

Comment ça marche

----- LE MAG QUI DÉCRYPTE LE MONDE -----

#145



**L'INCROYABLE
FAUNE DES PÔLES**

LE LASER RÉVOLUTIONNNE LA CHIRURGIE

ESPACE

**Cap sur les
géantes de glace**

HISTOIRE

**Aux origines de la
langue française**

ALIMENTATION

**Le mil, la céréale
de demain ?**

PUBLICITÉ

cité

**sciences
et industrie**

foules

**exposition
18 octobre 2022
— 6 août 2023**

Poc Levin Studio / Jeanne Tribouil, Léo Quetglas.



M > Porte de la Villette
Cite-sciences.fr
#ExpoFoules

En partenariat avec

MAX PLANCK INSTITUTE
FOR HUMAN DEVELOPMENT

Et

arte

L'EXPRESS

l'éléphant

L'ÉQUIPE

Le Parisien

Le Monde
des 00s

FUTURA
Inspire l'avenir

Konbini

cui FM

Avec le soutien de

transilien

RATP



Mi-novembre aux États-Unis, le Service des parcs nationaux a lancé une injonction sur de nombreux réseaux sociaux pour faire cesser une pratique dangereuse pour l'homme et nuisible pour le crapaud du désert du Sonora.



NE LÉCHEZ PAS LES CRAPAUDS!

Pour limiter une pratique trop répandue, les autorités américaines ont réagi.

Les visiteurs du parc de Saguaro dans le désert de Sonora, situé entre la Californie, l'Arizona et le Mexique, seraient-ils en quête du prince charmant? Si la question peut sembler amusante, elle cache une réalité bien moins risible. De plus en plus de touristes à la recherche d'un délire hallucinatoire capturent des crapauds, de l'espèce endémique *Bufo alvarius*. Leur but: lécher la peau de ces amphibiens, voire prélever la substance qu'ils sécrètent quand ils se sentent menacés pour la faire sécher, avant de la fumer. Le problème est que cette pratique n'est pas sans risques pour l'homme, en plus de nuire aux animaux eux-mêmes, comme l'indique le communiqué du Service américain des parcs nationaux, relayé par plusieurs réseaux sociaux, dont Twitter et Facebook: «*Comme nous le disons avec la plupart des choses que vous rencontrez dans un parc national, qu'il s'agisse d'une limace-banane, d'un champignon inconnu ou d'un gros crapaud aux yeux brillant en pleine nuit, veuillez vous abstenir de*

les lécher.» Une injonction plus qu'un conseil, car la menace est sérieuse. L'épiderme de cet amphibien nocturne d'une vingtaine de centimètres de long, de couleur vert olive ou brun tacheté, sécrète un des composés psychoactifs les plus puissants au monde, le 5-MeO-DMT (5-méthoxy-N, N-diméthyltryptamine). Plus connu sous le nom de «molécule de Dieu», ce venin peut rendre malade et, surtout, occasionne des hallucinations pendant quinze à trente minutes. Pourtant, de nombreuses personnes, dont certaines personnalités, sont devenues des adeptes de cette molécule apte, selon certains, à réinitialiser le système nerveux central, délivrer de la toxicomanie, guérir des troubles mentaux... Or, outre les effets délétères de la prise de cette «drogue» sur l'organisme humain, l'espèce des crapauds du désert de Sonora est à présent menacée par la chasse et le braconnage pour ses supposées vertus. Et les scientifiques craignent un effondrement de la population de cet amphibien, qui a déjà disparu de l'État de Californie. **📍 Karine Jacquet**



Le mot du mois

Laser

Acronyme tiré de l'anglais *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, en français «*amplification de la lumière par émission stimulée de radiation*».

Définition

Derrière cet acronyme se cache un faisceau composé de particules de lumière (également appelés photons) qui, excités par un courant électrique, libèrent de l'énergie sous forme de lumière. Et c'est cette lumière qui forme le faisceau laser. Concrétisé dans les années 1960, ce principe est aujourd'hui très présent dans de multiples domaines de la vie quotidienne comme la médecine, l'électronique, les télécommunications, mais aussi dans la physique fondamentale, l'armement...

© Crédits couverture: Shutterstock
© Shutterstock

ÉCRIVEZ-NOUS À

**Comment
ça marche**

ABONNEZ-VOUS SUR

Fleurus Presse/Unique Heritage Media
141, boulevard Ney, 75018 Paris
ou par mail à
ccm@fleuruspresse.com

www.fleuruspresse.com



Décrypter

34

AVATAR

Avec le deuxième opus, le réalisateur James Cameron fait le pari de réitérer, sous l'eau, ses prouesses techniques.



Rencontrer

30

HEIKO PRÜMERS

L'archéologue allemand a découvert d'anciennes cités au cœur de l'Amazonie.



52

RADARS

Dans les airs, sur les routes et même désormais à l'intérieur du corps humain, rien ne leur échappe.

Innover



56

FRENCH TECH

Avec l'autotransfuseur d'i-SEP, le malade devient son propre donneur.

Nature

Techno

Histoire

Espace

Science

Société

06 FAQ

09 Les chiffres du mois

10 Actualités des sciences

18 4 choses à savoir sur le handball

20 Dossier: le laser révolutionne la chirurgie

30 Interview: Heiko Prümers, archéologue

34 Retour sur la planète Avatar

38 Gros plan sur le champ magnétique terrestre

40 Groupes sanguins: une incroyable diversité

44 Cap sur les géantes de glace

48 Comment naît la foudre?

52 Radars d'aujourd'hui et de demain

56 French Tech: i-SEP

58 2023: en plein dans le mil

60 La faune des pôles

64 La porte de l'enfer

66 D'où viennent les pâtes?

68 L'épopée de la langue française en 7 questions

72 Louis Pasteur

76 Sorties, expos, BD, livres...

81 Un classique de la SF

Ce numéro comporte une offre de réabonnement.



//// dossier



20

LASER MÉDICAL

De l'ophtalmologie à la dermatologie, en passant par la cancérologie, il est devenu incontournable. Une révolution pour les chirurgiens et les patients.

Explorer



48

LA Foudre

Un scénario sous haute tension, qui commence dans un cumulonimbus transformé en véritable pile électrique.

Observer



58

LE MIL

2023 sera l'année internationale de cette céréale. Découvrez ses atouts et ses bienfaits.

Événement



18

HANDBALL

Tout savoir sur ce sport où les « Experts » français rêvent d'un 7^e titre mondial.

Observer



60

FAUNE POLAIRE

Dans le Grand Nord comme dans l'Antarctique, l'évolution a doté les animaux d'armes ingénieuses pour affronter les conditions extrêmes.

Raconter



68

LA LANGUE FRANÇAISE

Son histoire remonte à ses origines indo-européennes et continue de s'écrire au présent.

© 20th Century Studios - Courtesy of 20th Century Studios; H. Prümers / DAJ; DR; Shutterstock; DK Images

FAQ

Par Delphine Gaston-Sloan

Envoyez-nous
vos questions à :

**Comment
ça marche**

Fleurus Presse/Unique Heritage Media
141, boulevard Ney 75018 Paris
ou par mail à : ccm@fleuruspresse.com



Quelle est la différence entre hibernation et hibernation ?

Question d'Adélaïde Q., Villard-de-Lans (Isère)



Les deux termes décrivent une période de sommeil, une sorte de mise sur pause de l'organisme chez nombre d'espèces animales durant la période hivernale. La différence réside dans la profondeur, l'étendue, l'intensité et la durée de ce phénomène. En hiver, les jours raccourcissent, la température baisse, la nourriture se fait rare, il est donc nécessaire de modifier ses habitudes, d'économiser l'énergie, de vivre sur

ses réserves, en s'abritant. Tel est le rôle de l'hibernation et de l'hivernation. État léthargique (sommeil profond et prolongé), l'hibernation concerne marmotte, souris, hérisson, écureuil chauve-souris, grenouille, tortue..., des animaux de petite taille incapables de maintenir leur température corporelle par grand froid, mais aptes à entrer en hypothermie contrôlée. Pendant plusieurs mois, seules restent opérationnelles leurs fonctions vitales

(circulation sanguine, respiration, rythme cardiaque...), réduites à l'essentiel. L'hivernation n'est, elle, qu'une somnolence, une période de ralentissement susceptible de s'interrompre à tout moment pour reprendre tout ou partie des activités courantes (alimentation, déplacements...), y compris, pour les femelles, la possibilité de mettre bas et d'allaiter leurs petits. Dans cette catégorie se rangent l'ours, le blaireau, le raton laveur, le castor...

Pourquoi mesure-t-on la vitesse des bateaux en nœuds?

Question de Mathias R., Saint-Malo (Ille-et-Vilaine)



En bateau, le kilomètre par heure n'a pas cours, la vitesse s'apprécie en nœuds, à savoir le nombre de milles marins par heure (noté « kt » pour *knot*, « nœud » en anglais). Cette mesure est indispensable pour évaluer la distance parcourue en mer et, donc, se géolocaliser. Aujourd'hui, un nœud correspond à 1,852 km/h (0,51 m/s). Son usage remonterait au XV^e ou XVI^e siècle, au temps de l'essor de la marine. Pas de vaisseaux bardés d'électronique alors, mais le recours à un nouveau système, du type D, le loch (du néerlandais *log*, « bûche »). Un bout de bois, attaché à une corde nouée à intervalles fixes (15,4 m), était jeté à l'arrière du bateau; un marin tenait la corde en train de se dérouler à mesure que le navire avançait et comptait le nombre de nœuds qui défilaient pendant 30 secondes (égrenées par un sablier spécial, l'ampoulette). De quoi calculer (approximativement) la vitesse du bateau, sans se faire de nœuds au cerveau!



© Shutterstock

À quoi sert le raffinage du pétrole?

Question de Victor L., Vitrolles (Bouches-du-Rhône)



Le pétrole dit brut (du latin *petra*, « pierre » et *oleum* « huile ») est un mélange d'hydrocarbures (composés chimiques d'atomes de carbone et d'hydrogène). Extrait de roches profondes, il est de couleur sombre (d'où son surnom « or noir ») et de texture visqueuse. Cette substance, dont la combustion crée de l'énergie, n'est pas

prête à l'emploi. Pas question de prendre un bidon de pétrole brut pour remplir le réservoir de sa voiture ou faire fonctionner sa chaudière. Il faut le transformer, par raffinage, pour qu'il devienne essence, kérosène, diesel, fioul domestique... ou naphta, élément essentiel de la pétrochimie dont sont issues les matières plastiques. Le raffinage

a pour ainsi dire la fonction de séparer le bon grain de l'ivraie, dans un premier temps, car le pétrole brut contient des hydrocarbures inutilisables. Pour le transformer en produits finis exploitables par le consommateur et l'industrie, ses constituants principaux sont fractionnés par chauffage, puis ses impuretés (comme le soufre), éliminées.



© Shutterstock

De quand date l'Académie des sciences ?

Question d'Esteban C.-H., Paris (6^e arrondissement)



Elle s'est réunie pour la première fois le 22 décembre 1666 dans

la Bibliothèque du roi, rue Vivienne, à Paris (2^e arrondissement actuel). Jean-Baptiste Colbert (1619-1683), contrôleur général des Finances de Louis XIV, a l'idée de créer cette société savante. Outre l'intérêt qu'il porte aux sciences, il voit dans leur essor un atout pour la monarchie et son rayonnement à l'international. Il choisit une quinzaine d'experts de toutes disciplines (mathématiques, physique, chimie, astronomie, anatomie, botanique, zoologie), dont le mathématicien hollandais Christiaan Huygens (1629-1695) et le médecin français Claude Perrault (1613-1688). Le 20 janvier 1699, le roi la place sous sa protection et la dote de statuts; elle devient Académie

royale des sciences et siège au Louvre, avec pour mission « *d'avancer et favoriser la science pour l'utilité publique et la gloire de son règne* ». Elle compte alors 70 membres nommés par le souverain sur présentation de l'Académie. Au fil des siècles, elle a rassemblé les plus éminents scientifiques, favorisant les débats et progrès de la recherche, soutenant leurs travaux, permettant leur publication et leur assurant une légitimité, distribuant prix et médailles. Les plus grands noms sont attachés à son histoire, tels Nicolas de Condorcet, François Arago, Louis Pasteur, Marcellin Berthelot, Henri Becquerel... pour n'en citer qu'une infime partie. Marie Curie, prix Nobel, échoue à l'élection de 1911. Les femmes peinent à y entrer et ne sont aujourd'hui que 31 sur 271.



© Shutterstock

Qu'est-ce qu'un mot-valise ?

Question de Sarah B., Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées)



C'est un néologisme, autrement dit un mot nouveau, forgé à partir de deux ou plusieurs termes courants.

Il existe diverses manières de procéder. On peut prendre le début de l'un et l'accoler à la fin de l'autre : franglais (français anglicisé); tigrion (petit d'une tigresse et d'un lion). Autre possibilité, souder les premières lettres de plusieurs noms : Benelux (BÉlgique + NÉderland + LUXembourg). Ces inventions correspondent souvent au développement technologique : informatique (information + automatique), courriel (courrier + électronique)...

La littérature a su aussi en user, à l'instar de Victor Hugo, inventeur de la foulditude (foule + multitude). Mais l'emploi du terme mot-valise est très souvent erroné. Dans les médias, journalistes et commentateurs affirment doctement, par exemple, que populiste, liberté, caricature... en sont, manière d'exprimer que chacun peut leur faire dire ce qu'il veut et, donc, les vider de leur sens. Ils font de mot-valise un fourre-tout, comme on remplirait une valise avec n'importe quoi.

FRANÇAIS



ANGLAIS



FRANGLAIS

Les chiffres du mois

Ce que nous avons appris en préparant ce numéro...



44%

de la population française appartient au groupe sanguin A et 4% au groupe AB

Kate Winslet a plongé en apnée pendant

7 mn et 14s

pour l'opus 2 d'Avatar

Le français est la 5^e langue la plus parlée dans le monde

Un Italien consomme

23 kg

de pâtes par an. Un Français, 9 kg



En mars 2022, les régions polaires ont connu des températures supérieures de

30 °C

à la normale



150 000 myopes

optent pour la chirurgie réfractive, chaque année en France

Les racines du mil plongent jusqu'à

2 m

de profondeur



Chaque jour, dans le monde, on dénombre

5 millions

de coups de foudre

Depuis 2015,

la France est la nation la plus titrée de l'histoire du handball masculin



Le requin du Groenland détient le record de longévité parmi les vertébrés:

400 ans

Actualités[®]

des

sciences

Nature

Techno

Histoire

Espace

Science

Société

Par Muriel Valin et Louna Esgueva

ÉNERGIE

Une mine de lithium va ouvrir en France

On le qualifie souvent d'or blanc, en référence à son pouvoir attractif et à sa couleur. Le lithium est un métal très convoité, car il permet de fabriquer les fameuses batteries lithium-ion pour nos voitures électriques. Le hic, c'est que sa localisation et son extraction sont aujourd'hui concentrées dans quelques pays (Australie, Chili, Chine, États-Unis...) et inexistantes en France. D'où l'idée de faire venir sa production sur notre territoire, d'autant qu'une étude réalisée en 2018 par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) a montré que l'Hexagone possédait de potentiels gisements. L'entreprise française Imerys, spécialisée dans la production et la transformation des minéraux industriels, vient d'annoncer qu'elle envisageait d'ouvrir une mine sur son site de Beauvoir, situé à une cinquantaine de kilomètres de Vichy dans l'Allier, pour produire d'ici 2028 quelque 34 000 tonnes d'hydroxyde de lithium par an. De quoi équiper 700 000 modèles électriques. Mieux, en jouant notamment sur un transport (conduit souterrain et train) peu émetteur, le procédé d'extraction employé émettrait deux fois moins de CO₂ que les techniques habituelles utilisées ailleurs dans le monde.



Les carottes de sondage ont révélé la présence d'importantes quantités de lithium.

**Le site de Beauvoir (Allier)
sera le pionnier français
dans la ruée mondiale
vers « l'or blanc »**

**L'exploitation du gisement de lithium,
présent sous la carrière de kaolin,
devrait permettre d'équiper, dès 2028,
700 000 véhicules électriques par an.**

© Imerys/Philippe Zamora

ÉTHOLOGIE | Gare à la fourmi électrique !

Son petit nom scientifique est *Wasmannia auropunctata*. Cette fourmi rouge orangé mesurant 1,5 mm de long est aussi connue sous l'appellation « fourmi électrique » ou « fourmi de feu ». Et pour cause. Sa piqûre est urticante, voire très irritante. Elle peut même rendre aveugle ou tuer certains animaux. Pour la première fois, elle vient d'être observée en France, à Toulon. Jusqu'ici, elle n'avait été repérée sur le sol européen qu'en Espagne, à Malaga. Surtout, cet insecte est originaire d'autres zones du monde, comme l'Amérique du Sud ou la Nouvelle-Calédonie. Le problème, c'est que, selon le Muséum national d'histoire naturelle, elle fait partie des trois espèces de fourmis les plus envahissantes du globe. Sa présence sur notre territoire s'avère une menace préoccupante, car elle déséquilibre sérieusement le fonctionnement des écosystèmes et conduit à l'élimination de la majorité des invertébrés qui vivent autour d'elle. Son impact écologique est donc plus que grave et va faire l'objet d'un suivi rapproché.



Cette superprédatrice a été ajoutée à la liste des espèces préoccupantes pour l'Union européenne.

© Manjunath Kiran/AFP



Les matériaux auraient été transportés jusqu'au pied des pyramides en construction via des canaux artificiels, alimentés par un ancien bras du Nil.

© Getty

ARCHÉOLOGIE |

Un bras disparu du Nil aurait servi à ériger les pyramides

Comment les pyramides du plateau de Gizeh, édifiées il y a quelque 4 500 ans, ont-elles pu atteindre de telles hauteurs ? La question du transport des immenses blocs de pierre servant à la construction de ces sépultures taraude depuis longtemps les égyptologues. Une nouvelle étude, menée par une équipe de paléontologues français, chinois et égyptiens, et basée sur l'analyse d'anciens échantillons de pollens prélevés en 2019 dans cinq carottes au cœur de la plaine inondable de Gizeh, vient de livrer une explication. Pourquoi les pollens ? Parce que la quantité de pollens trouvée dans les différentes parties des carottes permet de déterminer comment les niveaux de l'eau ont évolué dans le Nil au cours des 8 000 dernières années. Logiquement, les périodes où l'eau abondait devraient contenir plus de pollens de plantes qui poussent aux abords des lacs et rivières que les périodes arides. L'étude a ainsi révélé qu'à l'époque où les anciens Égyptiens ont construit les pyramides de Khéops, Khéphren et Mykérinos, le niveau de l'eau était suffisant pour que le bras aujourd'hui disparu du Nil – le bras de Khufu – coule près du site des édifications, à présent situé à plus de 7 km à l'ouest du fleuve. Pour bâtir les tombes monumentales, les architectes auraient profité de ce bras, et créé un système de canaux et de bassins artificiels pour former un complexe portuaire au pied du plateau de Gizeh. Des bateaux pouvaient alors transporter depuis les carrières jusqu'au site des matériaux de plus de 2,5 t !

ESPACE

La sismologie galactique déséquilibre les étoiles de la Voie Lactée

Imaginez les 100 à 400 milliards d'étoiles de la Voie Lactée comme un gigantesque lac. Imaginez à présent qu'une énorme pierre, ici de la taille de 400 millions de soleils, tombe dans cette étendue d'eau tranquille. Sous l'effet de l'impact, des vagues d'énergie se succèdent à la surface de la galaxie, bousculant et faisant rebondir ses étoiles dans une danse chaotique qui perdure longtemps avant de se calmer. Les astronomes de l'université de Lund, en Suède, soupçonnent qu'un tel phénomène, assimilé à de la sismologie galactique, a pu se produire au cours des derniers milliards d'années. Selon eux, la galaxie naine du Sagittaire a traversé la Voie Lactée à au moins deux occasions, dont une il y a des centaines de millions d'années. Son passage

a créé de mystérieuses ondulations, semblables à des vagues, qui ont bousculé toutes les étoiles de notre galaxie. Et pourtant, la galaxie naine du Sagittaire – dont la masse équivaut à 400 fois celle de notre Soleil – fait office de petite crevette comparée à la masse de la Voie Lactée estimée à 1,5 trillion de soleils. Pour parvenir à cette conclusion, les chercheurs ont analysé les données recueillies par Gaia, le télescope spatial de l'Agence spatiale européenne lancé en 2013. Ils ont ainsi comparé les mouvements de plus de 20 millions d'étoiles situées, entre autres, dans les régions extérieures du disque de la Voie Lactée. Cette nouvelle étude devrait permettre de reconstituer l'histoire tumultueuse de notre galaxie et de sa minuscule voisine.

Vue d'artiste de la Voie Lactée, dont le télescope Gaia vient de percer un mystère : les ondulations bousculant ses étoiles seraient dues au passage de la galaxie naine du Sagittaire.

TRANSPORTS

Demain, des voitures en carton ?

Lors du dernier Mondial de l'auto qui a eu lieu à Paris, fin octobre, tous les prototypes étaient de sortie. L'un d'entre eux s'est particulièrement démarqué. Son nom: Oli. Outre ses lignes très angulaires (le pare-brise est incliné à 90°), ce concept-car souhaite relever un défi: réduire sa consommation électrique. Pour y parvenir, Citroën a misé sur la baisse du poids du véhicule. En effet, plus l'auto est légère, plus elle peut emmener loin ses passagers, tout en consommant moins d'énergie!

Le capot et le toit sont ainsi composés d'une structure alvéolaire en carton recyclé, plus résistante que l'acier. De même, les sièges sont conçus dans des matériaux extrêmement légers. Ce qui permet au constructeur d'annoncer une autonomie de 400 km, tandis que la vitesse de pointe atteindrait 110 km/h. En revanche, la commercialisation de ce concept-car n'est pas programmée car ce type de véhicule est plutôt là pour tester des innovations susceptibles d'équiper les futurs modèles de la marque.

Le toit en carton recyclé est annoncé plus résistant que l'acier.



Planche de bord et sièges jouent la simplicité.



Moins, c'est mieux! Telle est la philosophie d'une voiture électrique aboutie selon Citroën



Futuriste à l'extérieur, minimaliste à l'intérieur, le concept-car Oli de Citroën multiplie surtout les innovations pour être plus écologique.



© Arnaud Taquet/Maisons Vignaux/Continental Productions

UNE PREMIÈRE EN CHINE

La Chine vient d'approuver le premier vaccin Covid-19 inhalé au monde comme vaccin de rappel. Baptisé Convidecia Air, ce vaccin est inhalé par la bouche sous la forme d'une fine brume. Il est le premier autorisé parmi plus de 100 vaccins oraux ou nasaux en cours de développement dans le monde. L'intérêt: préparer les cellules immunitaires de ces muqueuses et ainsi empêcher la propagation de la maladie, même légère, en tuant le virus dès qu'il pénètre dans l'organisme.



© Peter Malik

Dès le II^e siècle av. J.-C., le Grec Hipparque avait transcrit la position des étoiles, plus précisément que son successeur, Ptolémée.

ASTRONOMIE

Un antique catalogue d'étoiles vient d'être retrouvé

Vers 130 av. J.-C., l'un des plus grands astronomes de l'Antiquité, le Grec Hipparque (190-120 av. J.-C.), faisait beaucoup parler de lui grâce, entre autres, à ses études sur les mouvements du Soleil et de la Lune. Le revoilà sur le devant de la scène avec la découverte d'un document papier étonnant lui ayant appartenu: un catalogue qui indique la position des étoiles sur la voûte céleste, avec leurs coordonnées. Ces informations avaient été écrites sur un parchemin, puis effacées. Le support avait ensuite été réutilisé pour d'autres écrits, comme cela se faisait

beaucoup alors. Grâce à une analyse multi-spectrale, c'est-à-dire une exposition et une analyse avec de la lumière, des chercheurs du CNRS, de Sorbonne Université et de l'université de Cambridge ont réussi à faire resurgir les différentes couches sur le papier et à découvrir une liste d'étoiles insoupçonnées pour cette époque. On pensait notamment qu'un autre astronome grec, Ptolémée, avait été, quatre siècles plus tard, le premier à fournir des indications précises sur des astres. En réalité, le catalogue d'Hipparque s'avère bien plus juste alors qu'il lui est antérieur.

Par l'ampleur de son impact, la météorite a permis la découverte de glace souterraine, qui pourrait être utile à de futurs explorateurs.



490 feet
150 meters

ASTRONOMIE

Une météorite géante s'est écrasée sur Mars

Le sol a récemment tremblé... et pas qu'un peu, sur la Planète rouge. Une météorite a percuté le sol de Mars occasionnant un trou énorme de 150 m de diamètre et 21 m de profondeur. L'impact s'est produit en décembre 2021. Mais les analyses de mesures et la détection ont été remontées il y a peu. Le « caillou » devait mesurer entre 5 et 12 m de diamètre. Suite au choc, l'atterrisseur InSight, présent sur le sol martien, a enregistré

un séisme de magnitude 4. Des caméras présentes à bord de la sonde *Mars Reconnaissance Orbiter*, utilisées pour cartographier la planète, ont, elles, filmé le cratère du dessus. « C'est probablement le plus gros impact jamais détecté sur Mars », a annoncé la Nasa. Et ce n'est pas tout. L'un des aspects les plus surprenants est l'observation de rochers de glace souterrains (les traces blanches sur la photo), projetés autour du cratère alors que

le point de chute était localisé près de l'équateur martien. Dans cette zone, la température est élevée (jusqu'à 20 °C, alors qu'elle descend à -100 °C ailleurs). Or, la présence d'eau n'avait jamais été repérée par les astronomes. Une bonne nouvelle en vue de futures explorations car, dans cet endroit plus chaud, propice à une implantation humaine sur la durée, la glace pourrait être transformée en eau potable ou utilisée pour l'agriculture...

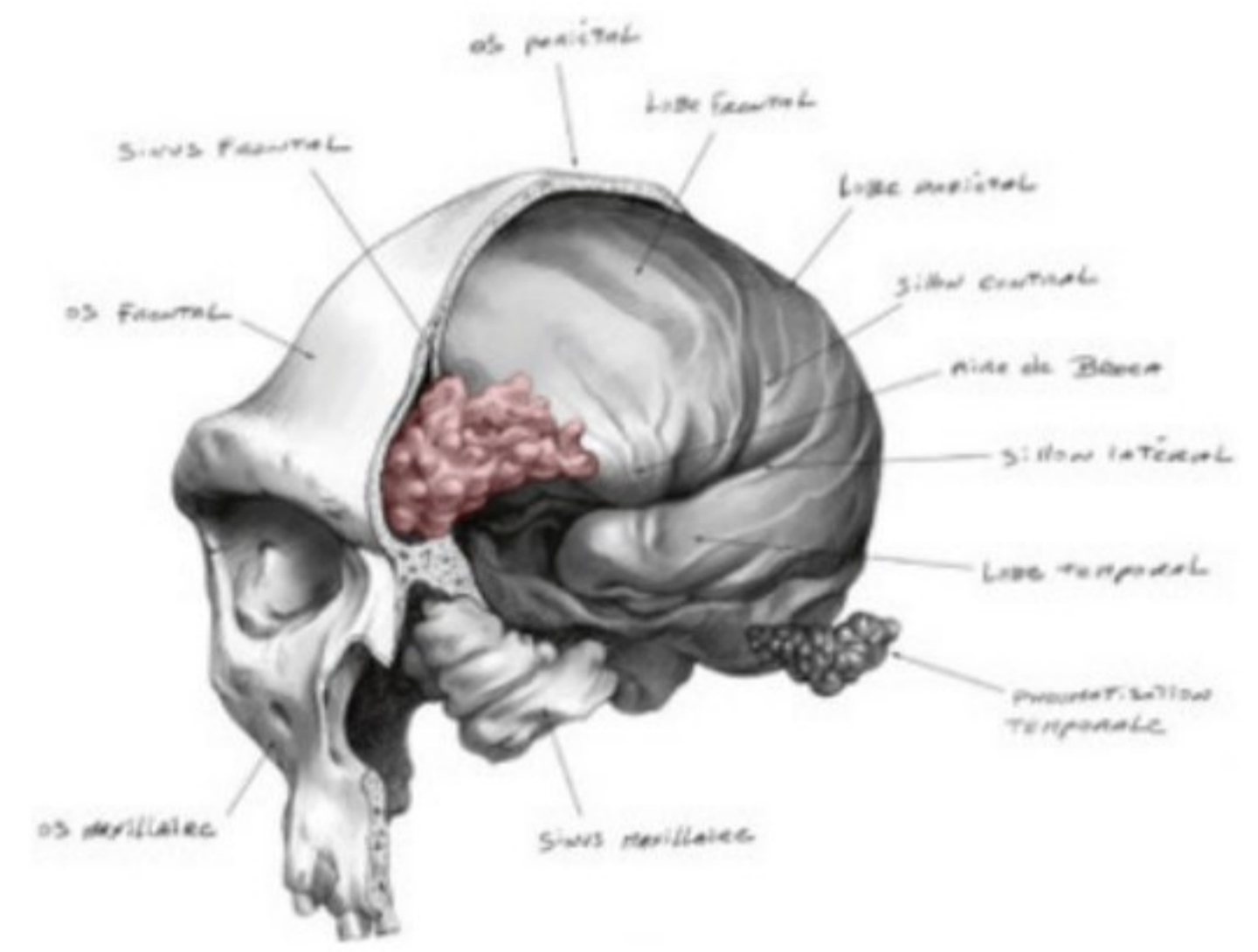
DANS SA RÉGION D'ORIGINE D'ICI DIX ANS.
RECRÉER PLUSIEURS SPÉCIMENS DE CETTE ESPÈCE ÉTEINTE.

PALÉONTOLOGIE

La position des sinus éclaire l'évolution humaine

L'évolution humaine garde encore bien des mystères. Toutefois, une équipe internationale de chercheurs, dirigée par le paléanthropologue français Antoine Balzeau (CNRS au Muséum national d'histoire naturelle), vient d'ouvrir une nouvelle piste dans la compréhension de cette vaste question. Leur objet d'étude: le sinus frontal, c'est-à-dire la cavité située au-dessus des arcades sourcilières, en haut du nez. Les chercheurs ont ainsi étudié et comparé grâce à des scanners de crânes fossilisés ou récents, la forme, la position et la taille de ces sinus par rapport au cerveau et au crâne chez la grande majorité des espèces humaines, de Toumaï jusqu'à Homo sapiens, ainsi que chez les grands primates (chimpanzés, bonobos et gorilles). Leur conclusion: l'évolution des sinus n'est pas directement liée à une adaptation au climat plus ou moins froid ou à la mastication des aliments comme ce fut précédemment formulé

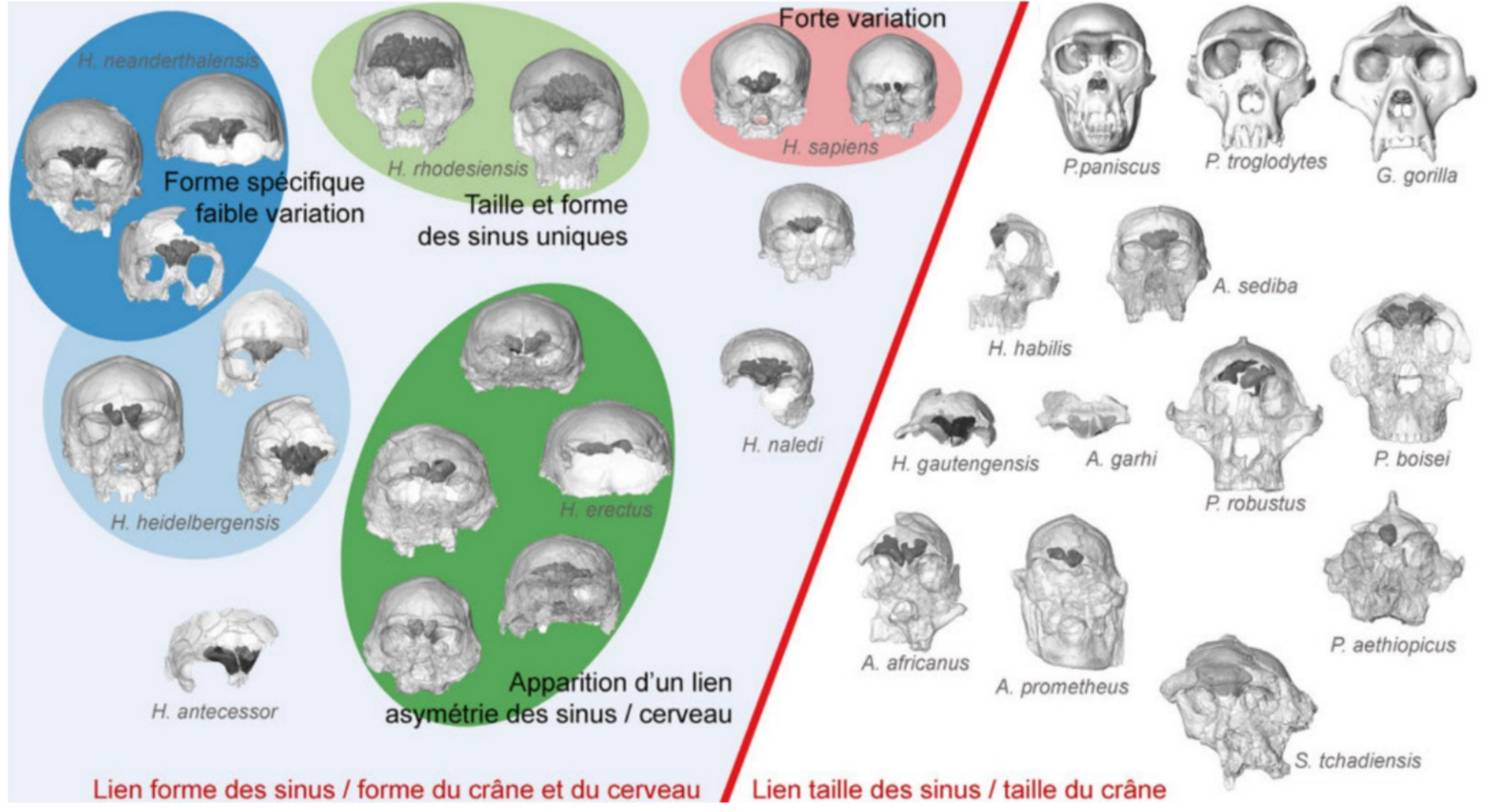
par d'autres scientifiques. Certains avançaient, par exemple, que les grands sinus de Néandertal devaient avoir favorisé son adaptation au climat froid. Pour la première fois, l'étude a établi une distinction très claire entre, d'une part, les grands singes ainsi que les premières espèces de la lignée humaine, de Toumaï jusqu'aux australopithèques (Lucy) et paranthropes, et, d'autre part, les lignées postérieures à partir d'Homo erectus. Au sein du premier groupe, la taille des sinus frontaux est étroitement corrélée à celle de leur boîte crânienne: ils se développent en fonction de la place disponible. Pour le second groupe, c'est-à-dire à partir du genre Homo, la position de la face, de l'os frontal et du cerveau influencent la manière dont les sinus se développent dans l'os: les sinus vont ainsi devenir plus petits par rapport à la taille du crâne. Cette étude lève ainsi le voile sur certaines particularités des espèces humaines.



Le sinus frontal est une cavité située entre le visage et la voûte crânienne.

L'étude établit, pour la première fois, une distinction très claire entre deux grands groupes

À droite, la taille et la forme des sinus dépendent de la taille du crâne. À gauche, crâne, cerveau et sinus varient conjointement, mais parfois différemment au sein d'une même espèce.



© Olivier-Marc Nadel; A. Balzeau/CNRS-MNH

4 choses à savoir

LE HANDBALL

Du 12 au 29 janvier, l'équipe de France masculine tentera de décrocher un septième titre au Mondial de handball. Focus sur ce sport germanique dominé par les équipes européennes.

Par Clément Lefoll

1 Des origines danoises et germaniques

La version moderne du handball voit le jour en 1898 au Danemark, sous le nom de håndbold. L'athlète danois Holger Nielsen en aurait rédigé les premières règles. C'est pourtant un professeur d'éducation physique allemand, Carl Schellenz, qui est considéré comme le père du handball. En 1919, il développe le handball à onze. Ce sport se déroulant en extérieur sera joué jusque dans les années 1960. Le handball aujourd'hui en vigueur, à sept, émerge, quant à lui, dans les années 1930.

2 Un vocabulaire parfois étrange

Kung-fu, pastis, chabala, roucoulette : certains gestes portent des sobriquets saugrenus. Un pastis désigne un arrêt du gardien durant lequel il capte directement le ballon, alors qu'un chabala est une technique au cours de laquelle le tireur semble armer une frappe lourde, mais casse son poignet juste avant de lâcher le ballon pour lobber le gardien adverse. La roucoulette est un tir au sol où le joueur donne un effet au ballon pour que la balle contourne le gardien. L'ailier français Luc Abalo est considéré comme l'un des spécialistes de ce geste. Enfin, le kung-fu est une technique collective spectaculaire : un joueur fait une passe dans la zone et le tireur tire au-dessus de cette surface.

Dix dates clé de l'histoire du handball

1919

Carl Schellenz, un professeur d'éducation physique allemand, adapte le torball et invente le handball à onze. Joué sur gazon, il se pratiquera en parallèle du handball à sept jusque dans les années 1960.

1928

Le handball est pour la première fois présent aux Jeux olympiques, à d'Amsterdam, sous forme de démonstration.

1938

Premier championnat du monde de handball à sept. La compétition est remportée par l'Allemagne.

1952

Structuration de la Fédération française de handball et première édition du championnat de France de handball masculin à sept.

1972

Le handball masculin fait son apparition aux Jeux olympiques de Munich. Le handball féminin lui emboîte le pas à ceux de Montréal, en 1976.



3 Le gardien, joueur décisif

Dernier rempart pour tenter d'arrêter des balles qui arrivent à plus de 100 km/h, le gardien peut changer le cours de n'importe quel match. S'il multiplie les arrêts, il sème le doute dans la tête des tireurs adverses et permet à son équipe de creuser l'écart. Double champion olympique, triple champion d'Europe et cinq fois champion du monde, le Français Thierry Omeyer est considéré comme l'un des meilleurs gardiens de l'histoire de ce sport.

4 Un sport qui se diversifie

Avec l'objectif d'atteindre les 500 000 licenciés (il y en avait 454 000 lors de la saison 2021-2022), la Fédération française de handball met l'accent sur la diversité. Le babyhand se pratique dès 3 ans alors que le handfit, mix de handball et de fitness, est particulièrement adapté aux seniors. La discipline s'exporte également hors des salles : le hand à 4, version urbaine de la pratique, se joue en extérieur, tout comme le spectaculaire beachhandball sur les plages.



Le déroulé du championnat du monde

Organisée en Pologne du 12 au 29 janvier, la compétition se déroulera en plusieurs actes. Les 32 équipes qualifiées sont d'abord réparties dans 8 poules de 4 équipes. À l'issue de cette phase, les 3 premières équipes de chaque groupe accèdent au tour principal. Partagées en 4 poules de 6 équipes, les 2 premières équipes de chaque groupe accèdent aux quarts de finale.

Au masculin comme au féminin

Si l'équipe de France masculine bat tous les records depuis les années 1990, l'équipe féminine n'est pas en reste. Au cours des cinq dernières années, les joueuses entraînées par Olivier Krumbholz ont remporté le Mondial en 2017, l'Euro en 2018 et le titre olympique en 2021, à Tokyo.

1992
Pour la première fois, l'équipe de France masculine termine sur le podium d'une compétition internationale : elle décroche la médaille de bronze aux Jeux olympiques de Barcelone.

1995
Premier titre de champion du monde pour la France, en Islande. Les handballeurs français sont surnommés « les Barjots », en référence à leur tempérament imprévisible.

2008
Pour la première fois, l'équipe de France est sacrée championne olympique, à Pékin. Dans le sillage des Barjots, les joueurs sont rebaptisés « les Experts » pour leur rigueur et leur discipline.

2015
Cinquième titre mondial pour l'équipe de France, qui devient par la même occasion la nation la plus titrée de l'histoire du handball. Les Français porteront ce record à six après un nouveau succès en 2017.

2021
Troisième titre olympique pour l'équipe de France masculine et première médaille d'or olympique pour l'équipe féminine, aux Jeux de Tokyo.

LE LASER RÉVOLUTIONNNE LA CHIRURGIE

Depuis son invention en 1960, cet instrument est devenu incontournable en médecine. Cautériser, découper, coaguler, vaporiser... ses applications thérapeutiques sont infinies. La preuve par six.

Par Lise Gougis



/// dossier



Dans la trousse chirurgicale, le faisceau laser remplace de plus en plus souvent le bistouri, pour des actes moins invasifs, encore plus précis et comportant moins de risques infectieux.



Tout est parti d'une découverte lumineuse en 1960. Alors qu'il réparait des appareils électroniques pour financer ses études, le jeune physicien américain Theodore Maiman réussit à produire un faisceau de lumière amplifié parfaitement rectiligne au moyen d'un cristal de rubis. Le tout premier laser, acronyme issu de l'anglais *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (amplification de la lumière par émission stimulée de radiation), est né. Contrairement aux sources lumineuses classiques, comme le soleil ou une ampoule, qui émettent une lumière constituée de plusieurs couleurs (caractérisées par leur longueur d'onde) partant dans tous les sens, le laser produit des rayonnements ayant tous la même longueur d'onde qui se propagent dans une seule et même direction. Ils sont donc plus puissants, puisque leur énergie est concentrée.

Cette invention ne tarde pas à trouver des applications dans l'industrie, mais aussi en médecine. Dès 1961, le laser à rubis est utilisé par l'ophtalmologue américain Charles J. Campbell pour éliminer la tumeur rétinienne d'un patient. Deux ans plus

tard, le dermatologue américain Leon Goldman démontre son efficacité pour éradiquer les poils, effacer les tatouages et traiter les varices des jambes. Avec la mise au point de nouveaux types de lasers, la voie à d'autres champs d'applications s'ouvre. À la fin des années 1960, le laser à dioxyde de carbone fait office de bistouri optique pour les chirurgiens. Et dans les années 1970, le développement de lasers à fibre optique permet de les introduire à l'intérieur d'endoscopes pour aller agir directement au sein du corps humain sans nécessiter de grandes incisions. Moins invasif que la chirurgie classique, le laser a aussi l'avantage de diminuer le risque d'infection et de favoriser la cicatrisation.

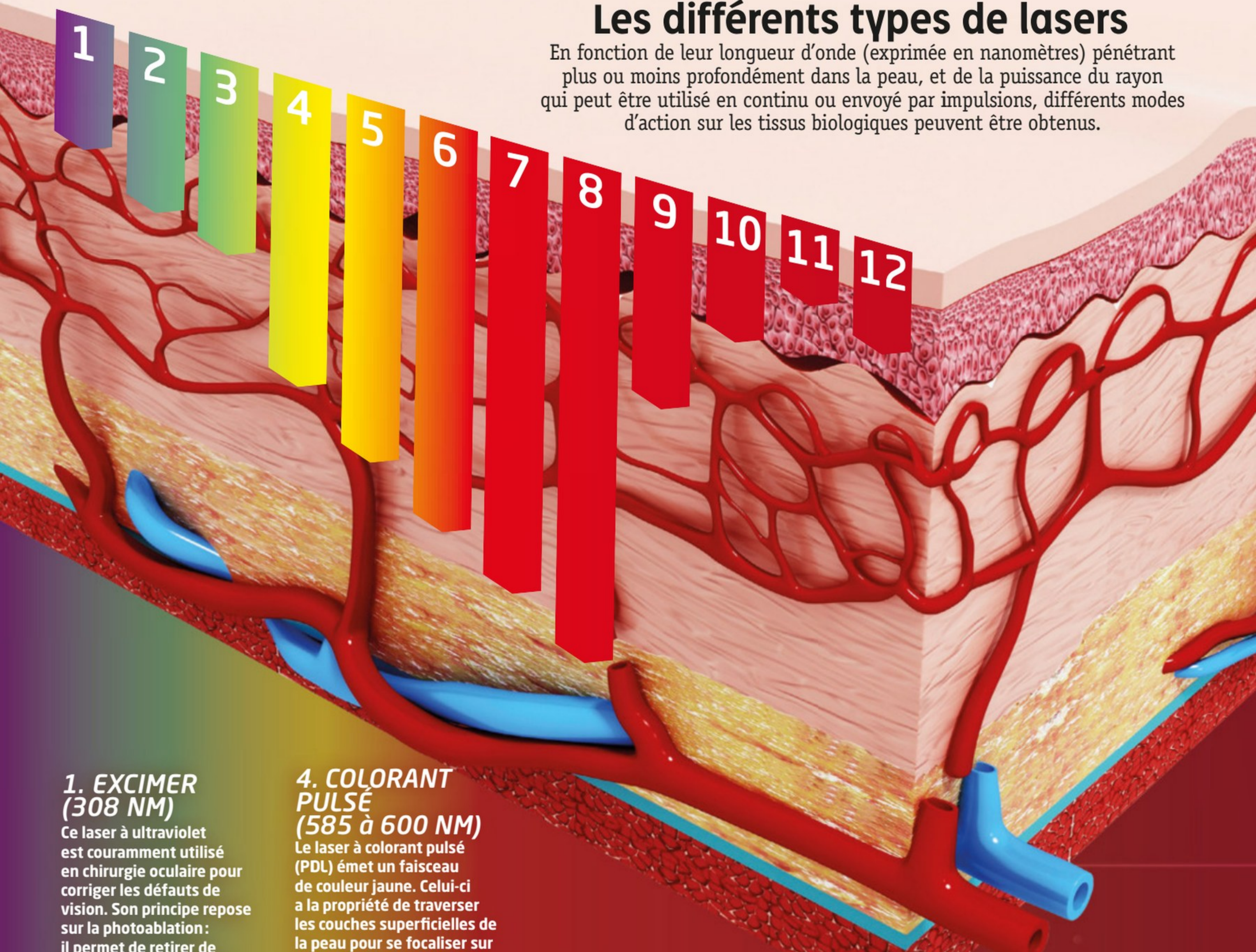
Ces quarante dernières années, le laser s'est imposé comme un outil indispensable dans bien des spécialités médicales, de l'ophtalmologie à la dermatologie, en passant par la neurochirurgie. À l'avenir, on pourrait même atteindre, grâce à lui, les tumeurs cancéreuses les plus difficiles à soigner. La révolution laser ne fait que commencer.

Le secret de la puissance du laser: un flux énergétique ultra-concentré



Les différents types de lasers

En fonction de leur longueur d'onde (exprimée en nanomètres) pénétrant plus ou moins profondément dans la peau, et de la puissance du rayon qui peut être utilisé en continu ou envoyé par impulsions, différents modes d'action sur les tissus biologiques peuvent être obtenus.



1. EXCIMER (308 NM)

Ce laser à ultraviolet est couramment utilisé en chirurgie oculaire pour corriger les défauts de vision. Son principe repose sur la photoablation : il permet de retirer de fines couches de matière plutôt que de les brûler.

2. ARGON (488 à 514 NM)

Avec son faisceau de lumière bleu-vert, ce laser qui contient un gaz rare, l'argon, permet de photocoaguler, c'est-à-dire de brûler les tissus pour réaliser une cautérisation.

3. KTP (532 NM)

Ce laser contient un cristal, le phosphate de titanyl et de potassium (ou KTP). Sa lumière verte cible les vaisseaux superficiels de couleur rouge ; il permet, par conséquent, de traiter les lésions vasculaires, pigmentaires et cutanées.

4. COLORANT PULSÉ (585 à 600 NM)

Le laser à colorant pulsé (PDL) émet un faisceau de couleur jaune. Celui-ci a la propriété de traverser les couches superficielles de la peau pour se focaliser sur l'hémoglobine des globules rouges qu'elle fait coaguler.

5. RUBIS (694 NM)

Le laser à rubis produit une lumière rouge foncé propre à éliminer les couleurs de tatouage rares et résistantes, comme le bleu et le vert.

6. ALEXANDRITE (755 NM)

Le laser alexandrite est utilisé pour l'épilation médicalisée. À travers son système mécanique de miroirs et de cristaux, il produit un faisceau de lumière rouge intense, qui pénètre jusqu'au follicule pileux.

7. DIODE (800 NM)

Composé de gallium, d'aluminium et d'arsenic, le laser diode émet une lumière invisible dans le spectre de l'infrarouge, utilisée notamment pour l'épilation définitive des peaux foncées.

8. ND:YAG (1 064 NM)

Ce laser utilise comme source d'émission un grenat d'yttrium et d'aluminium (YAG) avec des atomes de néodyme (Nd). Avec sa lumière infrarouge, c'est celui qui agit le plus en profondeur dans le tissu cutané.

9. ERBIUM VERRE (1 540 NM)

Ce laser à verre contenant une terre rare, l'erbium, applique des impulsions thermiques à travers l'épiderme, absorbées par l'eau du tissu. Ce dernier chauffe ainsi doucement afin de décomposer les cellules.

10. THULIUM (1 927 NM)

Ce laser à fibre contenant une terre rare, le thulium, peut vaporiser des cellules, y compris des glandes de grande taille. Il sert notamment à traiter l'hyperplasie de la prostate, une prolifération de cellules.

11. ERBIUM YAG (2 940 NM)

Ce laser combinant un grenat d'yttrium et d'aluminium (YAG) avec de l'erbium est très utilisé par les dentistes pour opérer les tissus mous et durs, et avoir, à la fois, une action antiseptique.

12. CO₂ (10 600 NM)

Le laser au gaz carbonique permet de découper les tissus à la surface de la peau avec une très grande précision, soit au millimètre près.



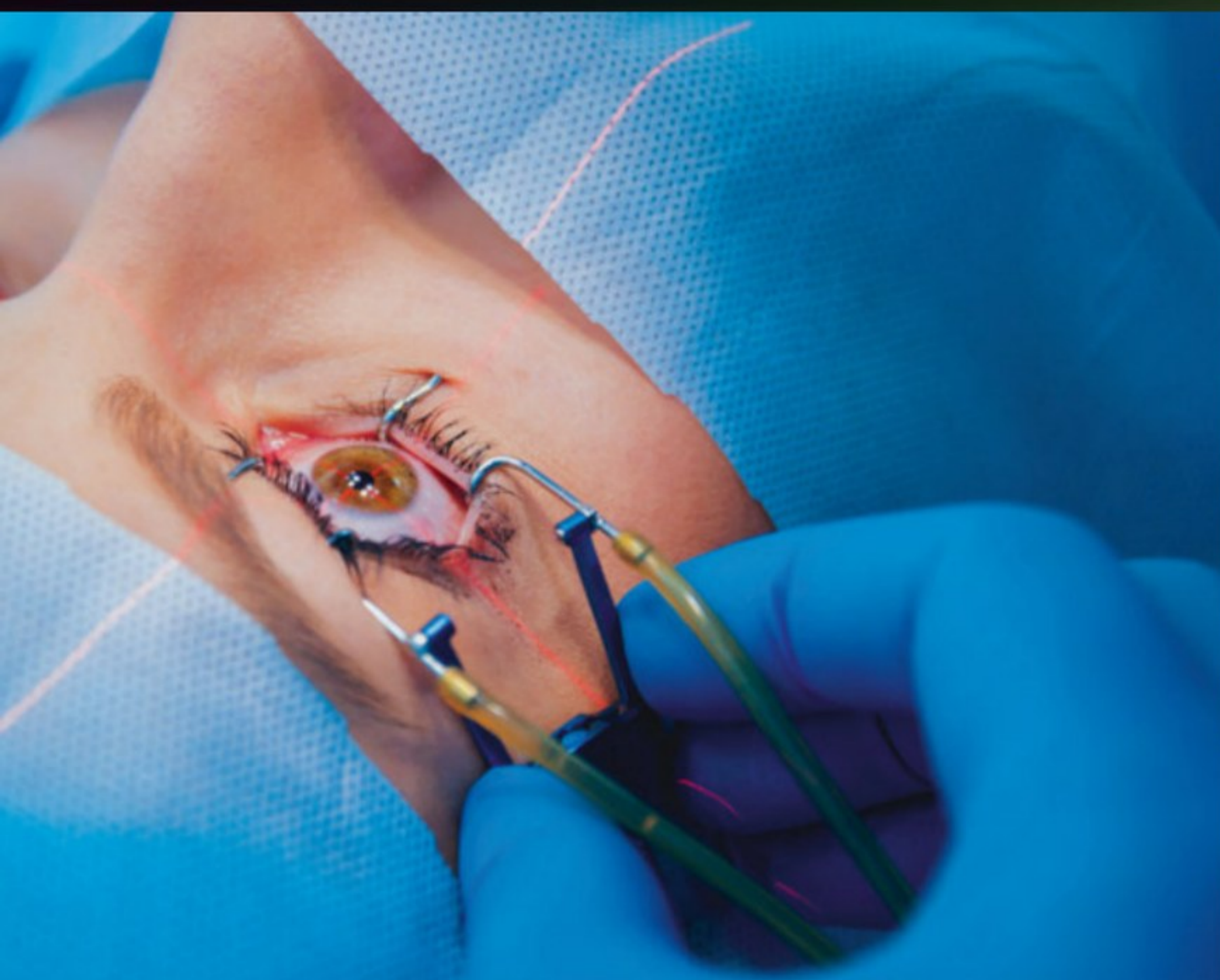
LES APPLICATIONS DU LASER EN MÉD



En ophtalmologie

C'est pour traiter l'œil que le laser est le plus utilisé. Et pour cause: comme cet organe est transparent, les rayons peuvent facilement le traverser et agir à de multiples niveaux. Depuis les années 1980, les ophtalmologues ont recours aux lasers à gaz argon, qui ont des effets anticoagulants et cicatrisants, pour soigner les affections de la rétine. Par exemple, une déchirure de cette fine membrane tapissant la surface interne du globe oculaire. Dans ce cas, l'opération consiste à réaliser une sorte de soudure autour de la déchirure pour éviter qu'elle ne s'étende, ou à colmater les vaisseaux sanguins qui fuient en cas d'hémorragie. Cette technique peut aussi servir à traiter la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA), une maladie de la rétine

qui entraîne une perte progressive de la vision centrale chez les personnes de plus de 50 ans. Depuis le développement, dans les années 1990, d'un autre type de laser à ultraviolet, appelé laser excimer, la chirurgie réfractive a connu, à son tour, un véritable essor. Il s'agit de corriger un problème de vision comme la myopie (la vision floue de loin) en modifiant la courbure de la cornée, la partie antérieure transparente qui recouvre l'œil (*voir infographie*). Le but est de rectifier le trajet des rayons lumineux de façon qu'ils convergent bien sur la rétine, dont le rôle est de les traduire en signaux électriques envoyés au cerveau. Chaque année, en France, 150 000 myopes optent pour cette chirurgie afin de se passer définitivement de lunettes ou de lentilles.



L'œil ayant été anesthésié avec un collyre, le chirurgien installe un écarteur afin d'empêcher tout clignement des paupières durant l'intervention au laser.

La chirurgie réfractive

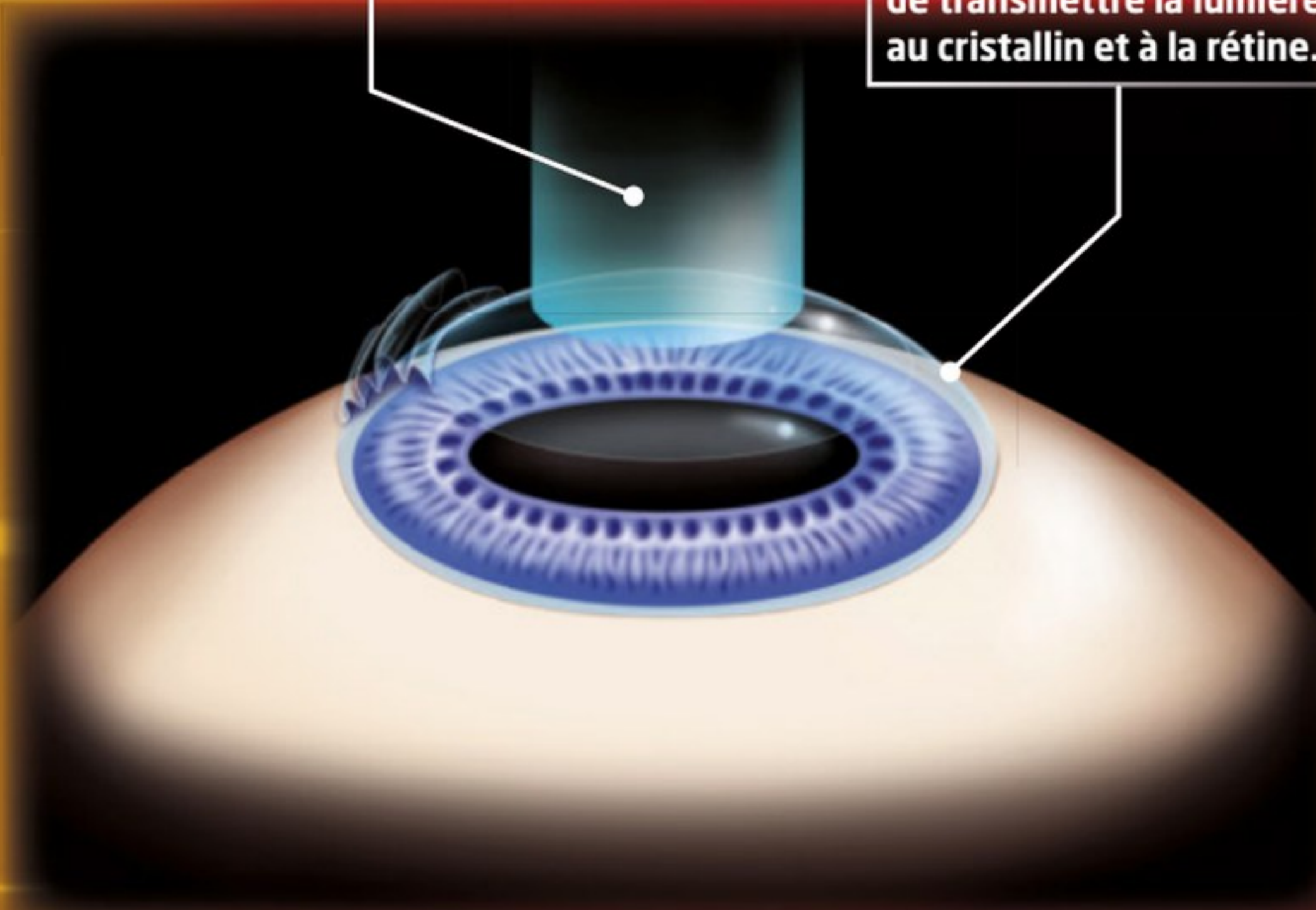
Prescrite pour certaines anomalies de réfraction, elle consiste à « sculpter » la cornée à l'aide d'un laser pour modifier sa courbure. Objectif: affranchir les patients de tout équipement correctif.

Positionnement

Pour contrôler la position du laser, un rayon lumineux est d'abord projeté vers la zone de la cornée à traiter.

Cornée

Cette partie antérieure transparente qui recouvre l'œil, devant l'iris et la pupille, a pour rôle de transmettre la lumière au cristallin et à la rétine.



DECINE



Moins traumatisant que la chirurgie pour le traitement des gencives et muqueuses, le laser diode impose juste le port de lunettes de protection.



En odontologie

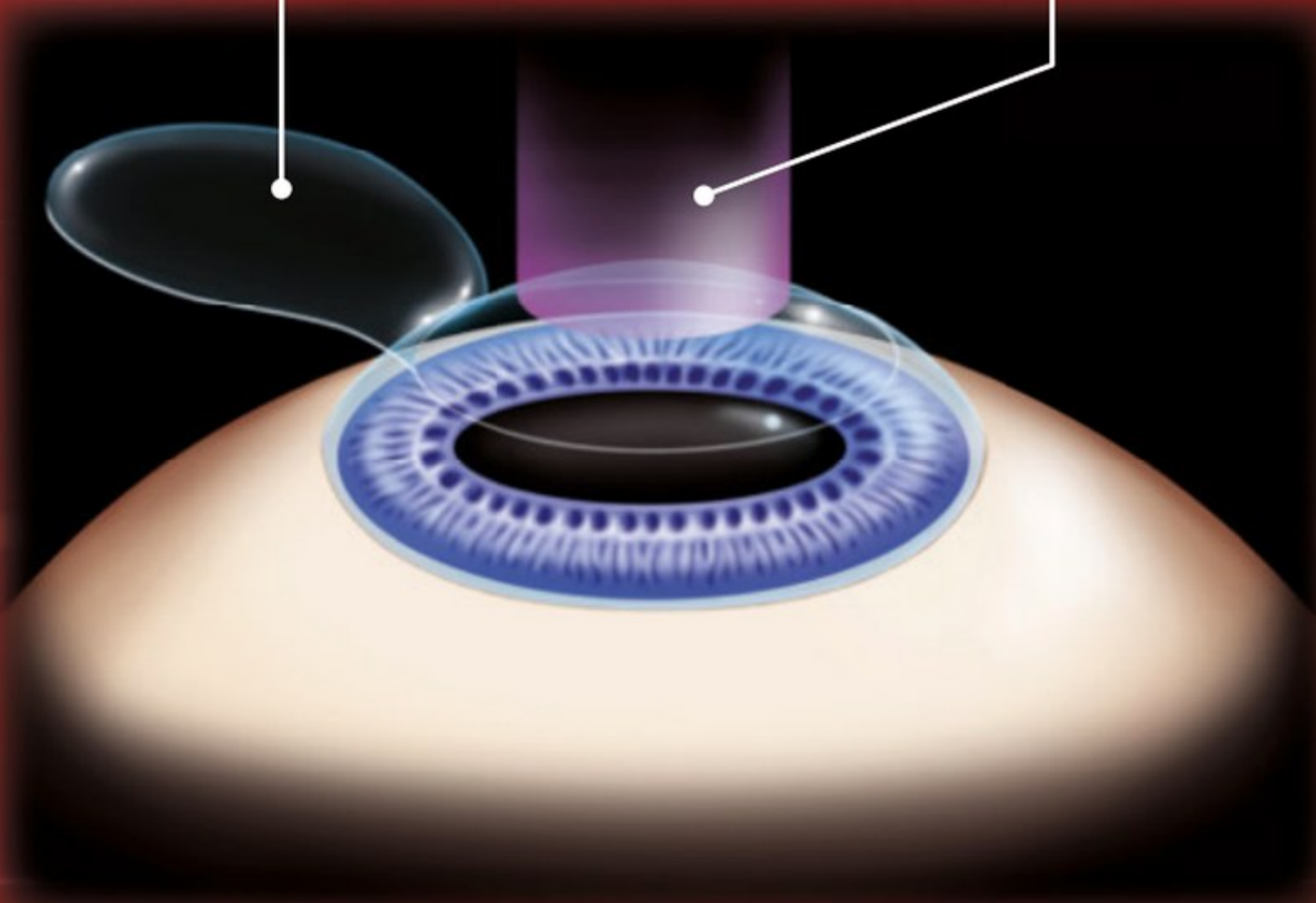
Les dentistes se tournent de plus en plus vers le laser diode pour traiter de manière non invasive les aphtes et les pathologies des gencives, comme la gingivite, une inflammation localisée, et la parodontite, une maladie d'origine bactérienne qui peut aboutir au déchaussement des dents. Cet appareil remplace la lame du bistouri pour inciser de manière plus précise les tissus mous, sans entrer en contact direct avec eux. En prime, le laser permet de limiter les saignements puisqu'il cauterise les vaisseaux sanguins en même temps. La technique peut aussi être utilisée en amont d'une chirurgie dentaire, afin de désinfecter la zone, et ainsi limiter les risques d'infection et de douleur postopératoire. Quant au laser erbium, il permet de traiter les tissus durs, autrement dit les dents, pour pulvériser les caries, par exemple, mais il reste encore peu répandu.

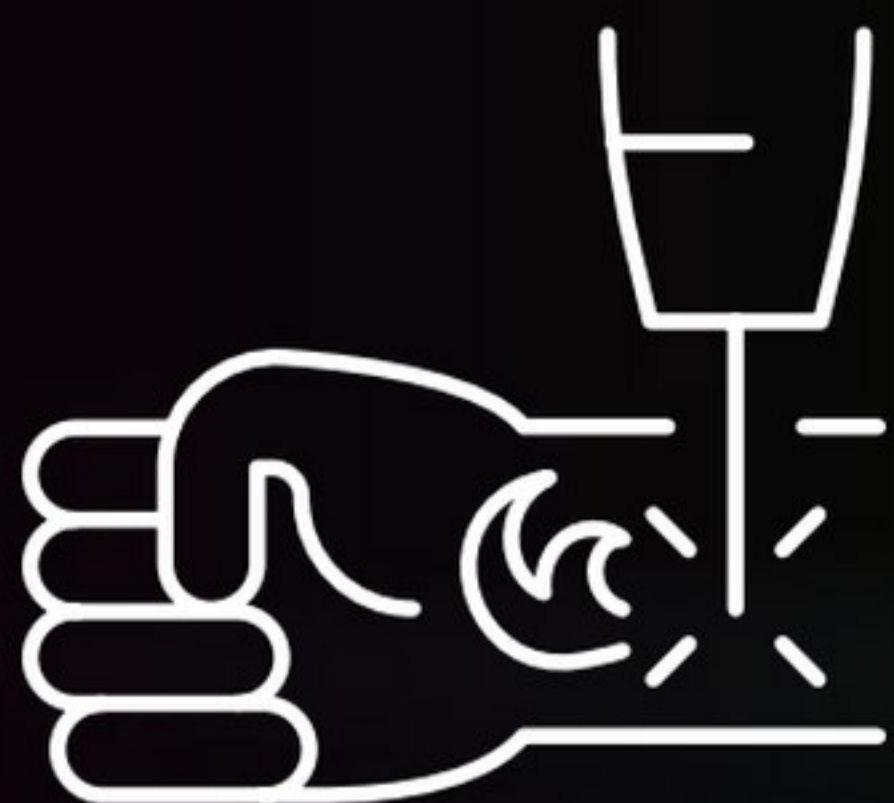
Clapet

Le chirurgien incise la surface de la cornée à l'aide d'un petit rabot muni d'une lame de manière à créer une sorte de petit clapet à soulever.

Laser

Une fois le clapet soulevé, le laser à ultraviolet peut atteindre le stroma, la partie la plus profonde de la cornée, pour le remodeler. Le clapet est ensuite replacé sans nécessiter de sutures.





En dermatologie

Si se faire tatouer a longtemps eu un caractère définitif, il est désormais possible d'effacer le dessin si on le regrette, grâce au laser (voir infographie). De même, on peut faire disparaître les taches de naissance que l'on trouve disgracieuses, telles les taches de vin de Porto causées par une dilatation des petits vaisseaux sanguins, mais aussi gommer des cicatrices. On utilise pour cela le laser à colorant pulsé (PDL), qui cible spécifiquement le pigment rouge des vaisseaux sanguins anormaux, sans affecter la peau environnante. En fonction de la taille du tatouage et de la zone à traiter, l'opération peut nécessiter plusieurs séances.



La longueur d'onde du laser est fonction de la couleur du pigment.



Le détatouage au laser peut nécessiter plus d'une séance pour un effacement complet.

Le détatouage

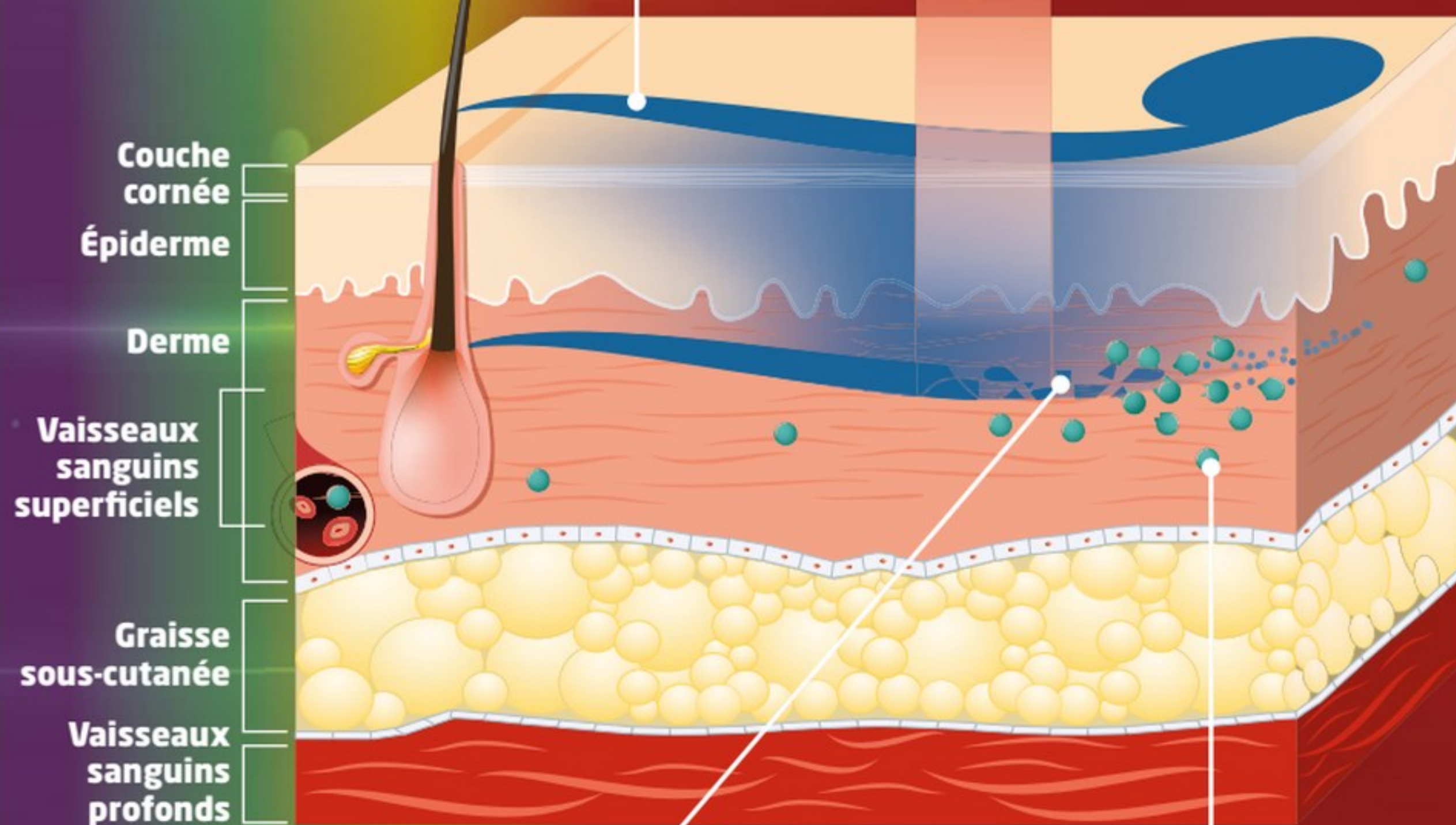
Le faisceau du laser cible les particules d'encre pour les fragmenter, de manière à ce que les globules blancs puissent ensuite les éliminer.

Particules d'encre

Après un tatouage, les particules d'encre sont considérées comme un corps étranger par l'organisme qui envoie des globules blancs pour les détruire. Mais elles sont bien souvent trop grosses pour qu'il parvienne à les résorber.

Laser

La couleur du tatouage détermine le type de laser, et donc de longueur d'onde, utilisé: pour atteindre la couleur rouge, on utilise un laser KTP, tandis que le noir, le bleu et le vert requièrent un laser rubis ou alexandrite.



Éclatement

La laser fragmente le pigment ciblé en plusieurs morceaux, un peu comme un rocher serait transformé en sable.

Phagocytes

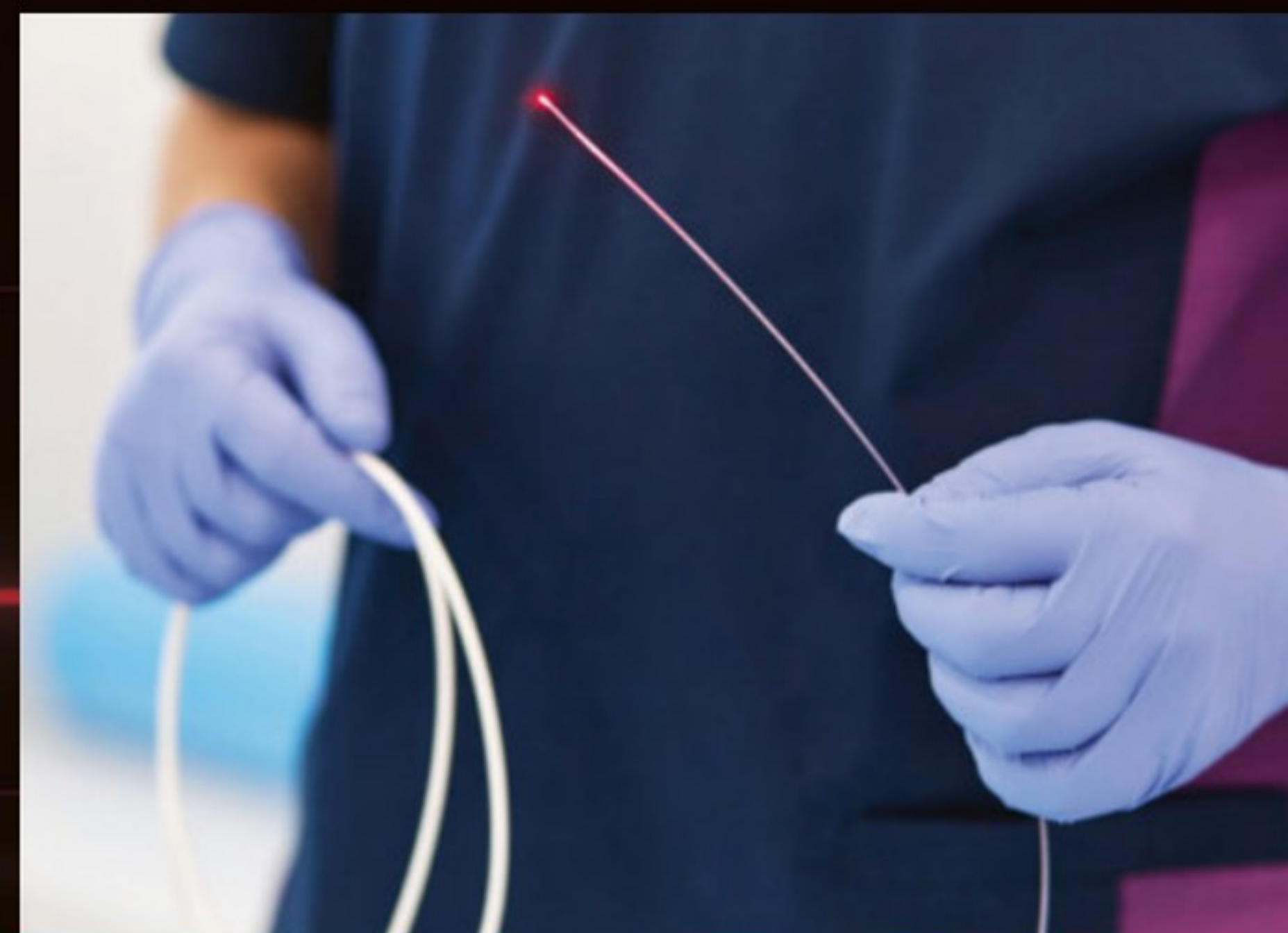
Les fragments de pigment peuvent alors être détruits par les phagocytes, des cellules mangeuses, sortes d'éboueurs de l'organisme. Il faut espacer les séances de deux mois pour laisser le temps à l'organisme de nettoyer la zone traitée.



En phlébologie

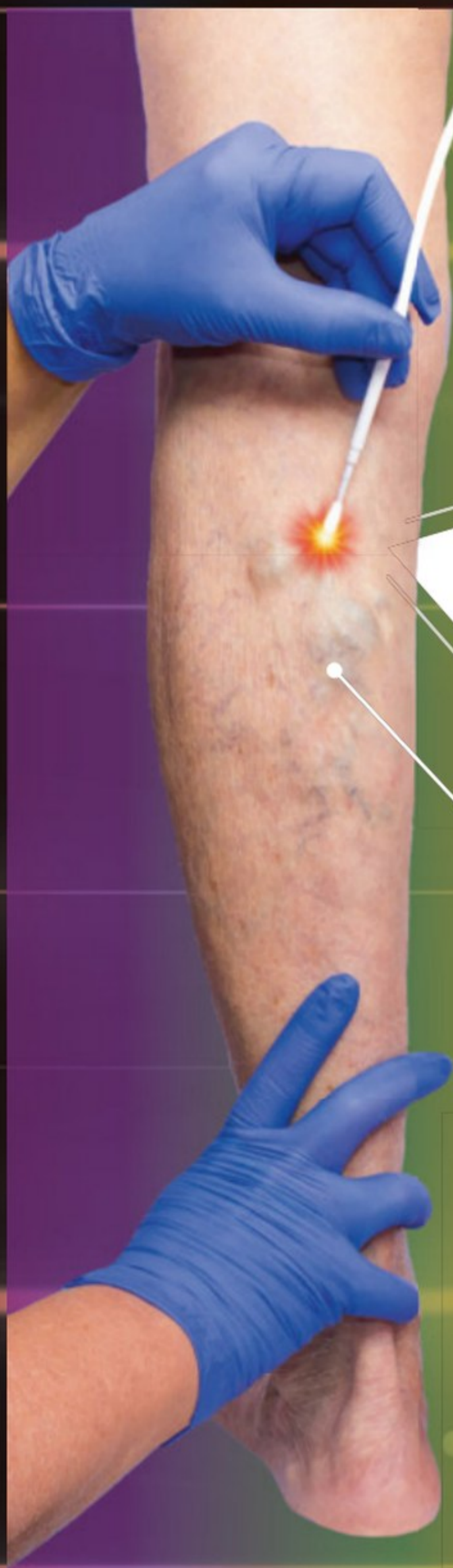
Depuis une vingtaine d'années, on traite les varices, ces veines tortueuses et douloureuses qui dessinent des marques violacées sur les jambes, au laser diode. Ce mode opératoire offre une alternative au stripping, la chirurgie conventionnelle plus agressive, qui consiste à extraire la veine défectueuse avec une tige rigide. Le laser diode cible uniquement la grande saphène, la veine située à l'intérieur de la cuisse, ce qui diminue du même coup les varices sous-jacentes dans le mollet.

Sous contrôle échographique, le faisceau laser est conduit et guidé dans la veine grâce à une sonde laser à fibre optique.



Le laser endoveineux

Utilisé depuis deux décennies, le traitement des varices par laser consiste à détruire par la chaleur la veine saphène malade. Celle-ci est ensuite éliminée par l'organisme. Une méthode douce par rapport à la chirurgie classique.



Formation d'une varice

Lorsqu'une veine superficielle se dilate et devient tortueuse, c'est le signe que le sang circule dans le mauvais sens: il descend vers le pied au lieu de remonter vers le cœur. Si le reflux est trop important, il faut opérer.

Insertion du laser

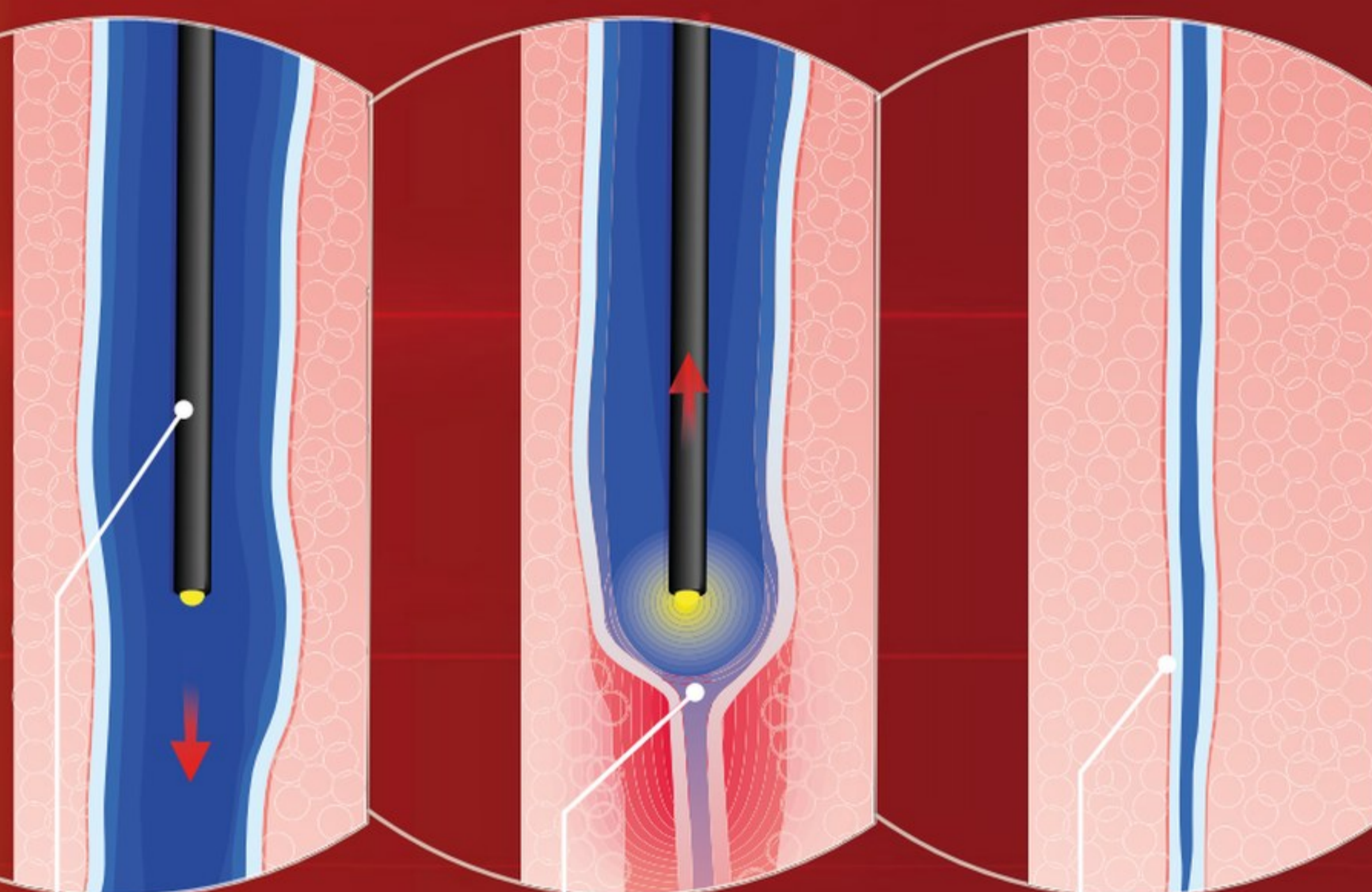
Une petite incision (de 1 à 2 mm) au niveau du genou permet d'insérer dans la veine un cathéter contenant une fibre optique qui va conduire le faisceau laser.

Coagulation de la veine

Le faisceau laser chauffe la paroi interne de la varice et la coagule sur la longueur souhaitée, de manière à la rétrécir à mesure que l'on retire lentement l'appareil (environ 4 secondes par centimètre).

Élimination par l'organisme

La veine défectueuse est refermée suite au passage du laser. Elle sera peu à peu éliminée par l'organisme dans les mois qui suivent. Le sang qui y circulait se trouvera naturellement un nouveau chemin dans les veines avoisinantes.



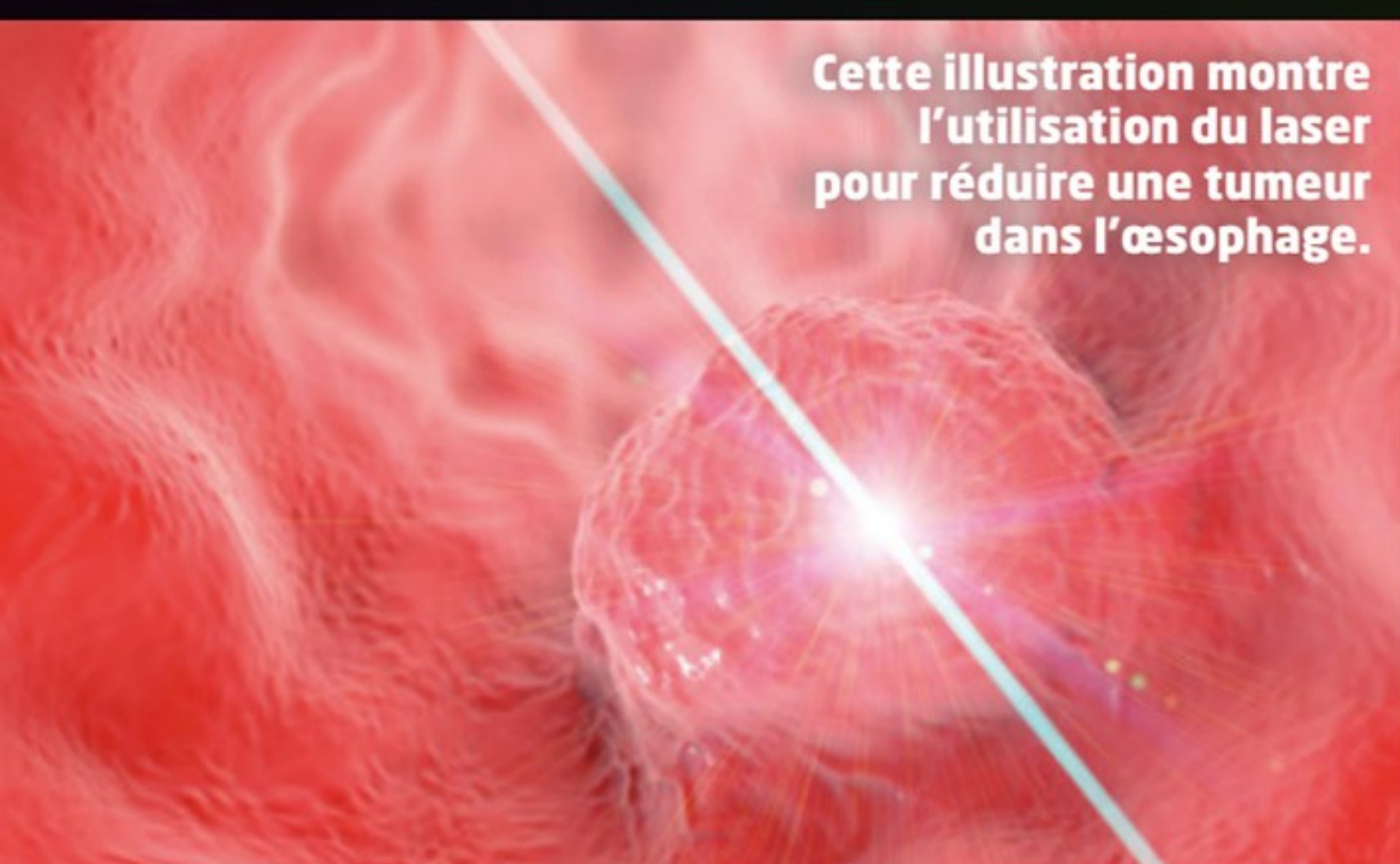


En cancérologie

Depuis les années 1980, le laser argon est utilisé en dermatologie pour cibler les lésions précancéreuses causées par le soleil sur la peau. Cette thérapie dite photodynamique consiste à appliquer un médicament appelé photosensibilisant sous forme de crème sur la zone à traiter, qui est ensuite activé par illumination laser. Cela entraîne une réaction chimique qui détruit la cellule cancéreuse. Ce traitement est actuellement à l'étude pour soigner le glioblastome, une tumeur très agressive du cerveau. Quant aux lasers CO₂ et Nd:YAG, ils permettent de réduire la taille des tumeurs par voie endoscopique. Ils utilisent la chaleur pour endommager les cellules cancéreuses, dans le cas d'un cancer du foie par exemple, ou bien pour retirer des polypes dans le tube digestif, des tumeurs bénignes susceptibles d'évoluer en cancer colorectal.



La photothérapie dynamique cible et détruit les cellules anormales, sans risques pour la peau saine.

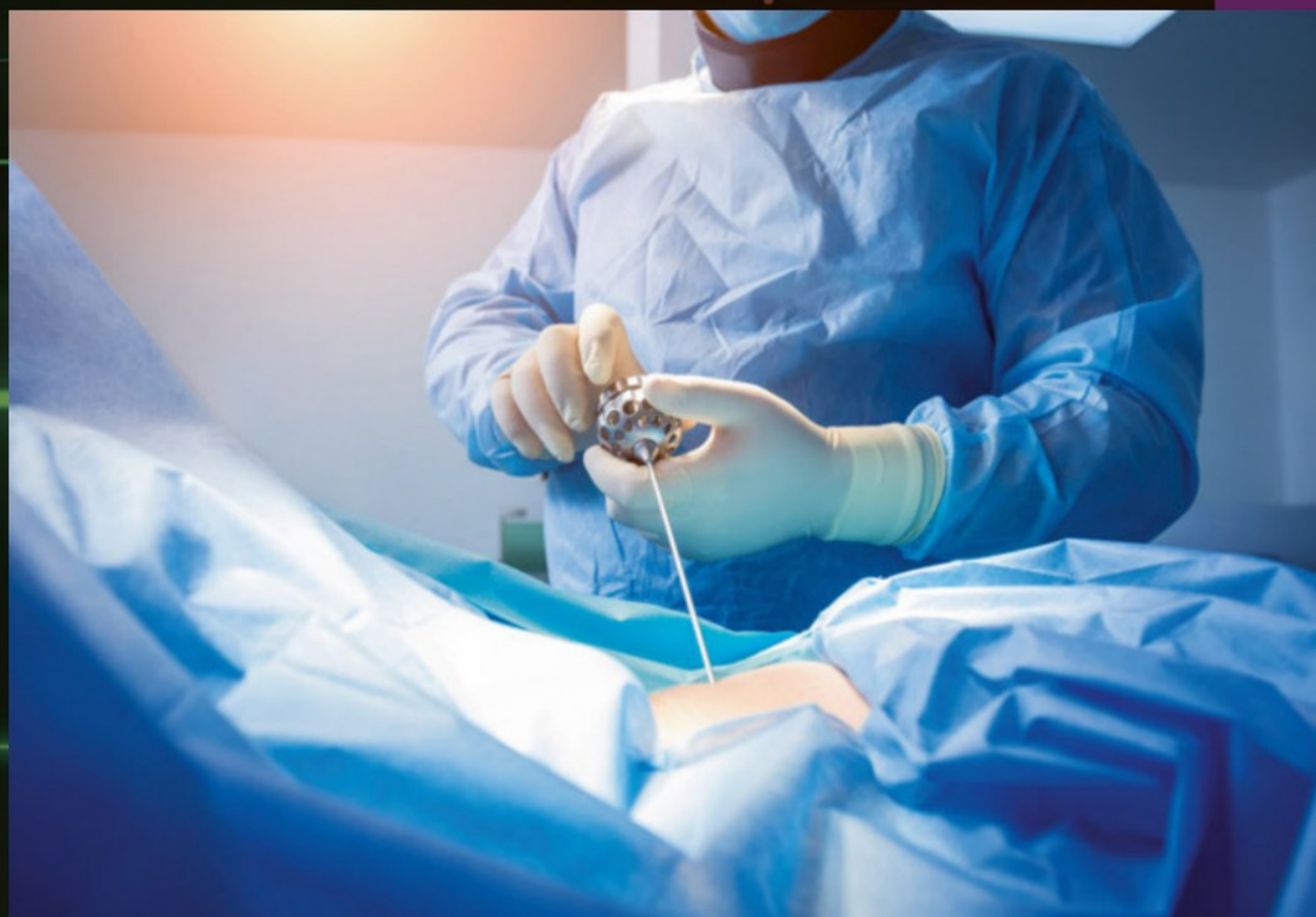


Cette illustration montre l'utilisation du laser pour réduire une tumeur dans l'œsophage.

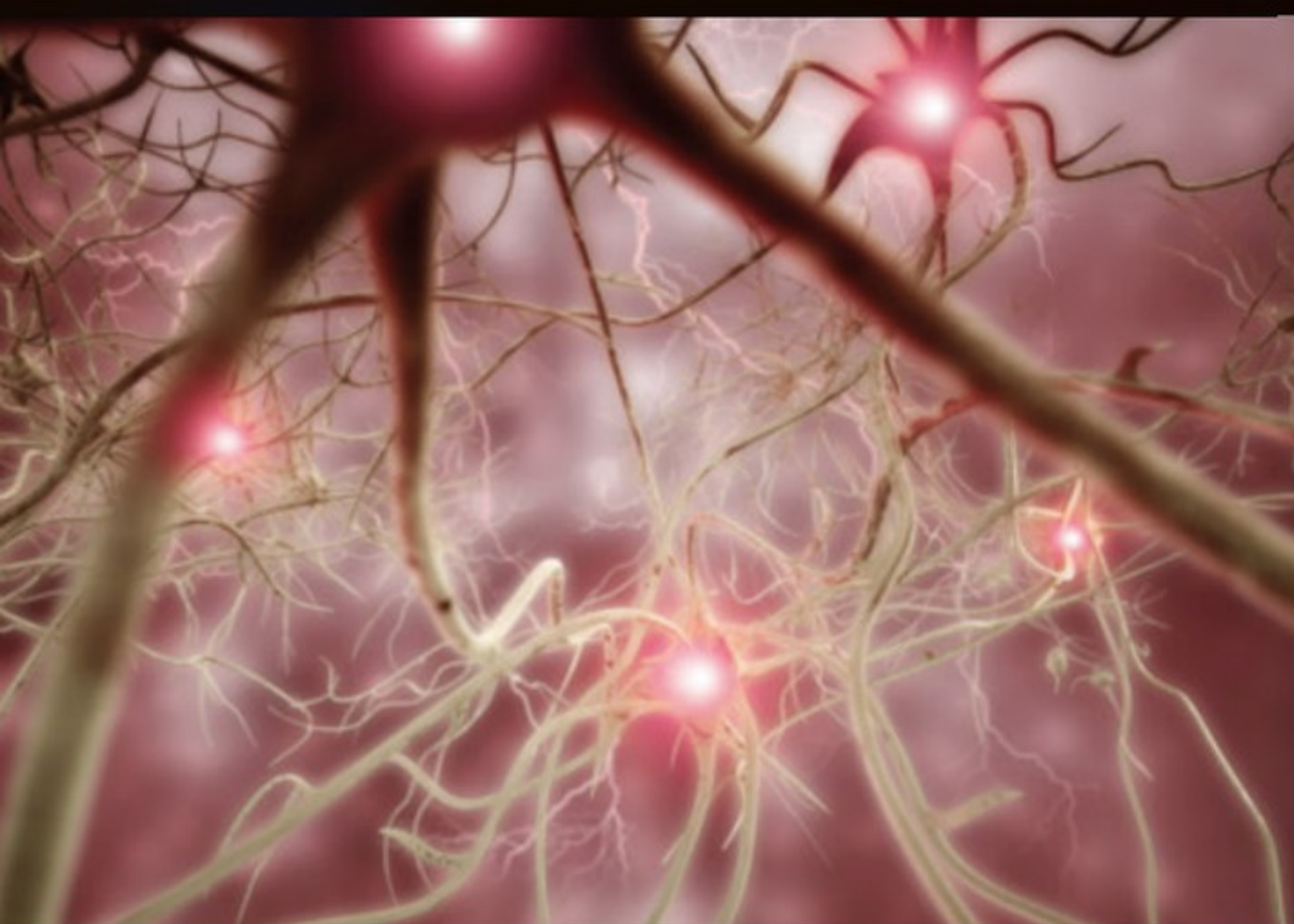


En neurochirurgie

Le laser diode permet de traiter la neuropathie périphérique. Cette atteinte des nerfs qui, partant de la moelle épinière, descendent dans les membres pour desservir les muscles, est à l'origine d'engourdissements et de sensations de brûlure. L'objectif est de réduire ces douleurs nerveuses en faisant pénétrer le laser à travers la peau au niveau de la zone touchée, afin d'y augmenter le flux sanguin, et donc l'apport d'oxygène et de nutriments, pour favoriser la régénération neuronale. Par ailleurs, pour soigner les hernies discales, qui viennent comprimer les nerfs de la moelle épinière (voir infographie), on a recours à un autre type de laser, le Nd:YAG.



Réalisée à l'aide d'un endoscope, la chirurgie au laser permet de voir et de traiter la hernie discale sans faire de véritable incision.



La thérapie laser s'avère efficace pour atténuer les douleurs (fourmillements, engourdissements, sensations de brûlure...) engendrées par les différentes atteintes des nerfs périphériques.

La décompression discale au laser

Pratiquée pour la première fois dès la fin des années 1980, cette thérapie permet d'atteindre directement la hernie de manière peu invasive. En outre, elle se déroule sous anesthésie locale, contrairement à la chirurgie dorsale ouverte qui nécessite une anesthésie générale.

Hernie

Quand le disque intervertébral se fissure, le nucléus, c'est-à-dire le liquide qui se trouve à l'intérieur, suinte, se répand au niveau de la vertèbre et forme une hernie discale.

Nerf pincé

Le nucléus vient comprimer la racine nerveuse de la moelle épinière, ce qui peut entraîner des douleurs, une perte de sensibilité, des difficultés pour marcher, voire une paralysie des membres.

Laser

L'énergie laser brûle les tissus de la hernie et, ainsi, en réduit le volume, pour diminuer la pression dans le disque intervertébral. Elle a également pour effet de couper les récepteurs de la douleur à l'intérieur du disque touché.

Disque intervertébral

Entre chaque vertèbre se trouve un disque, sorte de coussin gélatineux qui joue le rôle d'amortisseur, pour absorber les chocs et éviter que les os ne soient en contact direct les uns avec les autres.

Endoscopie

La fibre laser est introduite jusqu'à la hernie via une aiguille creuse d'environ 1 mm d'épaisseur. Cette canule endoscopique évite de pratiquer une incision cutanée comme en chirurgie classique.

Lumière et caméra

La canule endoscopique peut être équipée d'une lumière et d'une caméra pour permettre aux chirurgiens de mieux visualiser la zone à traiter.

INTERVIEW


HEIKO PRÜMERS

« L'homme est tellement adaptable qu'il peut créer des civilisations partout »

Pendant longtemps, les archéologues ont cru que l'Amazonie était beaucoup trop inhospitalière pour que les civilisations anciennes aient pu y bâtir des cités. Mais en mai dernier, le chercheur allemand leur a donné tort, grâce à la télédétection par laser.

Par Claire Guérou

Heiko Prümers, de l'Institut archéologique allemand, s'excuse tout d'abord de ne pas assez bien parler notre langue pour nous répondre en français. Converser en espagnol serait pour lui plus aisé, mais finalement, il s'exprimera en anglais, avec quelques mots d'espagnol par-ci, par-là. Si Heiko Prümers a facilement recours à cette langue, c'est qu'il étudie l'archéologie de l'Amérique du Sud. Plus particulièrement, depuis bientôt vingt-cinq ans, celle des Casarabe, une civilisation oubliée qui a vécu entre 500 et

1400 ap. J.-C. dans la plaine de Mojos, située dans l'actuelle Bolivie. Avec son équipe de l'université de Bonn, il a d'ailleurs prouvé en mai dernier, dans la revue *Nature*, l'existence d'anciennes cités Casarabe bâties au cœur de la forêt amazonienne. Pour ce faire, ces chercheurs ont utilisé la technologie de détection Lidar (Light Detection and Ranging), un scanner laser transporté par hélicoptère capable de voir même à travers une dense canopée. Ils ont ainsi démontré que leurs collègues pensant cette région trop hostile pour avoir pu abriter de véritables centres urbains s'étaient trompés. 

Comment ça marche : Comment vous êtes-vous intéressé à l'archéologie du peuple Casarabe ?

Heiko Prümers : C'est presque par chance. Pour ma thèse, je travaillais au Pérou, sur les textiles des civilisations Moche et Huari. Après mon doctorat, ma femme, qui est anthropologue, m'a conseillé de ne pas rester dans ce pays,

car beaucoup de recherches y étaient déjà menées, contrairement à la Bolivie. C'est comme ça que, vers 1992, je suis passé de l'ouest à l'est des Andes. Avec mon équipe, nous avons commencé par un projet près de Santa Cruz de la Sierra, au sud de la région où vivait le peuple Casarabe. Puis, en 1999, nous sommes remontés sur la plaine de Mojos (au centre du pays, dans la forêt amazonienne) et avons étudié un site défiguré par des routes. Nous l'avons documenté et établi ses périodes d'occupation. C'est le premier lieu occupé par la civilisation Casarabe que nous avons pu dater.

CCM : À l'époque, qu'est-ce que l'on connaissait des Casarabe ?

H. P. : Les premiers restes matériels des Casarabe ont été trouvés au début du XX^e siècle par un anthropologue suédois qui les a appelés « le peuple de Mojos ». Mais la plaine de Mojos est très grande et, à l'époque préhispanique, quatre ou cinq cultures différentes y vivaient. Sauf que dans les études de ce lieu, elles sont souvent mélangées, et certains en parlent même comme d'une seule civilisation Mojos. C'est pourquoi nous avons donné un nom différent aux Casarabe, avant d'aller plus

« Pour mieux comprendre des cultures anciennes, il faut avoir un tableau complet et pas juste quelques artefacts »



BIO EXPRESS

1958

Naissance à Marbourg (Allemagne).

1990

Soutient sa thèse sur l'étude des motifs des textiles utilisés par les anciennes civilisations Moche (de 100 à 700 ap. J.-C.) et Huari (de 600 à 1000 ap. J.-C.) au Pérou.

1992

Rejoint l'université de Bonn en tant que chercheur pour le Deutsches Archäologisches Institut (Institut archéologique allemand).

1999

Débute ses recherches dans la plaine de Mojos, en Bolivie, près de Casarabe, le village qui a donné son nom à la civilisation qui vivait là jusqu'en 1400 ap. J.-C.

2022

Démontre dans la revue *Nature* l'existence d'anciennes grandes cités édifiées par le peuple Casarabe au cœur de l'Amazonie.

© Carla Jaimes Betancourt

« Nous pouvons étudier ces lieux presque tels qu'ils existaient à l'époque. Mais cela change vite »

loin dans nos recherches. Car si l'on doit à chaque fois expliquer que plusieurs cultures vivaient là, c'est que l'on en connaît vraiment très peu sur elles.

CCM: Les habitants actuels ignoraient que différentes cultures les avaient précédés?

H. P.: Oui, mais ce n'est pas une surprise: la civilisation Casarabe s'est éteinte vers 1400 ap. J.-C., soit 100 à 200 ans

avant que les premiers colons espagnols n'arrivent dans la région. Il est d'ailleurs très intéressant de remarquer que là où les Casarabe vivaient, il n'y a eu aucun missionnaire. Lorsque les hommes d'église espagnols venaient dans les colonies, ils devaient, par exemple, dire au Vatican: «*Nous souhaitons installer une mission à cet endroit car nous pensons pouvoir*



© H. Prümers / DAI

y sauver 1 000 à 3 000 âmes. » Sauf que si vous localisez ces missions sur une carte, vous en verrez beaucoup distribuées sur la plaine de Mojos, mais aucune sur les sites sur lesquels nous travaillons. Cela pourrait signifier que la culture Casarabe s'est éteinte de manière assez catastrophique pour que les premiers colons aient trouvé la zone relativement vide. ...

Grâce à ce scanner laser attaché à un hélicoptère, Heiko Prümers a pu démontrer l'existence d'un urbanisme précolombien au cœur de la forêt amazonienne.

... **CCM:** D'ailleurs, avant vos découvertes, aucune trace d'urbanisme n'avait jamais été découverte en Amazonie. Pour quelle raison ?

H. P.: On ne les voit pas sur les photos satellite. Et si vous êtes sur l'un des sites, par exemple au sommet de la pyramide de Cotoca, près de Santa Cruz de la Sierra, vous voyez des arbres et rien d'autre. Le Lidar est vraiment le seul moyen pour rendre ces sites archéologiques visibles. Il est très utilisé également à Angkor ou dans les terres mayas. C'est aussi pour ça que je trouve étrange que les gens disent qu'il n'y a jamais eu de civilisation urbanisée en Amazonie. Parce qu'on sait qu'il en a existé dans d'autres lieux tropicaux, comme au Mexique ou au Cambodge... Ni la qualité du sol ni le climat n'empêchent donc l'installation de l'homme. Il est tellement adaptable qu'il peut créer des civilisations partout !

CCM: Pourquoi trouver des traces de ces anciennes civilisations est important ?

H. P.: Dans ce cas, ça contredit ce qui allait de soi pendant longtemps. L'Amazonie avait toujours été considérée comme une forêt vierge, hostile, alors qu'on y trouve en fait des traces d'anciennes cités. C'est aussi très intéressant car ce sont les premières traces d'urbanisme repérées de ce côté des Andes. Et je pense qu'on en découvrira beaucoup plus

un jour si les gens commencent à utiliser le Lidar pour les voir et s'ils croient à ce qu'ils voient.

CCM: Y a-t-il urgence à chercher ces traces maintenant compte tenu des activités humaines en Amazonie, notamment la déforestation ?

H. P.: Comme je l'ai dit précédemment, la plaine de Mojos est très peu occupée depuis longtemps [actuellement, environ 30 000 personnes vivent dans la province de Mojos, ou Moxos, sur une superficie de plus de 30 000 km², NDLR]. Si bien que le paysage est quasiment le même qu'il y a 500 ou 600 ans. Car les habitants ne l'ont pas modifié comme ça a pu être le cas en Europe, par exemple. Nous avons ainsi la possibilité d'étudier ces lieux presque tels qu'ils existaient il y a des centaines d'années. Mais, cela change rapidement. Beaucoup de personnes ont acheté des terrains là-bas - 6 000 hectares aux dernières nouvelles -, et commencent à les « nettoyer », ce qui signifie détruire leur végétation et aplanir les élévations. Tous les vestiges archéologiques existants risquent d'être perdus. Il faut donc que nous les documentions maintenant si nous voulons pouvoir les étudier dans le futur. Pour une meilleure compréhension des cultures anciennes, il est très important d'avoir le tableau complet et pas juste quelques artefacts.

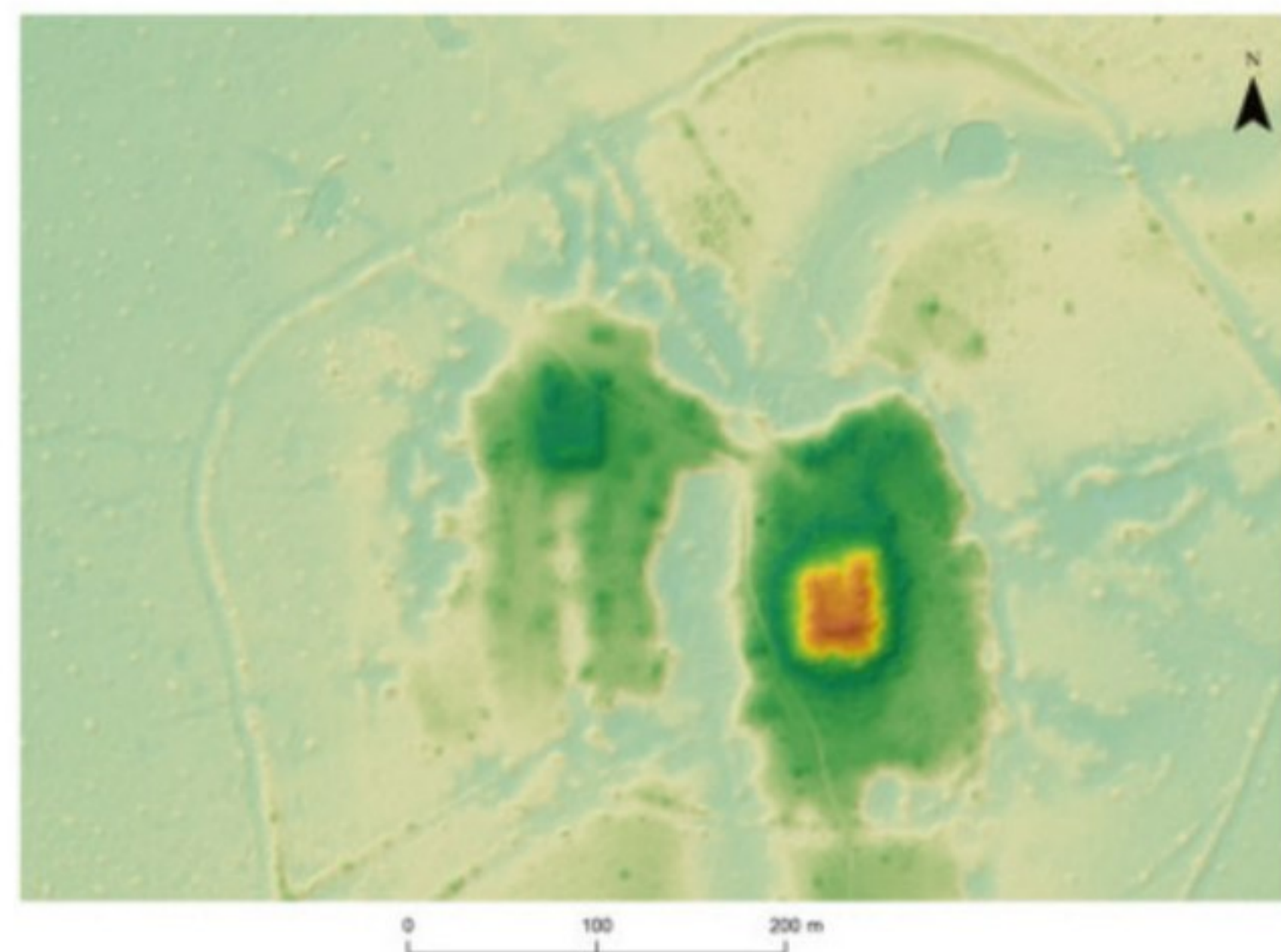


L'équipe d'archéologues au complet, avec l'équipage de l'hélicoptère de recherche : (de gauche à droite) Eduardo Méndez P. (capitaine), Mark Robinson, Renan Torrico, José Iriarte, Carla Jaimes Betancourt, Gustavo Nogales H. (copilote), Heiko Prümers et Elvis.



La civilisation Casarabe s'est développée au sud de l'Amazonie, dans les Llanos de Mojos ou plaine de Mojos.

Le site de Santa Maria, en Bolivie amazonienne, vu du ciel : à gauche, une photo aérienne classique ; à droite, une image laser obtenue avec la technologie Lidar.



LE MAG QUI DÉCRYPTE LE MONDE

à partir de
54 €
par an



JE M'ABONNE

12 numéros - 1 an

54 €
64.80 € - 17%⁽¹⁾

POURQUOI S'ABONNER ?

- Tarif avantageux
- Livraison gratuite en France
- Je peux changer de formule
- Accès gratuit à la version numérique dans votre espace client

ABONNEZ-VOUS SIMPLEMENT SUR INTERNET

FLEURSPRESSE.COM

AVEC VOTRE CODE PROMO

CCM23

OU

PAR TÉLÉPHONE
01 87 64 05 32
Du lundi au vendredi de 9 h à 19 h.

OU PAR COURRIER À RETOURNER ACCOMPAGNÉ DE VOTRE RÈGLEMENT :

CDN VIVETIC - SERVICE FLEURUS PRESSE - TSA 10017 - 93539 AUBERVILLIERS CEDEX
Tél. : 01 87 64 05 32 (appel non surtaxé)

MES COORDONNÉES

NOM*, PRÉNOM*

COMPLÉMENT D'ADRESSE (RÉSIDENCE, BÂTIMENT, LIEU DIT...)

NUMÉRO DE VOIE* VOIE* (AVENUE, RUE...)

CODE POSTAL* COMMUNE*

TÉLÉPHONE (pour vous communiquer des informations sur votre abonnement) E-MAIL (pour vous adresser votre confirmation de commande et correspondre avec vous)

COORDONNÉES DE L'ENFANT À ABONNER

POUR :

NOM*, PRÉNOM* DE L'ENFANT

ADRESSE DE L'ENFANT (à remplir si différente de la vôtre)

COMPLÉMENT D'ADRESSE (RÉSIDENCE, BÂTIMENT, LIEU DIT...)

NUMÉRO DE VOIE* VOIE* (AVENUE, RUE...)

CODE POSTAL* COMMUNE*

DATE DE NAISSANCE (pour lui souhaiter son anniversaire et lui envoyer des surprises)

Merci de joindre votre règlement par chèque bancaire à l'ordre de Unique Heritage Presse

DATE _____ SIGNATURE OBLIGATOIRE _____

⁽¹⁾ La remise est calculée par rapport au prix de vente au numéro + frais d'expédition. Offre valable jusqu'au 30/06/2023 en France Métropolitaine. L'envoi de votre bulletin vaut prise de connaissance et acceptation de nos Conditions Générales de Vente, accessibles sur www.fleuruspresse.com. Vous disposez d'un droit de rétractation de 14 jours à réception du 1^{er} numéro. Pour le faire valoir, il suffit de contacter le service clients à l'adresse relation.abo@fleuruspresse.com. Unique Heritage Presse (UHP) est responsable du traitement et de la collecte de vos données. Les champs marqués d'un astérisque sont indispensables pour le traitement de votre commande. Vos données pourront être transmises à d'autres organismes (presse, tourisme...). Si vous ne le souhaitez pas, il suffit de nous écrire. Vous pouvez exercer vos droits d'accès, de rectification, de limitation, de portabilité, d'opposition, d'effacement de vos données et définir vos directives post-mortem à relation.abo@fleuruspresse.com en y joignant une copie de votre carte d'identité. La société UHP dispose d'un délégué à la protection des données pouvant être contacté au 141, boulevard Ney 75 018 Paris ou par e-mail : dpo@uniqueheritage.fr.



L'affiche du premier film, sorti en 2009...



... et celle du second opus, en salle le 14 décembre.

RETOUR SUR LA PLANÈTE AVATAR

En 2009, douze ans après le succès mondial de *Titanic*, James Cameron se surpasse avec *Avatar*. Émaillée de prouesses techniques, cette histoire d'amour intergalactique doublée d'un conte moral et écologique a émerveillé trois heures durant les spectateurs. Avec *Avatar: la voie de l'eau*, en salle le 14 décembre, il va tenter de réitérer l'exploit, alors que le cinéma est en pleine crise. En attendant de savoir si le public se laissera à nouveau entraîner, petite plongée dans l'univers fascinant des Na'vis.

Par Delphine Gaston-Sloan

Avatar sera une pentalogie

Dans *Avatar*, pour repérer un minéral précieux à exploiter, l'Américain Jake Sully (Sam Worthington) alunissait sur Pandora sous forme d'avatar (sa conscience implantée dans une créature artificielle imitant les indigènes Na'vis). Puis changeait de camp une fois tombé sous le charme d'une habitante, Neytiri (Zoe Saldana).

Avatar: la voie de l'eau s'ouvre une dizaine d'années plus tard. Parents, Jake et Neytiri sont à nouveau confrontés à leur ancien ennemi, ragaillardi. Ils se réfugient au bord de l'eau où vivent les Metkayinas, menés par Ronal (Kate Winslet), aux us et coutumes différents. Trois autres films suivront, aux dates de sortie programmées (les titres, eux, sont provisoires) : 18 décembre 2024 (*Avatar: The Seed Bearer*), 16 décembre 2026 (*Avatar: The Tulkun Rider*), 20 décembre 2028 (*Avatar: The Quest for Eywa*). Pas d'intrigues révélées, mais on sait que le 3 a été tourné avec le 2, et que la production du 4 a démarré en 2022.

Cameron a été accusé de plagiat

En 2011, trois plaintes ont été déposées, toutes déboutées par la justice. Gerald Morawski aurait pitché à Cameron, en 1991, *Guardians of Eden*, lutte épique entre une tribu installée sur une planète à la forêt luxuriante et une société minière résolue à piller les ressources. Autre scénariste, Bryant Moore voit dans *Avatar* deux de ses œuvres, *Aquatica* (1994) et *Pollination* (2003), où deux clans ennemis se disputent brutalement la domination d'une planète. Enfin, ancien employé de Lightstorm Entertainment, maison de production de Cameron, Eric Ryder déclare avoir soumis, dès 1999, l'idée de *KRZ 2068*, film en 3D sur la colonisation d'une planète en vue d'exploiter ses réserves naturelles. Son projet n'aurait pas été retenu au motif que personne n'irait voir un film de SF écolo !

Les Na'vis ne pouvaient être que bleus

A*vatar* a eu ses détracteurs et la pique principale tenait à la couleur de peau des Na'vis : Cameron réinventait les Schtroumpfs ! Jusqu'où peut-on accepter la différence ? Tel était son sujet et comme il évoluait dans l'espace, il pouvait dépasser les relations interraciales sur Terre entre personnes à la peau blanche, marron, jaune, noire. Ne restait plus que le vert et le bleu. Le vert était exclu, la fiction l'ayant accaparé pour les Martiens, les « petits hommes verts » (d'après une idée initiale d'Edgar Rice Burroughs en 1912 dans son *Cycle de Mars*). Qui ont d'ailleurs évolué en « petits gris » dans *Rencontre du troisième type* (Spielberg, 1977). Donc, seule option, des Na'vis bleus.



Les Metkayinas Ronal et Tonowari sont interprétés par Kate Winslet et Cliff Curtis.

BIO EXPRESS

James Cameron

Il naît en 1954 au Canada. Élève doué et solitaire, il aime les sciences, les comics, dessiner, écrire. Rêvant de cinéma, il se lance dans le film de SF, après des études universitaires déçues (physique, littérature) et des petits boulots (concierge, routier...). *Xenogenesis* (1978), 12 minutes, mélange voyage dans l'espace d'un homme artificiel et combat de robots. Son talent pour réaliser des effets spéciaux lui ouvre les portes d'Hollywood. *Piranha 2: Les Tueurs volants*, son premier long métrage (1982), ersatz des *Dents de la mer*, ne préfigure pas sa filmographie, l'une des plus brillantes et rentables : *Terminator* (1984 et le 2 en 1991), *Aliens, le retour* (1986), *Titanic* (1997), *Avatar* (2009)...



Pour aller plus loin
Les Avatars de James Cameron, de Stéphanie Chaptal, Ynnis Éditions, 192 pages, 35 €.

Le premier script d'Avatar: la voie de l'eau a fini à la corbeille

Cameron avait annoncé une sortie en 2014. C'était sans compter les péripéties du rachat de la 20th Century Fox, productrice du film, par Disney (2019), qui a décidé d'un report. Là-dessus, le Covid-19 a fait irruption en plein tournage. Débuté en septembre 2017, il n'a connu son terme qu'en septembre 2020. En plus, Cameron a jeté le premier scénario, après un an de boulot, faute de correspondre à ses exigences. Selon ses dires, il ne reproduisait pas la formule magique, gage du succès du premier volet: le triptyque bons personnages, élément perturbateur, résolution; le message; une histoire qui résonne dans l'inconscient collectif. Le script initial ne cochant que les deux premières cases, il l'a déchiré. Il est reparti de zéro avec son équipe d'auteurs, ce qui a repris un an.

Sur le tournage, c'est menu vegan!

L'engagement de Cameron pour la préservation de l'environnement passe, depuis 2012, par une alimentation entièrement vegan (il ne consomme rien qui soit issu de l'exploitation animale). Il a produit le documentaire *The Game Changers* (2019) montrant comment des sportifs de haut niveau vegan performant en dépit de leur régime non carné. Souhaitant véhiculer un message écolo dans ses films, il ne saurait tolérer que leur production déroge à ses principes: il n'est donc proposé sur le plateau qu'une cantine vegan. Libre à qui veut de se sustenter ailleurs.



James Cameron (à gauche) et l'acteur Sam Worthington, pendant le tournage.

Cameron confirme son appétit pour l'innovation

La technique de *performance capture* permet d'humaniser des personnages de synthèse en faisant tourner de véritables acteurs dont les mouvements et mimiques sont enregistrés par des capteurs. Le réalisateur a attendu des années qu'elle ait progressé afin qu'*Avatar* soit à la hauteur de ses ambitions. *Avatar: la voie de l'eau* prouve à nouveau sa patience puisqu'il a dû faire adapter le système de *performance capture* de sorte qu'il fonctionne sous l'eau: un effort d'un an et demi! L'eau, encore, est au cœur des prouesses, du point de vue des effets spéciaux numériques cette fois, pilotés par la société spécialiste Weta Digital (basée en Nouvelle-Zélande). Rien que pour la simulation de cet élément (réalisée sur ordinateur), elle a déposé plusieurs brevets. Jamais le rendu du mouvement de l'eau et sa réflexion n'avaient atteint une telle précision.

Sur le tournage, Kate Winslet a réussi à retenir son souffle plus de sept minutes!





Sigourney Weaver est de retour dans le rôle du docteur Grace Augustine.

Dans ce deuxième opus, Sigourney Weaver rajeunit

Dans *Avatar*, le docteur Grace Augustine, incarné par Sigourney Weaver, meurt. Par quel miracle l'actrice est-elle au casting du 2 ? Le réalisateur n'en a pas fait un fantôme, mais une adolescente de 14 ans ! La comédienne, qui en a cinq fois plus (elle est née en 1949), a vécu l'expérience aux allures de challenge comme une cure de jouvence. Pour camper la Na'vi Kiri, fille adoptive de Jake et Neytiri, elle a puisé dans sa jeunesse et ses attitudes maladroitement, alors qu'à 11 ans, elle mesurait déjà près de 1,80 m.

Kate Winslet est devenue championne d'apnée

En fuite, Jake et sa famille découvrent un monde aquatique. Le réalisateur a demandé à ses comédiens de se former à la plongée en apnée. Incarnant la leadeuse du peuple du récif, Kate Winslet est la nouvelle recordwoman d'Hollywood, retenant son souffle sous l'eau pendant sept minutes et quatorze secondes. Elle a dépassé le tenant du titre, Tom Cruise qui, pour *Mission impossible : Rogue Nation* (2015), avait tenu six minutes et demie.

EN CHIFFRES

- > Les Na'vis mesurent 3 m.
- > 14 millions de spectateurs français ont vu le premier opus d'*Avatar* sur grand écran.
- > Auxquels s'ajoutent 564 979 fans lors de sa reprise pour deux semaines, le 21 septembre 2022.
- > Avec 2,847 milliards de dollars de recettes au box-office mondial (avant ressortie en 2022), *Avatar* est le plus grand succès de l'histoire.
- > Nommé neuf fois aux Oscars de 2010, il n'en a remporté que trois (photographie, décors, effets visuels).
- > Dévoilée le 9 mai 2022, la première bande-annonce d'*Avatar : la voie de l'eau* a été vue 148,6 millions de fois en vingt-quatre heures.
- > Le budget prévisionnel des quatre suites s'élève à 1 milliard de dollars.
- > Un bassin de 3,4 millions de litres d'eau froide a servi de plateau de tournage pour les scènes aquatiques.
- > *Avatar : la voie de l'eau* dure 3 h 10.
- > Cameron a inventé la caméra Fusion, à deux objectifs écartés de 6,25 cm (comme les yeux humains en moyenne), pour des prises de vue réelles en 3D.

GROS PLAN SUR LE CHAMP

Notre planète est entourée d'un bouclier invisible, qui le protège des bombardements de particules venues de l'espace. Sans lui, aucune vie ne serait possible.

Par Louna Esgueva

Sans le champ magnétique qui entoure notre planète, le vent solaire (des gaz éjectés en continu par notre étoile) et les autres particules cosmiques auraient vite fait d'anéantir toute vie sur Terre! En effet, celui-ci dévie ces bombardements nocifs vers l'espace ou sur les pôles, où ils donnent naissance aux aurores boréales.

Mais au fait, en quoi consiste ce champ magnétique? Invisible, inodore, il est comme un cocon qui entoure la Terre et forme une sorte de bouclier, nommé la magnétosphère. Ce champ magnétique trace des lignes (des forces) tout autour de la planète. Celles-ci jaillissent telle une fontaine du pôle magnétique Sud (à ne pas confondre avec le pôle géographique, qui correspond à l'axe de rotation de la Terre), encerclent la planète, puis pénètrent sous terre au niveau du pôle magnétique Nord.

Un gigantesque aimant

Pour comprendre sa formation, survenue il y a 3,5 à 4,5 milliards d'années, il faut plonger à quelque 3000 km de profondeur, dans l'océan de fer liquide qui constitue une partie du noyau terrestre. Ce tourbillon de métal en fusion engendre un courant électrique perpétuel, et c'est lui qui crée le champ magnétique terrestre, qui s'étend très loin dans l'espace. La Terre se comporte donc comme un gigantesque aimant.

En dépit de la taille de notre planète, l'intensité du champ magnétique engendré par son noyau est très faible. Ainsi, il ne mesure à la surface que 50 microteslas. À titre de comparaison, c'est 200 fois moins que les aimants décoratifs qui ornent les réfrigérateurs! Il n'en demeure pas moins qu'il nous protège des radiations mortelles du Soleil, mais aussi de celles venant de la Galaxie. De plus, il aide à retenir l'atmosphère terrestre, cette couche de gaz sans laquelle aucune vie ne serait possible.

Le champ magnétique de la Terre a une étonnante capacité: il peut s'inverser, ce qui perturberait tous nos appareils électriques... Que l'on se rassure, la dernière fois, c'était il y a 780 000 ans, et il n'y a rien à craindre a priori avant un millier d'années! 🧲

Noyau

Le noyau liquide de la Terre crée un courant électrique qui lui-même forme un champ magnétique autour de la planète.

Vent solaire

Les radiations venues du Soleil sont déviées par le champ magnétique, qui nous protège ainsi de leurs effets nocifs.

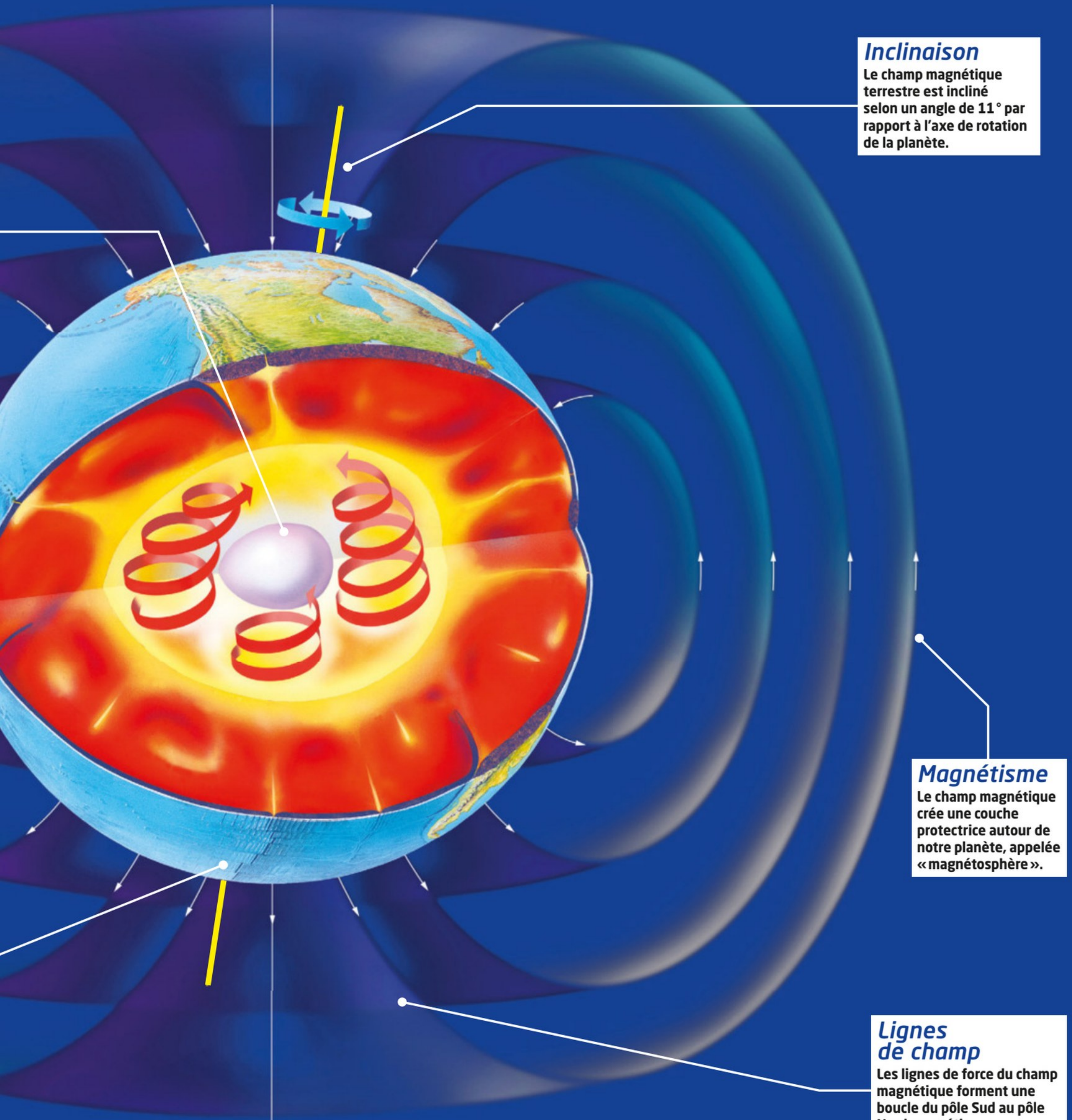
Point le plus faible

Le champ magnétique est le plus faible à l'équateur, là où les lignes de force sont le plus écartées.

Point le plus fort

Le champ magnétique est le plus fort près des pôles, où les lignes de force convergent.

MAGNÉTIQUE TERRESTRE



Inclinaison
Le champ magnétique terrestre est incliné selon un angle de 11° par rapport à l'axe de rotation de la planète.

Magnétisme
Le champ magnétique crée une couche protectrice autour de notre planète, appelée « magnétosphère ».

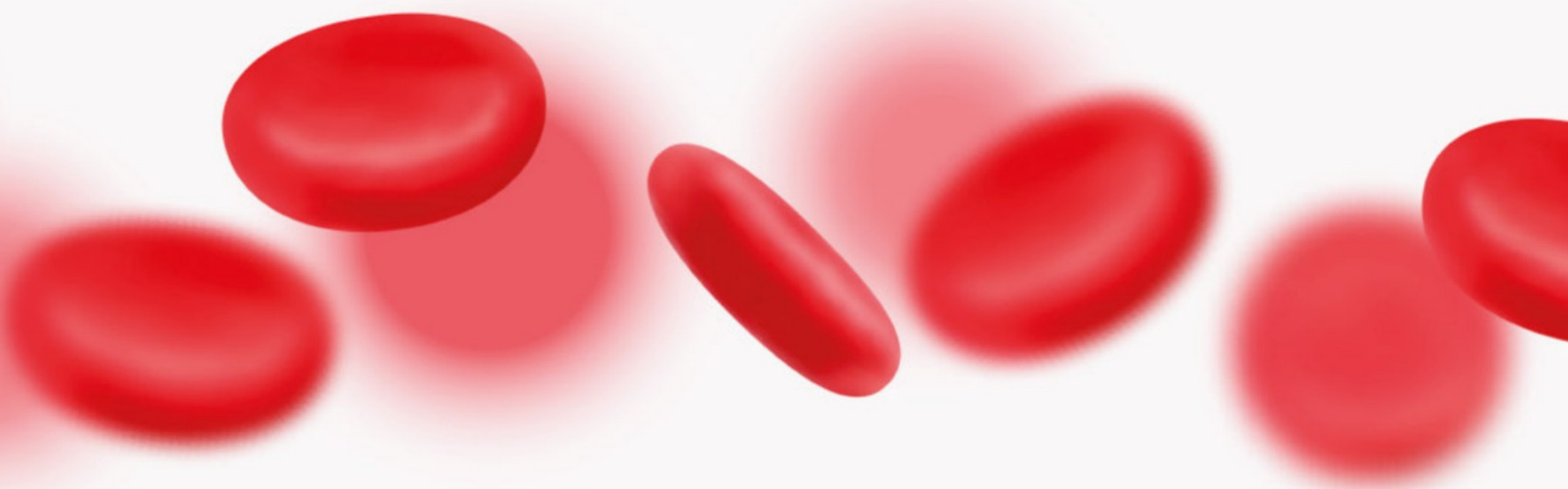
Lignes de champ
Les lignes de force du champ magnétique forment une boucle du pôle Sud au pôle Nord magnétiques.



GROUPES SANGUINS: UNE INCROYABLE DIVERSITÉ

Nous connaissons tous les groupes A+, B-, O+... Mais si ce codage permet d'identifier de grandes familles, il ne reflète pas l'immense variété de nos globules rouges. Or, quand on y regarde de plus près, on découvre qu'il existe des types de sang extrêmement rares... et donc très précieux!

Par Benjamin Robert



Q u'est-ce qui distingue un globule rouge d'un autre globule rouge? A priori, pas grand-chose. Mais en scrutant les molécules qui se dressent à leur surface, on découvre une diversité insoupçonnée: il en existe plus de 380 sortes différentes! Appelées antigènes, elles constituent une véritable carte d'identité sanguine, et permettent à notre corps de différencier les globules rouges qui nous appartiennent de ceux d'un autre individu. En effet, si notre système immunitaire détecte un antigène qui n'est pas le nôtre, il le considérera comme un ennemi et l'éliminera. C'est pourquoi, lors d'une transfusion, le sang injecté doit être

compatible avec celui du patient, afin d'éviter que le corps ne s'attaque à ces nouvelles cellules. Pour ce faire, les centres de santé n'ont heureusement pas besoin de vérifier la compatibilité des 380 antigènes un à un, car certains sont plus importants que d'autres. En premier lieu, les antigènes nommés A et B. Ces derniers permettent de diviser les groupes sanguins en quatre catégories: A pour les personnes possédant l'antigène A sur leurs globules rouges (soit 44 % de la population française), B pour celles avec l'antigène B (10 %), O pour celles qui n'ont aucun des deux (42 %), et AB lorsque les deux sont présents (4 %). «*Par rapport aux autres antigènes, A et B ont la particularité de ne pas être situés seulement sur les*

...

La plus grande diversité se trouve en Afrique, berceau de l'humanité

... globules rouges. Ils se retrouvent aussi sur nos tissus et nos organes. Pour eux, la compatibilité doit donc aussi être vérifiée lors d'une greffe de poumon ou de foie», explique Jacques Chiaroni, directeur de l'Établissement français du sang (EFS) en PACA et Corse. De plus, les antigènes A et B ne sont pas propres à l'homme. Ils se retrouvent chez de nombreuses autres espèces animales, et même jusqu'aux bactéries! Or, des milliards d'entre elles peuplent nos intestins sans forcément être du même groupe que nous. Tout

corps humain est donc sans arrêt confronté aux antigènes A ou B, contre lesquels il a appris à se défendre. «Une personne avec un sang O a un système immunitaire qui réagira avec violence

si on lui transfuse une poche sanguine A, B ou AB, car son corps a l'habitude de considérer ces antigènes comme des substances étrangères. Cela peut mener jusqu'à la mort du patient, prévient Jacques Chiaroni. À l'inverse, un sang estampillé O peut être transfusé à une personne A, car les globules rouges injectés ne posséderont pas d'antigènes problématiques.»

Recherches ciblées

Hormis A ou B, tous les autres antigènes, nommés par d'autres lettres comme E, e, K, Fya ou encore M, sont propres à l'espèce humaine. Le corps n'y est pas confronté au quotidien, et n'est donc pas habitué à se défendre contre eux. «Chaque antigène est plus ou moins immunogène, c'est-à-dire qu'il peut plus ou moins provoquer une réaction du système immunitaire», poursuit le directeur. À ce jeu-là, l'antigène D se distingue des autres par sa très forte immunogénicité. «S'il est injecté chez un patient qui ne le possède pas de base, il y a 50 % de risque que le corps réagisse mal et attaque cet antigène D.» Les personnes qui le possèdent sont dites

«+». Et en cas d'absence, «-». Les individus O-, qui représentent 6 % de la population française, sont souvent considérés comme des donneurs universels, car leurs globules rouges ne possèdent ni A, ni B, ni D, ce qui limite les principaux risques d'introduire un antigène incompatible. «Dans 98 % des transfusions, on vérifie seulement de trois à quinze antigènes parmi les plus fréquents et les plus immunogènes», détaille Jacques Chiaroni.

Parmi les 380 antigènes, environ 250 sont considérés comme rares, c'est-à-dire qu'ils se rencontrent chez moins de 4 personnes sur 1 000. En France, environ un million de personnes possèdent un sang rare... mais la plupart l'ignorent. «Un fichier national répertorie les individus connus avec un sang rare. Après leur don, les poches sont congelées à -80 °C, ce qui permet de les garder environ trente ans», ajoute Jacques Chiaroni. L'EFS mène régulièrement des campagnes de recherche ciblée, afin d'identifier les porteurs de sang rare. Elles s'effectuent notamment auprès des frères et sœurs de personnes déjà connues pour la rareté de leur sang, mais aussi auprès d'individus d'origine africaine. «L'humain est apparu en Afrique il y a 250 000 ans. Une forte diversité génétique s'y est créée, entraînant l'émergence de nombreux groupes sanguins. Les premiers humains sont sortis de ce continent relativement récemment, il y a 70 000 ans. Ils ne représentaient alors qu'un petit échantillon de la diversité qui régnait en Afrique», détaille le directeur de l'EFS. Rien de surprenant donc à trouver plus de groupes sanguins différents dans les populations africaines. Tout l'enjeu pour l'EFS est de collecter les sangs rares, afin de pouvoir transfuser potentiellement tous les patients. Aucune population n'est à l'abri d'un potentiel manque de sang compatible... «En Chine, tout le monde possède l'antigène D. Une personne d'origine européenne sans cet antigène (A-, B-, AB- et O-, soit environ 15 % de notre population) aura donc un sang rare là-bas, remarque le directeur. Il sera presque impossible de le transfuser sur place par manque de donneurs compatibles.»

Qui peut donner à qui ?

Certains groupes sanguins peuvent être transfusés sans problème à plusieurs types de patients, voire à tous. C'est le cas du O-, dit «donneur universel». À l'inverse, il existe des chanceux qui peuvent recevoir n'importe quel sang facilement, comme les individus appartenant au groupe AB+, dits «receveurs universels».

		Donneur							
		O-	O+	B-	B+	A-	A+	AB-	AB+
Receveur	AB+	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	AB-	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X
	A+	✓	✓	X	X	✓	✓	X	X
	A-	✓	X	X	X	✓	X	X	X
	B+	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
	B-	✓	X	✓	X	X	X	X	X
	O+	✓	✓	X	X	X	X	X	X
	O-	✓	X	X	X	X	X	X	X

Des sangs d'exception

Le Bombay, purement indien

Le groupe sanguin Bombay est un sang rare typique de l'Inde, retrouvé là-bas chez une personne sur 10 000. Ailleurs dans le monde, il est quasi inexistant. Les personnes « Bombay » sont dépourvues de l'antigène H. Or, les antigènes A et B se servent de celui-ci pour s'attacher aux globules rouges. Sans sa présence, les individus ne sont donc ni A, ni B... ni O, puisque toute personne catégorisée O possède au moins l'antigène H. Une personne avec un sang Bombay ne peut donc être transfusée que par un autre sang Bombay. Sa présence en Inde provient du pur hasard, à savoir d'une dérive génétique !

Le « sang en or », véritable donneur universel

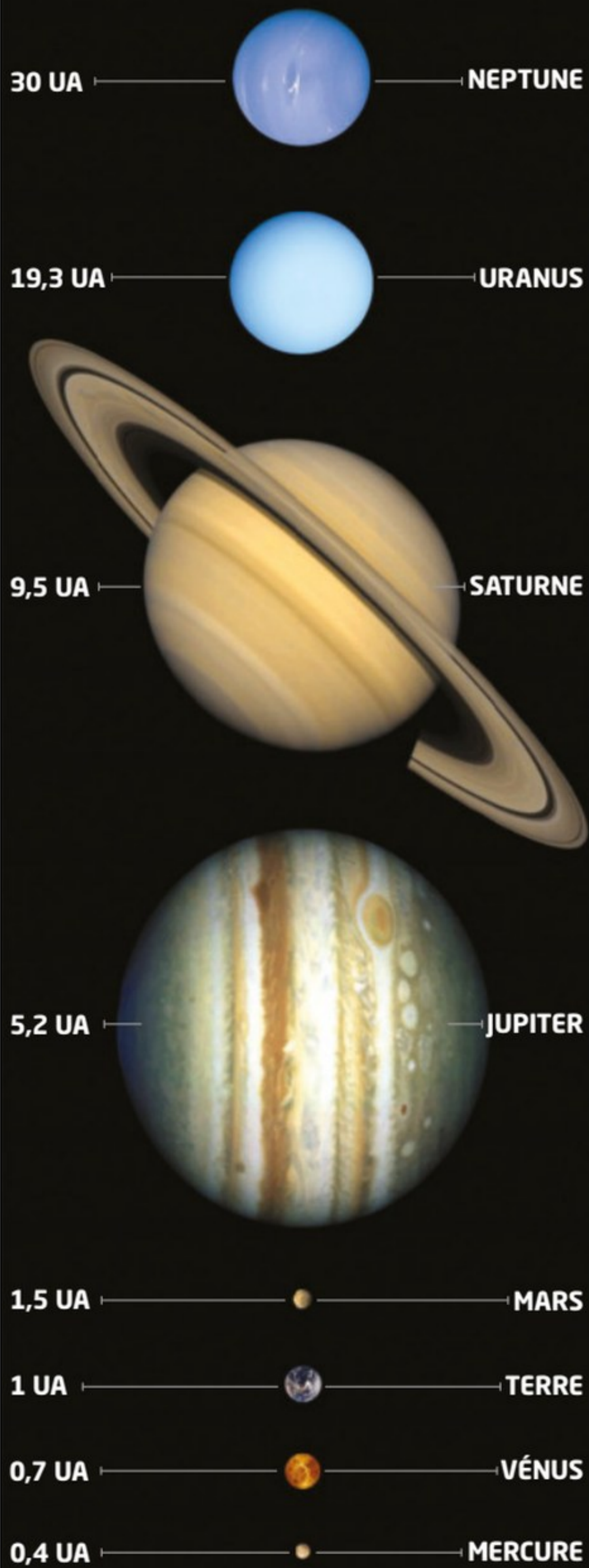
Sur les 60 antigènes susceptibles de créer des réactions immunitaires en cas de non-compatibilité, certaines personnes n'en possèdent... aucun ! Ce sont donc eux les véritables donneurs universels ; on dit qu'ils ont un « sang en or ». Seules quelques dizaines de personnes possèdent ce groupe sanguin dans le monde. En Europe, un seul individu est connu. Il donne son sang régulièrement afin de le congeler.



Le groupe O, le plus résistant au Covid-19

On sait dorénavant pourquoi ! Lorsque le virus SARS-CoV-2 entre dans une cellule humaine pour se reproduire, il va en ressortir en portant à sa surface les antigènes de l'individu infecté : le A, le B, voire les deux. Lorsque ces virus infectent ensuite une nouvelle personne appartenant au groupe O, cette dernière aura l'habitude de se défendre face à ces antigènes et donc à ne pas laisser le virus s'immiscer dans son corps. À l'inverse, les personnes O libèrent des virus sans antigènes, qui peuvent donc infecter une autre personne, peu importe son groupe sanguin. L'étiquette « donneur universel » marche autant pour les virus que pour le sang !

Le Système solaire



CAP SUR LES

1 UA (unité astronomique) = 1 fois la distance Terre-Soleil, soit environ 150 millions de kilomètres/

GÉANTES DE GLACE

Au fin fond du Système solaire gravitent deux mondes aussi froids que mystérieux. Seule la sonde *Voyager 2* les a survolés, brièvement, dans les années 1980. Depuis, Uranus et Neptune ont gardé leurs secrets. Les astronomes espèrent bien les percer, et préparent pour cela une nouvelle mission.

Par Clara Baudel

Dans l'histoire de l'exploration spatiale, ce sont les deux grandes laissées-pour-compte du Système solaire... Et pour cause : elles se situent aux confins de notre monde, à respectivement 2,7 et 4,3 milliards de kilomètres de nous. Uranus et Neptune sont ce que l'on appelle des « géantes de glace ». Géantes, elles le sont certes moins que les gazeuses, Jupiter et Saturne. Elles ont, en fait, une taille intermédiaire entre ces dernières et les planètes rocheuses comme la Terre. Quant à la « glace » qui leur donne leur nom, il ne s'agit pas de glace telle qu'on la connaît (l'eau à l'état solide) : en astrophysique, c'est ainsi que l'on nomme les composés volatils (eau, ammoniac et hydrocarbures comme le méthane) plus lourds que

les gaz, mais moins que les roches et les métaux. Uranus et Neptune sont toutefois bel et bien froides (leurs températures de surface avoisinent les -220 °C), ce qui est logique étant donné leur éloignement par rapport au Soleil.

Jusqu'ici, une seule mission spatiale a approché ces deux mondes lointains. Lancée en 1977, *Voyager 2* a profité d'un effet bien connu des astrophysiciens, appelé « assistance gravitationnelle », pour se diriger vers les deux planètes. Pour faire simple, lorsqu'elle a survolé Saturne (en 1981), la sonde de la Nasa a utilisé l'attraction gravitationnelle exercée par la géante gazeuse pour modifier sa trajectoire en direction de sa cible suivante : Uranus, qu'elle a « frôlée » en 1986 à près de 80 000 km de distance. Elle lui a découvert dix •••

... nouvelles lunes et deux anneaux inconnus, a analysé sa composition et son champ magnétique...

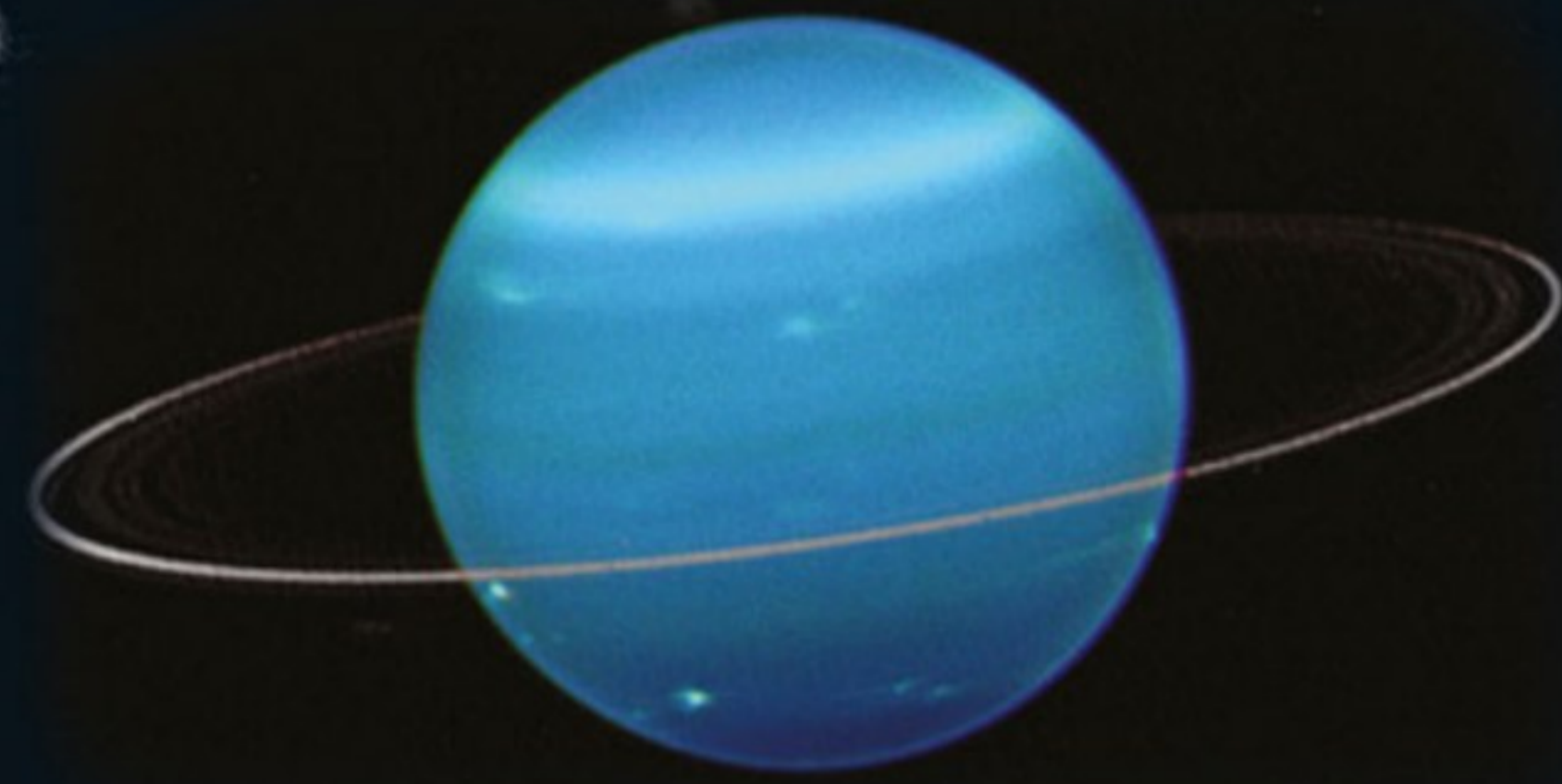
Elle s'est ensuite servie de ce même élan gravitationnel pour atteindre Neptune en 1989, s'approchant à seulement 5 000 km de distance. Là, elle a confirmé l'existence d'un système d'anneaux autour de la géante, révélé qu'elle était soumise à des vents violents et détecté une dizaine de nouveaux satellites naturels. Dans les deux cas, le survol fut très bref (à peine quelques heures), mais suffisant pour surpasser tout ce que l'on avait appris en deux siècles d'observation au télescope!

Diamants de plusieurs millions de carats

Autant dire que, depuis, les astronomes rêvent d'y retourner. Ces mondes nimbés de mystère ont encore beaucoup de choses à dévoiler. Par exemple, contrairement aux autres géantes, Uranus semble posséder une source de chaleur interne très faible. Pourquoi? Et, dans ce cas, qu'est-ce qui explique les énormes tempêtes observées à sa surface? Quant à Neptune, la plus grosse de ses quatorze lunes, Triton (2 700 km de diamètre), tourne... «à l'envers» (c'est-à-dire dans le sens inverse de la rotation de sa planète). L'hypothèse la plus probable est que Triton aurait été «arrachée» par la géante à la ceinture de Kuiper. L'observer de près pourrait permettre d'en savoir plus sur cette région lointaine située au-delà de l'orbite de Neptune.

Les scientifiques voudraient aussi analyser plus précisément la composition interne des géantes de glace. Ils soupçonnent, en effet, l'existence de... «pluies de diamants» dans leurs profondeurs! Dans le manteau de glaces qui entoure leur noyau (*voir ci-contre*), la pression et la température seraient si intenses que le carbone du méthane se transformerait en diamants (lesquels ne sont rien d'autre que des cristaux de carbone pur) pouvant atteindre plusieurs millions de carats. Ces diamants s'écouleraient ensuite vers le noyau ou flotteraient tels des icebergs sur un océan d'hydrocarbures. Les chercheurs ont pu reproduire ce processus en laboratoire, à une toute petite échelle, et fabriquer ainsi des diamants de quelques nanomètres.

On comprend donc l'intérêt d'une mission entièrement consacrée à Uranus et Neptune. Celle-ci pourra prendre différentes formes, selon le budget et la planète choisie (il faudra sans doute se contenter d'une seule, probablement la plus proche). Dans l'encadré page 47, nous vous en présentons quatre, imaginées par la Nasa. Si un tel projet se confirme, rendez-vous vers 2030 pour son lancement. Il faudra ensuite patienter une dizaine d'années, le temps que la sonde parvienne jusqu'à sa destination. Les découvertes qu'elle y fera vaudront très certainement l'attente. 📡

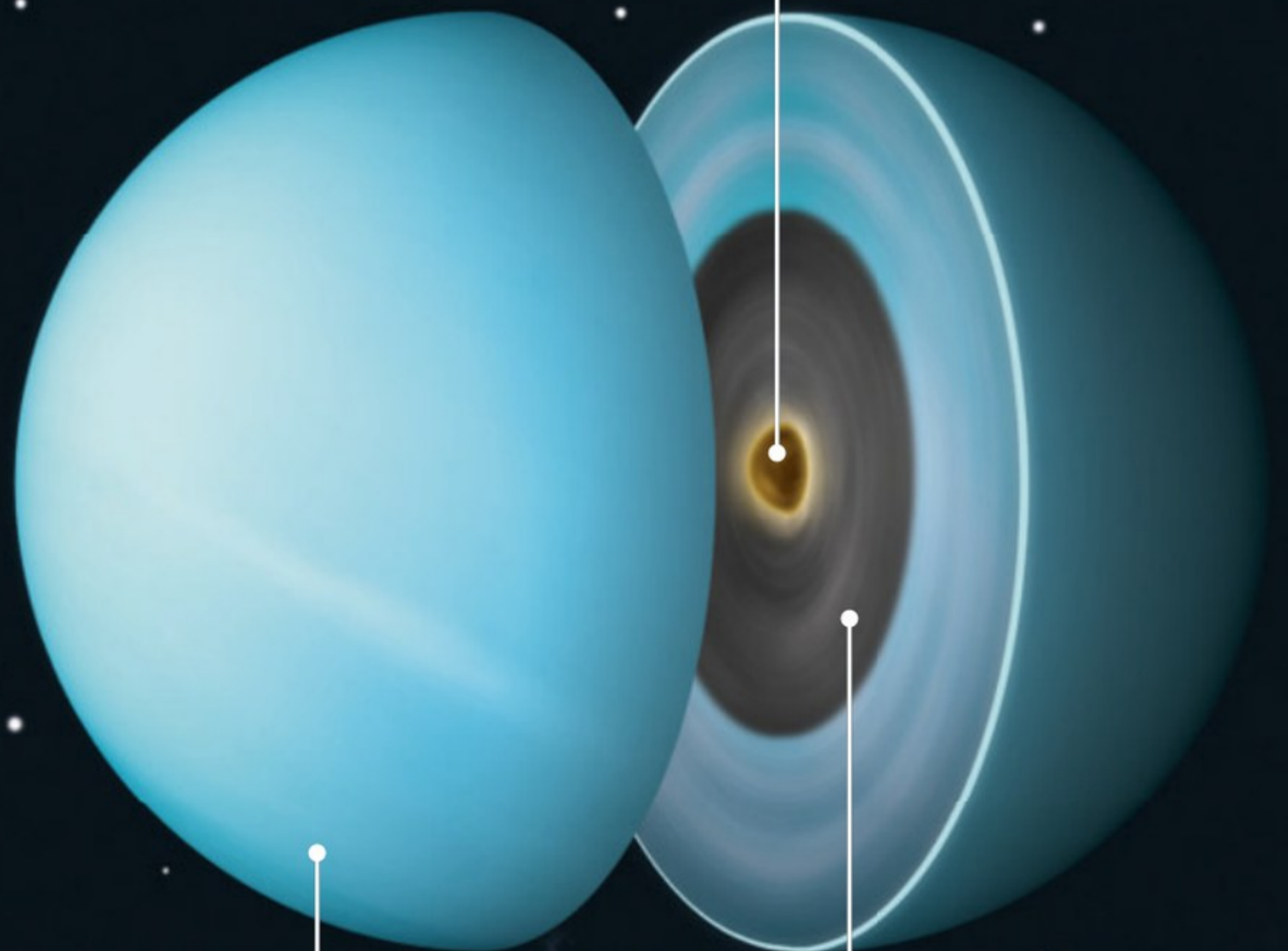


Uranus

Au cœur des géantes de glace

Noyau

Un cœur rocheux de silicates et de fer-nickel d'à peu près la taille et la masse de la Terre serait enfoui au centre de la planète.



Atmosphère

Elle semble composée principalement d'hydrogène (83%), puis d'hélium (15%) et de méthane (2%). La belle couleur d'Uranus vient de la réflexion de la lumière du Soleil par le méthane de son atmosphère (il absorbe le rouge et ne laisse ressortir que le bleu-vert).

Manteau

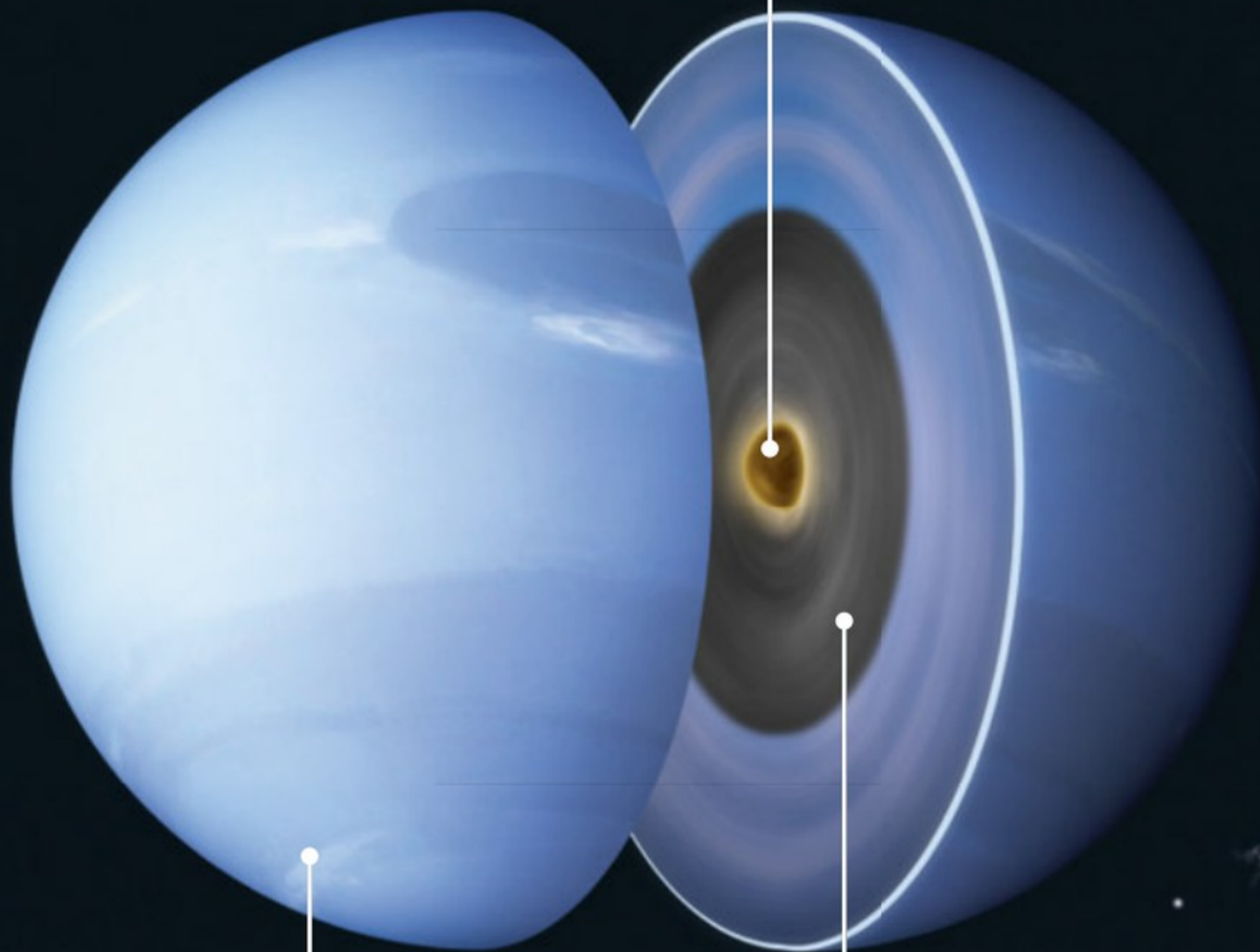
Constitué de glaces d'eau, d'ammoniac et de méthane, c'est lui qui donne son nom de «géante de glace» à Uranus.



Neptune

Noyau

Il s'agit là aussi probablement d'un cœur rocheux de silicates et de fer ayant à peu près la masse de la Terre.



Atmosphère

Elle serait composée d'hydrogène (80%), d'hélium (19%) et de traces de méthane (1%). Comme pour Uranus, c'est ce dernier qui est responsable de la teinte bleutée de la planète. Les taches blanches à sa surface témoignent de vents violents (jusqu'à 1 000 km/h).

Manteau

Comme celui d'Uranus, il semble constitué de glaces d'eau, d'ammoniac et de méthane, formant un vaste « océan » fluide et très chaud.

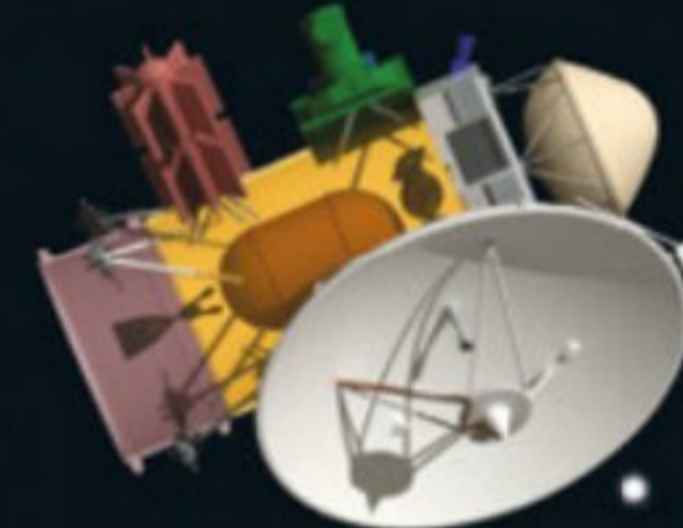
4 missions envisagées



Date de lancement prévisionnel : **2030**
Durée de la mission : **quinze ans**

Un orbiteur et une sonde atmosphérique sur Neptune

L'orbiteur (véhicule spatial venant se placer en orbite autour de l'objet à étudier, ici Neptune) étudierait pendant deux ans les quatorze lunes connues de cette planète, en se concentrant sur la plus grosse, Triton, qui semble être un objet issu de la ceinture de Kuiper. La sonde, elle, serait envoyée dans l'atmosphère de Neptune, pour y évaluer précisément les taux d'hydrogène et d'hélium, ainsi que d'autres éléments.



Date de lancement prévisionnel : **2030**
Durée de la mission : **dix ans**

Une sonde pour survoler Uranus

Cette mission serait la moins longue et la moins coûteuse. Comme *Voyager 2* en 1986, elle ne ferait que frôler la planète avant de poursuivre son voyage au-delà du Système solaire. Au passage, une sonde serait larguée dans l'atmosphère d'Uranus. Cela sera suffisant pour observer la planète, ses anneaux et ses lunes.



Date de lancement prévisionnel : **2031**
Durée de la mission : **quinze ans**

Une sonde en orbite autour d'Uranus

Cet orbiteur pourrait transporter à lui seul une quinzaine d'instruments, dont une caméra grand angle pour photographier la planète et ses vingt-sept lunes connues, ainsi qu'un imageur thermique permettant de mesurer la température.



Date de lancement prévisionnel : **2031**
Durée de la mission : **quinze ans**

Un orbiteur et une sonde atmosphérique sur Uranus

Parmi les missions envisagées sur cette planète, celle-ci est la plus complète : comme pour la mission sur Neptune, elle combine une sonde placée en orbite (pendant trois ans) autour d'Uranus et une autre sonde envoyée dans l'atmosphère de la planète. Elle étudierait à la fois la composition d'Uranus, ses lunes et son système d'anneaux.

COMMENT



NAÎT LA FOUDRE?

D'une gigantesque décharge électrique! Mais avant d'observer ce phénomène naturel, un énorme cumulonimbus de plusieurs kilomètres de haut et de large a obscurci le ciel...

Par Louna Esgueva

Reconnaisable à sa forme étalée, comme une enclume, ce gros nuage annonce un orage et son probable cortège de pluie, de foudres et de coups de tonnerre. Et pour cause : à l'intérieur de ce mastodonte tout en hauteur (jusqu'à 14 km de haut dans nos régions et 18 km au niveau de l'équateur) règne le chaos. La différence de température entre la base et le sommet du cumulonimbus génère de violents courants d'air : l'air froid stagne vers le bas, tandis que l'air chaud et humide grimpe vers le haut. Dans ce mouvement ascendant, l'air chargé de gouttes de pluie se refroidit et condense cette humidité sous forme de gouttelettes d'eau surfondues (à l'état liquide malgré des températures de congélation), de cristaux de glace plus ou moins gros. Les particules les plus légères poursuivent leur montée et en accrochent d'autres au passage. Le frottement créé par ces collisions fait alors passer une charge positive dans les plus petites particules de cristaux de glace et une charge négative dans le mélange glace-eau, plus volumineux. Les premières, polarisées positivement, s'élèvent jusqu'au sommet du cumulonimbus, portées par des courants ascendants ; les secondes, chargées négativement, s'accumulent à sa base sous l'effet de la gravité. Le nuage se retrouve alors, telle une pile, scindé en deux parties «électriques», avec un pôle positif au sommet et un pôle négatif en bas. Entre les deux, se trouve une couche d'air isolante. Au sol, les particules possédant une charge négative sont repoussées (selon le principe que deux charges de même signe s'écartent et inversement).

Des charges positives, attirées par leur contraire, s'agglutinent alors à leur place sur le sol. Lorsque leur accumulation dans le nuage devient trop forte, les charges tentent de se frayer un passage et zigzaguent pour rejoindre des charges opposées massées au sol, au sommet du cumulonimbus ou dans un nuage voisin. Pour ce faire, elles choisissent le plus court chemin, quitte à passer par une antenne, un arbre ou tout autre objet conducteur.

Haute tension

Le courant électrique circule et, au moment du contact, c'est-à-dire quand la décharge électrique se produit, un éclair jaillit. Cette décharge reste le plus souvent confinée à l'intérieur du nuage (les éclairs sont dits intranuageux) ou entre deux nuages (internuageux). Mais dans 20% des cas environ, l'éclair va relier le nuage au sol : on parle cette fois de coup de foudre. Celui-ci ne dure qu'une fraction de seconde, car l'éclair se déplace à la vitesse de 300 000 km/s, soit environ 9 000 fois plus vite que le son (300 m/s). Ce qui explique que l'on voit tomber la foudre avant d'entendre une violente détonation : le tonnerre. Celui-ci est provoqué par la chaleur de l'éclair (30 000 °C) qui, en traversant l'air, le dilate et génère cette onde sonore. Chaque année en France, on dénombre quelque 453 000 impacts de foudre, dont plus de 95% surviennent entre les mois de mai et septembre. Et chaque jour, dans le monde, la foudre frappe le sol 5 millions de fois, ce qui représente environ 300 éclairs par seconde! ⚡

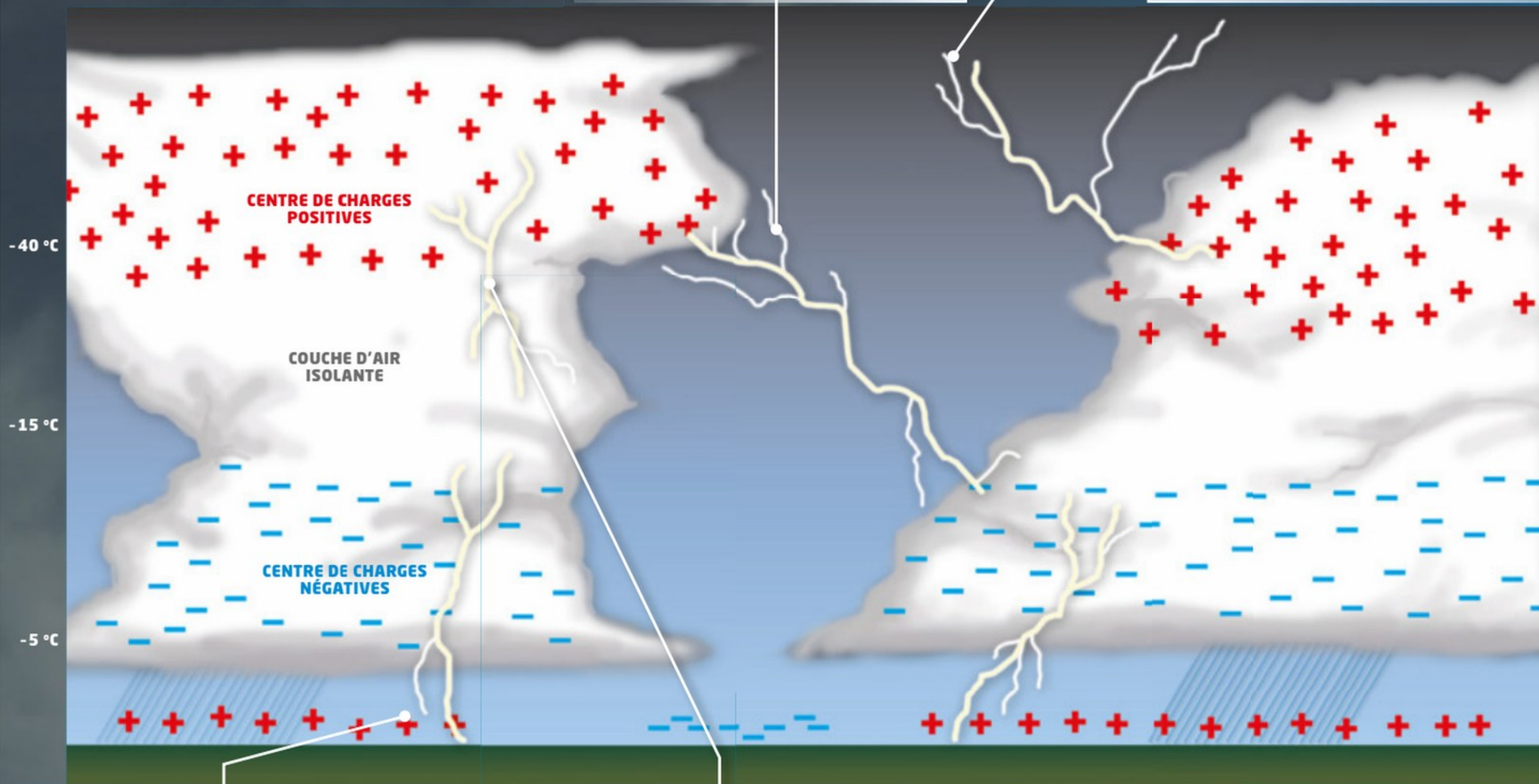
La formation de la foudre

Internuageux

Comme pour la foudre nuage-sol, les éclairs internuageux se déclenchent entre les régions polarisées de charges opposées.

Nuage-air

Les éclairs nuage-air proviennent habituellement de la région la plus élevée d'un nuage, chargée positivement. La foudre se décharge alors directement dans l'air.



Nuage-sol

La foudre nuage-sol se produit lorsqu'un canal se crée entre les régions de charges positives et les régions de charges négatives : la foudre se propage alors vers le sol.

Intranuageux

L'éclair intranuageux est le plus courant. Il se produit entre les régions de potentiels électriques différents au sein d'un même nuage.

Coups de foudre à Catatumbo

Le lac Maracaibo, dans lequel se jette le rio Catatumbo, se situe au nord-ouest du Venezuela.



Un endroit sur Terre semble plus propice que les autres à ce type de manifestations météorologiques : le lac Maracaibo, au Venezuela. Là, au-dessus de l'embouchure du rio Catatumbo, sur les bords du plus grand lac d'Amérique du Sud, les éclairs zèbrent le ciel 297 nuits par an et des heures durant (parfois jusqu'à 10 heures d'affilée). L'explication de ce nombre anormalement élevé d'éclairs est d'ordre à la fois géographique et climatologique. Le lac est, en effet, situé dans la Cordillère des Andes. Or, l'immense barrière naturelle constituée par cette chaîne montagneuse pousse l'air vers le haut. Et en mélangeant ainsi air chaud et air froid, elle engendre ces incroyables orages nocturnes.

Illustration 3D d'un « son et lumière » qui se produit près de 300 nuits par an à l'embouchure du rio Catatumbo.



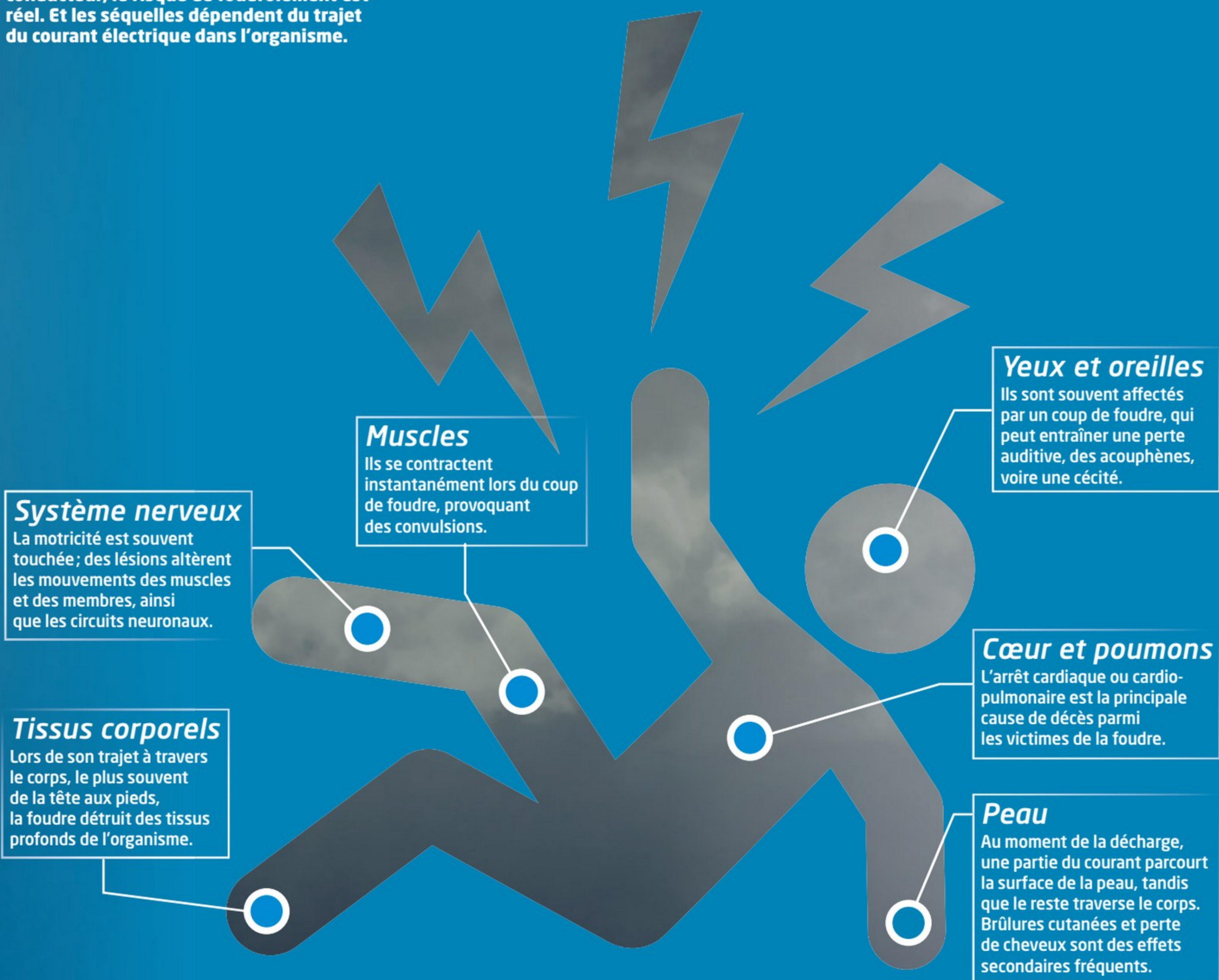


Ses effets sur l'organisme

Le fait est rarissime, mais lorsqu'une personne est frappée par la foudre (50 à 100 cas par an), la décharge électrique peut induire de nombreux traumatismes. Et pour cause : le corps humain est un excellent conducteur. Or, une décharge peut atteindre jusqu'à 100 millions de volts ! S'il ne touche le corps qu'en surface, le courant peut occasionner des brûlures superficielles plus ou moins importantes. Mais la foudre peut aussi traverser l'organisme et, dans des cas extrêmes, générer une électrocution mortelle. Le plus souvent, la personne foudroyée présente des paralysies, des troubles


visuels et/ou auditifs, mais aussi du rythme cardiaque pouvant aller jusqu'à l'arrêt du cœur, ou encore des lésions cutanées profondes avec, parfois, une nécrose des muscles ou des os. Généralement, les victimes sont prises de convulsions, car le courant contracte les muscles. Des effets secondaires plus ou moins sévères sont aussi possibles, comme des perturbations du sommeil, des maux de tête, des picotements, des engourdissements, une perte d'audition et des acouphènes, voire une cécité ou même, quelquefois, un handicap physique et neurologique.

Le corps humain étant un excellent conducteur, le risque de foudroiement est réel. Et les séquelles dépendent du trajet du courant électrique dans l'organisme.



RADARS

D'AUJ



D'immenses réseaux de radars, comme ici le Chain Home, au Royaume-Uni, ont été déployés juste avant et pendant la Seconde Guerre mondiale.



Les radars de contrôle sont un rouage essentiel de la régulation du trafic aérien, pour suivre et guider les avions.



Les applications militaires ont grandement participé au développement de cette technologie et y contribuent encore aujourd'hui.



AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN



Qu'il soit militaire, météo ou routier, difficile aujourd'hui de passer sous le radar!

Par Corentin Paillassard

Quel est le point commun entre une amende pour excès de vitesse, le guidage d'un avion et un bulletin météo? Derrière chacun d'entre eux se cache un radar, un système de détection qui exploite des ondes électromagnétiques (grâce auxquelles fonctionnent les radios, les micro-ondes, les smartphones et qui composent même la lumière visible) pour déterminer la vitesse et la position d'un objet. Et pas n'importe lesquelles: les ondes radio, c'est-à-dire celles dont la fréquence (le nombre d'oscillations par unité de temps) est basse. Elle va de quelques hertz (un hertz correspondant à un événement qui se répète une fois par seconde) à 300 gigahertz (ce qui reste inférieur à la fréquence des infrarouges et de la lumière visible, par exemple). Le mot «radar» est d'ailleurs un acronyme de *radio detection and ranging* (détection et télémétrie radio).

De la plus perfectionnée des machines militaires au plus simple des détecteurs routiers, le principe de base est le même: un émetteur génère une onde radio, qui est diffusée par une antenne. Cette onde, réfléchiée par les obstacles qu'elle rencontre, va revenir vers l'antenne, qui la transmettra au récepteur. Il existe aussi des radars dit «passifs», qui n'émettent pas mais se contentent de recevoir les ondes émises pour d'autres usages (télévision, communications...). Toutes ces données sont ensuite traitées par des systèmes électroniques pour en déduire des informations sur les obstacles rencontrés. Le retour de l'onde indique qu'il y a une cible dans la direction d'émission, le temps qu'elle a mis à revenir renseigne sur la distance à laquelle elle se trouve... Et les changements que subissent les propriétés de l'onde, comme sa fréquence, sa polarisation (l'orientation dans l'espace des champs magnétique et électrique qui la composent), la façon dont elle est réfléchiée, dépendent des caractéristiques de la cible (taille et forme, matériaux dont elle est constituée, vitesse). En les

étudiant, on peut donc récolter beaucoup d'informations sur l'objet visé... Autant de paramètres qui doivent être pris en compte dans la conception du radar, selon l'usage auquel il est destiné.

Observer le ciel... et au-delà

Car les applications possibles sont nombreuses. Bien sûr, le monde militaire, où est née la technologie, continue d'en faire un usage intensif, pour la surveillance terrestre, aérienne ou maritime, voire le guidage de missiles! Plus proche de la vie de tous les jours, les radars sont omniprésents sur les routes, que ce soit sur le bas-côté pour repérer les excès de vitesse ou à l'intérieur des voitures (radar de régulation de distance, mais pas le fameux «radar» de recul qui utilise des ultrasons et n'est donc pas un radar!). Les transports aériens et maritimes sont également ...

Gare à l'effet Doppler!

Pour mesurer une vitesse, les radars comme ceux qui sont installés au bord des routes utilisent l'effet Doppler-Fizeau. Il correspond au décalage de fréquence qu'une onde subit si la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps. L'exemple le plus connu est le son émis par une voiture qui passe: quand elle se rapproche, la fréquence des ondes sonores qu'elle émet augmente, donc le son est plus aigu, alors que quand elle s'éloigne, la fréquence diminue, rendant le son plus grave. Cet effet s'applique également aux ondes électromagnétiques émises par le radar, et le décalage de fréquence dépend de la vitesse de l'objet: la différence entre l'onde émise et l'onde reçue permet donc de déduire la vitesse de la cible (à savoir la voiture) qui l'a reflétée.



Les contrôles routiers sont notamment effectués à l'aide de pistolets-radars.

© Wiki: Royal Air Force official photographer; Shutterstock; Getty

... très friands de cette technologie. Enfin, on y pense moins, mais un autre domaine s'en sert tout autant : la météorologie. Au début de l'utilisation à grande échelle des radars, pendant la Seconde Guerre mondiale, les opérateurs se sont aperçus que la pluie, la neige et la grêle perturbaient leur signaux... Les radars étaient donc des outils tout trouvés pour observer le ciel et détecter les sources de précipitations. Certains, sensibles aux turbulences de l'atmosphère, sont même capables d'étudier les vents. Enfin, ils sont très utilisés pour observer la Terre et les corps célestes, depuis le sol et surtout depuis l'espace, grâce à des satellites ou à des sondes spatiales. Ils permettent de traverser les nuages et d'étudier les reliefs avec une précision sans égale. «*Même de petites déformations se verront très bien sur une image radar*», indique Fabrice Boust, conseiller émérite au département électromagnétisme et radar de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera). Ils peuvent par exemple être utilisés pour surveiller montagnes et volcans et anticiper leur activité (glissement de terrain, éruption...)

Détection des cancers

Transports, sécurité et observation de l'environnement sont ainsi les trois piliers de l'utilisation des radars. Mais d'autres domaines cherchent également à profiter de cette technologie, notamment la médecine. Les micro-ondes (de 300 MHz à 30 GHz) peuvent en effet pénétrer l'organisme sans causer de dommages à puissance raisonnable, ouvrant la voie à des techniques d'imagerie du corps humain (imagerie radar). Détection de cancers du sein, surveillance de l'activité respiratoire et cardiaque... Le milieu médical s'intéresse de près à ce domaine du spectre électromagnétique et aux possibilités qu'il reste à exploiter.

Car si le radar est une technologie relativement mature, des améliorations sont toujours possibles. «*On cherche à augmenter la résolution, la portée, à diminuer le coût... Il reste des applications pour lesquelles l'utilisation du radar peut être développée, comme la détection de personnes derrière des murs ou des gravats*», explique Julien Sarrazin, maître de conférences en électronique à Sorbonne Université. Cela passe notamment le traitement des données. «*Le*

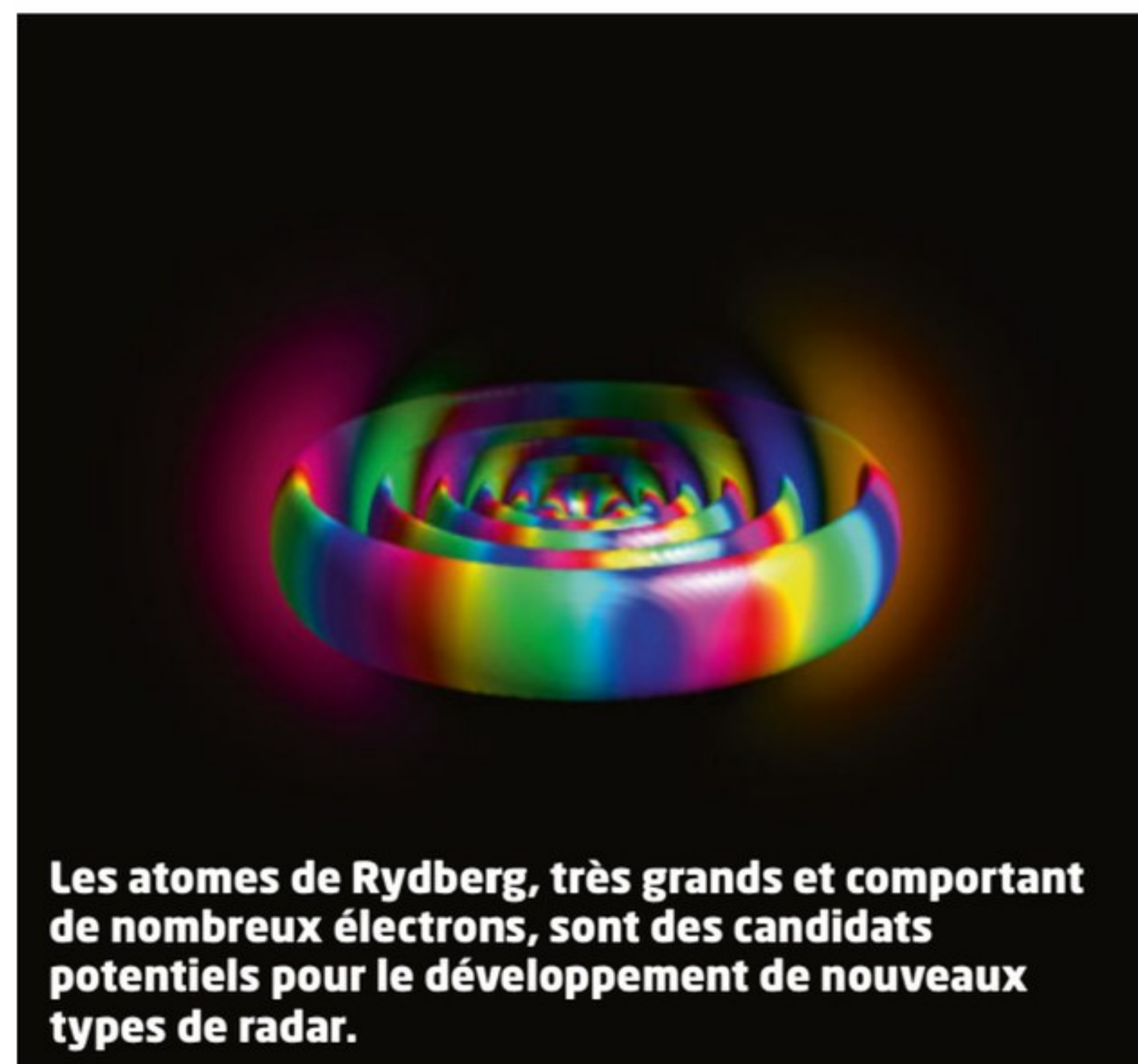
premier goulet d'étranglement, c'est le débit. Il faut pouvoir "avaler" la quantité d'informations envoyées par les antennes. Le développement du radar est donc lié à celui de l'informatique», détaille Fabrice Boust. Mais des évolutions directement technologiques sont aussi en marche, par exemple l'utilisation d'horloges quantiques – la physique quantique, qui s'applique aux objets microscopiques, obéit à des lois particulières. Celles-ci sont incroyablement précises et permettent d'améliorer la synchronisation des signaux, d'avoir des heures de départ et d'arrivée de plus en plus exactes... Lorsqu'on travaille avec des durées qui

passent sous la picoseconde (10^{-12} s), il vaut mieux avoir une bonne mesure du temps ! Et la prochaine étape, des radars purement quantiques ? Depuis quelques années, plusieurs groupes de recherche se penchent sur cette idée, en essayant par exemple d'utiliser l'intrication quantique. Soit le fait de lier deux particules entre elles de telle sorte que tout changement sur l'une affecte l'autre, quelle que soit la distance qui les sépare – son étude a valu le prix Nobel de physique 2022 à Alain Aspect. Mais rien de concluant pour l'application aux radars n'en est sorti pour le moment. Le radar tel qu'on le connaît a encore de beaux jours devant lui! 📡

Merci à Giacomo Sorelli et Nicolas Treps, du laboratoire Kastler Brossel (Sorbonne Université)



En médecine, l'échographie Doppler utilise la technologie radar.



Les atomes de Rydberg, très grands et comportant de nombreux électrons, sont des candidats potentiels pour le développement de nouveaux types de radar.



Une invention collective

L'idée de réaliser des détections grâce aux ondes électromagnétiques s'est développée simultanément dans plusieurs pays : Allemagne, Royaume-Uni, France, États-Unis... Des équipes indépendantes ont parfois eu la même idée, mais ne l'ont pas développée de la même manière. Certaines sont allées jusqu'à l'abandonner, alors qu'une autre parvenait à l'exploiter !

1888

Le physicien allemand Heinrich Hertz montre que les surfaces métalliques réfléchissent les ondes électromagnétiques.

1904

L'inventeur allemand Christian Hülsmeyer développe un ancêtre du radar, le Telemobiloskop, qu'il utilise pour détecter des navires.

1930

Première détection d'un avion grâce à une onde continue par Lawrence A. Hyland, au Laboratoire de recherche navale des États-Unis.

SEA-POL, un outil météo de haute précision

Le radar Sea-Going Polarimetric (SEA-POL) a été développé par l'université d'État du Colorado (États-Unis). Sa fréquence d'opération est de 5,65 GHz, ce qui l'inclut dans la catégorie des radars dits « à bande C » (entre 4 et 8 GHz). Une fréquence choisie pour son compromis entre la taille d'antenne, limitée par le bateau, et la précision des mesures. Il lui faut supporter la

pluie, mais aussi traverser les nuages. Ce radar a la particularité d'opérer en bipolarisation, c'est-à-dire d'extraire de l'information de deux composantes des ondes électromagnétiques qu'il reçoit, et donc d'être plus précis. SEA-POL a été déployé pour la première fois en 2017 dans l'est du Pacifique, dans le cadre d'une mission d'observation météorologique des hydrométéores, soit l'eau présente dans l'atmosphère sous toutes ses formes.

Structure solide

Exposé aux vents, aux pluies et au tangage du bateau, SEA-POL a été conçu pour fonctionner dans les environnements les plus hostiles.

Antenne de 4,3 m de diamètre

Cette large parabole reçoit les émissions radar réfléchies par l'environnement.

Radôme en fibre de verre

Le radôme (contraction de radar et de dôme) est indispensable pour protéger l'antenne et les composants électriques.

Piédestal

L'antenne peut être dirigée et inclinée à distance, depuis la salle de contrôle à l'intérieur du navire.

Antenne INU

L'unité de navigation inertielle (INU) capte le roulis et le tangage de la plateforme radar : ces informations servent à corriger les mesures du radar en fonction des mouvements du bateau.

Peinture de protection

De la peinture hydrophobe réduit la formation de film aqueux qui pourrait perturber le signal.

Plateforme

L'antenne et le radôme sont solidement attachés à l'abri. La totalité de l'installation, une fois démontée, tient dans trois containers.

Abri

Il contient le matériel de contrôle du radar, de transmission et de stockage de données.



Robert Watson-Watt.

1935

L'ingénieur écossais Robert Watson-Watt, parfois considéré comme l'inventeur du radar, développe un prototype fonctionnel de détection, dont il augmente la portée jusqu'à 100 km au cours de l'année.

1940

Le magnétron à cavité résonnante inventé par les Britanniques John Randall et Harry Boot permet d'améliorer les radars grâce à l'utilisation de micro-ondes.

1942

L'US Navy crée le mot « radar ». La Seconde Guerre mondiale voit fleurir les réseaux de détection et l'utilisation de ce type d'outils.

1945

Après la guerre, les progrès scientifiques réalisés par les militaires vont se diffuser dans la société civile, notamment en météorologie, grâce aux ingénieurs reconvertis et à la récupération de matériel militaire.



Réinjecter son sang au pati

L'appareil conçu par i-SEP permet de récupérer les globules rouges mais aussi les plaquettes du sang qui s'épanche lors d'une intervention chirurgicale, afin de les laver et de les retransfuser directement au malade.

Par Benjamin Robert

Ce dispositif réduirait, en outre, les tensions sur les stocks sanguins collectés, tout en limitant les risques de contamination.



Pose d'une prothèse, opération à cœur ouvert, traitement d'une grosse fracture... Lors d'une intervention chirurgicale, les patients peuvent perdre beaucoup de sang. Ils ont alors besoin d'une perfusion pour compenser ces pertes. Or, les produits sanguins constituent une ressource précieuse. En juin dernier, il manquait quelque 20 000 dons à l'Établissement français du sang (EFS), qui s'occupe des collectes, pour répondre sereinement aux besoins des malades. Et ce problème est d'autant plus important pour les personnes qui ont un groupe sanguin rare (*lire page 40*). Afin d'y remédier, la start-up nantaise i-SEP a développé un appareil qui aspire le

Sylvain Picot,

CV en bref

1996: bac S spécialité physique-chimie, obtenu à Grenoble

2002: diplôme de l'école d'ingénieurs INSA de Lyon

2004: diplôme de l'école de commerce EM Lyon Business School

2005: crée une première start-up, baptisée Biom'Up, fabriquant des produits qui stoppent les saignements.

2015: cofonde i-SEP à Nantes.

La start-up nantaise compte aujourd'hui

20 employés

ent durant une opération

LE CONCEPT

sang épanché durant l'opération, le lave, puis le réinjecte directement au patient... Ce dernier devient ainsi son propre donneur! Il n'y a donc aucun souci de compatibilité, et les stocks de produits sanguins sont préservés.

Fondée en 2015, i-SEP n'a obtenu qu'en septembre 2022 l'autorisation de commercialiser son autotransfuseur et amorce ses premières ventes. Le développement de son dispositif a nécessité du temps, car laver du sang n'est pas une mince affaire. Au bloc opératoire, d'autres produits, comme les anticoagulants ou le sérum physiologique, se mélangent au sang. «*Notre autotransfuseur fonctionne grâce à un système de filtration. Les polluants passent à travers, alors que les globules rouges*

sont retenus, ainsi que les plaquettes. Ces dernières sont cruciales pour le patient puisqu'elles participent au processus de cicatrisation», explique Sylvain Picot, cofondateur et dirigeant d'i-SEP. Les deux composants sanguins finissent ensuite dans une poche, avant d'être transfusés au patient. L'appareil, qui a déjà été testé dans plusieurs CHU français, permettrait de récupérer plus de 50% des plaquettes perdues.

Des filtres toujours propres

La filtration possède néanmoins un inconvénient majeur : les pores des filtres peuvent se boucher... surtout avec un liquide riche de nombreux éléments comme le sang! Les équipes

d'i-SEP ont donc conçu une membrane filtrante sous la forme de fibres creuses. Le sang circule à l'intérieur, puis, au fur et à mesure du processus, les globules rouges et les plaquettes sont conservés dans ces fibres, tandis que les molécules contaminantes sont éliminées en passant à travers. «*Grâce à ce système, la surface des fibres est sans cesse balayée par le flux sanguin, ce qui évite les colmatages*», témoigne Sylvain Picot. De plus, un autre liquide circule régulièrement en sens inverse afin de laver la surface de la membrane filtrante. Grâce à ce double processus, la machine peut fonctionner durant toute l'opération à un rythme effréné... et traiter jusqu'à un demi-litre de sang collecté en cinq minutes!

L'INTERVIEW

44 ans, cofondateur et dirigeant d'i-SEP

Comment ça marche : Comment vous est venue l'idée d'un tel dispositif?

Sylvain Picot : C'est l'histoire d'une rencontre, avec le Dr Francis Gadrat, ancien médecin anesthésiste réanimateur au CHU de Bordeaux. Il s'est intéressé, dès les années 1980, à la récupération sanguine au bloc opératoire. Des systèmes existent déjà. Ils fonctionnent par centrifugation, une technique qui sépare les composants

en fonction de leur masse. Mais cela ne permet de récupérer que les globules rouges. Avec les filtres, nous retenons aussi les plaquettes, un élément central pour que le patient récupère au mieux.

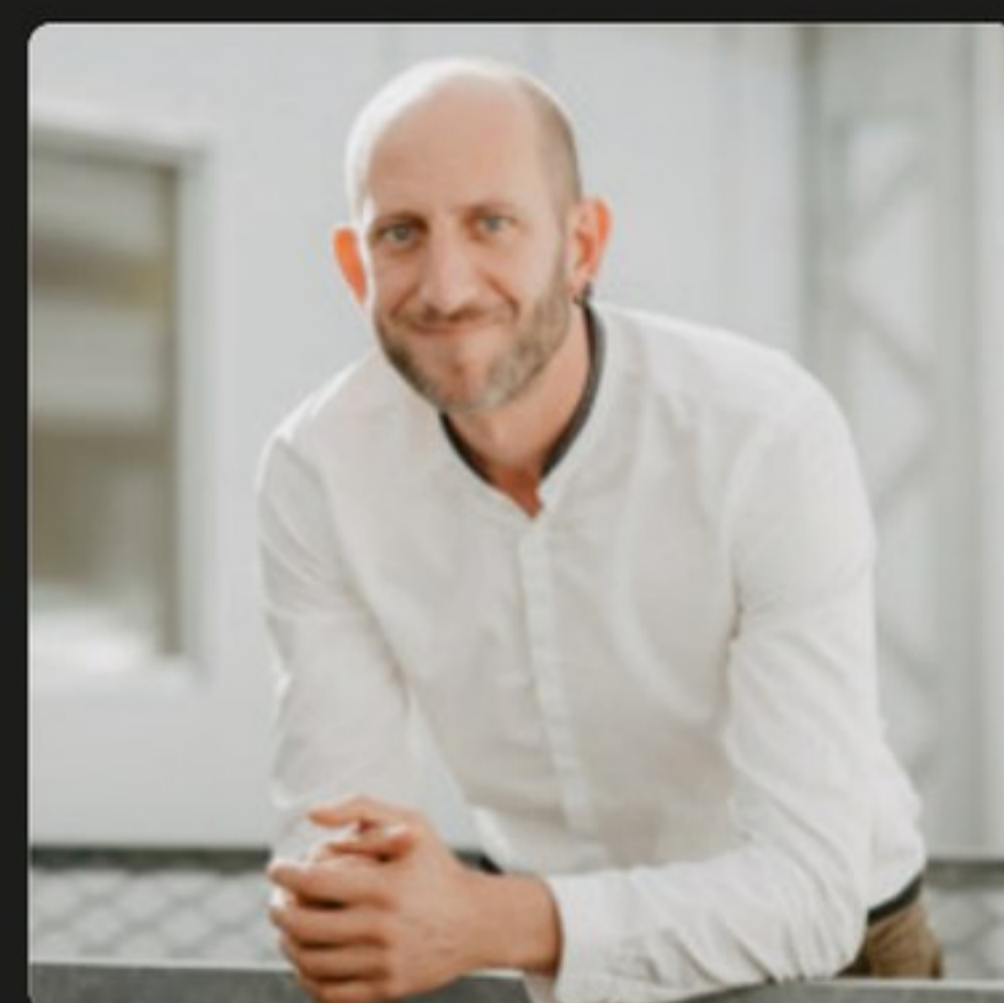
CCM : À qui votre machine s'adresse-t-elle en priorité?

S. P. : Nous avons ciblé une vingtaine de centres de chirurgie cardio-thoracique en Europe. C'est dans ces services qu'il y a le plus d'hémorragies importantes. Petit à petit,

nous irons vers d'autres types d'opérations, comme la chirurgie orthopédique, qui comprend notamment les fractures ouvertes.

CCM : Poursuivez-vous des recherches en parallèle des premières ventes?

S. P. : Bien sûr! Nous travaillons à une version plus compacte, qui pourrait être utilisée en dehors du bloc opératoire, par des militaires ou des humanitaires sur leurs terrains d'intervention,



par exemple. À l'avenir, nous pourrions aussi nous pencher sur un appareil capable de récupérer des protéines, en plus des globules rouges et des plaquettes.

© Manuella Aubin Photographies

LES CHIFFRES

Depuis sa création, i-SEP a déjà levé

5 millions d'euros

L'autotransfuseur développé par i-SEP est vendu environ

40 000 €



2023, EN

L'Organisation des Nations unies l'a décidé: 2023 sera l'année internationale du mil. Une céréale qui a des atouts pour, à la fois, lutter contre la faim et s'adapter aux changements climatiques.

Par Sophie Noucher

Il y a deux ans, l'Organisation des Nations unies (ONU) a décidé, sur proposition de l'Inde, de braquer les projecteurs sur le mil en 2023. Elle estime, en effet, «urgent de mieux faire connaître (ses) bienfaits sur le plan nutritionnel et (ses) atouts pour la résilience face aux changements climatiques». Le mil est donc l'une des clés de la résolution «Transformer notre monde», qui considère que l'éradication de la pauvreté constitue «le plus grand défi» auquel l'humanité doit faire face.

Pourquoi y a-t-il urgence? Parce que même si le mil, sous ces nombreuses variétés, nourrit près de 600 millions de personnes (selon la FAO, l'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), elle reste sous-utilisée. Estimée à 30 millions de tonnes en 2020 dans le monde (contre 1 100 millions pour le maïs, 700 millions pour le blé et 500 millions pour le riz), sa production constitue l'alimentation de base des petits exploitants familiaux, notamment dans des contrées où rien d'autre ne pousse, comme dans la zone du Sahel, en Afrique. Mais elle n'est pas intégrée aux circuits commerciaux, contrairement au riz, au maïs, au blé ou au soja, qui s'échangent dans le monde entier. Le commerce de ces céréales a d'ailleurs fait baisser la production de mil dans les années 2000.

Or, face au réchauffement climatique, le mil cumule nombre d'atouts: très nutritif, il ne nécessite que très peu d'eau pour sa croissance (deux fois moins que le maïs). Par ailleurs, il fait preuve d'une étonnante capacité d'adaptation à des environnements très différents du fait de sa grande diversité génétique. En effet, en diffusant sa culture à partir du Sahara occidental vers le sud de l'Afrique, puis d'est en ouest, les paysans lui ont fait croiser d'autres espèces, sauvages.

Sélection des hybrides

Des «flux génétiques», c'est-à-dire des transferts de gènes des mils sauvages vers le mil cultivé, ont ainsi eu lieu. Les scientifiques cherchent aujourd'hui à déterminer les croisements les plus efficaces pour créer des variétés encore plus résistantes et utiles dans les régions où la sécheresse devrait s'installer.

L'ONU souhaite aussi que ses pays membres sensibilisent les entreprises à l'amélioration du stockage, du transport, des échanges et de la transformation du mil. Actuellement, il est surtout préparé en farine ou en galettes faciles à conserver. Désormais, il s'agit d'en développer le commerce et de «favoriser l'intégration des petits exploitants agricoles dans les chaînes mondiales de production». 🌱

Les chiffres clés

Le mil peut pousser là où les précipitations n'excèdent pas
300 mm par an
(contre 500 à 600 mm pour le maïs)

PLEIN DANS LE MIL



Le sorgho, ou gros mil, est une culture vivrière dans de nombreux pays d'Afrique et d'Asie.



Parfaitement adapté aux conditions arides, le mil apparaît comme une céréale d'avenir dans le contexte du réchauffement climatique.

Une céréale millénaire...

Consommé sous forme de bouillie ou de galettes, le mil constitue, depuis des siècles, la nourriture de base pour des populations rurales, notamment dans les pays du Sahel (Mali, Niger, Sénégal...). Là où d'autres céréales ne peuvent pousser en raison du manque d'eau, il est possible de cultiver du gros mil (ou sorgho) comme du mil pénicillaire. Ce dernier, le plus cultivé, est aussi appelé mil perlé, petit mil, mil à chandelle ou encore fonio, selon les variétés et les régions (en Inde, en Afrique ou en Chine). Si certains font remonter la consommation de cette céréale à la préhistoire, des chercheurs internationaux ont pu établir scientifiquement une origine et une date : le mil cultivé est apparu dans le Sahara occidental, il y a 4 900 ans.



... d'une grande richesse nutritive

Jugez plutôt : 100 grammes de mil entier contiennent 12 % de protéines (contre seulement 4 % pour 100 ml de lait entier), 73 % de glucides, et fournissent 340 calories (150 pour le blé), ce qui est très élevé ! Le mil présente une très forte teneur en calcium, magnésium, fer, zinc, phosphore et manganèse (s'agissant de ce minéral, 100 grammes de mil couvrent 47 % de nos besoins quotidiens). Il apporte des vitamines A, C, D, E et K, et est riche en vitamines du groupe B. Enfin, il a la particularité d'être sans gluten.



... que l'on cuisine de multiples façons

Sous forme de semoule, on le cuisine en couscous. Avec ses différents types de farines, on confectionne des biscuits, des pâtes ou encore, comme les populations d'Afrique depuis des siècles, des bouillies. Le mil et ses nombreuses variétés figurent parmi les ingrédients de multiples recettes. Le fonio, blanc ou noir, se savoure sous forme de beignets ; il remplace aussi parfaitement la semoule de blé ou le quinoa, voire le riz pour les risottos et le riz au lait. Quant au sorgho, il se transforme en pop-corn, mais également en alcool. La bière de sorgho fait figure de boisson traditionnelle sur le continent africain.



Ses racines s'enfoncent jusqu'à
2 m de profondeur
afin de puiser eau et minéraux

En Afrique et en Asie, l'alimentation humaine utilise
95% de sa production
(à l'inverse, 75 % de la récolte de soja sert à nourrir les animaux d'élevage)

(Sources : FAO et WWF)

LA FAUNE DES PÔLES

Dans l'océan austral et ses abords pour les uns, en mer, sur la banquise ou la terre ferme du Grand Nord pour les autres... Oiseaux, poissons et mammifères nous donnent de formidables leçons de survie en milieux extrêmes.

Par Louna Esgueva

Pôle Sud

L'Antarctique

Bienvenue sur le continent le plus froid (une température de $-93,2^{\circ}\text{C}$ a été enregistrée le 10 août 2010 par des satellites de la Nasa) et le plus venteux (les rafales dépassent souvent les 200 km/h) de la planète. Environ 98 % de la superficie de ses terres sont recouvertes de kilomètres de neige et de glace. L'hiver, le soleil se lève à peine sur l'horizon; même en été, il reste bas dans le ciel, et sa lumière est faible. Malgré ces conditions extrêmes, la faune locale est riche et variée. Les eaux glaciales de l'océan Antarctique, en particulier, fourmillent de vie! La croissance, puis la fonte annuelle des glaces draguent, en effet, des nutriments des profondeurs, composant le phytoplancton. Ces algues microscopiques (un seul litre d'eau peut en contenir plus d'un million) sont mangées par le krill, de minuscules crevettes dévorées à leur tour par les phoques, poissons, baleines... Sur terre comme dans l'élément liquide, toutes ces espèces se sont adaptées physiologiquement au froid extrême.

Phoque crabier

Malgré son nom, ce phoque se nourrit de krill (petits crustacés des eaux froides), la forme très particulière de ses dents lui permettant de filtrer l'eau.

Eléphant de mer

Doté d'un nez en forme de courte trompe, qui explique son nom, ce phoque imposant (jusqu'à 3,7 t) est équipé d'un système sanguin particulier: son volume est supérieur à celui des autres mammifères de taille comparable et il contient davantage d'hémoglobine pour transporter l'oxygène. Résultat, il peut rester sous l'eau plus longtemps.

Manchot à jugulaire

Ce petit oiseau de mer (65 à 80 cm), est recouvert d'une couche dense de plumes, qui sont à la fois isolantes et imperméables.

Morue de roche

Une « protéine antigèle » empêche le sang de ce poisson des eaux froides de geler.

Prion de l'Antarctique

Les îles de l'Antarctique abritent de grandes colonies de cet oiseau qui se nourrit de poissons, de calmars et de crustacés.

Albatros

Avec ses ailes colossales (jusqu'à 3,50 m d'envergure), ce grand oiseau est bien adapté au vol dans les vents violents de l'Antarctique.

Manchot empereur

Cette espèce emblématique de l'Antarctique est équipée d'un « système antifroid » des plus sophistiqués.

Orque

Également appelé épaulard, ce cétacé est protégé du froid par une épaisse couche de graisse sous la peau, qui lui fournit également de l'énergie quand la nourriture se fait rare.

Cachalot

Ce mastodonte (jusqu'à 20 m de longueur et 60 t) peut retenir son souffle jusqu'à 90 minutes en plongée. Utile pour partir à la chasse au calmar géant.

Léopard de mer

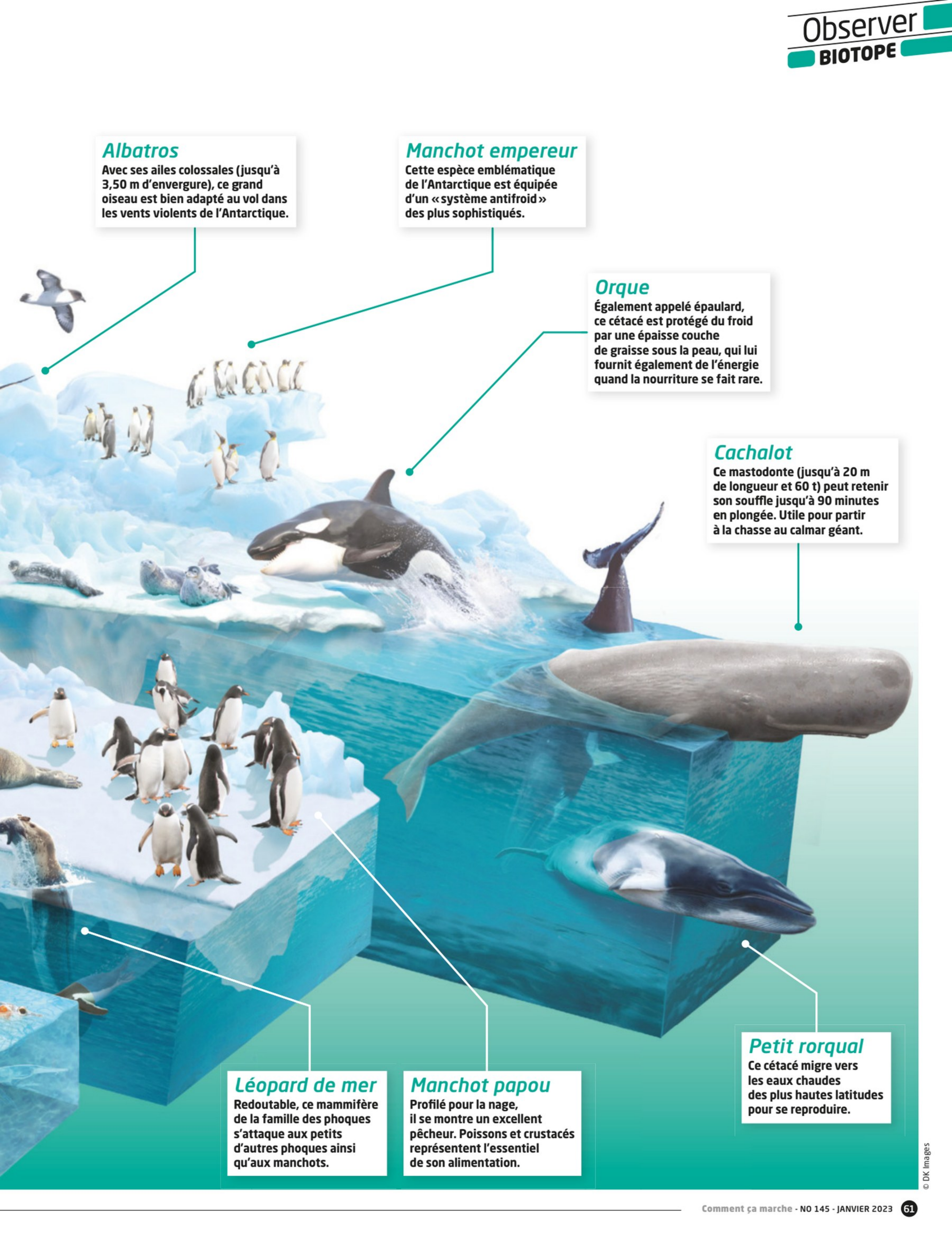
Redoutable, ce mammifère de la famille des phoques s'attaque aux petits d'autres phoques ainsi qu'aux manchots.

Manchot papou

Profilé pour la nage, il se montre un excellent pêcheur. Poissons et crustacés représentent l'essentiel de son alimentation.

Petit rorqual

Ce cétacé migre vers les eaux chaudes des plus hautes latitudes pour se reproduire.



Pôle Nord

L'Arctique

Au pôle Nord, il fait jour pendant six mois d'affilée, suivis d'une nuit de même durée, les températures peuvent plonger sous les -30°C , et une épaisse couche de glace recouvre tout... À l'horizon, du blanc à perte de vue. Un désert hostile qui pourrait décourager toute forme de vie, et pourtant... De nombreuses espèces animales (dont l'homme !) ont élu domicile sur la banquise, dans la toundra (paysage végétal constitué principalement de mousses, de lichens et d'arbrisseaux) ou encore dans l'océan Arctique (qui borde six pays : la Russie, la Norvège, l'Islande, le Canada, les États-Unis avec l'Alaska et le Danemark avec le Groenland). L'ours polaire, bien sûr, mais également des oiseaux, des poissons et bien d'autres mammifères, terrestres ou marins. L'évolution a donné à chacun des armes pour survivre. Il y a ceux, comme le renard polaire, qui se dotent d'une épaisse fourrure blanche l'hiver. Et ceux, à l'image du phoque ou du morse, qui, grâce à leur alimentation, se confectionnent une épaisse couche de graisse, bien utile pour les protéger du froid. Ceux qui migrent vers le sud à l'approche de l'hiver, comme le caribou, et ceux qui restent, tel le bœuf musqué, emmitoufflé dans un manteau de fourrure hirsute, dont les poils creux sont si longs qu'ils emprisonnent une couche d'air chaud près de l'animal. Finalement, la principale menace qui pèse sur ces espèces, ce n'est pas le froid, mais le réchauffement climatique. En mars 2022, dans certaines régions, des températures entre 20 et 30°C supérieures aux normales de saison ont été relevées ! En parallèle, la taille minimale de la banquise (surface gelée de l'océan, qui fond l'été et se reconstitue l'hiver) atteignait, le 18 septembre 2022, seulement 4,67 millions de kilomètres carrés. À titre de comparaison, elle était de 5,38 millions de kilomètres carrés dans les années 2000 ! La façon dont les animaux de l'Arctique vont réussir à s'adapter à ces changements – s'ils y parviennent – demeure une inconnue...

Mouflon de Dall

Ce mouton sauvage vit dans les montagnes du nord de l'Alaska et du Canada. Les individus les plus nordiques ont un pelage blanc presque immaculé.

Harfang des neiges

Plus il vieillit, plus le plumage de ce hibou blanchit chez les mâles ; celui des femelles et des jeunes est légèrement tacheté.



Morse

Reconnaissable à sa silhouette massive, ses longues défenses et ses moustaches, il passe la plus grande partie de son temps sur la glace, d'où il plonge pour chasser les mollusques.

Phoques

Les phoques annelés, à capuchon et du Groenland sont trois espèces de phoques arctiques parmi les plus courantes. Tous constituent un repas de choix pour l'ours polaire.

Cétacés

Le cachalot, le narval (ce drôle de mammifère marin muni d'une longue défense torsadée), l'orque, le béluga (ou « baleine blanche »), le dauphin... ont tous pour foyer les eaux glacées de l'océan Arctique.



Loup arctique

Plus petit que les autres loups et doté d'une fourrure plus épaisse, il chasse les lemmings (petits rongeurs) et les lièvres en solitaire, et s'attaque aux caribous et aux bœufs musqués en meute.

Caribou

Ce cervidé des régions arctiques et subarctiques évolue dans la toundra, où il est chassé par le loup arctique. Il est gravement menacé par le réchauffement climatique, qui induit un changement de végétation et la disparition du lichen, dont il se nourrit essentiellement.

Bœuf musqué

Protégé du froid par une épaisse toison de laine, ce grand mammifère herbivore n'est pas un bovin – comme son nom l'indique à tort –, mais un capriné (de la famille des chèvres)!

Ours polaire

Le plus grand prédateur de l'Arctique règne en maître incontesté sur la banquise.

Lagopède alpin

Cet oiseau change de plumage selon la saison, et devient entièrement blanc l'hiver.

Renard polaire

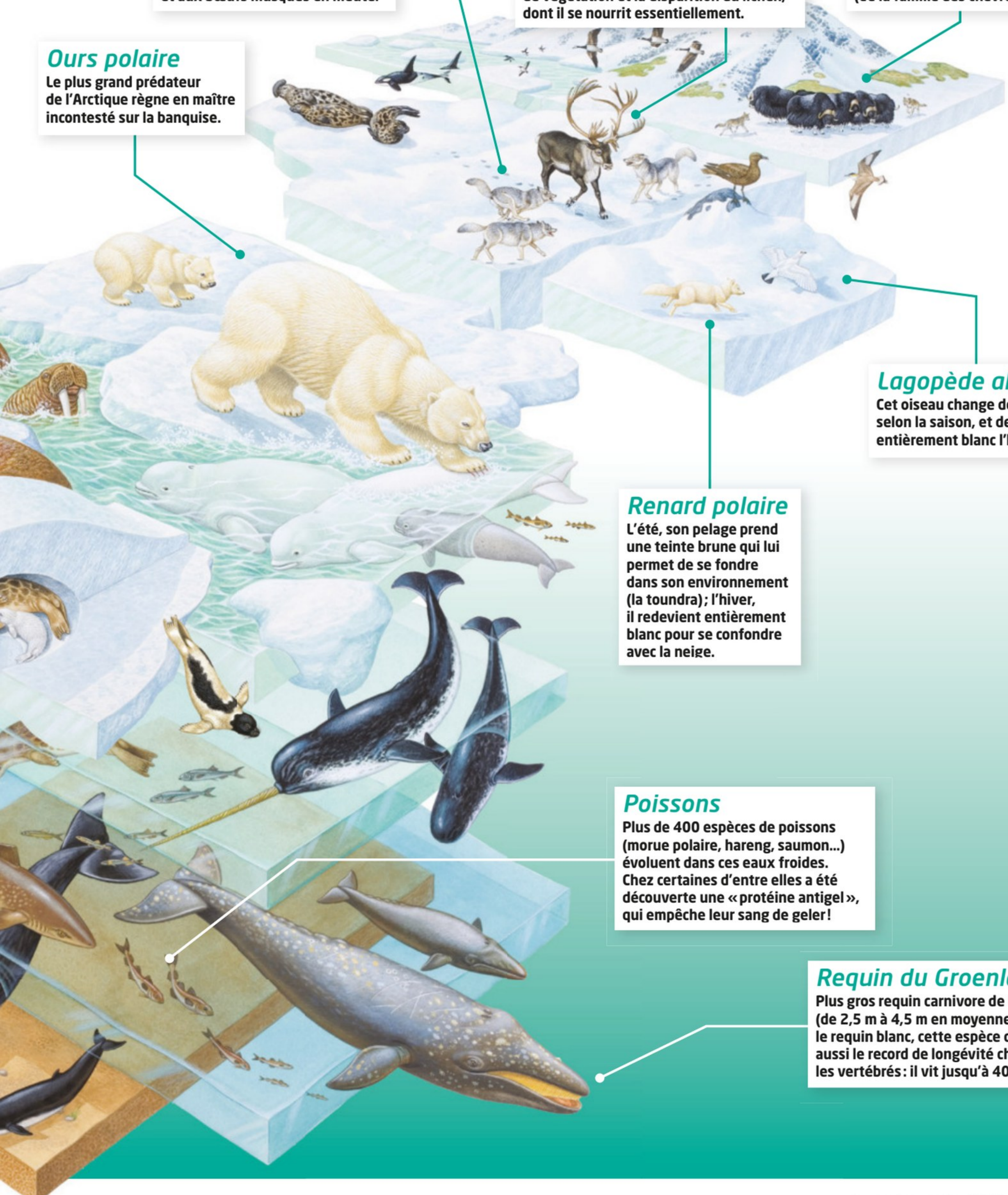
L'été, son pelage prend une teinte brune qui lui permet de se fondre dans son environnement (la toundra); l'hiver, il redevient entièrement blanc pour se confondre avec la neige.

Poissons

Plus de 400 espèces de poissons (morue polaire, hareng, saumon...) évoluent dans ces eaux froides. Chez certaines d'entre elles a été découverte une « protéine antigèle », qui empêche leur sang de geler!

Requin du Groenland

Plus gros requin carnivore de la planète (de 2,5 m à 4,5 m en moyenne) avec le requin blanc, cette espèce détient aussi le record de longévité chez les vertébrés : il vit jusqu'à 400 ans!





Dans le désert du Karakoum, au Turkménistan, certains n'hésitent pas à s'approcher du cratère gazier de Darvaza (« porte ») pour voir « l'enfer » de plus près.



LA PORTE DE L'ENFER

Pour des raisons économiques, mais aussi la sauvegarde de l'environnement et le bien-être des populations, le pouvoir autoritaire à la tête du Turkménistan veut la refermer. Après les flammes de l'enfer, le paradis... ?

Par Louna Esgueva



Depuis cinquante et un ans, il brûle... mais plus pour longtemps. Ce gouffre de feu, de 70 m de diamètre et 30 m de profondeur, se situe dans le désert du Karakoum, au Turkménistan (pays de l'ex-URSS, situé en Asie centrale). Là, des langues incandescentes lèchent les parois du cratère, tandis que des bourrasques d'air brûlant s'en échappent, et que le feu gronde en permanence sous la terre... Véritable « attraction », ce spectacle attire quelques milliers de touristes par an dans cet état totalitaire, l'un des plus fermés au monde.

Rempli de gaz naturel, ce brasier a été allumé par des scientifiques soviétiques en 1971. Ces derniers avaient commencé à forer pour évaluer la

quantité de gaz disponible. Mais le sol s'effondra en un énorme abîme, engloutissant la plate-forme de forage et provoquant la libération dans l'air d'un déluge de méthane. Pour éviter que les habitants des villages voisins ne soient intoxiqués, les géologues décidèrent de brûler le gaz, pensant que la totalité serait consommée en quelques semaines... Mais l'erreur sera bientôt réparée. Le président Gurbanguly Berdimuhamedow (remplacé en mars dernier par son fils Serdar Berdimuhamedow) a ordonné, en janvier 2022, la fermeture du trou. Les motifs : tirer profit de cette ressource naturelle, et préserver à la fois l'environnement et la santé des populations avoisinantes. Pour le moment, cette décision n'a pas encore été appliquée. ☞

D'OÙ VIENNENT

Ce n'est pas parce qu'on en mange chaque semaine qu'on connaît tout sur elles... Voici les secrets de fabrication de cette iconique spécialité italienne.

Par Cécile Guichon

Le mot pâte, *pasta* en italien, est issu de la latinisation d'un terme grec signifiant «bouillie d'orge». Et quand on parle de pâtes, on pense tout de suite à l'Italie, dont chaque habitant en consomme 23 kg par an (contre 9 kg pour un Français). Pourtant, leur origine exacte est difficile à situer. L'explorateur vénitien Marco Polo est souvent présenté comme celui qui les rapporta de Chine en Europe, au XIII^e siècle. Mais des pâtes sèches, confectionnées à partir de farine de blé dur, avaient déjà été introduites par les Arabes lors de leur conquête de la Sicile, au IX^e siècle. Et leur existence en Mésopotamie dès 1700 av. J.-C. est même attestée par un traité culinaire. Quant aux plus anciennes traces de pâtes alimentaires, elles remontent à -2000. Ce sont des nouilles de millet faites à la main et retrouvées sur le site de Lajia, en Chine.

La fabrication des pâtes ne requiert que des ingrédients très simples : de la farine, de l'eau, et éventuellement des œufs. Et pourtant, elles permettent de créer de nombreux plats aux textures et aux saveurs les plus variées, des lasagnes à la bolognaise aux spaghettis à la carbonara, en passant par les penne au saumon... C'est avant tout parce que la farine de blé dur, celle utilisée par les Italiens, premiers producteurs mondiaux de pâtes (ils fabriquent un quart des 16 millions de tonnes produites annuellement),

possède des grains plus gros que la farine classique. Ce qui lui confère une bonne élasticité et permet de donner aux pâtes des formes des plus variées sans risquer de les déchirer : aplatie pour les lasagnes, en tube pour les penne ou filiforme pour les spaghettis. Un liant sert à maintenir les grains de farine entre eux, pour obtenir une pâte lisse. L'option la plus simple est d'utiliser l'eau, mais certains lui préfèrent l'œuf, car il ajoute de la saveur, des protéines (alors que la farine contient surtout de l'amidon, un glucide), et rend la pâte plus facile à manipuler.

La fabrication industrielle des pâtes suit une série d'étapes bien établies. Le mélange de farine et d'eau est d'abord extrudé : on le fait passer, sous pression, à travers un cylindre en métal d'où il ressort sous la forme d'une pâte. Celle-ci passe alors à travers une matrice (appelée filière) dont les trous ont une forme bien spécifique (en S, en rond, en trident, etc.) selon la variété de pâte souhaitée (*lire ci-contre*). À la sortie, les pâtes sont coupées, puis étalées sur un grand tapis roulant qui vibre légèrement, pour éviter qu'elles ne se collent les unes aux autres. Elles sont alors exposées à de l'air chaud, ce qui les déshydrate légèrement. Puis elles subissent plusieurs étapes de séchage qui doivent être minutieusement contrôlées, afin d'éviter qu'elles ne craquent. Leur taux d'humidité, de 30 % au début du processus, est alors ramené à 12 %. Elles peuvent ainsi être conservées plusieurs années dans nos placards avant d'être dégustées! 🍝

LES PÂTES?

En pleines formes !



Casarecce

La matrice en S utilisée pour fabriquer ces spécialités siciliennes leur confère une forme enrobante, qui retient un maximum de sauce!



Rotini

Souvent appelées « fusilli », par erreur, elles vrillent au sortir de leur matrice en trident. Ce qui leur donne une forme d'hélice.



Pappardelle

Sortant d'une matrice plate, ce sont les plus larges des pâtes en ruban. Leurs bords peuvent toutefois être ondulés.



Macaroni

Leur forme courbe est obtenue en faisant pénétrer la pâte plus vite d'un côté que de l'autre dans leur matrice ronde.



Lorsqu'elles sont confectionnées à la main, les pâtes sèchent suspendues à des fils.



En usine, les pâtes sont découpées par un grand laminoir, puis vont sécher sur un tapis roulant qui vibre légèrement.

© Shutterstock; Alamy; Wiki/DeFrancisci Machine Company LLC



L'ÉPOPÉE DE LA LANGUE FRANÇAISE EN 7 QUESTIONS

L'unité de la France s'est construite grâce à son système monarchique - puis républicain - centralisateur, mais aussi grâce à sa langue. De plus en plus codifié au fil des siècles, le français n'en a pas oublié d'être vivant, évoluant au gré des apports régionaux et étrangers, ainsi que de la créativité de ceux qui le parlent ou l'écrivent. Voici les grandes étapes de l'histoire toujours en mouvement de la 5^e langue la plus parlée au monde.

Par Delphine Gaston-Sloan

Chronologie

842

Les *Serments de Strasbourg* (entre Charles le Chauve et Louis le Germanique) délaissent le latin pour la langue romane (étape entre le latin parlé et le français à venir).

Vers 881

Premier texte poétique conservé en roman, la *Séquence de sainte Eulalie* (ou *Cantilène*) raconte le martyre de sainte Eulalie de Mérida.

1330

La chancellerie royale (organe administratif qui rédige, valide, enregistre les actes au nom du roi) passe du latin au français.

1552

Ambroise Paré (1509-1590), père de la chirurgie moderne, écrit ses ouvrages médicaux en français plutôt qu'en latin (langue attitrée de la médecine).

1792

L'orthographe des noms propres se normalise alors que le registre des naissances est tenu par les officiers d'état civil de l'État et non plus par l'Église.



Pour aller plus loin
Bescherelle.
Chronologie de la langue française, collectif, Hatier, 320 pages, 19,90 €.

1 Que sont les langues indo-européennes, dont le français découle ?

Une famille de langues originaires d'Europe et d'Asie parlées, quelque six mille ans av. J.-C., par des populations établies dans la région du Caucase et de la mer Noire (entre l'Ukraine et la Turquie actuelles), qui ont migré vers l'Europe occidentale (Pologne, Allemagne, Scandinavie...) entre le IV^e et le III^e millénaire av. J.-C. Parmi eux, les Celtes qui, à partir du IX^e siècle avant notre ère, poussent plus au sud et à l'ouest pour s'installer sur le territoire de l'Hexagone, où ils vont être appelés Gaulois. Leur parler, issu des langues indo-européennes, porte leur nom, le gaulois. Il a laissé à notre actuel français quelque 150 mots en héritage, essentiellement dans le registre de la

ruralité (tels charrue, ruche, mouton...) ainsi que des noms de lieux issus de ceux de tribus (Bourges). Au I^{er} siècle av. J.-C., la conquête de la Gaule par Rome est aussi linguistique. Le gaulois s'efface au profit de la langue des envahisseurs (elle aussi ramification des langues indo-européennes), le latin dit vulgaire, expression des marchands et soldats et non des grands auteurs. Au V^e siècle, une peuplade germanique barbare venue d'outre-Rhin, les Francs, prend d'assaut la Gaule. Par nécessité, ils se mettent au latin, en le métissant à leur francique d'origine, et s'enracinent dans notre pays au point de lui donner son nom.

2 Quel a été le premier livre imprimé en français ?

En 1455, l'Allemand Johannes Gutenberg (1397 à 1400-1468), inventeur de l'imprimerie à caractères mobiles, effectue un tirage de la Bible, premier livre réalisé grâce à ce procédé. En 1476, l'éditeur lyonnais Barthélemy Buyer (v. 1433-v. 1483) sort le premier livre imprimé en français, *La Légende dorée*. Traduction du XIV^e siècle par Jean de Vignay de *Legenda aurea* (v. 1260), œuvre latine de l'archevêque de Gênes, Jacques de Voragine, elle évoque des épisodes de la vie de Jésus et Marie et des martyres de saints. Plus facile à lire que l'écriture manuscrite, l'imprimerie permet aussi de toucher un public bien plus large à moindre coût.

3 En quoi l'ordonnance de Villers-Cotterêts est-elle importante ?

Réforme législative phare de François I^{er} (1494-1547), elle a été signée en août 1539. De ses 192 articles, l'histoire retient surtout le 110 et le 111. Ils imposent la langue française (aux dépens du latin) dans les actes juridiques et administratifs pour une meilleure compréhension par tous et une uniformisation visant à renforcer le pouvoir royal. Ce français est la langue de l'Île-de-France, parlée par Sa Majesté et la cour. Lieu indissociable de ce mythe fondateur, le château de Villers-Cotterêts (Aisne) accueille depuis 2022 la Cité internationale de la langue française, qui célèbre la francophonie et lutte contre l'illettrisme.

Ce timbre édité en 1989 célèbre l'ordonnance de Villers-Cotterêts.



1842
Les frères Bescherelle, Louis-Nicolas (1802-1883) et Henri-Honoré (1804-1883), publient un manuel de conjugaison « à la portée de tout le monde ».

1882
L'enseignement primaire gratuit, obligatoire, laïc instauré par Jules Ferry (1832-1893), ministre de l'Instruction publique, est dispensé en français.

1994
Pour contenir la progression des mots anglais, la loi Toubon rend l'emploi du français obligatoire dans le commerce, l'entreprise, les services publics.

1999
L'Institut national de la langue française publie *Femme, j'écris ton nom*, officialisant la féminisation des noms de métiers.

2017
L'Académie française prend position contre l'écriture inclusive qui, grâce à un point médian, visibilise le féminin.

4 Pourquoi l'Académie française a-t-elle été fondée ?

« Donner des règles certaines à notre langue », « la rendre pure, éloquente et capable de traiter les arts et les sciences ». Telle est la feuille de route dressée en 1635 par le cardinal de Richelieu (1585-1642), Premier ministre de Louis XIII. Une standardisation de la langue, comprise par tous, gage de l'unification du royaume, passe par la composition d'un dictionnaire, tâche dévolue au « cercle Conrart ». Neuf auteurs habitués à se réunir pour converser, depuis 1629, chez Valentin Conrart (1603-1675), secrétaire du roi aux affaires de librairie, propulsés du jour au lendemain « académistes » (rebaptisés rapidement « académiciens »). En dépit des renforts - ils passent au nombre définitif de 40 en 1639 -, ils ne viennent à bout de leur dictionnaire qu'en 1694. En cause, des querelles internes et même la disparition du manuscrit.



L'Académie française siège à l'Institut de France, à Paris.

6 Le français est-il toujours la langue olympique ?

Convaincu que le sport peut être le garant d'une paix internationale, l'éducateur Pierre de Coubertin (1863-1937) organise, en 1894, un Congrès international du renouveau athlétique, à la Sorbonne, où il présente son projet de résurrection des Jeux olympiques. Elle a lieu dès 1896, à Athènes. Attaché à la langue de son pays, il impose le français comme langue principale (au détriment de l'anglais) en 1899, un statut gravé dans le marbre de la charte de l'olympisme en 1908 et toujours en vigueur.



Aux JO, toutes les annonces sont faites en anglais et en français.



Le héros des *Mystères de Paris*, d'Eugène Sue, parle l'argot. Le livre fera connaître ce parler à ses nombreux lecteurs.

© CCO Paris Musées/Musée Carnavalet

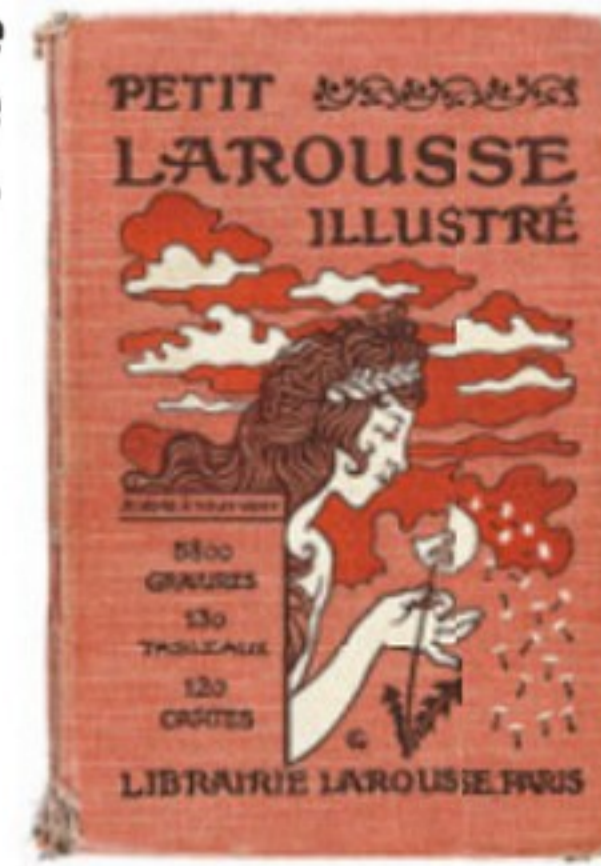
5 D'où vient l'argot ?

En 1455, à Dijon, le procès des Coquillards révèle que ces brigands usent d'une langue cryptique, le jargon. Mélange d'emprunts régionaux, de métaphores, il leur sert à se reconnaître et à garder le secret. Le terme argot n'apparaît qu'en 1628 dans *Le Jargon ou langage de l'argot réformé*, dictionnaire d'Olivier Chereau (1600-?). Selon lui, il découle d'argoter, « mendier ». Autre hypothèse, il désignait la communauté des Gueux et le jargon de « l'argot » a fini par dénommer la langue (1690). *Les Mystères de Paris* (1842-1843) d'Eugène Sue (1804-1857), prisé dans toutes les strates de la société, fait sortir l'argot de son milieu. Il dépeint les bas-fonds de la capitale et, par souci de réalisme, le parler des miséreux inonde le texte. Les lecteurs l'adoptent au quotidien.

7 Qu'est-ce que la francophonie ?

Valorisant la diffusion du français dans le monde via la colonisation, le géographe Onésime Reclus (1837-1916) forge le terme « francophonie » (1880). Après la décolonisation, dans les années 1960, s'ajoute au partage de la langue une dimension culturelle, géopolitique, économique, éducative. En 1970, la Francophonie (honorée d'une majuscule) se dote d'une Agence de coopération culturelle et technique (ACCT) à l'initiative des chefs d'État sénégalais, tunisien, nigérien, cambodgien, et d'une charte ratifiée par la France. Depuis 2005, l'Organisation internationale de la Francophonie (OIF) fédère 88 États et gouvernements, soit 300 millions de locuteurs (principalement africains).

Le Petit Larousse illustré existe depuis 1905.



5 dictionnaires incontournables

Le Trésor de la langue française

Il paraît en 1606, après la mort de son auteur, Jean Nicot (v. 1530-1600) - comme la nicotine, car il a introduit le tabac en France. Dictionnaire d'un genre nouveau, non plus dédié à la traduction latin-français, il compile les mots français de l'époque avec définitions, exemples, prononciation...

L'Encyclopédie

Avec l'objectif de «rassembler les connaissances éparses sur la Terre», le philosophe des Lumières Denis Diderot (1713-1784) et le mathématicien Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783) y dédient vingt ans de leur vie (1751-1772). 35 volumes pour produire une révolution dans les esprits.

Le Littré

Ce «petit nom» emprunté à son auteur, le philosophe Émile Littré (1801-1881), a fait oublier son titre original de *Dictionnaire de la langue française* (1863-1872). Son originalité, préciser l'étymologie des mots et les puiser dans la littérature classique, citations à l'appui.

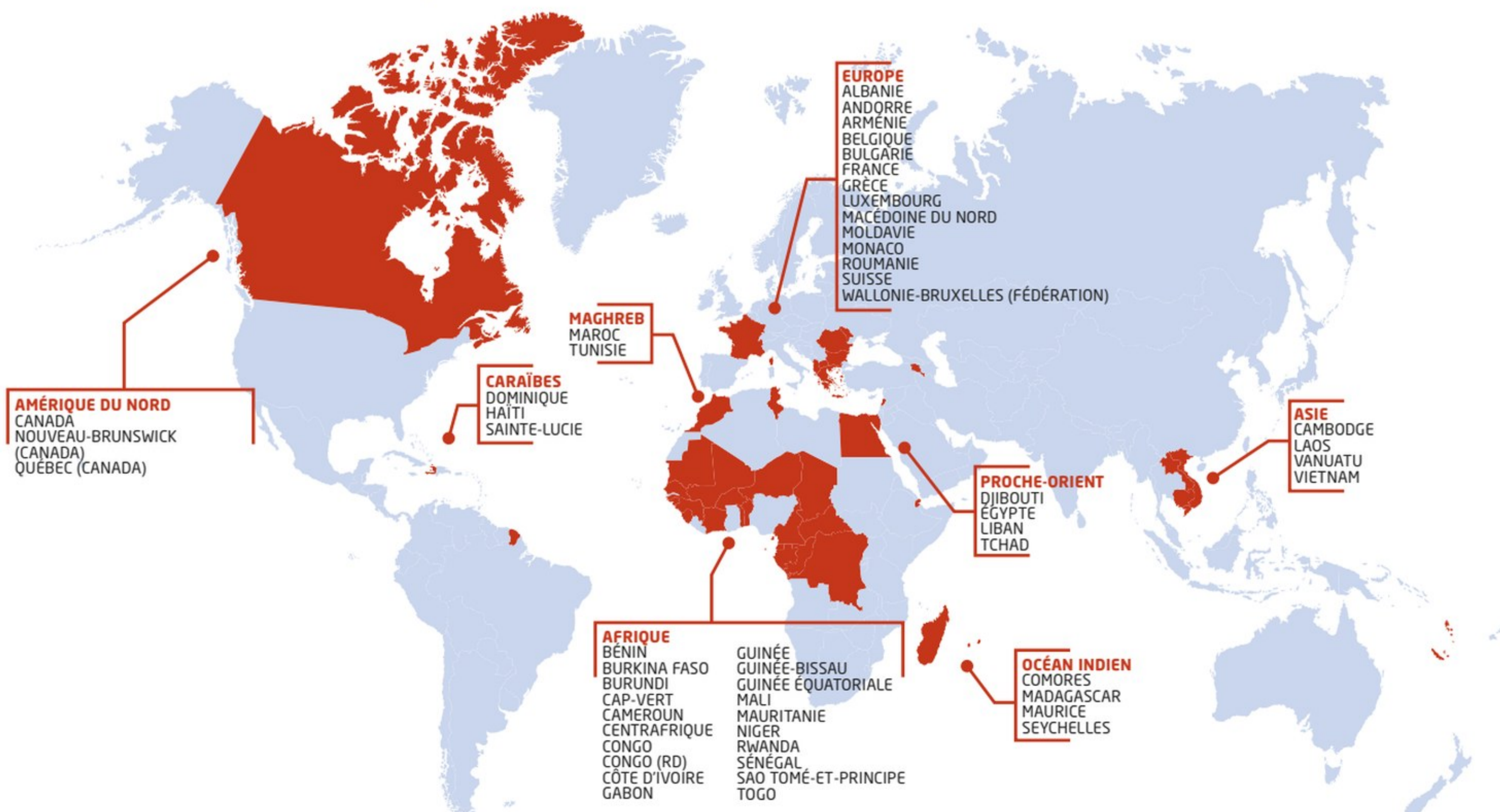
Le Petit Larousse illustré

Le *Grand Dictionnaire universel du XIX^e siècle* (1866-1876) est la version de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert de l'ancien instituteur Pierre Larousse (1817-1875). Son successeur Claude Augé (1854-1924) accomplit sa volonté de concentrer tout ce savoir en un volume. *Le Petit Larousse illustré* paraît en 1905, au prix très abordable de 5 francs.

Le Petit Robert

Paul Robert (1910-1980) rêve d'un «nouveau Littré». Entouré de collaborateurs, dont Alain Rey (1928-2020), il publie le *Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française* (1953-1964), bientôt suivi d'une version compacte, le *Petit Robert* (1967), un dictionnaire de langue française pour tous.

54 membres de plein droit de l'OIF



LOUIS PASTEUR

Intuition, esprit déductif et travail acharné, Pasteur est le portrait-type du scientifique, lui qui, pourtant, se voyait... aux Beaux-Arts!



© Shutterstock

Les dates clés

1822
Il naît à Dole (Jura) le 27 décembre.

1846
Agrégé de sciences physiques, il est pris par son professeur Antoine Jérôme Balard comme préparateur dans son laboratoire de chimie.

1856
La Royal Society de Londres lui décerne la prestigieuse médaille Rumford pour ses travaux sur la dissymétrie (ou chiralité) moléculaire.

1865
Le brevet d'invention d'un procédé de conservation des vins par chauffage, la « pasteurisation », est déposé.

1870
Ayant découvert que les maladies des vers à soie sont contagieuses et héréditaires, il établit un plan d'éradication.

Son nom est le plus donné aux rues dans l'Hexagone (avec De Gaulle!). Chimie, biologie, médecine, ce « touche-à-toutes-les-sciences » est une icône française. À l'occasion du bicentenaire de sa naissance, examinons la vie et l'œuvre de Pasteur au microscope.

Par Delphine Gaston-Sloan

Fils du peuple, Louis Pasteur grandit à Arbois (Jura), où son père tient une petite tannerie (travail du cuir). Ses talents s'expriment dans le dessin, en témoignent les portraits au pastel de son entourage, alors qu'au collège, il est un élève médiocre. Pourtant, le principal, M. Romanet, décèle chez lui un grand potentiel et le pousse au concours de l'École normale supérieure, à Paris, qui forme les professeurs d'université. Il le décroche en 1843. Fêré de chimie, il y consacre une thèse (1847). Au terme de près d'une décennie, ses travaux sur l'acide tartrique et paratartrique mettent en évidence la dissymétrie moléculaire : cristaux composés des mêmes atomes, leur disposition différente les rend dissymétriques.

Professeur à la faculté des sciences de Strasbourg, il séduit la fille du recteur, Marie Laurent. Ils se marient en 1849 et auront cinq enfants, dont trois mourront très jeunes de maladie infectieuse. Fort impliquée dans les recherches de son époux, Marie Pasteur est à la fois secrétaire, comptable, conseillère en communication.

À l'assaut des microbes

Professeur et doyen de la faculté des sciences de Lille en 1854, Pasteur est sollicité par des fabricants d'alcool de betterave déplorant son goût acide et sa mauvaise odeur. Il s'attaque alors au mystère des fermentations. Contre la pensée dominante, y

voyant un processus de décomposition, il montre qu'elles sont liées, en fait, à des micro-organismes vivants (germes ou microbes).

Directeur des études scientifiques de l'École normale supérieure depuis 1857, il prouve, en 1862, que les microbes sont partout (eau, peau, objets...), notamment dans la poussière de l'air où ils se multiplient, en même temps qu'il réfute la théorie de la génération spontanée (datant de l'Antiquité), selon laquelle une matière inerte peut donner naissance à des organismes vivants. L'expérience: il débarrasse un liquide de ses germes en le portant à ébullition, puis le prive de tout contact avec l'air, et donc avec les microbes ambiants. Le résultat: le liquide reste inaltéré. La conclusion: il ne peut y avoir génération spontanée de germes dans un milieu stérilisé.

Retour au service de l'industrie en 1863, à la demande de Napoléon III. Le secteur du vin français est impacté par des maladies. Pasteur traque les coupables et prodigue le remède: la pasteurisation (*lire encadré page suivante*).

En 1868, une attaque cérébrale lui laisse des séquelles à vie (avant-bras fléchi contracté, difficultés à marcher). Empêché de manipuler lui-même, il se contente désormais de superviser les expériences conduites par ses collaborateurs.

L'invention d'une médecine préventive

Il poursuit son effort d'identification des micro-organismes responsables des maladies infectieuses. En 1880, il trouve dans le staphylocoque la cause des furoncles (boutons à la base d'un poil); dans le streptocoque, celle de la fièvre puerpérale (touchant les femmes après l'accouchement). Parallèlement, Pasteur ne perd pas de vue la prévention et débouche sur la vaccination, qu'il applique d'abord aux animaux (à partir de 1880), puis aux êtres humains qu'il sauve de la rage en 1885 (*voir encadrés page suivante*).

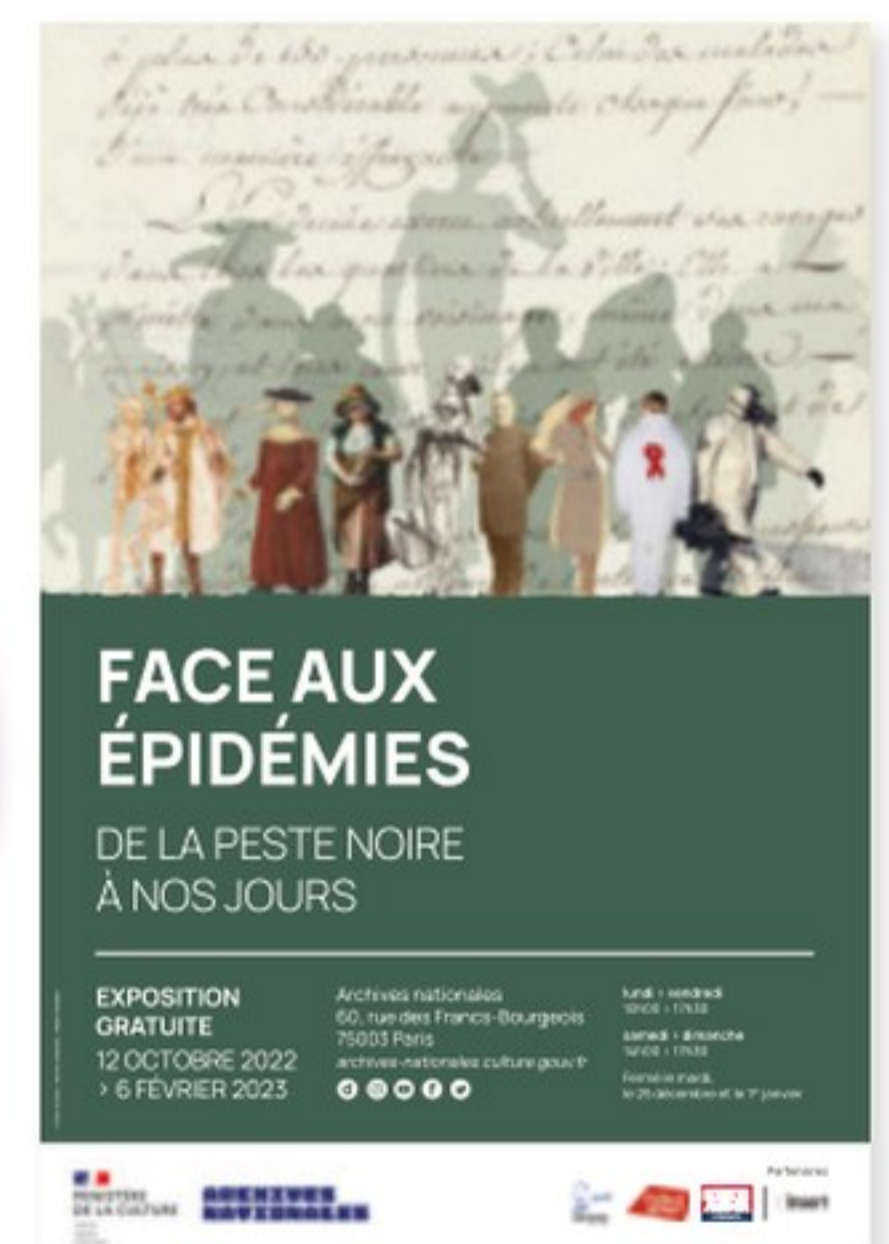
En 1886, il souhaite faire naître un lieu dédié à la vaccination contre la rage. L'Académie des sciences lance une souscription internationale. Logiquement, le nom du « bienfaiteur de l'humanité » est donné à l'établissement: l'Institut Pasteur est inauguré le 14 novembre 1888. Il a aussi pour objectif la poursuite des recherches sur les maladies infectieuses et leur enseignement. Pasteur en prend la tête jusqu'à sa mort, en 1895. Il ne le quitte pas pour autant puisque, à la demande de sa famille, il y est inhumé, au sous-sol. Son Panthéon personnel... 📍

Des fermentations au vaccin contre la rage, toute une vie de recherche



L'Institut Pasteur est une fondation privée française à but non lucratif, dédiée à l'étude de la biologie, des micro-organismes, des maladies et des vaccins.

Actu



Un label créé par l'Institut Pasteur permet de fédérer les initiatives saluant le bicentenaire de la naissance de Louis Pasteur. Il prend les traits du savant, croqué par l'artiste Fabrice Hyber. Quant au site Internet dédié – pasteur2022.fr –, il présente les événements programmés: colloques, publications, expositions, dont « Face aux épidémies: de la peste noire à nos jours »*.

* Aux Archives nationales, à Paris, jusqu'au 6 février 2023 (entrée gratuite).

1873
Sans être médecin, il est élu à l'Académie de médecine, à une voix de majorité.

1882
Reçu à l'Académie française, il y occupe le fauteuil 17.

1885
Le jeune Joseph Meister est le premier humain à recevoir le vaccin de Pasteur contre la rage.

1892
Une médaille financée par souscription nationale lui est remise lors du jubilé organisé par l'État pour son 70^e anniversaire.

1895
Son décès le 28 septembre à Marnes-la-Coquette (Hauts-de-Seine), après une 3^e attaque cérébrale, donne lieu à des obsèques nationales.

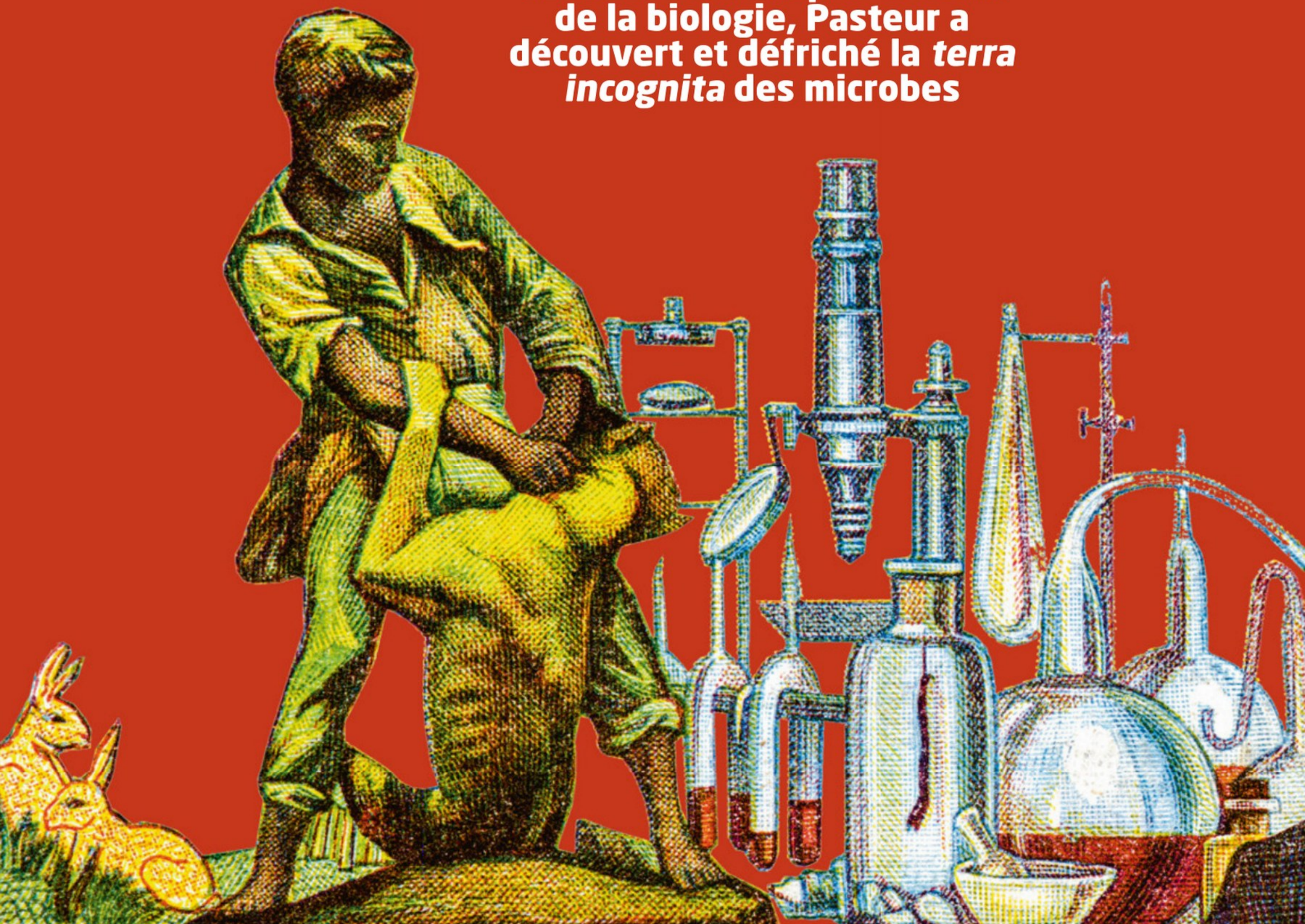
La pasteurisation

Louis Pasteur met en évidence le rôle de micro-organismes venus des poussières de l'air polluer le jus de raisin au cours de la fermentation, avec pour conséquence de vicier le vin. Il découvre que le chauffer brièvement entre 55 et 60 °C détruit ces corps étrangers, sans que cela altère le breuvage. En 1865, le scientifique dépose le brevet de ce procédé de conservation, lequel prendra, en 1887, le nom de pasteurisation. Ce dernier sera également appliqué par la suite à la bière et au lait, avec des températures et des durées de chauffage différentes pour chaque produit (sans jamais les porter à ébullition).

L'asepsie

Ses travaux sur le rôle des micro-organismes pathogènes ouvrent la voie à de plus amples investigations sur la transmission des maladies infectieuses. La chasse de ces microbes omniprésents commence par des mesures d'hygiène drastiques. En 1878, dans un discours à l'Académie de médecine, Pasteur exhorte le personnel médical à se désinfecter les mains, à stériliser la totalité du matériel chirurgical (instruments, linges), locaux compris. Il jette ainsi les bases de l'asepsie des blocs opératoires (méthode préventive visant à empêcher l'introduction de microbes dans l'organisme), où les infections font des ravages.

Véritable Christophe Colomb de la biologie, Pasteur a découvert et défriché la *terra incognita* des microbes



Le principe de la vaccination

Déterminé à approfondir son étude des infections et à les prévenir, Pasteur se procure un échantillon de choléra des poules (1878). Il se souvient de son prédécesseur, le Britannique Edward Jenner (1749-1823), l'inventeur du « vaccin », après avoir démontré que l'on pouvait immuniser contre la variole en inoculant la vaccine, une maladie touchant les vaches et proche de la variole. La piste de réflexion de Pasteur est l'atténuation de la bactérie responsable du choléra des poules. Il la provoque en l'exposant à l'air ambiant sur la paille de son laboratoire. Il injecte d'abord une dose de cette culture atténuée à des poules, puis une de germes actifs, et constate que les volailles ne développent pas la maladie. Ainsi a-t-il mis en œuvre le principe de ce qu'il nomme la vaccination (1880), en hommage à Edward Jenner et à son traitement contre la vaccine.

Le vaccin contre la rage

Sur sa lancée, Pasteur brave la rage, transmissible à l'homme par morsure d'un animal enragé. L'expérimentation est conduite sur des lapins et des chiens. Sachant que la maladie se développe dans le système nerveux, le scientifique utilise la moelle épinière d'un lapin contaminé, la laisse sécher pour atténuer le virus (microbe 10 à 100 fois plus petit qu'une bactérie), la réduit en poudre, puis l'inocule, dans un liquide stérile, à un chien. Après des injections de moelle fraîche infectée, le résultat est probant : l'animal est immunisé. L'épreuve de vérité sur l'homme a lieu, quant à elle, le 6 juillet 1885 : on amène à Pasteur Joseph Meister, âgé de 9 ans, sans doute contaminé après avoir été mordu à quatorze reprises par un chien enragé.

Avant que la maladie ne se déclare, le jeune garçon reçoit treize doses de plus en plus virulentes en une dizaine de jours. Il ne contractera jamais la rage.



Illustration tirée du billet de banque de 5 francs, édité de 1966 à 1970 en hommage à Louis Pasteur, vainqueur de la rage.

LYON

NOUS, LES FLEUVES

La vie des longs fleuves (in)tranquilles

Pensée comme un voyage au fil de l'eau, cette exposition vous embarque le long des fleuves jusqu'à la mer. Sources de mythes en Grèce et en Égypte antique, berceau de vie dans de multiples civilisations, les eaux fluviales restent, de la pêche à l'irrigation pour l'agriculture, vitales pour nos sociétés. Mais si ces cours d'eau ont permis à l'homme de prospérer, beaucoup sont aujourd'hui menacés, tant par le réchauffement climatique que par les activités humaines : pollution

en Chine, multiplication des barrages sur l'Euphrate et le Tigre en Turquie au détriment des pays voisins ou encore, aux États-Unis, le cas du Colorado qui, faute de pluie, n'atteint plus la mer. Une exposition pour mieux comprendre l'importance de ces ressources et ainsi mieux les préserver. Il ne reste plus qu'à vous jeter à l'eau !

« Nous, les fleuves » au musée des Confluences (Lyon), jusqu'au 27 août 2023. Tarifs : 9 € (gratuit pour les moins de 18 ans et les étudiants). Plus d'infos sur : www.museedesconfluences.fr



Vues du ciel, cartes, ou encore vidéos nous plongent dans l'eau des fleuves. La réflexion se mêle alors à la contemplation.



© Musée des Confluences / Bertrand Stoffleth

Indissociable de l'Égypte antique, la momification vise à conserver les corps en les préservant de la décomposition, à l'image de cette momie de femme dans un état remarquable.



© François-Louis Pons / Muséum de Toulouse

TOULOUSE

MOMIES, CORPS PRÉSERVÉS, CORPS ÉTERNELS Égyptiennes, mais pas seulement

Comment se conservent les corps ? Pour le savoir, glissez-vous dans la peau d'un thanatopracteur au Muséum de Toulouse. Si les momies sont souvent associées à l'Égypte antique, l'exposition se penche aussi sur les pratiques funéraires et la conservation des corps dans le monde entier : du Pérou aux îles Canaries, en passant par l'embaumement en Occident. On y découvre ainsi que certaines momies sont créées par l'homme lors de rituels funéraires, quand d'autres « naissent » d'un processus naturel, comme les cadavres

conservés dans la glace. Outre l'aspect biologique de la mort, on nous dévoile également ses interprétations dans les différentes cultures humaines. Du Jour des morts célébré joyeusement au Mexique aux cérémonies d'offrandes aux vautours au Tibet, le parcours nous permet d'explorer les corps et la mort dans toute leur diversité.

« Momies, corps préservés, corps éternels » au Muséum de Toulouse, jusqu'au 2 juillet 2023. Tarifs : de 5 € à 7 € (gratuit pour les moins de 6 ans). Plus d'infos sur : www.museum.toulouse.fr/momies

ELBEUF-SUR-SEINE

MALIN COMME UN SINGE Quand les singeries se mêlent à l'art

Tout, vous saurez tout sur l'histoire du singe en Occident, des fables de La Fontaine à King Kong... Cette exposition vous en conte, plus particulièrement, le volet européen à travers une sélection de deux cents œuvres. Objet de curiosité à la Renaissance, lorsque les animaux exotiques font leur apparition dans les cours royales, on l'observe avec attention pour sa proximité anatomique avec l'homme, avec qui il partage un ancêtre commun. Curieux et rusé, il devient même, au XVII^e siècle, un animal de compagnie pour les riches Européens ! Au même moment, on le retrouve dans la littérature comme personnage central avec, notamment, le mythe du roi singe. Le primate fait ensuite son entrée dans la culture populaire. Aviez-vous remarqué que, dans le manga *Dragon Ball*, les combattants saiyans sont dotés d'une queue de singe ? Une exposition pour voyager à travers le temps, en compagnie de nos cousins peints, sculptés, et même empaillés.

« Malin comme un singe »
à la Fabrique des savoirs (Elbeuf-sur-Seine),
jusqu'au 8 avril 2023. Tarifs: gratuit.
Plus d'infos sur : lafabriquedessavoirs.fr/fr/expositions/malin-comme-un-singe

PARIS

ROSA BONHEUR (1822-1899) Beauté et défense des animaux

À l'occasion du bicentenaire de la naissance de l'artiste Rosa Bonheur (1822-1889), le musée d'Orsay propose la première rétrospective consacrée à cette femme engagée et novatrice. Pionnière de la cause animale, elle fut l'une des premières sociétaires de la Société protectrice des animaux (SPA). Persuadée que les animaux possèdent une âme, elle leur consacra de nombreux portraits, un thème inédit pour l'époque. À travers deux cents œuvres, issues des plus prestigieuses collections publiques et privées d'Europe et des États-Unis, le visiteur découvre ou redécouvre la

plus grande peintre animalière française. La qualité de ses tableaux, mais aussi sculptures et dessins, donne à voir une foisonnante ménagerie, dans laquelle se côtoient des dizaines d'espèces, dont des chiens, des cerfs et des fauves. La beauté du monde animal croqué dans son environnement naturel. Une occasion unique d'admirer le travail de cette artiste fascinante.

« Rosa Bonheur (1822-1899) »
au musée d'Orsay (Paris),
jusqu'au 15 janvier 2023.
Tarifs : de 13 € à 16 € (gratuit pour
les moins de 18 ans).
Plus d'infos sur : www.musee-orsay.fr



Pour cette perfectionniste insatiable, modeler des animaux, à l'image de ce bronze, permettait de mieux comprendre leur anatomie.

Rosa Bonheur plaçait les animaux au cœur de ses compositions parfois monumentales, comme le montre ce tableau de Georges Achille-Fould (1893) la représentant dans son atelier.



Les montreurs de singes comme celui-ci (ivoire, XIX^e siècle) exploitaient leur proximité avec les humains jusqu'à les vêtir à l'identique.



© Yoann Grosjean / Réunion des Musées Métropolitains Rouen Normandie

© Mairie de Bordeaux, musée des Beaux-Arts, photo F.Devail

© Mairie de Bordeaux, musée des Beaux-Arts, photo L. Gauthier

ROMAN GRAPHIQUE

SÉRAPHINE

d'Edith (scénario, dessin et couleurs),
d'après le roman de Marie Desplechin

Éveil d'une conscience



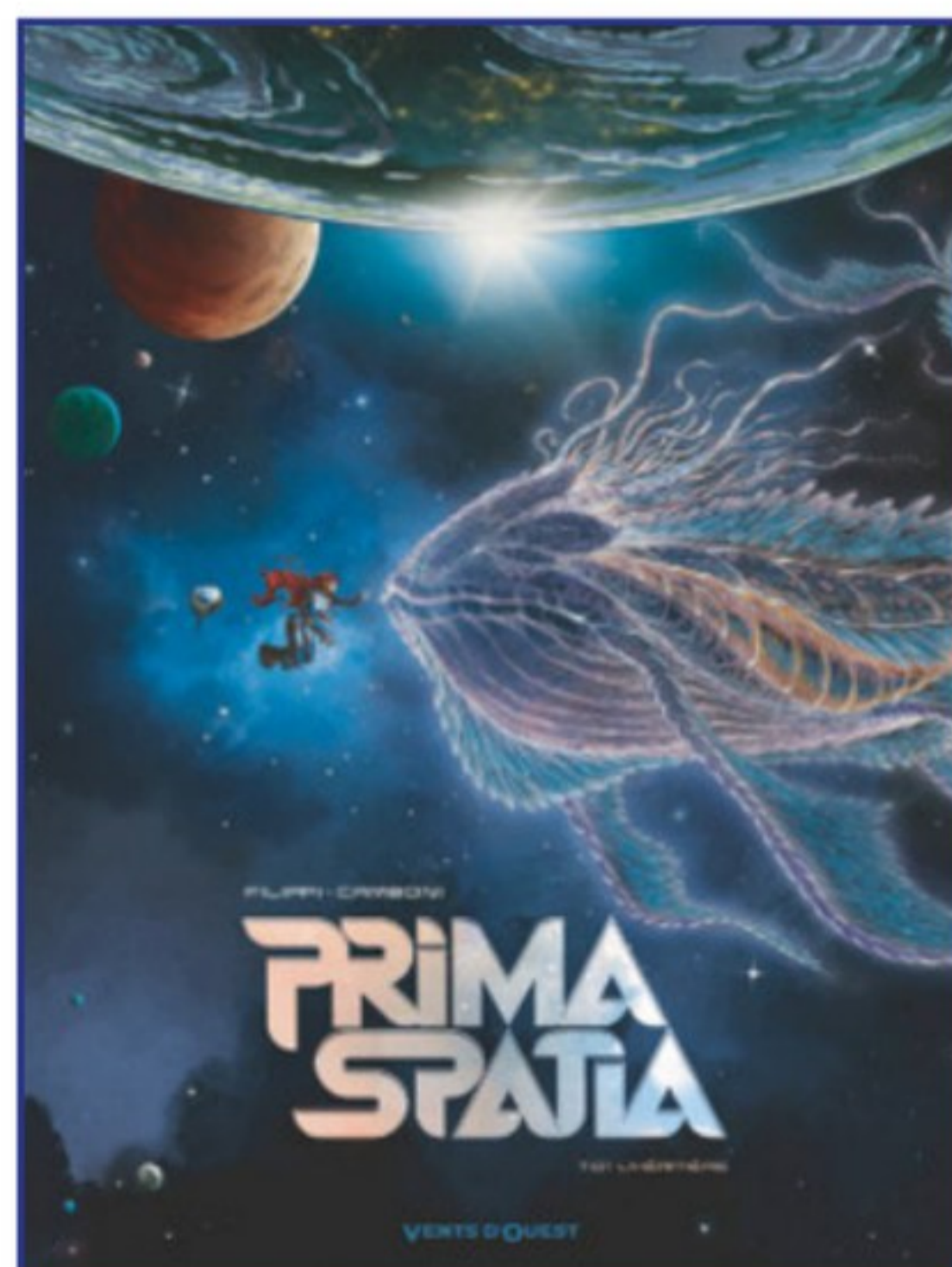
Rue de Sèvres,
110 pages, 16 €

En adaptant le roman de Marie Desplechin, centré sur Montmartre et la fin du XIX^e siècle, Edith se sent chez elle : « J'adore ses dialogues. Certains sont repris tels quels, tout simplement parce qu'ils sont parfaits. » Quant à la jeune Séraphine en question, pauvre mais pas idiote, sans autre protection que celle d'un vieux curé, d'une tante prostituée et d'une veuve bougonne, elle va devoir se forger une solide force de caractère pour s'en sortir. Qu'importe, l'on devine qu'elle saura bientôt transmettre sa flamme et son énergie aux plus démunis. Loin de tout manichéisme, l'album séduit par sa sincérité et sa générosité !

SCIENCE-FICTION

PRIMA SPATIA TOME 1: L'HÉRITIÈRE

de Denis-Pierre Filippi (scénario),
Silvio Camboni (dessin)
et Francesco Segala (couleurs)



Vents d'Ouest,
56 pages, 14,95 €



Stars Connexion

Pauvre petite fille riche ! Cloîtrée sur son astéroïde, Alba s'ennuie. Jusqu'à ce qu'elle se fasse enlever, avec sa dame de compagnie, par de vilains rançonneurs. Pas grave, le tandem sera finalement secouru par l'équipage de *La Flèche*, un vaisseau chasseur intergalactique. Pas de quoi traumatiser plus

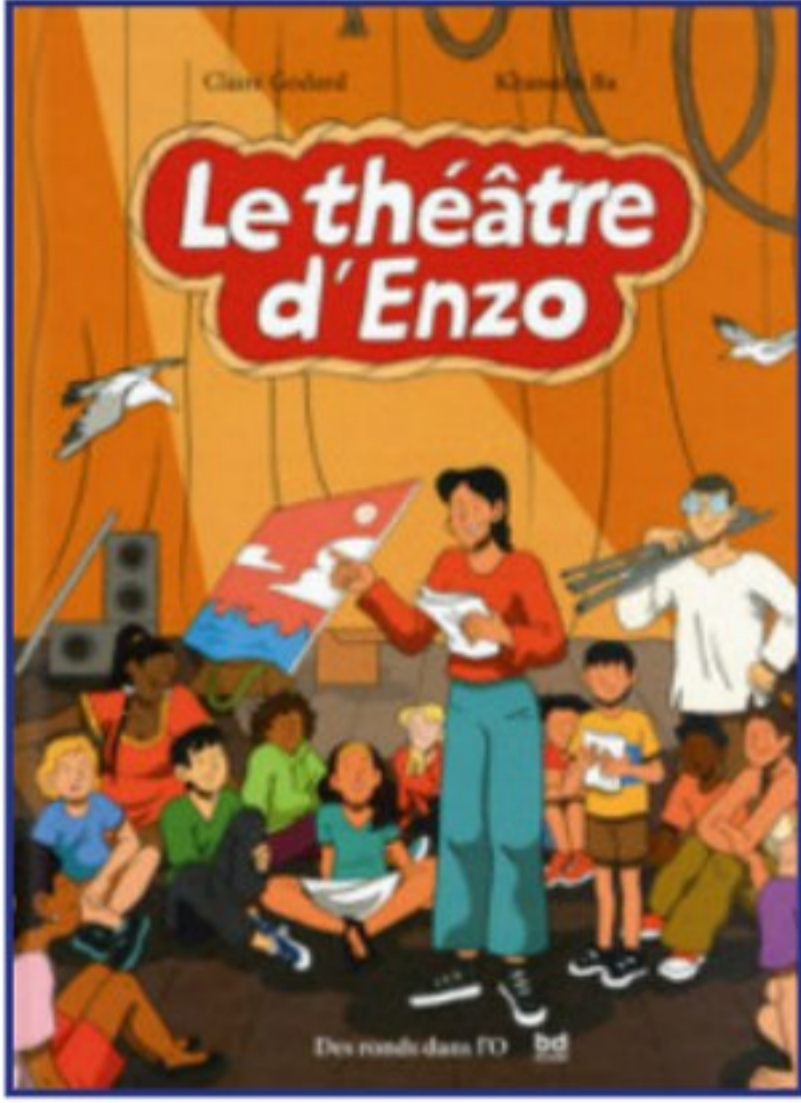
que ça la jeune ado qui s'empresse de fuguer vite fait dans l'espace, sans scaphandre, à la rencontre de créatures lumineuses interstellaires. L'on s'interroge du coup sur l'identité réelle de cette héritière, son pouvoir singulier. Et l'on se laisse happer par le dessin baroque de Camboni, formé à l'école Disney.

BD TOUT PUBLIC

LE THÉÂTRE D'ENZO

de Claire Godard (scénario)
et Khassatu Ba (dessin et couleurs)

L'union fait la force



Des ronds dans l'O et bd BOUM, 54 pages, 14,90 €

Pas forcément évident de se faire des amis lorsqu'on se balade de ville en ville, en quête d'un public pas toujours réceptif. Sa mère a beau faire preuve d'un optimisme à toute épreuve, Enzo se rend bien compte que la partie est loin d'être gagnée. Pas sûr que leur théâtre itinérant puisse en réalité tenir bien longtemps. Une commande inattendue leur redonne

pourtant espoir, à condition de composer avec une troupe aussi sympathique que bigarrée. Initié par bd BOUM, une association blésoise connue pour son engagement citoyen, cet album aborde avec humour et tendresse des thèmes comme la laïcité, le multiculturalisme et le bon vivre ensemble.



BEAU LIVRE

GÉNÉRATIONS SNEAKERS

de Mathieu Le Maux
et Martin Basset

Bien dans ses baskets



Hors Collection, 240 pages, 29,90 €

Qui dit encore tennis ou baskets, renvoyant ces chaussures aux sports qu'elles servaient à pratiquer, aux origines? Désormais portées par le bébé de 3 mois comme par le centenaire, elles s'enfilent en toute circonstance et répondent au nom de sneakers, *to sneak* signifiant « se déplacer furtivement » (leur semelle en caoutchouc produit peu de bruit). Plus qu'un objet de consommation courante, elles sont un accessoire de mode, identifiant un style, affichant une appartenance à une tribu, mais aussi une pièce de collection, parfois, un objet d'art. Raison pour laquelle un (beau) livre rétrospectif, très nourri en photos de modèles iconiques ou exceptionnels, a tout son sens. Après être remonté aux sources sportives, il dresse les portraits de concepteurs légendaires, tel Stan Smith, puis adopte un classement thématique pour suivre l'empreinte tous azimuts des sneakers : musique, cinéma et séries, mode, politique... De quoi ne plus jamais marcher à côté de ses pompes.



Les Arènes, 240 pages, 21,90 €

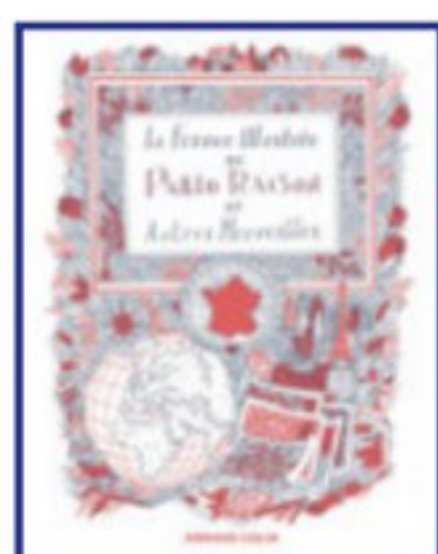
DOCUMENT

LA VIE SECRÈTE D'UN CIMETIÈRE

de Benoît Gallot

À la vie, à la mort

Nous ignorions qu'il existait des conservateurs de cimetière. Même au Père-Lachaise, lieu mythique de Paris et destination privilégiée du thanatourisme mondial, « le Disneyland du funéraire » comme se l'est entendu dire, un jour, Benoît Gallot. Pourtant, c'est son métier, qu'il nous invite à découvrir, multipliant les anecdotes sur son quotidien tout en faisant œuvre de guide du site et conteur de son histoire. Il répond aussi à diverses questions : qui peut y être inhumé ? Molière y repose-t-il vraiment ? Y tourne-t-on des films ? Enfin, il nous parle de la vie, car « son » cimetière est également un parc naturel où loge toute une biodiversité, dont un renard, devenu sa mascotte, presque aussi célèbre que Jim Morrison !



CARTOGRAPHIE D'ART
LA FRANCE ILLUSTRÉE
DE PABLO RAISON ET AUTRES MERVEILLES

de Pablo Raison

Cartes de visite

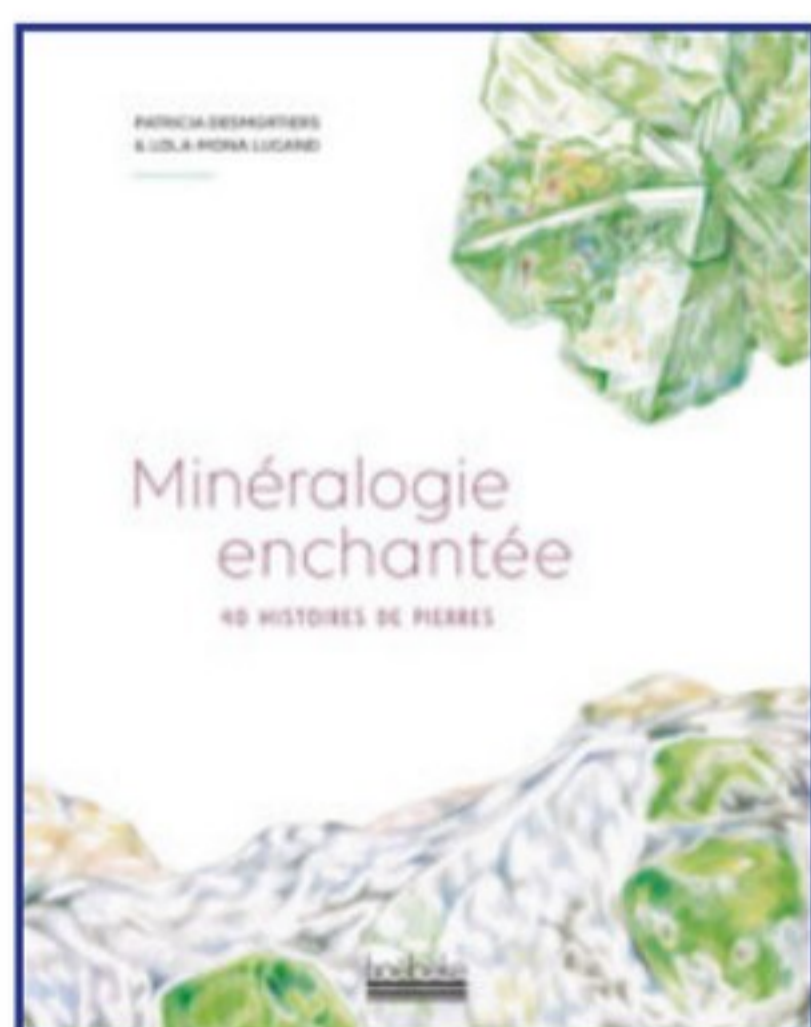
Armand Colin,
 160 pages, 25 €

Un étudiant d'à peine 20 ans, de l'École européenne supérieure de l'image (Eesi) à Angoulême (Charente), une école d'art généraliste, fait ses classes en dessinant des cartes « patrimoniales ». Dans une carte topographique, on attend l'eau, la végétation, les reliefs... Pablo Raison leur préfère d'autres prééminences: les monuments de France. Voilà sa carte de notre pays (outre-mer compris) hérissée - d'un trait d'encre de Chine aussi épuré que précis - de petits châteaux,

églises, ponts, beffrois, remparts... Sans les réseaux sociaux, l'histoire aurait pu s'arrêter à ces croquis d'études. Il poste sa carte et l'Internet s'emballa, à juste titre. Il continue à cartographier (le monde, le bassin méditerranéen), à réaliser des plans de villes (Caen, Carcassonne), des dessins de monuments (le Mont-Saint-Michel, le Louvre), à reproduire des blasons, à imaginer une cité du futur... Tout en conservant sa patte, tout en réinventant son approche. On en sort géographe.



© Armand Colin et Pablo Raison



RECUEIL ILLUSTRÉ
MINÉRALOGIE ENCHANTÉE

de Patricia Desmortiers, illustrations de Lola-Mona Lugand

Gemmes lire

Gallimard,
 collection Hoëbeke,
 172 pages, 25 €

Turquoise, améthyste, jaspe, or, platine, opale, marbre, silex... Quarante minéraux évoqués, non avec un systématisme ou un académisme ennuyeux mais avec une excitation se prêtant à la digression. Tous ces trésors que la Terre recèle donnent matière à éclaircissements sur la géologie, la chimie, la géographie, l'économie, l'art, la culture populaire, l'histoire, la mythologie, et même le pouvoir occulte dont on crédite certaines pierres. L'atmosphère poétique qui se dégage des textes est appuyée par des dessins à la fois énigmatiques et pigmentés. Précieux et fin.

Comment ça marche

POUR VOUS ABONNER, GÉRER VOS ABONNEMENTS OU CHANGER DE MAGAZINE

Par téléphone:

01 87 64 05 32 (lun-ven 9h-19h)

De l'étranger, tél: (+ 33) 1 87 64 05 32

Par mail:

relation.abo@fleuruspresse.com

Par courrier:

CDN Vivetic, Service Fleurus Presse, 127, rue Charles Tillon, CS 80021, 93308 Aubervilliers Cedex.

Pour la Belgique:

Edigroup, tél: 070 233 304, abonne@edigroup.be

Pour la Suisse:

Edigroup, tél: 022 860 84 01, abonne@edigroup.ch

Pour le Canada:

Fleurus Presse, Express Mag, expressmag@expressmag.com

Relations collecteurs/libraires/écoles:

tél: 01 87 64 05 34, relation.partenaire@fleuruspresse.com

Prix de l'abonnement 1 an (12 n°): 54 €. Mensuel.

RETROUVEZ L'ENSEMBLE DE NOS PUBLICATIONS

SUR WWW.FLEURUSPRESSE.COM

Comment ça marche

est édité par

Unique Heritage Presse SAS

au capital de 500 000 €.

SIREN 338 412 463 RCS Paris

Adresse: 141, boulevard Ney - 75018 Paris.

Président et directeur de la publication: Emmanuel Mounier.

Directrice générale médias

Fleurus Presse: Juliette Salin.

Rédaction:

Karine Jacquet

(Rédactrice en chef),

Philippe Lévêque

(Directeur artistique),

Isabelle Dubeset

(Rédacteur graphiste),

Béatrice Bon (Iconographe)

Ont collaboré à ce numéro:

Hélène Colau, Louna Esgueva,

Gisèle Foucher, Delphine

Gaston-Sloan, Patrick Gaumer,

Laurence Gay, Lise Gougis, Claire

Guérou, Swali Guillemant, Valérie

Greffoz, Clément Lefoll, Sophie

Noucher, Benjamin Robert,

Muriel Valin, Jacqueline Voyant.

Gestion des ventes au numéro:

(réservé aux dépositaires et aux

marchands de journaux): Isabelle

Alliaume (Directrice diffusion

et réseau), tél.: 01 56 79 36 94,

diffusionmdj@fleuruspresse.com

Distribution: MLP

Publicité: 01 87 15 42 39

Marion Stastny (Directrice

marketing, partenariats

et business development),

Patricia Danan (Directrice

de publicité), Barbara Valdès

(Directrice de clientèle).

Opérations spéciales:

Yann Grolleau (Directeur),

Contacts:

prenom.nom@uniqueheritage.fr

Fabrication:

Créatoprint, tél: 06 71 72 43 16

Impression:

Artigrafiche Boccia

84131 Salerno (Italie)

Origine du papier: Autriche

Taux de fibres recyclées: 33%

Certification: PEFC 100%

Eutrophisation: Ptot 0,009 kg/t

Commission paritaire:

0925 K 90540

Loi du 16 juillet 1949 sur

les publications destinées

à la jeunesse.

ISSN: 2739-3755

Dépôt légal à parution.

Tous droits de reproduction

réservés sauf autorisation écrite

préalable

© Comment ça marche.

Les coordonnées de nos abonnés

sont communiquées à nos

services et aux organismes liés

contractuellement à Comment

ça marche sauf opposition

écrite. Les informations

pourront faire l'objet d'un droit

d'accès et de rectification dans

le cadre légal.

Ce magazine est édité sous

licence de la société anglaise

Future Publishing Limited.

Tous les droits d'utilisation liés

à la licence, incluant le nom

How It Works, appartiennent

à Future Publishing Limited

et ne peuvent être reproduits,

en partie ou dans leur

intégralité, sans consentement

préalable écrit et délivré par

Future Publishing Limited.

© Future Publishing Limited.

www.futureplc.com

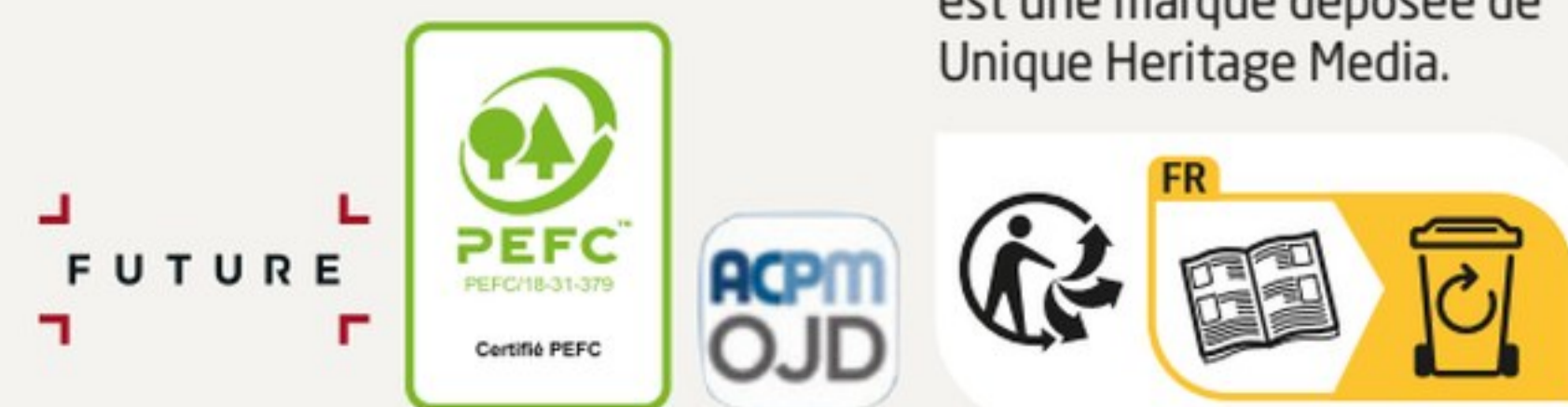
Ce numéro comporte une offre

de réabonnement et un dépliant

Multi-titres Mailing Noël Fleurus

Presse

Comment ça marche est une marque déposée de Unique Heritage Media.



Chaque mois, nous vous faisons (re)découvrir une œuvre de science-fiction qui a sa place dans le panthéon de l'anticipation.

MALEVIL

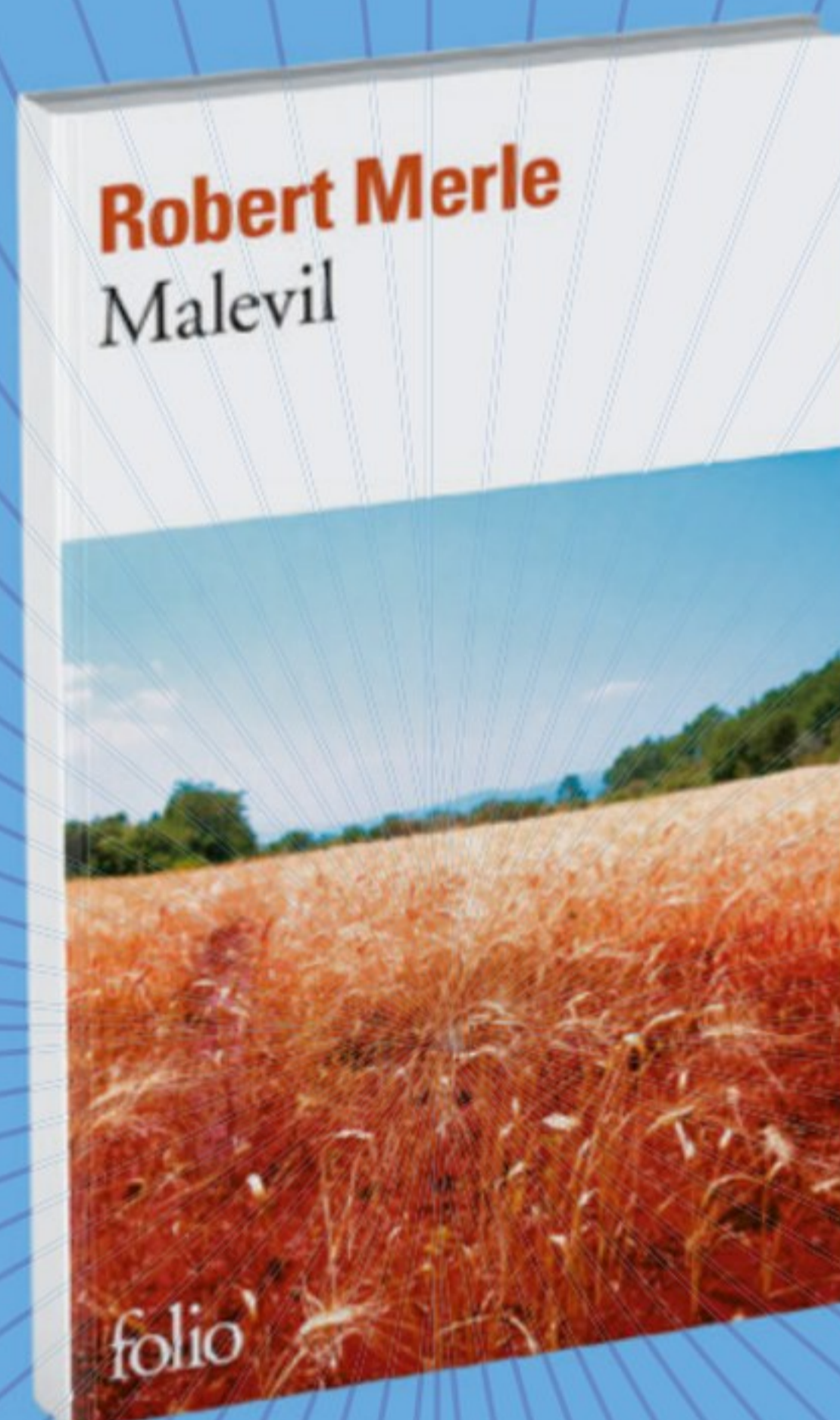
Retour vers le Moyen Âge

Alors que la menace nucléaire a fait son grand retour dans l'actualité, plus vive est la curiosité de visiter un village français se remettant d'une attaque et d'observer comment les survivants s'échinent à reconstruire une civilisation.

Par Delphine Gaston-Sloan

● L'histoire

1977. Une bombe atomique a décimé la population française (de même que la faune et la flore) et fait disparaître tout élément de modernité. Une petite bande de quadragénaires, amis d'enfance de la campagne périgourdine, miraculeusement rescapés, investit le château fort de Malevil. Ils doivent rapidement se remettre du choc et s'organiser, il en va de leur survie. Privés de tout, dans la crainte d'attaques extérieures, mais forts de leur fraternité, ils refont un monde.



de Robert Merle,
roman français publié en 1972

● Les adaptations

En 1981, Christian de Chalonge (*L'Argent des autres*) réunit un prestigieux casting (Serrault, Villeret, Dutronc, Trintignant), mais s'éloigne largement du roman au point que Robert Merle s'oppose à ce que son nom apparaisse au générique. *Malevil* a aussi fait l'objet d'un téléfilm diffusé sur France 3 en 2010, à partir d'un scénario signé par Jean Rouaud, lauréat du Goncourt 1990.

● Le contexte

Avec la Seconde Guerre mondiale, Merle a fait l'expérience du chamboulement de la vie, quand il est passé de la paisible condition de professeur à soldat sur le front, puis prisonnier au stalag. Une rupture provoquée par des décisions politiques échappant à son contrôle. Quand il compose *Malevil*, œuvre post-apocalyptique relatant les lendemains d'une charge nucléaire, l'angoisse qui pèse sur l'existence de l'Homme est d'autant plus prégnante qu'il y a eu Hiroshima et Nagasaki en 1945, que la guerre froide entre les blocs Ouest et Est fait planer le péril atomique comme une épée de Damoclès.

● L'auteur

D'une famille de colons, Robert Merle naît en Algérie en 1908. À Paris, élève brillant, il est licencié en philosophie, docteur ès lettres, agrégé d'anglais. Enseignant et traducteur, il est mobilisé en 1939. Prisonnier trois ans dans un camp allemand, il en tire le roman *Week-end à Zuydcoote*, prix Goncourt 1949. Il dénonce aussi les camps de concentration (*La mort est mon métier*, 1952), le colonialisme et le racisme (*L'Île*, 1962). Son message humaniste se prête à la SF (*Malevil*, 1972; *Les Hommes protégés*, 1974). *Fortune de France* (treize tomes, 1977-2003) le sacre maître de la saga historique. Il s'est éteint en 2004.

● Ses prémonitions

L'effondrement de la société n'a pas encore eu lieu. Pourtant, les survivalistes s'y préparent et ils rencontrent, actuellement, un fort écho. Au point que le quidam soit tenté de participer à des stages de survie, dont l'offre est devenue pléthorique. Entre survivalistes, le débat n'est pas tranché : l'après rimera-t-il avec combats ou entraide ? Robert Merle met en pratique ce questionnement. Reste à souhaiter que le rôle arriéré et abaissant qu'il réserve aux femmes dans *Malevil* (enfanter, remplir des tâches ménagères, satisfaire les besoins sexuels des hommes) ne soit en rien visionnaire.



Découvrez Epsilon

LE NOUVEAU MAGAZINE D'ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE



Abonnez-vous

À PARTIR DE
4,50€/MOIS*



sur notre site
EPSILOON.COM



ou par téléphone
01 87 64 09 62

Du lundi au vendredi de 9 h à 19 h

LES SURPRENANTS POUVOIRS DE L'EFFET



■ DÉCRYPTER: QUAND L'ÉNERGIE EST SOUS TENSION

■ OBSERVER: À LA DÉCOUVERTE DES FJORDS

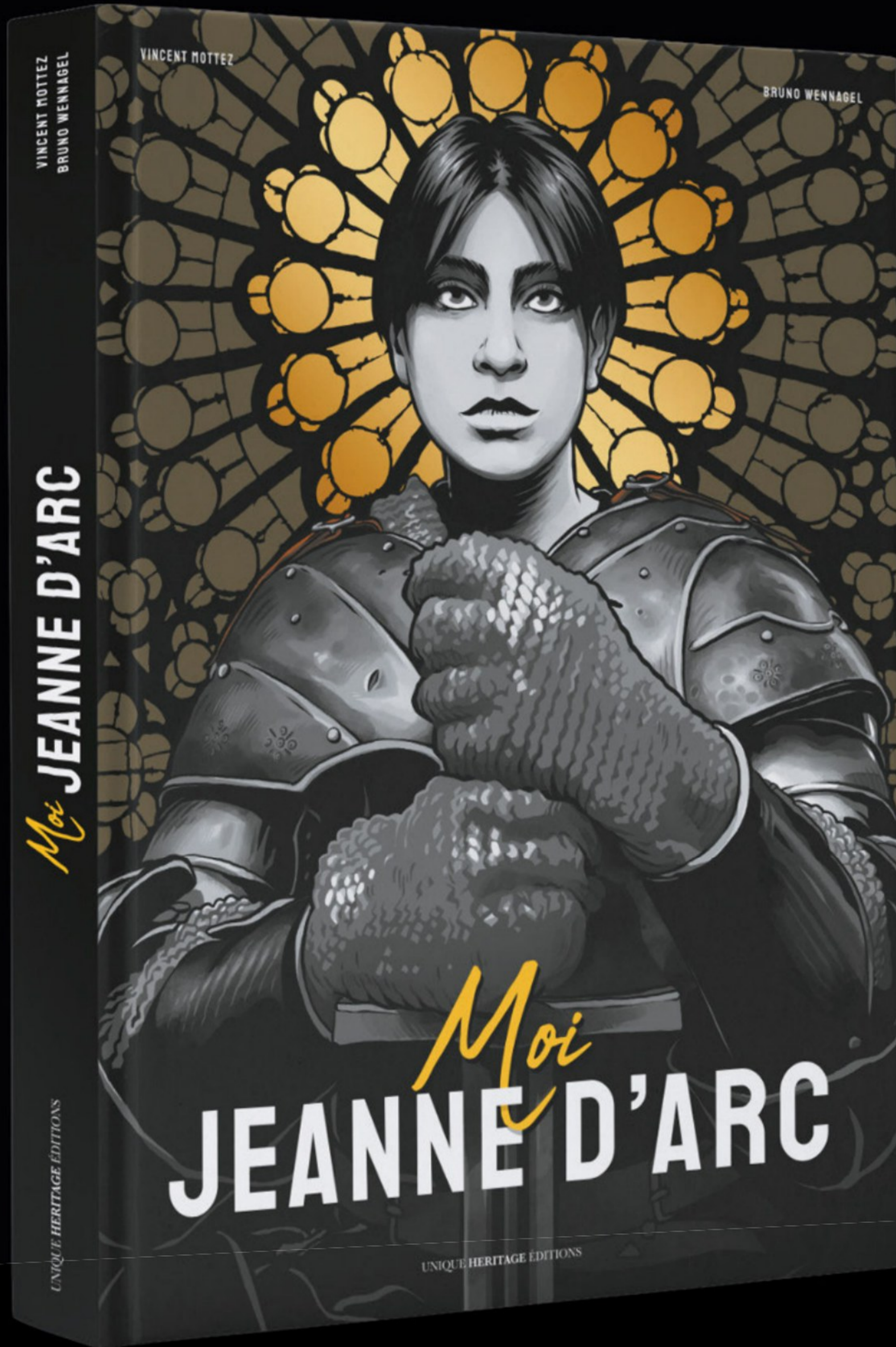
■ EXPLORER: LES TROUS NOIRS SUPERMASSIFS

■ INNOVER: LES NOUVEAUX DIRIGEABLES

■ RACONTER: QUAND L'ANGLETERRE ÉTAIT RELIÉE À L'EUROPE

■ AGENDA: CINÉ, JEUX VIDÉO, BD, LIVRES, EXPOS...

DISPONIBLE EN LIBRAIRIE



LE PREMIER ROMAN GRAPHIQUE
CONSACRÉ À LA PLUS CÉLÈBRE HÉROÏNE DE
l'Histoire de France