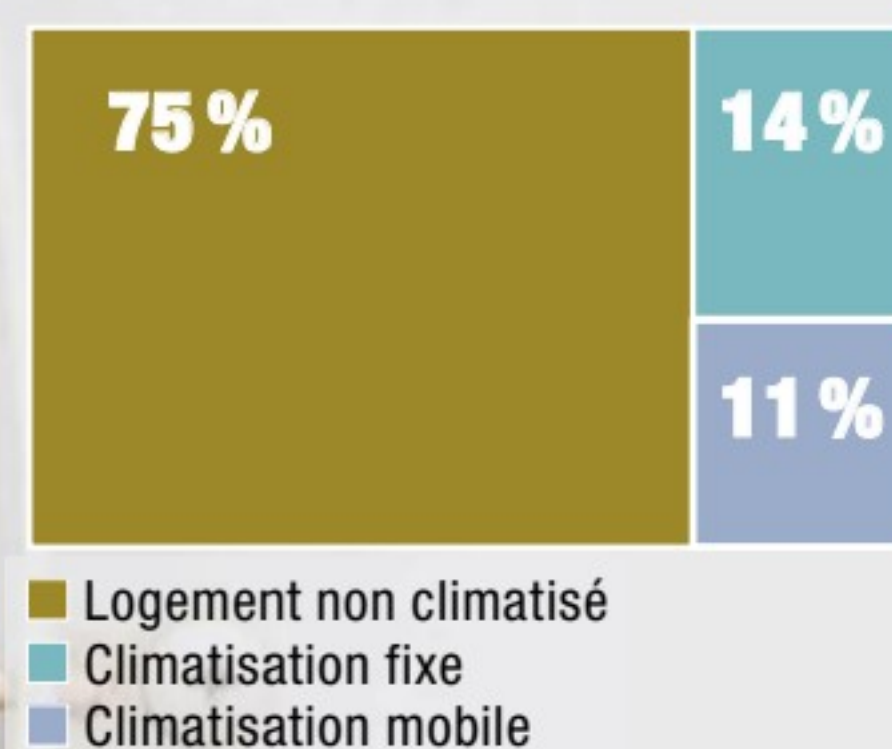
Les clés pour comprendre le boom de la climatisation

La multiplication des épisodes caniculaires depuis quelques années, et notamment lors de l'été 2026, a accéléré la demande en équipements de climatisation dans notre pays. Où en est-on à ce jour ?

PAR **KHEIRA BETTAYEB**

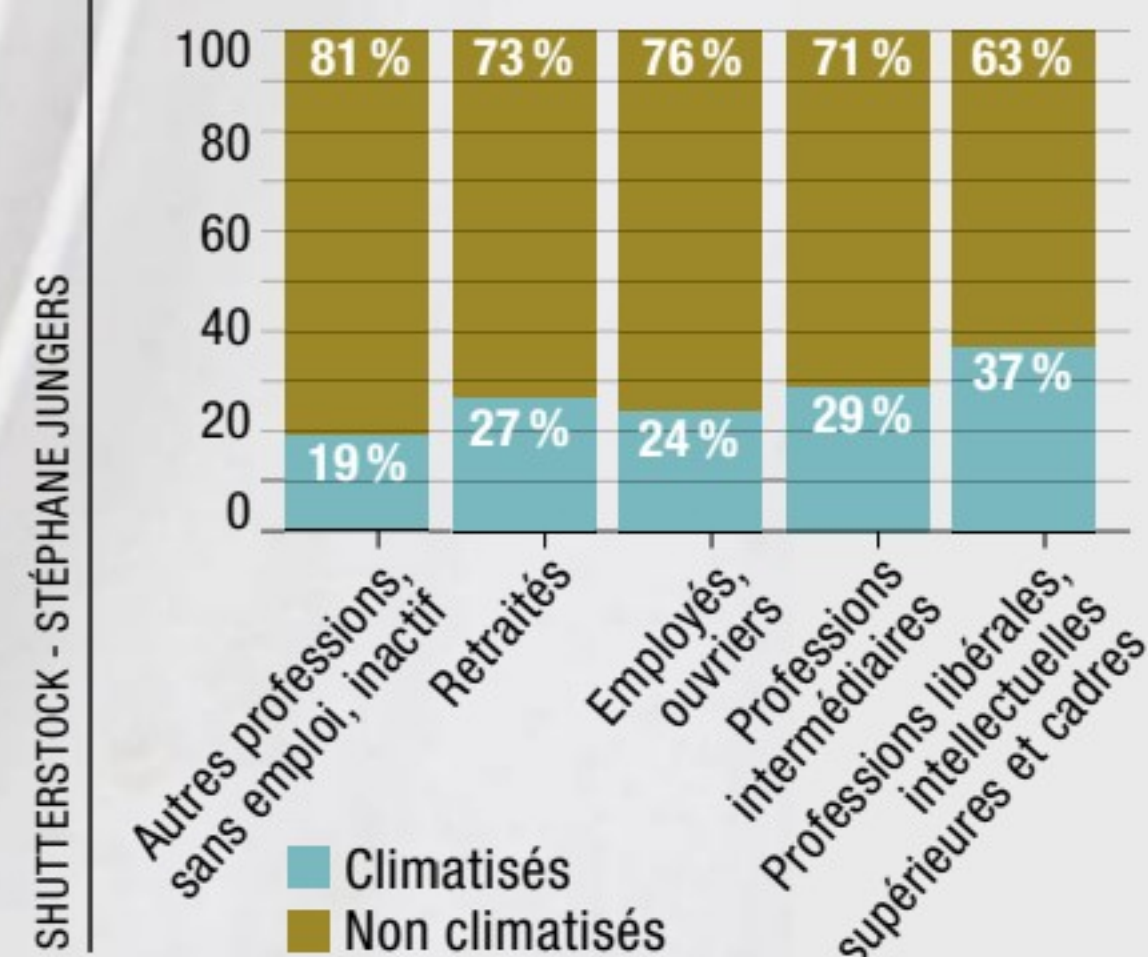
1 De plus en plus de Français franchissent le pas...

Entre 2016 et 2026, la part de foyers équipés est passée de 16 % à 25 %. Elle atteint 31 % chez les propriétaires de maison, contre 20 % chez les ménages vivant en appartement.



2 ... surtout les plus aisés

Les logements des catégories socioprofessionnelles supérieures sont les plus climatisés.

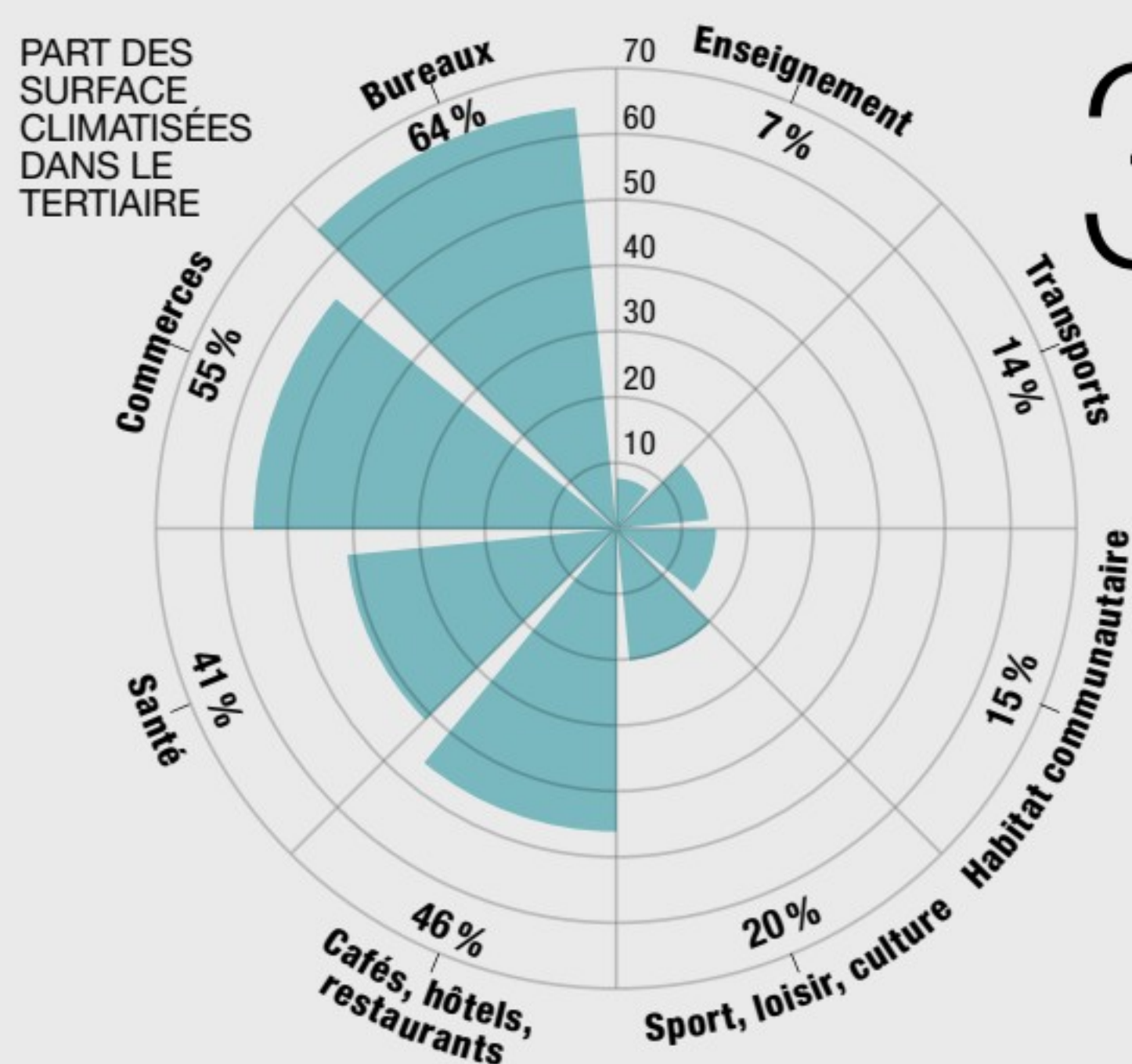


SHUTTERSTOCK - STÉPHANE JUNGERS

Longtemps la climatisation a eu mauvaise réputation dans notre pays: encore en 2021, 58 % des Français assumeraient préférer souffrir de la chaleur plutôt que d'installer un climatiseur, afin de protéger l'environnement, et 48 % considéraient que les climatiseurs devraient être interdits du fait de leur impact sur l'environnement, selon un sondage OpinionWay. Mais face à des vagues de chaleur de plus en plus précoces, longues et sévères, cette technologie apparaît désormais

comme une nécessité dans plusieurs régions. Résultat, de nombreux Français s'équipent, même parmi ceux longtemps réfractaires en raison de convictions écologiques. Or, si la climatisation soulage lors des épisodes de chaleur, elle présente plusieurs risques, notamment environnementaux.

"Il faut absolument avoir une utilisation raisonnée de cette technologie. Elle doit rester une solution d'urgence et non devenir automatique", insiste Karine Laaidi, épidémiologiste à la direction Santé environnement travail, à Santé publique France.



3 Certains lieux publics sont encore sous-équipés

Le manque de climatisation dans les écoles a mené certaines à fermer lors de l'intense canicule de juin 2026. Et une polémique a enflé sur la non-climatisation de beaucoup d'hôpitaux, qui reçoivent des gens fragiles.



C'est la proportion des Français qui souhaitent sa généralisation dans les lieux publics, selon un sondage Odoxa.



10 000 écoles, crèches et centres de loisirs devraient bientôt être équipés.



33 000 climatiseurs mobiles ont été livrés à des hôpitaux et Ehpad en juillet 2026.

4 Sa généralisation sera très polluante

Le problème n'est pas tant l'électricité consommée, largement décarbonée en France, que les gaz réfrigérants utilisés, de puissants gaz à effet de serre qui peuvent s'échapper dans l'air. De plus, l'air chaud rejeté peut accentuer les effets d'îlots de chaleur.

FABRICATION

Les fuites de gaz lors de la production des climatiseurs émettraient 85 906 t d'équivalent CO₂ par an.

FIN DE VIE

1 446 206 t d'équivalent CO₂ seraient rejetées quand les appareils ne sont pas recyclés correctement.

UTILISATION

Celles émises en cours de vie représenteraient 1 931 018 t d'équivalent CO₂.

5 Il existe des alternatives pour s'en passer le plus possible



Concentrer les activités sociales (école, travail...) le matin.

Ombrager les habitats avec des végétaux et des voiles.



Installer des brasseurs d'air au plafond, plus écologiques.

Fermer les volets quand le soleil tape et aérer la nuit.



Isoler les toitures contre la chaleur avec des matériaux adaptés.

SOURCES: HELLO WATT - ADEME - ODOXA - EDF - MINISTÈRE DE LA SANTÉ

L'étrange affaire... du champignon qui n'est pas censé faire délirer



Rappel des faits

En Chine, un champignon du Yunnan provoque d'étranges visions s'il est mangé cru ou mal cuit. Il ne contient pourtant aucun hallucinogène connu.

Chaque été, c'est le même scénario à l'hôpital universitaire de la province du Yunnan, au sud de la Chine : des centaines de personnes s'y présentent et déclarent avoir d'étranges hallucinations de petits lutins colorés qui se glissent sous les portes, grimpent aux murs et nagent dans leur soupe. Le point commun entre tous ces individus ? Ils ont consommé un champignon, le *Lanmaoa asiatica*.

Ce bolet qui prend des teintes bleutées quand on le tient dans la main est très apprécié des locaux pour sa saveur umami. Mais il faut le manger bien cuit sans quoi des hallucinations peuvent survenir. Problème : un champignon hallucinogène qui ne provoque qu'un seul

type d'hallucination, c'est du jamais vu. En plus, il ne semble pas contenir de psychotrope connu ! Des champignons hallucinogènes, il en existe de toutes sortes. On en recense plus de 200 espèces, dont l'effet psychédélique est lié à diverses molécules psycho-



^ Mal cuit, *Lanmaoa asiatica* fait voir des lutins partout !

tropes – psilocybine, psilocine, acide iboténique, etc. Aucune de ces molécules n'a pourtant été détectée chez *L. asiatica*. C'est en tout cas ce qu'a montré Colin Domnauer, mycologue à l'université améri-

caine de l'Utah, après avoir séquencé le génome du bolet asiatique... Comment un champignon non hallucinogène peut-il provoquer des hallucinations ?

Le chercheur a avancé une première hypothèse : les victimes auraient pu synthétiser les molécules

tiennes" sont un phénomène médical connu qui peut avoir une origine psychiatrique. "Elles se manifestent souvent dans des cas de psychoses qui ne sont pas liées à des substances", indique Jan Dirk Blom, psychiatre à l'université de Leyde, aux Pays-Bas.

LES SOURIS DÉBLOQUENT

Sauf qu'en Chine, la majorité des hallucinations surviennent l'été, quand pousse *L. asiatica*. Le fait que des centaines de personnes d'une même région aient toutes des troubles psychotiques en même temps serait une incroyable coïncidence. Surtout, Colin Domnauer a testé le champignon sur

En bref



15,9 millions

C'est, en tonnes, la quantité de métaux rares recensés dans le gisement norvégien de Fensfeltet, selon le quotidien *Politiken*, ce qui en fait l'un des plus vastes au monde. Ces terres rares sont enfouies à plus de 500 m de profondeur dans un ancien volcan vieux de 580 millions d'années. **A.O.**

7,8 %

C'est la proportion de personnes ayant souffert de la faim en 2025, selon le rapport annuel de la FAO, *L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde*. Si ce chiffre est en baisse (8,6 % en 2022, 8,1 % en 2024), d'importantes inégalités régionales persistent. **A.O.**

des souris, qui sont toutes devenues hyperactives avant de tomber en pleine torpeur. Preuve que ce bolet agit sur le cerveau.

Le mycologue a alors avancé une dernière hypothèse: *L. asiatica* contiendrait un psychotrope inconnu. Une idée d'autant plus pertinente qu'il a récemment entendu parler d'un champignon ressemblant au bolet asiatique qui pousse sur le sol américain. Comme il n'est jamais consommé – sa chair bleuissante rebute les cueilleurs –, personne ne sait s'il produit ce type d'hallucination. Le chercheur compte désormais vérifier que c'est bien le cas. Il va séquencer son génome pour le comparer à celui de *L. asiatica*, en quête d'un gène commun aux deux espèces qui pourrait trahir l'identité de la molécule recherchée. **Olivier Donnars**

COLIN DOMNAUER - ILLUSTRATION TONWEN JONES/COLAGENE - SHUTTERSTOCK



Non, les peptides vendus sur internet ne font pas des miracles

Sur les réseaux, des influenceurs vantent les prétendues vertus des peptides – de petits bouts de protéines obtenus chimiquement – vendus sur internet souvent sous forme injectable. Certains permettraient d'avoir une peau éclatante, d'autres d'obtenir des muscles saillants ou encore de maigrir en un temps record. Sauf que... ce sont des produits frauduleux: non seulement ils n'ont pas été évalués par les autorités de santé européennes, mais en plus il n'existe aucune preuve de leur efficacité.

Des études ont bien été réalisées, mais leur nombre est limité. "À ma connaissance, il n'y en a que deux qui portent sur le BPC-157 [un peptide pour faciliter la récupération après une blessure,

ndlr]", explique Fabrice Joulia, chercheur à l'université de Toulon. Si elles concluent à un effet positif, elles ne sont pas robustes pour autant. "L'une a été menée sur 2 patients et l'autre sur 12, et sans groupe contrôle... Or les études sérieuses d'évaluation des médicaments doivent inclure plusieurs centaines de participants", confirme le chercheur. Plus grave, selon l'ANSM, ces produits pourraient faire courir des risques importants à leurs utilisateurs: "Certains adjuvants sont dangereux", pointe le chercheur. Avec comme conséquences des vomissements, une atteinte du foie ou encore une réaction allergique sévère potentiellement mortelle... Bref, fuyez!

Kheira Bettayeb



260

C'est le nombre de satellites Starlink désorbités par SpaceX en 6 mois, et qui ont brûlé dans l'atmosphère. Cette pratique s'inscrit dans la gestion du renouvellement des appareils en orbite, mais elle soulève le problème de son impact environnemental, sachant que 42 000 satellites tournent au-dessus de nos têtes.



240 000

C'est le supplément de bornes de recharge pour les voitures électriques, dont 60 000 "rapides", qui seront déployées d'ici à 2030, a annoncé Emmanuel Macron. Elles compléteront les 185 000 déjà en service pour dépasser l'objectif de 400 000 bornes disponibles au public fixé par le gouvernement.

Le jour où on a retrouvé des bidons radioactifs sous l'eau



NODSSUM CRUISE, CNRS, FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE,
IFREMER, MISO FACILITY/WHOI

Du 27 mai au 28 juin dernier, une équipe internationale de chercheurs a réalisé une vingtaine de plongées dans l'Atlantique à bord du *Nautille*, le sous-marin de la flotte océanographique française. Objectif : documenter le devenir de déchets radioactifs sciemment immergés à près de 5 000 m de fond entre les années 1950 et 1990.

PAR CORALIE HANCOK

1 | Pendant des décennies, l'océan a servi de poubelle nucléaire...

Dès le début de l'industrie nucléaire, dans les années 1950, la question de l'élimination des déchets s'est posée. Et la solution jugée la moins onéreuse et la plus sûre a été d'immerger les moins radioactifs (comme les vêtements de protection) dans les fosses océaniques ! *"On estimait que c'était assez profond pour empêcher tout contact avec les humains. Et si les fûts s'ouvraient, la pollution serait suffi-*

samment diluée, expose Patrick Chardon, du Laboratoire de physique de Clermont-Auvergne. *La pratique a depuis été interdite au niveau international par la convention de Londres de 1993."* Mais entre-temps, des centaines de milliers de tonnes de déchets radioactifs ont été larguées dans le monde. Le nord-est de l'Atlantique, où se situent les sites d'immersion européens, abriterait plus de 200 000 fûts.

2 | ...et on ne savait pas comment allaient évoluer ces déchets

Si les zones d'immersion étaient connues, on ne savait rien de la position précise de ces barils, faute de submersible capable d'aller à de telles profondeurs. À l'été 2025, les membres du projet Nodssum, porté par des instituts et universités français, ont mené la première campagne de cartographie d'un des sites européens, à environ 1 000 km au large de la Bretagne et à plus de 4 700 m de profondeur. En juin 2026, ils y sont revenus pour une seconde campagne : *"Cette fois, l'objectif était de s'approcher au plus près de certains fûts afin d'observer leur état de dégradation et d'effectuer des mesures de radioactivité"*, raconte Patrick Chardon, aussi coresponsable du projet Nodssum.

3 | Les barils présentent d'importantes dégradations...

"Si certains fûts sont en bon état, avec des inscriptions encore lisibles, beaucoup d'autres sont éventrés, avec leur contenu qui se déverse au sol. Quelques-uns ont même été dissous : leur enveloppe métallique a disparu et il ne reste que les vêtements et autres équipements contaminés", détaille Patrick Chardon. Les mesures réalisées ont confirmé la présence d'isotopes radioactifs caractéristiques de certains déchets nucléaires, comme du cobalt 60 et du césium 137. Des prélèvements d'eau et de sédiments ont également été réalisés afin d'étudier les mécanismes de dispersion et de transfert de la radioactivité dans l'océan profond. Les résultats seront publiés dans quelques mois.

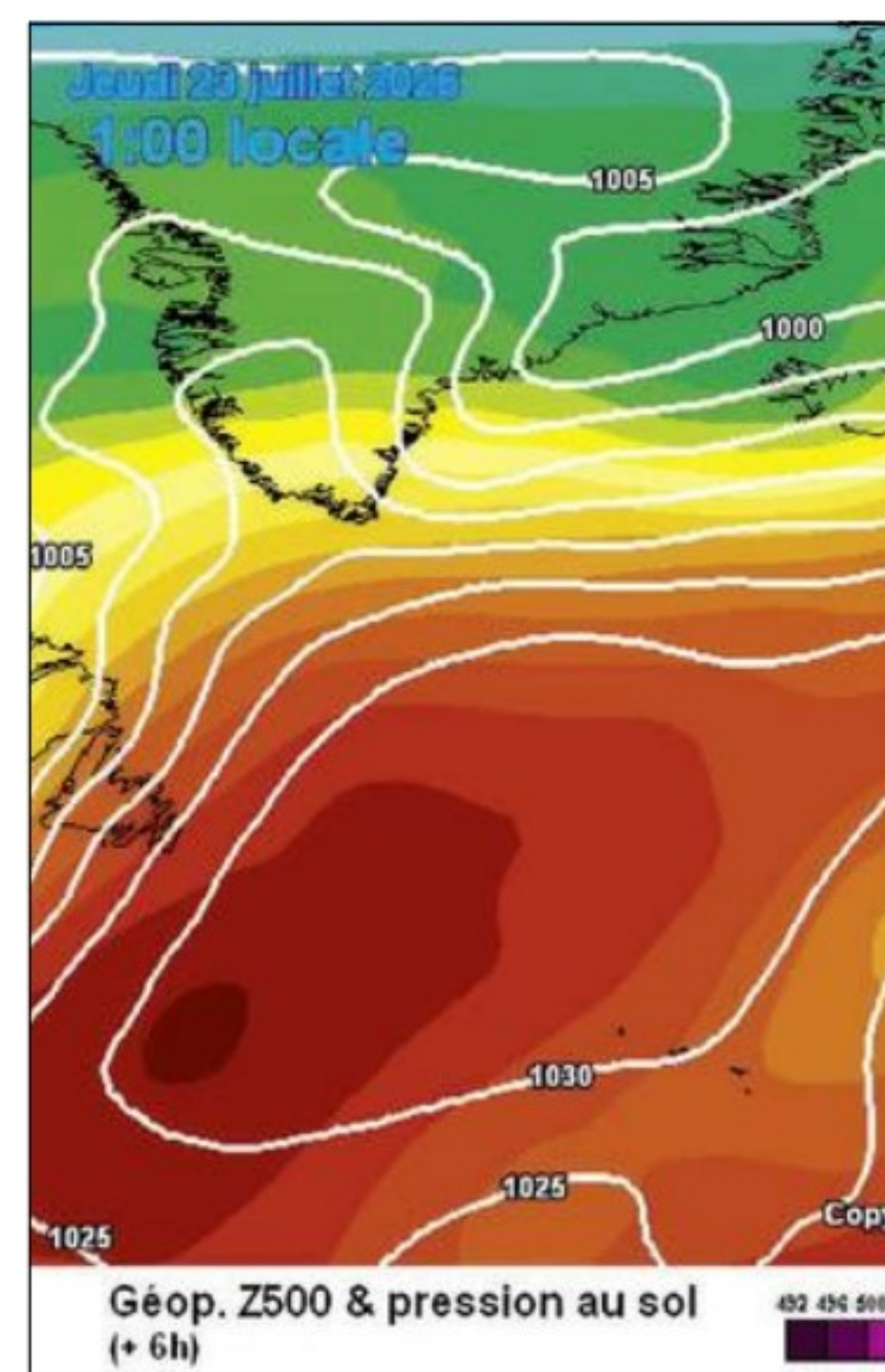
4 | ... mais les scientifiques restent plutôt confiants

"Nous savions que les déchets immergés sur ce site n'étaient pas hautement radioactifs. Mais nous avons été très surpris d'observer, à proximité immédiate, une grande biodiversité. Certains barils servent même de support à des anémones de mer", relate Patrick Chardon. Micro-organismes, concombres de mer et poissons pullulent également. Sont-ils néanmoins affectés par la radioactivité ? Ont-ils déve-

loppé des mécanismes de résistance ? Pour le savoir, les chercheurs ont prélevé certains de ces organismes afin de les étudier en laboratoire. Là aussi, il faudra patienter pour connaître les résultats. En attendant, aucun acte de dépollution des fonds marins n'a été prévu. Selon les premières conclusions des chercheurs, les barils ne semblent pas dangereux et les déplacer pourrait faire plus de mal que de bien.

Faut-il une loi pour contrer la désinformation climatique ?

C'était en novembre 2025, le philosophe Michel Onfray déclarait sur CNews que le réchauffement climatique était dû aux interactions entre les multivers. Devant ce cas flagrant de désinformation climatique, l'association QuotaClimat a saisi l'Arcom... qui a rejeté la demande le 1^{er} juillet dernier – l'association s'est depuis tournée vers le Conseil d'État. Ce n'est qu'un exemple parmi d'autres, les séquences de ce type ont fleuri sur les écrans cet été... Or elles participent à la désinformation du grand public sur des sujets sociétaux primordiaux. Faudrait-il légiférer, au risque d'entraver la liberté d'expression ? Deux spécialistes en débattent.



Science & Vie : De quelle manière le changement climatique fait-il l'objet de désinformation dans les médias français ?

Eva Morel : Si la séquence pour laquelle nous avons saisi le Conseil d'État est un exemple flagrant de désinformation, nous préférons, de façon générale, parler de "mésinformation" climatique. En effet, il n'est pas toujours question d'une intention de diffuser une fausse information ; il s'agit parfois d'erreurs liées à une méconnaissance du sujet. Reste qu'en 2025, notre association a recensé

665 cas de mésinformation climatique dans les médias audiovisuels français. Et ce sera pire pour 2026, puisque nous avons répertorié 62 cas rien que pendant la canicule de la fin mai. Le climatoscepticisme pur et le déni du changement climatique reculent, mais on dénombre beaucoup de fausses informations sur les solutions d'atténuation et d'adaptation à ce

changement, notamment à propos des énergies renouvelables, des voitures électriques, de la climatisation...

Laurent Cordonier :

Le problème est moins la désinformation que le manque d'informations de qualité. Plus d'un tiers des Français pensent que le changement climatique est autant dû à des causes naturelles qu'humaines. Cependant, une

étude que nous avons menée montre que plus les personnes s'informent par les médias traditionnels, plus leur niveau de connaissances climatiques est élevé. Les médias ont donc un effet positif, mais ils pourraient faire bien mieux.

S&V : Faut-il une loi pour contrer la mésinformation et améliorer la qualité de l'information ?

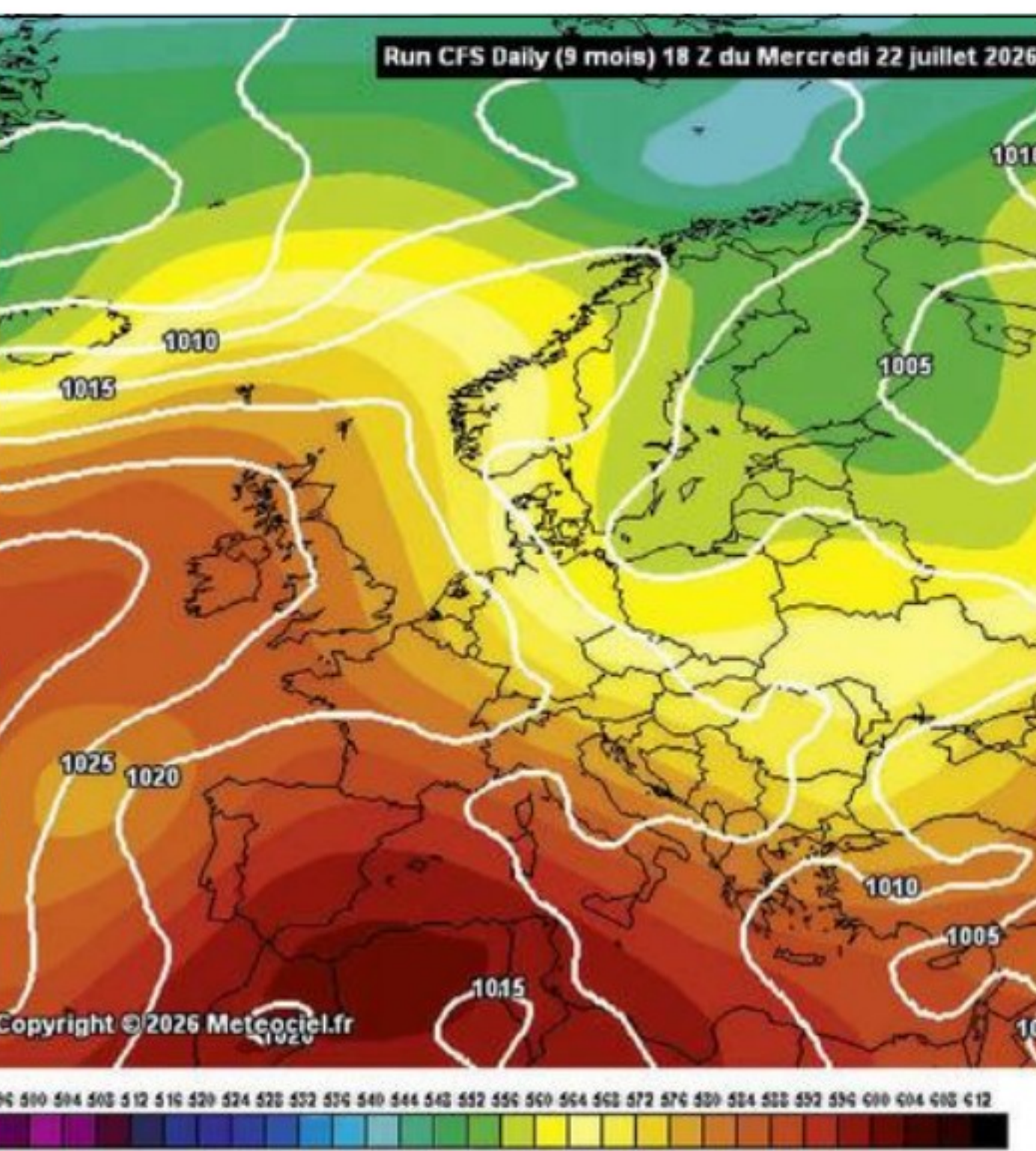
E.M. : C'est ce que nous souhaiterions. Une proposition de loi déposée en 2023 par le député PS Stéphane Delautrette allait dans ce sens : sou-

"L'État pourrait fixer des exigences aux médias publics, et les journalistes renforcer leur autorégulation, comme dans certains pays"

LAURENT CORDONIER

Le changement climatique ainsi que son origine anthropique ont beau faire consensus au sein de la communauté scientifique, la désinformation reste massive. Plus encore, elle jouit d'une grande visibilité : cet été, alors que s'enchaînaient les canicules, plusieurs médias français diffusaient de fausses informations, quand ils ne frôlaient pas le climatoscepticisme. Faudrait-il réagir ?

PAR **CORALIE HANCOK**



n'accroisse leur visibilité sans améliorer la qualité de leur traitement.

S&V : En l'absence de loi, que faire ?

L.C. : Sans intervenir sur la ligne éditoriale des médias privés, l'État pourrait fixer des exigences aux médias publics. Et les journalistes, par ailleurs, renforcer leur autorégulation. Dans certains pays, les conseils de déontologie sont habilités à prononcer des sanctions, contrairement au Conseil de déontologie journalistique et de médiation (CDJM) français, créé seulement en 2019. Enfin, les responsables politiques devraient davantage porter ces sujets dans le débat public.

E.M. : Il faudrait aussi mieux former les journalistes aux enjeux environnementaux, mieux signaler les éventuels conflits d'intérêts des personnes interviewées, et veiller à la configuration des plateaux télévisés. Cela, par exemple, en prévoyant systématiquement la présence d'un expert ou d'un journaliste spécialisé dans les questions environnementales, à même de contredire les affirmations inexacts des invités.

tenue par des députés de huit groupes parlementaires, elle n'a pourtant pas encore été examinée. Je le regrette, mais je tiens à préciser que, contrairement à ce qui a parfois été affirmé, elle ne visait pas à censurer des opinions ou à interdire d'antenne certains propos ou invités. L'objectif était de renforcer les prérogatives de l'Autorité de régulation de la communication audiovisuelle et numérique (Arcom) sur les questions environnementales, et de la doter d'outils permettant de remédier à l'enjeu du manque

“Sur les plateaux télévisés, il faudrait prévoir la présence d'un expert ou d'un journaliste spécialisé dans les questions environnementales”

EVA MOREL

d'informations environnementales dans les médias, en quantité et en qualité, notamment en période électorale. **L.C. :** De mon côté, je ne suis pas favorable à une telle loi, qui toucherait à la liberté éditoriale des médias. D'abord, parce que l'Arcom peut agir sans : elle a déjà sanctionné CNews dans un cas de désinformation climatique pour manquer à son obligation

d'honnêteté de l'information. Ensuite, parce que si le consensus est clair sur l'origine anthropique du dérèglement climatique, il l'est moins sur d'autres questions environnementales : l'Arcom risquerait d'avoir à apprécier elle-même l'état du consensus scientifique, ce qui n'est pas son rôle. Enfin, je crains que l'obligation de consacrer plus de temps d'antenne aux enjeux environnementaux

Sommes-nous tous en train de devenir végétariens ?

Cest une véritable révolution qui se trame dans les cuisines de France. Au fond des casseroles et des poêles, dans les fours et les assiettes, on trouve de moins en moins... de viande. Voyez plutôt : dans un sondage publié en avril dernier, plus d'un Français sur cinq (22 %) déclarait avoir un régime alimentaire à dominante végétale. Dans un autre, publié en février 2025, 29 % d'entre nous indiquaient avoir réduit leur consommation de viande au cours des trois dernières années, et envisageaient de poursuivre sur cette voie.

DAVI AUGUSTO/COLAGENE

Et ce n'est pas qu'un effet d'annonce : les ventes sont bel et bien en recul. Selon FranceAgri-

Mer, la consommation de viande de bœuf et de veau a chuté de près de 32 % entre 1990 et 2025, celle de mouton et de chèvre de plus de 58 % et celle de porc de plus de 10 %. À l'échelle de l'UE aussi, la consommation de bœuf et de veau est en diminution : elle est passée de 13,27 kg/an/habitant en 1990 à 9,24 kg/an/habitant en 2023.

AUX ÉTATS-UNIS AUSSI !

Car la France n'est pas la seule à réduire la part carnée dans son alimentation : Royaume-Uni, Canada, Australie, Suisse font de même... Tout comme les États-Unis : gros consommateurs de steaks, les Américains ne mangeaient plus "que" 24,7 kg de viande de bœuf et de veau en 2023, contre presque 30 kg en 1990. L'humanité serait-



elle en train de remplacer steaks saignants et autres jarrets par fruits, légumes et graines – demain, tous "healthy" ? Pas tout à fait. En premier lieu,

cette baisse s'observe uniquement dans les pays occidentaux qui, historiquement, sont de gros mangeurs de produits carnés. Dans les pays à faibles revenus, cette consommation est bien moindre, mais elle progresse. Si bien qu'à l'échelle mondiale, les projections de l'OCDE et la FAO prévoient une hausse de la consommation de viande par habitant de 3 % d'ici à 2034.

Par ailleurs, si le bœuf et, dans une moindre mesure,

22 %

C'est la proportion de Français qui considèrent avoir un régime alimentaire à dominante végétale,

dont 16 % de flexitariens, 5 % de végétariens et 1 % de végans.

29 %

C'est, en 2025, la proportion de Français qui déclarent avoir diminué leur consommation de viande

au cours des trois dernières années, et qui envisageaient de poursuivre cette baisse.

67

C'est, en kilos, la quantité moyenne de viande que chaque Européen a consommée en 2023.

SOURCES : SONDAGES OPINIONWAY ET TOLUNA-HARRIS, COMMISSION EUROPÉENNE

Selon un sondage publié en avril dernier, plus d'un Français sur cinq a une alimentation à dominante végétale. Si la tendance semble s'installer, elle touche davantage les classes favorisées. Celles-ci invoquent des raisons environnementales mais aussi de santé, la surconsommation de viande étant associée à des risques médicaux accrus.

PAR CORALIE HANCOK



le porc sont en perte de vitesse, la volaille, elle, est en progression : dans l'Union européenne, ses ventes ont presque doublé en 30 ans. Reste qu'en France, malgré cette hausse, la quantité totale de viande consommée a diminué de 8,2 % entre le pic de 1998 et 2025. Comment l'expliquer ? L'idée d'un véganisme ou végétarisme à la mode

faisant de plus en plus d'adeptes s'impose rapidement à l'esprit. Elle est erronée. *“Le végétarisme est une pratique relativement ancienne mais assez stable et marginale, qui concerne de 2 % à 5 % des Français selon les sondages,* indique Alexandra Hondemarck, sociologue à l'ENS-Université Paris Sciences et Lettres. *Et c'est encore moins pour les végans. Ce que l'on*

taires”, explique Philippe Cardon, sociologue de l'alimentation à l'université de Lille. Florent Quelier, spécialiste de l'histoire de l'alimentation à l'université d'Angers, confirme : *“Alors que, dans la société occidentale, manger de la viande à tous les repas a très longtemps été l'aspiration de tous et le privilège d'une minorité jusqu'aux Trente glorieuses, cet aliment a perdu son statut de ‘primat absolu’ à la fin du siècle dernier.”*

Son symbolisme sociétal s'est même inversé. Certes, selon le sondage de 2025, parmi les personnes ayant diminué leur consommation de viande, 52 % indiquaient l'avoir décidé *“pour faire des économies”*. *“Mais les données par catégorie socioprofessionnelle (CSP) montrent que cette baisse ne concerne pas les classes les moins favorisées socialement,* souligne Benjamin Allès, épidémiologiste de l'alimentation à l'Inrae. *Les personnes précaires ne mangent donc pas moins de viande : elles en consomment surtout de la moins chère, de moins bonne qualité ou transformée.”* Une ana- ➔

observe réellement, c'est une augmentation du nombre de personnes qui déclarent manger moins de viande.” Ce que l'on appelle les flexitariens.

ÉVOLUTION DES NORMES

Une nouvelle lubie ? Pas du tout. *“Même si ce concept est assez flou – la diminution de la consommation de viande est rarement quantifiée et très variable d'une personne à l'autre –, il est le révélateur d'une vraie tendance et, surtout, d'une modification des normes alimen-*

lyse partagée par Philippe Cardon : *“Le prix ne suffit pas à expliquer cette évolution, car à budget similaire, les ouvriers mangent plus de viande que les employés. D’ailleurs, le profil sociologique des flexitariens est bien établi : il s’agit majoritairement de personnes avec de bons revenus, diplômées et ayant un capital culturel important.”*

Autrement dit, alors que consommer de la viande a longtemps été réservé aux élites et constituait un marqueur de réussite sociale, c’est aujourd’hui plutôt l’inverse : c’est parmi les classes sociales les plus favorisées que l’on trouve des personnes qui choisissent d’en intégrer moins à leurs menus. Car on parle bien là de choix, alors que pendant des siècles, ne pas en manger était une contrainte.

Les causes du flexitarisme ne résident donc pas seulement dans le porte-monnaie. L’étude publiée en 2022 par l’équipe de Benjamin Allès à partir de la cohorte NutriNet-Santé – une vaste enquête scientifique

lancée en 2009 pour analyser les liens entre nutrition et santé – montre que plus de 90 % de ceux qui ont réduit la part de la viande dans leur alimentation l’ont fait pour des raisons liées à la santé.

UNE QUESTION DE SANTÉ

La consommation excessive de viande, en particulier rouge, est en effet associée à un risque accru de maladies cardiovasculaires, de cancers et de diabète. C’est pourquoi le Plan national nutrition santé (PNNS) recommande de ne pas dépasser 500 g de viande rouge par semaine. *“Les personnes ayant le plus diminué leur consommation se situent dans les quantités conseillées. Et même s’il est difficile d’affirmer qu’elles ont modifié leurs habitudes pour se conformer à ces préconisations, on sait que les CSP les plus élevées sont les plus réceptives au discours scientifique et médical”,* souligne Benjamin Allès. *“Au-delà de ces recommandations nutritionnelles, plusieurs scandales sanitaires – crise*

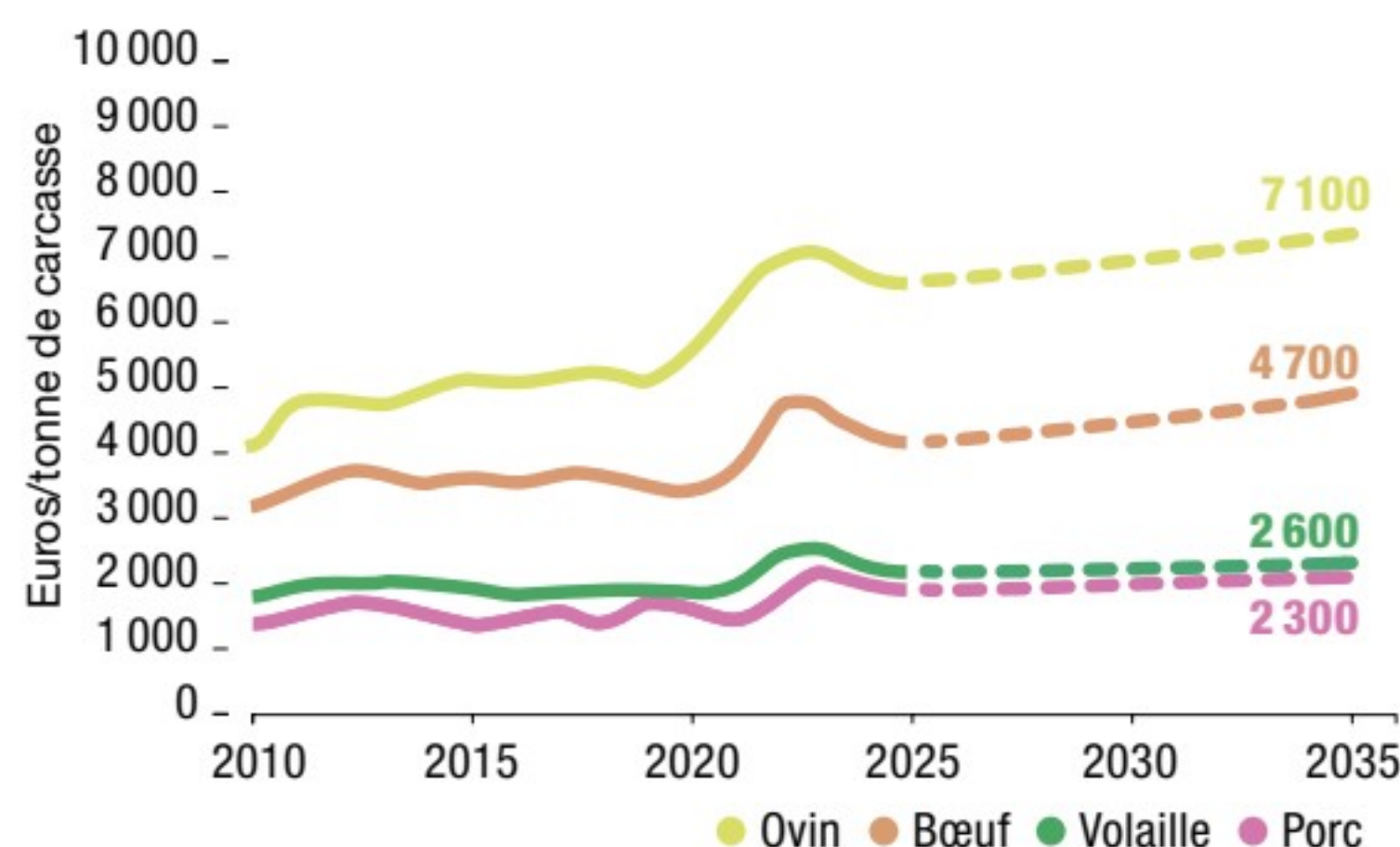
De multiples raisons à la baisse de la consommation de viande

8,2 %

C’est la diminution de la quantité de viande consommée en France entre 1998 et 2025.

Un coût de plus en plus élevé

Depuis 2010, le prix des produits carnés achetés aux producteurs, en particulier le bœuf et le mouton, a augmenté dans l’UE. Selon un rapport de la Commission européenne, cette hausse devrait se poursuivre.



de la vache folle dans les années 1990, lasagnes de cheval en 2013 – ou des préoccupations quant à la présence de certains composés potentiellement néfastes pour la santé (dioxines, antibiotiques, nitrites...) ont aussi pu convaincre les consommateurs”, ajoute Philippe Cardon.

La deuxième raison invoquée est la préservation de l’environnement, l’élevage contribuant à 14,5 % des émissions de gaz à effet de serre d’origine anthropique. Mais, pour que notre alimentation soit réellement durable, à la fois pour notre santé et celle de la

planète, il faudrait, selon certains chercheurs, faire un effort autrement drastique. Dans un article publié en 2019, un groupe de scientifiques internationaux baptisé EAT-Lancet Commission recommande, par exemple, de ne manger que... 14 g/jour de viande rouge ! Les Français en sont loin.

Quid de l’avenir ? Cela va-t-il perdurer ; serons-nous demain tous flexitariens, voire végétariens ? Pas tout de suite : en extrapolant la tendance actuelle jusqu’à l’horizon 2035 lors d’un exercice de prospective, la Commission européenne table sur une



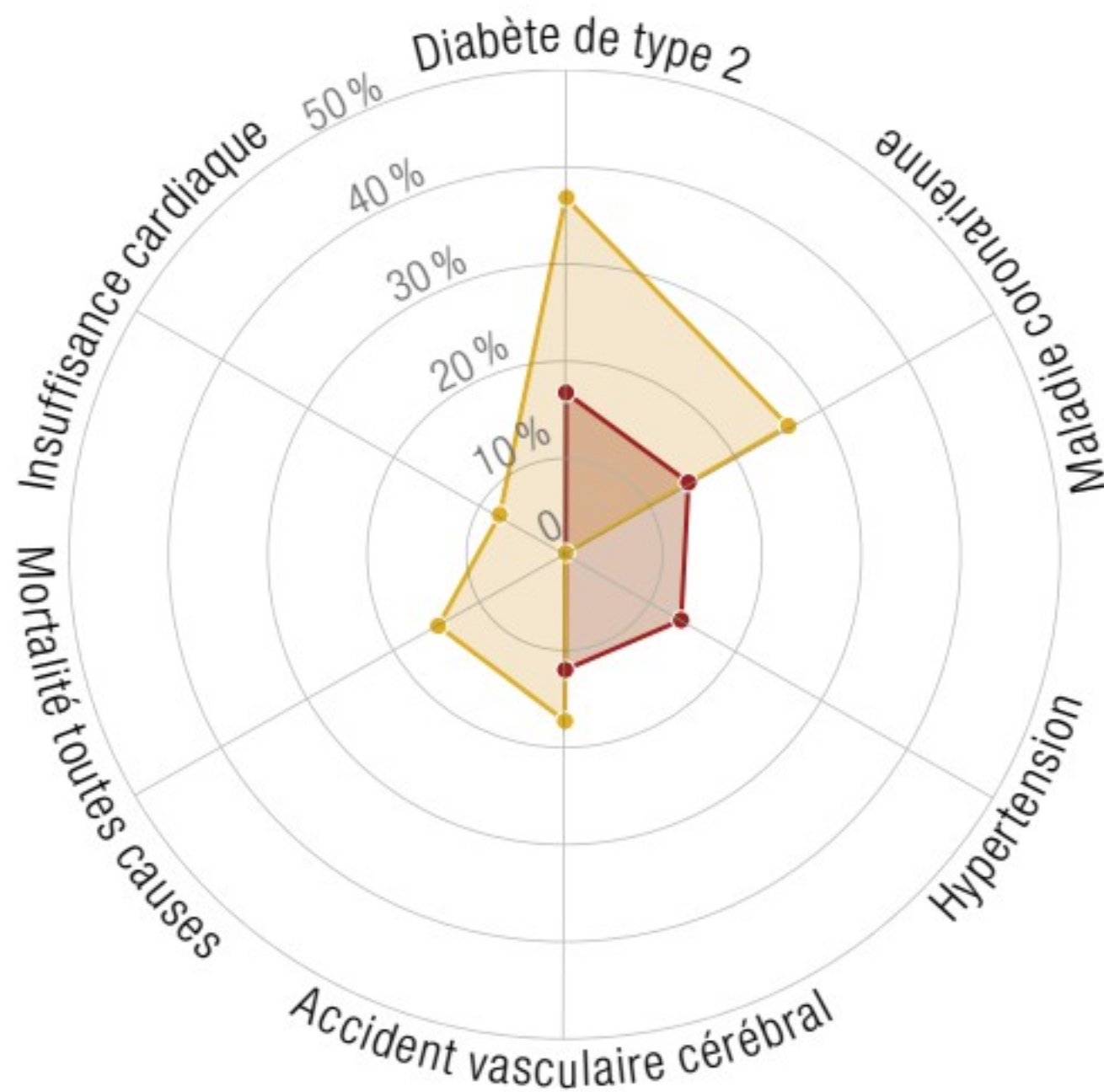
ALEXANDRA HONDERMARCK

Sociologue à l’ENS-Université Paris Sciences et Lettres

Changer ses pratiques alimentaires est difficile car elles s’inscrivent dans une routine très établie

Une surconsommation mauvaise pour la santé

Nombre d'études ont montré qu'une surconsommation de viande (+ de 500 g/semaine) accroît le risque de développer certaines pathologies. Et le Centre international de recherche sur le cancer a classé la charcuterie "cancérogène" et la viande rouge "cancérogène probable", en particulier pour le cancer colorectal.

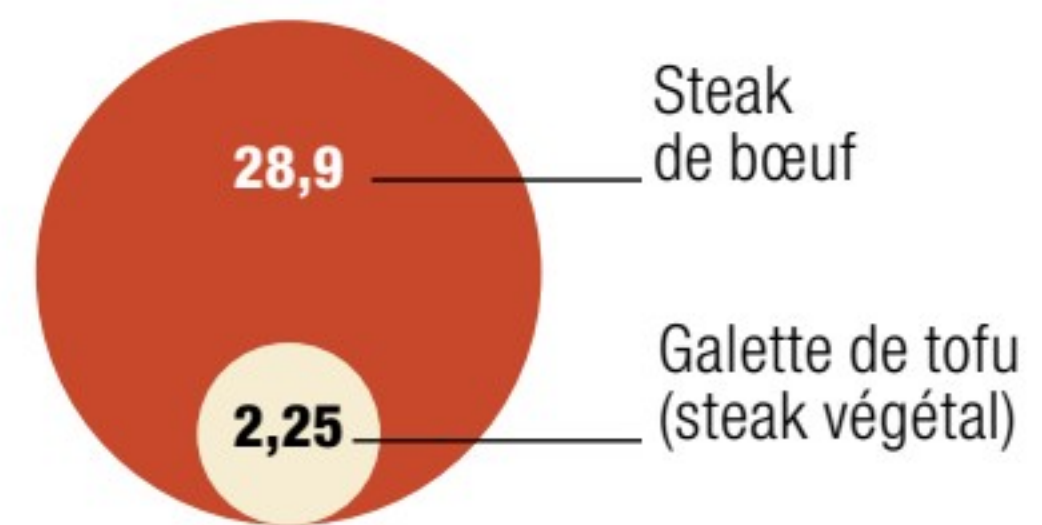


Augmentation des risques, en fonction de la consommation de viande : ● rouge (+100 g/j) ● transformée (+50 g/j)

Un impact important sur l'environnement

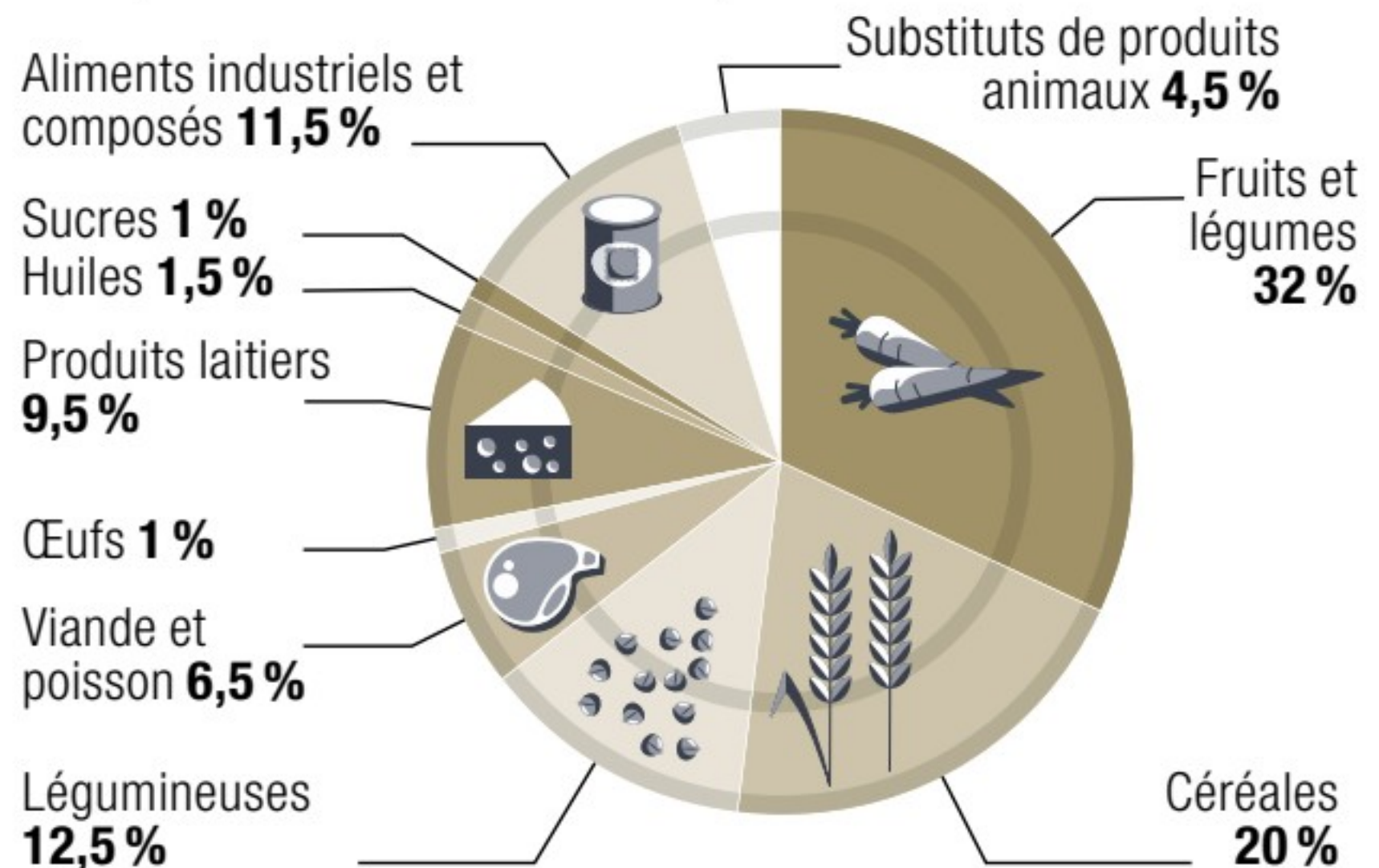
L'élevage des ruminants émet du méthane, un gaz à puissant effet de serre. Le bœuf est un aliment à l'empreinte carbone très élevée.

En kg CO₂eq/kg de produit



Tout cela incite les Français à devenir flexitariens

Panier hebdomadaire idéal tenant compte de l'empreinte carbone, de l'équilibre nutritionnel et du coût, selon le WWF.



SOURCES: BRITISH JOURNAL OF NUTRITION (2023) - COMMISSION EUROPÉENNE - AGRIBALYSE- WWF

diminution de la consommation de viande de... 0,2 % par an ! La pente est douce, donc – peut-être du fait des nombreux freins qui entravent la végétalisation des assiettes. Pour commencer, l'offre est inégale. "Comme aux États-Unis, il existe désormais en France des zones géographiques où il devient difficile d'acheter des fruits et légumes frais ou peu transformés de qualité", expose Benjamin Allès. Par ailleurs, complète Alexandra Hondermarck, "changer ses pratiques alimentaires est difficile car elles s'inscrivent dans une routine très établie et les

personnes qui cuisinent – les femmes, le plus souvent – doivent répondre à de multiples contraintes (goûts, budget, temps...)." **FREINS IDÉOLOGIQUES**

À ces difficultés pratiques s'ajoutent des freins politiques voire idéologiques. Pour preuve : la mise en place de menus végétariens hebdomadaires dans les cantines scolaires a provoqué une véritable levée de boucliers. Certains voyaient dans cette mesure, introduite par la loi Egalim en 2018 puis confortée par la loi Climat et Résilience promulguée en 2021, une façon de satisfaire des

demandes communautaristes (les repas sans viande étant par essence halal et casher, selon une partie des protestataires) ou un dénigrement du travail des éleveurs.

La tendance au végétarisme cristallise aussi une opposition entre les genres. "Les flexitariens sont majoritairement des femmes et manger de la viande est aujourd'hui encore associé à des idéaux de virilité et de masculinité", déplore Philippe Cardon. En témoigne le harcèlement dont a été victime la députée écologiste Sandrine Rousseau après ses propos sur

le barbecue comme symbole de virilité. Ou l'hilarante campagne de pub d'une marque de substituts végétaux qui mettait en scène son échec à recruter son égérie parmi des influenceurs masculinistes. Enfin, conclut Alexandra Hondermarck, "certains s'opposent à la végétalisation de nos assiettes au nom de la défense de la gastronomie française, dans laquelle la viande occupe une place majeure". Féministes contre masculinistes, écologistes contre traditionalistes, élites parisiennes contre ruraux attachés au terroir... Les débats s'annoncent salés.

Trop de femmes meurent encore d'enfanter

France

Celle qui, en Europe, doit faire des efforts

En 2023, 38 jeunes mères sont mortes en France, soit en valeur absolue le chiffre le plus élevé de l'UE. Cela correspond à un taux de 5,5 décès pour 100 000 naissances et place le pays en 21^e position dans l'UE. En 2024, un rapport de Santé publique France avait déjà tiré la sonnette d'alarme, tout en pointant les pistes d'amélioration prioritaires : mieux suivre les femmes présentant un sur-risque (isolées, migrantes, obèses et/ou de plus de 40 ans...), et les dépressions post-partum (pouvant mener au suicide).

Argentine

Celle qui ne s'est pas relevée de la pandémie

Dans de nombreuses régions du monde, notamment en Amérique latine, la pandémie a entraîné une hausse de la mortalité maternelle. Soit parce que le Covid-19 est plus dangereux pour les femmes enceintes ; soit en perturbant le suivi et l'organisation des soins. En 2023, cet effet persistait en Argentine : le taux de mortalité maternelle atteignait 77,4 pour 100 000, contre 51,6 en 2015.

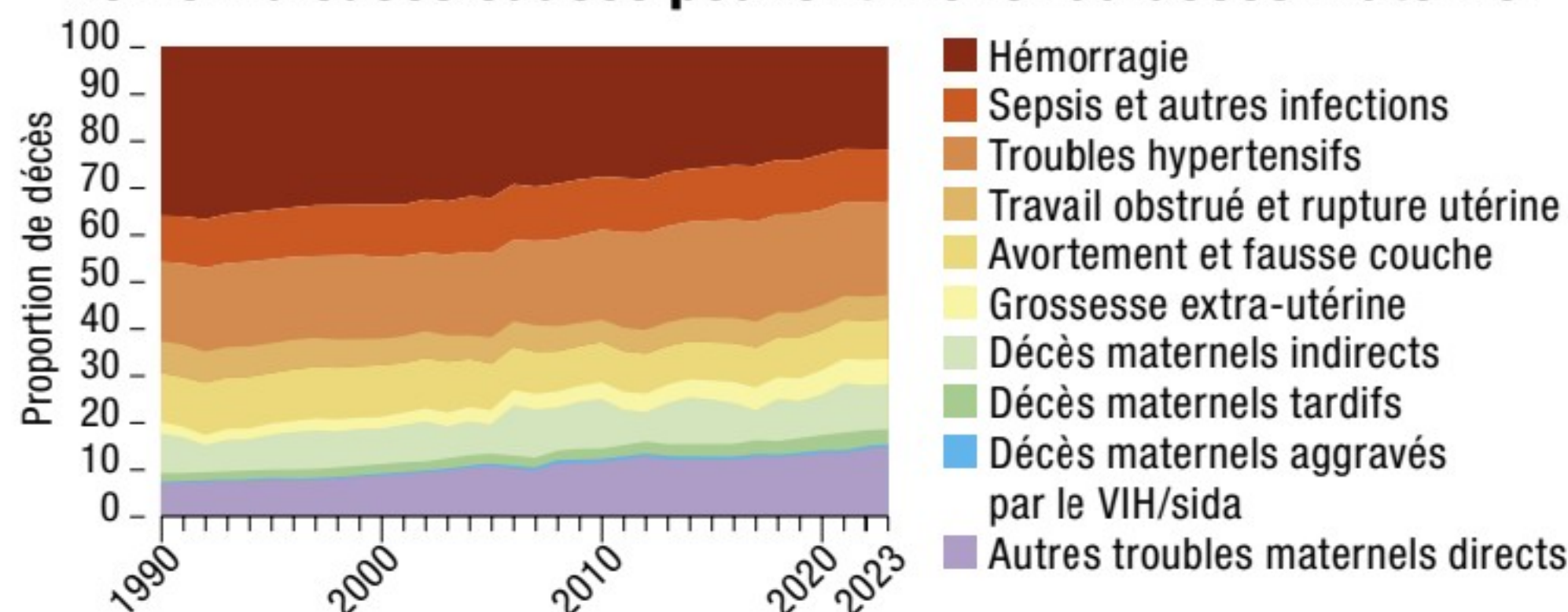
Liberia

Celui où les mères meurent le plus

Avec 1 210 décès pour 100 000 naissances – soit plus de 1 naissance sur 100 qui aboutit au décès de la mère –, le Liberia est actuellement le pays où la mortalité maternelle est la plus élevée au monde. Plus inquiétant, ce taux a augmenté depuis 1990. En cause : des accouchements pas toujours assistés par du personnel qualifié, ainsi qu'un manque d'infrastructures de santé et de matériel médical.



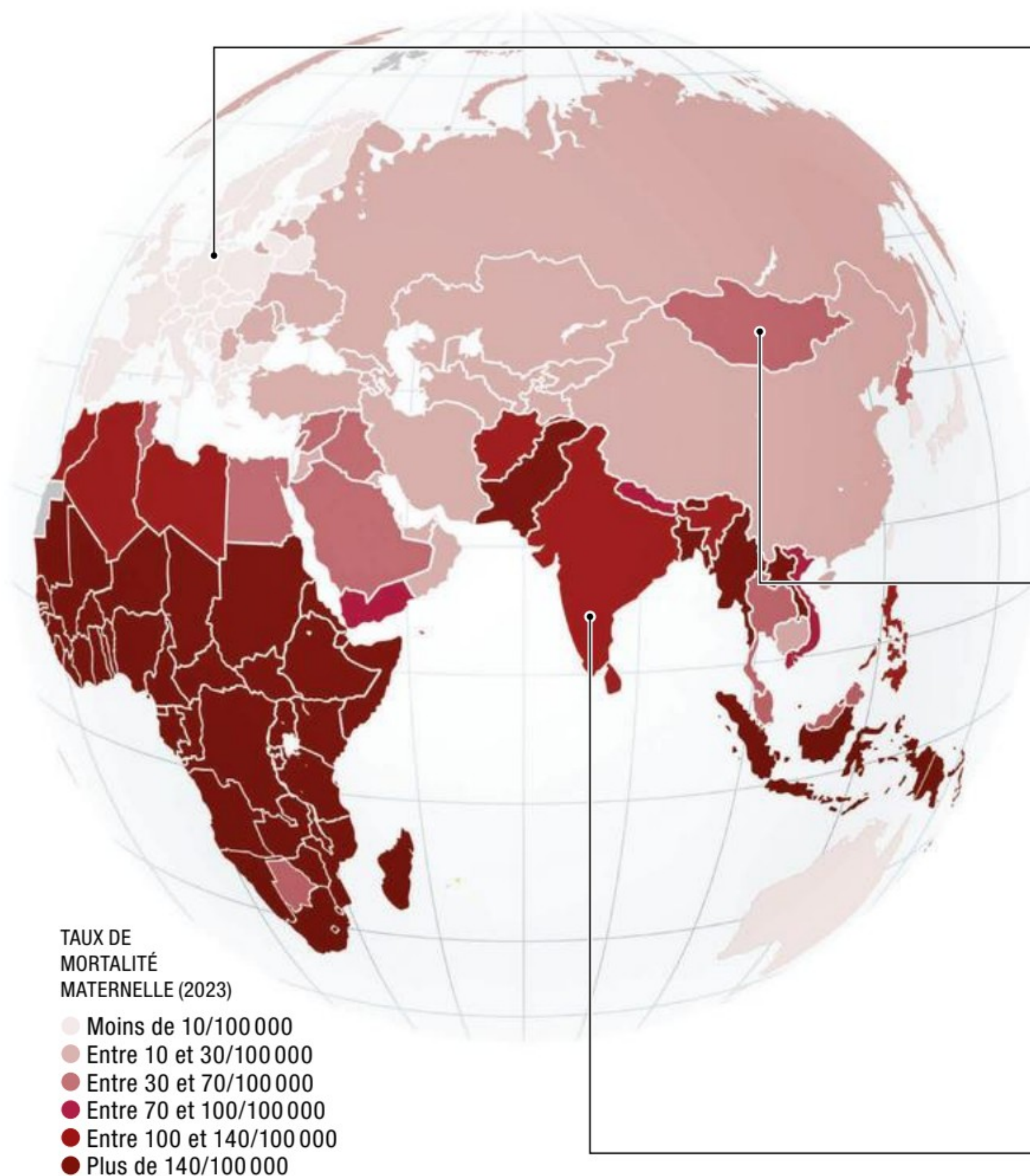
De nombreuses causes peuvent mener au décès maternel



SOURCE : THE LANCET

Une équipe internationale s'est penchée sur les données 2023 de la mortalité maternelle, soit les décès survenus pendant la grossesse, l'accouchement et jusqu'à un an après celui-ci, en raison de complications obstétricales ou de l'exacerbation de comorbidités. Si, au niveau mondial, cette mortalité a diminué ces trente dernières années, les disparités sont grandes d'un pays à l'autre.

PAR **CORALIE HANCOK**



Allemagne

Celle où les mères meurent le moins

Avec un taux de 1,3 décès pour 100 000 naissances, l'Allemagne est le pays où le risque de mourir des suites d'une grossesse est le moins élevé au monde. Depuis les années 1990, la mortalité maternelle a même été réduite d'environ 90 %, du fait d'une prise en charge de qualité. À noter, cependant : dans une étude publiée l'année dernière, des chercheurs estiment que les données récentes ont pu être sous-estimées.

Mongolie

Celle où les efforts ont payé

La Mongolie est l'un des pays où la mortalité maternelle a le plus diminué : son taux est passé de 140 pour 100 000 en 1990 à 30,5 pour 100 000 en 2023, soit une baisse de 78 % en 33 ans. Le résultat d'une politique active, avec la mise en place de nombreuses mesures : maisons d'accueil pour femmes enceintes, meilleure formation du personnel médical, incitations à exercer en milieu rural, émissions de télé et de radio sur la santé maternelle...

Inde

Celle qui compte parmi le plus de décès

Avec environ 24 700 décès de mères en 2023, l'Inde est, après le Nigeria (32 900 décès), le pays qui enregistre le plus grand nombre de décès en valeur absolue. Le taux de mortalité maternelle y est de 116 pour 100 000. Le manque de suivi des femmes enceintes est notamment pointé du doigt : l'OMS préconise 8 contrôles prénataux, mais plus de 40 % des Indiennes en font trois au maximum.

Même si elles ont diminué depuis 1990, les hémorragies étaient encore, en 2023, responsables de 21,7 % des décès maternels. La 2^e cause concerne les troubles hypertensifs, comme la pré-éclampsie, une complication sévère due à un dysfonctionnement du placenta qui peut évoluer vers l'éclampsie et le décès.

240000

C'est le nombre estimé de décès maternels survenus en 2023 dans le monde, soit un taux de 190,5 décès pour 100 000 naissances vivantes.

104

C'est, sur 204 pays ou territoires, le nombre de ceux qui n'ont pas encore atteint l'objectif fixé par l'ONU : moins de 70 décès maternels pour 100 000 naissances.

Peut-on concilier événements sportifs et canicule ?



Les chaleurs intenses accroissent le risque d'hyperthermie...

“Lors d’une activité physique, plus de 75 % de l’énergie consommée pour produire un effort est transformée en chaleur”, souligne Sébastien Racinais, chercheur au Creps, à Montpellier. Chaleur que notre organisme doit évacuer pour se maintenir à environ 37°C. Il s’appuie pour cela sur deux mécanismes : la production de la sueur qui, pour s’évaporer, consomme de l’énergie thermique de la peau et donc la refroidit ; et la dilatation des vaisseaux sanguins situés à la surface de la peau, qui facilite le transfert de la chaleur interne vers l’extérieur. Problème : ce dernier processus n’est efficace que si l’air ambiant est plus froid que le derme (moins de 34°C). Et il demande un effort au cœur – selon une étude britannique de 2012, le risque d’infarctus augmente de 2 % par degré au-delà de 20°C. À partir de 40°C à l’ombre et 20 % d’humidité (ou 32°C et 100 % d’humidité), l’organisme ne peut plus compenser la hausse de température induite par une activité physique – l’hyperthermie non traitée peut alors être fatale. Le 24 mai, à Paris et à Lyon, il faisait plus de 30°C (40-50 % d’humidité) à l’ombre.



... et la France n’y est pas suffisamment préparée

Sauf que des courses mythiques sont organisées sous des chaleurs extrêmes, et que les cas graves y sont rares ! Ainsi, le Marathon des sables (250 km dans le désert marocain), qui se tient chaque année, déplore 4 décès en 40 ans d’existence, et aucun directement attribué à la chaleur. Comment l’expliquer ? Déjà, les athlètes suivent un entraînement qui habitue leur corps aux fortes températures : une méta-analyse de 2019 indique ainsi que les sportifs acclimatés à la chaleur ont une fréquence cardiaque

maximale plus basse de 7 battements/min que les autres. Surtout, ces épreuves sont encadrées par des secouristes formés à l’hyperthermie. “S’il est traité dans les 30 minutes, un coup de chaud ne laissera pas de séquelle”, assure Sébastien Racinais. Il faut alors refroidir la victime, par exemple en la plongeant dans un bain d’eau glacée.” La canicule de mai, très précoce, a imposé à des organismes des températures de 10°C au-dessus des normales saisonnières. Ils n’y étaient pas préparés.

Fin mai, alors que la France subit un épisode de forte chaleur, deux personnes sont décédées lors de courses à pied, à Paris et à Lyon.

Et une dizaine d'autres ont été hospitalisées en urgence absolue à l'occasion d'une compétition dans le Val-de-Marne. Les canicules étant vouées à se multiplier, faut-il repenser les événements sportifs l'été ?

PAR ANNE LE DUIGOU

EN CHIFFRES

400 %

C'est la hausse de la fréquence des vagues de chaleur en 2050 vs la période 1976-2005 en France, selon Météo France, pour un scénario de réchauffement global moyen de +2°C.

62

C'est le nombre d'arrêtés d'interdiction d'événements sportifs pris par les préfectures françaises en raison des alertes canicule entre le 20 et le 29 juin 2026. Chaque arrêté peut concerner plusieurs courses.

50 %

C'est, en France, la part des gymnases inadaptés aux fortes chaleurs car mal isolés, selon un rapport du WWF de 2021. Cela représente environ 30 000 salles.

SHUTTERSTOCK

Les organisateurs des compétitions font leurs premiers aménagements...

En pratique, les établissements scolaires et les organisateurs sont invités à annuler les événements en plein air ou dans des lieux non climatisés lorsque Météo France déclenche une vigilance rouge canicule (soit une vague de chaleur extrême sur un temps long). Avec des exceptions : le Tour de France répondait à ces conditions et a été maintenu. En deçà de ce niveau de vigilance,

la décision est prise par les préfetures, selon les conditions et des aménagements proposés. Avec le risque de mettre les athlètes en danger. Ce 24 mai, aucun département n'était en vigilance rouge, les compétitions à Paris et Lyon ont été maintenues malgré les températures élevées, qui ont probablement joué un rôle dans les deux décès. Par la suite, les conditions de

certaines compétitions ont été revues – départ plus tôt le matin, plus de points de ravitaillement, équipes médicales renforcées... Souvent, cela n'a pas suffi : les points d'eau multipliés sur l'Ultra marin raid golfe du Morbihan, fin juin, ont vite été dévalisés, poussant de nombreux participants déshydratés – dont le favori Alexandre Piedvache – à abandonner.

... mais leur dilemme est cornélien

Faudrait-il interdire toutes les compétitions extérieures à partir d'un certain seuil climatique, bien avant la vigilance rouge canicule ? L'été, un grand nombre d'événements organisés des mois à l'avance pourraient être supprimés quelques jours avant le départ. Avec d'importantes répercussions économiques : remboursement des frais d'inscription, dédommagement des fournisseurs, perte de certains sponsors... "Ce sont des centaines de milliers d'euros de pertes que les assurances ne couvrent pas", témoigne Gérald lacono, organisateur du triathlon l'Embrunman, dans les Hautes-

Alpes. Reste que maintenir une compétition dans des conditions potentiellement mortelles pour une raison financière paraît insensé. "Quand des vies sont en danger, il faut savoir annuler", estime Olivier Esnault, organisateur de La Grammoirienne, qui a reporté à septembre l'édition 2026 prévue en mai. Quid d'arrêter les événements sportifs programmés durant l'été ? "Cela contredirait les incitations à l'exercice dans notre société trop sédentaire. Il faut absolument former les encadrants et les secours !" insiste Sébastien Racinais. Des mesures qui pourraient ne plus suffire un jour, pourtant.

PAROLE AUX CHERCHEURS

MENACER LE PRINCIPE DE PRÉCAUTION : VIVE CELUI D'IMPRUDENCE ?

Un syndicat agricole, la FNSEA, et des personnalités politiques veulent remettre en cause le principe de précaution. Inscrit dans la Charte de l'environnement, qui a valeur identique à la Constitution, ce principe évite qu'une décision politique soit prise dès lors qu'il existe un risque pour la population ou l'environnement. À tout moment, la décision peut être réexaminée à l'aune de nouvelles données scientifiques. Mais quel est le contraire du principe de précaution ? Le principe d'imprévoyance, d'imprudence, d'insouciance, ou encore de légèreté ? Les antonymes parlent ! L'actualité montre d'ailleurs que c'est le pire moment pour remettre en cause ce fameux principe de précaution.

Si nous avons pris nos précautions dès les premiers doutes sur les gaz à effet de serre, nous n'aurions pas une météo estivale aux canicules infâmes : elles ont tué 5 700 Français en 2025 et induit des incendies de forêt qui augmentent nos émissions de carbone. L'imprécaution passée explique l'actualité !

Si l'on avait interdit, dès les premiers doutes, les substances toxiques, pesticides, PFAS et autres polluants industriels, les cancers des plus jeunes n'auraient pas explosé : + 40 % pour les 0-19 ans en 50 ans ; + 80 % pour les 20-50 ans en 30 ans. Certes, on les soigne mieux et l'espérance de vie progresse, mais l'imprécaution a entraîné frais de santé et misère humaine.

Aujourd'hui, le monde politique attaque, met sous tutelle ou sous-finance des organismes indépendants qui explorent la précaution : Ademe, Anses, OFB ou encore l'Institut national de la consommation, organisme liquidé par l'État. Or le principe de précaution ne

freine pas l'innovation, rappelaient scientifiques et ingénieurs dans une tribune, le 21 mars dernier. Bien au contraire, il la canalise et promet des lendemains vivables. À l'heure où l'environnement et nos santés vacillent, remettre en cause le principe de précaution, c'est travailler contre notre avenir commun.



MARC-ANDRÉ SELOSSE

Professeur au Muséum national d'histoire naturelle et à l'Institut universitaire de France, membre du comité scientifique de Reworld Media

ABONNEZ-VOUS À SCIENCE&VIE EN PROFITANT DE La meilleure offre de l'année

5€⁹⁹/mois

Sans engagement

soit -54%



+ EN CADEAU
Votre montre
connectée



Inclus dans votre abonnement :

- ✓ 12 numéros + 6 hors-séries.
- ✓ Version numérique à consulter sur **KiosqueMag.com**
- ✓ Accès illimité au site et à **SCIENCE&VIE TV**
- ✓ Podcasts de nos journalistes.
- ✓ Accès à La Science en direct, visioconférence animée par la rédaction.
- ✓ **EN CADEAU** Votre montre connectée multifonctions : Appels • Podomètre • Monitoring sport et sommeil • Mesure fréquence cardiaque, tension artérielle, taux d'oxygène • Contrôle de la musique et déclencheur photo



PROFITEZ-EN
en flashant le QR code
ci-dessus ou rendez-vous
sur bit.ly/abo1308

Bulletin d'abonnement à compléter et à retourner sous enveloppe affranchie à : Service abonnements Science & Vie - 59898 Lille Cedex 9

① Je choisis la formule d'abonnement (je coche la case) :

M030 # D1654631

☐ **Formule mensuelle intégrale** : 1 numéro par mois + 1 hors-série tous les 2 mois + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) + la montre connectée en cadeau (1)

5€⁹⁹
les 6 premiers mois
au lieu de 13,09€* **-54%**

Je résilie quand je le souhaite. Je paie 5,99€/mois les 6 premiers mois puis 6,99€/mois les 6 mois suivants. Après la première année, je serai prélevé de 7,50€/mois.

☐ **Formule annuelle intégrale** : 12 numéros + 6 hors-séries + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) + la montre connectée en cadeau (2)

☐ **Formule annuelle basique** : 12 numéros + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) (3)

79€
au lieu de 156,35€* **-49%**

65€
au lieu de 113,64€* **-42%**

Mon abonnement se renouvellera automatiquement à date anniversaire sauf résiliation de ma part.

② Je choisis le mode de paiement :

➔ **Par prélèvement automatique** : je complète l'iban ci-dessous à l'aide de mon Relevé d'Identité Bancaire (R.I.B.) à joindre.

IBAN :

Vous autorisez Reworld Media Magazines à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de Reworld Media Magazines. Créancier : Reworld Media Magazines 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux - France. Identifiant du créancier : FR 05 ZZZ 489479

Date et signature
obligatoires

Date :

➔ **Par carte bancaire** :

je me rends sur KiosqueMag.com :

bit.ly/abo1308

La boutique officielle de Science & Vie.

Plus simple, plus rapide, 100% sécurisé !

➔ **Par chèque (formules annuelles uniquement)** :

je renvoie le coupon accompagné de mon chèque libellé au nom de Science & Vie (sans agrafe, ni scotch) à : Science & Vie Service abonnement - 59898 Lille Cedex 9



SCANNEZ-MOI !

** À remplir obligatoirement.

③ Je complète les coordonnées du bénéficiaire de l'abonnement :

Nom** : Prénom** :

Adresse** :

CP** : Ville** :

Date de naissance : (pour lui fêter son anniversaire) Tél. (portable de préférence) : (envoi d'un SMS en cas de problème de livraison)

Email :

☐ Je ne souhaite pas recevoir les offres Privilège Science&Vie et Kiosquemag sur des produits et services similaires à ma commande par la Poste, e-mail et téléphone. Dommage !

☐ Je ne souhaite pas que mes coordonnées postales et mon téléphone soient communiqués à des partenaires pour recevoir leurs bons plans. Dommage !

*Le prix de référence à l'année de la formule sans hors-série se compose du prix kiosque (63,60€), des frais de port (8,64€), du site internet (41,40€). Le prix de référence à l'année de la formule avec hors-série se compose du prix kiosque (105,6€), des frais de port (9,96€), du site internet (41,40€). (1) Formule mensuelle sans engagement : je peux résilier à tout moment sur simple appel ou par courrier au service client. La montre connectée sera expédiée à compter du 3^e prélèvement. Après 1 an, je serai prélevé de 7,50€ par mois. (2)(3) Formules annuelles avec engagement : abonnement automatiquement reconduit à date d'anniversaire. Le règlement s'effectue en une seule fois. Vous serez informé par écrit dans un délai de 3 mois avant le renouvellement de votre abonnement. Vous aurez la possibilité de l'annuler 30 jours avant la date de reconduction auprès du service client. A défaut l'abonnement sera reconduit pour une durée identique à votre abonnement initial. Pour toute autre information, vous pouvez consulter nos CGV sur kiosquemag.com et contacter le service client par mail sur serviceabonmag.fr ou encore par courrier à Reworld Media Magazines - Service Client - 40 avenue Aristide Briand - 92227 Bagneux. Offre réservée aux nouveaux abonnés en France Métropolitaine valable jusqu'au 31/10/2026. DOM-TOM et autres pays nous consulter. Le visuel de la montre connectée est non contractuel. Les produits seront adressés dans un délai de 4 semaines après réception de votre règlement et dans la limite des stocks disponibles. Visuels non contractuels. Vous disposez, conformément à l'article L.221-18 du code de la consommation, d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception du magazine en notifiant clairement votre décision à notre service abonnement. Le coût du renvoi des produits est à votre charge. Responsable de traitement des données personnelles : Reworld Media Magazines SAS. Finalités du traitement : gestion de la relation client, opérations promotionnelles et de fidélisation. Données postales et téléphoniques susceptibles d'être transmises à nos partenaires. Conformément à la Loi informatique et Libertés du 6-01-78 modifiée, vous pouvez exercer vos droits d'opposition, accès, rectification, effacement, portabilité, limitation à l'utilisation de vos données ou donner vos directives sur le sort de vos données après décès en écrivant à Reworld Media-Magazines, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux cedex, ou par mail à dpd@reworldmedia.com. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour toute autre information, vous pouvez consulter nos CGV sur kiosquemag.com.



Etur

Science
& société

SEPTEMBRE
2026

KAZAKHSTAN

ÉTATS-UNIS

MONACO

ÉQUATEUR

PAYS-BAS



ALMATY
(KAZAKHSTAN)



Piétons et vélos circuleront au-dessus des voitures

Le projet Cycle City propose, pour la ville d'Almaty au Kazakhstan, de créer un réseau surélevé pour piétons et cyclistes, séparé des routes empruntées par les voitures. Il a été imaginé par le studio d'architectes iranien Habibeh Madjdabadi et devrait s'étendre sur 180 km² – quasiment deux fois la surface de Paris. Constitué de rampes, de ponts et de places suspendues, ce réseau adoptera une forme circulaire inspirée des yourtes, les habitations traditionnelles du Kazakhstan. Des stations de vélos en libre-service seront disposées tous les 200 m. Quant aux bâtiments, ils seront orientés vers le sud-est pour capter au mieux la lumière solaire durant l'hiver, tout en limitant l'éblouissement direct du soleil couchant en été. Des systèmes photovoltaïques seront directement intégrés aux matériaux des façades et des toitures pour produire de l'énergie. Enfin, des zones d'agriculture urbaine, alimentées par l'eau de pluie, compenseront l'effet d'îlots de chaleur. S.F.

HABIBEH MADJDABADI ARCHITECTURE STUDIO

CAMBRIDGE
(ÉTATS-UNIS)



L'IA guidera nos gestes

Vous ne savez pas jouer du piano ? Des chercheurs du MIT promettent qu'avec leur dispositif Human Operator, vous y arriverez ! Comment ? Une IA écoute les ordres donnés par l'utilisateur, analyse l'environnement grâce à une caméra, puis stimule électriquement les muscles de la main via des électrodes pour exécuter le mouvement. Ce dispositif pourrait servir à l'apprentissage de gestes techniques et à la rééducation.

L.B.



MONACO



Ce véhicule roulera sur la Lune

Imaginé par l'entreprise monégasque Venturi Astrolab pour le programme Artemis de la Nasa, le CLV-1 sera le premier véhicule à rouler sur le pôle Sud lunaire en 2028. Équipé de roues déformables, ce tout-terrain électrique biplace se rechargera par des panneaux solaires. Ses batteries tiendront plusieurs nuits lunaires, lesquelles durent environ 14 jours terrestres.

L.B.





MIT - VENTURI SPACE- KENGO KUMA AND ASSOCIATES



QUITO
(ÉQUATEUR)

Cette tour végétalisée s'inspirera des Andes

Haute de 128 m, la future tour résidentielle Capital, qui prendra place à Quito, en Équateur, sera ornée d'une façade sculptée et de balcons débordant de plantes. Pour la concevoir, l'architecte japonais Kengo Kuma s'est inspiré de la cordillère des Andes, qui traverse le pays et dont les roches poreuses forment des crevasses accueillant la végétation ; mais aussi des céramiques anciennes du Japon, dont il a repris les lignes courbes et striées. La construction du bâtiment devrait s'achever en 2029. L.B.

OOSTVOORNE
(PAYS-BAS)



Les éoliennes flottantes seront inclinées

Conçue par l'entreprise néerlandaise Touch-Wind, cette éolienne est composée d'un mât à l'extrémité duquel se trouve un rotor bipale incliné. L'objectif ? Limiter les turbulences créées derrière chaque appareil – l'effet de sillage –, qui ont tendance à réduire la force du vent disponible pour les éoliennes en aval. Un prototype est actuellement testé sur le lac d'Oostvoorne, au sud de La Haye, pour mesurer les forces exercées sur les lignes d'ancrage au fond du lac. Si tout va bien, un premier parc pourrait voir le jour d'ici à 2030. **L.B.**





LUC MÉTIVIER

Président
d'Agua de SolBOURG-EN-BRESSE
(AIN)

Il s'agit de simples panneaux,
sans alimentation électrique
externe ni raccordement au
réseau hydrique



Récupérer l'eau présente dans l'air

Le système d'Agua de Sol, autonome et durable, capte l'humidité de l'air grâce au soleil pour produire de l'eau.

PAR STÉPHANE FAY

"Il y a six fois plus d'eau dans l'air que dans toutes les rivières et ruisseaux sur Terre", affirme Luc Métivier, président d'Agua de Sol, à Bourg-en-Bresse. Pourrait-on l'exploiter ? C'est le défi que s'est lancé l'entrepreneur. Pour cela, il a développé un dispositif fonctionnant à l'énergie solaire. *"Il s'agit de simples panneaux, sans alimentation électrique externe ni raccordement au réseau hydrique",* explique le dirigeant. Chacun d'eux mesure 100x70 cm et se compose d'un châssis, d'un lit absorbant constitué de tubes microperforés remplis de minuscules billes poreuses et d'une vitre pour la condensation. Il se place en extérieur, dans un jardin ou sur une toiture. Comment ça marche ? La nuit, l'eau atmosphé-

rique est captée et piégée par le matériau absorbant. Le jour, elle s'évapore sous l'effet du soleil puis se condense sur une plaque de verre avant de rejoindre un réservoir via un tuyau.

Chaque panneau est ainsi capable de fournir environ 2 litres d'eau distillée (sans minéraux) par jour. La société estime que son dispositif peut servir à trois types d'utilisation : produire de l'eau stérile, déminéralisée et ultrapure pour l'industrie (pharmaceutique, biotechnologique, etc.) ; générer de l'eau potable en la reminéralisant avec un dispositif adéquat à des fins domestiques ; ainsi que pour un usage agricole. Agua de Sol est depuis peu entrée en phase d'industrialisation.

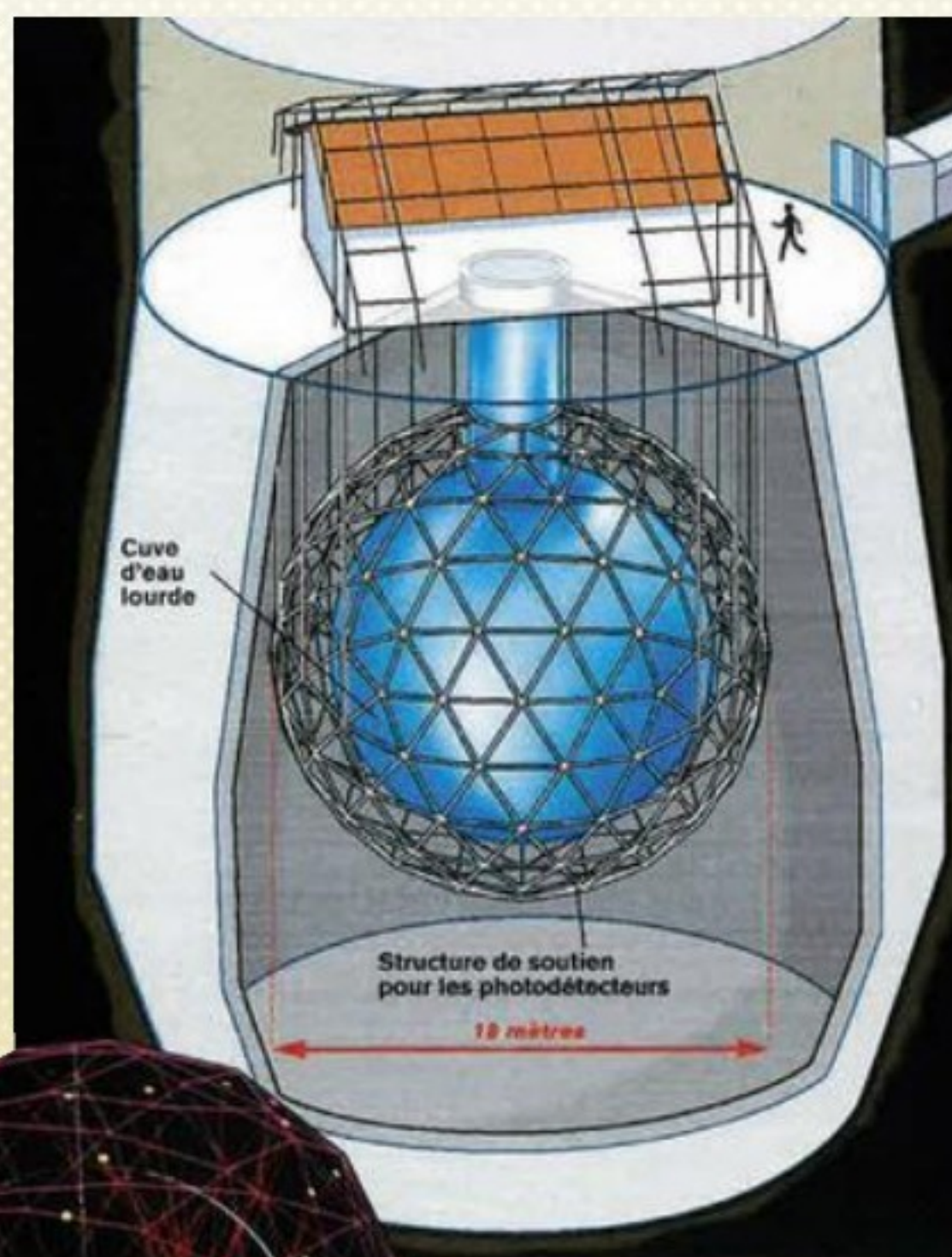
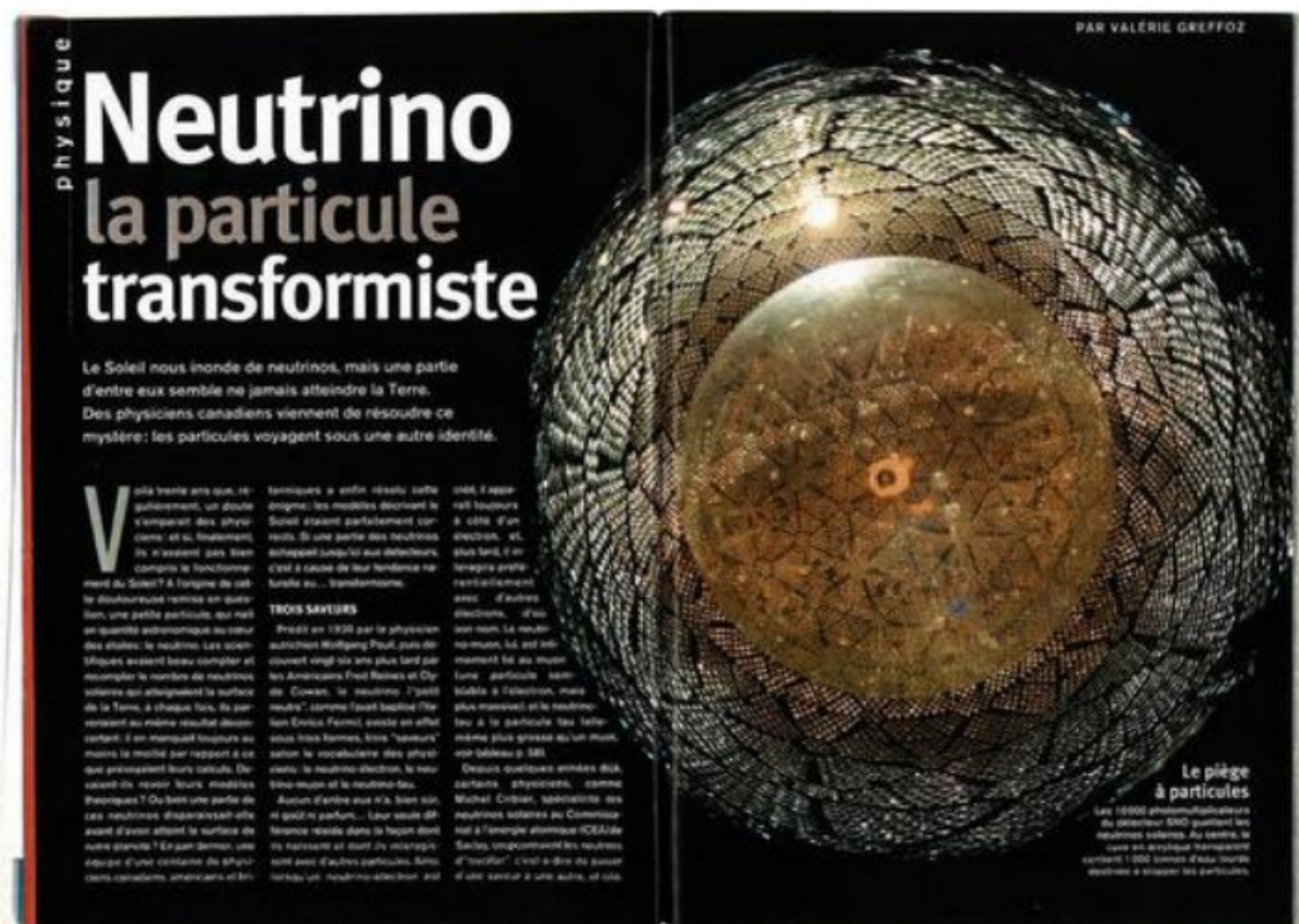


25 ans

On prouvait l'oscillation des neutrinos

À l'été 2001, une équipe internationale de scientifiques résolvait enfin une énigme vieille de trente ans : où peuvent bien passer les neutrinos émis par le Soleil ? La théorie prédit que notre astre émet uniquement des neutrinos-électrons – l'une des trois familles, ou saveurs, de neutrinos qui existent avec les "muons" et les "tau". Sauf que voilà, dans les années 1970, en tentant de détecter les neutrinos-électrons qui atteignaient la surface de la Terre, les scientifiques parvenaient systématiquement à un résultat déconcertant : *"Il en manquait toujours au moins la moitié par rapport à ce que prévoyaient leurs calculs"*, pointait votre *Science & Vie*.

Pour les physiciens de l'époque, la seule explication possible était que ces neutrinos oscillaient, c'est-à-dire qu'ils passaient d'une saveur à une autre. Mais impossible de confirmer cette hypothèse, les appareils astrono-



Dans ce détecteur, les neutrinos sont arrêtés par l'eau de la cuve. Leur rencontre avec des électrons crée un flash de lumière qui permet de les identifier.

miques de l'époque n'étaient pas suffisamment sensibles pour détecter les neutrinos-muons et tau. Pour cela, il faudra attendre la construction, en 1999, d'un observatoire de nouvelle génération, le Sudbury Neutrino Observatory, au Canada. Grâce à lui, les chercheurs ont enregistré *"un tiers de neutrinos-électrons et deux tiers de neutrinos-muons et tau"* en provenance du Soleil... Preuve que cette particule se transforme durant le voyage ! En 2025, une autre étape a depuis été franchie : alors que le modèle standard de la physique prédit une masse nulle pour les neutrinos, l'expérience allemande *Katrin* a montré que la particule en avait finalement une : environ un million de fois plus léger qu'un électron. **M.L.**

50 ans

On s'inquiétait du refroidissement climatique

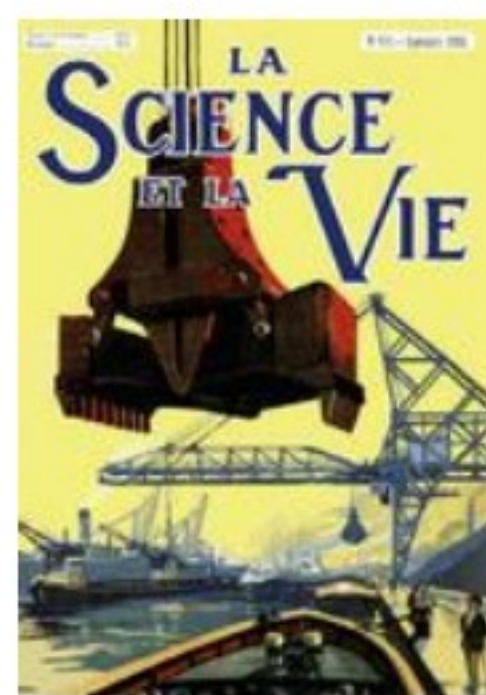


En septembre 1976, votre magazine revenait sur un rapport de la CIA fondé sur les travaux du climatologue américain Reid A. Bryson. Selon lui, la planète entrait dans une phase de refroidissement et, paradoxalement, de sécheresse. Une projection qui faisait écho à une situation

bien concrète en France, touchée par une grande aridité, mais aussi dans le monde : *“Mauvaises récoltes successives en URSS et en Inde, années de sécheresse consécutives dans le Sahel [...], disparition des bancs d'anchois au Pérou, etc.”*, relatait l'auteur. Bien qu'ayant le même point de départ, cette thèse s'opposait alors radicalement à celle du réchauffement climatique. *“Depuis 1971, le temps se dérègle sur toute la planète : l'apparition d'une nouvelle ère glaciaire n'est pas à exclure”*, avançait-il même, avant d'ajouter : *“Sans l'utilisation massive des sources d'énergie fossile, ce refroidissement aurait été encore plus important”*. On était loin du compte... **M.L.**

100 ans

On s'entretenait avec Louis Lumière



La Science et la Vie de septembre 1926 avait eu l'honneur d'interviewer Louis Lumière, l'inventeur du cinématographe avec son frère Auguste en 1895. Le célèbre ingénieur racontait comment, grâce à la science, il imaginait perfectionner son art en améliorant les techniques de coloration, ainsi qu'en

apportant du relief et du son aux projections. En évoquant cette dernière innovation, il se montrait particulièrement enthousiaste : *“Il est certain que nous aurons bientôt le cinéma parlant”*, affirma-t-il. Parmi les techniques qu'il jugeait prometteuses figurait le principe de son optique sur pellicule : *“On a obtenu des résultats remarquables, et il est probable que l'exploitation industrielle de ces procédés ne tardera pas”*, ajouta-t-il. L'inventeur avait vu juste : un an plus tard, le cinéma parlant faisait ses premiers pas sur la scène du septième art avec *Le Chanteur de jazz*. **M.L.**

#LACHRONIQUE



La chronique de
Gautier Depambour

Docteur en histoire des sciences
au laboratoire Sphere

Wegener vs Willis : les continents dérivent-ils ?

Et si les continents s'éloignaient les uns des autres ? C'est la célèbre hypothèse de la dérive des continents, que le météorologue allemand Alfred Wegener érige en théorie en 1912. Pour le scientifique, tous les continents étaient autrefois réunis en une seule terre, la Pangée, qui se serait ensuite disloquée. Une hypothèse d'autant plus tentante que le Brésil et la côte Ouest de l'Afrique semblent s'imbriquer parfaitement, comme deux pièces d'un puzzle ! Cela expliquerait aussi les fortes similarités observées entre les fossiles et les roches des deux côtés de l'Atlantique.

D'accord, mais d'où vient la force qui met les continents en mouvement ? Las, Wegener postule son existence sans apporter de preuve... Le géologue américain Bailey Willis s'engouffre alors dans cette faille et qualifie en 1944 l'hypothèse de la dérive des continents

de “conte de fées”. Ce dernier pense plutôt que les terres ont des mouvements verticaux : à la suite de processus de fusion, le volume de la planète augmente comme une pâte qui gonfle, ce qui entraîne un soulèvement des sols et explique par exemple qu'on retrouve des fossiles marins en altitude. De plus, ces terres peuvent s'affaisser et passer sous le niveau de la mer, si bien que deux continents aujourd'hui apparemment séparés ont pu n'en former qu'un seul dans le passé.

En définitive, Willis n'avait pas complètement tort car, de fait, ces mouvements verticaux existent. Mais l'étude des propriétés magnétiques du plancher océanique va permettre de confirmer la dérive des continents en faveur de Wegener, jusqu'à l'élaboration de la théorie de la tectonique des plaques dans les années 1960.

M. TUMELAIRE

Elle détruit les PFAS, transforme la matière,
réduit la douleur, révèle les peintures rupestres effacées...

LES POUVOIRS INSOUÇONNÉS DE LA LUMIÈRE !

PAR LISE GOUGIS

Elle est double sauf quand on l'observe, invisible et de toutes les couleurs, sans masse mais contraignante pour l'Univers entier. La lumière est, depuis des millénaires, l'objet le plus fou de la science, sa plus grande énigme comme sa première muse. Et nous ne l'avons qu'effleurée. Voilà que maintenant, les chercheurs la modulent, l'excitent, la concentrent... et découvrent des myriades de nouvelles applications : elle soulage la douleur, détecte les cancers, recycle les plastiques ou manipule la matière ! Tournez la page, une nouvelle ère de lumière s'ouvre.

SHUTTERSTOCK



70

2000 ans de découvertes lumineuses

74

- Pour la santé, la lumière est un soutien
- Pour l'environnement, elle est un allié
- En mécanique, elle est un outil
- Et elle est bien plus que ça

84

Elle est détournée par les charlatans

86

Pour les chercheurs, elle est une source inépuisable d'inspiration



Elle est partout, comme une évidence silencieuse. Chaque matin, elle tire le monde des ténèbres, nous révèle les mille et une couleurs des paysages qui nous entourent et rythme nos journées. Chaque nuit, elle nous livre les ultimes lueurs d'étoiles parfois disparues depuis des millions d'années. Nous baignons littéralement dans la lumière. Difficile d'imaginer la vie sans elle. Et pourtant, cette compagne de chaque instant nous échappe. Filant à près de 300 000 km/s, impossible de la saisir entre nos doigts, de la retenir, ni même véritablement de l'observer.

C'est sans doute pour cela que nous avons mis si longtemps à comprendre cette étrange voyageuse qui fascine les philosophes et les savants depuis des millé-

naires. *"Les premiers questionnements sur la lumière, ou plutôt la vision, relevant d'une démarche scientifique, ont émergé dans l'Antiquité, rappelle Christophe Daussy, enseignant-chercheur CNRS au Laboratoire de physique des lasers, à l'université Sorbonne Paris Nord. Démocrite, Euclide ou encore Platon, cherchant à expliquer la vision, se demandaient par exemple si le 'rayon visuel' allait de l'objet vers l'œil, de l'œil vers l'objet, ou même les deux à la fois!"* Il faut attendre le XI^e siècle avec le savant arabe Alhazen pour que la lumière devienne un concept physique à part entière. Il pose les fondements de l'optique moderne et montre que la vision repose sur la lumière renvoyée, par les objets, vers nos yeux.

Cette première énigme résolue, une autre surgit aussitôt. Qu'est-ce que la lumière, en fait? Au XVII^e siècle, le savant français René Descartes puis l'Anglais Isaac Newton la décrivent comme un flot de corpuscules. Un siècle plus tard, les expériences d'interférence lumineuse menées par le physicien anglais Thomas Young semblent au

2 000 ANS DE DÉCOUVERTES LUMINEUSES

Vers -300

Le mathématicien grec Euclide montre que la lumière se propage en ligne droite.

1815

Le physicien bavarois Joseph von Fraunhofer invente le spectroscope, qui permet d'analyser la composition des astres.

1895

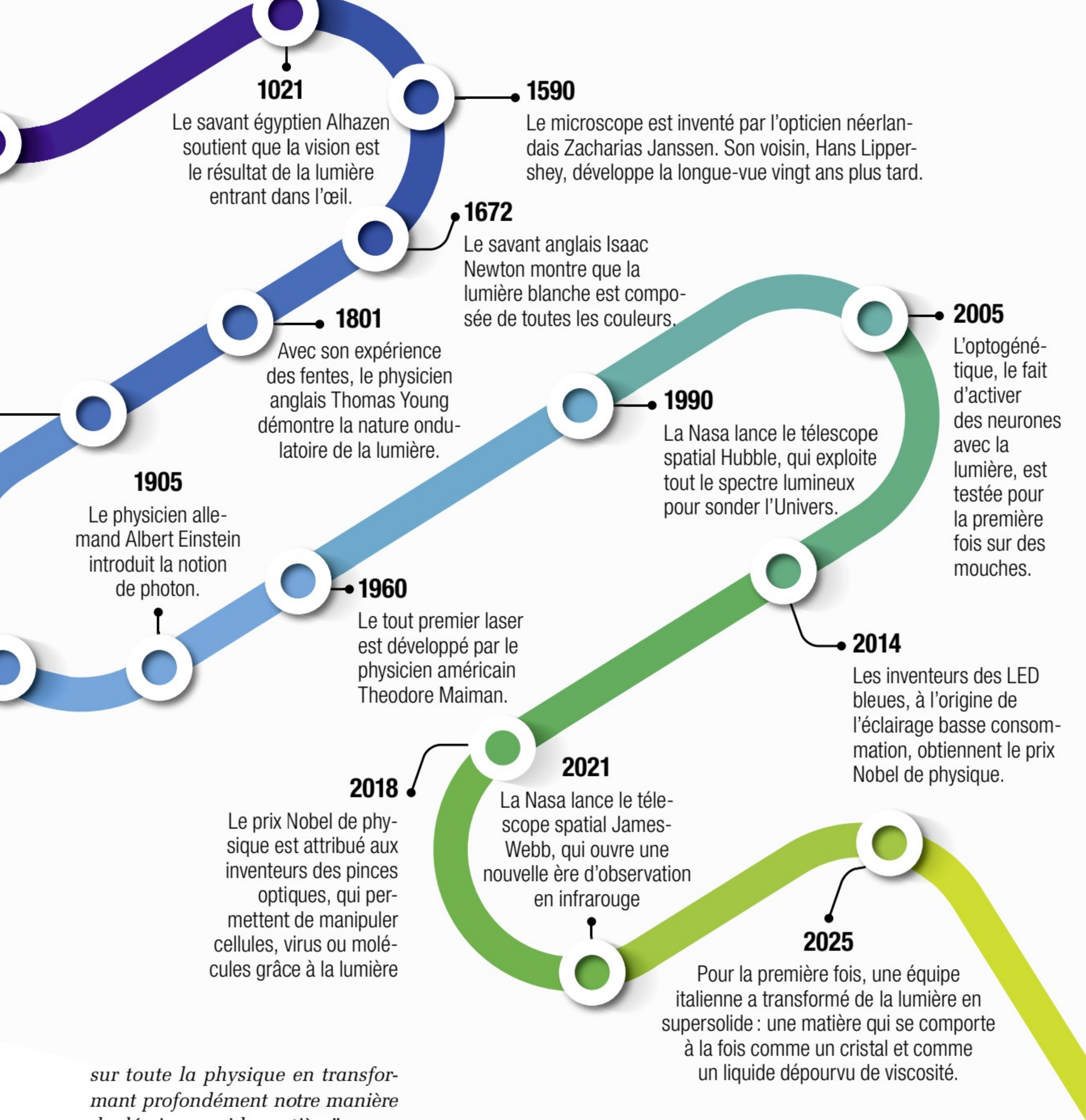
Découverte des rayons X par le physicien prussien Wilhelm Röntgen, ouvrant l'ère de l'imagerie médicale.

contraire démontrer qu'elle se comporte comme une onde. Jusqu'à ce qu'Albert Einstein vienne rebattre les cartes en 1905 : en expliquant l'effet photoélectrique, soit l'émission d'électrons par un matériau lorsqu'il est exposé à la lumière, il redonne sa place à la particule en introduisant l'ancêtre du photon, le quantum de lumière. Surtout, il établit les prémices de la mécanique quantique, qui réconcilie les deux visions : *"Ce n'est ni vraiment une particule, ni vraiment une onde, c'est tantôt l'un, tantôt l'autre, selon l'expérience et les observations réalisées"*, résume Christophe Daussy.

DE LA COMPRÉHENSION À L'EXPLORATION DU MONDE

Ce paradoxe apparent est devenu l'une des pierres angulaires de la physique moderne. *"Ce qui est fascinant, avec l'étude de la lumière, c'est qu'elle a eu un impact majeur*

Même après deux millénaires de découvertes, la lumière demeure l'un des plus extraordinaires terrains d'exploration de la science



sur toute la physique en transformant profondément notre manière de décrire aussi la matière”, poursuit le chercheur. “Elle occupe une place centrale dans toutes les théories : elle émerge naturellement des équations de l'électromagnétisme, tout comme elle joue un rôle fondamental en relativité”, complète Johannes Skaar, physicien à l'université d'Oslo, en Norvège.

En transformant notre compréhension du monde, la lumière a aussi révolutionné notre manière

de l'explorer, aiguisant notre regard et révélant l'invisible à nos yeux. Nos ancêtres n'avaient certes pas attendu de percer les secrets de sa nature pour commencer à l'appropriiser en maîtrisant le feu. “Mais à chaque étape des connaissances que nous avons acquises à son sujet, nous avons appris à la domestiquer de mieux en mieux et développé des

instruments qui ont bouleversé l'ensemble des champs de la science”, souligne Christophe Daussy.

Les lentilles et les miroirs ont donné naissance aux lunettes astronomiques puis aux télescopes, qui nous ont ouvert les portes de l'Univers et repoussé sans cesse ses frontières. Les mêmes principes ont permis d'inventer les micro- ➔

L'ENTITÉ PHARE DE LA PHYSIQUE

La lumière a deux natures...

C'est un objet énergétique qui se comporte à la fois comme un flux de particules, les photons, et comme une onde électromagnétique. Cette dernière est caractérisée par sa longueur d'onde (λ) et sa fréquence.



... des caractéristiques singulières...

299 792 458

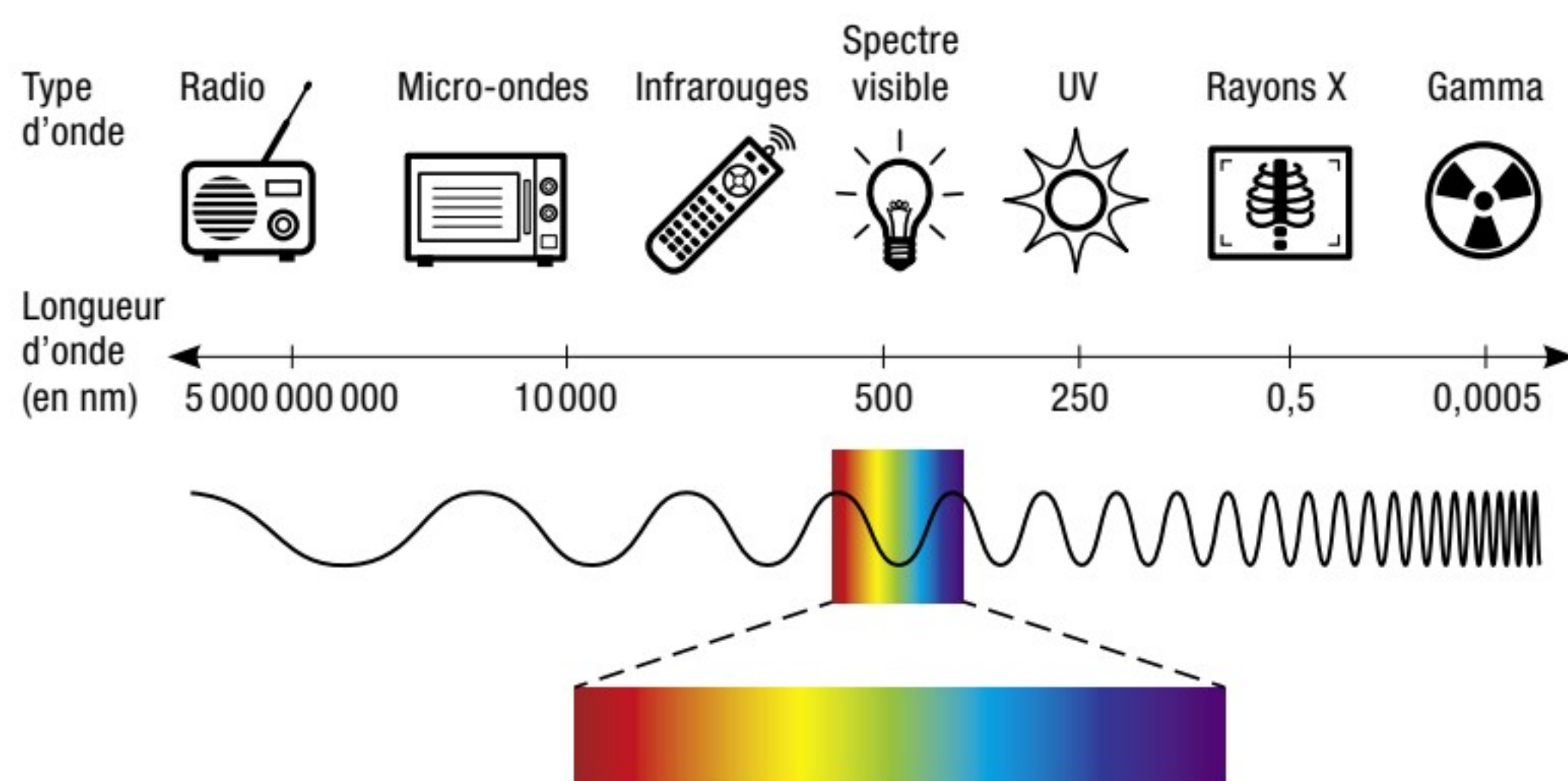
C'est, en m/s, la vitesse de la lumière dans le vide. Théoriquement, rien ne peut la dépasser.



Le photon n'a pas de charge électrique, sa masse est nulle et il ne possède pas de taille propre connue.

... et une palette qui tend vers l'infini

Son spectre électromagnétique s'étend des rayons gamma, très énergétiques, aux ondes radio, peu énergétiques. La lumière visible n'en occupe qu'une petite partie, de 380 à 700 nm, où chaque longueur d'onde correspond à une couleur unique.



scopes et de révéler l'infiniment petit. En apprenant à décomposer la lumière, les astronomes ont aussi découvert qu'ils pouvaient lire la signature chimique des étoiles dans leur spectre lumineux : c'est le principe de la spectroscopie.

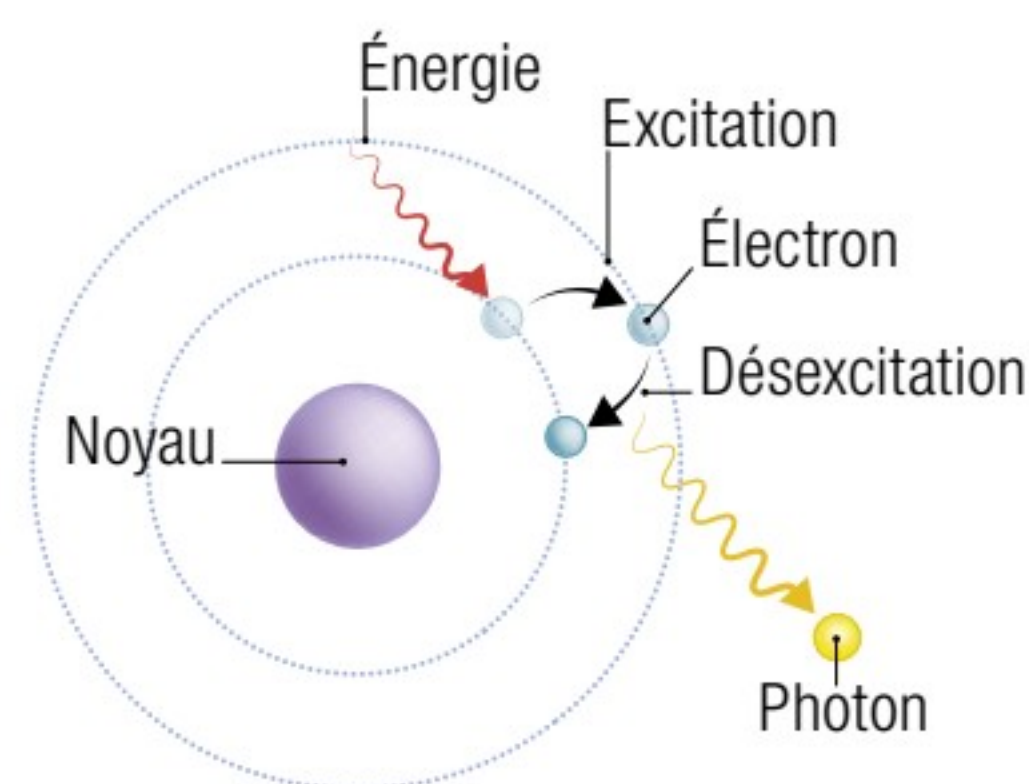
Bien au-delà de la recherche, c'est la société tout entière qui s'en est retrouvée chamboulée, parfois ins-

stantanément. Avec les rayons X, l'intérieur du corps humain est soudain devenu visible sans la moindre incision. Il a suffi de quelques mois pour que les premiers appareils équipent les hôpitaux, en 1896. Sans oublier les lasers : à peine un an sépare la démonstration initiale du physicien américain Theodore Maiman, en 1960, de la première application

Elle naît...

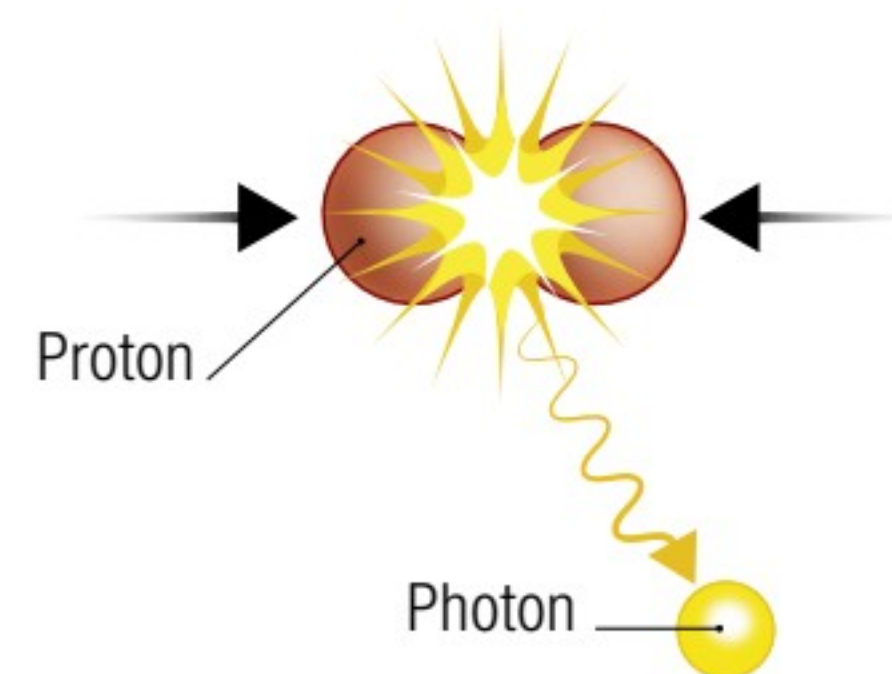
... d'une désexcitation

Après avoir absorbé de l'énergie, via un courant électrique, par exemple, un atome ou une molécule se désexcite en émettant un photon. C'est le principe des LED, des néons ou des lucioles.



... d'une collision

Lors d'un choc, une particule peut transmettre son énergie à une autre, qui la réémet sous forme de lumière. C'est ce qui se produit notamment dans une aurore polaire.



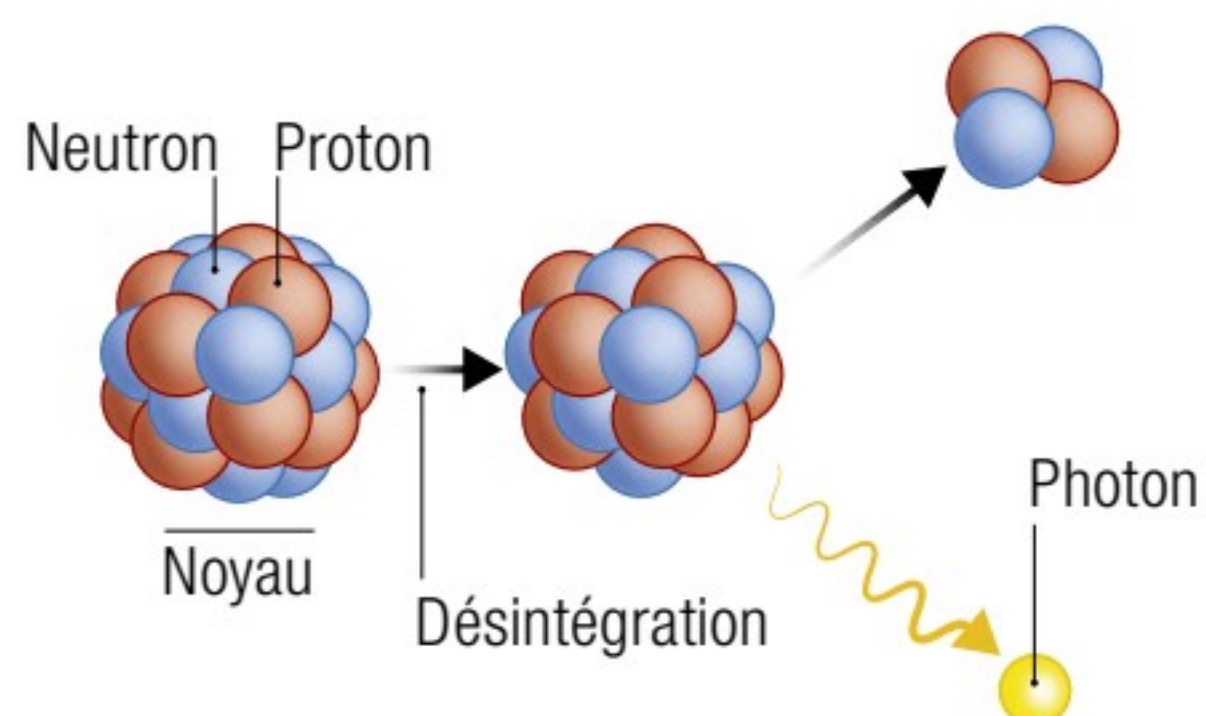
par le médecin américain Charles Campbell pour éliminer une tumeur rétinienne chez un patient.

D'UNE DISCIPLINE À L'AUTRE, DES APPLICATIONS TRANSVERSALES

À tel point que les technologies fondées sur la maîtrise de la lumière, qui constituent le domaine de la photonique, sont aujourd'hui

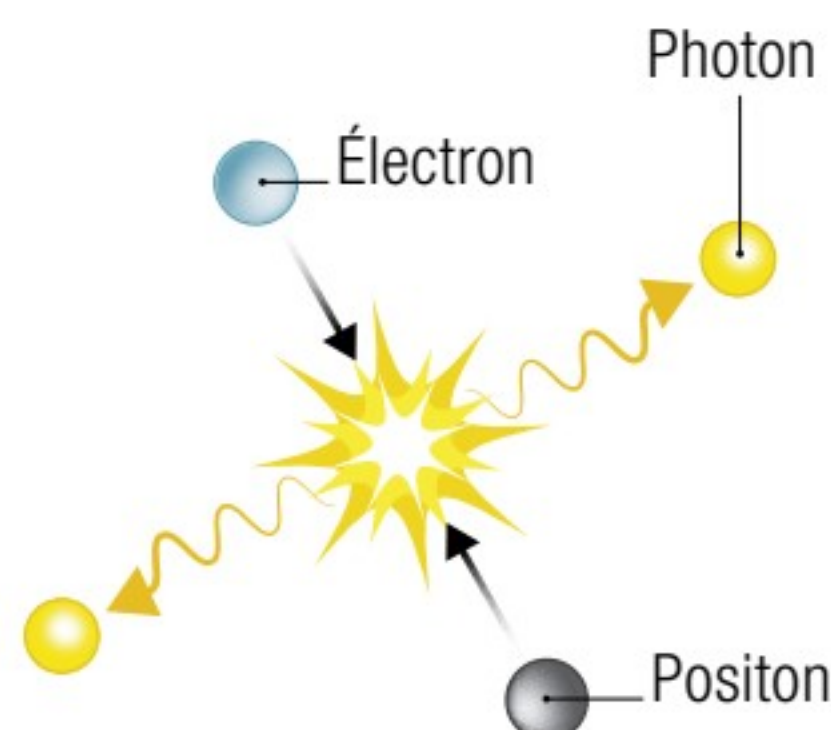
... d'une désintégration

Après certaines désintégrations radioactives, un noyau atomique évacue son excès d'énergie en émettant un photon gamma. Ces rayonnements très énergétiques sont utilisés en imagerie médicale et en radiothérapie.



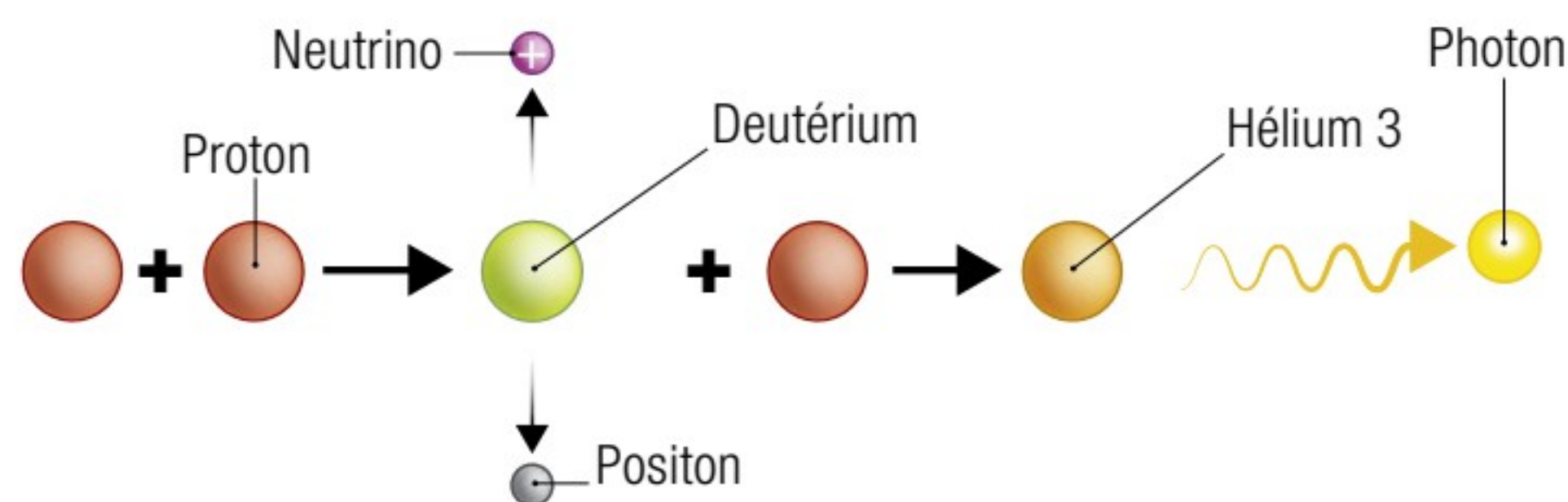
... d'une annihilation

Lorsqu'une particule rencontre son antiparticule (comme l'électron et le positon), elles s'annihilent et convertissent leur masse en photons. C'est ce qu'exploite la tomographie par émission de positons (TEP), un examen d'imagerie médicale.



... d'une fusion

Lorsque deux noyaux atomiques légers fusionnent pour former un noyau plus lourd, ils libèrent de l'énergie sous forme de rayonnement. C'est ce qui se produit au cœur du Soleil (*ci-dessous*).



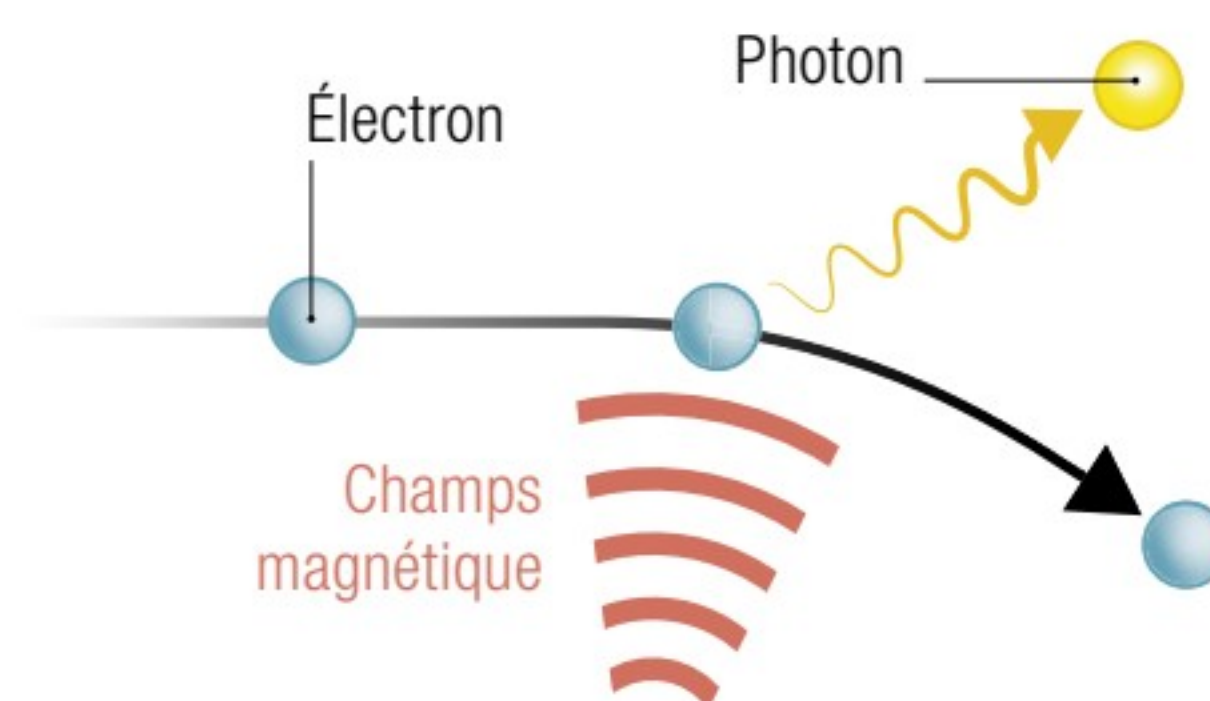
devenues incontournables dans notre quotidien : fibres optiques, écrans, appareils photo, lecteurs optiques, télécommunications, GPS, capteurs, etc. *"Imaginez un monde dans lequel nous n'aurions pas les connaissances, construites pas à pas depuis des siècles, sur la lumière : c'est une grande partie des technologies qui nous entourent*

qui simplement n'existerait pas", observe Christophe Daussy.

Cependant, même après deux millénaires de découvertes cruciales, la lumière est loin d'avoir livré tous ses secrets et demeure l'un des plus extraordinaires terrains d'exploration de la science. Certaines de ces technologies trouvent de nouvelles applications étonnantes, à l'ins-

... d'une accélération

Lorsqu'une particule chargée – un électron, par exemple – est accélérée par un champ magnétique, elle émet un rayonnement électromagnétique. Ce phénomène est à l'origine des ondes radio des antennes et de la lumière des synchrotrons.



tar des outils de télédétection spatiale qui ressuscitent désormais des peintures et des manuscrits que l'on pensait perdus à jamais. D'autres exploitent ses propriétés avec une finesse inédite, non plus seulement pour voir ou mesurer le monde, mais pour agir directement sur la matière et le vivant. *"Parce qu'elle peut être allumée ou éteinte instantanément, focalisée sur quelques nanomètres, modulée en longueur d'onde ou en intensité, elle est devenue un outil extraordinairement fin"*, souffle Steven Van Kesteren, chercheur en sciences des matériaux à l'École polytechnique fédérale de Zurich (ETH Zürich), en Suisse.

ET LA SCIENCE-FICTION DEVINT RÉALITÉ

Ainsi, des photons déclenchent la libération ciblée d'un médicament, éteignent la douleur, stimulent les défenses immunitaires d'une plante, détruisent des polluants réputés indestructibles et font même pousser des cristaux. Et d'autres promesses, qui auraient relevé de la science-fiction il y a encore quelques années, pointent déjà à l'horizon, de la propulsion spatiale par la lumière aux mystérieux biophotons émis par les cellules vivantes. Les pages qui suivent en révèlent quelques éclats. Alors, laissez-vous éblouir.

POUR LA SANTÉ, ELLE EST UN SOUTIEN

La lumière agit sur les traitements

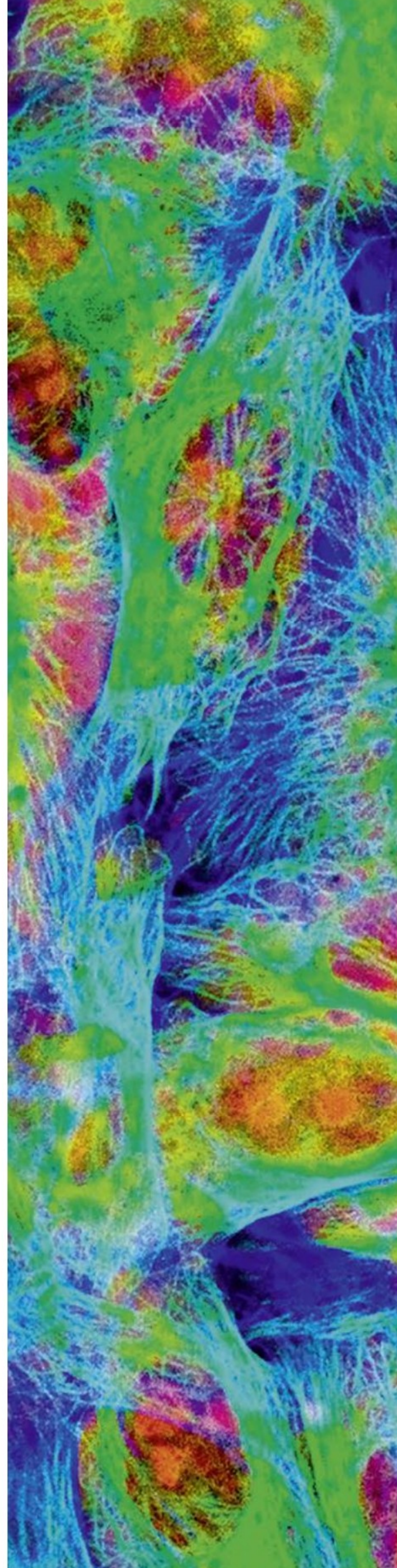
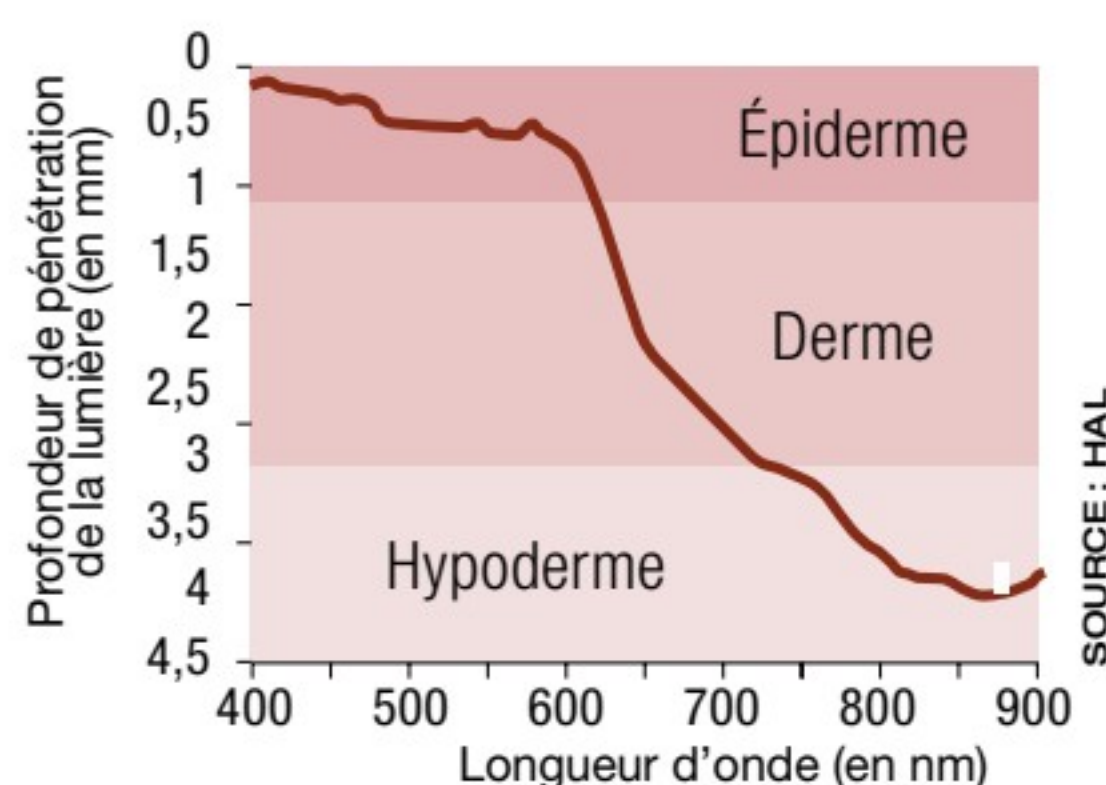
Comment faire en sorte qu'un médicament n'agisse que sur une zone précise et non de manière globale sur tout le corps où il pourrait entraîner des effets indésirables ? Pour y parvenir, plusieurs laboratoires ont développé des techniques de photopharmacologie – qui utilisent la lumière.

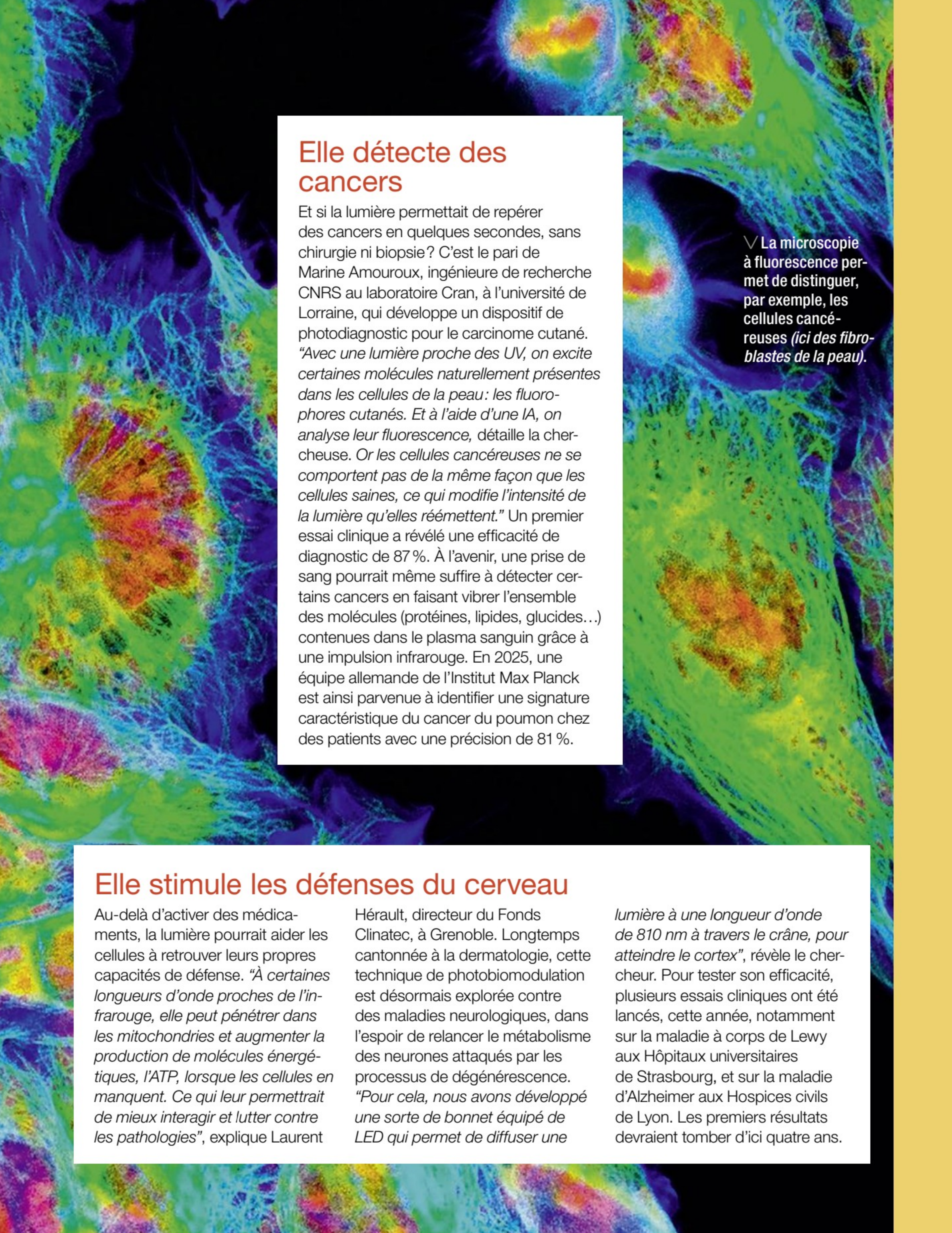
L'une des stratégies les plus avancées consiste à ajouter une sorte de cage chimique photosensible autour du médicament pour le maintenir inactif, puis à bombarder l'enveloppe avec un faisceau lumineux afin de la faire sauter et libérer la molécule. C'est la piste suivie par Alexandre Mourot, directeur de recherche à l'Inserm. Avec son équipe, le chercheur tente de délivrer de l'épibatidine directement dans le cerveau de souris en l'exposant à de la lumière via une fibre optique implantée. Le but ? Cette toxine de grenouille au puissant effet analgésique est soupçonnée d'avoir des effets bénéfiques pour traiter diverses dépendances (drogue, nicotine, etc.). L'activer uniquement dans le cerveau permettrait d'avoir les effets positifs sans provoquer de paralysie musculaire dans le reste du corps.

Une seconde voie repose sur des molécules capables de changer de forme et de s'activer plus ou moins sous l'effet de différentes longueurs d'onde. C'est ainsi que la société américaine Kiora Pharmaceuticals tente de restaurer la vision de patients atteints de rétinopathie pigmentaire – une maladie génétique qui détruit les cellules de la rétine. Les premiers résultats de l'essai clinique, publiés en avril dernier, sont encourageants : plusieurs participants ont retrouvé une perception lumineuse. *"L'objectif aujourd'hui est de cibler d'autres maladies, ailleurs dans le corps. Mais pour cela, il faut que l'on parvienne à amener la lumière autrement que par l'œil"*, pointe Alexandre Mourot. Car la plupart de ces molécules photosensibles réagissent à la lumière UV, qui pénètre très mal dans l'organisme – à quelques centaines de micromètres seulement. Les scientifiques cherchent donc à déplacer leur spectre d'absorption vers l'infrarouge, capable de traverser plusieurs centimètres de tissus. Les premiers médicaments photosensibles devraient arriver sur le marché durant la prochaine décennie.

Comment traverser la barrière de la peau ?

Les molécules photosensibles sont activées par les UV. Mais ceux-ci ne passent pas l'épiderme. Or les vaisseaux sanguins, où transitent les molécules, sont localisés plus profondément. Le défi ici est de développer des molécules sensibles à l'infrarouge, plus pénétrant.





Elle détecte des cancers

Et si la lumière permettait de repérer des cancers en quelques secondes, sans chirurgie ni biopsie ? C'est le pari de Marine Amouroux, ingénieure de recherche CNRS au laboratoire Cran, à l'université de Lorraine, qui développe un dispositif de photodiagnostic pour le carcinome cutané. *"Avec une lumière proche des UV, on excite certaines molécules naturellement présentes dans les cellules de la peau : les fluorophores cutanés. Et à l'aide d'une IA, on analyse leur fluorescence, détaille la chercheuse. Or les cellules cancéreuses ne se comportent pas de la même façon que les cellules saines, ce qui modifie l'intensité de la lumière qu'elles réémettent."* Un premier essai clinique a révélé une efficacité de diagnostic de 87 %. À l'avenir, une prise de sang pourrait même suffire à détecter certains cancers en faisant vibrer l'ensemble des molécules (protéines, lipides, glucides...) contenues dans le plasma sanguin grâce à une impulsion infrarouge. En 2025, une équipe allemande de l'Institut Max Planck est ainsi parvenue à identifier une signature caractéristique du cancer du poumon chez des patients avec une précision de 81 %.

✓ La microscopie à fluorescence permet de distinguer, par exemple, les cellules cancéreuses (ici des fibroblastes de la peau).

Elle stimule les défenses du cerveau

Au-delà d'activer des médicaments, la lumière pourrait aider les cellules à retrouver leurs propres capacités de défense. *"À certaines longueurs d'onde proches de l'infrarouge, elle peut pénétrer dans les mitochondries et augmenter la production de molécules énergétiques, l'ATP, lorsque les cellules en manquent. Ce qui leur permettrait de mieux interagir et lutter contre les pathologies"*, explique Laurent

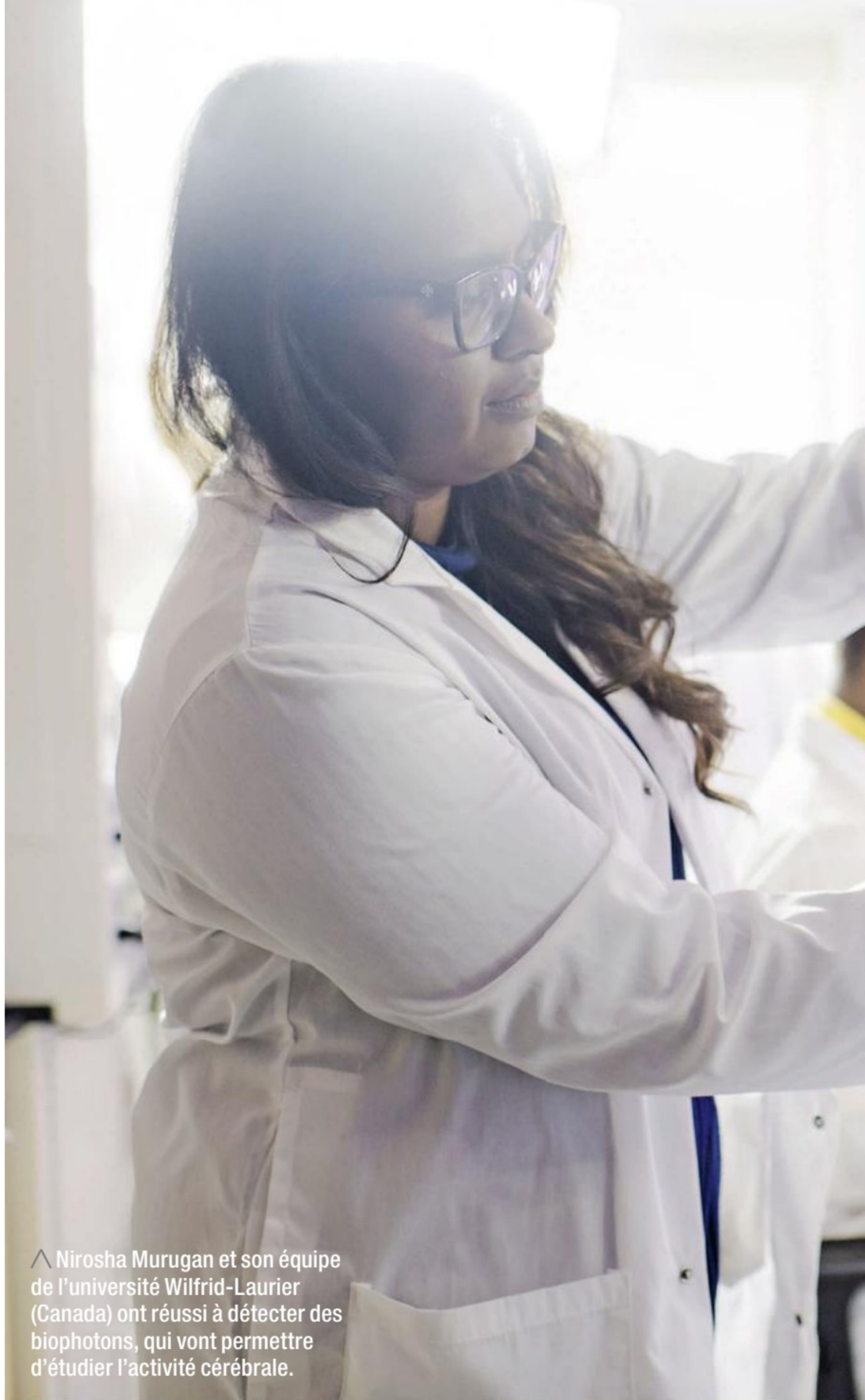
Hérault, directeur du Fonds Clinattec, à Grenoble. Longtemps cantonnée à la dermatologie, cette technique de photobiomodulation est désormais explorée contre des maladies neurologiques, dans l'espoir de relancer le métabolisme des neurones attaqués par les processus de dégénérescence. *"Pour cela, nous avons développé une sorte de bonnet équipé de LED qui permet de diffuser une*

lumière à une longueur d'onde de 810 nm à travers le crâne, pour atteindre le cortex", révèle le chercheur. Pour tester son efficacité, plusieurs essais cliniques ont été lancés, cette année, notamment sur la maladie à corps de Lewy aux Hôpitaux universitaires de Strasbourg, et sur la maladie d'Alzheimer aux Hospices civils de Lyon. Les premiers résultats devraient tomber d'ici quatre ans.

Elle calme la douleur

En étudiant chez des rongeurs une protéine appelée Traak – un canal ionique à l'effet inhibiteur présent chez la plupart des vertébrés, dont l'humain, qui réduit la sensation de la douleur quand il est activé –, une équipe du CNRS a découvert par hasard qu'elle s'activait sous une lumière UV. En éclairant quelques secondes la patte d'une souris, ils ont ainsi remarqué que cette dernière devenait trois fois moins sensible à la douleur pendant 6 heures! *"C'était complètement inattendu car normalement, seuls les yeux perçoivent la lumière, grâce à leurs photorécepteurs"*, raconte Guillaume Sandoz, de l'Université Côte d'Azur, qui a dirigé ces travaux publiés en janvier. Ici, le phénomène se produit grâce à un acide aminé, la méthionine, qui s'oxyde sous l'effet des UV et active la protéine, inhibant la transmission du message douloureux. *"Cette analgésie est plus efficace et durable que celle induite par un antidouleur classique"*, s'enthousiasme le chercheur. Cette nouvelle approche sans effet secondaire pourrait ainsi être utilisée pour soulager les rongeurs lors d'expérimentations précliniques. *"Malheureusement, ça ne fonctionne pas chez l'humain à cause d'une mutation qui fait que la méthionine est absente dans la séquence de Traak"*, précise Guillaume Sandoz. Son équipe cherche donc à développer des agents photomodulables capables de rendre la protéine Traak contrôlable par la lumière, afin d'induire l'effet analgésique chez les humains.

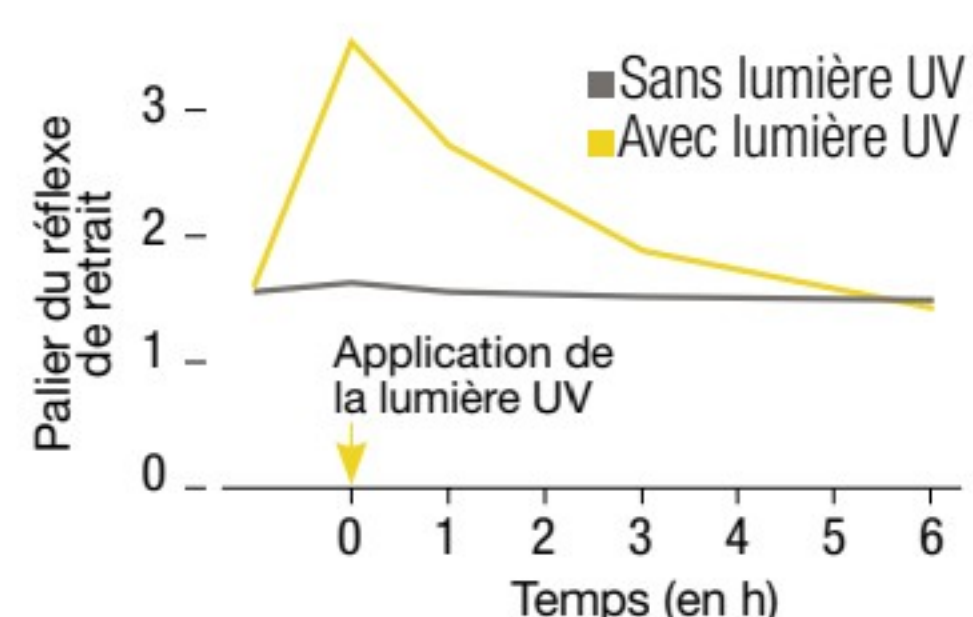
MURUGAN LAB, WILFRID LAURIER UNIVERSITY - S. JUNGERS



^ Nirosha Murugan et son équipe de l'université Wilfrid-Laurier (Canada) ont réussi à détecter des biophotons, qui vont permettre d'étudier l'activité cérébrale.

La lumière UV soulage la douleur chez les souris

Après avoir appliqué une lumière UV sur la patte d'un rongeur, des chercheurs du CNRS ont remarqué qu'ils devaient y appliquer une pression trois fois plus forte que d'habitude pour déclencher un réflexe de retrait.



SOURCE : NATURE COMMUNICATIONS



⚠ Celle des écrans dérègle notre horloge biologique

En s'appuyant sur plusieurs études, l'Anses a montré, en 2019, qu'une exposition le soir ou la nuit à la lumière de nos écrans, même à faible dose, suffit à perturber les rythmes biologiques et donc le sommeil. En effet, celle-ci stimule cent fois plus les récepteurs non-visuels – les cellules ganglionnaires – de la rétine que la lumière blanche d'une lampe, ce qui envoie un signal de jour à notre cerveau, inhibant la sécrétion de mélatonine, l'hormone du sommeil. C'est particulièrement le cas chez les enfants, dont le cristallin filtre moins la lumière.

Elle reflète notre activité cérébrale

Notre cerveau brille : *“Comme tous les systèmes vivants, il émet des photons, d'une intensité extrêmement ténue, qui résultent principalement des réactions chimiques au sein des mitochondries lorsqu'elles produisent de l'énergie”*, explique Nirosha Murugan, neuroscientifique à l'université Wilfrid-Laurier, au

Canada. En 2025, la chercheuse et son équipe ont ainsi pu détecter pour la première fois cette lumière cérébrale en plaçant sur le crâne d'une vingtaine de participants des détecteurs de photons ultrasensibles, capables de les compter un par un. Et, surprise, ces émissions neuronales de biophotons varient

selon les tâches cognitives réalisées et semblent corrélées aux rythmes enregistrés simultanément par électroencéphalographie. Autrement dit, cette lueur pourrait bien ouvrir une nouvelle fenêtre sur le fonctionnement du cerveau, voire de nouvelles pistes de diagnostics, moins lourdes qu'une IRM.

La lumière renforce l'immunité des plantes

Stimuler les défenses naturelles des cultures grâce à de rapides flashes d'ultraviolets : c'est l'idée de la start-up française UV Boosting. *"Une forte dose de cette lumière peut provoquer des dommages sur les plantes. Pour se défendre, elles produisent alors de l'acide salicylique, une phytohormone impliquée dans la réponse aux maladies et aux stress environnementaux"*, révèle François Sement, directeur scientifique d'UV Boosting. Répétée quatre à six fois par saison, cette stimulation entraîne ainsi la plante à mobiliser plus rapidement ses défenses lorsqu'un stress survient. Sur la vigne, par exemple, elle permet de réduire en moyenne de 41 % la survenue de maladies comme le mildiou, et d'augmenter les rendements de 13 %. *"Il semble que les plantes de la famille des rosacées, comme les pommiers, y répondent mieux encore"*, s'enthousiasme le spécialiste, qui teste désormais le procédé sur les cultures maraîchères. Cette technique permet déjà de réduire l'utilisation de pesticides jusqu'à 50 %.

POUR L'ENVIRONNEMENT, ELLE EST UN ALLIÉ

^ Dans le laboratoire de Garret Miyake (université du Colorado), les chercheurs ont mis au point un photocatalyseur capable de détruire des PFAS.

Elle détruit les PFAS dans l'eau

Grâce à la solidité exceptionnelle de leurs liaisons carbone-fluor, les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées – les PFAS – résistent presque à tout. Problème, elles s'accumulent dans l'environnement et constituent un risque sanitaire : cancers, maladies endocriniennes, etc.

Mais voilà que des chercheurs semblent avoir trouvé une solution prometteuse contre ces polluants éternels : la photocatalyse. *"Une découverte a tout bouleversé il y a*

dix ans : au lieu d'essayer d'oxyder les PFAS, nous avons commencé à les réduire grâce à des électrons hydratés – des électrons libres entourés de molécules d'eau – générés sous l'effet des UV. Depuis, le domaine a connu un essor spectaculaire", retrace Jun Lou, de l'université Rice, aux États-Unis. L'enjeu est désormais de mettre au point des photocatalyseurs à la fois efficaces, durables et non toxiques.

En 2025, son équipe a ainsi développé un matériau sans métal asso-

ciant un plastique poreux et du nitrure de bore. D'autres chercheurs américains ont aussi conçu, en 2024, un photocatalyseur organique fonctionnant avec de simples LED bleues. *"Selon les approches, on arrive à détruire entre 85 et 99 % des PFAS en laboratoire"*, révèle Jun Lou. Reste à démontrer leur efficacité en conditions réelles, dans des eaux où ces polluants sont présents à d'infimes concentrations et mélangés à de nombreuses autres substances.



⚠ Elle mixe les plastiques flottants en cocktail chimique

Une étude chinoise menée en 2025 a montré que les rayons du soleil provoquent la libération de matière organique dissoute – un mélange complexe de molécules carbonées – lorsqu'ils dérivent dans l'océan et les rivières. Sauf que voilà, certaines de ces molécules comme les phtalates – des additifs pour assouplir les plastiques –, l'alcool, les carboxylates ou les fragments de polymères perturberaient l'activité microbienne et les cycles des nutriments dans les écosystèmes aquatiques.

Elle va au-delà du recyclage

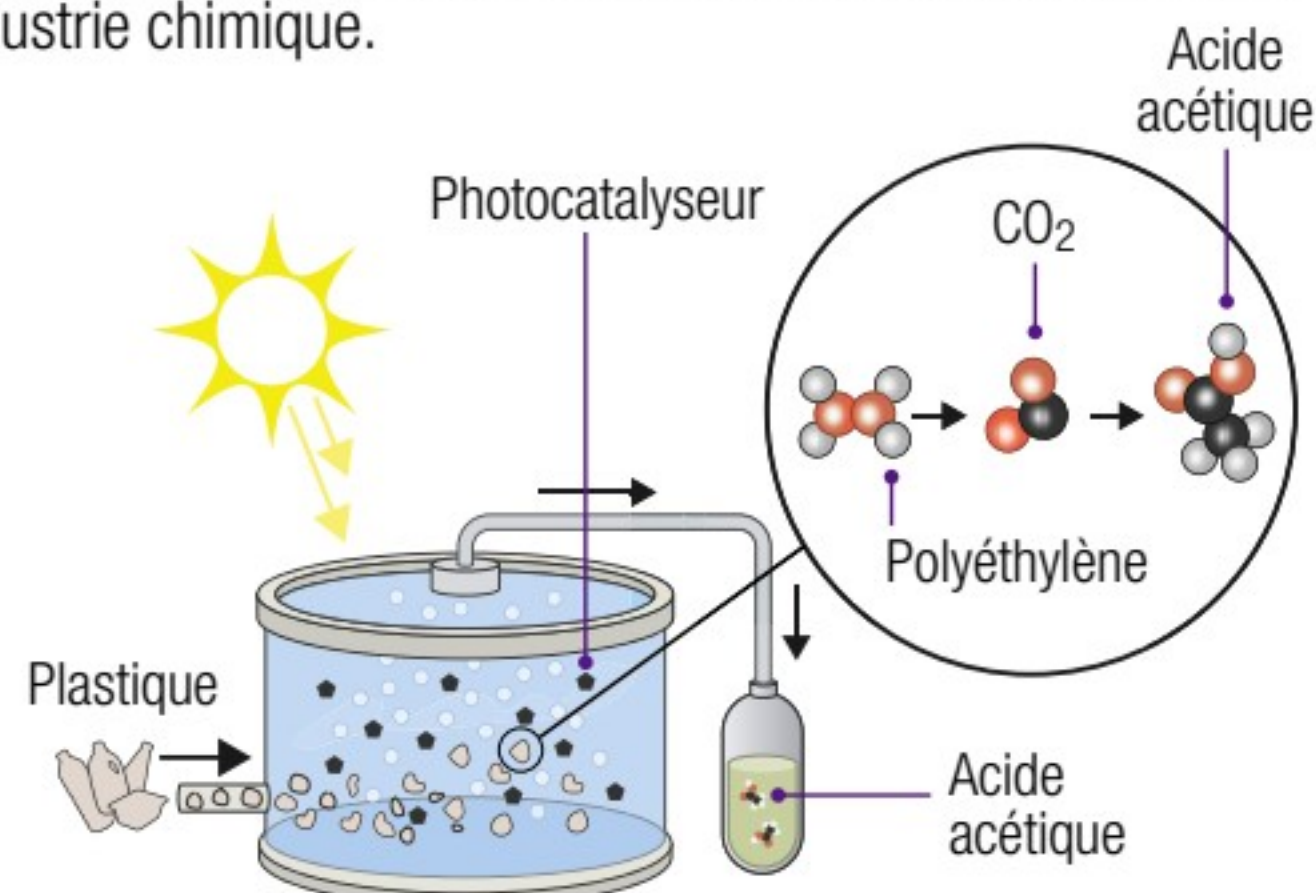
Longtemps étudiée pour ses effets délétères sur les polymères, la lumière solaire est désormais envisagée comme outil pour leur donner une seconde vie. *“Ces constituants du plastique étant riches en carbone et en hydrogène, nous cherchons à réutiliser leurs atomes pour fabriquer de nouvelles molécules utiles”*, confirme Xiaoguang Duan, chimiste à l'université d'Adélaïde, en Australie. Le procédé, appelé photoréformage solaire, repose sur des photocatalyseurs : des matériaux capables d'absorber la lumière et de déclencher la fragmentation des longues chaînes de polymères. Cette réaction permet notamment de produire efficacement du dihydrogène ainsi que de l'acide acétique, une matière première industrielle importante pour fabriquer des adhésifs, des revêtements ou encore des solvants.

Des chercheurs de l'université canadienne de

Waterloo sont notamment parvenus, en 2025, à produire de l'acide acétique grâce à un catalyseur en nitrure de carbone dopé au fer : en exposant le dispositif au rayonnement solaire, celui-ci permet de produire du peroxyde d'hydrogène qui génère des radicaux libres – des molécules instables qui arrachent les électrons aux substances environnantes. Ces radicaux décomposent alors les polymères en molécules plus petites, jusqu'à devenir du dioxyde de carbone, puis de l'acide acétique. *“Des procédés similaires pourraient s'appliquer aux déchets alimentaires, textiles ou papier, également riches en carbone, avance Xiaoguang Duan, qui entrevoit une application industrielle à grande échelle d'ici à 2050. À condition d'améliorer la durabilité des catalyseurs.”* Car, pour l'heure, ils résistent encore mal dans le temps aux réactions chimiques agressives.

La lumière réemploie le carbone du plastique

En exposant un catalyseur en nitrure de carbone dopé au fer à la lumière du soleil, des chercheurs canadiens ont réussi à transformer des polymères plastiques en acide acétique, utilisé par l'industrie chimique.



EN MÉCANIQUE, ELLE EST UN OUTIL

La lumière est un moyen de propulsion spatiale

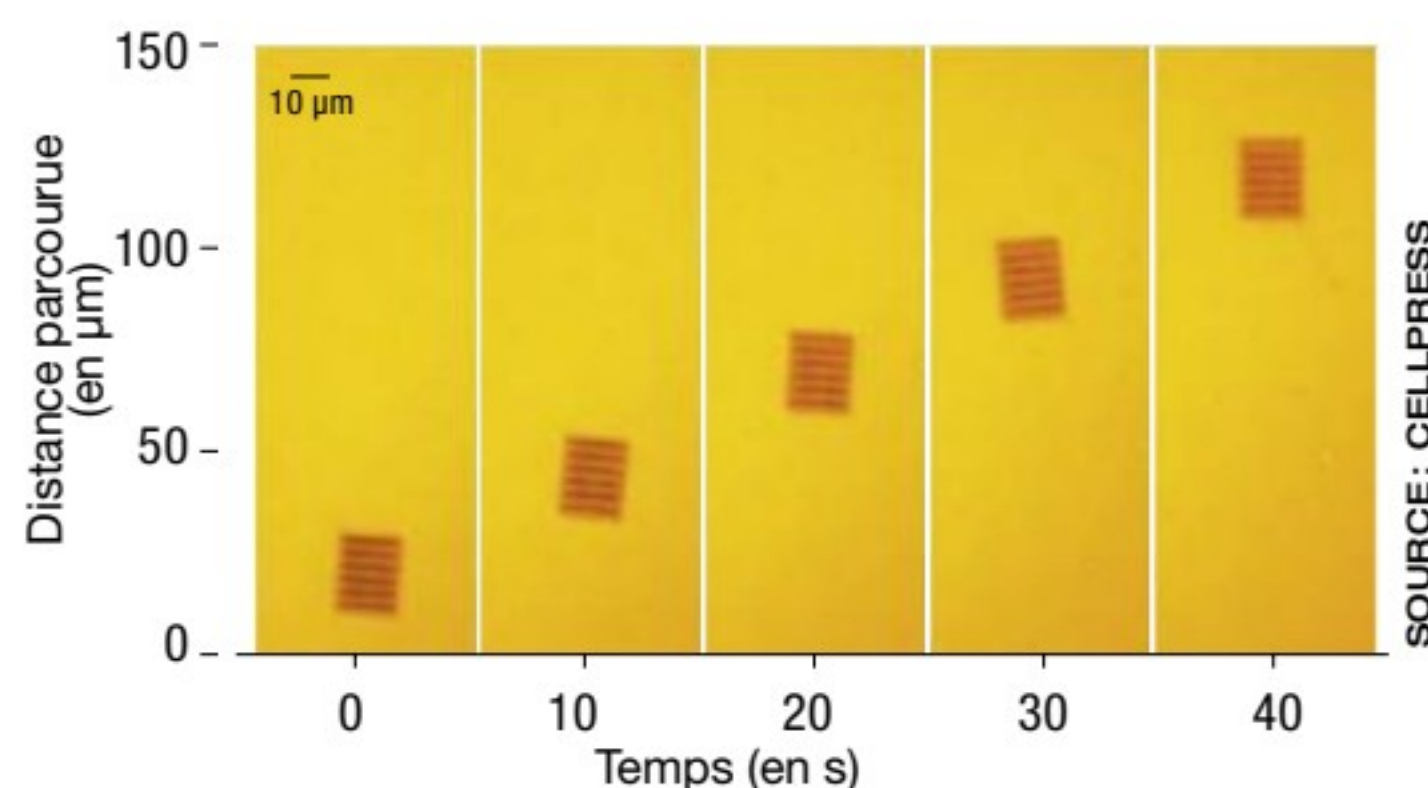
Pousser un engin spatial grâce à la lumière : l'idée fascine depuis longtemps. *"On n'aurait plus besoin d'embarquer des tonnes de carburant, ce qui nous permettrait de voyager plus loin"*, s'émerveille Stephen Parman, planétologue à l'université Brown, aux États-Unis. Avec son équipe, il mène un projet de voile solaire – un dispositif de propulsion utilisant la force du rayonnement du Soleil pour se déplacer. Mais l'un des défis reste de contrôler finement l'orientation de cette poussée lumineuse. Pour cela, les chercheurs pourraient miser sur les métasurfaces : des matériaux ultra-fins gravés de motifs nanométriques capables de rediriger la lumière avec une très grande précision, à la manière de lentilles.

Une équipe de l'université américaine Texas A&M est récemment parvenue à faire léviter et avancer des structures nanométriques, fabriquées à partir de ces matériaux, dans toutes les directions, sous l'effet d'un laser. Ce principe pourrait en théorie être transposé à des vaisseaux spatiaux, à condition de disposer d'une source lumineuse assez puissante. *"Peut-être en installant des lasers sur la Lune"*, avance Stephen Parman. En théorie, cette technologie permettrait d'atteindre Mars en quelques heures seulement, contre quelques mois avec nos fusées actuelles !

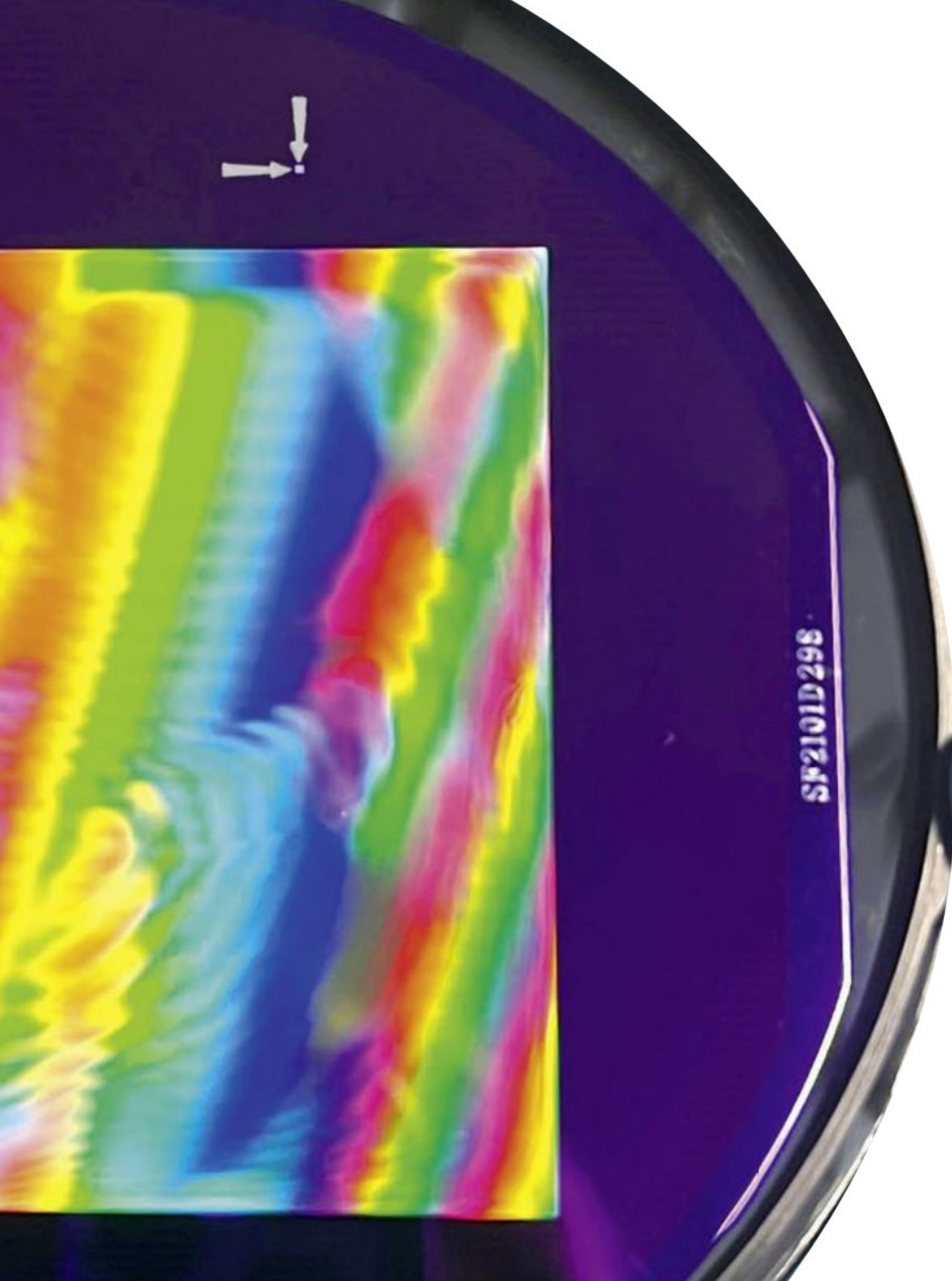
NORTE LAB, TU DELFT/BESSA LAB, BROWN UNIVERSITY - S. JUNGERS

La lumière pilote des métajets

En éclairant avec un laser leur structure fabriquée à partir de métasurfaces – un matériau capable de rediriger très finement la lumière –, des chercheurs américains ont réussi à le faire déplacer à près de 5 $\mu\text{m/s}$, soit environ 2 cm/h.



^ Une voile ultra-fine qui capterait l'énergie solaire pour faire avancer un engin spatial : un projet élaboré à l'université Brown (États-Unis).



Elle structure les cristaux

C'est ce qu'a récemment découvert une équipe de l'université de New York, aux États-Unis, en ajoutant des molécules sensibles à la lumière, appelées photoacides, à un liquide contenant des colloïdes –des particules microscopiques en suspension. *“Lorsqu'ils sont éclairés en bleu ou en vert, les photoacides se réorganisent avec une partie hydrophile et une autre hydrophobe, capable de modifier la charge électrique de surface des colloïdes et de provoquer leur cristallisation”*, détaille Steven Van Kesteren,

coauteur de l'étude. En modulant l'intensité et la durée de l'éclairage, les chercheurs ont ainsi pu ajuster la façon dont les particules s'attirent et se repoussent, de manière à diriger avec précision la construction de l'édifice cristallin... qui s'effondre dès lors que la lumière s'éteint.

Pour les chercheurs, cette approche pourrait permettre de concevoir des revêtements optiques reconfigurables à l'infini, des capteurs photo intelligents ou encore des écrans nouvelle génération.

Elle module la matière

Et si un simple rayon de lumière suffisait à donner vie à un matériau ? C'est ce qu'expérimentent Nicolas Giuseppone et son équipe, à l'université de Strasbourg, à l'aide de moteurs moléculaires. *“En absorbant l'énergie lumineuse, bien souvent dans l'UV, ces petites molécules artificielles se mettent à tourner dans le même sens –comme les roues d'une voiture–, ce qui permet d'en extraire un travail mécanique”*, explique le chercheur. En combinant ces moteurs avec des chaînes de polymères, ce mouvement peut se propager de l'échelle de la molécule jusqu'à celle du matériau tout entier. *“On pourrait ainsi imaginer des sortes de muscles artificiels capables de se contracter sous l'effet de la lumière destinés au domaine de la robotique souple”*, avance Nicolas Giuseppone.

Plus surprenant encore : les chercheurs ont récemment découvert que l'activation lumineuse de ces moteurs moléculaires permettait à un matériau amorphe –dont les molécules ne sont pas ordonnées– de s'auto-organiser. *“Alors que, généralement, pour organiser la matière, on supprime le mouvement, en la refroidissant par exemple”*, poursuit le chimiste. Cette nouvelle approche confère ainsi à la matière une capacité d'autoréparation : si elle redevient amorphe suite à un dommage, il suffit d'une nouvelle impulsion lumineuse pour que les moteurs moléculaires reconstituent sa structure fonctionnelle.

De quoi entrevoir des matériaux actifs capables de s'adapter à des changements dans leur environnement. *“On se rapproche de ce qui se passe dans le vivant”*, se réjouit Nicolas Giuseppone. Ces moteurs moléculaires pourraient, par exemple, trouver des applications en médecine, pour guider des médicaments jusqu'à leur cible.

ET ELLE EST BIEN PLUS QUE ÇA

Elle révèle les peintures et les manuscrits effacés

Créées pour étudier les planètes et les étoiles, les technologies de télédétection spatiale révolutionnent désormais l'archéologie. En France, l'imagerie hyperspectrale a récemment révélé, dans la grotte Mayenne-Sciences (Pays de la Loire), des peintures rupestres vieilles d'au moins 26 000 ans devenues invisibles sous un voile de calcite ou effacées par le temps! *"Contrairement à un appareil photo classique, la caméra hyperspectrale enregistre la signature lumineuse de chaque point de la paroi afin d'identifier les molécules présentes. On peut ainsi distinguer la roche, la calcite et les matières colorantes du dessin"*, explique Romain Lahaye, archéologue et coauteur de l'étude.

EDUCELAB Sur le même principe, l'imagerie multi-spectrale ressuscite les textes originaux des palimpsestes, ces manuscrits qui ont

été effacés afin de pouvoir écrire à nouveau dessus. En les éclairant sous toutes les coutures avec différentes longueurs d'onde puis en combinant les images grâce à des algorithmes, les chercheurs font réapparaître des encre presque entièrement disparues des siècles plus tôt. *"Il y a cinq ans encore, la communauté n'imaginait pas que ce serait possible de déchiffrer un jour les palimpsestes les plus abîmés, qui ont été atrocement défigurés par des réactifs chimiques au XIX^e siècle censés les rendre plus lisibles"*, souffle Victor Gysembergh, du centre Léon-Robin. En 2023, son équipe a ainsi récupéré des fragments d'un traité d'astronomie de Ptolémée datant du VI^e siècle et espère prochainement percer le secret de la page perdue du palimpseste d'Archimède, datant du X^e siècle et récemment identifiée à Blois.

△ Que révélera le laser qui, à l'Institut de France, scanne ce parchemin calciné provenant d'Herculanum ?

Elle est déjà une arme

Ce n'est plus de la science-fiction : après des décennies de recherche, les armes laser quittent les laboratoires pour entrer dans les arsenaux militaires. La plupart des modèles, dont le DragonFire qui équipera la Royal Navy britannique en 2027, ou encore le Syderal attendu dans l'armée française d'ici à 2030, ont été conçus pour générer des faisceaux de plusieurs dizaines de kilowatts... de quoi abattre instantanément des drones. En gagnant en puissance, ils pourront même neutraliser des missiles : c'est l'objectif du Pentagone, qui vient de lancer le développement d'un canon laser d'une puissance inédite de 500 kW ! Le principal atout est économique puisque cette technologie viendrait remplacer les missiles de défense sol-air, très onéreux. Reste que ces armes sont encore très sensibles aux conditions météorologiques, qui limitent leur portée.

Elle dope les performances de l'IA

À mesure que les modèles d'intelligence artificielle gagnent en puissance, leur consommation énergétique explose. D'où l'idée de remplacer les électrons par des photons pour les faire fonctionner. *"La lumière permet déjà de transporter de l'information de manière économique et très efficace, sans dissipation, dans les data centers,* pointe Sylvain Gigan, physicien à Sorbonne Université. *Désormais, l'idée c'est d'aller plus loin et de s'en servir pour faire des opérations, notamment des multiplications de matrices, la brique de base des réseaux de neurones. C'est un domaine de recherche très actif et les start-up fleurissent."* Pour faire sortir ces puces des labos, reste à intégrer efficacement les circuits photoniques aux composants électroniques, encore indispensables pour une partie des calculs.

Elle révèle les crises depuis l'espace

Pendant des décennies, les scientifiques ont utilisé des images satellite annuelles pour étudier l'éclairage nocturne en tant qu'indicateur de développement économique. *"Grâce à notre nouvel algorithme, qui traite les données satellite quotidiennes, nous pouvons maintenant analyser ces variations lumineuses en temps réel et prendre en quelque sorte le pouls des sociétés",* révèle Zhe Zhu, géographe à l'université du Connecticut, aux États-Unis. De quoi identifier une extinction brutale de l'éclairage dans une ville ou un quartier, provoquée par le déclenchement d'une guerre ou le passage d'un ouragan. *"Cela pourrait permettre aux organismes d'aide de cartographier instantanément l'ampleur de la catastrophe et de définir les priorités pour l'acheminement des ressources, sans devoir attendre des rapports de terrain",* pointe le chercheur, qui collabore actuellement avec la Nasa pour créer un système d'alerte opérationnel.

ELLE EST DÉTOURNÉE PAR LES **CHARLATANS**



La physique des ondes étant complexe, on leur fait dire n'importe quoi

SÉBASTIEN **POINT**, ingénieur-physicien dans l'industrie de la défense et spécialiste des technologies électriques et optiques et des effets biologiques des rayonnements électromagnétiques

Science&Vie: Pourquoi la lumière inspire-t-elle autant les pseudo-sciences ?

Sébastien Point: Les promoteurs des thérapies énergétiques raffolent des ondes, parce qu'elles reposent sur une physique complexe. Ils peuvent donc leur faire dire à peu près n'importe quoi. La lumière présente en plus l'avantage d'être visible : sans forcément la comprendre, on a l'impression de la maîtriser parce qu'on peut la diriger sur son corps en espérant qu'elle agisse sur sa santé et son bien-être, ce qui participe à une sorte d'effet placebo "high-tech". C'est sans doute l'une des raisons pour lesquelles les pseudo-thérapies basées sur la lumière et les lampes qui y sont associées se développent autant.

S&V: À quoi les reconnaît-on ?

S.P.: Bien souvent, elles détournent le jargon scientifique en le mélangeant avec des concepts ésotériques. Surtout, elles se passent de validation expérimentale en s'ap-

puvant uniquement sur le ressenti du patient, par nature subjectif, voire biaisé. Prenez l'acupuncture laser : elle détaille très sérieusement la valeur de la fluence – autrement dit, la quantité d'énergie par centimètre carré – à appliquer pour stimuler au mieux les points d'acupuncture. Sauf que ces derniers, sur lesquels repose toute la démarche, n'ont jamais été démontrés. Cette absence de fondement scientifique est masquée par une couche de sophistication technologique.

S&V: Sans compter les promesses de ces pratiques, qui peuvent mettre la puce à l'oreille...

S.P.: Tout à fait, car les véritables applications médicales de la lumière sont très ciblées. On sait, par exemple, pourquoi la lumière bleue traite la jaunisse du nourrisson, ou quels sont les effets thermiques, mécaniques ou photochimiques des lasers. Même la luminothérapie repose aujourd'hui sur des méca-

nismes biologiques bien décrits. À l'inverse, les pseudosciences prétendent souvent agir sur tout l'organisme, avec des arguments très approximatifs. C'est typiquement le cas de la chromothérapie, qui promet que l'utilisation de différentes lumières colorées peut nous guérir d'à peu près n'importe quel type de problème. On nous explique que telle couleur agit sur tel organe, sans préciser le mécanisme ou même définir





physiquement cette couleur. Or, en optique, un jaune, par exemple, peut correspondre à une seule longueur d'onde ou à un mélange de plusieurs. Visuellement, ce peut être indiscernable, mais physiquement ce n'est pas du tout la même chose. D'ailleurs, les lampes vendues pour la chromothérapie produisent des spectres très différents, tout en revendiquant les mêmes effets. Cette imprécision est révélatrice.

S&V: Que penser des masques à lumière rouge, très en vogue : est-ce un autre exemple d'arnaque ?

S.P.: Je dirais qu'ils entrent dans une troisième catégorie. Entre les applications validées et les pseudo-sciences, il existe une sorte de zone grise où la science est en train de se faire. Or certains entrepreneurs peuvent extrapoler trop rapidement, par intérêt commercial, des résultats préliminaires qui ne donneront peut-

être rien. Cela a par exemple été le cas avec les lunettes prétendument anti-lumière bleue, à l'époque où des travaux menés sur des rats, dont les yeux se comportent différemment des nôtres, suggéraient que cette lumière pouvait être nocive pour la rétine. Finalement, les études ont montré que les LED bleues ne présentent pas de risque pour l'œil adulte dans le cadre d'un usage normal. C'est un peu pareil pour ces masques qui se basent sur la photobiomodulation. C'est un domaine de recherche très actif, mais les études sont encore de qualité inégale et les mécanismes restent discutés.

S&V: En plus d'être inefficaces, quels dangers peuvent présenter ces pratiques ?

S.P.: Une source lumineuse peut présenter un risque photobiologique selon l'intensité, la distance et la durée d'exposition. Or certaines pseudo-thérapies demandent de fixer des lumières intenses de très près, sans aucun contrôle, ce qui peut entraîner des lésions de la rétine. La phosphénologie, par exemple, prétend ainsi stimuler les capacités cognitives en partant du postulat que le développement cérébral de l'espèce humaine serait lié à l'observation du feu. C'est particulièrement préoccupant – et dangereux – pour les enfants, à qui on peut demander de regarder le soleil tout en récitant des leçons pour, soi-disant, faciliter la mémorisation...

Propos recueillis par L.G.



POUR LES **CHERCHEURS**, ELLE EST UNE SOURCE INÉPUISABLE D'INSPIRATION

Les applications impliquant la lumière ont beau se multiplier, elle reste un mystère. Notamment à cause du comportement erratique des photons.

Tantôt actrice, tantôt révélatrice, en plus d'être une source d'énergie inépuisable... La lumière ne cesse d'insuffler de nouvelles applications dans une multitude de domaines, dont ces quelques pages n'offrent qu'un aperçu. Mais derrière cette maîtrise grandissante, se cachent des contradictions qui continuent de tourmenter les scientifiques. *"La lumière est l'un des objets d'étude en physique pour lequel nous avons probablement les théories les plus avancées pour confronter les résultats de nos calculs et expériences. Pourtant, il subsiste des questions fondamentales comme son unification avec la théorie de la gravitation"*, souligne Christophe Daussy, de l'université Sorbonne Paris

Nord, qui met cette constante fondamentale à l'épreuve dans ses expériences grâce à des horloges atomiques. Surtout, elle continue de défier notre intuition. *"Cela reste toujours assez compliqué d'interpréter la nature profonde de ces photons"*, poursuit le physicien.

Pour mieux les comprendre encore, les chercheurs n'hésitent pas à les pousser dans leurs retranchements. Dans leurs laboratoires, ils les ralentissent, les piègent, et même... les coupent. L'idée peut sembler complètement absurde puisque cette particule élémentaire est, par définition, indivisible. Mais une équipe norvégienne de l'université d'Oslo a récemment tenté l'expérience en simulant l'interception d'un paquet d'ondes par un obtu-

rateur optique – un miroir ultrarapide – capable de se fermer précisément au milieu de leur trajectoire. Et, surprise, *"ce phénomène génère un essaim de photons, dont le nombre dépend de la vitesse de l'obturateur : plus il opère vite, plus il y en a, en théorie jusqu'à une infinité"*, révèle Johannes Skaar, coauteur de l'étude.

NOUVEAUX ÉTATS QUANTIQUES

D'autres équipes cherchent, quant à elles, à faire interagir les photons, qui normalement s'ignorent, au sein de matériaux non linéaires – un milieu où la réponse physique n'est pas proportionnelle à l'intensité lumineuse appliquée. De quoi plonger la lumière dans de nouveaux états quantiques. *"Il y a envi-*



ron quinze ans, on a ainsi démontré qu'elle peut interagir comme un superfluide, c'est-à-dire se déplacer autour de particules de poussières sans se diffuser, un peu comme une rivière qui passerait autour d'une pierre sans faire de vagues, explique Alberto Amo, directeur de recherche CNRS au Laboratoire de physique des lasers, atomes et molécules de Lille. Et, récemment, on a remarqué que si l'on modifie davantage l'interaction, les photons se comportent comme un supersolide : ils s'attirent entre eux afin de former un cristal tout en conservant les propriétés d'un superfluide." C'est ce qu'a montré pour la première fois une équipe internationale menée par des chercheurs italiens du CNR en 2025. Plus fascinant encore : "Les

équations prédisent que même dans le vide, deux faisceaux lumineux devraient pouvoir interagir. Cela n'a encore jamais été prouvé, car il faut des photons gamma de très haute énergie, mais certaines équipes s'y essaient", s'enthousiasme le chercheur.

Ces nouvelles façons de jouer avec la lumière ouvrent ainsi d'inédites perspectives de recherche. "Cet état supersolide va nous permettre de mieux comprendre comment elle interagit avec la matière", illustre Alberto Amo. Et, qui sait, peut-être ces curieuses expériences feront-elles un jour surgir d'autres pouvoirs insoupçonnés ? En attendant, la prochaine révolution de la lumière se profile déjà. "Après avoir appris à générer et exploiter des flux

importants de photons jusqu'au XX^e siècle, l'enjeu est désormais de contrôler les états quantiques de la lumière et la matière à l'échelle individuelle : un seul photon, un seul atome... Ce qui est encore très difficile à faire pour un usage massif, car ces expériences sont extrêmement sensibles à leur environnement. Mais les progrès sont rapides", souffle Christophe Daussey.

Cette maîtrise est la clé des technologies quantiques de demain. De quoi simuler le comportement de matériaux impossibles à étudier autrement, résoudre des problèmes d'optimisation hors de portée des ordinateurs actuels, ou encore rendre les communications inviolables. Et nous ne sommes sans doute pas au bout de nos surprises.



RONALDO SCHEMIDT/AFP - M. TUMELAIRE

^ Le Crew Health and Performance Exploration Analog de la Nasa, à Houston, est conçu pour simuler des missions d'une année. Cette structure imprimée en 3D peut loger quatre astronautes.



Voyage vers Mars

Comment ne pas s'entre-tuer ?

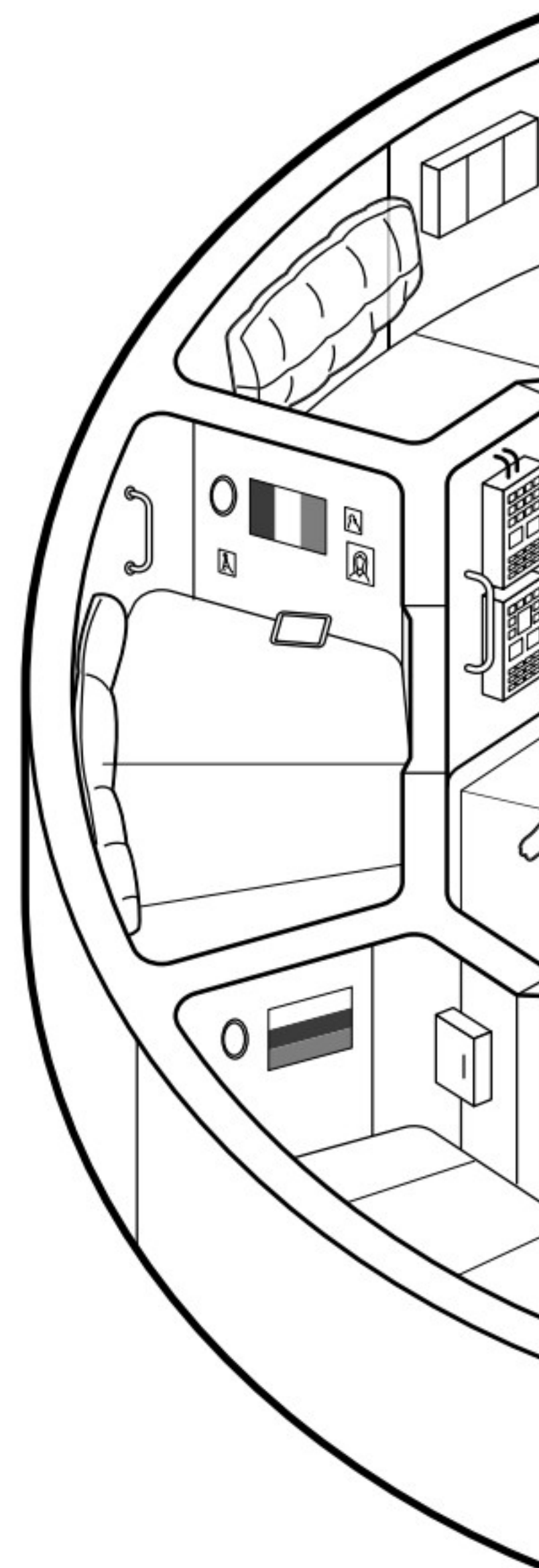
Au nombre des risques majeurs à anticiper sur une mission spatiale, ceux liés au facteur humain figurent en bonne place. Surtout quand on entreprendra un voyage de trois ans vers Mars. Les agences multiplient répliques et simulations pour les astronautes.

Depuis le 19 octobre 2025, quatre volontaires –deux hommes et deux femmes– vivent enfermés dans Mars Dune Alpha, une base à Houston (États-Unis), construite pour simuler les trajets et la vie sur Mars. Ils en sortiront le 31 octobre 2026... changés. Le but de cette expérience? Se confronter aux défis psychologiques qui se présenteraient à nous en cas de voyage vers la Planète rouge et de vie sur place. Car c'est la grande inconnue: dans une telle mission, les aspects scientifiques et techniques auront beau être réglés au millimètre, tout pourrait virer au cauchemar en un instant à cause du facteur humain. Incompatibilité de caractères, rivalité amoureuse, dépression destructrice, accidents, mort inexplicable... Le nombre de basculements possibles augmente avec la durée de la mission. Or poser le pied sur Mars et revenir implique trois ans de voyage, selon les estimations de la Nasa, dont la moitié dans l'espace. Trois ans collés les uns aux autres.

Bref: la bonne cohabitation des équipages sur de longues périodes n'est pas à négliger. Pour éviter le pire, des spécialistes analysent systématiquement les retours d'expériences d'astronautes, notamment ceux de la Station spatiale internationale. Et dans des bases se

voulant analogues aux environnements spatiaux, comme Fmars en Arctique, Concordia en Antarctique et, aux États-Unis, Mars Desert Research Station (en Utah) ou encore la plus poussée d'entre elles, Mars Dune Alpha, des humains sont coupés du monde pour étude, et ce depuis quelques années.

Avec quelles conclusions? Les craintes des chercheurs sont justifiées. *"Dans ces stations analogues, nous avons observé des disputes, des conflits, des situations qui ont mal tourné,* pointe Jelena Brcic, psychologue à l'université de la Vallée de Fraser (Canada), qui collabore avec l'Agence spatiale canadienne. *Certaines expériences ont dû être interrompues, et il est même arrivé que l'on rapatrie des participants avant la fin de leur mission. Sauf que dans l'espace, cette option n'existe pas..."* En observant le naufrage de ces équipages, les chercheurs ont identifié les principales menaces qui planent sur les communautés spatiales: l'ennui, le repli sur soi, les symptômes dépressifs accentués par le stress, ou encore la formation de clans. Et dégagé les grands principes qui, au contraire, tendent à renforcer le groupe et aident à former un équipage solide –le *"right stuff"*, comme le surnomment les spécialistes... Soufflez un coup et entrez dans la station. Ce n'est qu'un test –pour l'instant.

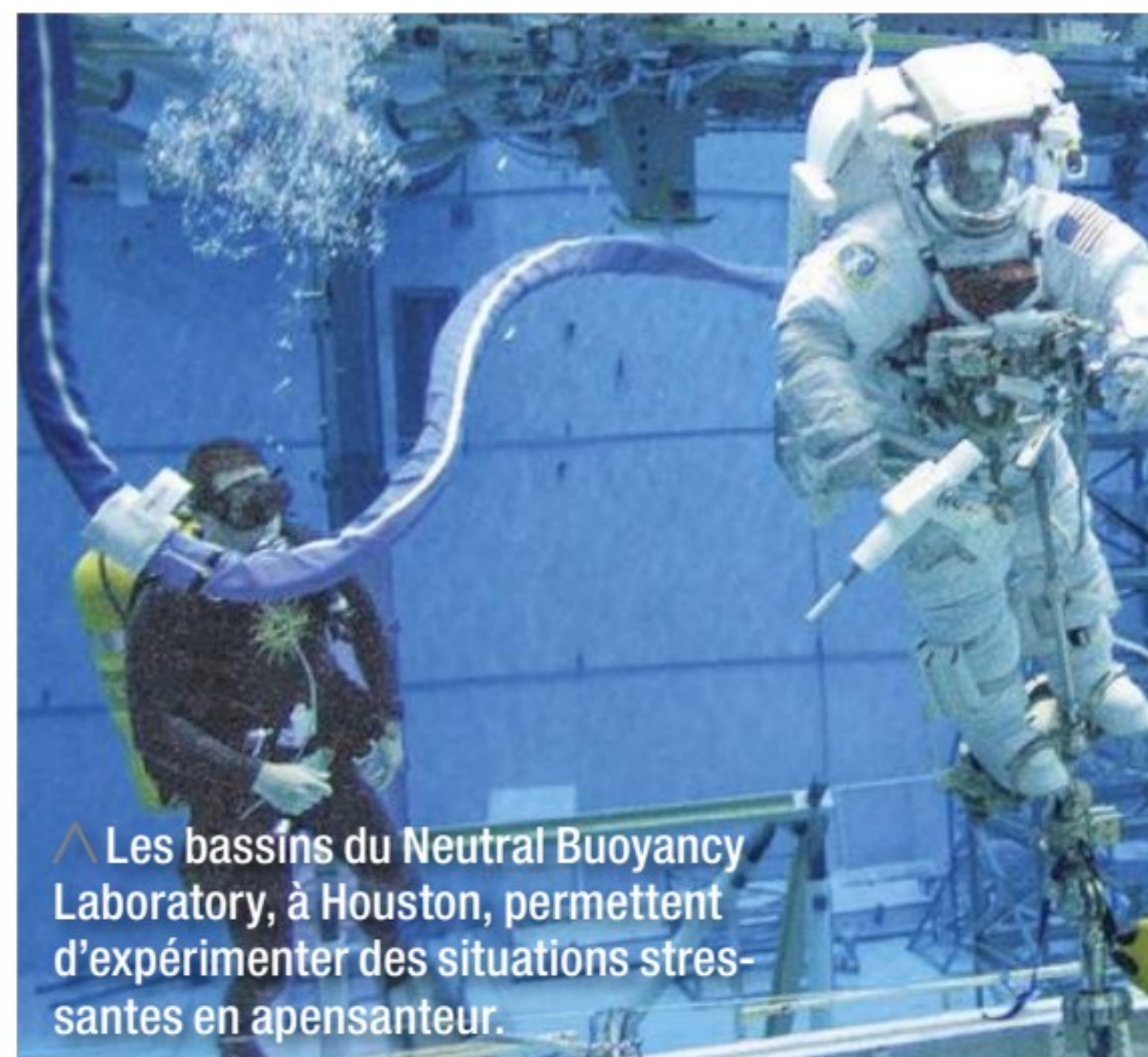


Pour une mission sans heurts, il faut...

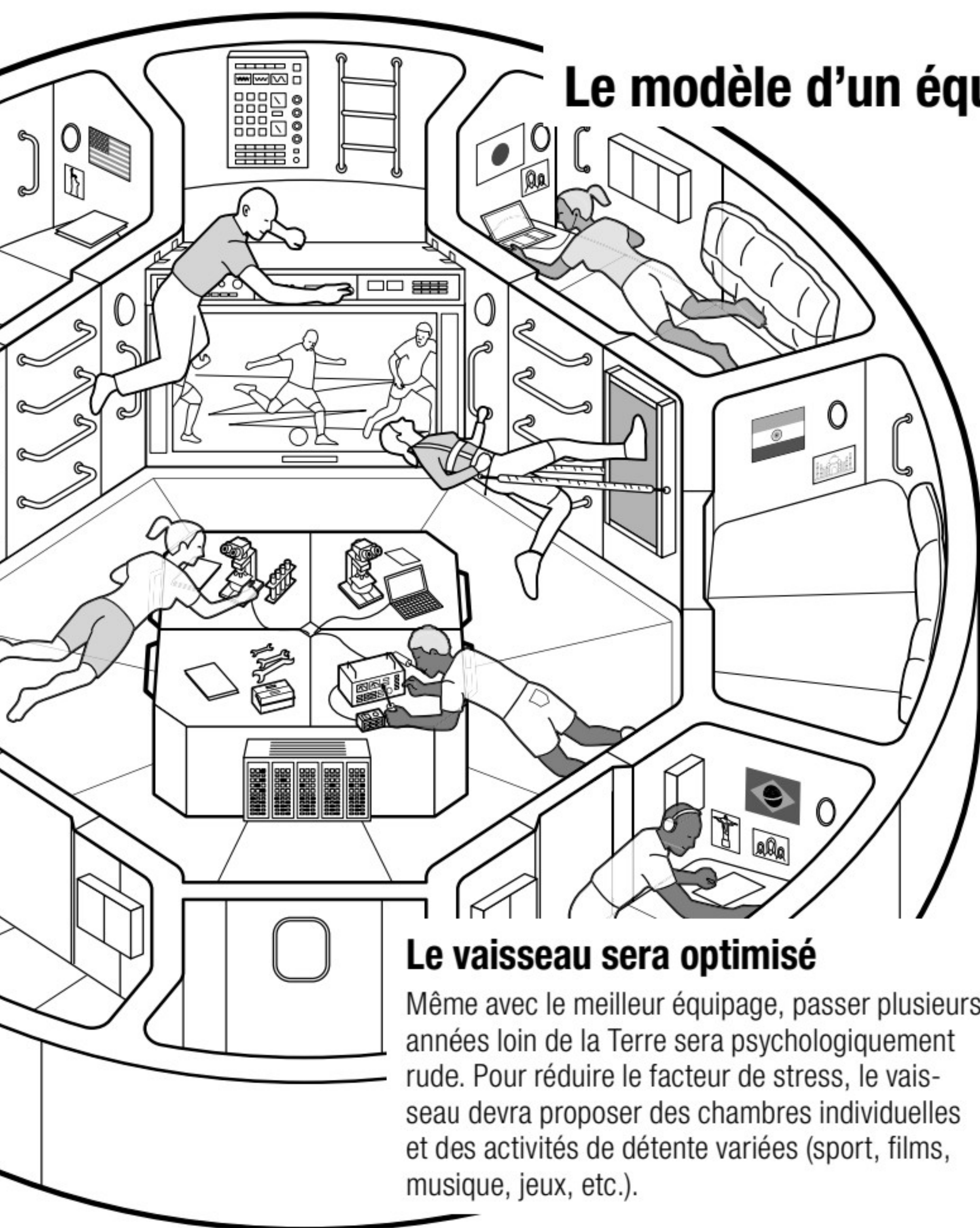
... que l'équipage se connaisse parfaitement

Ils savent qui mâche bruyamment, qui ronfle, qui a besoin de s'isoler une heure par jour, à qui il ne faut pas parler le matin. *"Les membres d'un équipage se connaissent mieux que les meilleurs amis du monde"*, témoigne Carmen Possnig, astronaute à l'ESA. C'est primordial: la moindre découverte en plein vol pourrait menacer le groupe. *"Pour cela, l'équipage d'Artemis s'est préparé pendant environ trois ans. Pour Mars, on prévoit cinq ans"*, explique Jelena

Brcic, psychologue coopérant avec l'Agence spatiale canadienne. Pendant cette préparation rythmée de séances collectives et de stages de survie, les futurs colocataires s'observent, parlent de tout ce qui fâche, apprennent à décoder les indices de mal-être chez chacun, et à y répondre. Sous l'œil des psychologues, qui sont, eux, à l'affût du moindre grain de sable susceptible d'enrayer la machine –une tendance à faire des clans, par exemple.



▲ Les bassins du Neutral Buoyancy Laboratory, à Houston, permettent d'expérimenter des situations stressantes en apesanteur.



Le modèle d'un équipage parfait

Les membres seront physiquement forts...

Pour supporter les exigences physiques d'un vol habité, les astronautes devront être très endurants. Au cours de la mission, ils s'entraîneront plusieurs heures par jour pour entretenir leur cœur, leurs os et leurs muscles qui s'atrophieront en microgravité.

... et mentalement résilients

Chaque membre aura soigneusement été sélectionné pour sa capacité à résoudre efficacement des problèmes, en équipe et sous pression. Mais ils seront aussi capables de demander de l'aide si besoin est, et de rire pour relâcher la pression.

Ils devront être complémentaires...

Pour veiller au bon déroulement de la mission, il faut plusieurs pilotes, médecins, ingénieurs et scientifiques. Toutefois, l'espace dans le vaisseau étant restreint, l'équipage sera limité à 4 ou 6 membres : chacun devra donc être polyvalent.

... et d'origines diverses

Les différences culturelles et de genre peuvent être sources de tensions. Mais si elles sont bien gérées, elles amélioreront la cohésion sociale et permettront de s'adapter plus vite à des situations problématiques.

Le vaisseau sera optimisé

Même avec le meilleur équipage, passer plusieurs années loin de la Terre sera psychologiquement rude. Pour réduire le facteur de stress, le vaisseau devra proposer des chambres individuelles et des activités de détente variées (sport, films, musique, jeux, etc.).



... garder la tête froide en toute circonstance

"Les humains qui partiront seront les premiers de l'histoire à ne plus voir la Terre. Et nous n'avons aucune idée de l'impact psychologique que cela aura sur eux", prévient Jelena Brcic. Ils seront aussi confrontés à l'ennui, la démotivation, la culpabilité vis-à-vis de leur famille, la peur... autant de sources de stress qui se feront de plus en plus pesantes avec le temps ! Comment résister ? D'abord, les astronautes sont sélectionnés pour leur excellente

gestion du stress, entre autres, qu'un entraînement spécial vient par la suite renforcer. De plus, ils sont formés à reconnaître les signes de fléchissement, chez les autres comme chez eux, et à y répondre. Le protocole ? Exprimer les besoins, se soutenir, échanger avec les psychologues sur Terre et avec leur famille, surveiller le sommeil et l'alimentation, faire de l'exercice... et au besoin se soigner avec les psychotropes embarqués.



... gérer efficacement les conflits

“Quand on vit en petit groupe dans un lieu confiné, il y a forcément des agacements quotidiens qui peuvent prendre une ampleur disproportionnée”, admet la médecin Jessica Studer, qui a participé, en Antarctique, à une mission d'isolement analogue à Mars Dune Alpha. Le plus souvent, tout part des tâches collectives partagées : participation moindre au ménage, travail non mené à terme, etc. Pour éviter qu'un désaccord ne

dégénère jusqu'à affecter les chances de survie du groupe, les astronautes apprennent à identifier le conflit et à le résoudre dès son irruption, en lui consacrant un temps de discussion immédiat, en plus des réunions périodiques où tous les sujets de tensions sont débattus. En parallèle, des événements festifs – anniversaires, séances ciné, soirées jeux de société... – sont partagés régulièrement – ils sont indispensables.



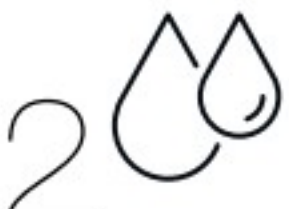
Match de rugby à bord de l'ISS pour Thomas Pesquet et ses confrères.

Et si on devait coloniser Mars ?

20 
C'est le nombre de missions robotiques qui prépareront la base avant l'arrivée de la première mission habitée.

22 
C'est le nombre minimum de personnes nécessaire pour qu'une colonie prospère.

10 
C'est, en kg, la quantité de graines à emporter pour espérer développer une agriculture pérenne.

2 
C'est, en m³, le stock d'eau minimum dont les colons doivent disposer à l'arrivée. Ainsi que 10 t d'alimentation sèche et 2 t de dioxygène. Puis tout devra être produit sur place.



ESA/NASA-T.PESQUET - SHUTTERSTOCK - NASA

... respecter la hiérarchie

“Les groupes isolés qui fonctionnent bien sont ceux dotés d'une organisation sociale robuste, avec un système hiérarchique non autoritaire”, témoigne Christian Clot, fondateur du Human Adaptation Institute. Dans chaque équipage, un commandant est chargé de prendre les décisions en cas d'urgence. *“Lorsqu'une situation critique survient, il est rassurant de savoir que quelqu'un est là pour trancher”,* note Jelena Brcic. En cas de tentative de mutinerie, les astronautes respectent la hiérarchie. Le commandant pourrait même user de la force et de mesures de contention. Et si le commandant lui-même n'est plus apte à diriger, l'équipe en informe les agences au sol, qui le démettront de ses fonctions et désigneront un remplaçant. En théorie... car en conditions réelles, le groupe pourrait ne pas être unanime, ou ne pas avoir l'occasion de communiquer avec la Terre avant un certain temps.

... prendre en compte les besoins sexuels

"L'activité sexuelle fait partie de la santé globale des astronautes. Elle peut améliorer le stress, le sommeil et, plus largement, l'équilibre psychologique. C'est important de l'envisager dans des missions amenées à durer plusieurs années... Pourtant, le sujet reste tabou", indique Jessica Studer. Traduisez : aucun rapport n'évoque ni la masturbation ni les relations sexuelles dans l'espace ! En 1992, le vol du couple Mark C. Lee et Jan Davis avait bien donné lieu à des spéculations, mais rien n'a filtré. Quoi qu'il en soit, les agences découragent tout passage à l'acte dans l'espace. Car cela engendrerait des risques : potentiels conflits, frustrations, jalousie... voire une grossesse en milieu hostile ! La masturbation est, de son côté, probablement pratiquée au sein de l'ISS... Malgré le manque d'intimité, donc : les astronautes dorment dans des couchages plaqués aux parois d'une même pièce. Lors des missions vers Mars, on ne pourra plus détourner le regard de ces sujets – les tabous n'ont pas leur place dans l'espace.



^ Les couchages de l'ISS sont fixés aux parois d'une sorte de dortoir.



^ Canapés et sushis "revisités" au menu des astronautes de l'ISS.

... gérer efficacement les ressources

Si l'ISS peut être régulièrement approvisionnée par cargos en aliments, eau et oxygène, les quantités de ces ressources vitales au sein d'un vaisseau spatial en route vers Mars seront réduites et limitées. Pour que l'équipage subsiste plusieurs années, les stocks seront bien entendu minutieusement contrôlés, et chaque individu se devra de respecter les quotas et les procédures. En cas de pénurie liée à une mission qui se prolonge ou à une perte de réserves, c'est au commandant de décider d'un programme de rationnement. Et si la situation devient critique, que toute aide venue de la Terre se révèle impossible ? On peut s'attendre à tout. Même l'esprit surentraîné d'un astronaute finira par vaciller sous la faim et la déshydratation... Autrement dit, il ne faut surtout pas que cela se produise.



Petite histoire évolutive de la musique

Des mathématiciens ont modélisé puis comparé des milliers d'œuvres musicales de tous les styles et époques. Constat : les mélodies se sont simplifiées au cours du temps. Et le plaisir d'écoute dans tout ça ?



La compil historique
de **Valentin Faivre**



Bach en graphe ? Chaque note devient un nœud, chaque enchaînement une flèche, chaque répétition un point qui grossit. Ainsi, la *Toccata et Fugue en ré mineur* (1703-1707) apparaît telle une constellation dense et imprévisible de points aux connexions si nombreuses qu'elles semblent tendre vers l'infini. Appliquez maintenant la même formule à *Shape of You*, d'Ed Sheeran (2017) : le réseau voit sa connectivité se réduire, il s'organise autour de quelques nœuds, des points de passage qui paraissent inévitables – en fait, les quatre accords de la chanson. Autrement dit, c'était plus complexe avant.

Car il ne s'agit pas d'un exercice de pensée : cette représentation visuelle de la musique résulte du travail d'une équipe des universités de la Tuscia, de Rome et Padoue, en Italie.

Afin d'évaluer la richesse d'une œuvre mélodique et la comparer à d'autres, les chercheurs ont créé un modèle permettant de représenter en un réseau sa version Midi, sorte de partition numérique encodant seulement ses notes. De quoi calculer son "efficacité pondérée", qui mesure la capacité d'une chanson à explorer des mélodies variées. Et même de découvrir comment cette "audace" musicale a évolué dans le temps, en modélisant les graphes de quelque 20 000 œuvres composées tout au long des quatre derniers siècles et relevant de six genres : musique savante occidentale (classique), jazz, pop, rock, musique électronique et hip-hop.

Résultat : si on regroupe les œuvres par genre et que l'on calcule l'efficacité pondérée moyenne pour chacun d'eux, ce ➔

ILLUSTRATION SOPHIE LECLERC D'APRÈS SHUTTERSTOCK - M. TUMELAIRE

sont les compositions classiques antérieures à 1900 qui présentent la valeur la plus élevée. Mais le jazz à son âge d'or (années 1930-1960) effleure ce niveau de complexité : *Time Remembered* de Bill Evans, par exemple, affiche une progression harmonique inédite. Un léger fléchissement apparaît durant les années 1950, 60 et 70 ; elles restent néanmoins ponctuées d'œuvres harmoniquement ambitieuses, à l'instar d'*A Day in the Life*, des Beatles (1967), avec son passage orchestral central, ou *Bohemian Rhapsody*, de Queen (1975), qui oscille de l'opéra au hard rock en passant par la ballade.

À partir des années 1980, en revanche, ce type de compositions semblent disparaître : pop, rock, musique électronique et hip-hop modernes affichent les efficacités pondérées les plus faibles. Même les créations de la musique savante occidentale et du jazz rejoignent le bas du spectre. Idem pour les paroles : une étude de 2024 portant sur 353 320 chansons produites entre 1970 et 2020 montre que le vocabulaire s'est appauvri et que les structures répétitives ont progressé.

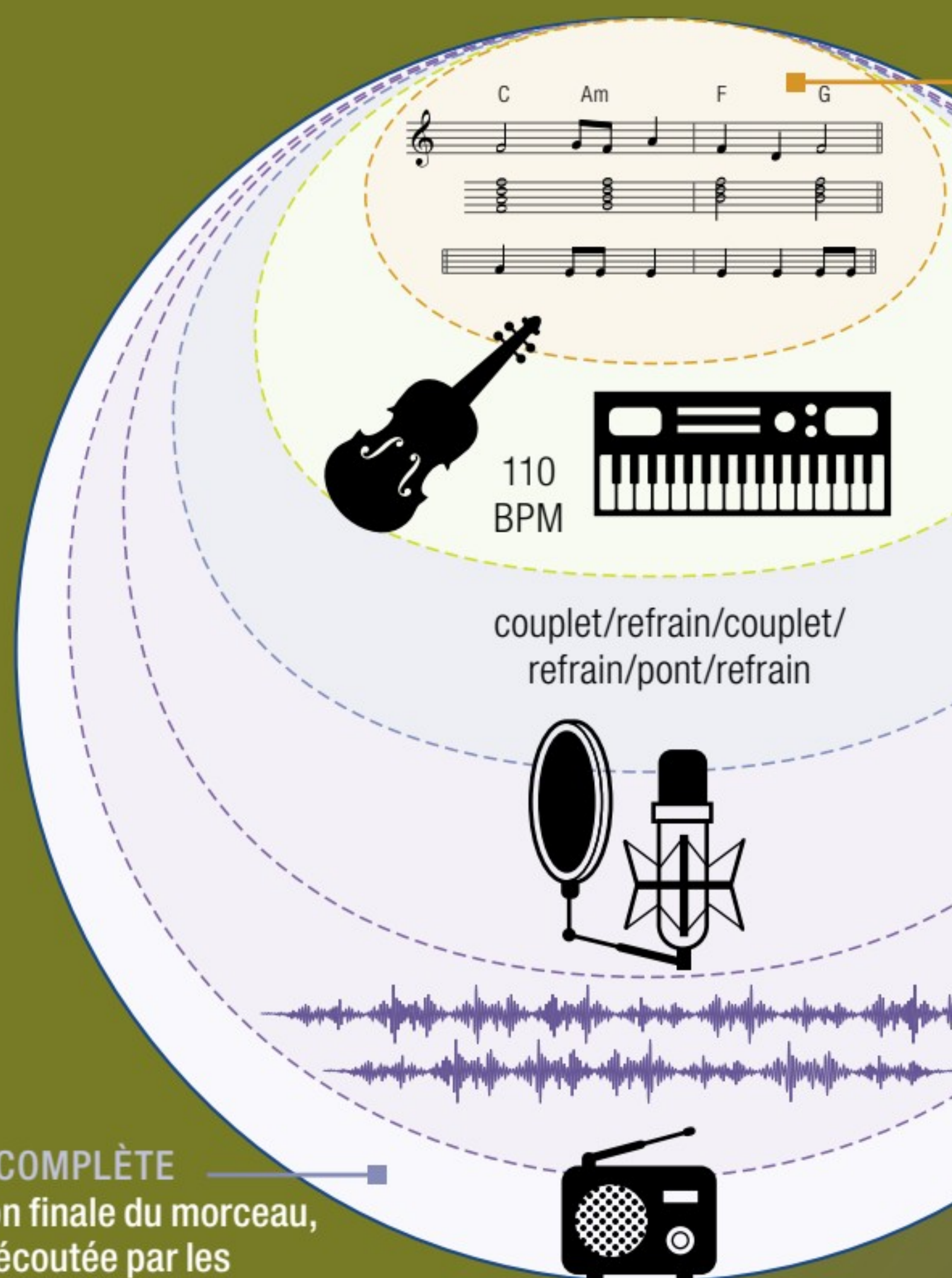
DÉMOCRATISATION ET SIMPLIFICATION

Comment expliquer cette tendance ? D'abord, en écoute comme en pratique, la musique s'est popularisée. *"Du vinyle au streaming, chaque nouveauté a élargi le public et les conditions de réception"*, commente Niccolò Di Marco, premier auteur de l'étude. Ce n'est pas tout : *"À la fin des années 1970, le home studio démocratise la création et permet à des millions de personnes de produire de la musique. D'où une simplification générale, l'objectif n'étant plus seulement de produire de la qualité mais aussi, parfois, de vendre"*, pointe le pianiste et compositeur Étienne Guéreau. Philippe Lalitte, professeur émérite en musicologie à l'Institut de recherche en musicologie (Iremus), acquiesce : *"Depuis les années 1980-90, l'industrie domine et les exigences des artistes sont moins écoutées, même si ces derniers sont plus nombreux et que de nouvelles niches musicales apparaissent."*

Les musiques de niche ont d'ailleurs tendance à le rester. *"Les algorithmes des plateformes de streaming confirment nos goûts et nous proposent ce qu'on aime déjà, on*

La musique s'est transformée

La façon de créer des morceaux est re



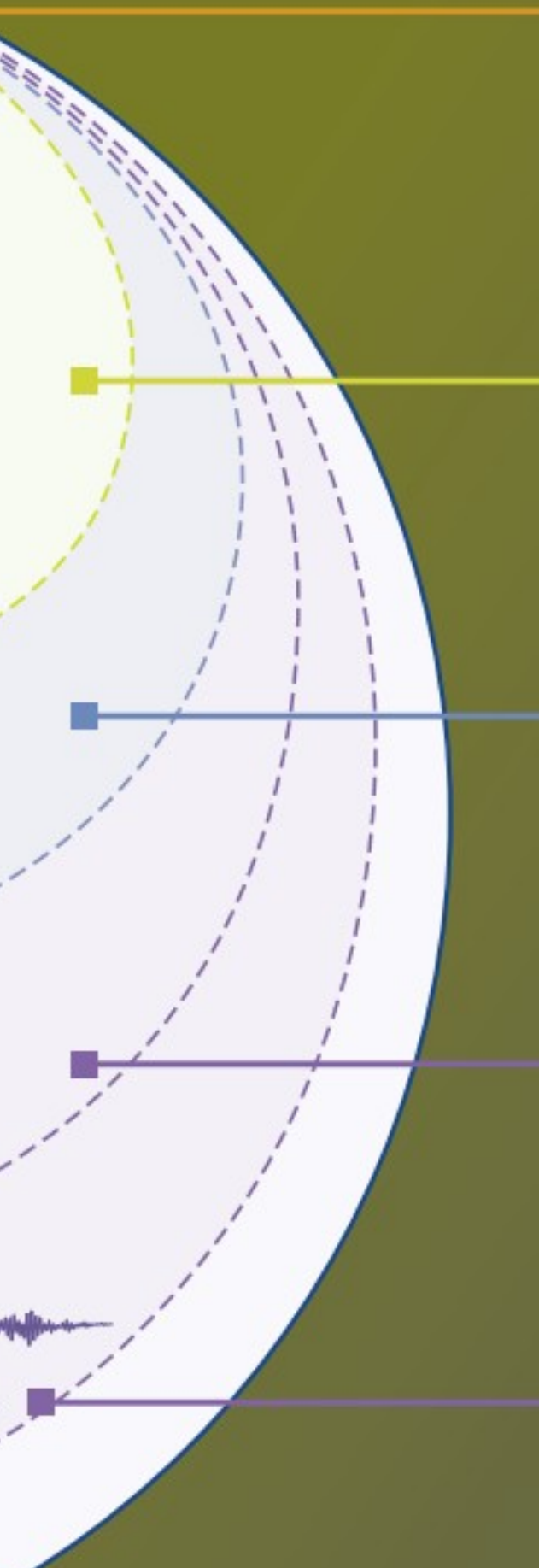
ŒUVRE COMPLÈTE
La version finale du morceau, qui sera écoutée par les auditeurs, est la superposition de tous ces niveaux.

n'écoute rien de vraiment nouveau, pointe Jean-Marc Chouvel, professeur à l'Iremus. Ni rien de surprenant : sur Spotify ou YouTube, un morceau est comptabilisé comme "écouté" dès 30 secondes. Les artistes sont ainsi incités à produire des accroches immédiates plutôt que des architectures élaborées.

Bon. Mais cela veut-il dire que la musique, c'était mieux avant ? Pas du tout ! *"Nous ne présentons qu'une manière mathématique de mesurer certains aspects d'une chanson, mais il existe bien d'autres critères"*, répond Niccolò Di Marco. En effet, si les graphes ici présentés considèrent la mélodie et l'harmonie d'un morceau, ils ne disent rien de son architecture, de son rythme, de l'émotion dégagée... *"Il faut aussi tenir compte du corpus d'œuvres sélectionnées et de leur*

avec le temps

stée à peu près la même...



STRUCTURE PROFONDE

C'est la colonne vertébrale d'une œuvre : les notes, les accords, les harmonies et le rythme vont donner vie à un morceau.

STRUCTURE DE SURFACE

On applique à la musique un habillement sonore, en choisissant, entre autres, les instruments et le tempo.

STRUCTURE FORMELLE

On structure le morceau en le découpant en différentes parties. Par exemple couplet/refrain/couplet/pont/refrain, etc.

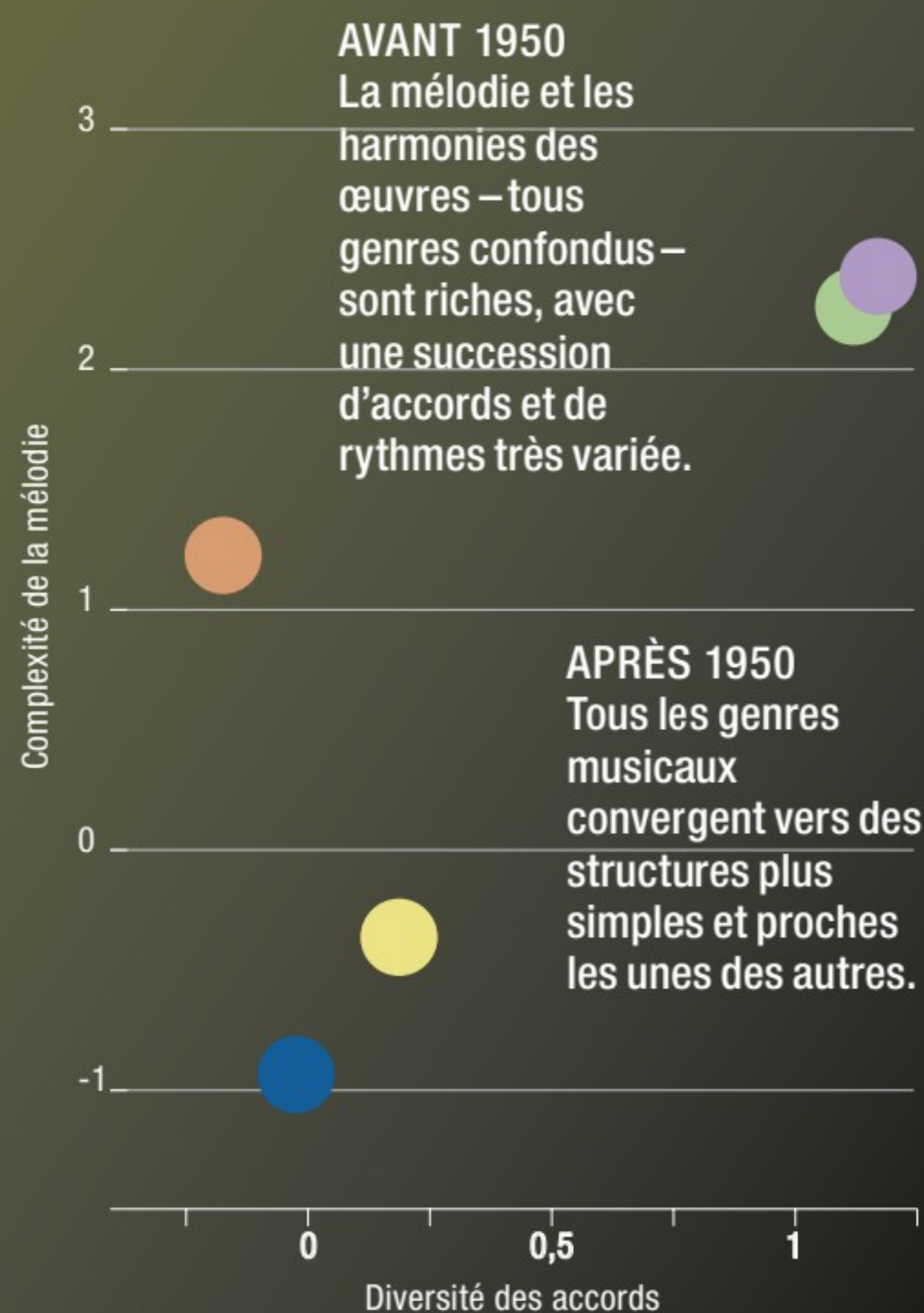
INTERPRÉTATION/IMPROVISATION

Le musicien imprègne le morceau de sa patte personnelle, faisant légèrement varier le résultat.

STUDIO

Arrivé dans les années 1950, le mixage permet d'ajouter des effets et donne plus ou moins d'importance à la voix, à certains instruments, etc.

... mais leur complexité a varié au siècle dernier

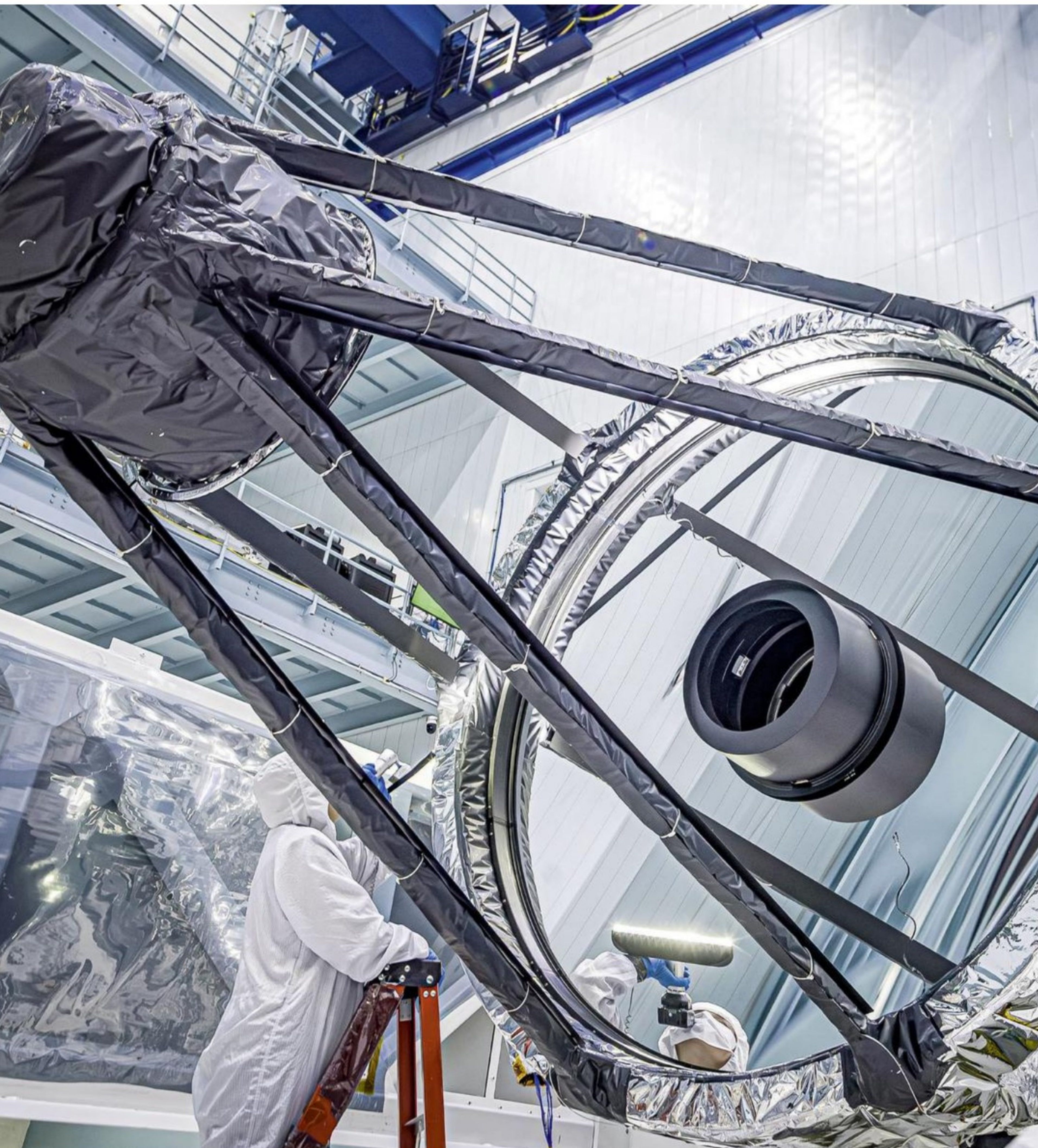


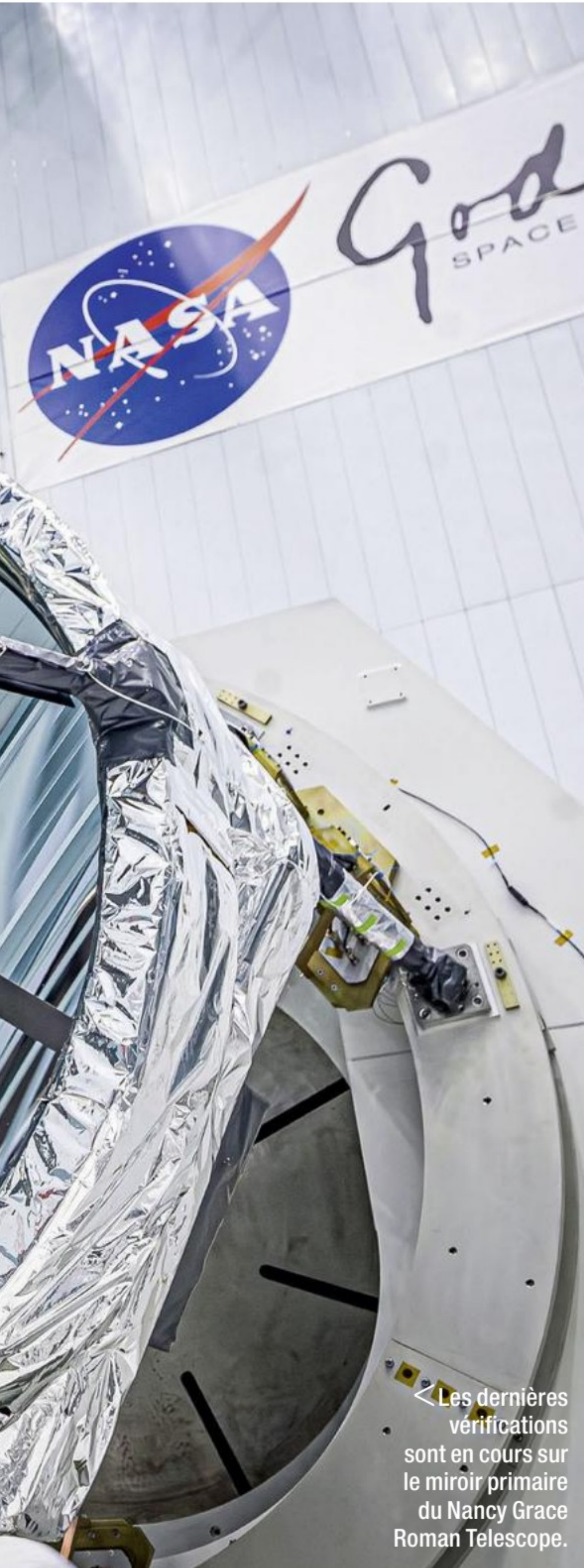
● Avant 1900 ● 1900-1949 ● 1950-1979 ● 1980-1999 ● Après 2000

conversion en fichiers Midi”, ajoute Philippe Lalitte. Des myriades de créations récentes ne sont pas prises en compte dans cette analyse, comme le métal, dont certains sous-genres mélodiques pourraient sûrement remonter la moyenne actuelle ! Le fichier Midi, quant à lui, efface l'interprétation, le timbre, la qualité du mixage, la couleur du son... “Les progrès réalisés ces dernières décennies sur les arrangements et la production sont considérables”, continue le chercheur. *Blinding Lights*, de The Weeknd (2020), a beau reposer sur quatre accords répétés pendant 3'30”, il a été salué pour sa production soignée. Et que dire de *Walk on the Wild Side*, de Lou Reed (1972) – trois accords seulement, et encore, l'un n'apparaît que rarement... mais quelle constellation !

L'IA va-t-elle renverser la tendance ?

Non ! Les générateurs de musique par IA, comme Suno ou Udio, sont capables de réaliser en quelques secondes seulement des morceaux avec une production soignée, un rythme entraînant, un timbre agréable, etc. Mais ces œuvres ont une structure harmonique et mélodique très simple. Et pour cause, les modèles d'IA sont entraînés sur un corpus majoritairement constitué de musique commerciale récente, peu complexe. “L'IA sera donc toujours limitée en termes d'innovation. Elle créera de nouveaux morceaux mais qui seront systématiquement inspirés de ce qui existe déjà”, prévient Jean-Marc Chouvel. “Ces musiques standardisées de l'IA provoqueront peut-être une lassitude à terme. Les musiciens auront ainsi l'opportunité de sortir des sentiers battus”, estime Philippe Lalitte.





Les dernières vérifications sont en cours sur le miroir primaire du Nancy Grace Roman Telescope.

CHRIS GUNN/NASA - M. TUMELAIRE

ROMAN TELESCOPE

C'est parti !

Chargé de cartographier l'Univers profond, le nouveau fleuron de la Nasa est doté d'équipements susceptibles de percer le mystère de la matière noire ou de l'énergie sombre. Mais aussi de recenser une quantité colossale d'objets célestes.

Le décollage est imminent pour le nouveau monstre de la Nasa ! Pendant que les premiers d'entre vous lisent ces lignes, l'engin est encore sur Terre, sur le pas de tir américain du Kennedy Space Center, en Floride. Il attend patiemment le décollage prévu dimanche 30 août, à destination du point de Lagrange L2, à quelque 1,5 million de kilomètres de nous. Succédant au légendaire Hubble et au surpuissant JWST, le Nancy Grace Roman Space Telescope – du nom de la célèbre astronome américaine ayant œuvré à la Nasa – deviendra alors le fleuron de l'agence spatiale américaine, le vaisseau-amiral de la décennie. Car si le JWST a été lancé en 2021, c'était avec des années de retard – ce n'est pas le cas du Roman. Au contraire : son départ est avancé de quelques mois et son budget de 3,8 milliards d'euros est resté dans les clous – deux faits suffisamment rares pour être soulignés et qui ravissent les astronomes du monde entier.



Car la mission du Roman, de nature complètement différente de celle de ses prédécesseurs, est très attendue par la communauté. Au lieu de pointer des cibles spécifiques sur demande, le télescope établira de manière autonome des cartes de l'Univers profond, zone après zone, capturant des centaines de millions de galaxies lointaines. Les scientifiques pourront alors puiser dans ces dernières à la recherche de la matière noire et de l'énergie sombre, les deux plus grands mystères du cosmos, mesurer plus précisément le taux d'expansion de l'Univers, et identifier des exoplanètes jusqu'à en exploser le compteur – 6 500 sont connues aujourd'hui, il devrait en découvrir plus d'une centaine de milliers (*voir modules pages suivantes*). La barre est placée haut... Tellement que les scientifiques et les ingénieurs ont dû se surpasser et régler de nombreuses difficultés pour satisfaire le cahier des charges.

PLUS DE 300 MILLIONS DE PIXELS

Concernant la pièce maîtresse du télescope, pour commencer : le miroir primaire de 2,4 m de diamètre. Certes, il est en quelque sorte "tombé du ciel", puisqu'il a été cédé gratuitement à la Nasa par la National Reconnaissance Office, une agence de renseignement américaine qui l'avait fabriqué pour équiper un satellite espion qui n'a jamais vu le jour. *"Sauf que le miroir n'était pas livré prêt à être branché, loin de là, raconte Matt Bolcar, responsable du système optique du Roman à la Nasa. Comme il avait été conçu pour l'observation de la Terre, on a dû le réadapter à celle de l'Univers profond, en infrarouges, ce qui supposait de remplacer son revêtement d'origine par une pellicule d'argent, de le repolir et de le réincurver."* Et de manière délibérément incorrecte ! En effet, le miroir a été usiné et testé à température ambiante et dans le champ de gravité terrestre. Sauf qu'il est destiné à opérer dans le froid spatial et l'apesanteur, des conditions qui modifieront irrémédiablement sa silhouette. *"Il a fallu beaucoup de modélisations pour faire en sorte qu'une fois dans l'espace, il adopte naturellement sa forme optimale",* pointe l'ingénieur.

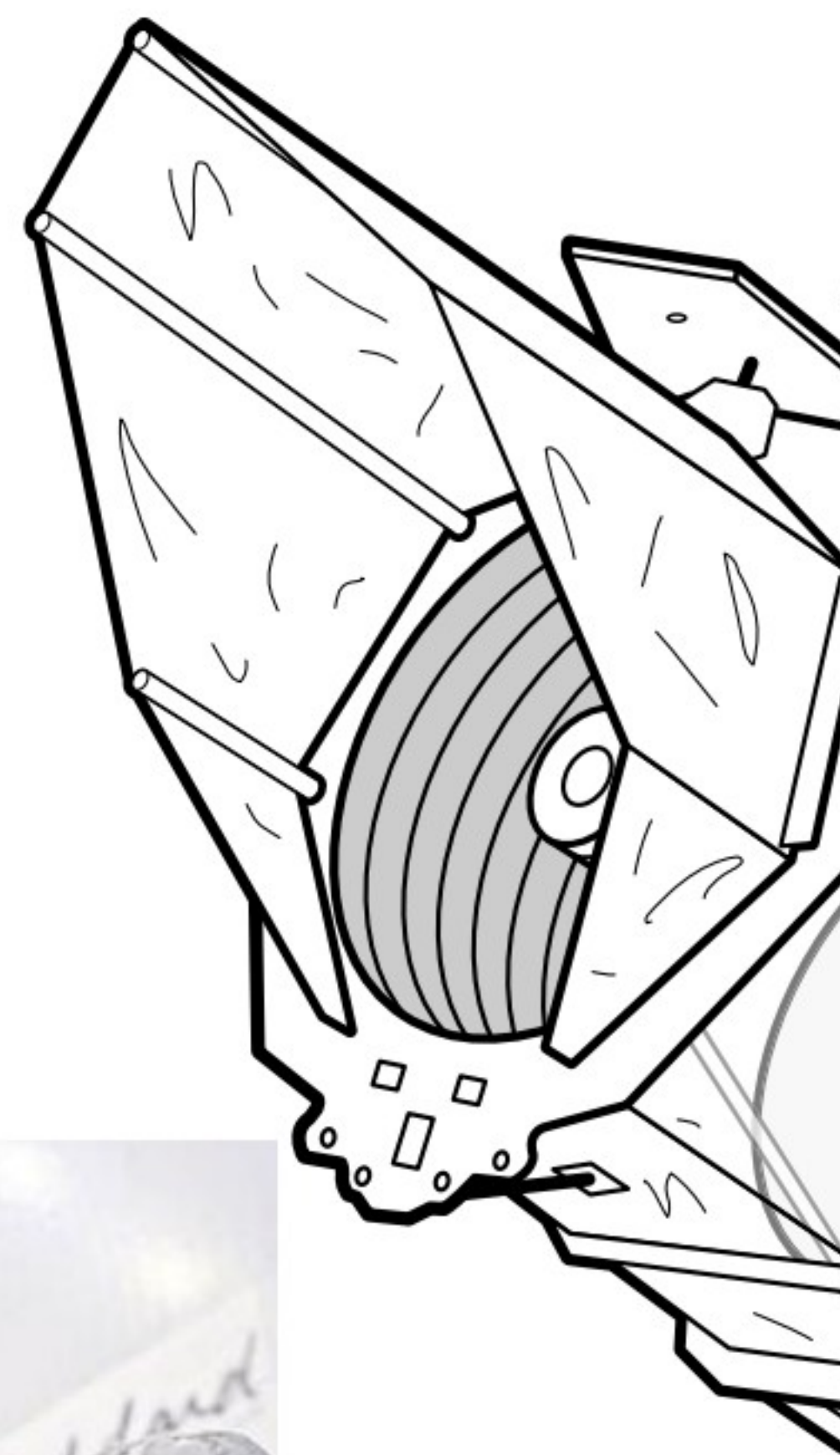
Un télescope bardé d'instruments...

NANCY GRACE ROMAN

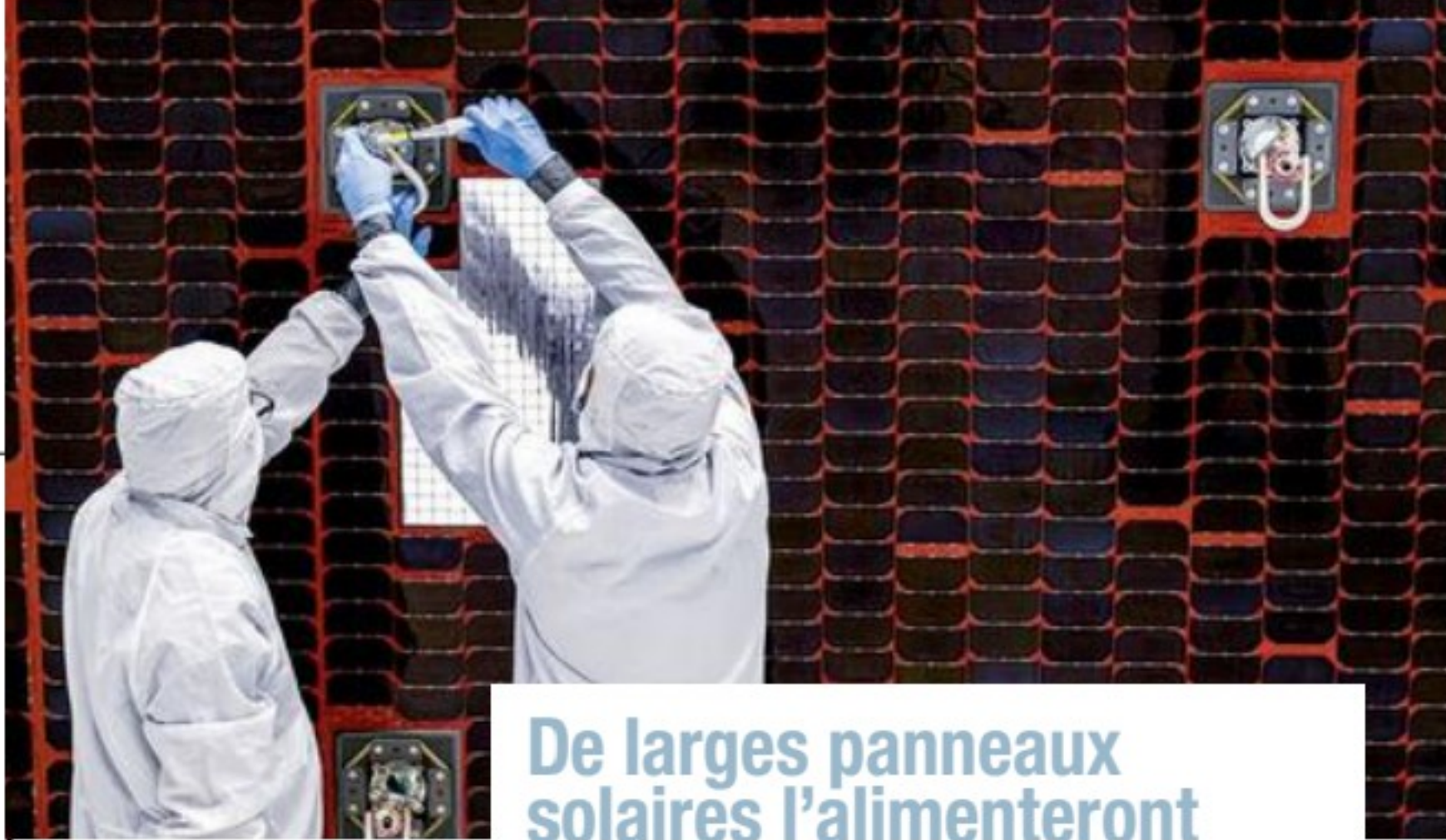
Hauteur : 12,7 m
Diamètre : 4,2 m
Masse totale : 10,5 t
Diamètre miroir primaire : 2,4 m
Budget : 3,8 milliards d'euros
Lanceur : Falcon Heavy de Space X

Une caméra cartographiera le ciel

Le Wide Field Instrument (WFI) est la plus grande caméra infrarouge jamais envoyée dans l'espace. Avec des 300,8 mégapixels, elle photographiera d'immenses portions du ciel afin d'étudier les exoplanètes, la matière noire et l'énergie sombre.

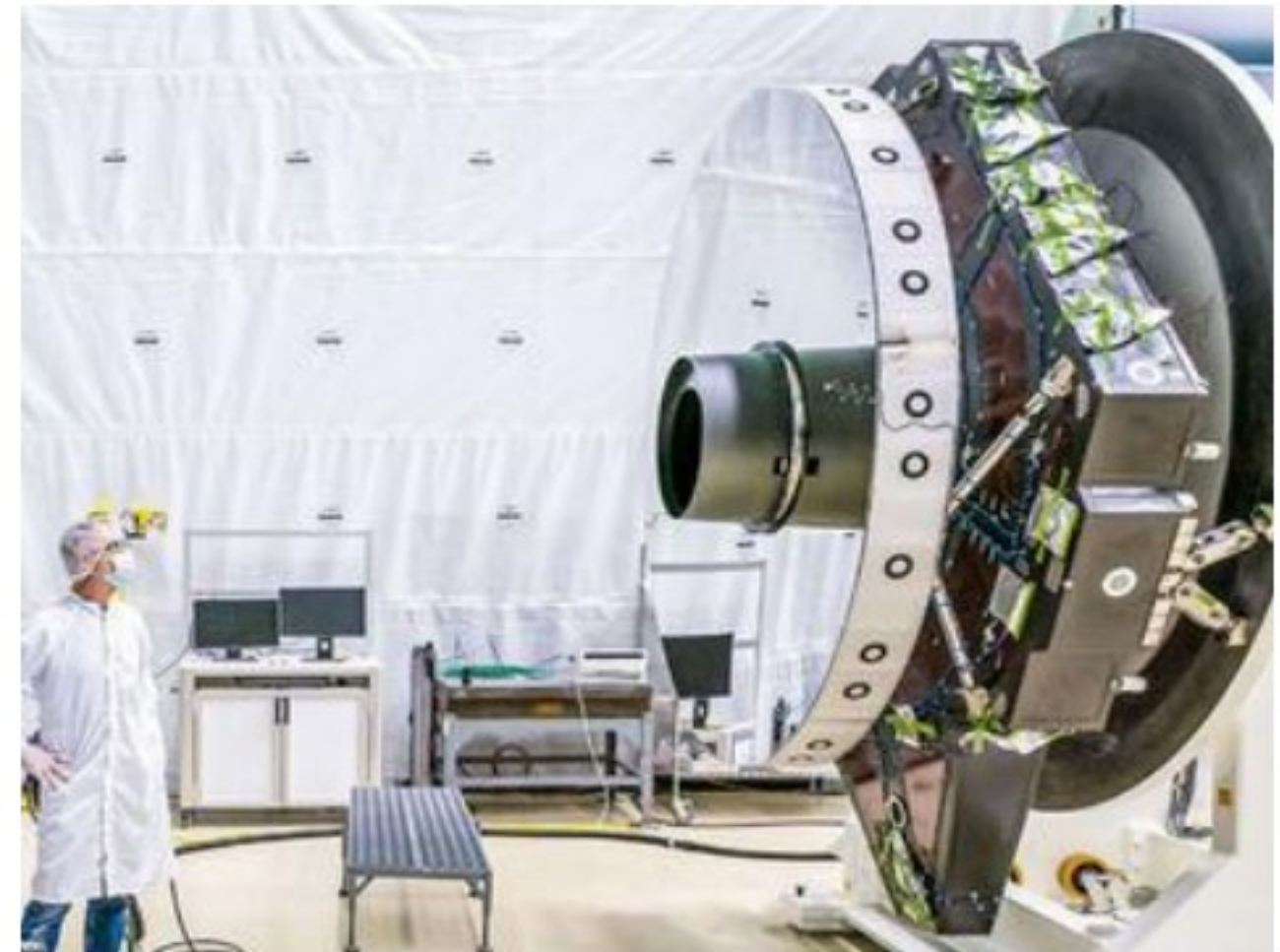
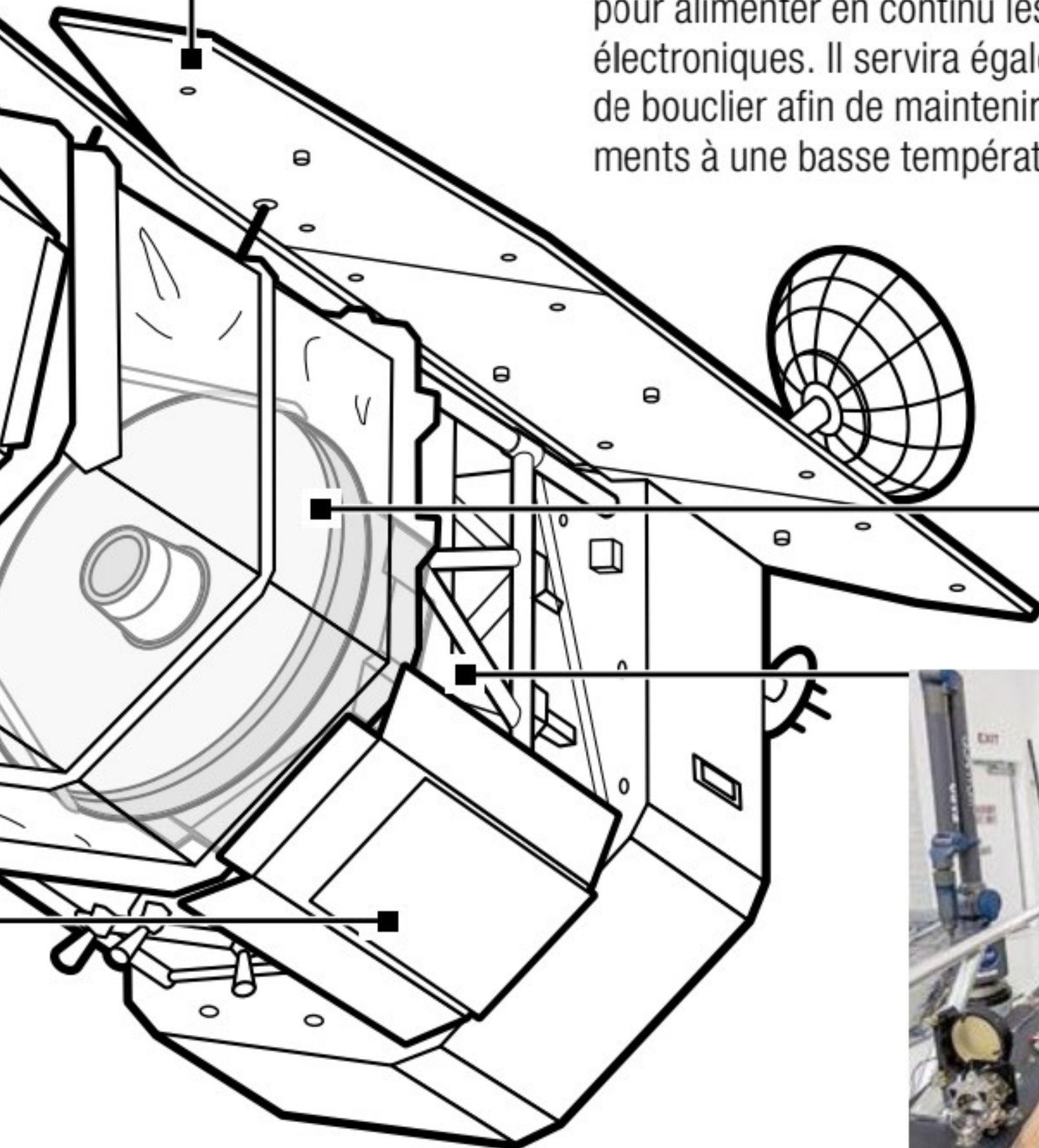


Lorsqu'il sera en action, le miroir primaire renverra la lumière infrarouge collectée vers un miroir secondaire, qui la focalisera à son tour vers la caméra WFI, d'une définition similaire à celle de Hubble, mais d'un champ de vue 100 fois plus grand. Si Hubble a consacré un mois complet à photographier la galaxie d'Andromède, le Roman y parviendra en... moins de trois heures. *"C'est la plus grande caméra infrarouge jamais envoyée dans l'espace",* s'enthousiasme Maxime Rizzo, ingénieur à la Nasa et responsable de l'instrument. Elle est composée de 18 détecteurs de chacun 4 096 par 4 096 pixels, soit plus de 300 millions de



De larges panneaux solaires l'alimenteront

Durant toute la durée de la mission, un immense panneau solaire (3 x 2,1 m) sera orienté vers le Soleil pour alimenter en continu les systèmes électroniques. Il servira également de bouclier afin de maintenir les instruments à une basse température.



Un gigantesque miroir primaire optimisera la réflexion

Conçu à l'origine pour équiper un satellite espion d'observation de la Terre, le miroir primaire (2,4 m) a été repoli, réincurvé et recouvert d'une fine couche d'argent pour optimiser sa réflexion dans le proche infrarouge et l'observation de l'Univers profond.



Un prototype servira de test

Le Roman sera doté d'un coronographe capable de masquer la lumière d'une étoile et de révéler ainsi les exoplanètes et les disques de poussière qui orbitent autour. Il servira de test pour préparer les futurs télescopes d'observation de mondes semblables à la Terre.

pixels au total: *"Ils sont la clé de voûte du télescope. Vu l'ambition scientifique de la mission, on savait dès son origine qu'il nous faudrait les meilleurs détecteurs du monde"*, explique l'ingénieur.

RÉPERTORIER 5 100 DEGRÉS CARRÉS DU CIEL

La tâche est en effet colossale: le Roman doit cartographier 5 100 degrés carrés (deg²) du ciel – 26 000 fois la taille de la pleine Lune – en cinq ans. Pour boucler ce travail, il ne devra pas braquer dans une même direction plus de trois minutes. *"Il faudra que cela aille très vite, on ne pourra donc pas se permettre d'allonger le temps de pose"*,

souligne le spécialiste. Problème: les images prises par les capteurs sont naturellement polluées par du bruit de fond – des parasites liés à la température, la qualité de l'éclairage, etc. D'ordinaire, un temps de pose plus long permet d'augmenter le signal enregistré et de limiter ainsi les erreurs. Ce que le Roman ne peut pas s'autoriser: les ingénieurs ont donc tenté de diminuer au maximum le bruit intrinsèque des capteurs par la mécanique. Avec succès. *"On a atteint les limites de ce qu'il est physiquement possible de faire"*, se réjouit Maxime Rizzo.

Même méthode pour la persistance: tout comme une lumière vive que nous regardons

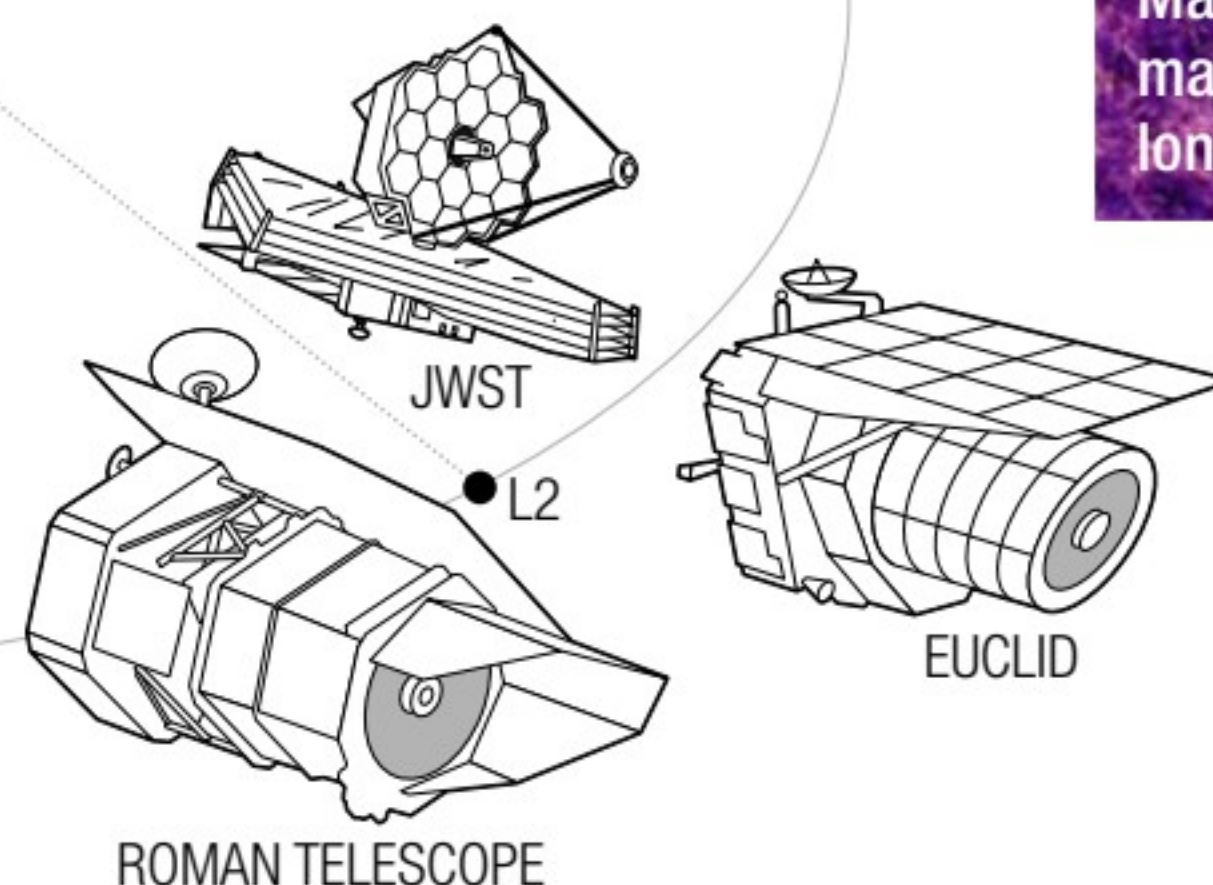


... à l'assaut du cosmos lointain

Simulation de la toile cosmique par l'Institut Max Planck. La matière noire serait le long des filaments.

Le Roman opérera depuis le point de Lagrange 2...

Le télescope voyagera pendant environ trois mois avant de se placer en orbite au point L2, à 1,5 million de kilomètres de la Terre. L2 assure une position stable, idéale pour des observations continues en infrarouges.



laisse une trace, les pixels sur un champ de vue peuvent conserver un très faible signal résiduel de la prise de vue précédente. Ce qui peut altérer la pureté des images – un défaut gommé le plus possible par les ingénieurs.

UN DÉLUGE DE DONNÉES

Mais la cadence infernale des prises de vue nécessaires engendre un autre problème : les vibrations du télescope. Ses 10,5 t et près de 13 m de haut lui confèrent énormément d'inertie : les puissantes roues pour le faire pivoter dans l'espace, puis le stabiliser, risquaient de générer des microsecousses qui viendraient brouiller les images. *"Nous avons dû modéliser l'ensemble de l'appareil sous l'angle des fréquences de vibrations pour comprendre comment elles allaient se propager jusqu'aux détecteurs, et identifier les endroits les plus stratégiques où installer des amortisseurs"*, expose Melissa Vess, ingénieure à la Nasa et responsable de l'architecture du télescope.

Cette dernière s'est également heurtée à un autre défi majeur : gérer le déluge de données qui seront générées ! Le Roman mitraillera le ciel à une telle cadence que 11 téraoctets de données seront produites par jour – du jamais vu. *"Ce que Hubble a produit en 40 ans, nous*

... en collaboration avec le JWST et Euclid

Ces missions, toutes en orbite au point L2, ont été conçues pour être complémentaires : Roman balaiera moins de surface céleste qu'Euclid, mais il observera l'Univers avec une résolution et une profondeur supérieures, tandis que le JWST pourra zoomer sur les galaxies les plus prometteuses du catalogue.

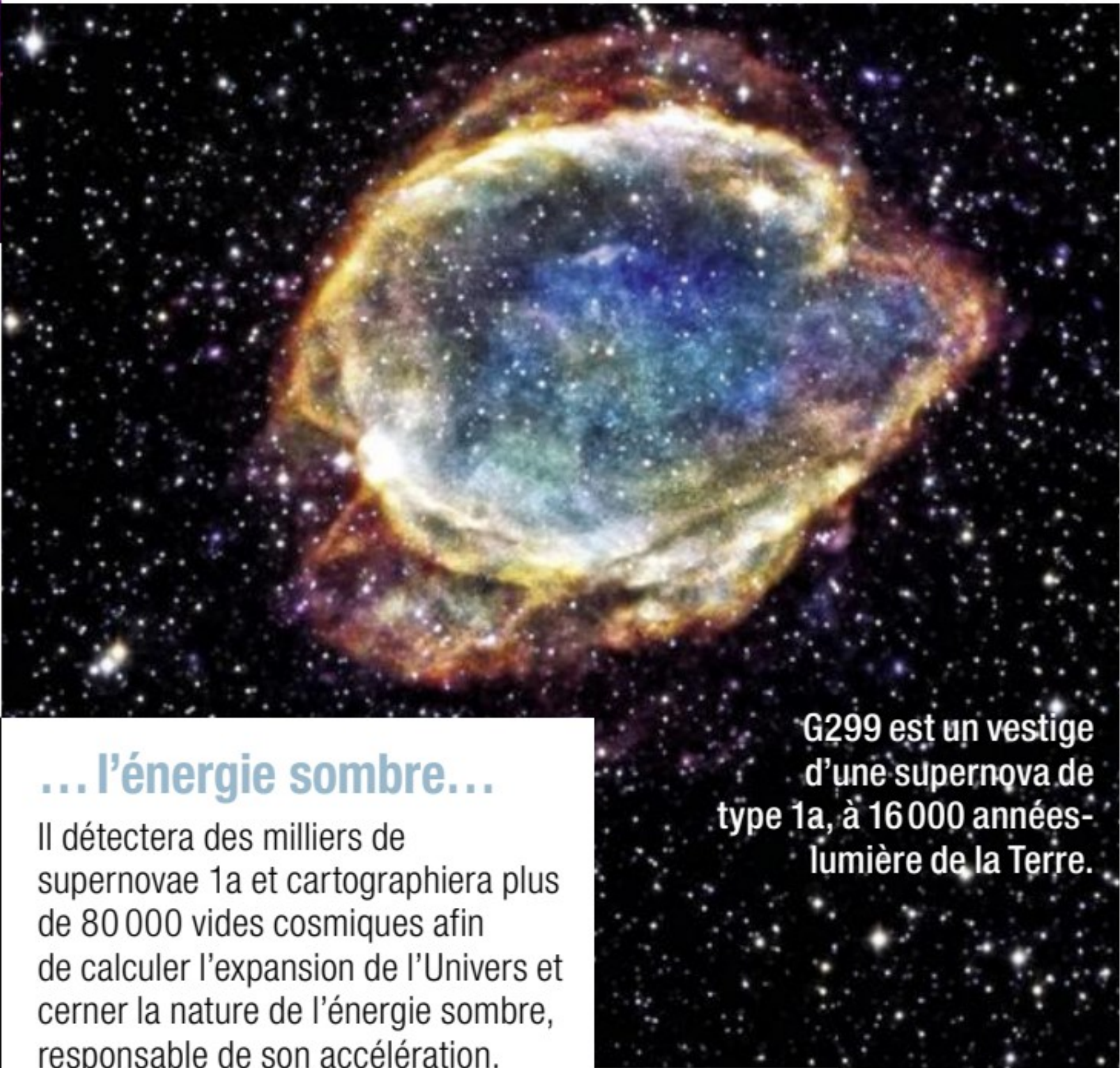
l'aurons durant les trois premiers mois de la mission", estime l'ingénieure. Les informations recueillies par les détecteurs de la caméra transiteront par un boîtier de stockage de 10 téraoctets, au design spécialement revu pour la protection contre les radiations spatiales, avant d'être transmises vers la Terre à un débit de 500 mégabits par seconde, l'équivalent d'une bonne connexion fibre domestique... mais depuis une distance de 1,5 million de kilomètres ! *"Le volume de données sera si vertigineux que l'ESA contribuera à leur réception grâce à une antenne dont la construction vient de s'achever à New Norcia, en Australie"*, indique Bethan James, responsable pour l'ESA de la coordination scientifique avec la Nasa.

L'Europe a aussi contribué aux capteurs du second instrument du télescope : le coro-



Le télescope traquera la matière noire...

En mesurant les infimes déformations de centaines de millions de galaxies lointaines par effet de lentille gravitationnelle, le télescope dressera la carte la plus précise jamais obtenue de la matière noire qui baigne l'Univers.



... l'énergie sombre...

Il détectera des milliers de supernovae 1a et cartographiera plus de 80 000 vides cosmiques afin de calculer l'expansion de l'Univers et cerner la nature de l'énergie sombre, responsable de son accélération.

G299 est un vestige d'une supernova de type 1a, à 16 000 années-lumière de la Terre.



... et les exoplanètes

Il découvrira plus de 1 000 exoplanètes froides grâce à la technique des microlentilles, et plus de 100 000 autres plus chaudes (dont des milliers de planètes vagabondes) par la méthode du transit.

Une exoplanète (en rouge) en rotation autour de 2M1207, une naine brune.

la mission sera de photographier des planètes de type terrestre.

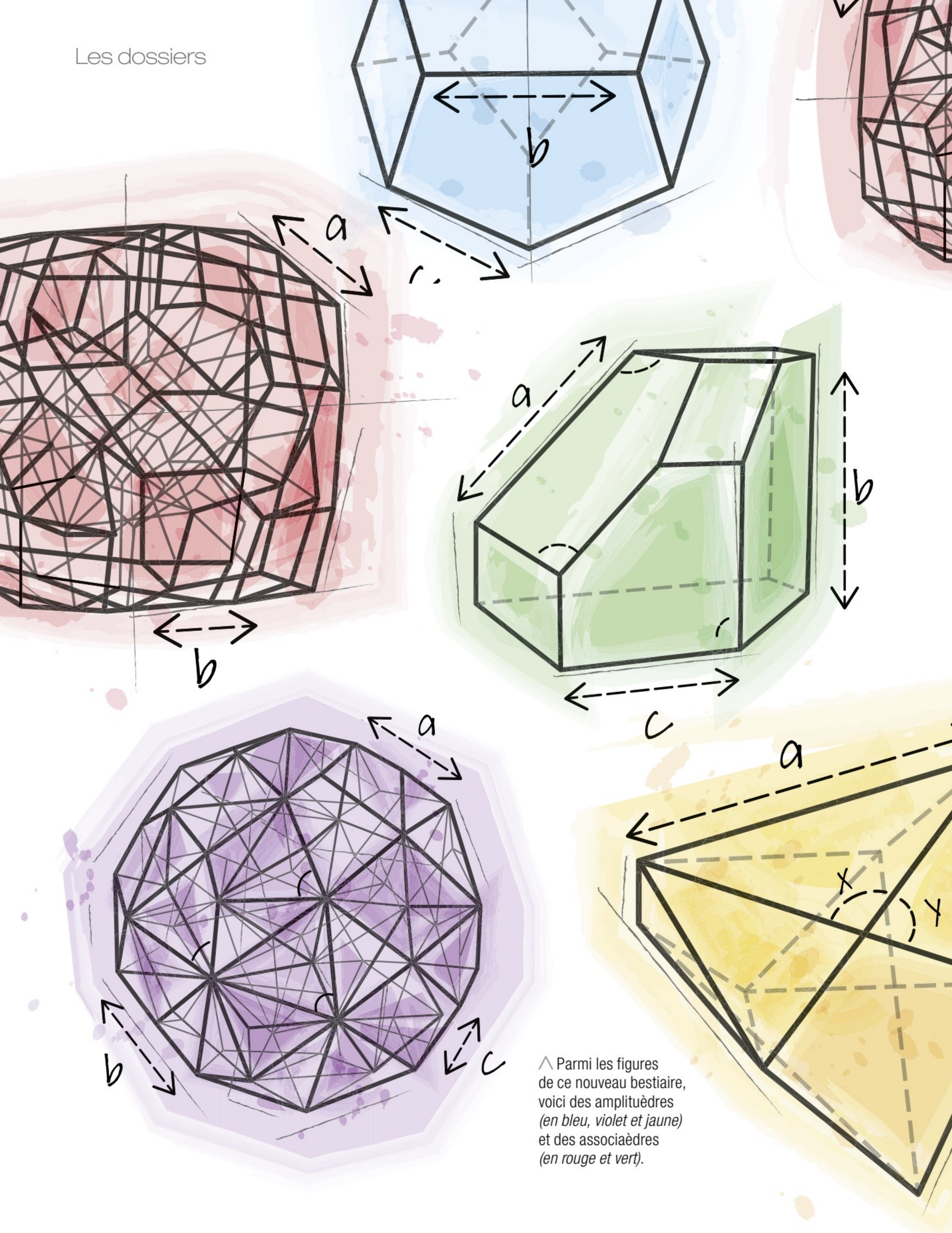
Mais pour l'heure, le lancement du Roman approche, et la tension monte. *"Cette période de lancement est stressante car nous n'avons plus aucun contrôle sur le déroulement des événements, souffle Melissa Vess. Ce n'est que lorsqu'il sera dans l'espace que l'on pourra reprendre la main sur le télescope."* *"Pour ma part, je suis extrêmement impatient, réagit Maxime Rizzo. Après des années passées sur des données simulées, on va enfin pouvoir travailler sur des images réelles."* Cela se produira rapidement: dès que le Roman aura dépassé la Lune, une semaine après le lancement, il sera activé pour 100 jours de calibration. *"Trois mois pendant lesquels on ne dormira pas beaucoup", s'exalte l'ingénieur.*

La récompense arrivera très vite. Envoyées en gros paquets de données depuis l'espace, des images du cosmos d'une précision inégalée permettront aux scientifiques du monde entier de l'étudier sous toutes les coutures et, espérons-le, de résoudre certains de ses grands mystères. Pour le Roman, l'ère de l'ingénierie touche à sa fin. Celle des découvertes s'ouvre en très grand angle.

nographe. *"Dans les miroirs de ce dernier réside d'ailleurs une contribution strictement française",* affirme Olivier La Marle, responsable du programme astrophysique spatiale au Cnes.

LA TENSION MONTE

Un coronographe permet d'occulter la lumière éblouissante d'une étoile afin de révéler –et de prendre en photo– les planètes qui orbitent autour. Celui du Roman ne sera qu'un démonstrateur, un test en conditions réelles, pour produire sa version améliorée. Cette dernière équipera le télescope spatial de la Nasa de la prochaine décennie, le Habitable Worlds Observatory, dont



^ Parmi les figures de ce nouveau bestiaire, voici des amplituèdres (en bleu, violet et jaune) et des associaèdres (en rouge et vert).



GÉOMÉTRIE POSITIVE

On a découvert un nouveau monde

Treize ans à peine ! C'est l'âge de cette nouvelle discipline mathématique qui promet de traduire en figures tant les particules... que les galaxies. Voilà de quoi dépoussiérer la géométrie euclidienne !

A priori, rien ne semble relier la rencontre explosive entre un quark et un gluon, lancés à toute vitesse dans un accélérateur de particules, et le motif suivi par la distribution des galaxies. L'une est du ressort d'un physicien des particules et se trame dans l'infiniment petit, l'autre est l'affaire d'un cosmologiste et se joue dans l'infiniment grand. Bref, les deux phénomènes semblent on ne peut plus éloignés. Faux : voilà qu'une toute nouvelle discipline promet au cosmologiste comme au spécialiste des particules de mettre en figures autant particules que galaxies. Au point que certains médias zélés l'appellent déjà "théorie du tout". C'est la géométrie positive, treize ans à peine, un véritable bébé parmi les mathématiques plus que millénaires. Au centre de plusieurs programmes de recherche colossaux cette année, elle se répand à grande

BRUNO BOURGEOIS - M. TUMELAIRE

vitesse sur les tableaux noirs... Et elle a encore tout à offrir.

Quels sont les objets qui hantent ce nouvel univers mathématique ? Des figures, à l'instar de celles que nous connaissons. Impossible de les représenter fidèlement avec un crayon ; cependant, en regard des domaines incroyablement pointus qu'elles permettent d'étudier, elles sont étonnantes de simplicité. D'abord, ils ne demandent pas d'invoquer les nombres imaginaires ou autre étrangeté mathématique : seuls les réels positifs sont nécessaires – ceux que nous utilisons tous les jours. Surtout, il s'agit de polytopes, soit l'équivalent des polygones et polyèdres en plus de trois dimensions. *“Les physiciens sont formés à la transformée de Fourier et au calcul différentiel pendant leurs études, mais pas aux polytopes”*, témoigne Daniel Baumann, physicien à l'université de Cambridge, au Royaume-Uni.

Pour rejoindre le projet européen Universe+ débuté en 2024, l'un des actuels consortiums scientifiques visant à poser les bases physico-mathématiques de cette nouvelle théorie, le chercheur a ainsi dû s'y mettre, ces dernières années. *“C'est de la géométrie élémentaire, ce n'est pas si difficile à apprendre”*, rassure-t-il.

Ces figures sont pourtant une mine d'informations : la géométrie d'une seule d'entre elles peut, notamment, encoder tous les événements possibles résultant théoriquement d'une collision de particules, comme la probabilité qu'ils surviennent.

INTERACTIONS MULTIPLES

C'est d'ailleurs en se lançant dans cet exercice que les chercheurs ont approché la géométrie positive. Lorsqu'elles entrent en collision, les particules élémentaires peuvent interagir de multiples façons : simple déviation, émission d'un photon, annihilation, création d'autres particules... Et pour calculer les probabilités de chacune d'apparaître, les chercheurs ont recours aux diagrammes de Feynman : chacun représente une manière possible pour les particules d'interagir et vient ainsi faciliter le travail.

Enfin, en théorie. *“Pour la diffusion de seulement cinq ou six particules différentes, il y a déjà énormément de diagrammes de Feynman à prendre en compte”*, expose Daniel

Baumann. Et tous doivent être considérés sans exception pour que la théorie rejoigne la collision réelle observée dans un accélérateur de particules, et *in fine* dérouler avec justesse le fil des événements. Les calculs peuvent devenir laborieux,

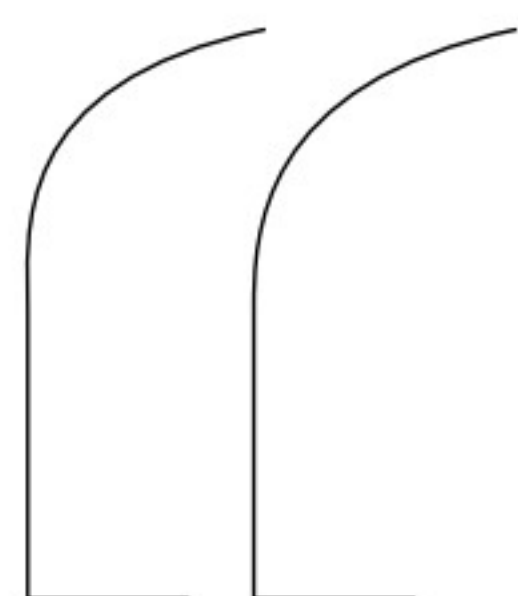
Repères

Si les premiers témoignages d'une numération datent du Paléolithique, les mathématiques se structurent en discipline au Moyen-Orient il y a près de 4 000 ans. La géométrie euclidienne apparaît en Grèce au III^e s. avant notre ère.

compliqués... *“Alors que lorsqu'on parvient enfin à le faire pour tous, on se rend compte qu'il en résulte quelque chose de beaucoup plus simple”*, s'exclame Simon Telen, mathématicien à l'Institut Max Planck de mathématiques dans les sciences. Comme si une voie plus simple menait au même résultat. Les mathématiciens écoutent leur intuition, qui leur souffle un autre indice : la clé est du côté de la géométrie.

LE MONDE SIMPLE DES SUPERSYMMÉTRIES

Ils ont bien fait. En 2013, les physiciens Nima Arkani-Hamed et Jaroslav Trnka introduisent le premier objet de la géométrie positive : l'amplituèdre, un polytope de grande dimension, utile pour décrire des interactions de particules dans un monde théorique, celui des supersymétries, où les règles physiques sont plus simples. Son volume équivaut à la somme des diagrammes de Feynman. *“L'objet ne représente pas la trajectoire des particules, mais sa géométrie encode l'intégralité du processus des particules qui arrivent et repartent”*, décrit Daniel Baumann. Surtout, l'amplituèdre est adaptable : en jouant avec ses caractéristiques, il figurera toute une gamme de collisions différentes ! Le résultat est central. Là est la promesse de la géométrie positive : *“Au lieu de calculer la probabilité des différents scénarios avec les diagrammes de Feynman, les physiciens cherchent des objets dont le volume permet d'arriver au*



Il a été prouvé que, pour des cas simples, la géométrie positive fonctionne bien



CLAUDIA FEVOLA
Mathématicienne
à l'université Cunef
de Madrid (Espagne)



Voici la toute première figure de géométrie positive jamais décrite !

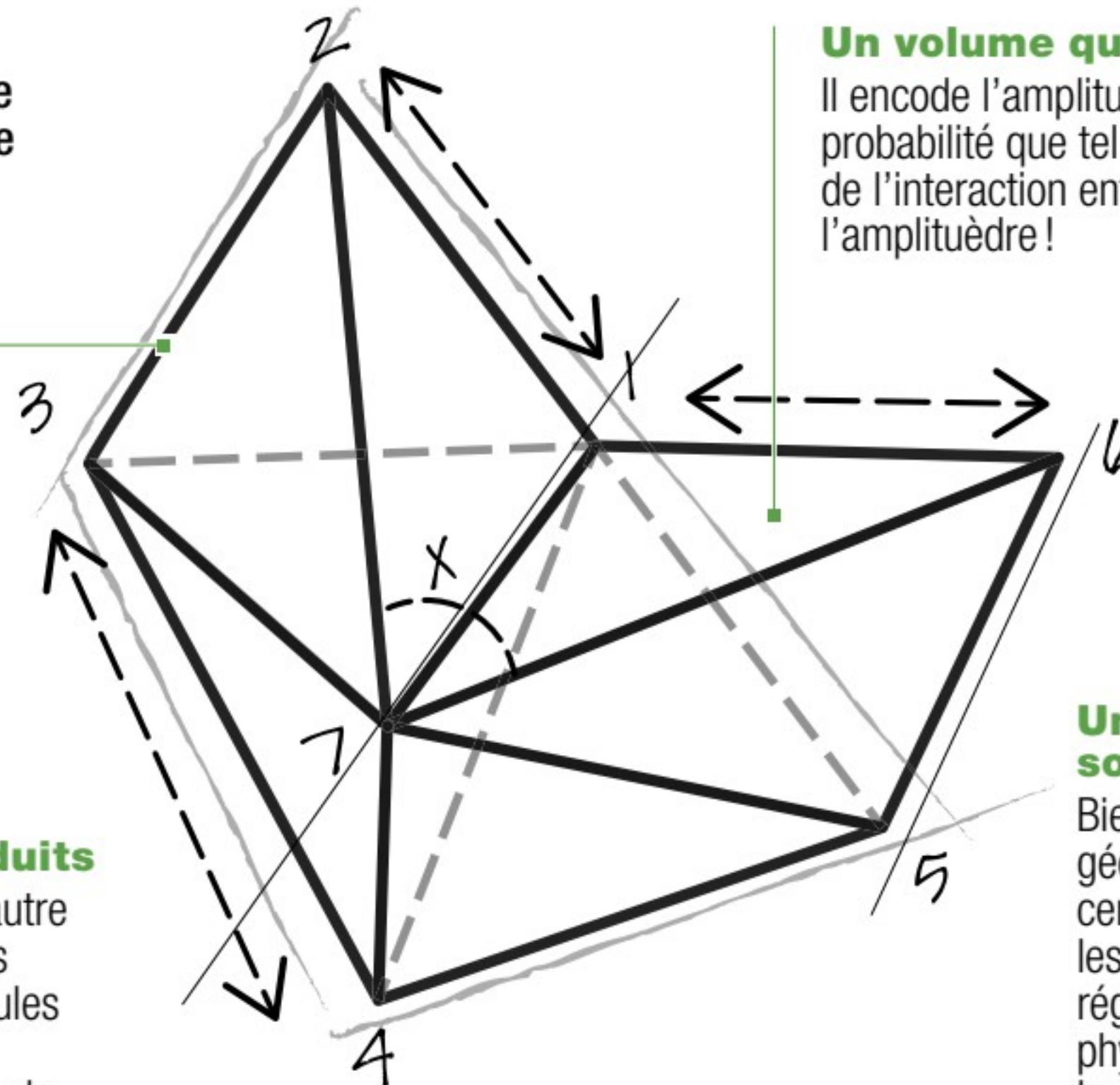
Il s'agit de l'amplituèdre, découvert en 2013, qui illustre l'interaction entre 8 particules dans un espace théorique un peu plus simple que le réel.

Des arêtes, nœuds, etc. de conditions initiales

Projections vectorielles du spin des particules, nombre d'entre elles... Toutes les données propres à une collision sont transformées en points et arêtes. L'amplituèdre surgit de cet agencement.

Des calculs drastiquement réduits

Pour calculer l'amplitude de diffusion, l'autre méthode serait de lister tous les chemins possibles pour qu'une collision de particules parvienne à une même issue. Un travail fastidieux : avec 8 particules, des milliers de cas sont à considérer...



Un volume qui donne le résultat

Il encode l'amplitude de diffusion, soit la probabilité que tel ou tel événement surgisse de l'interaction entre particules qui forme l'amplituèdre !

Un potentiel encore sous-exploité

Bien d'autres formes de géométrie positive existent : certaines pourraient encoder les interactions de particules régies par nos lois de la physique ; d'autres, décrire la répartition non aléatoire des galaxies dans l'Univers.

même résultat", explique Claudia Fevola, mathématicienne à l'université Cunef de Madrid. "On pourrait ainsi extraire directement la réponse finale et éviter des pages de calcul", ajoute Simon Telen.

Cet objectif en tête, nombre de chercheurs se sont depuis lancés dans l'exploration de ce nouvel univers positif pour en décrire les objets. Mais aussi pour les confronter au réel : la redoutable efficacité de l'amplituèdre ne vaut en effet que dans un espace théorique régi par une physique différente. Que vaut la géométrie positive dans le vrai monde ? "Il a été prouvé que, pour des cas simples, cela fonctionne bien", explique Claudia Fevola. Ce qui vient, par contre, c'est un pari ! Il est plus osé encore en cosmologie.

RÉPARTITION DE LA MATIÈRE DANS L'UNIVERS

Car ces mathématiques en pleine effervescence intriguent aussi les cosmologistes, convaincus que les bons objets pourraient adoucir certains calculs. Notamment ceux touchant à l'une des conséquences du big bang encore visibles aujourd'hui : la répartition non aléatoire de la matière dans l'Uni-

vers. "Si on voit une galaxie dans une direction, alors on peut savoir les distances où on a le plus de chance d'en voir une autre", précise Daniel Baumann. Or, là encore, les calculs sont d'abord longs et périlleux avant de miraculeusement se simplifier... "On a bon espoir que la géométrie positive y réponde. Et puis ce serait vraiment bizarre qu'elle ne puisse marcher que pour la physique des particules, ce ne sont pas des domaines si différents", poursuit le physicien.

Enfin, alors que l'histoire de cette nouvelle discipline a commencé avec les physiciens, elle se poursuit maintenant avec les mathématiciens. Qui ont un rôle essentiel : lui donner des fondations solides. À eux, par exemple, de poser une définition mathématique précise sur ce qu'est un objet de la géométrie positive. "Établir une définition n'est pas si simple. Il faut qu'elle soit assez restrictive pour capturer la particularité de ces objets, mais pas trop pour ne pas laisser des exemples de côté ; et qu'elle ne soit pas trop compliquée", liste Simon Telen. Voir une mathématique naître, c'est déjà très émouvant. Qu'est-ce que ça va être de la voir grandir !

Il a 5 millions d'années Que cache ce cimetière de baleines ?

Des milliers de fossiles de cétacés datant de plusieurs millions d'années, mais aussi des squelettes de baleines actuelles... Comment toutes ces carcasses d'animaux se sont retrouvées là, au fond de la gigantesque faille de Diamantina, qui plonge au sud-ouest de l'Australie jusqu'à -7 000 m ?



UNE DÉCOUVERTE FORTUITE A MIS AU JOUR LE PLUS IMPORTANT CIMETIÈRE DE BALEINES AU MONDE

La photo que vous avez sous les yeux est extraordinaire, au sens littéral du terme. Nous sommes à 7 000 m de profondeur au sud-ouest de l'Australie, en plein cœur de la faille de Diamantina (3 400 km de long). On y voit un bras de robot tenant entre ses pinces un fossile de baleine vieux de 5,3 millions d'années. Un échantillon parmi des milliers d'autres... Ce qui fait de cette zone (de 1 200 km de long) la plus importante et la plus ancienne nécropole de cétacés jamais identifiée, et de loin! On doit cette incroyable découverte à un groupe de chercheurs chinois, italiens et néo-zélandais. Et celle-ci est d'autant plus étonnante qu'elle est le fruit du hasard.

Tout a commencé en février 2023 : le groupe de scientifiques participait à un programme de recherche – le Global Hadal Exploration Program – dont le but est d'explorer les abysses de notre planète à la recherche de signes d'activité hydrothermale. Alors qu'ils étaient en train d'explorer la gigantesque faille de Diamantina, voilà qu'ils sont tombés nez à nez avec d'étranges squelettes et fossiles. Au fur et à mesure de leur exploration, d'autres sont apparus... Intrigués, les plongeurs en ont prélevé plusieurs grâce aux bras mécaniques de leur submersible afin de les étudier en laboratoire. Et, surprise : il s'agissait de cétacés de quelques centaines de milliers d'années pour les plus récents, à plus de 5 millions pour les plus anciens. *"On a vraiment été étonnés! On ne s'attendait pas à ce qu'ils appartiennent à des baleines"*, pointe Peng Zhou, chercheur à l'Institut des sciences et de l'ingénierie des grands fonds marins, en Chine, et coauteur de l'étude sur cette découverte qui vient de paraître.

^ Un des bras robotisés du submersible chinois Fendouzhe saisit un os fossilisé de baleine.

UNE NÉCROPOLE QUI POURRAIT RASSEMBLER DES MILLIONS DE SPÉCIMENS...

Des cimetières de baleines, les scientifiques en connaissent déjà. Il en existe notamment au large de l'Afrique du Sud et de la péninsule ibérique. Sauf que ces derniers n'abritent que quelques dizaines de spécimens tout au plus... contre 485 squelettes en bon état dans la zone de Diamantina. Et bien plus encore si on prend en compte les fossiles : "Leur densité est de 786 animaux par kilomètre carré. Si on extrapole à l'ensemble de la faille, nous estimons qu'environ 10 millions de fossiles sont enfouis sous les sédiments !" s'exclame Xikun Song, coauteur de l'étude.

En les examinant, les chercheurs ont identifié plusieurs baleines aujourd'hui disparues telles que *Pterocetus benguelae* et *Izikozihius*, et même caractérisé une espèce inconnue jusqu'alors, *Pterocetus diamantinae*. Ils ont aussi observé des squelettes

appartenant à plusieurs espèces modernes, essentiellement des baleines à bec, dont *Mesoplodon bowdoini*, un cétacé de couleur sombre doté d'un long nez blanchâtre. Une découverte qui a beaucoup surpris les scientifiques puisque les baleines à bec restent très méconnues : la probabilité d'en croiser une est extrêmement faible car elles passent la majeure partie de leur vie loin des côtes.

"Ce cimetière révèle l'ampleur du manque de connaissances qui entoure encore ces mammifères marins", souligne Asha De Vos, biologiste marine et autrice du livre *Whale: The Illustrated Biography* (éditions Princeton University Press). Étudier ces cétacés ainsi que la dynamique de leurs populations permettra de mieux comprendre l'histoire évolutive des baleines, mais aussi de déterminer l'état de santé des océans au cours du temps.



Profondeur
—1 000 m

—4 000 m

—7 000 m

Nombre de
squelettes et
de fossiles
de baleines
découverts

● 50

● 21-49

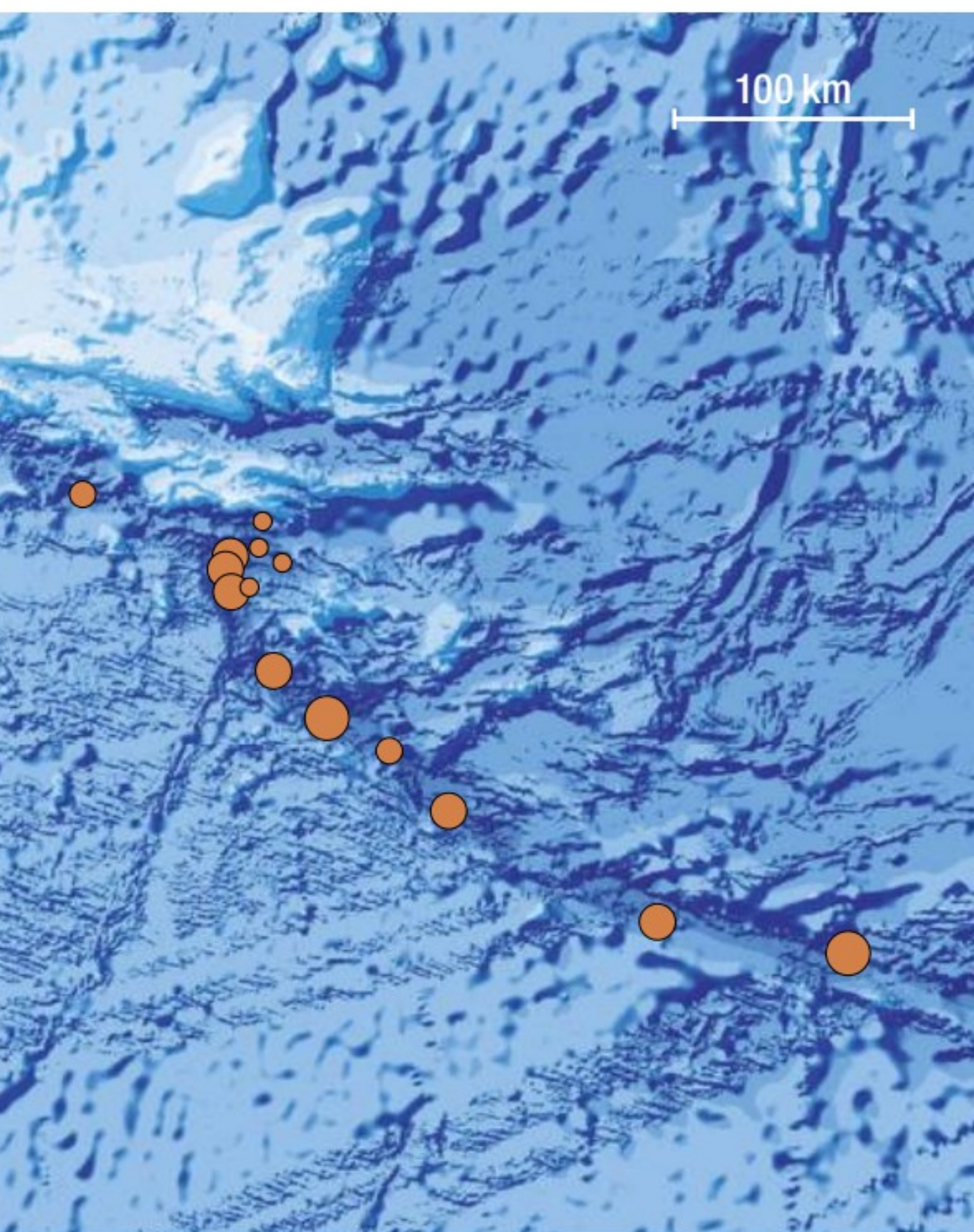
● 11-20

● 1-10

SOURCE : NATURE, 2026

> Le cimetière compte aussi des carcasses de cétacés actuels, comme la baleine à bec de Cuvier.





... REGROUPÉS LE LONG D'UNE FAILLE DE 1 200 KM...

Pourquoi autant de squelettes de baleines se retrouvent-ils le long de cette gigantesque faille ? Impossible d'être catégorique, mais les chercheurs avancent deux hypothèses. La topographie est particulièrement propice : le rift, créé lors de la séparation de l'Australie et de l'Antarctique, a une forme d'entonnoir dont la partie supérieure est large de plusieurs centaines de kilomètres. Ce qui fait qu'en mourant, les cétacés peuvent être naturellement entraînés vers le fond de la faille en glissant le long des parois. *"Ou peut-être que cette zone*

est un lieu d'habitat ou un couloir de migration pour certaines baleines à bec. Quand elles plongent pour se nourrir, une partie d'entre elles atteignent des profondeurs extrêmes et meurent à cause de la pression", avance Xikun Song.

Comment les fossiles sont-ils restés aussi bien conservés pendant tout ce temps ? Les chercheurs ont remarqué que la faille était riche en manganèse, ce qui a favorisé la formation de croûtes noires solides qui ont recouvert les ossements et les ont protégés des affres du temps.

... ET DÉCOUVERTS AVEC L'AIDE D'UN SOUS-MARIN INNOVANT

Si cette découverte a été rendue possible, c'est grâce au sous-marin Fendouzhe, l'un des engins habités les plus performants au monde pour l'exploration des grands fonds. Mis en service en mars 2021, ce sous-marin de 36 t, long de 10,3 m par 3,2 m, est équipé de caméras vidéo de haute qualité, de bras mécaniques et de systèmes d'aspiration pour prélever des échantillons. Conçu pour accueillir trois personnes, il possède une autonomie de 15 heures et il est capable d'atteindre une profondeur maximale de 11 000 m, soit environ trois fois plus que les sous-marins habités des autres instituts nationaux ! En février 2023, l'équipe a ainsi pu effectuer une trentaine de plongées dans la faille de Diamantina, à environ 7 000 m sous la surface, ce qui n'avait jamais été fait auparavant.



▲ Le sous-marin Fendouzhe explore les grands fonds depuis mars 2021.

CE CIMETIÈRE ABRITE AUSSI UNE FAUNE ET UNE FLORE EXCEPTIONNELLES

Au-delà de l'impressionnante nécropole, les chercheurs ont eu la chance de découvrir un riche écosystème qui a été rendu possible par l'accumulation de cétacés. "Même mortes, les baleines continuent de maintenir l'équilibre de l'écosystème marin. Alors que la nourriture est rare en profondeur, leurs carcasses sont devenues une source d'alimentation indispensable pour de nombreuses espèces", pointe Asha De Vos. Au cours de leur plongée, les chercheurs ont ainsi identifié 35 espèces marines différentes

dont la majorité semblent encore inconnues! Parmi elles, ils ont observé des animaux de la classe des ophiures, cousines des étoiles de mer, dépourvues d'yeux et dotées de cinq bras fins qui leur permettent de détecter les zones d'ombre et de lumière. Ils ont aussi repéré un grand nombre de vers mangeurs d'os du genre *Osedax* – capables de dévorer les squelettes des baleines grâce à des bactéries – ainsi que des petites méduses, des annélides, des nématodes, des crustacés et des mollusques de la classe des

bivalves chimiosynthétiques. Ces derniers ressemblent à des coquillages à deux valves allongées et vivent en symbiose avec des bactéries capables de transformer les substances chimiques libérées par les carcasses en énergie, sans recourir à la lumière.

Plus surprenant encore, les chercheurs ont observé des spécimens de l'ordre des anémones de mer, alors que ces dernières n'avaient jamais été observées à de telles profondeurs. Ce nouvel écosystème n'a pas fini de nous surprendre...



- 1** Escargots de mer du genre *Gastropoda phymorhynchus*.
- 2** Sur un crâne, des vers marins du genre *Polynoidés*.
- 3** Sur cette vertèbre, des étoiles de mer du genre *Ophiures*.
- 4** Vers marins annélides du genre *Osedax*.
- 5** Un ver marin *Phyllodocida nereis*.



C'est dans nos vies

sommaire

- 113 **Technofolies**
- 116 **En pratique**
- 120 **À voir, à lire**
- 122 **Questions Réponses**
- 128 **Mots-croisés**
- 130 **Bulle de science**

Un second bras articulé peut être fixé sur un smartphone pour entraîner le robot à effectuer un geste.



Pourvu d'une IA généraliste, il peut apprendre diverses tâches et s'en souvenir afin de les reproduire.

Un robot capable d'apprendre grâce à l'IA

Prix : env. 1 700 €
Rens. : <https://www.innate.bot/>

Mars, fabriqué par la société américaine Innate, est un robot qui peut parler, se déplacer et manipuler des objets avec son bras articulé muni d'une pince. Surtout, c'est le tout premier robot doté d'une intelligence artificielle généraliste capable d'apprendre des tâches, de s'en souvenir et de les planifier ! Pour cela, il suffit de lui parler et de lui montrer comment

faire. Par exemple, si on souhaite qu'il range des vêtements éparpillés au sol ou qu'il joue aux échecs avec nous, il faut lui donner un ordre et lui enseigner les mouvements à effectuer.

Comment ? Mars est vendu avec un deuxième bras articulé à brancher sur un smartphone (connecté au robot) : en manipulant manuellement ce bras pour saisir les objets et en répétant le geste, la machine apprend à le refaire en seulement 30 minutes !

S.F.

Technofolies



✓
TESTÉ
par la rédaction



Les chaussures qui marchent pour vous

Prix : env. 4 000 €
Rens. : <https://dephy.com/>

Vous connaissiez les voitures électriques, les vélos électriques, même les skates électriques... Mais aviez-vous déjà entendu parler des chaussures électriques ? Car c'est bien ce que vous avez devant vous : des sneakers motorisées qui vous aident à marcher.

Évidemment, il ne s'agit pas d'une paire comme les autres : la Sidekick – c'est le nom du modèle – s'accompagne d'un exosquelette qui s'attache au mollet par une sangle. On y trouve le moteur, la batterie, ainsi que la tige permettant la propulsion. À chaque

pas, cette dernière se soulève, entraînant la chaussure pour faciliter le mouvement.

Une fois la paire enfilée, la sensation s'avère tout simplement bluffante : il suffit d'élever légèrement le talon pour que l'exosquelette s'enclenche et complète le geste. Il n'y a plus qu'à se laisser porter : sans s'en rendre compte, on se retrouve à marcher très rapidement au bout de quelques secondes. Rassurez-vous, pas question de se faire embarquer par une machine folle : comme sur un vélo à assistance électrique, le

moteur ne s'enclenche pas sans mouvement du marcheur. On peut d'ailleurs calibrer l'intensité de l'aide, afin d'aller plus ou moins vite, et même de courir !

À noter que la batterie tient environ 1 h 30, le temps de faire 7-8 km à allure soutenue. Tout ça dans le confort le plus total : les chaussures sont de véritables chaussons, et l'exosquelette, qui pèse tout de même 1,3 kg, s'oublie très rapidement. Reste un bémol : le prix. Pour le moment, cette paire bionique s'échange pour environ 4 000 €. Ça fait cher la balade. **T.D.**



Un objectif externe semi-professionnel pour smartphone

Prix : env. 320 €
Rens. : <https://reeflexstore.com>

La qualité des photos zoomées sur smartphones est souvent décevante, même sur les appareils haut de gamme. Pour pallier ce défaut, la société italienne Reflex a conçu Ultra Telephoto : un objectif optique externe ultra-performant qui vient se placer sur l'appareil photo du téléphone grâce à une coque adaptée. Le dispositif est composé d'un verre au lanthane – un métal qui améliore les propriétés optiques –, ce qui permet de zoomer jusqu'à 24x sur les derniers iPhone Pro et jusqu'à 30x sur les Samsung S-Ultra tout en gardant une excellente qualité d'image. Reste que l'utilisateur devra s'habituer à la présence de cet accessoire, car même s'il est compact (7 cm de long), il pèse 308 g – soit environ 100 g de plus que les smartphones actuels. **L.B.**

La pédale qui ménage vos articulations

Prix : env. 150 €
Rens. : <https://8degreepedal.com/>

À vélo, le pied, la cheville et le genou se désalignent à chaque coup de pédale, ce qui induit des contraintes articulaires pouvant provoquer des blessures. Pour l'éviter, l'américain 8 Degree Pedal propose une pédale qui se désaxe de 8° vers l'avant ou l'arrière, puis se recentre automatiquement, sans effort, grâce à des ressorts internes. **S.F.**



Dans ce cadre, photos et vidéos deviennent des hologrammes !

Prix : env. 130 €
Rens. : <https://lookingglassfactory.com/>

Le cadre Musubi, du fabricant américain Looking Glass, transforme toute photo ou vidéo de moins de 30 secondes en hologramme ! Il suffit d'abord, avec le logiciel fourni et grâce à une IA, de convertir les images en fichiers holographiques sur son ordinateur ; puis de les transférer vers le cadre par USB-C. Le résultat en 3D est visible sans lunettes spécifiques. **L.B.**



Un collier pour tracer votre chat

Prix : env. 70 € (+ abonnement)
Rens. : <https://www.kippy.eu/fr>

L'entreprise italienne Kippy a conçu le GPS Kippy Cat v2, un collier traceur pour géolocaliser très précisément votre chat lorsqu'il est en vadrouille grâce sa connectivité 4G LTE. Le collier intègre aussi un accéléromètre et un gyroscope pour détecter ses activités (marche, sauts, toilettage...) et vous en informer. L'autonomie du dispositif est de 12 jours. **L.B.**



Bien écrire avec l'IA exige finalement de la réflexion

C'est la conclusion d'une expérience menée à l'université d'État de l'Iowa, aux États-Unis, sur 38 étudiants en licence venus de 22 spécialisations différentes. Pendant deux semestres, ils et elles devaient se familiariser avec les outils d'IA générative, en les utilisant couramment mais aussi pour réaliser leurs travaux. En parallèle, deux professeurs analysaient leur démarche et notaient l'évolution de leur réflexion tout au long de l'expérimentation.

Résultat ? Test après test, les étudiants ont constaté que pour obtenir un travail de qualité – et donc une bonne note –, ils devaient fournir à l'IA des prompts complexes, de sorte à bien la guider. Ce qui implique d'identifier précisément les exigences attendues – rhétorique à déployer, arguments à intégrer – et de planifier, pour le modèle, la structure du texte à respecter. Sans ce cheminement, le texte produit par les IA peut sembler correct, mais il se révèle souvent superficiel, hors sujet, peu cohérent, voire faux. Ce que plusieurs médias français avaient démontré en 2025, en soumettant des dissertations rédigées par des IA

répondant à des sujets du bac de philo pour correction à des professeurs. Jugées creuses, aucune n'avait recueilli la moyenne.

Apprendre à l'utiliser

Toutefois, ce n'est pas une fatalité. *"Un bon prompt peut tout changer*, affirme Néhémie Henry, ingénieur pédagogique spécialisé dans l'IA à l'Université Haute-Alsace, à Mulhouse. *L'IA ne réfléchit pas à notre place, elle ne nous déleste pas de la charge cognitive liée à un travail intellectuel. Elle peut en revanche nous retirer l'angoisse de la feuille blanche.*" Le spécialiste plaide donc pour apprendre à bien exploiter cette technologie et l'utiliser comme un collègue avec lequel construire une réponse pertinente. *"Quand on travaille avec elle, il faut aussi savoir garder son esprit critique affûté et questionner ses productions"*, conseille-t-il.

De quoi inciter les universités à clarifier leur politique vis-à-vis des IA génératives. Car c'est un fait : les étudiants les utilisent déjà. *"Il nous faut démystifier l'IA et se former à son usage"*, plaide Néhémie Henry. Pour en tirer le meilleur.

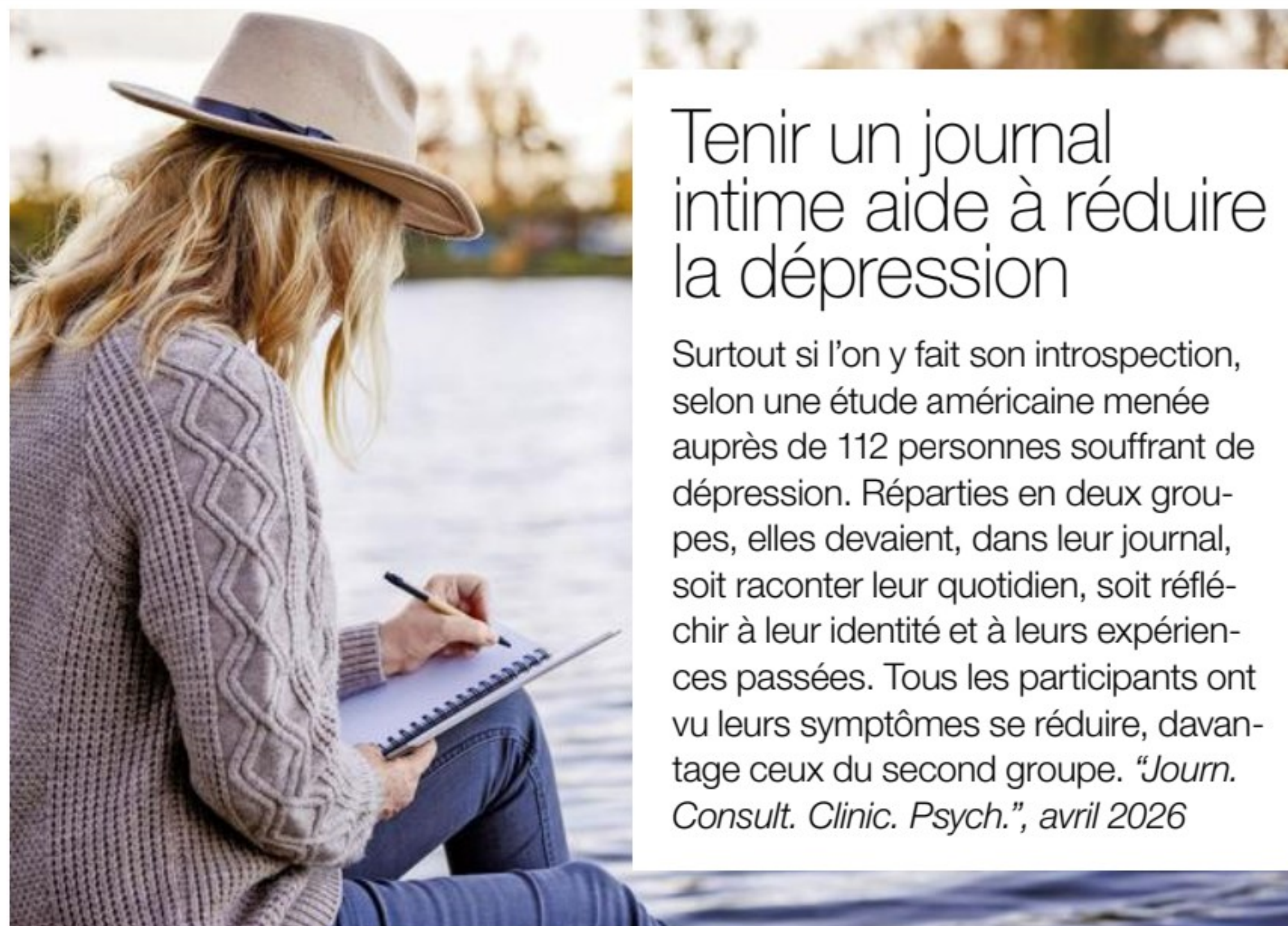
Anne Le Duigou

"Computers and Composition", sept. 2026



On surestime le sentiment d'insécurité de son partenaire

Si vous êtes anxieux à l'idée que votre partenaire vous quitte, celui-ci le percevra... avec un peu d'exagération: il vous croira plus en insécurité affective que vous ne l'êtes réellement. Tels sont les résultats d'une étude menée par des chercheurs américains auprès de 255 couples. Mais ce comportement a un bénéfice: il pousse le partenaire, dans certains contextes, à montrer davantage de signes de réassurance et de marques d'affection. *"Personality and Social Psychology Bulletin", mai 2026*



Tenir un journal intime aide à réduire la dépression

Surtout si l'on y fait son introspection, selon une étude américaine menée auprès de 112 personnes souffrant de dépression. Réparties en deux groupes, elles devaient, dans leur journal, soit raconter leur quotidien, soit réfléchir à leur identité et à leurs expériences passées. Tous les participants ont vu leurs symptômes se réduire, davantage ceux du second groupe. *"Journ. Consult. Clinic. Psych.", avril 2026*

Dès 2 verres d'alcool par jour, le risque s'envole

Dans une méta-analyse à l'échelle internationale, des chercheurs canadiens calculent que boire un verre d'alcool par jour augmente le risque de mourir d'une pathologie ou d'un accident de 0,1 %. Ce surrisque s'envole dès le 2^e verre, pour atteindre 4 %! *"Journ. of Stud. on Alcohol and Drugs", juin 2026*

On sait enfin à quel point les parcs sont bénéfiques !

Les parcs rafraîchissent les villes et améliorent la qualité de l'air, c'est un fait. Mais en effectuant des mesures autour et dans les 52 ha du parc de Stoke, en Angleterre, des chercheurs en ont pour la première fois calculé l'amplitude! En moyenne, dans cette ville, depuis une zone urbaine et à mesure que l'on s'approche d'un parc distant de 300 m, la température diminue de 0,5°C tous les 100 m. En plein cœur du jardin, il fait jusqu'à 3,6°C de moins qu'en ville, et même 8,5°C si on considère la température ressentie! Les concentrations de CO₂ et de micro-particules (PM10) y sont réduites respectivement de 3 % et 11,6 %. *"City and Enviro. Inter.", août 2026*



SHUTTERSTOCK

On mémorise mal une vidéo éducative courte

En Chine, 71 volontaires ont visionné puis résumé soit une vidéo de 10 minutes, soit son condensé de 2 minutes. Résultat : ceux qui avaient assisté à la version longue l'avaient mieux mémorisée que les autres. Selon les chercheurs, les vidéos courtes, trop fragmentées, ne laissent pas assez de temps au cerveau pour traiter l'information et donc la stocker efficacement. *"Comm. Psycho."*, 2026

Même un léger manque de sommeil fait grossir

Des chercheurs américains ont suivi 95 volontaires qui devaient dormir entre 7 et 8h/nuits sur 6 semaines, puis 80 min de moins les 6 suivantes. Tous ont pris du poids (environ 500 g)... en partie parce qu'en réaction à un sommeil plus court, ils avaient augmenté leur temps d'inactivité en journée. *"Annals Inter. Med."*, juil. 2026



Grandir avec un chat n'aggrave pas l'asthme

C'est ce qu'ont remarqué des chercheurs suédois qui ont suivi 30000 enfants asthmatiques pendant deux ans, balayant une vieille idée reçue. Au départ, 9,6% des enfants qui vivaient avec au moins un chat présentaient un asthme modéré à sévère – un taux du même ordre que chez ceux qui n'avaient pas de félin (10,1%). Puis, après les deux années de suivi, 3,3% des propriétaires de chat avaient vu leur asthme s'aggraver, contre 3,5% des autres. Bref, les félins ne joueraient aucun rôle dans l'apparition ou l'aggravation de cette pathologie. *"Front. in Allergy"*, juin 2026



Une grosse envie de fumer? Dépensez-vous!

Une méta-analyse regroupant 59 essais menés sur 9083 adultes par l'université d'Adélaïde, en Australie, montre que l'activité physique est très efficace pendant le sevrage tabagique, surtout si elle est intense – par exemple, une succession rapide de différents exercices. Concrètement, une seule séance de 10 minutes à haute intensité réduirait les envies de fumer instantanément et jusqu'à 30 minutes après l'effort. L'entraînement régulier, lui, permettrait d'augmenter de 15% les chances de parvenir à une abstinence continue. *"Journ. of Sport and Health Science"*, avril 2026

SCIENCE & VIE

CROISIÈRES

PRAGUE, DRESDE ET LES CHÂTEAUX DE BOHÊME

Une croisière inédite sur l'Elbe et la Moldau

DU 22 AU 28 OCTOBRE 2026

En partenariat avec  CroisiEurope

Les points forts de votre croisière

- La navigation sur l'Elbe et de la Moldau sauvage, un itinéraire exclusif.
- La visite des châteaux de Bohême : Konopiste, ancienne résidence de chasse des Habsbourg et Nelahozeves, de style Renaissance, avec sa collection privée d'œuvres d'art.
- Prague, surnommée la ville aux cent clochers.
- Un tarif spécial lecteurs à partir de 2115 €/pers. au départ de Paris en tout inclus à bord



- Un navire 5 ancres à taille humaine, le MS Elbe Princesse (81 passagers seulement) et un équipage francophone aux petits soins.

TÉLÉCHARGEZ LA DOCUMENTATION COMPLÈTE



sur notre site

www.voyages-lecteurs.fr/sv

OU

INFORMATIONS & RÉSERVATIONS

01 41 33 56 56 en précisant **SCIENCE & VIE**

Du lundi au vendredi de 9h à 18h, le samedi de 9h à 12h et de 13h à 17h

Demandez votre brochure sans engagement à : Science & Vie - Croisière Prague - 59898 Lille Cedex 09

M086 # L1598556 Code article : 785147

Nom* : Prénom* :

Adresse* :

CP* : Ville* : Tél. :

email :

(Utile pour recevoir nos bons plans Croisières et Voyages)

Date de naissance : (pour fêter votre anniversaire)

Avez-vous déjà effectué une croisière ou un voyage ☐ OUI ☐ NON

☐ Je ne souhaite pas recevoir les offres de Science & Vie et Voyages Lecteurs sur des produits et services similaires à ma commande par la Poste, e-mail ou téléphone. Dommage !

☐ Je ne souhaite pas que mes coordonnées postales et mon téléphone soient communiqués à des partenaires pour recevoir leurs bons plans. Dommage !

* A renseigner obligatoirement pour traiter votre demande. Les informations recueillies à partir de ce formulaire font l'objet d'un traitement informatique fondé sur votre consentement et destiné à Reworld Media France SAS en sa qualité de responsable de traitement. Les finalités poursuivies sont l'envoi de la brochure et les offres relatives aux voyages avec nos partenaires si vous y consentez. L'inscription au voyage implique l'acceptation des conditions générales et particulières de vente de CroisiEurope au dos du bulletin de réservation joint à la brochure. Les informations demandées sont destinées à la société REWORLD MEDIA MAGAZINES (Voyages Lecteurs) à des fins de traitement et de gestion de votre commande, de la relation client, des réclamations, de réalisation d'études et de statistiques et, sous réserve de vos choix, de communication marketing par Voyages Lecteurs et/ou ses partenaires par courrier, téléphone et courrier électronique. Vous bénéficiez d'un droit d'accès, rectification, d'effacement de vos données ainsi que d'un droit d'opposition en écrivant à RMM-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux, ou par mail à dpd@reworldmedia.com. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour en savoir plus sur la gestion de vos données personnelles, vos droits et nos partenaires, consultez notre politique de Confidentialité sur www.voyages-lecteurs.fr. Crédits photos : © Shutterstock.com, CroisiEurope.

VOYAGES
LECTEURS

EXPOSITION

Et si vous testiez votre esprit critique ?

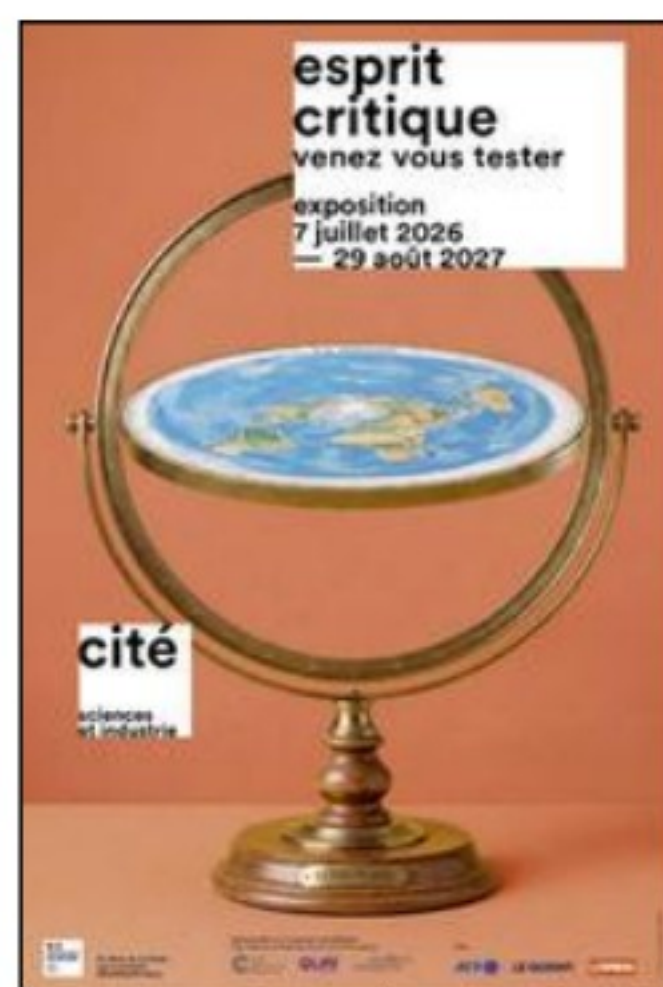
Un déluge quotidien d'images, vidéos, idées préconçues nous assaille de toutes parts... Comment vérifier ces informations ? La Cité des sciences et de l'industrie tente ici d'aiguiser notre esprit critique en explorant nos mécanismes cognitifs et les phénomènes sociaux qui orientent nos choix. Sophie Lecuyer, cheffe de projets, nous explique les enjeux de cette initiative.

PROPOS RECUEILLIS PAR ANAÏS OURLIS



Science & Vie : Pourquoi avoir créé une exposition entièrement dédiée à l'esprit critique ?

Sophie Lecuyer : Notre intérêt pour ce sujet a commencé en 2022 avec l'organisation du "Printemps de l'esprit critique". Depuis, nous publions chaque année un baromètre qui mesure le rapport des Français à la science à travers différents sujets de société, tels que le réchauffement climatique, la vaccination, l'intelligence artificielle, la démocratie, etc. Mais face au flot incontrôlable d'informations auquel nous sommes confrontés chaque jour, nous avons



EXPOSITION

Esprit Critique

● Cité des sciences et de l'industrie, à Paris
● Jusqu'au 29 août 2027
● Tarif plein : 15 € ; réduit : 12 € / 4 €

décidé d'aller plus loin afin de comprendre comment se construit notre jugement. Pour cela, nous avons élaboré cette exposition comme un parcours interactif dans lequel les visiteurs sont amenés à questionner les informations, repérer les fake news et prendre conscience des biais cognitifs, ces raccourcis rapides qui trompent le cerveau inconsciemment.

S&V : À quoi cela ressemble concrètement ?

S.L. : L'exposition nous plonge dans une cité imaginaire appelée Critique Ville, où chaque lieu permet de faire face à des

situations particulières. À la mairie, les visiteurs découvrent par exemple certaines techniques argumentatives, des biais de cadrage – liés à la façon dont un sujet est présenté – et des stéréotypes utilisés dans la communication. La salle de spectacle permet de comprendre les mécanismes de la magie et des illusions. Tandis que le kiosque présente les grands principes de tri et de vérification de l'information et la manière dont elle se diffuse dans l'espace public. Le tout dans un style ludique : à leur arrivée, les visiteurs reçoivent un bracelet

Les visiteurs sont amenés à questionner les informations

SOPHIE LECUYER

Cheffe de projets à la Cité des sciences, à Paris

connecté qui leur permet de participer à différentes expériences, de répondre à des questions et de relever des défis. À la fin de la visite, ils obtiennent un bilan de leur parcours.

S&V: Tout au long de ce parcours, vous évoquez les réseaux sociaux et l'IA. Quelle est leur influence sur notre capacité de jugement?

S.L.: Il ne faut pas les prendre pour des épouvantails, ce sont avant tout des outils. Leur impact dépend de la manière dont nous les utilisons. Les réseaux sociaux et l'IA peuvent nous rendre service, mais aussi contribuer

à diffuser de fausses informations lorsqu'ils sont mal employés. D'où l'importance de prendre du recul, de comparer et croiser plusieurs sources et d'adapter une démarche de vérification. Évidemment, il est impossible de tout contrôler: dans ce cas, il est parfois nécessaire de se reposer sur des sources considérées comme dignes de confiance.

S&V: L'exposition a été conçue en partenariat avec d'autres centres de culture scientifique...

S.L.: C'est en effet une coproduction entre la Cité des sciences, Cap sciences à Bordeaux et le Quai des savoirs à Toulouse. Sa conception s'appuie sur un énorme travail scientifique: des psychologues comportementalistes, des sociologues et des spécialistes en sciences cognitives ont participé à l'élaboration des tests. Le défi consistait à transformer leurs connaissances en expériences accessibles et ludiques. C'est d'ailleurs tout le rôle de la muséographie! Et on espère que notre exposition permettra à chaque visiteur de repartir avec un réflexe simple: prendre le temps de s'interroger avant de croire ou de partager une information. C'est cette démarche qui permet de mieux comprendre le monde qui nous entoure.

Le choix de la rédac'

EXPOSITION

Agde grecque

- Musée de l'Éphèbe, Cap d'Agde
- Jusqu'au 29 novembre
- Tarif plein: 6 €; réduit: 4 €



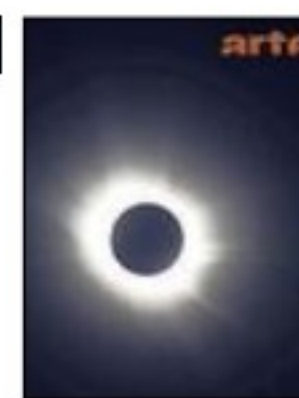
Céramiques, éléments de parure ou d'armement, outils agricoles... À travers une centaine d'objets issus de fouilles archéologiques, cette exposition retrace la présence grecque à Agde, mais aussi dans toute l'Occitanie. Elle révèle également les héritages qu'elle a laissés, depuis la mise en place de réseaux de circulation jusqu'à l'exploitation de ressources agricoles et minières.

C.H.

DOCUMENTAIRE

Éclipse totale au-dessus de l'Europe

- De Joby Lubman
- Disponible sur la plateforme Arte.tv



Nous l'attendions avec impatience, l'éclipse solaire qui a eu lieu le 12 août dernier! Grâce à des images époustouflantes, ce documentaire nous apprend comment ce phénomène astronomique rare se produit, comment les astronomes sont parvenus à le prévoir et à l'étudier toujours plus finement et pourquoi il représente une super opportunité de mieux comprendre le fonctionnement de notre étoile.

C.H.

LIVRE

Étonnants matériaux

- De Séverine Martrenchard, Laurent Orgéas et Anne-Valérie Ruzette
- Éd. CNRS
- 400 pp., 28 €



Métaux ultralégers, plastiques biodégradables, biocéramiques régénérant le tissu osseux, alliages supraconducteurs, matériaux capables de stocker l'hydrogène... ont révolutionné – ou révolutionneront demain – notre quotidien. Cet ouvrage propose de les découvrir à travers une soixantaine de chapitres accessibles.

C.H.

EXPOSITION

Le Dessous des mers

- Musée national de la marine, à Brest
- Jusqu'au 7 mars 2027
- Tarif plein: 12 €; réduit: 10 €



Des premières cartes, dont certaines étaient peuplées de monstres mystérieux, aux modélisations 3D des fonds marins, le site brestois du Musée national de la Marine consacre sa nouvelle exposition à l'histoire de la cartographie sous-marine. Une centaine d'objets permettra d'explorer 500 ans d'innovation pour représenter les profondeurs des océans.

C.H.

Combien d'odeurs notre nez peut-il capter ?

Question de Milan Müller, Palaiseau (91)

“On estime que le nez humain peut détecter entre plusieurs milliers et mille milliards de nuances olfactives”, indique Sébastien Fiorucci, chimiste à l'Université Côte-d'Azur. La fourchette est large ! Comment l'a-t-on obtenue ?

En 2014, une équipe de l'université Rockefeller (États-Unis) a testé la capacité de volontaires à distinguer des effluves composés, chacun, d'un mélange de 10 à 30 molécules issues d'un ensemble commun qui en contenait 128. Résultat : deux mélanges étaient perçus comme différents lorsqu'ils partageaient, en moyenne, moins de 50 % de leurs composants. En appliquant ce principe au

nombre estimé de molécules odorantes dans le monde, l'être humain pourrait distinguer environ mille milliards d'odeurs, ont alors calculé les chercheurs. Sauf que d'autres travaux ont pointé que ce résultat dépend fortement de la méthodologie utilisée et du nombre de participants ! Au point que nous pourrions tout aussi bien distinguer quelques milliers d'odeurs seulement – impossible de trancher.

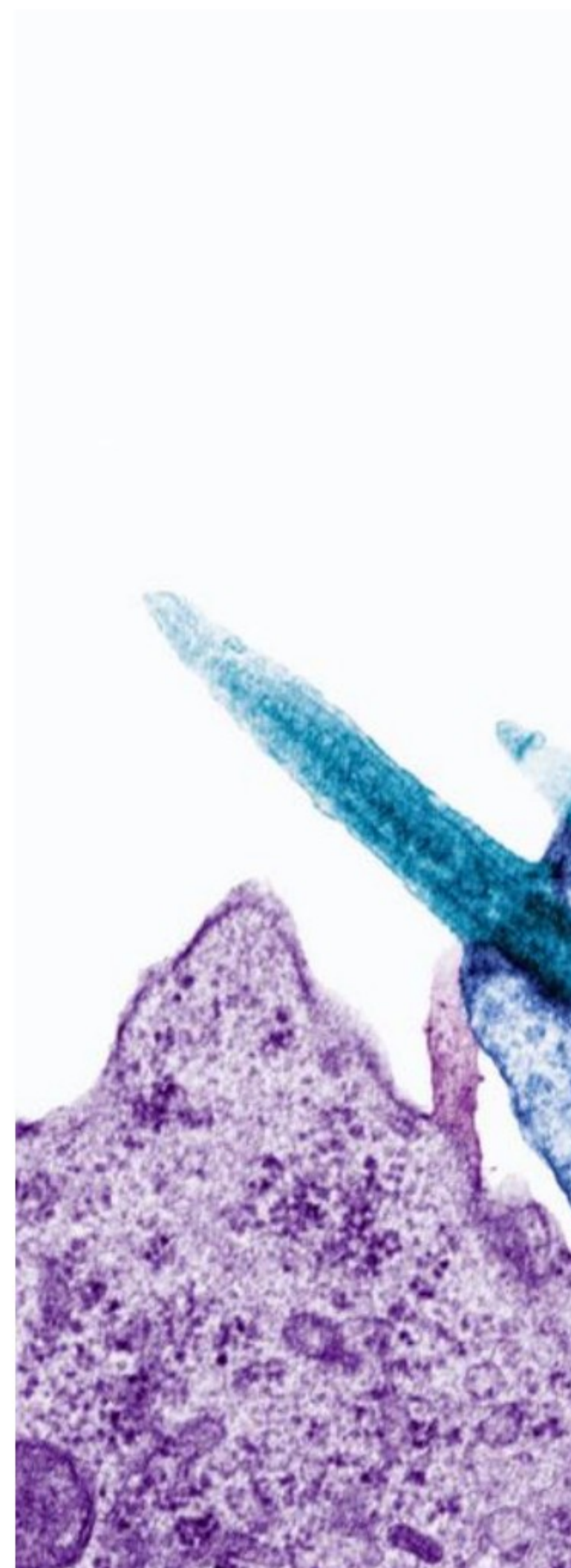
Neurones olfactifs

Le fonctionnement de l'odorat, lui, est mieux établi. Tout commence dans la muqueuse qui tapisse l'intérieur du nez, où les molécules volatiles se fixent sur des récepteurs à

la surface des neurones olfactifs. *“Il existe 400 types de récepteurs qui peuvent être stimulés par une ou plusieurs familles de molécules”,* précise Sébastien Fiorucci. Une fois l'interaction établie entre une molécule et un récepteur, un signal électrique est transmis le long du neurone jusqu'au bulbe olfactif. Situé dans le cerveau, ce dernier dresse une cartographie des récepteurs activés, interprétée comme une odeur.

Comme le goût, l'odorat repose sur des combinaisons. Ce qui explique pourquoi, avec un nombre limité de récepteurs, on peut percevoir une immense diversité d'effluves.

P.-E.R.



> L'air se dilate et refroidit en s'éloignant de la surface terrestre (ici, l'Himalaya, au Népal).

Comment explique-t-on la

Question d'Alain Mercieca, L'Horme (42)

C'est principalement dû à la diminution de la pression atmosphérique. Tout d'abord, il faut noter que le Soleil ne chauffe pas directement l'air : il réchauffe surtout la surface terrestre, qui restitue cette énergie vers les couches basses de l'at-

mosphère. *“Celle-ci agit comme une couverture thermique qui absorbe ce rayonnement infrarouge en fonction de la concentration en gaz absorbants (vapeur d'eau, ozone, CO₂...), et de la présence de nuages”,* expose Jean-Pierre Chaboureau, physi-



✓ Les récepteurs qui captent les molécules volatiles se situent sur les cils (*en vert*) des neurones olfactifs (*en bleu*).

Pourquoi ne faut-il pas donner de chocolat aux chiens ?

Question d'Émilie Lauzier, Montpellier (34)

Parce qu'ils peuvent en mourir ! *"La fève de cacao contient des méthylxanthines comme la théobromine et la caféine"*, indique Patrick Verwaerde, de l'École nationale vétérinaire d'Alfort. Ingérés, ces composés stimulent le système nerveux central et le cœur, et augmentent la production d'urine, notamment chez l'humain et le chien. Sauf qu'ils sont éliminés 2 à 3 fois plus lentement par ce dernier que par nous ! Accumulées, ces molécules deviennent toxiques. *"Elles peuvent causer diarrhée, urines abondantes, trouble du rythme cardiaque, convulsions... et même déboucher sur la mort en cas d'ingestion massive."* Dans le cas d'un chocolat noir très riche en cacao, le seuil toxique chez un chien de 10 kg est atteint dès l'ingestion de 6g seulement. **F.C.**



baisse de la température avec l'altitude ?

cien au laboratoire d'aérodynamique de l'Observatoire Midi-Pyrénées, à Toulouse. Or plus on grimpe, plus on s'éloigne de cette source de chaleur ! Et plus la quantité d'air au-dessus de nous décroît, réduisant le poids de ce gaz sur les couches inférieures. En conséquence, la pression atmosphérique diminue. L'air qui s'élève rencontre

donc une pression plus faible : il se dilate et devient moins dense. *"Le mouvement des molécules d'air ralentit, ce qui affaiblit leur agitation thermique"*, indique le physicien. *Résultat : la température baisse sans qu'il y ait échange de chaleur."* C'est ce que l'on appelle le refroidissement adiabatique. Dans la tro-

posphère (partie la plus basse de l'atmosphère), la température diminue en moyenne de 6,5°C/km. Par contre, lorsqu'on atteint la stratosphère, au-delà de 8 à 11 km d'altitude, l'ozone absorbe les ultraviolets du Soleil et réchauffe à nouveau l'atmosphère – qui reste tout de même à des températures négatives. **O.D.**

Comment les dauphins dorment-ils ?

Question de Pascal Briffaut, Lille (59)

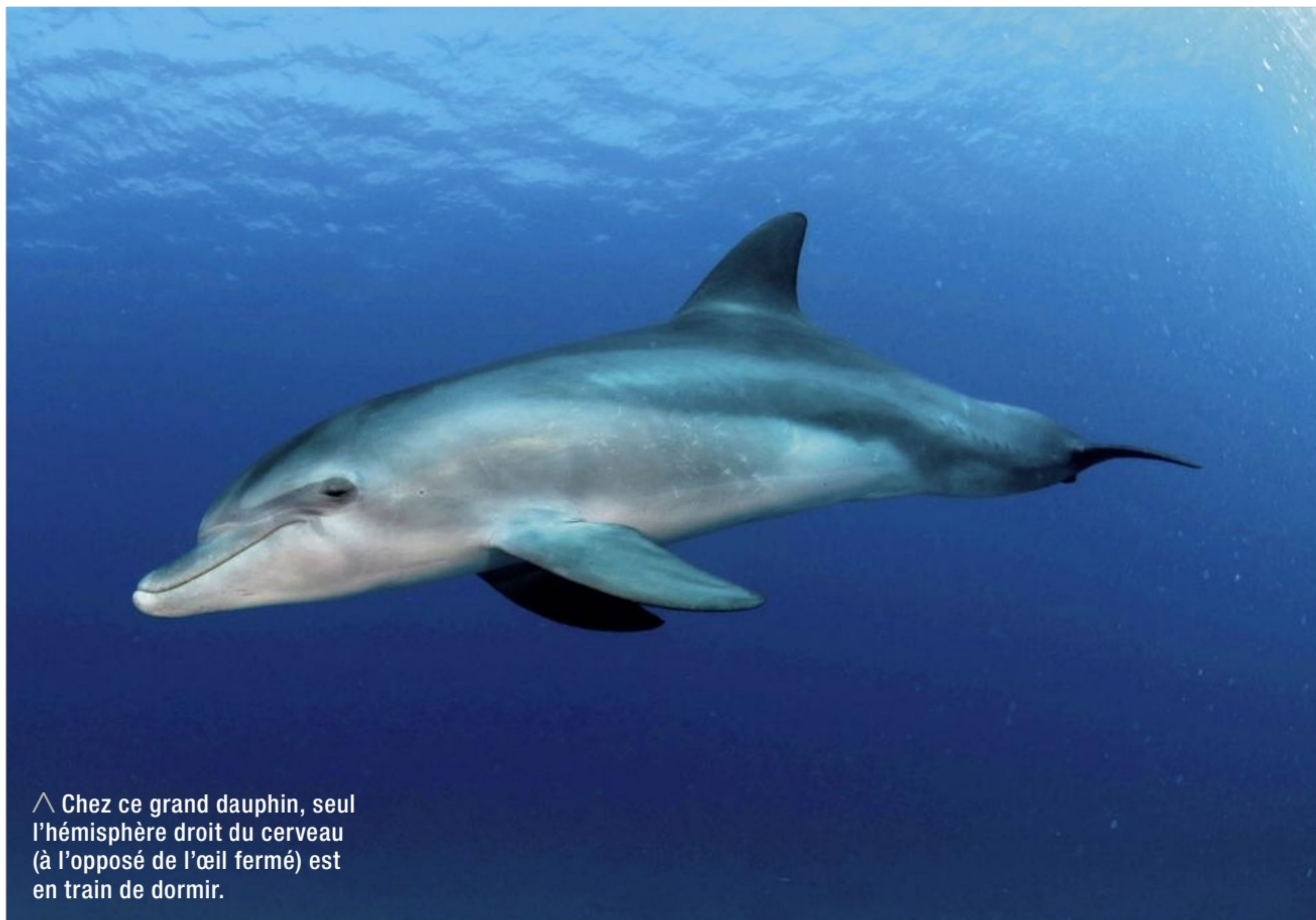
Comme tous les cétacés, ils pratiquent une forme de demi-sommeil. *“Les dauphins ne mettent qu'un hémisphère de leur cerveau au repos, tandis que l'autre reste en éveil”*, expose Paul-Antoine Libourel, chercheur en écophysiologie du sommeil au CEFE de Montpellier. Ce sommeil dit “unihémisphérique” alterne entre les deux

moitiés du cerveau au fil des siestes qu'ils s'accordent, de jour comme de nuit (une dizaine sur 24 heures). En mer, on voit parfois des dauphins nageant lentement en cercle, avec un seul œil fermé : celui situé du côté opposé à l'hémisphère endormi. *“Chez tous les mammifères terrestres, les cycles du sommeil mobilisent les deux hémis-*

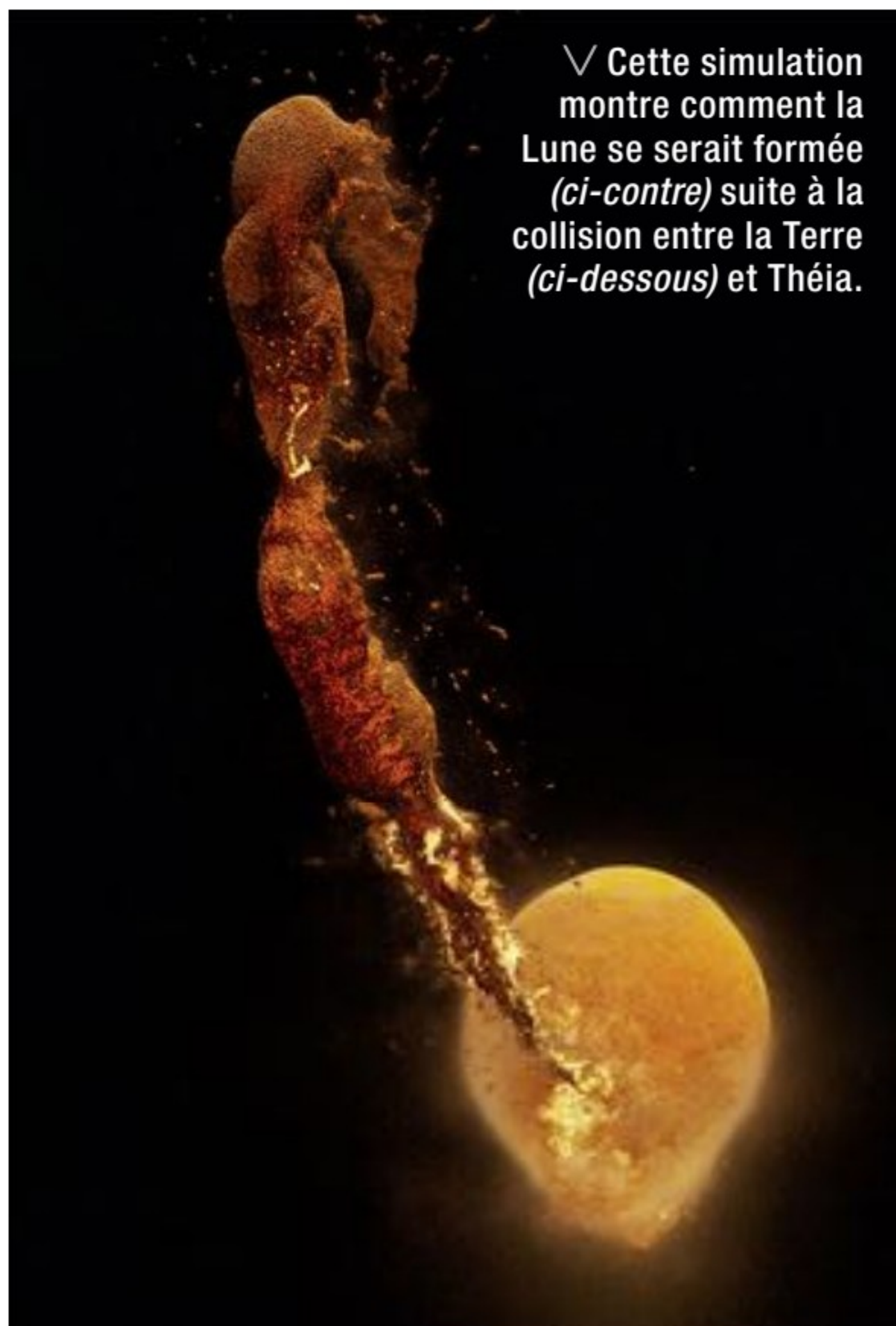
phères en même temps, alternant entre sommeil lent et sommeil paradoxal –celui associé aux rêves–, rappelle le chercheur. Ce n'est pas le cas chez les cétacés puisque leur sommeil lent ne concerne qu'un seul hémisphère à la fois et ils ne semblent pas connaître de sommeil paradoxal.” C'est ce qu'ont montré des études réalisées sur des animaux en captivité.

Pourquoi une telle spécificité ? Si les scientifiques

manquent encore de données, ils ont une hypothèse : ce demi-sommeil serait une adaptation à la vie marine leur permettant de récupérer tout en restant vigilants pour repérer les prédateurs, maintenir leur nage et, surtout, remonter régulièrement à la surface pour respirer ! Contrairement à nous, leur respiration se fait de manière volontaire : s'ils perdaient totalement conscience, ils risqueraient de se noyer. **L.B.**



^ Chez ce grand dauphin, seul l'hémisphère droit du cerveau (à l'opposé de l'œil fermé) est en train de dormir.



✓ Cette simulation montre comment la Lune se serait formée (ci-contre) suite à la collision entre la Terre (ci-dessous) et Théia.

À quoi ressemblerait notre planète si Théia ne l'avait pas percutée ?

Question de Francis Gramon, Condezaygues (47)

Il n'y aurait peut-être ni Lune ni vie sur Terre. Ce corps céleste de la taille de Mars aurait percuté notre planète il y a 4,5 milliards d'années, projetant des débris qui se seraient assemblés pour former la Lune. Or cette dernière stabilise aujourd'hui l'inclinaison de l'axe terrestre autour de $23,5^\circ$: sans elle, cet axe aurait pu varier fortement, entraînant des changements climatiques extrêmes et erratiques ; les marées seraient bien plus faibles et les journées, faute du freinage exercé par la Lune, ne dureraient que quelques heures. Théia a peut-être aussi participé à ensemen- cer la Terre en éléments nécessaires à la vie – eau, carbone, azote, soufre. *“En scrutant des roches anciennes, nous avons déduit que notre planète en possédait très peu avant sa collision”*, raconte Pascal Maurice Kruttasch, de l'Imperial College, à Londres. Et pour cause : lors de la formation de la Terre, ces éléments étaient sous forme de gaz du fait de leur proximité avec le Soleil, ils n'ont pas pu être incorporés aux roches. *“Si Théia s'était formée plus loin du Soleil, elle aurait pu en contenir en abondance et les apporter sur notre planète”*, imagine le chercheur. Mais l'origine de cet impacteur disparu fait encore débat. **S.F.**

Comment font les mammifères pour couper leur cordon ombilical ?

Question de Christine Mauger, Saint-Renan (29)

Chez l'humain, le geste est lourd de symbole : environ une minute après l'accouchement, la sage-femme clampé le cordon ombilical pour interrompre la circulation sanguine, et propose souvent au père de le couper. Chez les autres mammifères, pas besoin de ciseaux.

“Contrairement à ce qu'on lit parfois, les animaux ne coupent pas le cordon. Il

se rompt naturellement, révèle Pascale Chavatte-Palmer, spécialiste de la reproduction animale à l'Inrae. Si certaines mères semblent le mordiller, c'est en général parce qu'elles mangent le placenta et les résidus de la mise bas. Elles récupèrent ainsi des nutriments et effacent les traces susceptibles d'attirer des prédateurs”. Et chez les marsupiaux ? Ces

mammifères particuliers (kangourous, opossums) naissent avec un petit cordon qui se détache seul pendant leur ascension vers la poche maternelle.

Si les humains ont commencé à couper le cordon, c'était sûrement pour des raisons culturelles. En 1909, l'obstétricien John Whitridge Williams indiquait que le clampage permettait notamment de préserver... la blancheur des draps. **A.L.D.**

**CETTE RUBRIQUE
EST LA VÔTRE,
ÉCRIVEZ-NOUS !**

SCIENCE&VIE

Pour faire vivre ces pages, nous avons besoin de votre intelligence et de votre curiosité. Vous avez une drôle de question en tête ? Nous sommes prêts à interroger les meilleurs experts scientifiques pour vous apporter ici la réponse !

Écrivez-nous à :
sev.qr@reworldmedia.com

ou bien par courrier à :
**Science & Vie
Questions/réponses**
40, avenue Aristide-Briand
CS 10024
92227 Bagneux Cedex

Pourquoi reste-t-il toujours du ketchup au fond de la bouteille ?

Question de Philippe Veil, Paris (75)

Parce qu'il faut l'agiter, le bousculer, le malmener ! Ce n'est pas une blague : le ketchup est ce que les physiciens appellent un fluide à seuil d'écoulement ou rhéofluidifiant ; sa viscosité varie selon la force qu'on lui applique.

Au repos, ses molécules – eau, pulpe de tomate, sucre, vinaigre et épaississants – forment un réseau dense qui

piège l'eau et lui donne une consistance presque solide : il reste collé au fond et aux parois de la bouteille. Pour couler, ce réseau doit subir une contrainte suffisante. *"Tant que celle-ci reste faible, le réseau résiste comme un gel,"* explique Philippe Coussot, physicien au laboratoire Navier, à Champs-sur-Marne. *Mais lorsqu'elle*

atteint le seuil d'écoulement, le réseau se déforme. Les liaisons se brisent, le réseau se désorganise et la viscosité chute brutalement : le ketchup se met à couler." À la vitesse record de... 0,045 km/h !

Quand la bouteille est pleine, le poids de la sauce contribue à exercer cette contrainte. Mais à mesure qu'elle se vide, ce poids ne suffit plus : le réseau se

reformule, la sauce épaissit et il faut agiter, presser ou taper sur la bouteille. Les dernières gouttes sont donc les plus difficiles à extraire. Pour y parvenir, mieux vaut tenir la bouteille par le col et la faire tourner en cercles verticaux : la force centrifuge permet d'atteindre plus vite le seuil d'écoulement que les tapes sur le fond, qui risquent surtout de vous éclabousser. **O.D.**

Le sourire est-il inné ou acquis ?

Question de Bernadette Delorme, Antony (92)

Probablement les deux ! *"Les bébés sourient déjà in utero, puis, après la naissance, vers 6 semaines, même lorsqu'ils sont nés aveugles,"* souligne Paula Niedenthal, professeure de psychologie à l'université du Wisconsin-Madison (États-Unis). Le geste serait donc en partie inné : favorisé par l'évolution, il renforcerait l'attachement parental et augmenterait les chances de survie du bébé. Cependant, en grandissant, notre propension à sourire varie, en premier lieu selon les cultures. *"On ne sourit pas avec la même fréquence ni avec les mêmes nuances : il existe de véritables dialectes du sourire, comparables à des accents dans le langage,"* poursuit la spécialiste. Ses travaux montrent que dans les pays marqués par de fortes migrations (États-Unis, Brésil), on sourit plus que dans les sociétés culturellement plus homogènes. *"Lorsqu'on fréquente d'autres personnes qui ne partagent ni langue ni normes sociales communes, on utilise davantage de stratégies non verbales pour instaurer la confiance,"* explique-t-elle. En résumé, nous naissons avec la capacité de sourire, et la société en façonne l'usage. **L.G.**

✓ Le sourire se construit durant la vie fœtale, comme on voit ici sur cette échographie 3D.



Naître, croire, gouverner, aimer : l'Égypte ancienne vue par la science

**Plongez au cœur d'une civilisation
qui nourrit notre imaginaire plus de
trois mille ans après son apogée.**

Comment les Égyptiens concevaient-ils la création du monde ? **Pourquoi** momifiaient-ils leurs morts ? **Quelle place** occupaient les femmes dans la société pharaonique et comment vivaient les habitants de la vallée du Nil ? Cet ouvrage répond à toutes ces questions.

Structuré en 5 grandes parties - religion, pouvoir, médecine, vie quotidienne et condition féminine -, il explore les **multiples facettes de cette civilisation, des rites funéraires aux pratiques médicales, de l'exercice du pouvoir aux grands chantiers monumentaux**, sans oublier le quotidien des scribes, artisans, médecins ou paysans.

Ponctué de dossiers consacrés notamment à Ramsès II, Akhénaton, Hatchepsout, Néfertiti et Cléopâtre, d'**entretiens avec des spécialistes** et de **décryptages des idées reçues**, il propose une synthèse des connaissances actuelles, éclairée par les apports de l'archéologie, de l'histoire, de l'anthropologie et de la science.



*Hors-série Les Cahiers
Science&Vie, coordonné par
Virginie Girod, historienne
et chroniqueuse. Couverture
cartonnée. 148 pages.
Dimensions : 19,5 x 27 cm.*



19,90€
seulement



Feuilletez un extrait

DISPONIBLE CHEZ LES MARCHANDS DE JOURNAUX

ET SUR WWW.KIOSQUEMAG.COM/BOUTIQUE **ou** au 01 46 48 48 03 du lundi au samedi
(paiement en carte bancaire uniquement) **ou** par courrier en retournant le coupon dûment complété ci-dessous ▼

BON DE COMMANDE

à retourner à La boutique Science&Vie - 59898 Lille Cedex 9

Oui je commande	Réf	Qté	Prix	Total
AU CŒUR DE L'EGYPTE ANCIENNE	434 613		19€_{,90}	
Livraison en colis simple dans un délai de 1 à 2 semaines après enregistrement de la commande				+ 4,00 €
MONTANT TOTAL DE MA COMMANDE				€

Je règle par chèque joint à l'ordre de Boutique Science&Vie



Vous souhaitez régler par carte bancaire ?
Rapide et 100% sécurisé, rendez-vous sur
www.kiosquemaq.com

Offre valable France Métropolitaine valable jusqu'au 31/12/2026 dans la limite des stocks disponibles. Conformément à l'article L 221-18 du code de la consommation, vous disposez d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception de votre commande et vous pouvez nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Les frais d'envoi et de retour restent à votre charge. Les informations demandées sont destinées à la société REWORLD MEDIA MAGAZINES (KiosqueMag) à des fins de traitement et de gestion de votre commande, d'opérations promotionnelles, de fidélisation, de la relation client, des réclamations, de réalisation d'études et de statistiques et, sous réserve de vos choix, de communication marketing par KiosqueMag et/ou ses partenaires par courrier, téléphone et courrier électronique. Vous bénéficiez d'un droit d'accès, rectification, d'effacement de vos données ainsi que d'un droit d'opposition en écrivant à RMM-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand – 92220 Bagneux, ou par mail à dpd@reworldmedia.com. Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - www.cnil.fr. Pour en savoir plus sur la gestion de vos données personnelles, vos droits et nos partenaires, consultez notre politique de Confidentialité sur www.kiosquemag.com.

MES COORDONNÉES (* A remplir obligatoirement)

M091 # V 1662592

Nom*

Prénom*

[illegible]**Adresse***[illegible]

Code Postal*

Ville*

[illegible]

E-mail

[illegible]

Téléphone portable de préf.

[illegible]

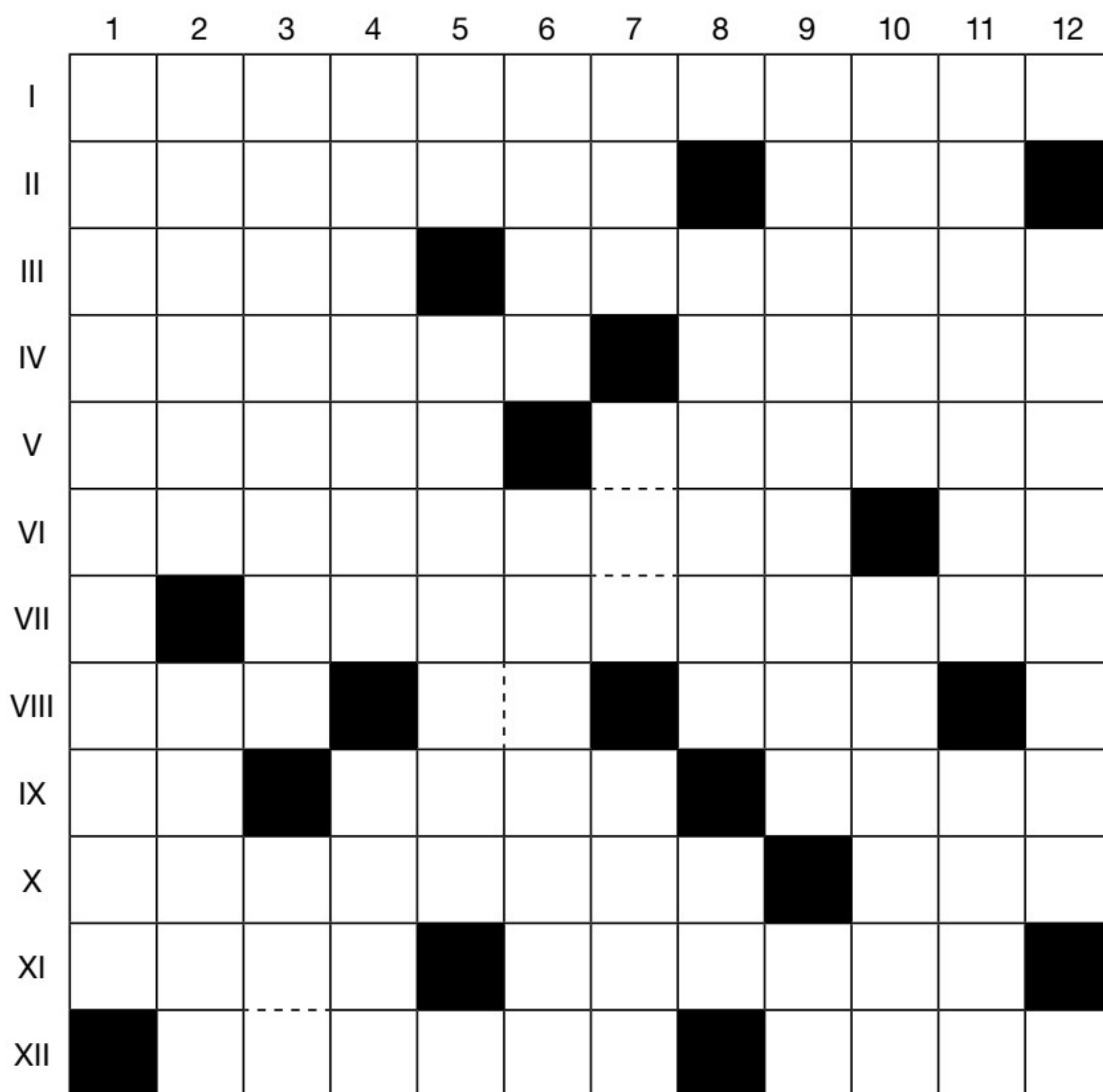
Date de votre anniversaire

--	--	--	--	--	--	--	--

- ☐ Je ne souhaite pas recevoir les offres Privilège de Science&Vie et Kiosquemag sur des produits et services similaires à ma commande par la Poste, e-mail et téléphone. Dommage!
- ☐ Je ne souhaite pas que mes coordonnées postales et mon téléphone soient communiqués à des partenaires pour recevoir leurs bons plans. Dommage!



À vous de jouer !



HORIZONTALEMENT

I. Où le produit de la somme est égal à la somme des produits.
II. Nettoyage des rues et débarras des ordures. Procéda à une simple soustraction. **III.** Transmetteur de stimulus. Dans un passé récent. **IV.** Ensemble infini de points alignés. Un gardien peut le marquer avant de le réaliser... et d'empêcher de marquer. **V.** Les meilleurs sont fous. Visiteur du soir attendu. **VI.** D'une ancienne victime de noyade dans le Nil. Parfaitement révisé pour le bac. **VII.** Photographies des pyramides d'Égypte. **VIII.** Monomère de glucide. Quart de la truffe. Réflexion dans un miroir. **IX.** Combat de pierres stratégique. Trésor qu'il vaut mieux ne pas chercher. Moule de plage. **X.** Galiléen, pour le référentiel d'un physicien. Page révélant des secrets. **XI.** Colla scion au verger. Prévenant mieux des caries, pour un dentifrice. **XII.** Se prend pour Zola à *L'Aurore*. Établissement équipé de salles de billards.

SOLUTION
DE LA GRILLE
S&V 1307

de David Cornélien

Q	U	A	R	K	S	G	L	U	O	N	S
U	L	T	E	R	I	E	U	R		O	O
A	N	T	I		N	O	N		P	A	S
N	A	R	N	I	A		D	E	L	H	I
T		A	S	E	P	T	I	S	E		E
E	P	I	E		I	R		S	U	C	S
U	L	T	R	A	S	O	N	O	R	E	
R	U		T	E	M	P	O	R	E	L	S
	P	A	I	R	E		R	E	N	A	L
P	A	R	O	I		E	M	U	T		I
U	R	A	N	E	U	S	E	S		O	C
E	T	C		N	I	T	R	E	U	S	E

VERTICALEMENT

1. Science où l'homme est toujours dans son arbre. **2.** Tabouret en ombelle. Émit un son par des vibrations.
3. Solidarité féminine. Terme d'énumération.
4. Carrière de roche poreuse volcanique. Habit de cérémonie.
5. Radium des Curie. C'est cousu de fils blancs. **6.** Produit par l'action du feu. Usants, avec le temps. **7.** Resta ouvert et accessible. L'ADN de Francis Crick et de Rosalind Franklin. Caché. **8.** Serre-livres. Trouvé chez Colette.
9. Bœuf avec Rossini. Lac des Pyrénées.
10. Répète en boucle. Bons vivants parfois moqueurs. **11.** Blouse du matelot. Château Renaissance de Diane de Poitiers. **12.** Langue de la dodécapole sur la mer Tyrrhénienne.

Le mois prochain dans **SCIENCE & VIE**

En kiosque le 23 septembre

À LA UNE

Capter le CO₂

Les nouvelles technologies arrivent

DOSSIER

On a détecté la première exolune



SHUTTERSTOCK

SCIENCE & VIE

RÉDACTION

40, avenue Aristide Briand,
CS 10024 - 92227 Bagneux Cedex
Tél. : 01 46 48 47 11
Questions à la rédaction :
svmens@reworldmedia.com

RÉDACTEUR EN CHEF

Thomas Cavaillé-Fol

RÉDACTEUR EN CHEF ADJOINT

Dylan Beiner-Molière

RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE

Aurélia Lieberherr

SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE RÉDACTION

Florence Roucolle

DIRECTION ARTISTIQUE

Eliénor Lo Meo

PREMIÈRE MAQUETTISTE

Sophie Leclerc

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE

Virginia Power (chef de service photo), Isabelle Henneron, Valentin Faivre (infographies)

ASSISTANTE DE LA RÉDACTION

Christelle Borelli

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

D. Augusto, K. Bettayeb, L. Blancard, B. Bourgeois, F. Cadu, D. Cornélien, G. Depambour, O. Donnars, E.-O. Eljaouhari, S. Fay, P. Fricot, L. Gougis, E. Haentjens, C. Hancock, T. Jones, S. Jungers, A. Le Duigou, M. Lubac, V. Marmont,

C. Mauger, J. Méreau, A. Ourlis, A. Périnet, B. Rey, P.-E. Ruy, Y. Sciana, M. Tumelaire

DIRECTION-ÉDITION

ÉDITEUR

Germain Périnet

ÉDITRICE ADJOINTE

Charlotte Mignerey

DIRECTRICE DES RÉDACTIONS

Danielle McCaffrey

PÔLE DIGITAL

RÉDACTEUR EN CHEF DU SITE

Thomas Delozier

RESPONSABLE ÉDITORIAL DES RÉSEAUX

SOCIAUX: Killian Marques

PUBLICITÉ

DIRECTRICE GÉNÉRALE

Élodie Bretaudeau-Fontailles

CONTACTS PUBLICITÉ

Directrice de pôle commercial : Catherine Mireux (1902)
Directeur de la publicité : Fabrice Guillemain (06 16 55 55 42)

PLANNING

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

RESPONSABLE TRAFIC

Catherine Leblanc (43 86)

OPÉRATIONS SPÉCIALES

Florence Dubois Vanel
(06 75 02 08 05)

INTERNATIONAL

NICK ALEXANDER, Sales dept.
REWorld MEDIA
naalexander@reworldmedia.com
Tél. : 07 717 664 657
33 Cavendish Square,
London W1G 0PW

MARKETING

RESPONSABLE: Giliane Douls

ABONNEMENTS ET DIFFUSION

DIRECTRICE MARKETING DIRECT
Catherine Grimaud

CHEF DE PRODUIT MARKETING DIRECT
Laure Letellier

RESPONSABLE SERVICE DIFFUSION
Philippe Merrien

RESPONSABLE DES VENTES
Arthur Marec

SERVICE ABONNEMENTS SCIENCE & VIE

59898 Lille Cedex 9
01 46 48 48 96

(de 9 h à 19 h, du lundi au vendredi,
de 9 h à 18 h le samedi, prix d'un
appel local)

Pour toute réclamation/
modification concernant
votre abonnement :
www.serviceabomag.fr

Retrouvez toutes nos offres sur :
www.kiosquemag.com/titres/science-vie/offres

Prix de vente : 5,30 €

Prix de l'abonnement :

1 an, 12 numéros pour 63,60 €

États-Unis et Canada : Express Mag,
Tél. : 1 800 363-1310 (français)
et 1 877 363-1310 (anglais).
Suisse : Edigroup, 022 860 84 50
reworld@edigroup.ch.
Belgique : Edigroup Belgique, 070
233 304 reworld@edigroup.be
Autres pays : nous consulter

FABRICATION
DIRECTION DES OPÉRATIONS
INDUSTRIELLES
Bruno Matillat

CHEFS DE FABRICATION
Hélène Bernardi, Nadine Chatry

PRÉPRESSE

Responsable de service :
Sylvain Boularand

IMPRIMEUR

P Mint Pologne-UE

ÉDITEUR

REWorld MEDIA MAGAZINES SAS
40, avenue Aristide Briand,
CS 10024 - 92227 Bagneux Cedex

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Gautier Normand

ACTIONNAIRE

Reworld Media France
(RCS Nanterre 477 494 371)
Tél. accueil : 01 41 33 50 00

Dépôt légal : septembre 2026
Date de parution : 26/08/26
N° ISSN : 0036-8 369
N° CPPAP : 1025 K 79977



LE TRI
+ FACILE



ACPM

D'après une question de **Caroline Martin (internet)**

Oh! là là! C'est encore super loin. Dis, tu sais comment on peut former des faux souvenirs, toi?

Attends, j'arrive plus à respirer.



(...)

C'est bon, ça va mieux. Tu disais?



Les faux souvenirs, ceux en mémoire mais qui ne se sont pas vraiment passés. Ou plutôt qui se sont passés un peu différemment en réalité. Comment on les fabrique?

Naturellement. On ne peut pas tout retenir, donc, inconsciemment, on ne garde que ce qui a du sens. On s'assoit?



Oh oui! Donc on brode autour de l'important les éléments plus insignifiants à chaque fois qu'on s'en souvient? T'as de l'eau?

En gros: le cerveau remplace certains points par d'autres issus de souvenirs similaires, inventés, ou suggérés. Non, et toi?



Non plus. Et c'est aussi possible par la suggestion, donc... T'as toujours ta photo? Parce que j'ai le mini-gong-souvenir...

Oh! je vois... Si on regarde fort la photo, que tu sonnes le gong, qu'on en reparle souvent...



En se répétant que c'était chouette de le voir en vrai, qu'on a bien fait de souffrir – facile, cette partie, d'ailleurs. Peut-être qu'on finira par y croire?

Sors le gong, ça peut marcher!



PAR KHEIRA BETTAYEB; MERCI À MICKAËL LAISNEY, NEUROPSYCHOLOGUE À L'ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES, À CAEN - ILLUSTRATION ALBAN PÉRINET/DÉCAPAGE

PARTENARIAT

SCIENCE & VIE

LES RENDEZ-VOUS

cnrs

7-18
OCTOBRE

Visites
!nsolites
cnrs

2-4
OCTOBRE
À PARIS

Échappées
inattendues
cnrs

Les Échappées inattendues du CNRS sont des rencontres qui font découvrir la science et les recherches en cours, sous des formats originaux et participatifs.

- **Conférence immersive** pour plonger au cœur d'un espace d'images et de sons commentés par des scientifiques.
- **Conférence-démo** : démonstration scientifique interactive.
- **3 micro-conférences** de 10 minutes chacune pour apporter des éclairages complémentaires sur un même thème.
- **Off Échappées** : dispositifs de médiation scientifique variés et proposés en fonction du lieu d'accueil ou de la thématique.

> **Toute l'année, partout en France, informations sur echappeesinattendues.cnrs.fr**

Les Visites insolites du CNRS prennent le parti de l'étonnant, du décalé, de l'unique, pour faire vivre des moments privilégiés avec les scientifiques.

Créées en 2020, elles proposent chaque année des expériences uniques, en groupe restreint, au cœur de la recherche.

Sites inaccessibles, expériences atypiques, rendez-vous singuliers sont au programme sur l'ensemble du territoire pour les quelques privilégiés tirés au sort.

> **Candidatez vite avant le 20/09/26**
visitesinsolites.cnrs.fr



www.cnrs.fr/fr

AVOIR UN CŒUR D'



En France, 1 enfant sur 3 ne reconnaît pas certains légumes.*
En soutenant l'École Jardinière, une initiative du WWF France,
Gamm vert s'engage à reconnecter les plus jeunes au vivant.



Gamm vert
L'autoproduction est l'avenir



L'ÉCOLE JARDINIÈRE

*D'après l'enquête de l'ASEF réalisée auprès de 910 élèves ayant entre 8 et 12 ans en région PACA au premier trimestre 2013.