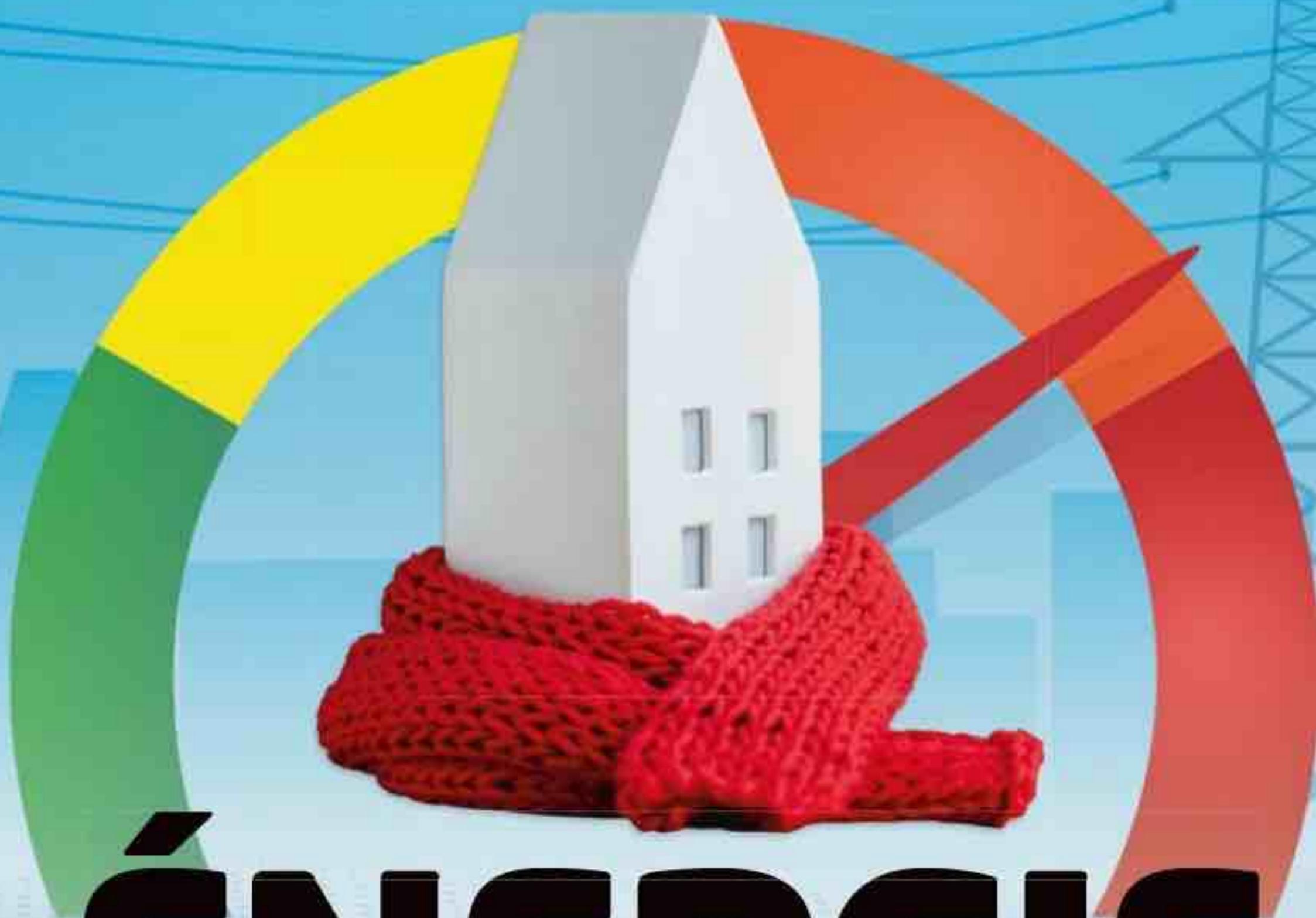


Comment ça marche

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

#146

L'EFFET PLACEBO



ÉNERGIE UNE SITUATION SOUS TENSION

EXPLORER

**Plongée au cœur
des trous noirs**

INNOVER

**Voyager en ballon
stratosphérique**

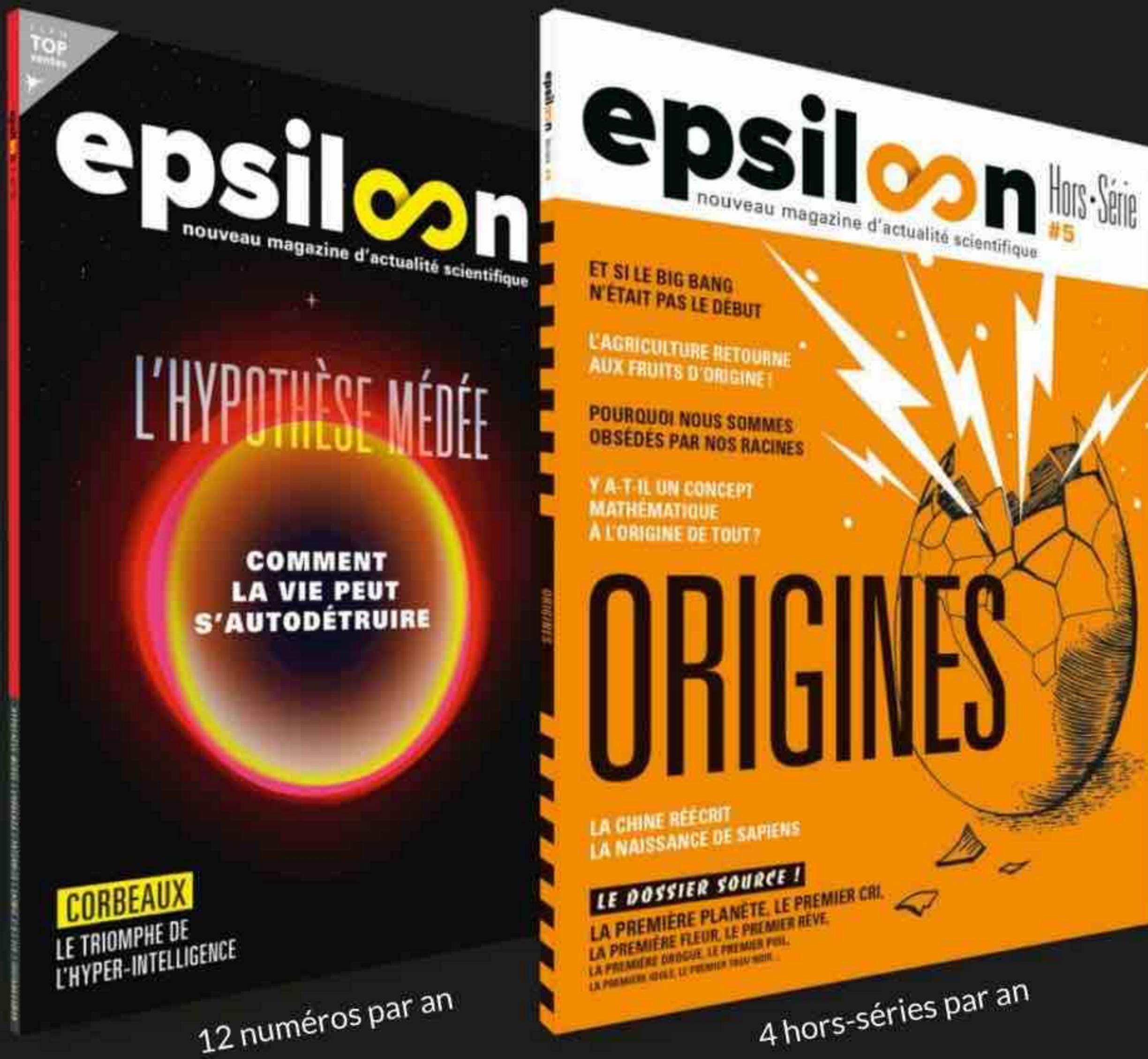
RACONTER

**Le Brexit
préhistorique**



Découvrez Epsiloon

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



Ascenseur, feu tricolore aux passages piétons, thermostat au bureau... Chaque jour, nous pressons compulsivement nombre de boutons. Pourtant, cela s'avère souvent inefficace, leur unique fonction étant d'agir tels des «placebos mécaniques».



LES BOUTONS PLACEBO

Même si nous appuyons inutilement dessus, ils nous aident à prendre notre mal en patience

Il font partie de notre quotidien, a fortiori si l'on est citadin : les «boutons placebo» que l'on presse pour accélérer le passage au vert du feu piétons, ou dans les ascenseurs pour en hâter l'ouverture ou la fermeture. Or, comme leurs homonymes médicaux (les substances placebo), ils n'ont pas d'efficacité propre, même si, eux aussi, agissent sur nous de manière positive (*lire page 34*). Comment ? En nous procurant l'illusion du contrôle, comme l'a décrit Ellen Langer, professeure de psychologie à l'université américaine de Harvard. Ces boutons placebo réduisent donc le stress de ceux qui les utilisent, bien qu'ils soient, dans la majorité des cas, improductifs. Au passage piétons, appuyer sur le bouton du feu n'aura, de fait, aucun effet, du moins en journée. Pour une simple raison : ne pas perturber le trafic routier. L'alternance vert/rouge est effectivement réglée selon un cycle précis afin de maintenir la coordination des feux tricolores à l'intérieur d'une zone et d'assurer la bonne circulation des véhicules, tout en veillant à la sécurité des piétons qui veulent traverser.

Or, si ces boutons accéléraient le passage au vert piétons, ils désynchroniseraient l'ensemble de la signalisation tricolore d'un réseau et troubleraient la fluidité du trafic. La nuit, en revanche, la majorité des feux passe au rouge après pression de ces boutons. Même constat pour ceux de fermeture et d'ouverture des ascenseurs : leur manipulation est souvent vaine. Aux États-Unis, leur fonctionnalité a même été désactivée dans les années 1990, suite à une directive qui a imposé que les portes d'ascenseurs restent ouvertes suffisamment longtemps pour que les personnes à mobilité réduite puissent y entrer et en sortir en toute sécurité. Autre intervention stérile : la modulation des thermostats dans certains espaces publics, comme les bureaux ou les hôtels. Dans ces lieux, agir grâce aux boutons est illusoire, la température étant réglée au préalable et fixe. Mais, là encore, l'impression de pouvoir la contrôler permet de mieux supporter l'inconfort. Même si ces boutons placebo nous dupent, force est de constater qu'ils nous aident à patienter. Une bonne raison pour continuer à les presser ! **© Karine Jacquet**



Le mot du mois

Énergie

Nom féminin tiré du latin *energia* (force en action).

Définition

Il est généralement employé pour désigner une force physique ou morale qui permet à une personne d'agir, voire de réagir. En physique, l'énergie définit la capacité d'un corps ou d'un système à produire un travail. On distingue ainsi différentes formes d'énergie : mécanique, chimique, électrique, nucléaire. Ce terme caractérise également des matières premières ou un phénomène naturel pouvant fournir un travail, comme les énergies fossiles ou les énergies renouvelables, dont l'éolien ou le solaire.

© Couverture et édito : 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

40

POIVRONS ET PIMENTS

Issus d'une seule et même plante, pourquoi libèrent-ils des saveurs si opposées ?



Décrypter

Rencontrer

30

INTERVIEW

François Bourgeon, un maître de la bande dessinée française.



Innover

54

BALLON STRATOSPHÉRIQUE

Une nouvelle forme de tourisme « spatial », sans apesanteur mais avec vue imprenable garantie.



Nature Techno Histoire Espace Science Société

06 FAQ

09 Les chiffres du mois

10 Actualités des sciences

18 5 choses à savoir sur le Festival de bande dessinée d'Angoulême

20 Dossier : énergie, une situation sous tension

30 Interview : François Bourgeon, auteur de BD

34 Les surprenants pouvoirs de l'effet placebo

40 Du poivron au piment, une question de piquant !

44 Trous noirs supermassifs : à la poursuite des géants de l'Univers

50 Drones : le vol des « faux bourdons »

54 Voyage à bord d'un ballon stratosphérique

58 French Tech : BioSafeLight

60 Mammifères, portrait de famille

68 La cascade de feu

70 Comment la Grande-Bretagne est devenue une île...

74 Jules Verne

76 Sorties, expos, BD, livres...

81 Un classique de la SF

Ce numéro comporte une offre de réabonnement.

dossier



20

ÉNERGIE : UNE SITUATION SOUS TENSION

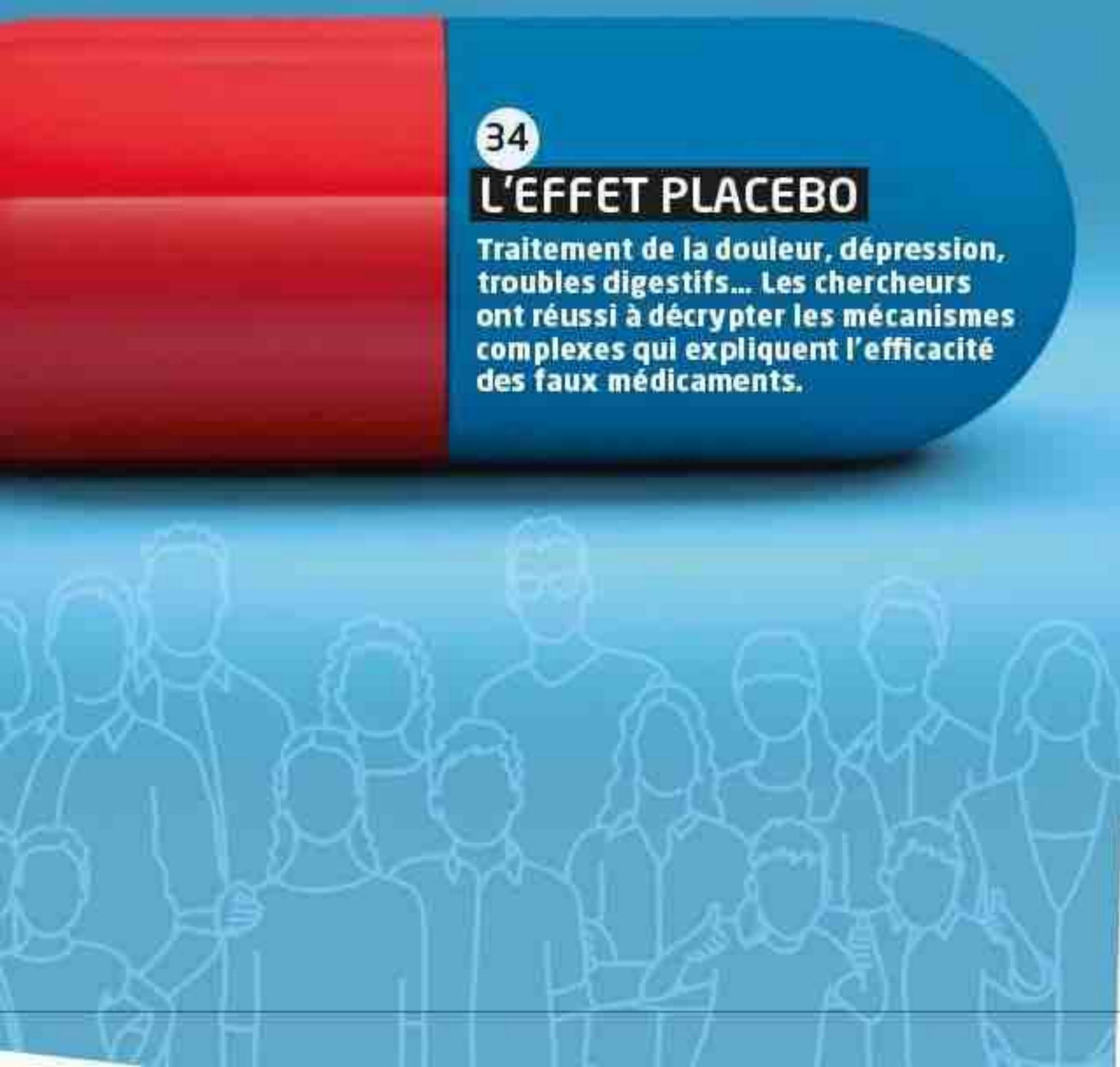
Au-delà des rudesses de l'hiver en cours, comment la France se prépare-t-elle à affronter, à plus long terme, les conséquences de la crise énergétique mondiale et du réchauffement climatique ?

Décrypter

34

L'EFFET PLACEBO

Traitements de la douleur, dépression, troubles digestifs... Les chercheurs ont réussi à décrypter les mécanismes complexes qui expliquent l'efficacité des faux médicaments.



44

TROUS NOIRS SUPERMASSIFS

La traque de ces mastodontes commence à nous apporter des preuves indirectes et néanmoins concrètes de leur existence...

Événement

18

FESTIVAL D'ANGOULÊME

Cet événement majeur de la planète BD fête ses 50 ans.

70

BREXIT PRÉHISTORIQUE

Il y a 8 000 ans, un tsunami submergeait les terres qui reliaient la Grande-Bretagne à ses ex-proches voisins européens.

Raconter



Explorer



Observer



60

MAMMIFÈRES

Chauve-souris, dauphin, ours brun... Qu'ont-ils exactement en commun et que les autres n'ont pas ?

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



Le fait de rouler sur rails plutôt que sur pneus réduit-il la consommation énergétique d'un véhicule?

Question de Nathan F., Toulouse (Haute-Garonne)



Interrogé, Didier Janssoone, ingénieur et auteur de *Technologie fonctionnelle du transport ferroviaire et urbain* (Dunod, 2021), propose de mettre en parallèle le métro sur fer et le métro sur pneus, puisque les voitures ne roulent pas sur rails, nous ne disposons pas de point de comparaison. Selon l'expert, le métro sur pneumatiques (MP) consomme, en kilowattheures, 20 % de plus qu'un métro sur fer (MF). Raison

pour laquelle la RATP a renoncé à l'idée d'adapter toutes ses lignes au pneumatique, pourtant plus performant en matière d'accélération et de freinage, et demandant trois fois moins d'entretien. Le métro sur fer sollicite plus les rails qu'il faut meuler régulièrement, entre autres. Le métro sur pneus, innovation conçue par Renault et Michelin après la Libération, a pris son service en 1956, au terme d'une longue mise à l'épreuve. Plusieurs

lignes ont été transformées avec le temps, en commençant par les plus chargées. La RATP s'est toutefois arrêtée en chemin face à l'important coût de conversion : il fallait des rames équipées de pneus... mais aussi conserver les rails et les roues de chemin de fer pour faire fonctionner la signalisation. Sans compter la facture énergétique salée provoquée par les accélérations et freinages puissants, rendus possibles par une adhérence supérieure.

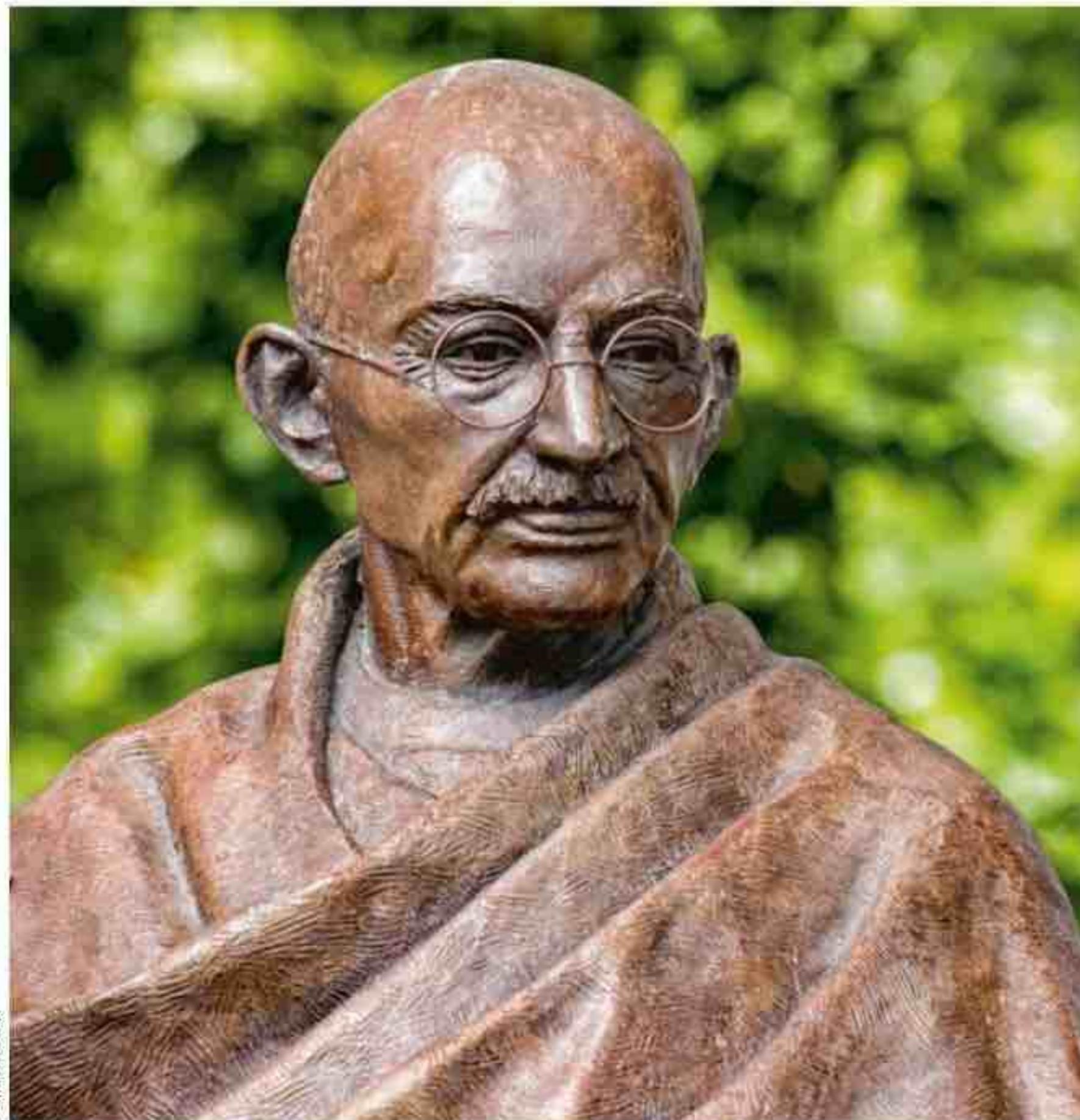
Pourquoi le Thermolactyl tient-il chaud?

Question de Marie P., Vouziers (Ardennes)

Commençons par présenter le Thermolactyl. Il s'agit d'une marque de sous-vêtements mise au point en 1953 par la société Damart, installée rue Dammartin (d'où son appellation), à Roubaix (Nord). Ils sont réalisés à partir du Rhovyl, nom donné à des fibres synthétiques présentées comme révolutionnaires, issues de l'industrie pétrochimique naissante. Ce textile thermique réchauffe le corps grâce à la triboélectricité. Le principe de la chaleur active est simple : en contact avec la peau sur laquelle il se frotte, le tissu produit de l'électricité statique. Ainsi, celui qui le porte fabrique lui-même sa propre chaleur. D'où le fameux slogan lancé en 1970 : «*Froid, moi ? Jamais !*» Aujourd'hui, Damart a abandonné la triboélectricité au profit de deux nouveaux procédés. En mode «double vitrage», des bulles d'air emprisonnées au cœur de la fibre isolent du froid. En mode «couverture de survie», la fibre est chargée de microréflecteurs infrarouges qui renvoient la chaleur du corps. En 2022, Damart s'enorgueillissait d'avoir vendu 420 millions de Thermolactyl dans le monde en soixante-dix ans.



© Damart / Éric Mathéron Bajay



Shutterstock

Mahatma était-il le prénom de Gandhi?

Question de Gabriel V., Montbrison (Loire)

CNon, Gandhi (1869-1948) se prénommait Mohandas Karamchand. Mahatma était son surnom. Ce terme signifie « grande âme » en sanskrit, une langue indo-européenne jadis parlée dans tout le sous-continent indien. Il s'agit en fait d'une marque de respect, d'un titre honorifique attribué à des personnalités spirituelles, des sages que l'on tient en haute estime. Né en Inde dans une famille aisée, Gandhi fait des études de droit en Angleterre et devient avocat, profession qu'il exerce en Afrique du Sud où il défend ses compatriotes victimes de ségrégation raciale. Rentré en Inde, il lutte contre les colons anglais, en appelant au boycott de leurs produits, ce qui lui vaut plusieurs séjours en prison pour désobéissance civile. Chantre de la non-violence, notamment entre hindous et musulmans, il organise des marches militantes, pratique le jeûne. Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, il s'implique dans l'indépendance de l'Inde, actée le 15 août 1947. Il meurt assassiné sous les balles d'un fanatique hindou quelques mois plus tard, le 30 janvier 1948.

La fonte des glaces est-elle la seule responsable de la montée des océans ?

Question d'Eulalie N., Varengeville (Seine-Maritime)



Non, elle n'est pas seule en cause. En plus d'entraîner la fonte des glaces, le réchauffement climatique fait aussi grimper la température de l'eau des océans. Or, plus celle-ci est chaude, plus ses molécules se mettent en mouvement, s'écartant les unes des autres, avec pour effet d'accroître globalement son volume. C'est ce que l'on appelle la dilatation thermique. Évidemment, cette élévation du niveau des océans n'est pas uniforme et varie suivant les régions à l'échelle de la planète, mais elle est en constante augmentation. Au XX^e siècle, elle était de 1,4 mm par an, pour atteindre aujourd'hui 4 mm. Mais la fonte des glaciers pourrait aggraver notablement la situation dans un avenir proche. Selon un rapport du Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), celle des glaciers de l'Antarctique et du Groenland compte déjà pour moitié environ dans la montée du niveau des eaux.



© Shutterstock

D'où viennent les points de suspension ?

Question de Kéline F., Paris (19^e arrondissement)



Dans son *Dictionnaire historique de la langue française* (Le Robert), le linguiste Alain Rey date l'apparition du terme « points de suspension » de 1752. Avant, ce signe de ponctuation a porté d'autres noms, comme points multiples ou point d'omission. Il a été utilisé pour la première fois en 1633 dans la version imprimée de la première œuvre de Pierre Corneille (1606-1684),

Mélite ou Les Fausses Lettres. Ainsi peut-on lire dans la bouche de Tircis (*acte I, scène 5*): *Non, pas si tôt, adieu,* *[ma présence importune* *Te laisse à la merci d'amour,* *[et de la brune.* *Continuez les jeux que j'ai...* Avant que sa sœur, Cloris, ne lui coupe la parole. Au XVIII^e siècle, la littérature libertine s'en saisit pour suggérer tout ce que l'on ne dit pas, parce qu'on ne le

veut ou ne le peut pas. Les points de suspension soulignent aussi la limite à laquelle peuvent se heurter les mots dans leur faculté d'expression, à couper court à une fastidieuse énumération... Symétriquement, ils accordent au lecteur une grande liberté d'interprétation. Peu à peu, ces trois petits points, comme on les appelle familièrement, loin de se cantonner à un rôle neutre de signe typographique, ont fait preuve de suite dans les idées.

Les chiffres du mois

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



La première image d'un trou noir a été obtenue en

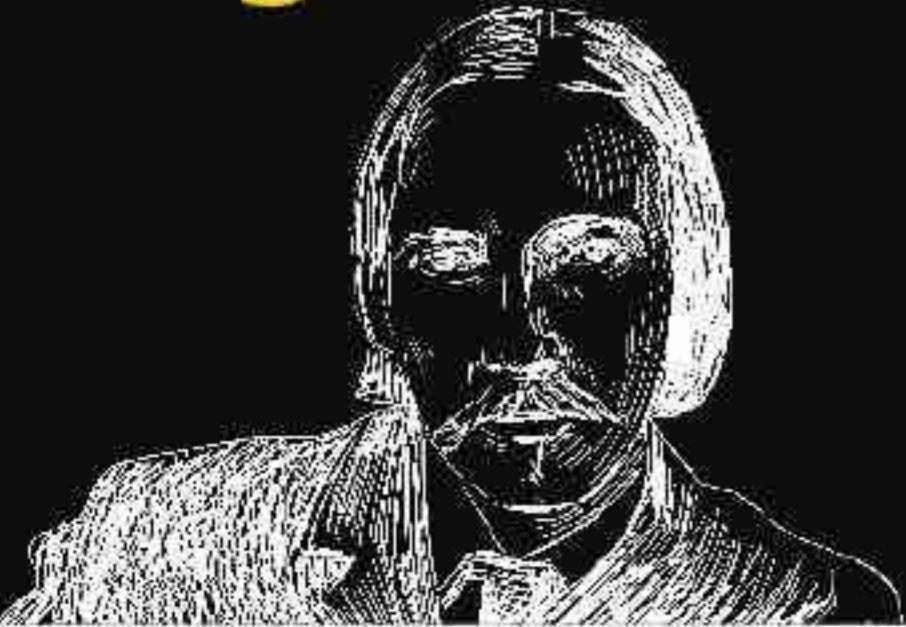
2019

La Grande-Bretagne est une île depuis **8000 ans**

Le niveau des océans s'élève de 4 mm chaque année

R. L. Stevenson a écrit *Dr Jekyll et Mr Hyde* en

3 jours



5 500 espèces
constituent la classe des mammifères



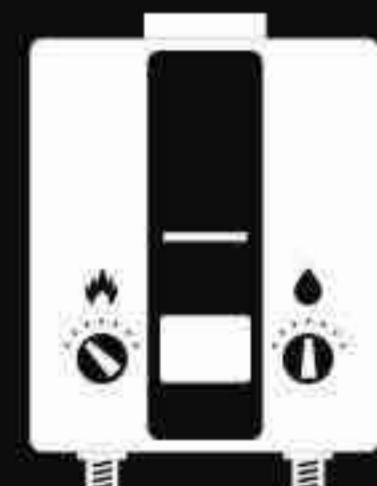
35 %
des patients
répondent positivement à l'effet placebo

En 2022,
le trou de la couche d'ozone a atteint
26 400 000 000 km²



Les passagers du *Spaceship Neptune* monteront à
30 km
d'altitude

Le plus vieil ADN découvert a
2 millions d'années



Une chaudière individuelle à gaz rejette
4,5 tonnes de CO₂ par an

Actualités sciences

Nature

Techno

Histoire

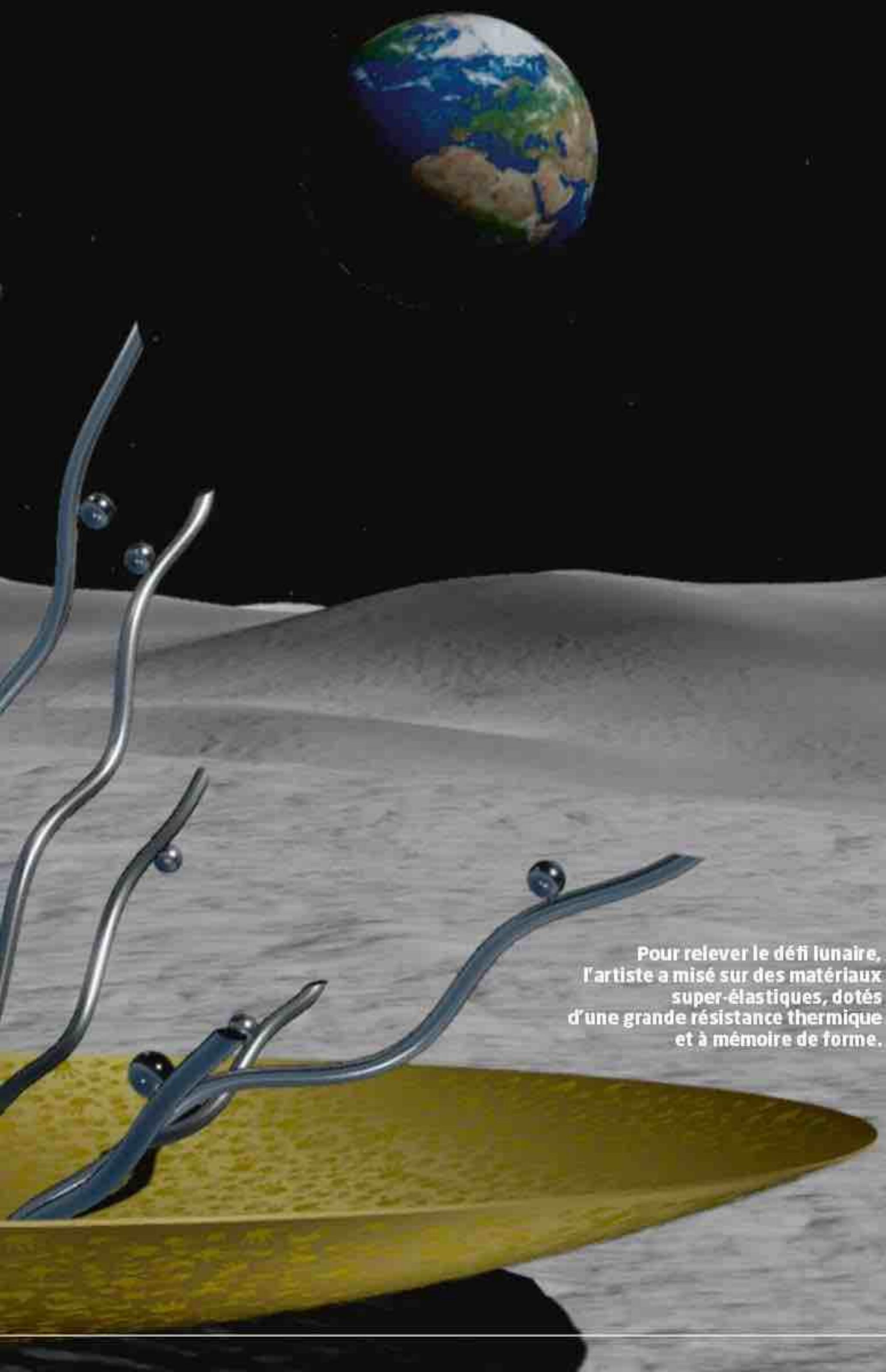
Espace

Science

Société

Par Muriel Valin et Louna Esgueva

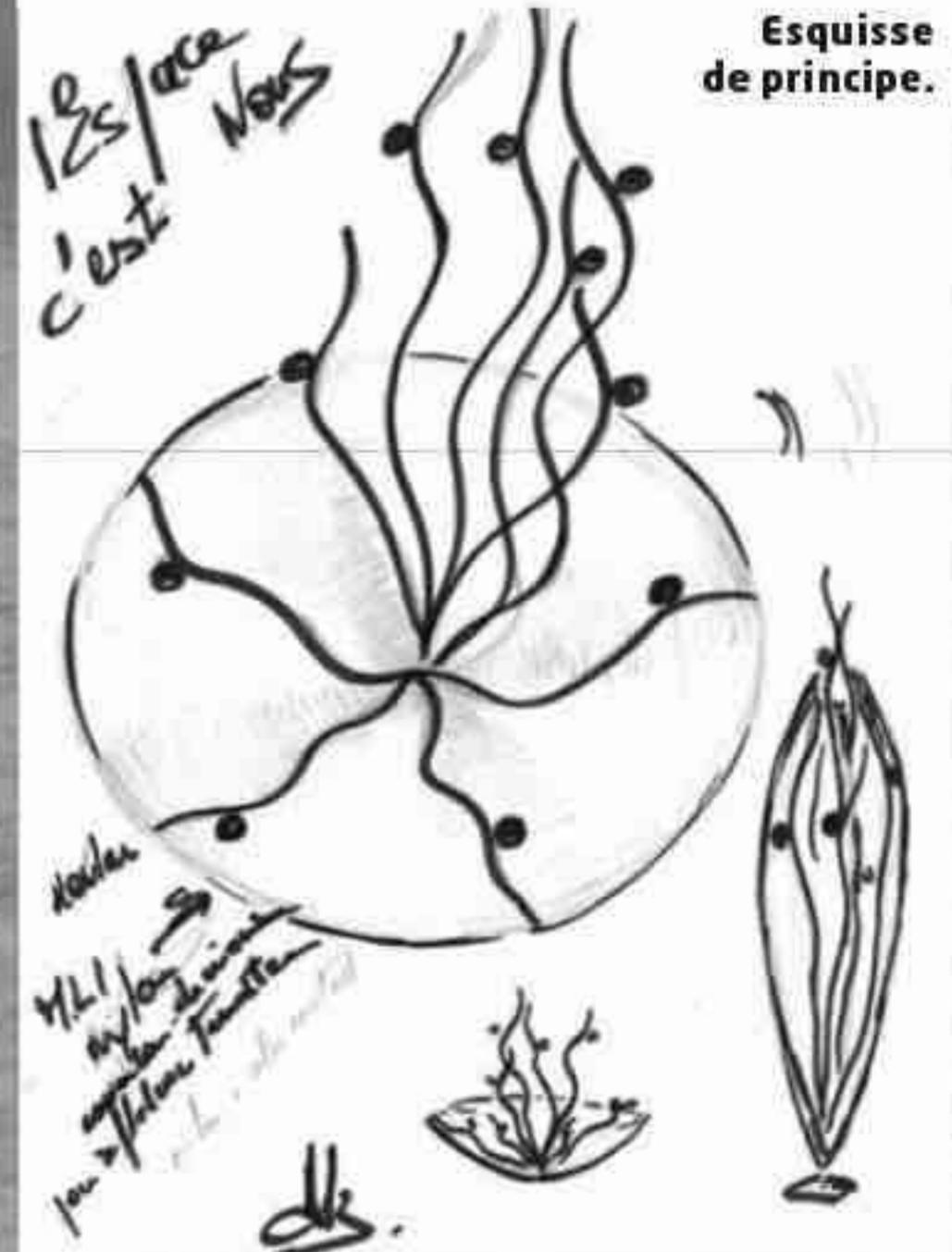
Cocon le jour, Vitae
('vie' en latin) éclorait
chaque nuit, révélant
un million d'empreintes
de Terriens sur sa corolle



Pour relever le défi lunaire, l'artiste a misé sur des matériaux super-élastiques, dotés d'une grande résistance thermique et à mémoire de forme.

ART Décoration lunaire

Voici ce qui pourrait bien être l'une des premières œuvres d'art à rejoindre l'espace, plus précisément notre satellite naturel, la Lune. Cette curieuse sculpture en forme de fleur, encore en cours de réalisation, est l'œuvre de la plasticienne française Anilore Banon. Pour la fabriquer, la sculptrice a recours à des matériaux spéciaux: du Nitinol, c'est-à-dire un alliage à mémoire de forme, composé de nickel et de titane, ainsi que du Kapton, qui a la propriété d'être inerte au chaud et au froid (les températures de la Lune oscillant entre +150 et -120 °C). Pendant la journée, *Vitae* – c'est le nom de cette œuvre – sera fermé comme un cocon; la nuit venue, celui-ci se déploiera pour laisser apparaître un million d'empreintes de mains humaines miniaturisées, numérisées et gravées sur sa surface. Une fois ouvert, l'objet mesurera 1,5 m de diamètre. Pour mener son projet jusqu'au bout, Anilore Banon est soutenue par des équipes scientifiques (CERN, Nasa, Dassault Systèmes...). Envoi prévu entre 2024 et 2025...



TECHNOLOGIE

Le chatbot qui veut avoir réponse à tout

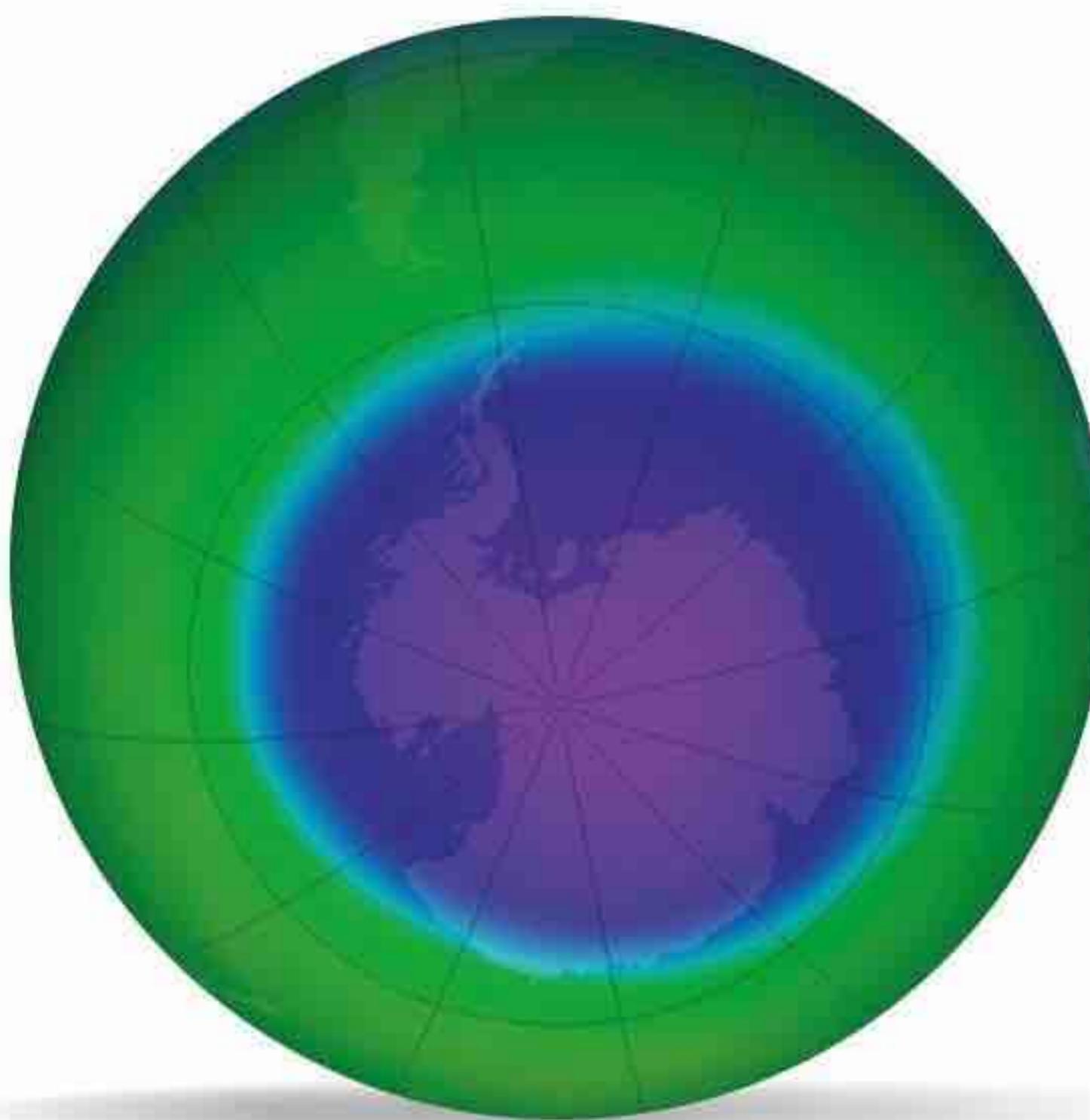
Il y a quelques mois, vous avez peut-être entendu parler d'un nouveau programme informatique qui dessine à la demande. Tel le petit prince, le héros de Saint-Exupéry, on peut lui dire «*Dessine-moi un mouton*» et il s'exécute à merveille. L'entreprise américaine OpenAI, à l'origine de cette révolution, vient de franchir un pas de plus. Fin 2022, elle a sorti une application baptisée ChatGPT, capable de répondre à des questions et d'écrire des textes à la demande et ce, dans plusieurs langues (dont le français). Quelles nouveautés par rapport aux enceintes connectées? Le niveau de qualité des échanges! Loin du robot basique parfois un peu limité, ChatGPT est bluffant par sa pertinence. À tel point que certains spécialistes commencent à se demander s'il ne pourrait pas rédiger des articles à la place des journalistes ou s'il ne risque pas de faire les devoirs scolaires à la place des élèves. La frontière du langage entre machines et humains pourrait bien se réduire dangereusement...

© Shutterstock



Le programme d'intelligence collaborative proposé par OpenAI est capable d'écrire n'importe quel type de texte sur commande.

Aperçu de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique en octobre dernier.



© NASA

ENVIRONNEMENT

Le trou de la couche d'ozone s'élargit

Mauvaise nouvelle: le trou de la couche d'ozone, la couverture qui protège la Terre en absorbant les rayonnements ultraviolets les plus nocifs du Soleil, a, en 2022, atteint 26,4 millions de kilomètres carrés. La plus grande surface observée depuis 2015! Malgré tout, les chercheurs de la Nasa assurent que «*toutes les données indiquent que la couche d'ozone est en voie de guérison*». Selon eux, le trou pourrait même totalement se refermer à l'horizon 2070. Alors, comment expliquer qu'il s'élargit? En raison de la météo, précisent les chercheurs. Le trou découvert au début des années 1980 était surtout dû à la pollution humaine, notamment aux molécules de chlore et de brome (libérées par les climatisations et les réfrigérations), qui détruisent les molécules d'ozone. Cette fois, c'est le froid qui est en cause. En effet, quand la stratosphère (située entre 18 et 50 km d'altitude) est froide, le chlore décompose mieux l'ozone. Or, même si les substances chimiques destructrices ont diminué de moitié, il en reste!

ESPACE

Ce satellite fait de l'ombre aux étoiles

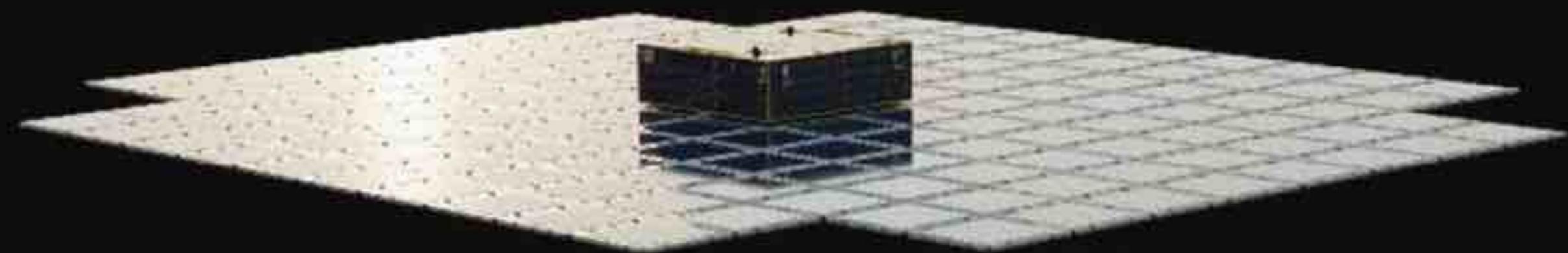
Son nom : *BlueWalker 3*. Lancé en septembre dernier par l'entreprise américaine AST SpaceMobile, ce satellite de téléphonie, conçu pour fournir une connectivité haut débit 5G directement aux appareils mobiles, a été placé en orbite terrestre basse (moins de 2 000 km d'altitude). Jusqu'ici, rien d'extraordinaire, sauf qu'avec son antenne de 64 m² (la moitié d'un terrain de volley-ball) – un record de surface pour un satellite –, c'est l'un des objets les plus lumineux dans le ciel. Fin novembre, l'Union astronomique internationale a publié un communiqué officiel indiquant qu'il éclipsait actuellement

toutes les étoiles, excepté les plus brillantes. Ce qui pose de sérieux problèmes aux scientifiques en matière d'observation. Mais ce n'est pas tout. En effet, ce type de satellite utilise également des ondes radio pour transmettre des signaux destinés aux téléphones portables sur Terre. Or, ces ondes risquent, elles aussi, d'interférer avec celles détectées par les astronomes dans leurs observations de l'espace. Enfin et surtout, *BlueWalker 3* est censé être le premier d'une longue série de satellites au moins aussi nuisibles. Les astronomes alertent donc sur cette pollution lumineuse en pleine croissance....



Le satellite d'AST SpaceMobile et sa gigantesque surface de cellules solaires.

L'idée « lumineuse » de *BlueWalker 3* donne des cauchemars aux astronomes



**Les mammouths laineux
nouveaux agents de la CIA ?
Ramenés à la vie
grâce au génie génétique,
ils pourraient lui rendre
quelques services...
pas si secrets**



BIOTECHNOLOGIE

La CIA veut ressusciter le mammouth laineux

Y a-t-il un lien entre un mammouth laineux disparu il y a quelque 4000 ans et la CIA? A priori aucun. Pourtant, l'agence américaine de renseignement vient d'investir dans la firme Colossal Biosciences, lancée en 2021 et basée au Texas, dont le projet est de ramener à la vie des espèces animales disparues. Autant dire que ce souhait est vain, car il est aujourd'hui techniquement impossible de redonner vie à une copie conforme de *Mammuthus*

primigenius. Pour faire revenir d'entre les morts ce pachyderme, ou plus exactement donner vie à une créature hybride qui ressemblerait à un éléphant doté des caractéristiques de résistance au froid du mammouth, notamment sa fourrure ou sa couche de graisse, la société compte utiliser la technologie du génie génétique. À savoir, CRISPR, les fameux ciseaux moléculaires grâce auxquels les chercheurs peuvent couper, coller et remplacer des séquences de gènes spécifiques

dans l'ADN d'un organisme, ici celui de l'éléphant moderne. Et c'est cette technologie de génie génétique qui intéresse véritablement la CIA, et pas la résurrection du mammouth laineux. En effet, les applications de cette biotechnologie pourraient servir à créer de nouveaux biomatériaux, améliorer la résistance des cultures face au réchauffement climatique, prévenir et lutter contre les épidémies et remédier aux maladies génétiques humaines. Tout un programme!



LE PLUS VIEIL ADN DU MONDE

Un fragment d'ADN a été retrouvé dans les sols gelés de la partie nord du Groenland par une équipe internationale de chercheurs. Ce sont les restes d'un mastodonte, un ancêtre à mi-chemin entre un mammouth et un éléphant, qui a vécu il y a 2 millions d'années. D'autres analyses génétiques d'échantillons ont révélé que la zone, autrefois luxuriante, accueillait bon nombre d'autres animaux comme des rennes et des rongeurs. Un écosystème aujourd'hui disparu.

MÉDECINE

Attraper froid, c'est quoi ?



© Shutterstock

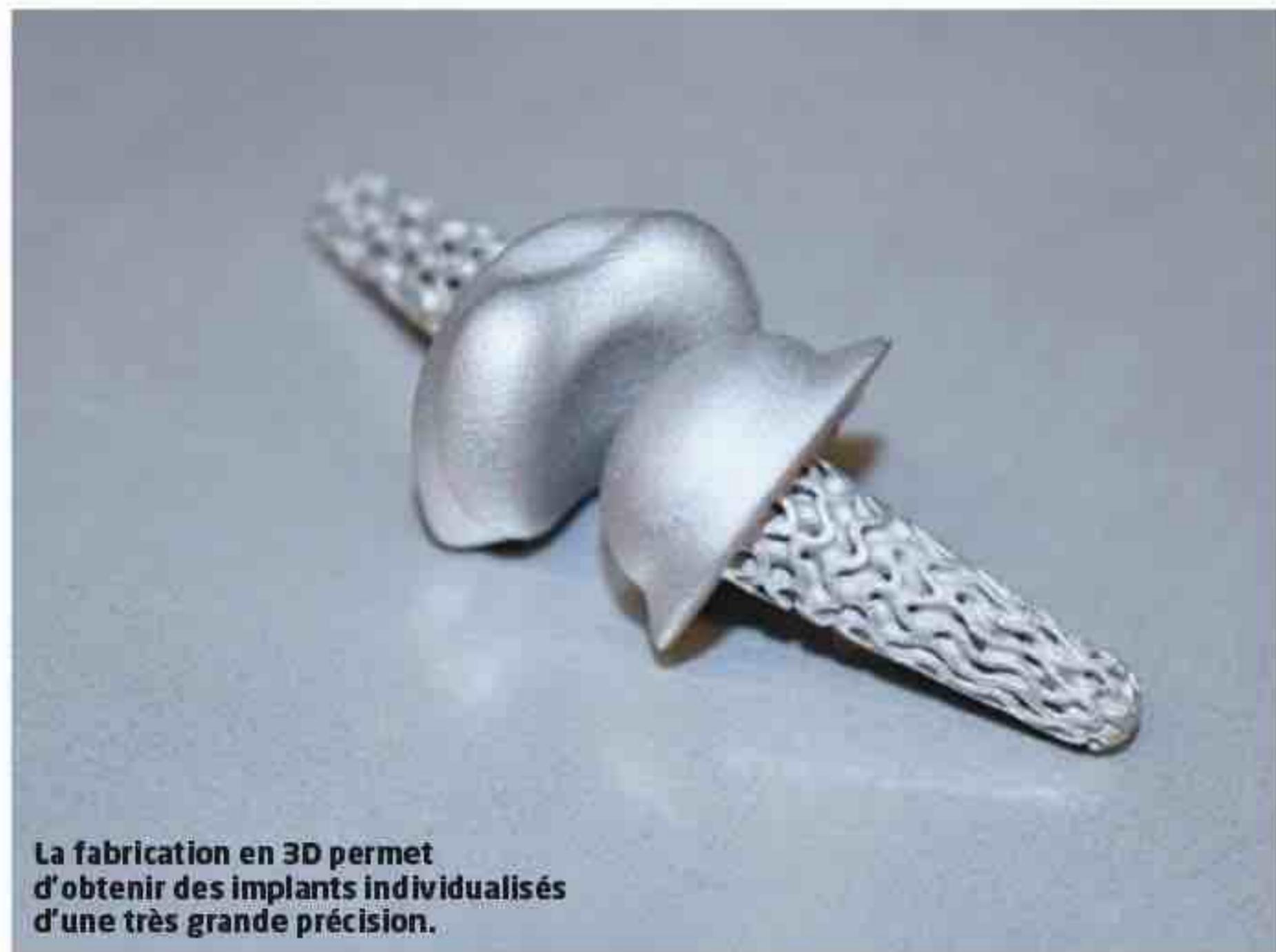
Existe-t-il un rapport direct entre la température extérieure glaciale et le fait de tomber malade ? Les avis divergeaient, faute de preuves avérées. Plus maintenant ! Une équipe américaine de Harvard vient de clore le débat en démontrant l'existence d'un lien de cause à effet. Notre organisme contient des milliards de petites poches remplies de liquide, connues sous le nom de vésicules extracellulaires. Celles-ci peuvent s'ouvrir pour servir de défense en cas d'attaques microbiennes. Mais les chercheurs

américains ont montré que le froid a tendance à bloquer le déclenchement de ce phénomène immunitaire au niveau du nez, dès que la température descend à 4 °C ou en dessous. Sans défense pour lutter contre l'attaque de microbes, notre organisme tombe alors malade. A fortiori en hiver lorsque l'on a tendance à s'enfermer davantage dans des lieux clos, où la promiscuité renforce aussi les risques de s'échanger des microbes. Autant d'ingrédients réunis pour que les rhumes circulent allègrement et sans vergogne !

MÉDECINE

De la 3D au bout des doigts?

Dans la catégorie des prothèses et implants, on entend régulièrement parler de hanches et de genoux artificiels. Qu'en est-il pour les articulations des doigts? Selon la Société allemande de rhumatologie, 2% de la population en Allemagne souffrent de rhumatismes altérant cette partie du corps, sans compter les blessures accidentelles qui peuvent également empêcher un fonctionnement normal. Or, jusqu'ici, les modèles de prothèses digitales n'étaient pas satisfaisants, en matière de durabilité comme d'amplitude de mouvements. L'institut de recherche allemand Fraunhofer, qui travaille depuis plusieurs années sur le sujet, vient d'annoncer qu'il avait mis au point les premières articulations artificielles imprimées en 3D personnalisables pour chaque patient. Le principe: transformer les images radio en 2D des doigts en modèle numérique en 3D, puis façonnner les implants en titane sur mesure.



La fabrication en 3D permet d'obtenir des implants individualisés d'une très grande précision.

© Fraunhofer IAPT

© N. J. Strausfeld



PALÉONTOLOGIE

Le cerveau de ce ver en dit long

Un fossile âgé de 525 millions d'années... Qui dit mieux? Des chercheurs de l'université de l'Arizona (États-Unis) et du King's College de Londres viennent d'étudier celui d'une minuscule créature marine datant de cette époque et retrouvé en Chine, en 1984. Appelée cardiodictyon, cette sorte de petit ver, aujourd'hui disparu, mesurait 1,5 cm de long. Il aura fallu presque quarante ans pour analyser ce qui subsiste de sa tête. Une

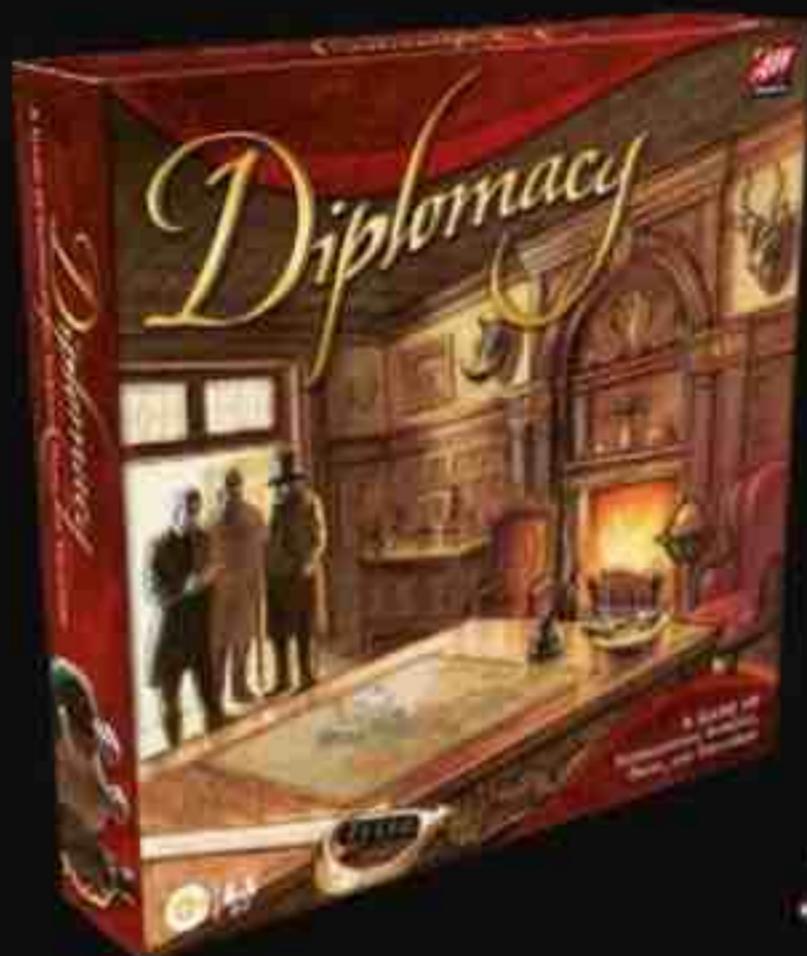
patience largement récompensée, car les découvertes furent de taille! Non seulement ce cerveau serait le plus vieux modèle fossilisé jamais découvert dans la nature, mais, en plus, sa structure défie tout ce que les scientifiques imaginaient jusqu'ici. En effet, ils pensaient que le corps de ce type d'arthropode (l'embranchement qui regroupe les arachnides, les mille-pattes, les insectes et les crustacés) était constitué de petits segments assemblés les uns aux autres

de bout en bout. Or, chez ce ver miniature, cette segmentation n'apparaît plus au niveau de la tête. Mieux, il semblerait que cette structure identifiée au niveau de son cerveau aurait peu bougé tout au long de l'évolution. Ses cousins ou lointains cousins actuels pourraient donc être structurés un peu de la même manière. Avec cardiodictyon, les chercheurs disposent ainsi d'un superbe modèle pour comprendre comment le cerveau s'est formé au fil de l'évolution.

TECHNOLOGIE

L'IA qui joue à Diplomacy

Par ses victoires, l'IA Cicero a démontré qu'elle pouvait collaborer et négocier d'égal à égal avec des humains



À près les échecs, le jeu de go, le bridge..., l'intelligence artificielle (IA) ajoute une nouvelle corde ludique à son arc: Diplomacy. Crée dans les années 1950, ce jeu de société repose sur des alliances à conclure dans l'Europe du début du XX^e siècle pour tenter de dominer le continent. Il nécessite donc de négocier, communiquer, mener une stratégie pour coordonner des actions et donner des ordres aux unités militaires sur le plateau de jeu. Or, l'entreprise américaine Meta (ex-Facebook) vient de présenter un nouveau programme d'IA, baptisé Cicero, qui a été capable de battre des humains à ce jeu. Au total, entre août et octobre 2022,

quatre-vingt-deux volontaires se sont confrontés à la machine et cette dernière a réalisé plus de deux fois le score moyen de ses adversaires. L'intérêt? « *Un agent qui peut jouer au niveau des humains dans un jeu aussi stratégiquement complexe que Diplomacy est une véritable percée pour l'IA collaborative* », a déclaré Yann LeCun, vice-président des recherches sur l'intelligence artificielle chez Meta. Selon la société, cette performance montre combien les IA sont en train de progresser actuellement en matière de stratégie, mais aussi de langage naturel. Car, pour gagner à ce jeu, il faut arriver à converser de manière pertinente. Un vrai défi!



5 choses à savoir

En 1974, trois passionnés fondent le Salon international de la bande dessinée d'Angoulême. Un demi-siècle plus tard, la manifestation s'impose toujours comme l'un des événements majeurs du 9^e art.

Par Patrick Gaumer

1. COUPS D'ESSAI ET MODÈLE ITALIEN

Animateur culturel, Francis Groux organise, du 19 au 27 avril 1969, une Semaine de la bande dessinée à Angoulême. Trois ans plus tard, du 18 novembre au 3 décembre 1972, a lieu une Quinzaine du livre de la jeunesse, au cours de laquelle interviennent des auteurs de renom comme Fred, Gotlib, Franquin ou Giraud. Groux est épaulé par Jean Mardikian, responsable des affaires culturelles de la ville. Il ne manque plus qu'un troisième larron pour que la grand-messe de la BD soit dite. Lorsque surgit l'idée d'un véritable festival spécialisé qui se tiendrait au cœur de la préfecture de la Charente, Claude Moliterni, fondateur de la revue *Phénix* et co-organisateur du Salon de Lucca, en Toscane, suggère à ses deux compères de s'inspirer de ce modèle italien. La première édition du Salon international de la bande dessinée d'Angoulême s'ouvre le 25 janvier 1974.



Les dates clés

Janvier 1974

Hugo Pratt, le créateur de *Corto Maltese*, signe l'affiche du premier Salon international de la bande dessinée d'Angoulême. Franquin reçoit le premier Grand Prix.

Janvier 1976

Décerné pour la première fois, le prix du Meilleur Album est attribué à *L'Empire des soleils noirs*, un récit de science-fiction co-signé par Godard et Ribera.

Janvier 1977

Honorant le salon de sa présence, Hergé le fait accéder d'un coup à la cour des grands.

Janvier 1982

Récompensée par ses pairs, Claire Bretécher se voit décerner un Prix spécial.

Janvier 1985

Le président de la République François Mitterrand fait un passage remarqué sous les « bulles » du salon.

2. ANGOULÊME, LA VILLE QUI VIT EN SES IMAGES

L'idée paraît simple : proposer à des auteurs des fresques murales qui seraient disséminées aux quatre coins de la ville. Ce beau projet ne verra pourtant le jour qu'en 1996, sous l'impulsion d'André Juillard, le dessinateur des *7 vies de l'Épervier*, qui préside alors le festival. Au fil des ans, plus d'une vingtaine de murs se retrouvent ainsi habillés de manière permanente aux couleurs du 9^e art. Parmi les fresques les plus inattendues, notons *Le Jardin extraordinaire* de Florence Cestac, un pavillon de banlieue de Frank Margerin ou l'étonnante machinerie en trompe-l'œil de François Schuiten qui semble tout droit sortie de ses *Cités obscures*.

Le Jardin extraordinaire de Florence Cestac, peint au 24 bis, rue Pierre-Sémard, en 2001.

3. AVIS DE TEMPÊTE SUR ANGOULÊME

Pour sa 4^e édition, le salon s'est doté d'une énorme toile de tente gonflable de 1000 mètres carrés, une « bulle », censée accueillir quelque 50 000 visiteurs. C'était sans compter les énormes rafales de vent qui s'abattent sur Angoulême en ce jeudi 20 janvier 1977. Trop gonflée, la bâche menace d'exploser. On décide de la déchirer, la bulle s'effondre. La manifestation est compromise. On transfère en urgence les stands dans un parking du centre-ville... juste à temps pour l'arrivée d'un hôte de marque...



sur...

LE FESTIVAL D'ANGOULÊME



En 1977, Hergé descend, aux côtés de Francis Groux, cofondateur du salon, la rue Marengo lors de son unique venue au Salon de la BD.

4. LA VISITE D'HERGÉ

Viendra ou ne viendra pas? Les paris sont ouverts. En cette année 1977, avec ses vingt-trois albums de *Tintin* et *Milou*, Hergé est au faîte de sa gloire et ne se déplace plus qu'en de très rares occasions. Profitant de la sortie récente de *Tintin et les Picaros*, Louis Gérard, le dynamique responsable de Casterman France, se targue de le convaincre. Après une visite au musée et une remontée triomphale de la principale rue piétonne (qui sera rebaptisée bien plus tard à son nom), Hergé est accueilli à l'hôtel de ville où il est fait citoyen d'honneur d'Angoulême.



5. ACTU

DU 26 AU 29 JANVIER 2023, ANGOULÈME S'AFFIRME UNE FOIS ENCORE COMME LA CAPITALE INTERNATIONALE DE LA BANDE DESSINÉE ET DE L'IMAGE. À L'OCASION DE SON JUBILÉ, LE FESTIVAL, PRÉSIDÉ PAR LA QUÉBÉCOISE JULIE DOUCET, PROPOSE UNE RÉTROSPECTIVE CONSACRÉE À LA SCÉNARISTE IVOIRIENNE MARGUERITE ABOUET, LA CRÉATRICE D'AYA DE YOPOUGON. LES AMATEURS DE MANGAS APPRÉCIENT L'ATTACRE DES TITANS D'HAJIME ISAYAMA ET S'IMMÉGENT DANS L'UNIVERS FANTASTIQUE DE JUNJI ITO. AU PAVILLON « JEUNES TALENTS », L'EXPOSITION WORLDWIDE COMICS EXPLOSION RASSEMBLE LA JEUNE GARDE DE LA PLANÈTE BD.

Trois artistes issus de la BD nord-américaine, japonaise et franco-belge signent les affiches officielles du jubilé.



Janvier 1990

Le CNBDI (Centre national de la bande dessinée et de l'image) est officiellement inauguré à Angoulême.

Janvier 2000

Florence Cestac est la première dessinatrice à obtenir le Grand Prix. La parité semble encore bien loin...

Janvier 2007

Imaginé par Lewis Trondheim, le Fauve devient la mascotte officielle du Festival de la bande dessinée d'Angoulême.

Janvier 2015

Le Grand Prix va à Katsuhiro Otomo, auteur du manga *Akira*. À la suite des attentats terroristes du 7 janvier 2015, un Grand Prix spécial est attribué à *Charlie Hebdo*.

Janvier 2023

Le festival jubile, fête ses 50 ans et s'offre trois affiches dessinées par Julie Doucet, Hajime Isayama et Riad Sattouf.



///dossier

ÉNERGIE: UNE SITUATION SOUS TENSION

Crise mondiale de l'énergie suite à l'invasion de l'Ukraine, centrales nucléaires à l'arrêt et plan de sobriété en France, réchauffement climatique en toile de fond... Le contexte global est tendu cet hiver, avec une grosse pression sur la production et la consommation, accompagnée de prix qui grimpent en flèche. Que nous réserve cette nouvelle année du point de vue énergétique ?

Par Muriel Valin





Actuellement, nous avons plus que jamais les yeux rivés sur la météo. Cet hiver, la température va-t-elle faire beaucoup le yoyo et glisser de nombreuses fois en dessous de 0 °C? Les ressources énergétiques seront-elles suffisantes pour supporter les frimas des prochains mois? La tension est à son comble. Il faut dire que les circonstances énergétiques sont plus que compliquées dans l'Hexagone et, plus largement, en Europe. Et les raisons sont multiples.

Habituellement de l'ordre de 17% sur le volume

consommé, l'approvisionnement en gaz russe est quasiment nul depuis plusieurs mois, en raison de la guerre en Ukraine. Les réserves en eau, nécessaires à la production hydraulique d'électricité, sont, elles, très basses suite à la sécheresse historique de l'été dernier, qui a vidé les barrages (l'hydraulique représente d'ordinaire 10 à 12% de la production totale d'électricité en France). Mais, selon RTE (le gestionnaire du réseau de transport de l'électricité en France), une gestion des stocks prudente durant l'automne dernier et cet hiver devrait quand même permettre d'assurer la part d'électricité hydraulique pendant les périodes de pics de ce début d'année. Surtout, la disponibilité du parc nucléaire opérationnel français, qui compte cinquante-six réacteurs, est toujours

réduite à cause d'opérations de maintenance prévues de longue date, mais aussi parce qu'une partie des réacteurs rencontrent des problèmes dits de corrosion sous contrainte. Ces défauts créent des microfissures dans les tuyauteries d'injection de sécurité, qui sont en cours de réparation.

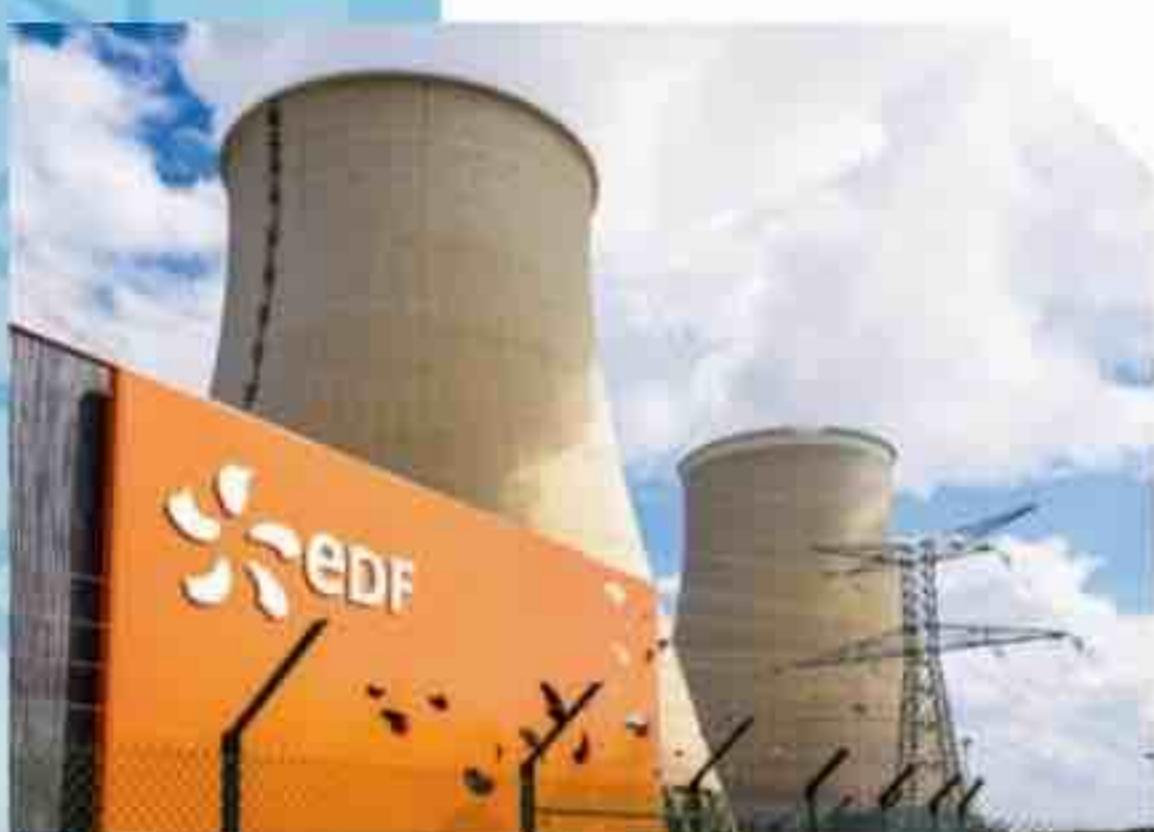
Résultat: le 14 décembre dernier, seuls quarante et un réacteurs étaient opérationnels. Enfin, la part conjointe de l'éolien et du solaire, qui représente 10% de la production électrique française, apporte une aide et un renfort réel. Mais ces deux sources demeurent limitées en cette période de crise, d'autant que soleil et vent sont logiquement moins présents en hiver.

Exhortation à la sobriété

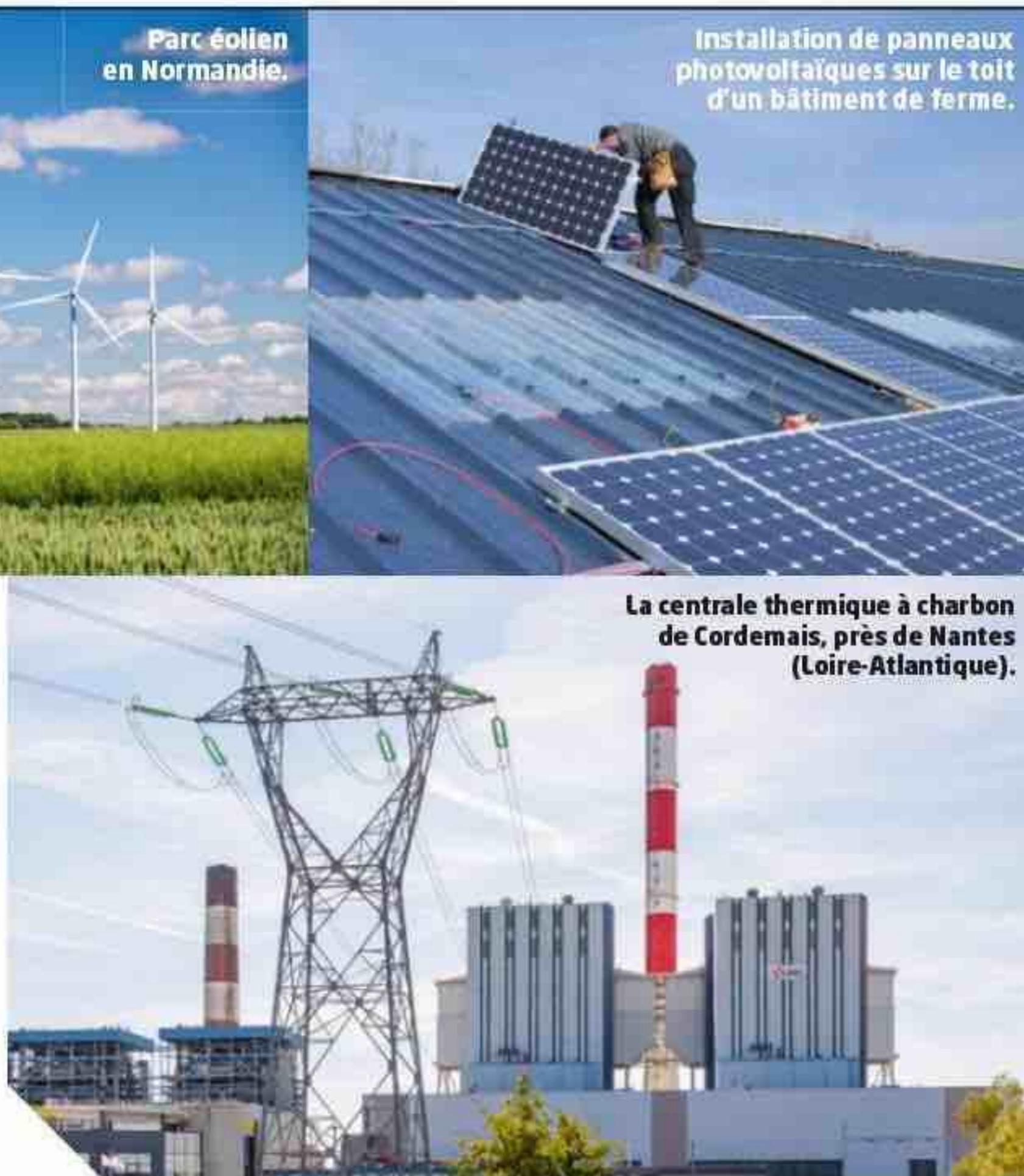
D'après EDF (Électricité de France), la production en 2022 a tourné entre 275 et 285 térawattheures (TWh), soit 59 TWh de moins qu'en 2021, ce qui représente l'équivalent de 20% de la consommation annuelle des résidences principales dans notre pays! Pour 2023, les prévisions avoisinent probablement les 300 TWh selon EDF, qui table sur une remise en marche progressive de la plupart des réacteurs nucléaires. En attendant, le cap des prochains mois devra être passé, en limitant le plus possible le recours aux délestages (coupures volontaires ponctuelles pour éviter la saturation du réseau) et le risque de black-out, à savoir l'effondrement de la totalité du réseau électrique... Depuis octobre dernier, les pouvoirs publics et les entreprises énergétiques (RTE, EDF, Engie...) ont largement communiqué afin de faire baisser la consommation française globale, en jouant notamment sur la sobriété. Température de chauffage de 19 °C recommandée dans les logements et les bureaux, consommation en dehors des heures de pic vers 19 heures, application EcoWatt (voir encadré page ci-contre)... Mi-novembre, les demandes en électricité étaient déjà en baisse de 6,6% par rapport aux années précédentes, hors crise sanitaire, ce qui montre que le message est peut-être en train de passer. Cette tendance va-t-elle se confirmer? Selon RTE, le mois le plus critique est clairement janvier avec, traditionnellement, des températures plus basses. Or, chaque fois que la température extérieure chute de 1 °C, la consommation grimpe de 2 300 MW. Et, comme on l'a vu, les vents hivernaux faibles pèsent négativement sur la production éolienne. Sur le papier, l'équation semble simple: pour franchir cette passe difficile, il va falloir augmenter la production, tout en diminuant la consommation. Y arrivera-t-on sans encombre? ☺



Le barrage hydroélectrique de Saint-Étienne-Cantalès (Cantal).



La centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine (Aube).



Le contexte énergétique s'avère plus que compliqué en France et les raisons sont multiples



Un marché import-export en plein chamboulement

La guerre en Ukraine perturbe l'ensemble des pays du globe. D'où la nécessité de réorganiser à la hâte les filières d'approvisionnement, notamment en matière de gaz et d'électricité. Par exemple, le 25 novembre dernier, la France s'est engagée officiellement à aider l'Allemagne en lui livrant du gaz si besoin, car nos voisins dépendaient, il y a encore quelques mois, à 55 % du gaz russe, alors que ce taux n'était que de 17 % en ce qui nous concerne. En échange, l'Allemagne a prévu de nous soutenir en cas de pénurie d'électricité liée aux réacteurs nucléaires à l'arrêt. Pour rappel, nous produisons seulement 50 % de l'énergie que nous consommons en France*. C'est ce que l'on appelle le taux d'indépendance énergétique.

Source : direction générale du Développement durable (DGDD), 2021.

Une météo de l'énergie comme nouveau repère

Disponible sur Internet ou en application à télécharger, le dispositif EcoWatt a été mis en place à l'automne dernier par RTE, en collaboration avec l'Ademe, afin de permettre à chacun de connaître, à tout instant, le niveau d'électricité disponible en France. Trois couleurs servent d'indicateurs : vert, la situation est normale ; orange, elle est tendue ; rouge, elle est très tendue. Dans ce dernier cas, les risques de coupure sont réels si la consommation ne baisse pas immédiatement. Une liste d'écogestes accompagne d'ailleurs ces indicateurs. Par exemple : décaler l'utilisation de certains de ses équipements électriques pour ne pas accroître le pic de consommation, situé entre 18 et 22 heures, en hiver.



écoWatt
Ma météo de l'électricité pour une consommation plus responsable



Rejoignez le mouvement !
monecowatt.fr



PORTRAIT DES SOURCES

Nucléaire (69 %)



Première source de production d'électricité en France, le nucléaire est assuré par un parc de cinquante-six réacteurs. En novembre dernier, seuls trente étaient reliés au réseau, mais leur nombre devrait grimper à quarante-six dans les prochaines semaines. Pour la plupart d'entre eux, ils ont une puissance de 900 mégawatts (MW), ce qui permet à chacun d'alimenter l'équivalent de 400 000 foyers environ. Si le nucléaire émet très peu de gaz à effet de serre, il pose, en revanche, des problèmes de sécurité, en cas d'accident, et la gestion de ses déchets s'avère très compliquée. En effet, ces derniers concentrent une radioactivité élevée, dangereuse pour les humains. Certes, elle s'élimine naturellement au fil du temps, mais le délai est très long (jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années). Cela implique d'isoler et de conditionner ces déchets avec précaution, en attendant qu'ils deviennent inoffensifs.



Hydraulique (12 %)



Deuxième source de production électrique en France, les barrages, par ailleurs très peu émetteurs de gaz à effet de serre, sont la première énergie renouvelable de l'Hexagone. Les 2 300 installations sont essentiellement réparties en Auvergne-Rhône-Alpes, Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur. Selon RTE, la gestion des stocks d'eau, très inquiétante au milieu de l'été 2022 (jusqu'à - 10 % par rapport aux minimums des dernières années), commence à être moins problématique, grâce aux pluies de l'automne qui ont rempli les réserves. Les températures clémentes (en octobre) ont aussi permis de moins solliciter les barrages ces derniers mois.



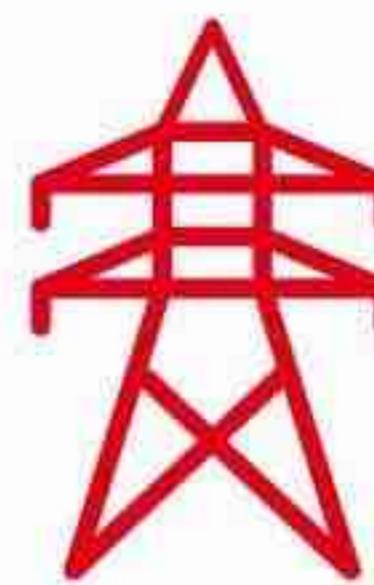
Éolien (7 %)



Présent essentiellement sur terre, l'éolien arrive timidement sur l'eau, sous forme de site-pilote ou en développement, comme à Saint Nazaire. Environ 8 000 installations terrestres sont réparties sur toute la France, mais surtout dans les Hauts-de-France, le Grand Est et en Occitanie. En septembre dernier, pour cause de météo peu clémente (vents faibles), la production a été basse, mais, dès octobre et novembre, la contribution des éoliennes a permis de compenser les déficits des autres sources (nucléaire et gaz). Et un projet de loi, adopté à l'automne, devrait permettre d'augmenter leur nombre dans les prochains mois : sept parcs en mer sont déjà annoncés d'ici 2027, à Saint-Nazaire (le plus avancé), Dunkerque, Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Brieuc, Noirmoutier et au Tréport.



PRINCIPALES SOURCES D'ÉLECTRICITÉ



Photovoltaïque (ou solaire) (2,7%)

Avec des installations en très forte progression (2,5 fois plus entre 2020 et 2021), la production d'énergie solaire couvre 3 % de notre consommation. C'est la région Nouvelle-Aquitaine qui est la plus équipée, devant l'Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur. Comme pour l'éolien, des mesures gouvernementales ont été prises afin de faciliter les démarches administratives pour la mise en place de nouveaux panneaux dans les prochains mois. Cette filière est non émettrice de gaz à effet de serre au moment de son utilisation. En revanche, la fabrication des panneaux n'est pas sans impact environnemental (souvent importés de Chine, rejets de poudre de silicium...).



Bioénergie (1,9 %)

Cette source d'énergie, aussi appelée biomasse, est encore minoritaire en France (2 % de la production). Elle génère de l'électricité grâce à la chaleur dégagée par la combustion de matières (bois, végétaux, déchets agricoles, ordures ménagères...) ou de gaz dans des centrales thermiques converties. Cette filière peut aussi fournir de l'énergie par le processus de méthanisation, c'est-à-dire la dégradation de matière organique par des micro-organismes (bactéries). Le biogaz ainsi obtenu peut servir à produire de la chaleur et de l'électricité. Selon GRDF, la France comptait, début 2022, 1 308 centres de méthanisation.



Énergies fossiles (7,4 %)

Les centrales thermiques dites « à flamme » brûlent un combustible (gaz, charbon, fioul...) et produisent ainsi de l'électricité. Les vingt-quatre présentes sur notre sol sont utilisées comme variables d'ajustement, surtout lorsqu'il y a de grands écarts ou des pics de consommation. Résultat, elles constituent actuellement la troisième source de production d'électricité, derrière le nucléaire et l'hydraulique. Très émettrices en gaz à effet de serre, ces centrales, en particulier celles à charbon, sont pointées du doigt pour leur impact environnemental.

Pour cette raison, certaines avaient été mises à l'arrêt mais, l'organisation du réseau électrique ayant dû être modifiée en urgence en raison du contexte énergétique, deux installations à charbon, celle de Saint-Avold (Moselle) et celle de Cordemais (Loire-Atlantique), ont été appelées en renfort afin d'éviter le risque de black-out. En ce qui concerne le gaz, les livraisons russes sont quasiment nulles depuis plus de six mois. Mais des stocks ont pu être réalisés grâce à un automne relativement doux et, donc, une consommation de cette énergie plus faible.



Source: RTE



LES DIFFÉRENTS DE CHAUFFAGE



Le chauffage électrique

Depuis les radiateurs « grille-pain » dans les années 1970, ce mode de chauffage est réputé coûteux et assez inefficace. En France, il reste pourtant utilisé par un tiers des foyers. Les progrès en matière d'isolation et ceux enregistrés par les appareils eux-mêmes (modèles à panneaux rayonnants, à inertie...) le rendent désormais moins énergivore, même si la répartition de la chaleur dans les pièces reste très inégale. Finalement, c'est une solution individuelle plutôt adaptée à des petits logements.

Le chauffage au fioul



En France, un peu moins de 3 millions de foyers recourent encore à ce mode de chauffage. Il devrait toutefois disparaître progressivement, puisque, depuis le 1^{er} juillet 2022, il est interdit d'installer ce type d'équipements dans les logements neufs ou en rénovation, afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Des aides sont même proposées pour remplacer les chaudières. Souvent présent dans les maisons anciennes, le fioul a un grand pouvoir calorifique, mais nécessite une citerne importante. Depuis un an, son prix a doublé.

Le chauffage au gaz



Utilisé aussi bien pour le chauffage individuel que collectif, le gaz (naturel et propane) représente, actuellement, 40 % du parc dans notre pays. Le hic, c'est que chaque chaudière rejette 4,5 tonnes de CO₂ par an dans l'atmosphère. En cause : la combustion du gaz. Pour limiter l'usage de tels appareils, leur installation dans les constructions neuves est interdite depuis le 1^{er} janvier 2022. Dans les logements collectifs, cette mesure sera imposée à partir de 2025.

Les tarifs de l'énergie en France*

Électricité	18,50 €
Gaz naturel	7,88 €*
Propane	16,15 €
Fioul	16,19 €
Granulés de bois	8,29 €

Électricité : prix à payer pour 100 kWh TTC d'électricité pour un ménage dont la consommation est supérieure à 5 MWh/an et strictement inférieure à 15 MWh par an. **Gaz naturel** : prix à payer pour 100 kWh TTC de gaz naturel pour un ménage dont la consommation est supérieure à 5 MWh PCI et strictement inférieure à 50 MWh PCI ** par an. **Propane** : prix à payer pour 100 kWh TTC de propane. Prix du kWh PCI calculé à partir du prix moyen de la tonne de propane. 1 tonne = 12 780 kWh PCI. N'inclut pas le prix de mise à disposition et d'entretien de la citerne ni du compteur. **Fioul** : prix à payer pour 100 kWh TTC de fioul au tarif C1 (livraison de 2 000 à 5 000 l). La consommation standard d'une maison de taille moyenne avec chauffage et eau chaude sanitaire au fioul domestique (FOD) est de 2 000 l de FOD par an. Le PCI du FOD est de 11. **Granulés de bois** : prix à payer pour 100 kWh TTC de granulés de bois (livraison de 5 tonnes dans un rayon de 50 km).

Source : ministère de la Transition écologique. * Prix à fin juillet 2022. ** Pouvoir calorifique inférieur.

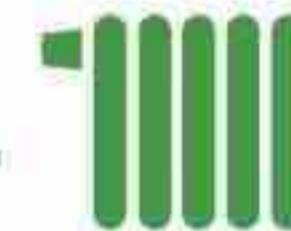


MODES POSSIBLES



Le chauffage au bois

Quelque 6,5 millions de foyers y ont recours en France, sous forme de bûches, granulés ou copeaux brûlés dans des cheminées, des inserts, des poêles... L'efficacité de ce mode de chauffage est très variable. D'après EDF, une cheminée à foyer ouvert a un rendement de moins de 10% et une autonomie de chauffage de quelques heures, alors qu'un insert à foyer fermé peut avoisiner les 80% pour une autonomie de 10 heures. Pour un poêle à bûches, le rendement atteint 50% pour un modèle ancien et 80% pour un plus moderne. En matière d'émissions de polluants, le constat est similaire. Un appareil récent émettra jusqu'à dix fois moins de particules fines qu'un plus vieux, d'après l'Ademe. Aujourd'hui, le marché du chauffage au bois est en plein essor, avec environ 500 000 équipements vendus chaque année. Ces derniers mois, le prix du bois a grimpé, profitant d'une demande très élevée, mais aussi de difficultés d'approvisionnement, sachant qu'une partie des granulés commercialisés était jusqu'alors en provenance d'Ukraine.



La pompe à chaleur

En France, ce mode de chauffage est actuellement présent dans 5 millions de foyers environ. Deux types de fonctionnement prédominent. La pompe à chaleur air-air, majoritaire dans l'Hexagone, extrait l'énergie de l'air froid et la convertit en chaleur, laquelle est redistribuée dans tout le logement. Le modèle air-eau fonctionne de la même manière, mais réchauffe directement l'eau des radiateurs ou celle présente dans les planchers chauffants. Dans les deux cas, il s'agit d'appareils électriques utilisant un liquide spécial, le réfrigérant, capable d'absorber et de transporter des calories pour les restituer dans la maison ou l'appartement. Souvent, ils présentent aussi l'avantage de pouvoir fonctionner en mode inverse, c'est-à-dire sous forme de climatiseur.

© Shutterstock

Pourquoi les prix de l'électricité et du gaz grimpent-ils ensemble ?

Face à l'envolée tarifaire actuelle, la question se pose. Pour le gaz, la situation est compréhensible: avec la baisse des exportations russes, le gaz est très convoité dans le monde et ses prix flambent. Mais, pour l'électricité, notre pays reposant largement sur le nucléaire, le prix de production ne devrait pas fortement bouger. En réalité, les tarifs au niveau de l'Union européenne sont calculés non pas en fonction du coût moyen de production d'une énergie dans un pays, mais à partir du coût dit «marginal» du dernier Wh produit et injecté dans le réseau. Or, en France, l'énergie d'appoint en cas de pic est fournie par les centrales thermiques au gaz ou au charbon. C'est donc le tarif de ces dernières, élevé en ce moment, qui est pris comme base pour le marché. Le prix de l'électricité se trouve ainsi indexé sur celui du gaz ou du charbon !

représente 66% de la consommation d'énergie





CE QUI CHANGE

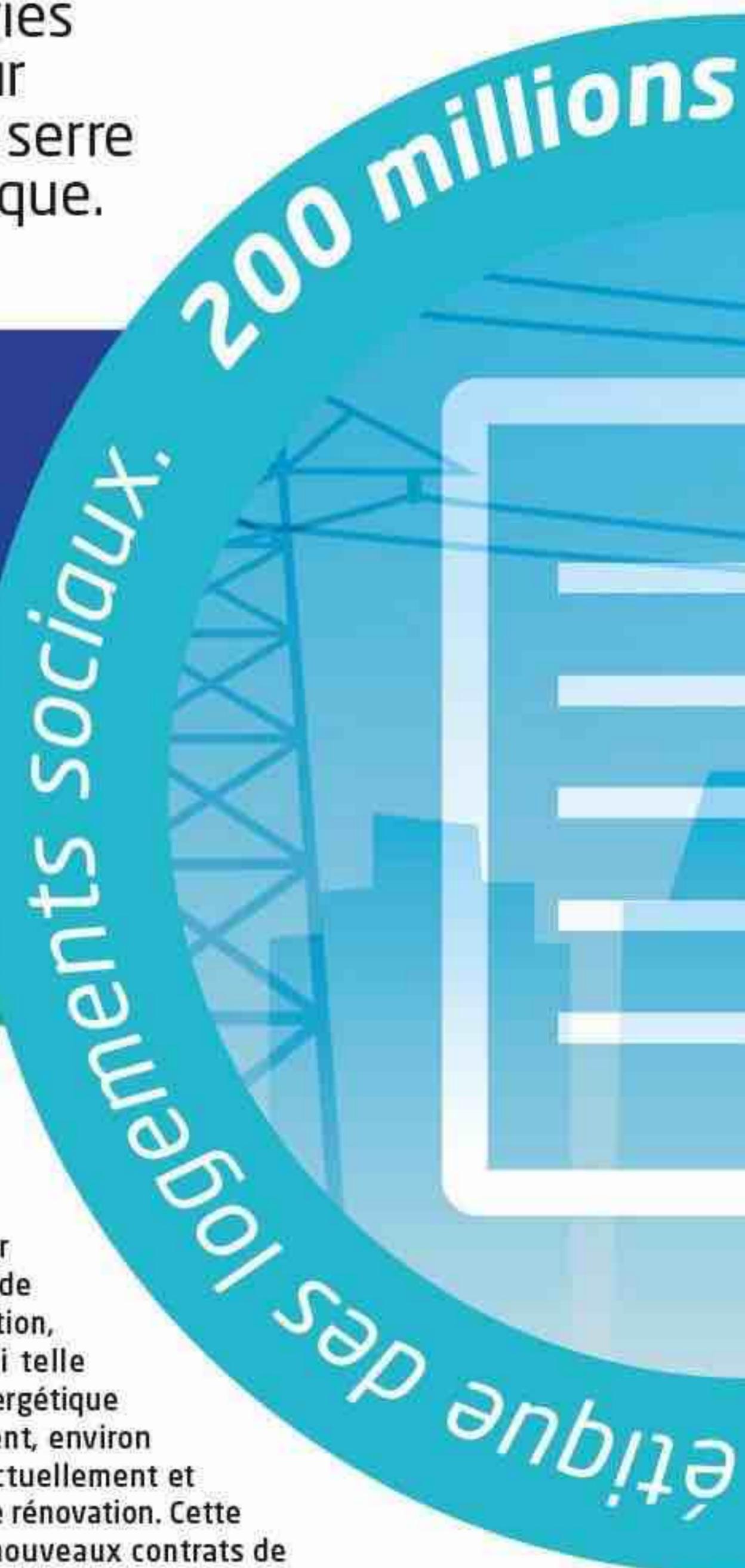
Depuis le 1^{er} janvier, nombreux de changements sont à l'œuvre, notamment en lien avec la loi « Climat et résilience » du 22 août 2021. L'objectif est de réduire les déperditions énergétiques et de favoriser les énergies renouvelables dans les bâtiments, pour limiter les émissions de gaz à effet de serre et lutter contre le dérèglement climatique. Voici les quatre mesures phare.



Au total, la France compterait 5,2 millions de « passoires énergétiques » sur 30 millions de résidences principales, d'après une estimation de l'Observatoire national de la rénovation énergétique en juillet 2022.

La fin des « passoires thermiques »

Les logements les plus énergivores seront interdits à la location à partir du 1^{er} janvier 2023. Qui sera concerné ? Le critère crucial est celui du seuil de consommation d'énergie total (chauffage, éclairage, eau chaude, ventilation, refroidissement...), qui est fixé à 450 kWh/m² par an. Pour savoir si telle habitation rentre dans cette catégorie, un diagnostic de performance énergétique (DPE) sera pratiqué par un professionnel certifié. Selon le gouvernement, environ 90 000 logements, dont 70 000 privés, ne satisfont pas à ce critère actuellement et devront donc être retirés du parc de location, dans l'attente de travaux de rénovation. Cette mesure ne concerne pour l'heure que la France métropolitaine et les nouveaux contrats de location conclus à partir du 1^{er} janvier 2023. Pour les ventes de logements, un audit énergétique (plus contraignant encore que le DPE) sera réalisé obligatoirement pour les biens immobiliers appartenant aux classes F et G à partir d'avril 2023. Il analysera la performance du bâtiment et listera les travaux nécessaires pour améliorer son classement.



EN 2023

d'euros sont prévus pour la rénovation énerg



Des surfaces solaires ou végétales imposées

Depuis 1^{er} janvier 2023, tous les nouveaux bâtiments commerciaux, industriels ou artisanaux, immeubles de bureaux de plus de 1 000 m², et entrepôts et hangars de plus de 500 m² ont l'obligation de végétaliser ou de mettre des panneaux solaires sur 30 % de leur surface. Cette contrainte s'appliquera également aux parkings à partir de 2024. L'installation de végétation sur les toits contribue à limiter l'absorption du rayonnement solaire (comparé à des surfaces en béton...), isole davantage l'intérieur des bâtiments et permet de faire de la rétention des eaux pluviales, en cas de grosses averses.

Un accompagnateur de travaux obligatoire

Lorsque l'on souhaite réaliser une rénovation, on peut bénéficier d'une aide – MaprimeRénov' – pouvant aller jusqu'à 23 800 €, ou d'autres soutiens financiers, proposés par l'Agence nationale de l'habitat (Anah). Mais, à partir de cette année, il faudra forcément être accompagné d'un professionnel, qui devra guider le projet énergétique et vérifier sa pertinence, si l'on veut être éligible à ces subventions. Cet accompagnateur « Rénov' » est un assistant à maîtrise d'ouvrage ou un professionnel agréé par l'État ou désigné par une collectivité. C'est lui qui définira les travaux, conseillera pour le choix des entreprises pendant le chantier... Pour les aides de l'Anah supérieures à 5 000 €, c'est la date du 1^{er} janvier 2023 qui est retenue pour cette obligation. Pour MaprimeRénov' et les aides supérieures à 10 000 €, c'est celle du 1^{er} septembre prochain.

La fin des aides sur le gaz

Jusqu'à présent, ceux qui voulaient changer de chaudière à gaz et optaient pour un modèle à condensation bénéficiaient d'une aide allant de 800 à 1 200 € (pour un prix démarquant autour de 3 000 €). Cet équipement sert à alimenter à la fois en chauffage et en eau chaude, et a l'avantage de réinjecter les fumées et vapeurs de la combustion dans le circuit, ce qui augmente le rendement total (30 % d'économie d'énergie) par rapport à une chaudière standard.

Ce coup de pouce de l'État a été supprimé le 1^{er} janvier 2023. Explication : pour les pouvoirs publics, le but est de réduire notre dépendance au gaz, combustible fossile, le plus vite possible. En supprimant cette aide, y compris sur les modèles les plus efficaces, le gouvernement espère inciter les particuliers et les entreprises à renoncer au gaz et à s'orienter vers d'autres modes de chauffage (pompe à chaleur...). Parallèlement, comme les prix des énergies fossiles grimpent très fortement, le ministère de la Transition énergétique a tout de même décidé de maintenir un bouclier tarifaire. La hausse maximale du prix du gaz est ainsi fixée à 15 % depuis janvier 2023. Le même taux maximal sera appliqué à l'électricité à partir de février 2023.

INTERVIEW

FRANÇOIS BOURGEON

«Mon souhait, c'est de capter l'attention et d'inviter au voyage»

Avec *Rue des Martyrs*, le second volet du *Sang des cerises*, François Bourgeon boucle *Les Passagers du vent*, sa série lancée en 1979. L'occasion pour ce maître de la BD réaliste de feuilleter quelques pages méconnues de notre histoire, évoquant au passage sa rigueur documentaire et son engagement.

Par Patrick Gaumer

Après avoir envisagé des études de médecine, François Bourgeon s'oriente finalement vers un métier plus en accord avec son amour de l'artisanat et sa passion pour le Moyen Âge. En 1969, il obtient son diplôme de maître-verrier. Deux ans plus tard, il figure au sommaire du magazine *Lisette*, dans lequel il signe ses premières illustrations et bandes dessinées. Il enchaîne avec d'autres périodiques : *Fripounet*, *Djin* et *Pif Gadget*. En 1978, pour Univers Média, une maison d'édition confessionnelle, il dessine *Maître Guillaume et le journal des bâtisseurs de cathédrales*, un premier album scénarisé par Pierre Dhombre.

L'année suivante, il se tourne vers une production plus adulte avec *Les Passagers du vent*, sa première grande série mettant en scène Isa, la demoiselle de compagnie d'une aristocrate voyageant à bord du *Foudroyant*, un navire de la Marine royale française. Jeune héroïne dont on a volé l'identité, Isa tombe bientôt amoureuse du matelot Hoel... L'aventure ne fait que commencer ! Jouant sur les ressorts du roman populaire, cette fresque historique

située à la fin du XVIII^e siècle décrit la condition des femmes à l'époque et dénonce la traite négrière. François Bourgeon aborde conjointement l'univers médiéval dans *Les Compagnons du crépuscule*, puis l'anticipation dans *Le Cycle de Cyan*, ce dernier en compagnie de Claude Lacroix.

Quelques décennies plus tard, François Bourgeon imagine Zabo, l'arrière-petite-fille d'Isa, que l'on découvre dans *La Petite Fille Bois-Caïman*, puis que l'on retrouve dans *Le Sang des cerises*. Celui qui aime à se définir comme un reporter de la bande dessinée, et se fixe pour objectif de trouver le juste équilibre entre le fil de l'histoire et la documentation, achève ainsi son grand œuvre, découpé en neuf albums et récompensé à maintes reprises au Festival d'Angoulême. ☺

«Pour préparer mes récits, je consulte des centaines d'ouvrages. La finalisation de chaque titre me prend du coup plusieurs années»

BIO EXPRESS

1945

Naissance à Paris, en juillet.

1979

Première publication des *Passagers du vent*, dans *Circus*, le mensuel des éditions Glénat (cinq albums jusqu'en 1984).

1983

Début de la trilogie des *Compagnons du crépuscule*, dans *(À suivre)*, la revue des éditions Casterman.

1993

Lancement dans *(À suivre)* du *Cycle de Cyan*, en collaboration avec Claude Lacroix (six tomes et un hors-série).

2009

La Petite Fille Bois-Caïman, le deuxième cycle des *Passagers du vent*, débute chez 12bis.

2022

Ultime saison des *Passagers du vent*, *Le Sang des cerises* s'achève chez Delcourt.



« Pour que mes lecteurs adhèrent à mes histoires, il faut que j'y croie moi aussi »

Comment ça marche : Quel type d'enfant étiez-vous ?

François Bourgeon :

Je m'intéressais à ce qui me faisait rêver. Étant dyslexique, je ne suis venu que tardivement à la lecture... Je me suis bien rattrapé depuis !

CCM : Vous êtes réputé pour vos reconstitutions rigoureuses. Cela nécessite, en amont, d'énormes recherches ?

F.B. : Pour que les lecteurs adhèrent à mes histoires, il faut que j'y croie moi aussi. Mon objectif prioritaire, c'est de raconter une histoire et de mettre en situation les personnages. Mon souhait, c'est de capter l'attention et d'inviter au voyage. Pour préparer mes récits, je consulte des centaines d'ouvrages et rassemble une documentation sur les costumes, les paysages,

l'architecture, la faune ou la flore. La finalisation de chaque titre me prend du coup plusieurs années.

CCM : Pour *Les Passagers du vent*, tout a commencé par la fabrication d'une maquette de frégate du XVIII^e siècle, qui vous a incité à concevoir une aventure à bord d'un vaisseau de la Royale...

F.B. : Exactement. Afin de parfaire ce navire, je suis allé au musée de la Marine, à Paris, consulter des plans un peu plus précis. J'ai trouvé ce que je

La Fille sous la dunette (couverture du premier des cinq tomes des *Passagers du vent*).

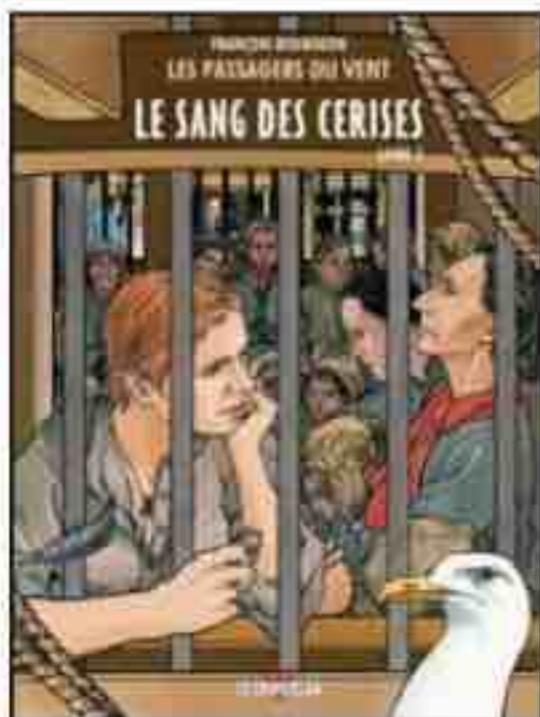




© Delcourt, 2022 / Bourgeon



L'auteur prend un soin vétuste à restituer l'histoire dans ses moindres détails (couverture de *La Petite Fille Bois-Caiman*, livre 1).



Le *Sang des cerises* clôture la saga des *Passagers du vent*.

Afin de mieux « circuler » dans sa bande dessinée, François Bourgeon n'hésite pas à se construire des maquettes en volume (voir sa reproduction « Vue du ciel » dans *Le Sang des cerises*, livre 2, planche 96).

... cherchais, mais aussi ce que je ne cherchais pas, notamment les ouvrages remarquables de Jean Boudriot, un architecte passionné de construction navale. Je me suis mis à réfléchir sur ce qu'allait devenir *Les Passagers du vent*. Puisque j'avais l'habitude de dessiner des héroïnes dans la presse jeunesse, j'ai continué dans cette voie. Ce n'était pas évident, parce qu'il n'y avait pas beaucoup de navigatrices au XVIII^e siècle.

CCM : *La Petite Fille Bois-Caiman*, la « saison » suivante sortie en 2009 et 2010, conte les destins croisés d'Isa et de Zabo, son arrière-petite-fille. Tout commence en Louisiane, durant la guerre de Sécession (1861-1865), et s'achève dans les bayous du Mississippi. Dans *Le Sang des cerises*, qui conclut la saga, vous faites un nouveau saut dans le temps. Nous sommes à Paris, à la fin du XIX^e siècle. Les passagers du vent se transformeront-ils en passagers du temps ?

F.B. : Ces deux cycles supplémentaires n'étaient

pas prévus à l'origine. Avec *Le Sang des cerises*, j'ai eu envie de boucler *Les Passagers du vent*. Quand j'ai découvert le drame vécu par les communardes comme Louise Michel, Nathalie Le Mel..., déportées à l'autre bout de la Terre pour avoir simplement cru en un univers plus fraternel, j'ai voulu qu'elles rencontrent ma Zabo. En Nouvelle-Calédonie, il n'y a eu officiellement que vingt-deux femmes déportées. Officiellement, car j'ai trouvé tardivement qu'il y en avait en réalité vingt-trois, mais on n'a rien retrouvé sur la vingt-troisième. Du coup, la vingt-troisième, c'est Zabo ! C'était l'évidence.

CCM : Vous apportez un soin particulier à la langue ou plutôt aux langues parlées par vos personnages. Pourquoi ?

F.B. : L'idée était de garder la VO, la version originale. Dans *Les Passagers du vent*, on parle le créole, le cajun, des tas

de langues différentes, mais qui sont pour la plupart à base de français. On peut aussi parler en breton, comme dans *Le Sang des cerises*. Là, l'écrivain et poète Robert Gouzien m'a apporté ses connaissances linguistiques (pour la langue bretonne, l'orthographe moderne a été retenue). Pour ce dernier récit, je voulais conclure l'épisode de la Commune, éclairer le rapport entre Zabo et Klervi, et terminer l'histoire dans cette pointe de la Bretagne où je vis désormais.

CCM : En finissant votre ouvrage, je n'ai pas pu m'empêcher de verser une petite larme. Et pourtant, c'est toujours extrêmement difficile à transmettre dans une bande dessinée, une émotion.

F.B. : Vous n'êtes pas le seul à me dire cela et ça me touche. J'en suis très content, car cela signifie que ce que je voulais transmettre est bien passé. ☺

« Quand j'ai découvert le drame des communardes, j'ai voulu qu'elles rencontrent mon héroïne »

OFFRE SPÉCIALE D'ABONNEMENT

LE MAG QUI DÉCRYPTE LE MONDE



à partir de
54 €
par an

■ JE M'ABONNE

12 numéros - 1 an

54 €

64,00 € - 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**

FLEURUSPRESSE.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 client 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 délivrer 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 75018 Paris ou par e-mail : dpo@uniqueheritage.fr.

LES SURPRENANTS POUVOIRS DE L'EFFET PLACEBO



Se soigner en prenant un médicament... qui n'en est pas un. Comment le cerveau se laisse-t-il berner au point d'en tirer de véritables bienfaits thérapeutiques? Car, oui, l'effet placebo, ça marche! De plus en plus d'expériences le démontrent, sur de nombreux symptômes.

Par Nathalie Simonet et Louna Esgueva



Le meilleur remède contre une égratignure? Le célèbre «biso magique»! Ce baiser, déposé avec tendresse sur le bobo d'un enfant, détient de réels pouvoirs guérisseurs. Mais comment se fait-il qu'un simple geste d'attention, parfois accompagné d'un breuvage sucré, suffise pour que la personne se sente mieux? C'est la magie de l'effet placebo («je plairai» en latin). Ce dernier correspond aux bénéfices thérapeutiques que l'on ne peut attribuer ni à l'effet pharmacologique d'un médicament, ni à une méthode de soin spécifique, comme la kinésithérapie, par exemple.

L'utilisation du placebo à des fins thérapeutiques n'est pas nouvelle – même si le terme n'apparaît

Toutes maladies confondues, 35% des patients décrivent une amélioration de leur état

pour la première fois qu'en 1785, en Angleterre –, puisqu'elle avait déjà cours pendant l'Antiquité. Les médecins grecs n'hésitaient pas alors à prescrire, avec succès paraît-il, des toiles d'araignée ou de la poussière de roche, qu'ils savaient pourtant sans action thérapeutique, voire néfastes pour les

malades. Au XVI^e siècle, le philosophe français Montaigne (1533-1592) relate dans ses *Essais* le cas d'un praticien qui soulage soi-disant par des lavements réguliers un marchand de Toulouse souffrant de coliques néphrétiques. Or, dans les faits, le thérapeute ne lui injecte absolument rien. Plus près de nous, au XVIII^e siècle, le médecin personnel de Napoléon 1^{er}, Jean-Nicolas Corvisart, administrait à ses patients, dont l'impératrice Joséphine, des boules de mie de pain quand ils lui réclamaient trop fréquemment des remèdes.

Très efficace contre la douleur

Aujourd'hui, le placebo peut revêtir différentes formes galéniques: comprimés, sirops, injections... Leur point commun: dénués de principe actif, ils sont constitués d'une substance inerte, comme de l'amidon, de la cellulose, un sucre ; et pourtant, ils s'avèrent efficaces! Si la communauté médicale s'est longtemps montrée sceptique en la matière, la multiplication des recherches a permis de lever le doute: toutes maladies confondues, du cancer à Parkinson, environ 35% des patients répondent positivement à l'effet placebo et décrivent une amélioration de leur état. C'est notamment ...



... le cas dans la lutte contre la douleur, où l'effet placebo se révèle particulièrement efficace. Plusieurs études scientifiques ont démontré que pour des sujets souffrant de douleurs légères ou très importantes, soulagés soit par un antalgique léger tel le paracétamol, soit par un analgésique très puissant comme la morphine, un traitement par un placebo se révélait aussi probant qu'une thérapie médicamenteuse pour 30 à 40% des patients ainsi traités. De quoi prouver la puissance du cerveau et, donc, de l'organisme pour créer, ou recréer, un effet thérapeutique bénéfique.

Évidemment, la psychologie entre en jeu. Et tout d'abord le conditionnement: d'après le concept découvert par le médecin et physiologiste russe Ivan Pavlov (1849-1936), un stimulus peut, à force de conditionnement, entraîner une réponse biologique automatique. Si la prise d'un médicament soulage d'ordinaire notre douleur, le remplacer par un placebo permettra d'obtenir le même bienfait. Et lorsqu'on n'a pas l'habitude de prendre un antalgique ou un analgésique, un autre phénomène explique l'efficacité d'un faux traitement: le fait que le patient s'attende à aller mieux. Dans ce second cas, le thérapeute dispose d'un puissant pouvoir de suggestion, amplifié par la confiance que place en lui son patient.

Rouge pour stimuler, bleu pour apaiser

Au début du XX^e siècle, le pharmacien français Émile Coué (à l'origine de la méthode qui porte son nom), persuadé que toute maladie est double, et comprend à la fois des manifestations physiques et mentales, en fit l'expérience: délivrés avec des encouragements, des remèdes sans principe actif, comme une prescription d'eau distillée, avaient le pouvoir de guérir.

Pour le psychiatre Patrick Lemoine, l'*«alchimie relationnelle entre le patient et le thérapeute»* est au cœur de l'effet placebo: le comportement bienveillant du médecin et la longueur de la consultation optimisent la guérison. La clé du succès? Miser à la fois sur la dimension humaine du soin et sur le pouvoir de l'autosuggestion.

Mais l'effet placebo dépend aussi des caractéristiques du faux médicament administré, comme son nom, son coloris (rouge pour stimuler, bleu pour apaiser), sa forme (gélule, comprimé, poudre), son mode d'administration (une injection est plus bénéfique qu'un comprimé). Le placebo le plus généralement utilisé est une gélule rouge, couleur symboliquement associée à la douleur, prescrite à des fins analgésiques en réponse à des symptômes tels que la douleur, l'anxiété, les troubles du sommeil, les allergies, les troubles gastriques et intestinaux... Autant de symptômes dans lesquels l'élément psychologique joue un rôle important. Par ailleurs, dans l'effet placebo, même le prix compte: d'après une étude réalisée auprès de malades de Parkinson, plus le patient

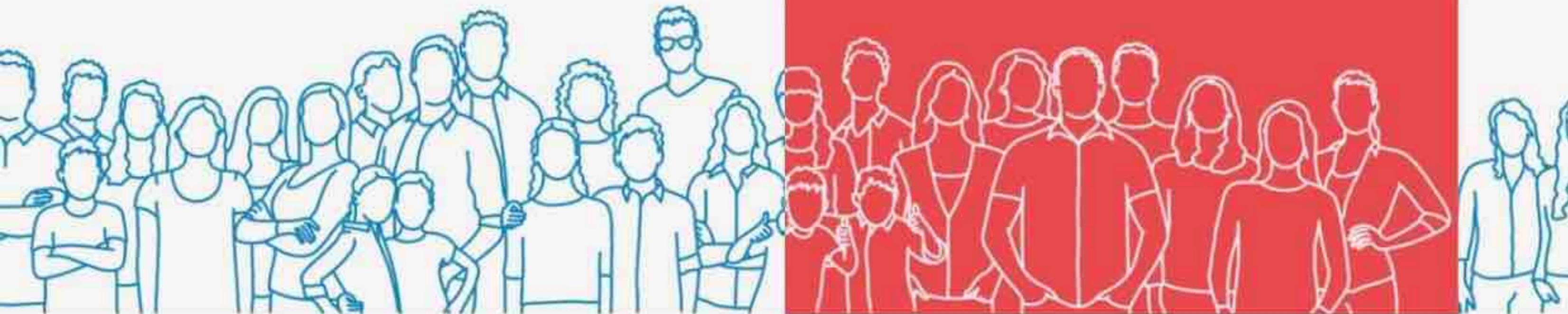
pense que le produit est cher, plus le placebo se montre efficace. Et tous ces phénomènes ont une traduction dans le corps humain (*voir pages 38-39*). Mais attention, dans le cas de maladies comme une infection ou un cancer, la prise d'un placebo ne peut en aucun cas suffire, même si celui-ci améliore le confort du patient et le rassure! ☑



Le placebo prouve la puissance du cerveau pour créer, ou recréer, un effet thérapeutique bénéfique

Quand le placebo sert à démontrer l'efficacité des médicaments

Pour déterminer si une molécule a une véritable action thérapeutique, on regarde si cette dernière est significative par rapport à celle d'un placebo. Sur des centaines, voire des milliers de patients, l'efficacité du futur médicament est ainsi comparée à celle d'un placebo ou bien d'un traitement de référence déjà éprouvé. Les volontaires sont divisés en deux groupes, l'un recevant le médicament à tester, l'autre le placebo. Dans les meilleurs essais cliniques, dits « randomisés en double aveugle », la répartition s'effectue au hasard. Ni les patients, ni les médecins ne savent quel traitement est donné à qui. L'objectif? Éviter les biais liés à la sélection et aux attentes vis-à-vis du médicament.



Comment notre cerveau réagit-il à un placebo ?

L'effet placebo comporte une dimension neurobiologique : suite à l'administration d'une telle substance, le corps sécrète de véritables molécules jouant le rôle de médicaments ! Ces mécanismes complexes, qui ont été en partie décryptés, font intervenir plusieurs régions du cerveau.

Cortex préfrontal

Il permet d'anticiper le soulagement lié à la prise du placebo et envoie des messages à la substance grise péréqueducale.

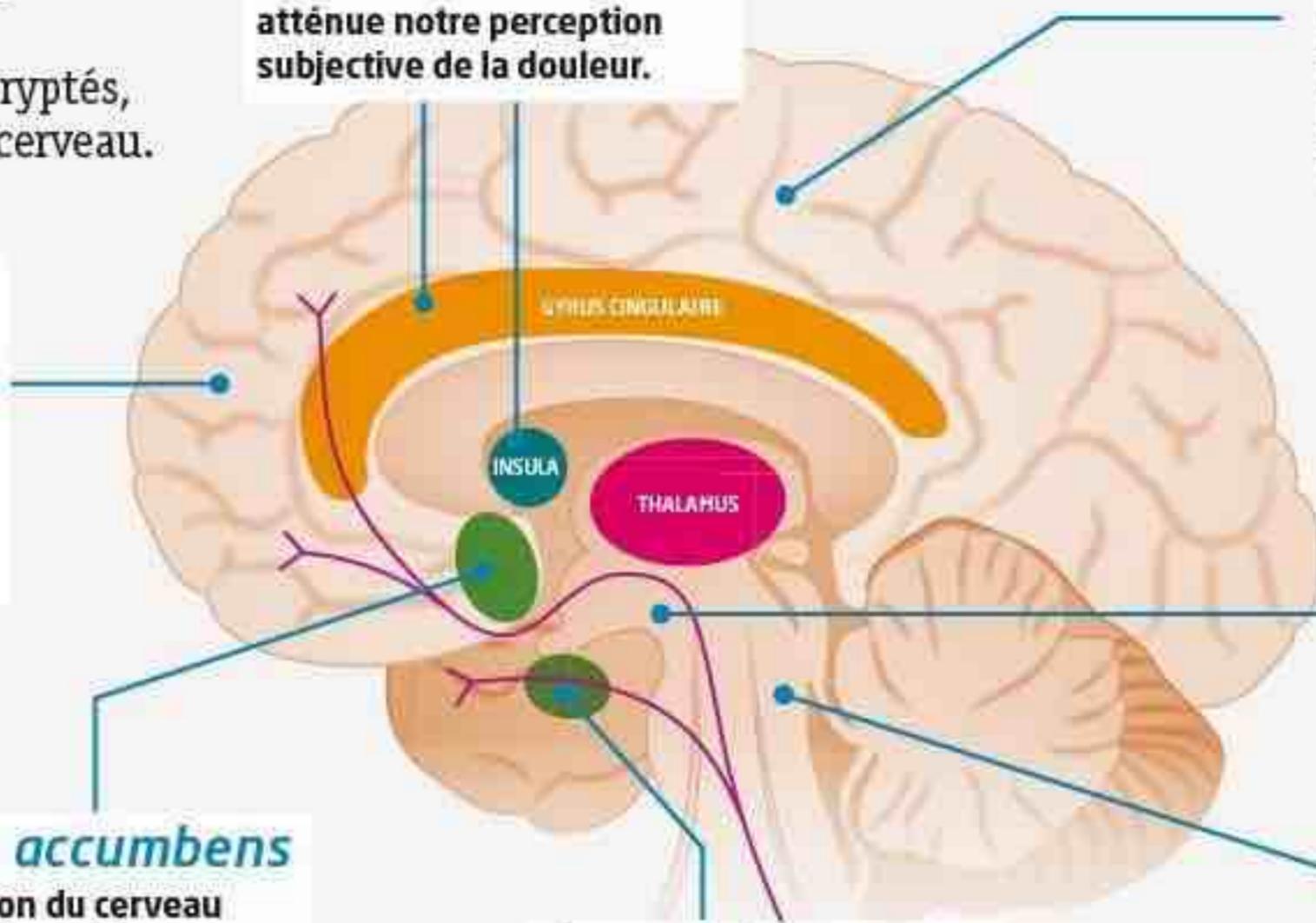


Cortex cingulaire antérieur et insula

La baisse de leur activité atténue notre perception subjective de la douleur.

Noyau accumbens

Cette région du cerveau produit elle aussi de la dopamine.



Cortex cérébral sensoriel

Il reçoit les informations en provenance des récepteurs de la douleur présents presque partout dans le corps.

Aire tegmentale ventrale

La prise d'un placebo annonçant une « récompense » (soulagement de la douleur), cette zone libère de la dopamine (molécule associée à des expériences agréables) vers le noyau accumbens.

Substance grise péréqueducale

Cet ensemble de neurones libère des substances antidouleur (endorphines, enképhalines...)

Sommes-nous tous aussi sensibles à l'effet placebo ?

On, nous ne sommes pas tous égaux face à l'effet placebo : environ un malade sur trois y serait sensible, une proportion toutefois variable selon les troubles. Pourquoi certaines personnes sont-elles plus « réceptives » que d'autres ? La réponse pourrait se trouver dans nos gènes. En 2015, une équipe de l'école de médecine de Harvard (États-Unis) a identifié onze gènes (dont le gène Comt) favorisant l'activation des mécanismes cérébraux facilitant l'effet placebo : ils seraient liés, entre autres, aux circuits de la douleur et de la récompense. Leur présence pourrait expliquer les différences de sensibilité observées d'un patient à l'autre. L'étude de ce réseau de gènes et de leurs protéines, dénommé « placebome », pourrait améliorer la connaissance de l'effet placebo et, donc, la recherche médicale.



Gare à l'effet nocebo !

L'effet placebo a son côté obscur : l'effet nocebo (« je nuirai », en latin). Un faux médicament peut ainsi provoquer des effets secondaires. Comme son double bénéfique, l'effet nocebo comporte une dimension psychologique et neurobiologique. Et les personnes anxieuses, pessimistes ou agressives y seraient plus sensibles. Les réactions les plus fréquemment observées sont une somnolence, des céphalées, des troubles de la concentration, des maux de ventre, une diarrhée, des dermatoses et/ou une bouche sèche. Elles concernent environ un quart des patients traités avec un placebo.





L'EFFET PLACEBO,

Les preuves de son efficacité s'accumulent pour une large diversité de symptômes et de maladies, notamment les troubles ayant une forte dimension psychologique, comme l'insomnie, la dépression et l'anxiété, ou encore ceux liés à la douleur. En voici quatre exemples.

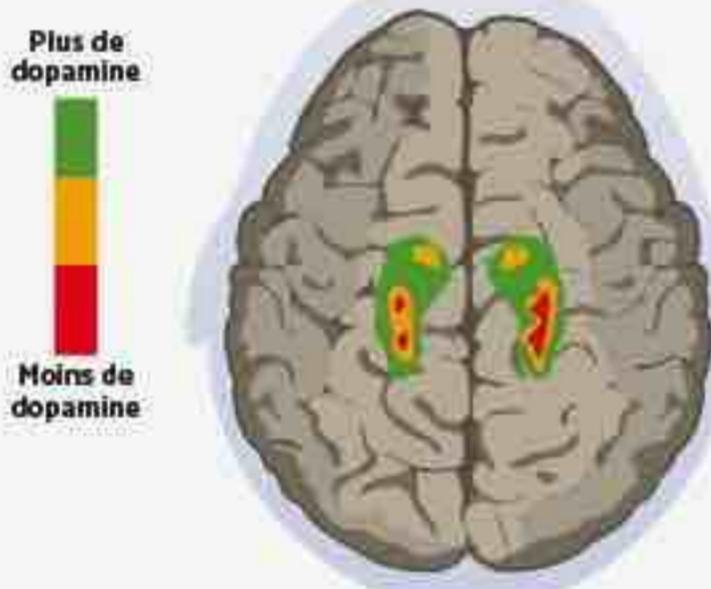


Il réduit les tremblements causés par Parkinson

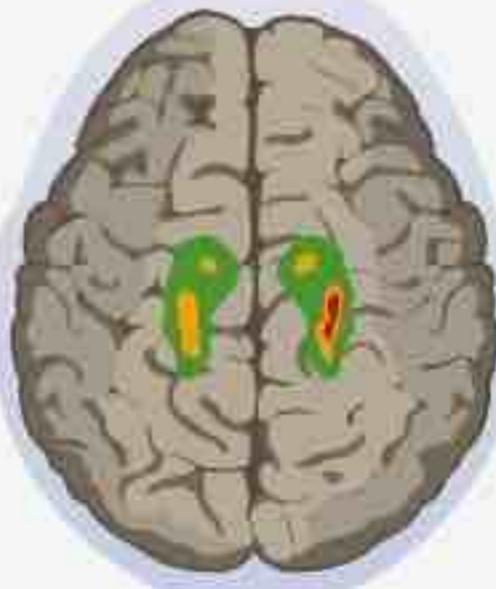
La maladie de Parkinson trouve son origine dans la « substance noire », une zone du cerveau où dégénèrent des neurones impliqués dans le contrôle des mouvements et communiquant entre eux grâce à la dopamine, un messager chimique (ou neurotransmetteur). Leur disparition provoque des tremblements et une rigidité des mouvements, symptômes qui peuvent être limités par la prise d'un médicament: une molécule remplaçant la dopamine. En 2010, des chercheurs

de Vancouver (Canada) ont comparé l'effet de ce traitement à celui d'un placebo. Dans ce type d'étude, les patients ne savent pas s'ils reçoivent le vrai médicament ou pas. Ici, les scientifiques ont précisé aux malades recevant le placebo qu'ils avaient de grandes chances de se voir administrer le vrai traitement... Résultat: dans les deux cas, les niveaux de dopamine ont augmenté de manière similaire dans le cerveau. Preuve que le placebo a le pouvoir de réactiver la production de dopamine, ce qui améliore temporairement la motricité.

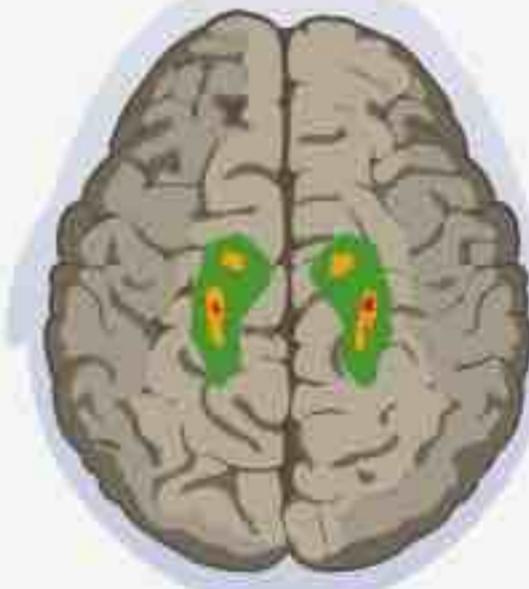
SANS TRAITEMENT



AVEC VRAI MÉDICAMENT



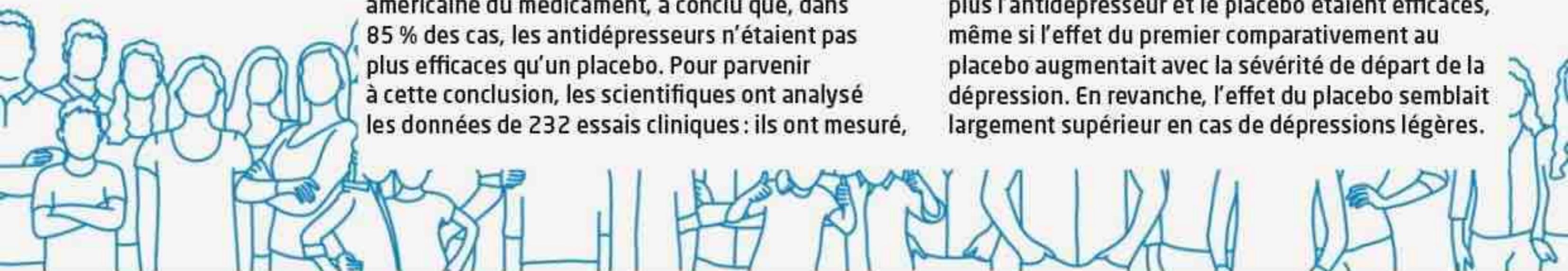
AVEC PLACEBO



Il agit contre la dépression

La question revient fréquemment: les antidépresseurs sont-ils plus efficaces qu'un simple placebo? En août 2022, le recouplement de plusieurs analyses (totalisant 73 388 participants adultes et enfants) menées aux États-Unis et dirigées par des chercheurs de la Food and Drug Administration (FDA), l'Agence américaine du médicament, a conclu que, dans 85 % des cas, les antidépresseurs n'étaient pas plus efficaces qu'un placebo. Pour parvenir à cette conclusion, les scientifiques ont analysé les données de 232 essais cliniques: ils ont mesuré,

par rapport à l'effet placebo, celui d'antidépresseurs prescrits entre 1976 et 2016. La comparaison entre l'effet des antidépresseurs et des placebos, entre le début et la fin du traitement, a révélé de faibles écarts de résultats entre les groupes prenant un antidépresseur et ceux prenant un placebo. Mieux, plus la dépression était grave, plus l'antidépresseur et le placebo étaient efficaces, même si l'effet du premier comparativement au placebo augmentait avec la sévérité de départ de la dépression. En revanche, l'effet du placebo semblait largement supérieur en cas de dépressions légères.



ÇA MARCHE!



Il soigne les troubles digestifs

Maux de ventre, diarrhées, ballonnements... Ces troubles digestifs fréquents et durables caractérisent le syndrome de l'intestin irritable, une maladie qui toucherait 10 % de la population occidentale, principalement des femmes. Là encore, l'effet placebo procurerait de précieux bienfaits. En 2008, Ted J. Kaptchuk, directeur du programme d'études sur le placebo à l'université Harvard (États-Unis), a suivi pendant trois semaines 262 patients atteints de ce syndrome, qu'il a répartis en trois groupes. Le premier était sur liste d'attente, le deuxième recevait une fausse séance d'acupuncture

(placebo), et le troisième, ce même placebo associé à une relation renforcée malade-praticien. À l'issue du traitement, 28 % des patients se sentaient soulagés dans le premier groupe (perspective de prise en charge), 44 % dans le deuxième et 62 % dans le troisième. Ce dernier chiffre serait similaire aux taux de réponse positive obtenus dans les évaluations des médicaments classiquement utilisés contre le syndrome de l'intestin irritable, selon les auteurs de celles-ci. Conclusion : une relation patient-thérapeute empreinte d'attention, d'optimisme et de confiance est une composante forte de l'effet placebo.



Il contrôle le système immunitaire

Dompter les défenses immunitaires à l'aide d'un simple placebo ? C'est possible grâce au conditionnement des malades. Pour preuve, les travaux menés par une équipe de psychologues de l'université de Duisburg-Essen, en Allemagne. En 2008, ces chercheurs ont donné à des patients allergiques une boisson aromatisée, en même temps qu'un médicament contre l'allergie. Ensuite, les malades ont reçu soit de l'eau et un placebo (groupe témoin), soit la boisson aromatisée et le placebo, soit de l'eau et l'antiallergique. Résultat : la combinaison boisson aromatisée-placebo a réduit l'activation de globules blancs impliqués dans l'allergie, produisant ainsi des effets similaires à ceux obtenus dans le groupe traité avec le vrai médicament !

Savoir que l'on prend un placebo diminue-t-il son efficacité ?

On pourrait logiquement s'y attendre. Mais des chercheurs ont obtenu des résultats surprenants : même démasqué, un placebo peut produire son effet bénéfique ! L'une de leurs expériences a été réalisée aux États-Unis auprès de patients souffrant du syndrome de l'intestin irritable : des comprimés inactifs portant la mention « placebo » ont été prescrits, après avoir été présentés de manière positive par le praticien, qui précisait que ces derniers les soulageraient de manière significative par rapport à l'absence de traitement. Chez ceux qui ont pris sciemment le placebo, les résultats sont sans équivoque : des malades ont vu leur état s'améliorer de 60 %, contre seulement 30 % chez ceux qui ne suivaient aucun traitement thérapeutique.





© Shutterstock / Getty / Alamy

DU POIVRON AU PIMENT, UNE QUESTION DE PIQUANT!

L'un flatte les papilles gustatives avec douceur, quand l'autre les enflamme pour le plaisir des gourmets. Une différence de saveur qui ne tient qu'à une molécule...

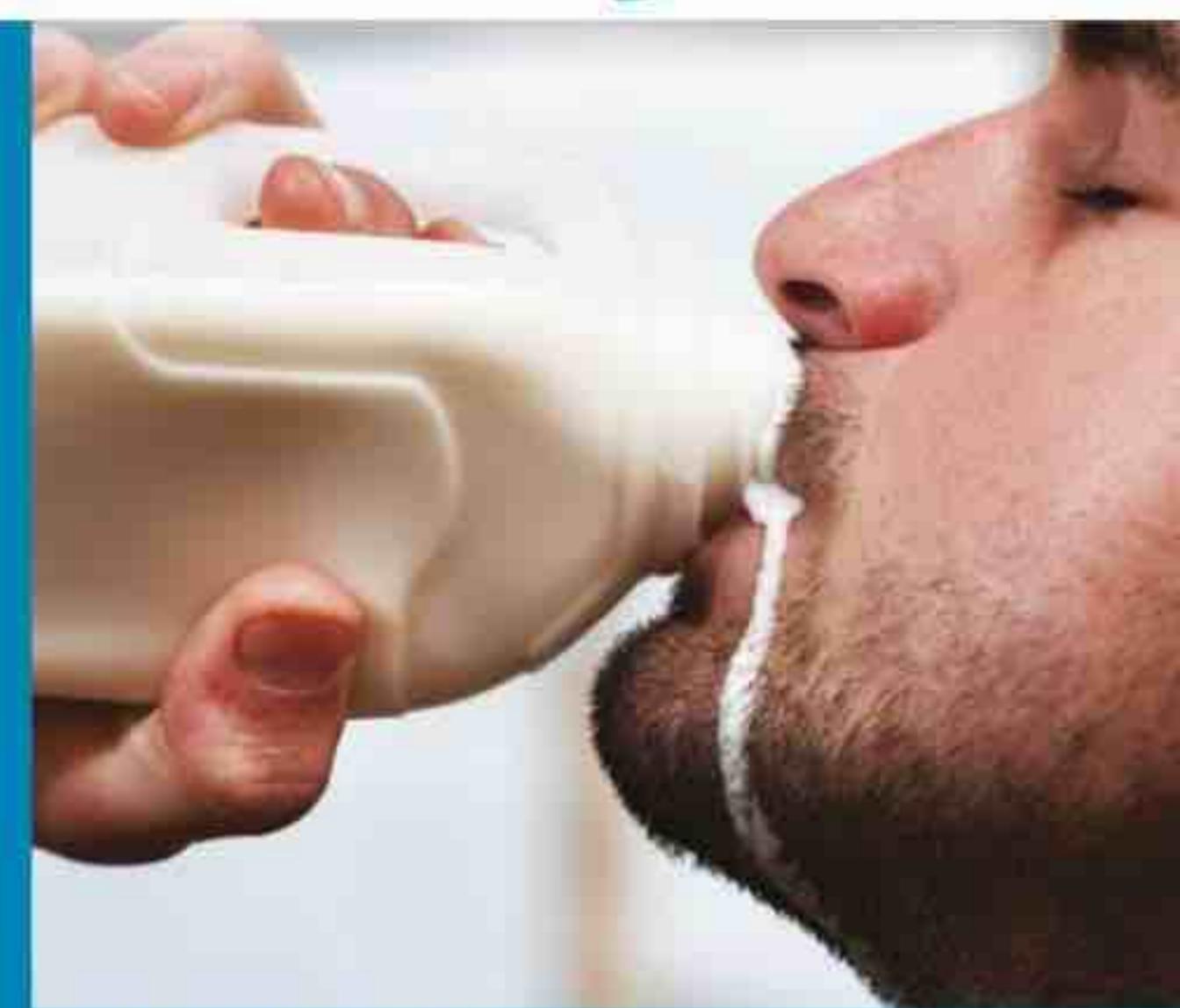
Par Julia Negroni

Poivron ou piment? Pour un botaniste, les poivrons et les piments, originaires du Mexique et d'Amérique du Sud, sont une seule et même plante. Tous regroupés sous le nom de «piments», ils correspondent à différentes espèces du genre *Capsicum* appartenant à la famille des Solanacées, qui regroupe d'autres plantes telles que la tomate, l'aubergine, le poivre de Cayenne et le tabac. Très nombreuses, les variétés de piments se caractérisent par des couleurs, un piquant et des tailles divers. La différence entre piment et poivron se retrouve essentiellement en cuisine. Plus ou moins gros et charnus, les poivrons ont une saveur douce et sucrée, ce qui leur vaut d'ailleurs le surnom de

«piments doux». Les piments, eux, sont généralement plus petits, même si on peut trouver de gros fruits, et ont un goût piquant, voire brûlant.

La capsaïcine « met le feu »

Cette sensation de brûlure ou de piquant est procurée par une molécule chimique, la capsaïcine, produite par le fruit pour se défendre des prédateurs. Le poivron, lui, est quasiment dépourvu de capsaïcine. Une fois ingérée ou en contact avec la peau (et plus largement tout épithélium), cette substance se lie aux récepteurs sensoriels de la chaleur, qui recouvrent les muqueuses de la bouche, de l'intestin, de l'estomac et de la peau. Ainsi ...



Pour dissiper l'effet de brûlure, inutile de boire de l'eau, puisque la capsaïcine, la molécule responsable, n'est pas soluble dans ce liquide. En revanche, elle l'est dans les matières grasses. Mieux vaut donc consommer des produits qui en sont riches, comme le lait, pour apaiser le feu d'un piment.

Mauvaises graines ?

Parmi les différentes parties constitutives d'un piment, toutes n'ont pas le même piquant.

Glandes de capsaïcine

Situées autour des graines, dans les membranes blanches, elles produisent la capsaïcine, la molécule qui donne le piquant au piment (sensation de brûlure).

Placenta blanc

Il correspond aux membranes blanches à l'intérieur du fruit. Ces dernières contiennent environ 90 % de la capsaïcine totale.

Graines

La grande majorité des graines du piment est contenue à sa base, dans le placenta. Elles renferment peu de capsaïcine, mais sont au contact des glandes qui produisent cette molécule.



Apex ou sommet

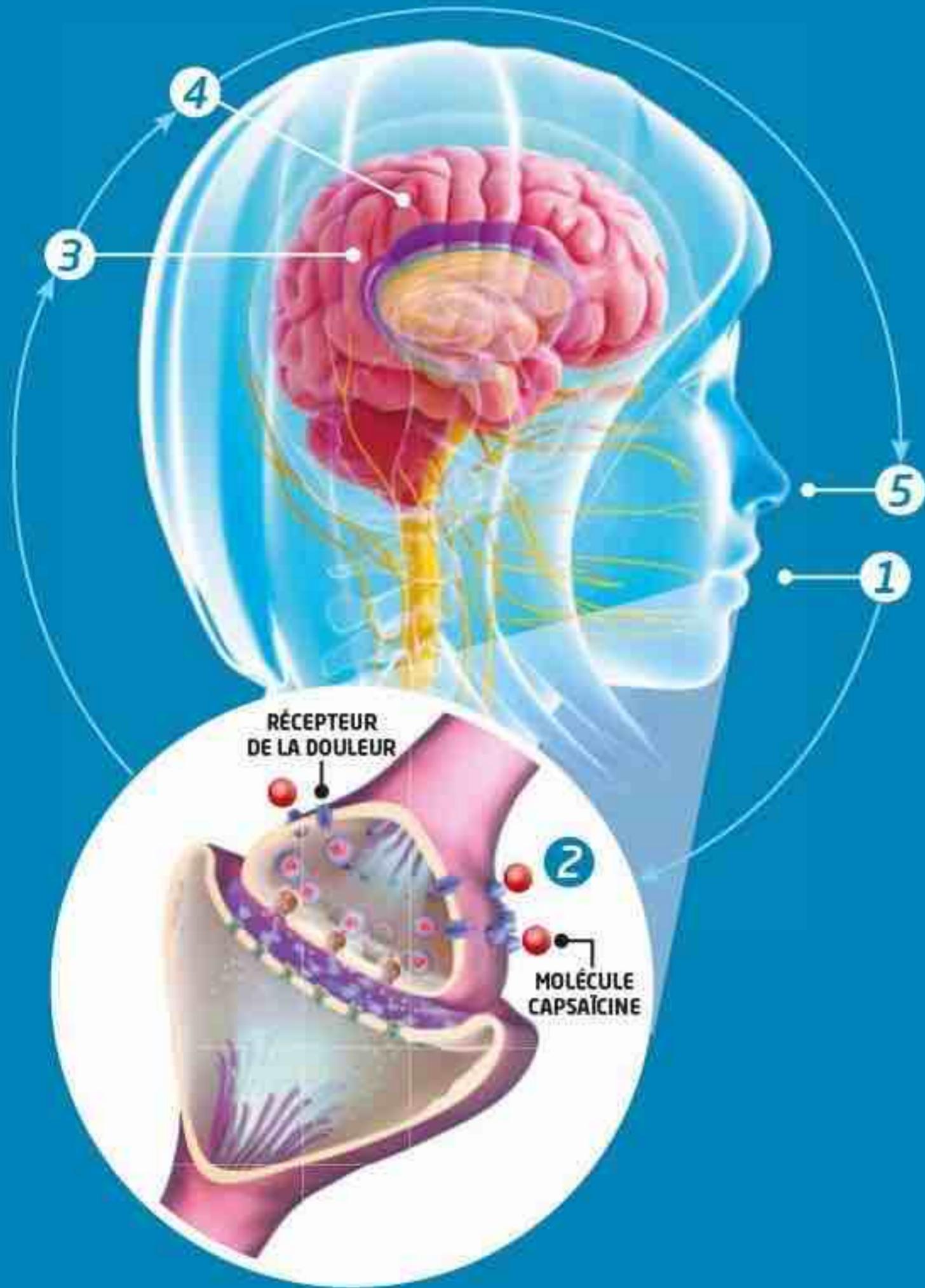
L'extrémité du fruit contient peu de capsaïcine.

Péricarpe

Le péricarpe est une paroi sèche et fine qui entoure l'intérieur du piment. Le corps interne du fruit renferme une grande partie de l'eau présente dans le piment.

Pourquoi ça « chauffe » ?

La présence de capsaïcine provoque une sensation de brûlure, que notre cerveau interprète comme si notre bouche était en contact avec un aliment très chaud.



1. Récepteur sensoriel

Les molécules de capsaïcine libérées par le piment se fixent sur des récepteurs sensoriels sensibles à la chaleur, qui sont présents à la surface de la muqueuse de la bouche (l'épithélium buccal).

2. Transmission vers le cerveau

Les récepteurs liés transmettent un message nerveux aux neurones sensoriels de la douleur (neurones nociceptifs) dans le cerveau.

3. Interprétation par le cerveau

Le système nerveux central traduit le message nerveux provenant de la bouche comme étant de la douleur et de la chaleur.

4. Le plaisir de la douleur

Pour atténuer la douleur, les neurones sensoriels de la douleur stimulent la libération d'endorphine et de dopamine qui nous procurent du plaisir.

5. Combattre le feu

Pour lutter contre la chaleur brûlante perçue, le corps réagit en activant la transpiration et, pour inspirer de l'air frais, la fréquence respiratoire.

... exposées, ces dernières envoient alors une sensation de brûlure au cerveau, sans que la température corporelle monte pour autant. Autrement dit, la capsaïcine mime une sensation de chaleur, qui trompe le cerveau en lui faisant croire que notre bouche est en feu.

Malgré l'aspect douloureux de cette molécule, certaines personnes sont de grands amateurs et des consommateurs réguliers de piments forts, de sauce Tabasco, de pili-pili, de purée de piments, de curry, de harissa. Une appétence qui réside dans le mécanisme d'action de la capsaïcine. En effet, cette molécule stimule, via les neurones sensoriels de la douleur, la libération d'endorphine dans le cerveau. Or, cette substance, proche de la morphine, engendre une sensation d'euphorie et de bien-être qui atténue les effets de la « brûlure » détectée par le cerveau.

Avec modération

Toutefois, le plaisir de manger des épices est aussi susceptible de causer quelques désagréments à l'organisme, notamment en cas d'abus. Le pouvoir irritant de la capsaïcine peut ainsi être à l'origine de troubles digestifs et occasionner des diarrhées en se liant aux récepteurs de l'estomac et des intestins. Pour éviter de tels inconvénients, mieux vaut connaître la force du piment en se référant à l'échelle de Scoville (voir encadré ci-contre), qui mesure l'effet de la capsaïcine (et donc la quantité de cette dernière) en fonction de chaque variété. Un bon indicateur pour savoir, avant de l'ingérer, si votre piment a une saveur douce ou moyennement piquante ou, au contraire, brûlante. Ainsi, alors que les poivrons se situent entre 0 et 100 SHU (Scoville Heat Unit), les piments de type habanero, au goût dit « explosif », varient entre 200 000 et 300 000 SHU, quand la capsaïcine pure atteint 16 millions SHU! Avis aux amateurs... ☺



L'échelle de Scoville

Créée en 1912 par le pharmacologue américain Wilbur Scoville, l'échelle éponyme indique le taux de capsaïcine contenu dans les différents piments et classe ces derniers, dans une version simplifiée, en dix niveaux, allant du neutre (0) à l'explosif (10). Pour mesurer le piquant et la chaleur d'une variété, Wilbur Scoville élaborait une solution de piment frais entier réduit en purée et mélangé à de l'eau sucrée, qu'il faisait tester par des volontaires. Puis il augmentait progressivement les dilutions jusqu'à ce que la sensation de brûlure sur la langue disparaîsse. Il attribuait enfin un numéro au piment et un taux de capsaïcine exprimé en unité de Scoville (SHU) selon le nombre de dilutions nécessaires pour « tuer » l'effet de chaleur. Ainsi, un piment avec un taux de 250 000 SHU signifie qu'il doit être dilué 250 000 fois pour que la capsaïcine devienne imperceptible.



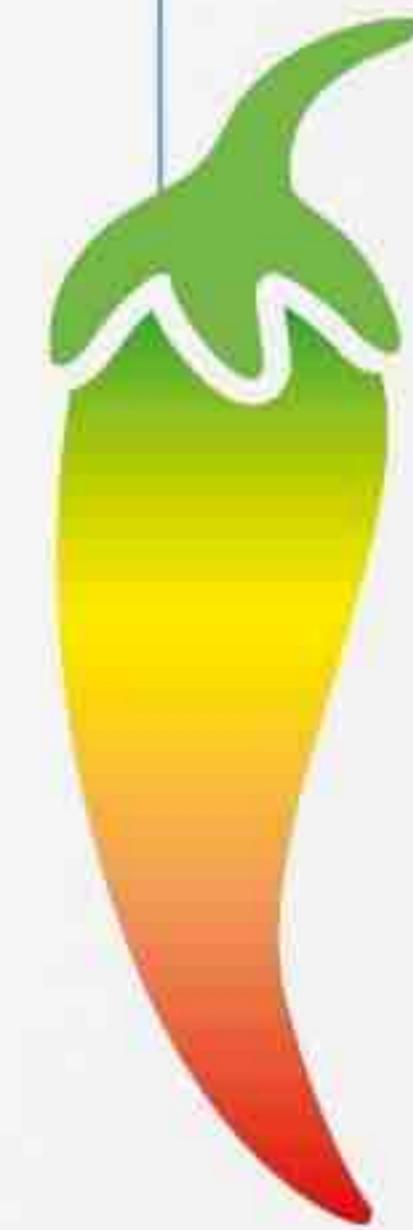
Scoville a pu mettre au point son échelle de mesure grâce à de nombreux tests avec des volontaires.

Classement des piments sur l'échelle de Scoville

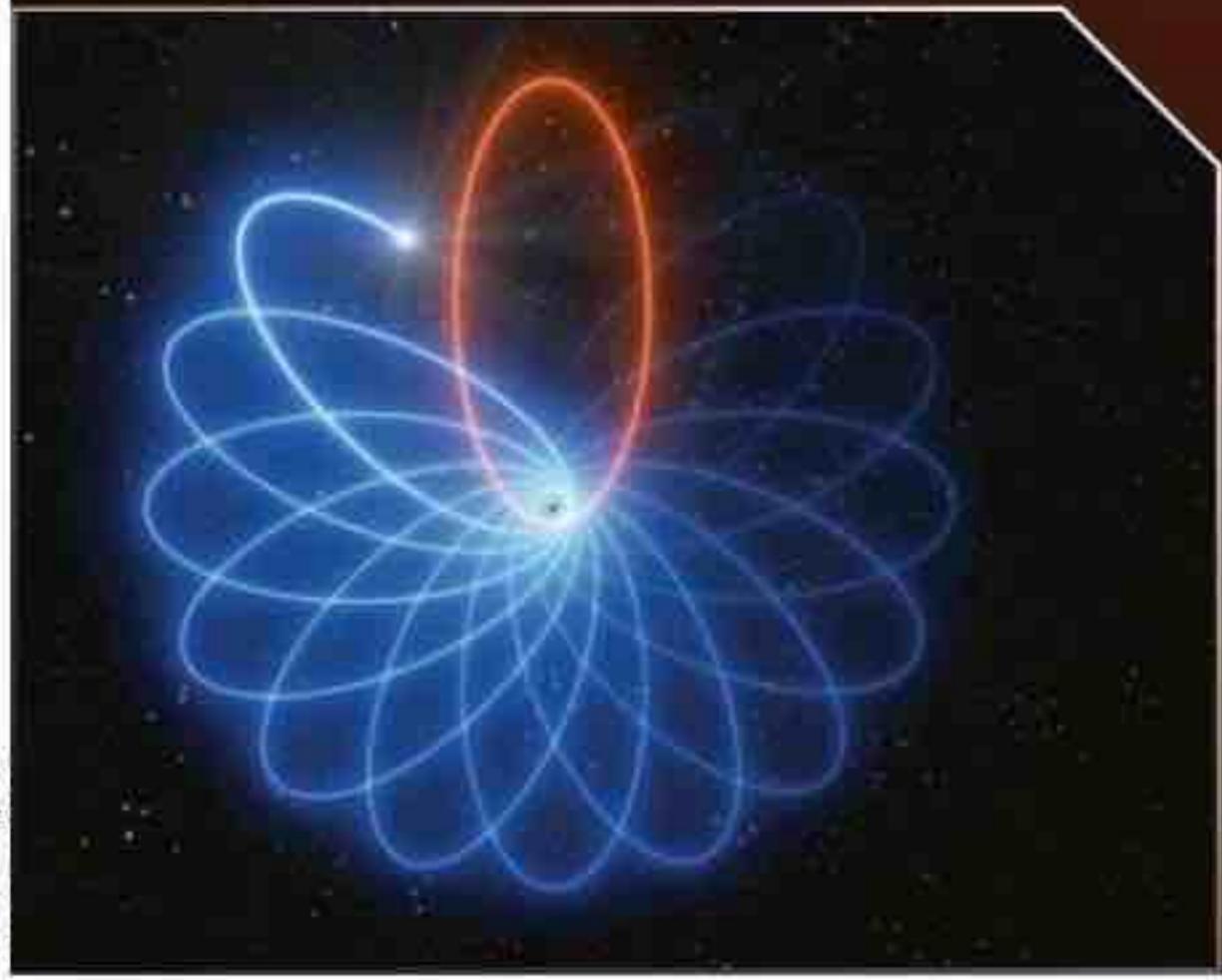
Degré	Niveau	Exemples	Teneur en capsaïcine (SHU)
0	Neutre	Poivron	0 à 100
1	Doux	Paprika doux	100 à 500
2	Chaleureux	Piment d'Anaheim	500 à 1000
3	Relevé	Piment ancho	1000 à 1500
4	Chaud	Piment d'Espelette	1500 à 2500
5	Fort	Piment chimayo	2500 à 5000
6	Ardent	Paprika fort	5000 à 15 000
7	Brûlant	Piment cascabel	15 000 à 30 000
8	Torride	Piment de Cayenne	30 000 à 50 000
9	Volcanique	Piment Tabasco	50 000 à 100 000
10	Explosif	Piment habanero	100 000 et plus



Avec 2,2 millions SHU, la variété Carolina Reaper ou « moissonneuse de Caroline » est le piment le plus fort au monde.



TROUS NOIRS À LA POURSUITE DES



Vue d'artiste (exagérée) de l'orbite d'une étoile autour du trou noir Sagittarius A* (en bleu). Cette trajectoire en rosette valide la relativité générale d'Einstein et non la gravité de Newton, qui prédisait une simple ellipse.

SUPERMASSIFS GÉANTS DE L'UNIVERS

Parmi les objets les plus impressionnantes de l'Univers se trouvent les trous noirs : les plus grands d'entre eux se sont vus attribuer le qualificatif de « supermassifs », qui rend à peine compte de leur démesure.

Par Corentin Paillassard

Un objet tellement dense que même la lumière ne parvient pas à s'en échapper, une masse considérable concentrée en un si petit espace que le champ gravitationnel qu'elle produit est énorme et empêche toute chose de s'en extraire. C'est ainsi que l'on définit le plus souvent le trou noir : un objet céleste très présent dans l'imaginaire collectif, mais aussi très mystérieux, pour le grand public comme pour les scientifiques. L'idée actuelle de « trou noir » est née au XX^e siècle et découle des travaux d'Albert Einstein (1879-1955) sur la relativité générale. Il faudra toutefois attendre les années 1970 pour que les premières observations astronomiques viennent appuyer les théories et que la désignation de « trou noir » soit posée en 1967 par le physicien américain John Wheeler (1911-2008). Ainsi, la science des trous noirs constitue, depuis le milieu du siècle dernier, un domaine à part entière de l'astronomie et de la cosmologie, avec ses stars, comme le physicien britannique Stephen Hawking (1942-2018). Cette science est aussi et surtout un véritable catalogue d'objets célestes aux noms et aux propriétés différentes (*voir* *frise pages 46-47*), classés en fonction de leur masse. Les trous noirs stellaires, issus de l'effondrement d'une étoile sur elle-même, sont les plus « classiques », puisqu'ils représentent le futur de bon nombre d'astres une fois leur vie achevée. D'hypothétiques trous noirs primordiaux se seraient formés au début de l'Univers et pourraient être, au moins en partie, la fameuse « matière noire » (pour

l'heure indétectable, elle constituerait une bonne part de l'Univers). Mais leur existence reste débattue et il n'y a, pour le moment, aucune preuve de leur observation. Également très énigmatiques, les trous noirs dits de « masse intermédiaire » (de 100 à 10 000 masses solaires) sont présents dans les modèles théoriques, mais absents des données récoltées par les astronomes (*voir encadré page 47*). Enfin, la dernière catégorie, peut-être la plus impressionnante, est celle des trous noirs supermassifs.

Des milliards de fois la masse du Soleil

« Normalement, on parle de trous noirs supermassifs à partir d'un million de masses solaires, mais c'est un choix arbitraire », précise Marta Volonteri, astrophysicienne à l'Institut d'astrophysique de Paris et spécialiste des trous noirs supermassifs. Pour autant, la frontière avec les trous noirs intermédiaires reste assez floue, notamment à cause de la difficulté d'observation de ces derniers. Dans tous les cas, les plus gros trous noirs, qui dépassent le million de masses solaires, constituent cette catégorie d'objets colossaux, dont on a des preuves bien plus concrètes de l'existence. Parmi eux, le plus gros trou noir, situé au centre de la galaxie Holmberg 15A (à 700 millions d'années-lumière de la Terre), a une masse de 40 milliards de masses solaires ! Les célèbres « images de trous noirs » (*voir page 46*), qui ont fait la une ces dernières années, sont, en effet, celles de deux trous noirs supermassifs, M87 et Sagittaire A*, ce dernier étant positionné ...



... au cœur de la Voie lactée, à 26 000 années-lumière de la Terre ! De fait, la grande majorité de ces objets célestes trône au centre des grandes galaxies. A priori, la plupart d'entre elles en héberge un, même si on n'en trouve pas ailleurs : « Il existe deux cas où l'on voit un trou noir supermassif en dehors du centre d'une galaxie. D'abord, lorsque deux galaxies fusionnent, comme dans la galaxie NGC 6240 (située à 352 millions d'années-lumière de nous). Dans ce cas, les trous noirs de chaque centre galactique, très proches, se tournent autour et ne sont pas exactement au centre de la nouvelle galaxie. Le deuxième cas est dû à nos capacités d'observation : on étudie l'Univers projeté sur un plan, et un trou noir qu'on ne voit pas au centre d'une galaxie l'est peut-être. Simplement nous n'avons pas encore les moyens de l'identifier comme tel », explique Marta Volonteri.

Des preuves directes de leur existence

Pourtant, les moyens d'observer les trous noirs, les scientifiques se les donnent. Bien qu'il soit par définition impossible de « visualiser » un objet dont aucune onde ne s'échappe, différentes techniques ont été mises au point pour les étudier. Il est parfois possible d'observer directement les rayonnements émis par leur voisinage. Ces trous noirs « lumineux » (via la matière qui les entoure) sont dits « actifs » (voir page 49) et situés au centre de galaxies alors elles-mêmes désignées comme « actives ». L'influence gravitationnelle du trou noir provoque du mouvement autour de lui, notamment la formation d'un disque d'accrétion. C'est-à-dire de

Chaque grande galaxie en hébergerait un

la matière (gaz et poussières) qui tourne autour d'un objet céleste (comme un trou noir ou étoile en formation), attirée par sa force de gravitation.

Chauffé par son mouvement à

grande vitesse, le disque va émettre des rayonnements (infrarouges, rayons X, lumière visible...). Ceux-ci vont permettre de repérer l'existence d'un objet émetteur ou même de visualiser son contour comme sur les toutes premières images d'un trou noir, celles de M87*, observé en 2019 par le réseau Event Horizon Telescope et logé au centre de la galaxie Messier 87, à 55 millions d'années-lumière. Certains trous noirs actifs émettent aussi des « jets » de matière très lumineux, qui aident à les identifier et à les étudier. L'autre méthode pour déterminer la présence d'un trou noir est l'observation du mouvement des étoiles qui l'entourent. En effet, les mouvements des astres sont régis par la gravité, et un objet tel qu'un trou noir supermassif affecte fortement ceux autour de lui. En retracant en détail les trajectoires des étoiles dans les galaxies, on peut en déduire les objets invisibles qui les influencent, par des calculs sur les forces à l'œuvre. Tout cela est bien sûr couplé au travail de modélisation et de prédition, sans cesse comparé aux observations. Les connaissances sur les trous noirs supermassifs progressent à grand pas, notamment grâce à des instruments tels que l'Event ...

Captée en 2019 par l'Event Horizon Telescope, voici la première image d'un trou noir. Il s'agit de Messier 87*, situé au centre de la galaxie du même nom.

Les objets denses dans l'Univers

Des objets célestes compacts, qui ont une masse très importante par rapport à leur volume, peuplent notre Univers.

Naines blanches
Jusqu'à 1 masse solaire
Une étoile peu massive (moins de 10 masses solaires) en fin de vie devient une naine blanche après avoir consommé tout son hélium (son carburant) : tel est le destin de la plupart des étoiles de l'Univers, Soleil inclus.

Étoiles à neutrons
De 1,4 à 3,2 masses solaires

Formés à partir d'étoiles (de 8 à 60 masses solaires) qui ont fini leur vie en explosant en supernova et surtout composés de neutrons, ces objets concentrent plus que la masse du Soleil en une boule de 20 à 40 km de diamètre !

Trous noirs stellaires

De 3 à 100 masses solaires

L'autre destin de la supernova est la formation d'un trou noir stellaire. Si l'étoile est suffisamment massive, le cœur qui subsiste après la supernova peut créer un trou noir en s'effondrant sur lui-même.

MASSE DE L'OBJET (EN MASSES SOLAIRES, 1 MASSE SOLAIRE = 2×10^{30} KG ENVIRON, SOIT 330 000 CELLE DE LA TERRE)

ETOILES À NEUTRONS

NAINES BLANCHES

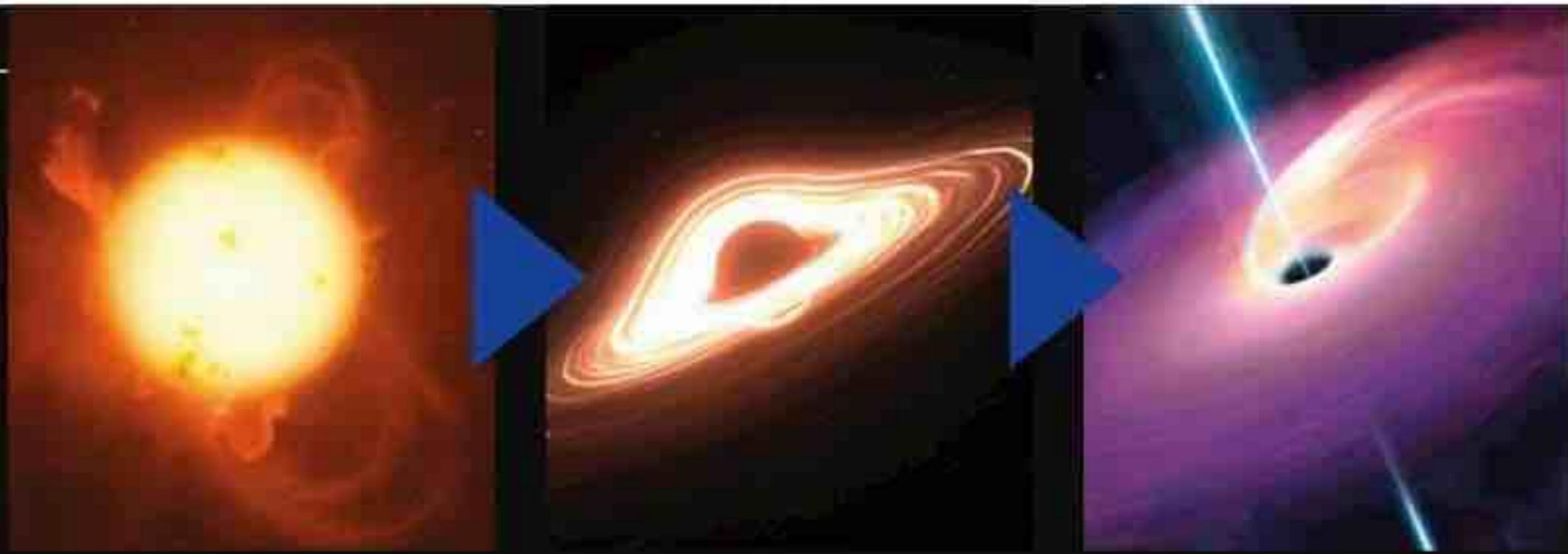
TROUS NOIRS STELLAIRES

1

10

100

La croissance des trous noirs



1. Étoile mourante

Le mécanisme que l'on connaît le mieux pour être à l'origine de trous noirs est l'effondrement d'une étoile sur elle-même. D'hypothétiques étoiles très massives (des milliers de masses solaires), apparues très tôt dans l'histoire de l'Univers, pourraient avoir donné naissance à des trous noirs de masse intermédiaire.

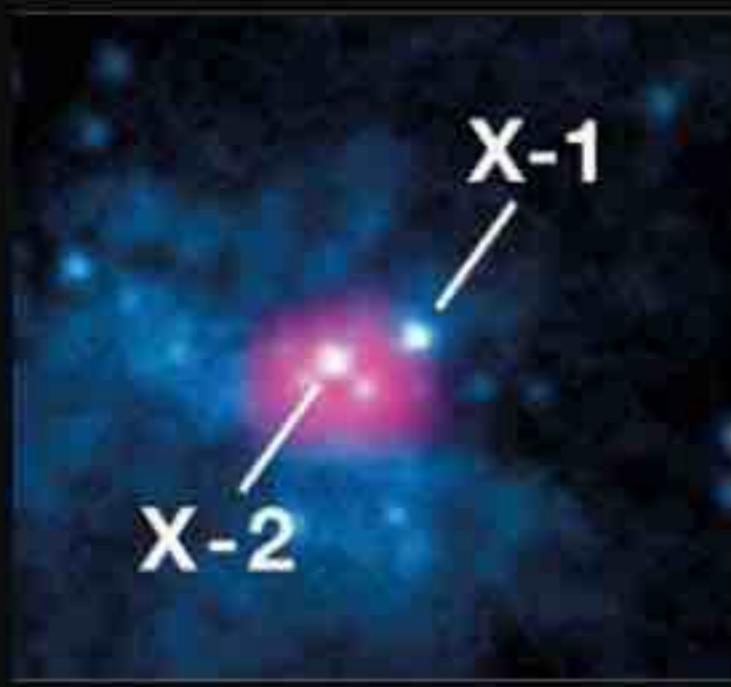
2. Trou noir

Le trou noir est ainsi plus ou moins massif selon l'étoile en fin de vie qui l'a enfanté. C'est ainsi que naissent les trous noirs stellaires, qui tirent leur nom de ce mécanisme. Bien sûr, leur évolution ne s'arrête pas là, et ils vont continuer à évoluer grâce à l'accrétion.

3. Accrétion

Dévorant, grâce à son attraction gravitationnelle, étoiles, poussières et gaz qui s'approchent trop de lui, le trou noir gagne en masse. Un processus trop lent pour expliquer l'existence de certains supermassifs, « trop vieux » pour avoir eu le temps de grossir ainsi. À moins d'y ajouter la fusion avec d'autres trous noirs...

Nommée X-1, cette source de rayons X située dans la galaxie M82 pourrait être un trou noir intermédiaire.



qui feraient entre 100 et 10 000 masses solaires. Leur existence est encore plutôt théorique : « Il y a beaucoup

Les trous noirs de masse intermédiaire

Entre les trous noirs stellaires (issus de l'effondrement d'une étoile sur elle-même) et les trous noirs supermassifs, il existe une catégorie encore très floue : les trous noirs dits « intermédiaires ». Elle regroupe des objets

de candidats, mais on n'a pas vraiment de mesures de masses dans cet intervalle », précise Marta Volonteri. En effet, l'existence de ces trous noirs expliquerait certaines observations astronomiques qui intriguent les scientifiques. Par exemple, une intense source de rayons X dans la galaxie du Cigare (M82), située dans la constellation de la Grande Ourse à 12 millions d'années-lumière de la Terre, serait ainsi un trou noir d'une masse équivalente à 400 fois celle du Soleil. Cette catégorie représente tout un pan des objets massifs à explorer et à comprendre, notamment pour leur potentiel rôle dans la formation (par fusion de plusieurs d'entre eux) de trous noirs supermassifs.

Trous noirs intermédiaires

De 100 à 10 000 masses solaires

Une catégorie de trous noirs encore bien mystérieuse, dont l'existence est théorisée mais dont les observations restent rares.



TROUS NOIRS
INTERMÉDIAIRES

1,000

10,000

100,000

1,000,000

Trous noirs supermassifs

À partir de 1 000 000 masses solaires

Ces mastodontes occupent le centre des grandes galaxies. Les plus massifs d'entre eux font plusieurs milliards de fois la masse du Soleil !



TROUS NOIRS
SUPERMASSIFS

... Horizon Telescope (réseau de radiotélescopes à l'origine des images susmentionnées) ou le télescope spatial James Webb de la Nasa, lancé le 25 décembre 2021, dont l'une

des missions consiste à sonder l'univers profond pour étudier les premières galaxies et les premiers trous noirs. Le projet LISA, prévu pour 2032 et centré sur les ondes gravitationnelles (les oscillations de la courbure de l'espace-temps produites par les phénomènes les plus violents du cosmos), cristallise, lui aussi, beaucoup d'espoirs.

Trouver la « graine »

Mais le but de ces observations est également de percer le mystère de la naissance de ces objets si particuliers. S'il y a peu de doutes sur l'origine des trous noirs stellaires (c'est dans leur nom), les mécanismes de formation des supermassifs échappent encore aux scientifiques. Et pour cause : personne n'a encore observé d'étoile suffisamment massive pour en former un « toute seule ». L'accumulation en un endroit de matière (gaz, poussières) d'étoiles, voire de trous noirs, semble être la voie la plus naturelle, mais ne suffit pas à expliquer la présence de tous les trous noirs observés aujourd'hui. En effet, elle implique souvent la formation d'un trou noir de masse intermédiaire, qui serait la « graine » à l'origine du futur noyau galactique. Or, comme celle des supermassifs, la formation de ces objets, qui

La formation de ces mastodontes reste un mystère

font un ou plusieurs milliers de masses solaires, demeure un mystère : est-ce une fusion de trous noirs plus petits ou un mécanisme que nous ignorons totalement ?

L'étude de chaque catégorie de trous noirs est ainsi intimement liée. Sans oublier le facteur temps : « *Il faut se poser la question : est-ce que ces graines sont suffisamment massives pour expliquer l'existence de certains objets extrêmes ? On a observé des trous noirs très lumineux mais très jeunes (moins d'un milliard d'années après le Big Bang), qui font pourtant un milliard de masses solaires* », pointe Marta Volonteri. L'autre problème, c'est le nombre : les modèles qui permettent la création des plus gros d'entre eux sont aussi ceux qui prédisent le moins de trous noirs dans l'Univers ! Un modèle global doit rendre compte à la fois de la formation des extrêmes et du bon nombre d'objets, même si, bien sûr, plusieurs mécanismes de formation peuvent entrer en jeu. » La naissance de ces mastodontes de l'espace reste, pour les scientifiques, un vrai casse-tête, à la hauteur des échelles difficilement concevables des objets qu'ils étudient. ☑

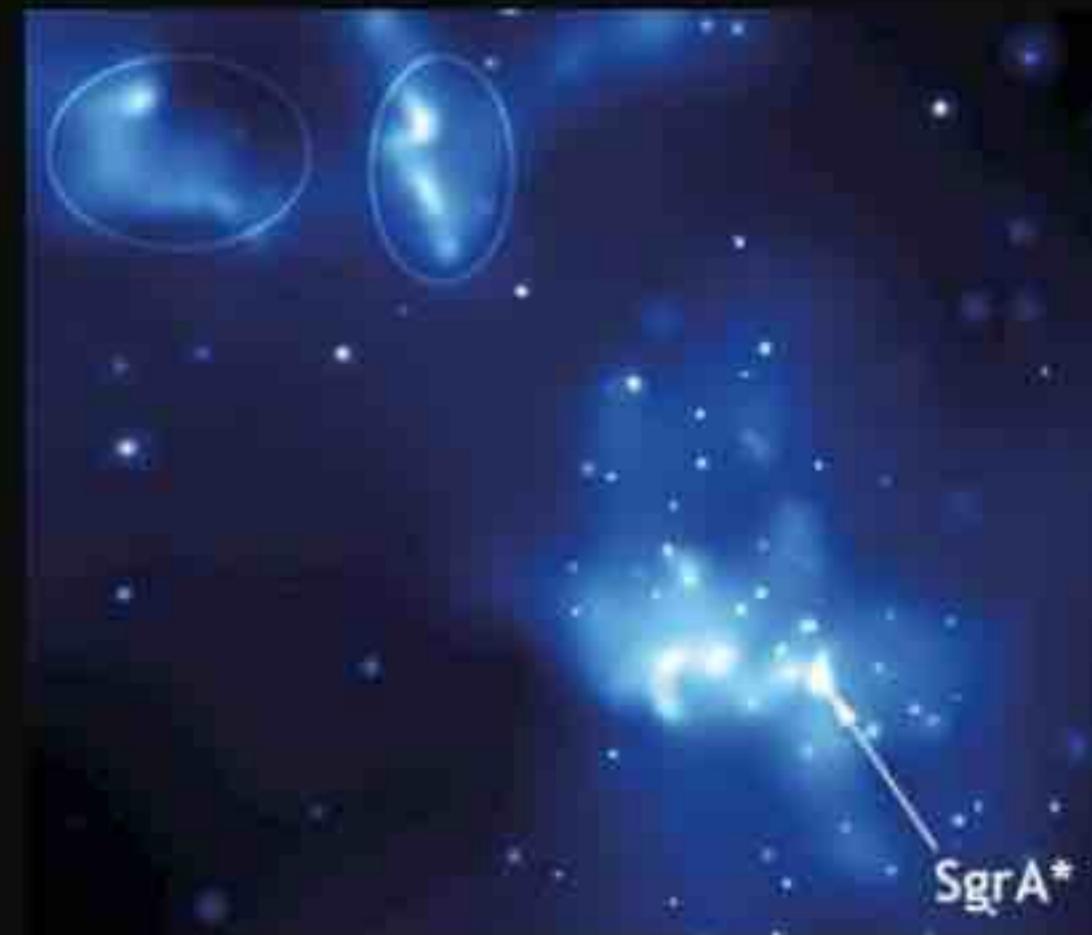


Image aux rayons X de la région autour de Sagittarius A* (Sgr A*), le trou noir trônant au centre de notre Voie lactée.

Collisions de trous noirs ?

Les collisions entre galaxies ne sont pas rares. Lorsque cela survient, les trous noirs centraux peuvent finir par fusionner eux aussi.



1. Fusion de galaxies

Attriées l'une par l'autre, deux galaxies se rapprochent et « se percutent ». Mais une galaxie, c'est beaucoup de vide : la plupart des objets célestes (trous noirs, étoiles, planètes...) ne se rencontrent pas. En revanche, les nuages de gaz interagissent et leurs collisions sont souvent à l'origine de nombreuses naissances d'étoiles.

2. Partie de cache-cache

Les trous noirs sont très petits par rapport à la taille totale de la galaxie. Il est donc tout à fait possible que les deux trous noirs centraux de deux galaxies qui se rencontrent ne s'approchent jamais ! Ou du moins pas dans une échelle de temps raisonnable par rapport à l'âge de l'Univers.

3. Interaction stellaire

Deux trous noirs qui finissent, néanmoins, par se trouver vont alors former un système binaire, où ils gravitent l'un autour de l'autre. Mais pour fusionner, ils doivent céder une certaine quantité d'énergie aux étoiles avoisinantes. Or, cela nécessite que la masse totale d'étoiles alentour soit équivalente à celle des trous noirs, ce qui n'est pas gagné !

4. Fusion réussie ?

Malgré tout, deux trous noirs peuvent réussir à se rapprocher suffisamment pour fusionner et constituer un trou noir encore plus important. Cet événement cataclysmique devrait produire des ondes gravitationnelles, voire des rayons X et des jets de matière lumineux. Encore jamais observée, une éventuelle fusion est attendue avec impatience par les astronomes du monde entier.

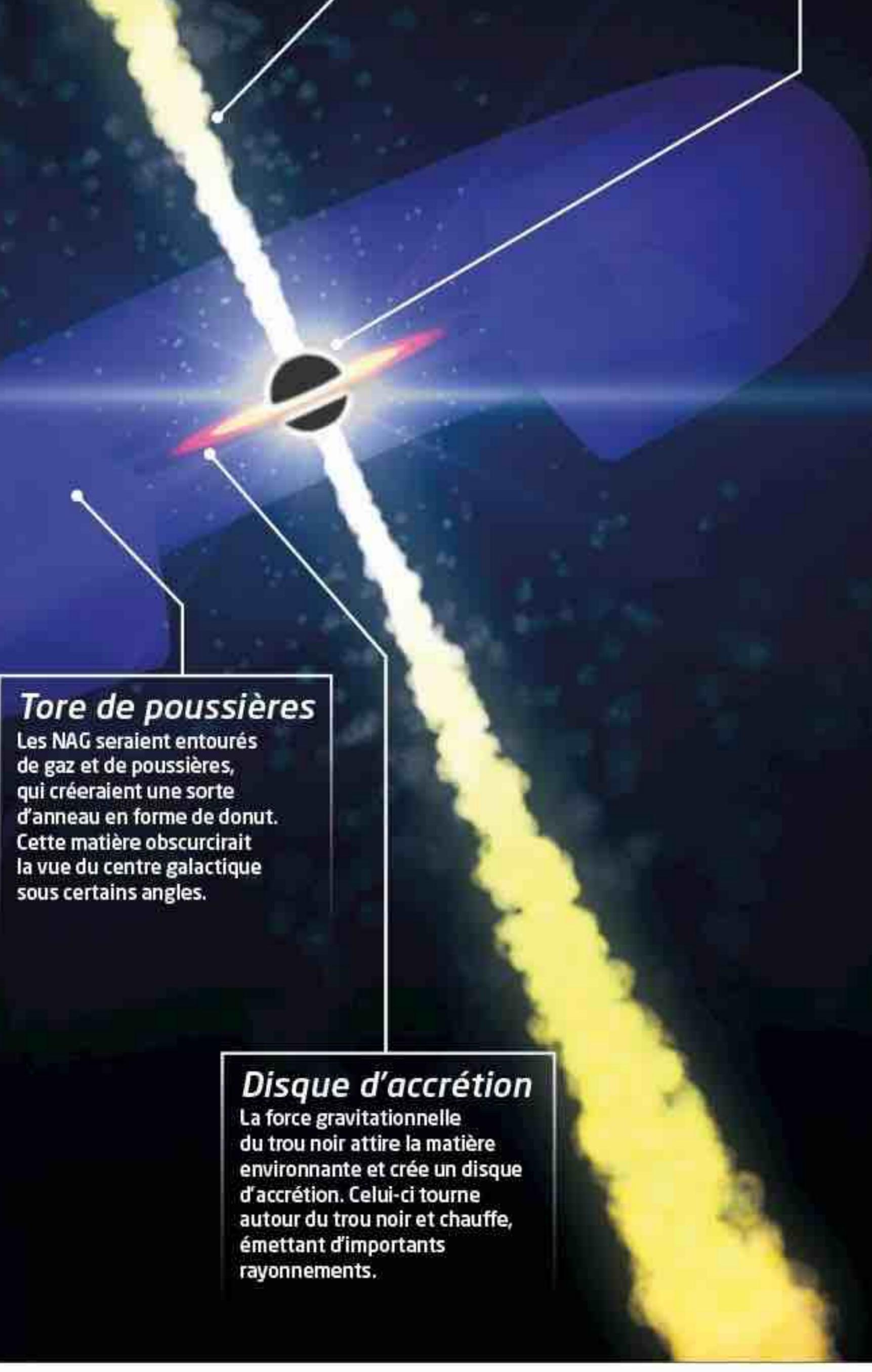
Noyau actif de galaxie (NAG)

Jets

Parfois, le disque d'accrétion produit des faisceaux de matière très lumineux, qui lui sont perpendiculaires. Si la matière est éjectée à des vitesses proches de celle de la lumière, on parle de « jets relativistes ». Leur mécanisme de formation reste à ce jour un mystère, même si l'on soupçonne des perturbations du champ magnétique à l'intérieur du disque d'être à l'œuvre.

Trou noir supermassif

Au cœur du noyau de la galaxie, cet objet extrêmement dense sculpte son environnement avec la force de gravité qu'il exerce.



Tore de poussières

Les NAG seraient entourés de gaz et de poussières, qui créeraient une sorte d'anneau en forme de donut. Cette matière obscurcirait la vue du centre galactique sous certains angles.

Disque d'accrétion

La force gravitationnelle du trou noir attire la matière environnante et crée un disque d'accrétion. Celui-ci tourne autour du trou noir et chauffe, émettant d'importants rayonnements.

Quelques trous noirs supermassifs

Galaxie du Lion I

Cette galaxie naine satellite de la Voie lactée, de 20 millions de masses solaires au total, abriterait un gros trou noir faisant, lui, 3,3 millions de masses solaires ! Un résultat impressionnant mais encore controversé dans la communauté scientifique.



Centaurus A

Le trou noir central de cette galaxie lenticulaire (une sorte de galaxie spirale sans bras), de 55 millions de masses solaires et située à environ 12,4 millions d'années-lumière de la Voie lactée, produit deux jets de matière, dans lesquels celle-ci atteint un tiers de la vitesse de la lumière.



NGC 7727

Dans cette galaxie située à 76 millions d'années-lumière de la Voie lactée, deux trous noirs supermassifs (6,3 et 154 millions de masses solaires) sont séparés par seulement 1 600 années-lumière et devraient fusionner dans 250 millions d'années. Dans un autre système binaire – 0402+379 –, les trous noirs ne seraient séparés que par 30 années-lumière !



DRONES: LE VOL DES

Technologie
ludique il y a peu
en France, il n'est
pas rare aujourd'hui
de l'entendre
aussi bourdonner
au-dessus de
nos têtes en ville



«FAUX BOURDONS»

Ces aéronefs connectés sans pilote à bord attirent de plus en plus de passionnés et de professionnels.

Et, tendance récente, ils s'immiscent désormais dans l'espace public pour des missions de surveillance. Mais ils restent avant tout des armes de guerre.

Par Clément Lefoll

Équipés de lumières rouges et bleues, cent cinquante drones entament un ballet autour de la réplique du château de *La Belle au bois dormant*. Tous les soirs à Disneyland Paris, ce spectacle mêle illuminations et feux d'artifice. Pour compléter le tout, une chorégraphie de drones dessine dans le ciel le chiffre «30», pour le trentième anniversaire du parc d'attractions. Un show orchestré par la start-up bordelaise Dronisos, créée en 2016 et spécialisée dans les opérations événementielles avec ces petits avions télécommandés. Par exemple, au Koweït pour la Coupe du Golfe des nations de football (2017) ou à Paris pour la marque Lancôme (2019). Autant d'illustrations du boom que connaissent ces appareils, utilisés aussi bien par des particuliers pour se divertir que par des professionnels de l'audiovisuel pour filmer ou encore par certaines entreprises pour transporter des marchandises.

En 2013, Jeff Bezos, boss du géant américain Amazon, annonce le lancement du projet Prime Air, un service de livraison par drone. Si le modèle de drone est finalisé en 2019, la phase de test n'est lancée qu'en 2022. À Lockeford et College Station, respectivement situées en Californie et au Texas, les habitants abonnés au service Prime de cette célèbre société de commerce en ligne peuvent ainsi profiter d'une livraison Prime Air. Malgré un investissement de 2 milliards d'euros, il n'est pas certain que le projet soit étendu à d'autres villes, notamment à cause de problèmes de sécurité. Lors des phases de test, plusieurs drones Amazon se sont, en effet, écrasés au sol. La chute de l'un d'eux

a même provoqué un incendie, qui a détruit plusieurs hectares de champs de blé dans l'Oregon.

Bien qu'embryonnaire, le secteur de la livraison par drone semble néanmoins avoir le vent en poupe. Le 25 avril dernier, le Royaume-Uni a inauguré, à Coventry, le premier aéroport au monde pour drones de livraison. Dans le domaine du sport, l'International Testing Agency (ITA), un organisme indépendant chargé, entre autres, du programme antidopage du Comité international olympique, a testé au Qatar le transport d'échantillons de prélèvements par drones, sur des distances allant jusqu'à 20 kilomètres. Dans le journal *L'Équipe*, l'ITA expliquait les avantages de ce mode de transport: «Les drones ne dépendent pas d'infrastructures de mobilité terrestre, qui ralentissent souvent les livraisons, et ont un accès plus facile aux zones éloignées ou géographiquement difficiles», tout en réduisant «la possibilité de falsification.»

La guerre à distance

Au-delà des industries du divertissement et des services, les drones ont une autre finalité, plus controversée. Dans le secteur militaire, ils effectuent, depuis longtemps, des missions de reconnaissance et de renseignement. Parfois, ils sont aussi utilisés pour larguer des bombes. Les premiers prototypes de drones militaires ont vu le jour pendant la Première Guerre mondiale. En 1916, l'ingénieur britannique Archibald Low développe l'*Aerial Target*, un projet d'avion-cible sans pilote, commandé à distance. Un an plus tard, les Américains Elmer Ambrose Sperry, Lawrence Sperry ***

... et Peter Cooper Hewitt imaginent un drone radiocommandé baptisé *Hewitt-Sperry Automatic Airplane*. Durant la Seconde Guerre mondiale, les États-Unis utilisent ces aéronefs pour détruire des navires marchands japonais. Avec l'essor de la guerre électronique, leur déploiement n'a fait que se renforcer. Actuellement, la France ne possède que des drones (plusieurs centaines) de reconnaissance et de renseignement, mais le conflit qui oppose la Russie et l'Ukraine redistribue les cartes. Le ministère français des Armées a récemment publié deux appels à projets pour s'équiper de «drones kamikazes». L'objectif de ces appareils munis d'une charge explosive est de foncer sur une cible pour la détruire (ces bombes volantes sont notamment exploitées par les Russes pour bombarder Kiev, la capitale ukrainienne). En septembre 2022, la Direction générale de l'armement (DGA) a également révélé avoir lancé un projet de minidrone armé baptisé *Avatar*. Son principe? Le développement d'un drone équipé d'un fusil d'assaut que le pilote déclencherait à distance.

Débat éthique et flou juridique

L'utilisation de ces drones armés soulève un débat éthique. En 2019, le patron du groupe français Thales, l'un des géants mondiaux de l'armement, appelait à interdire les «*robots tueurs*» équipés d'intelligence artificielle, craignant en particulier que ces armes frappent les populations civiles, ce que, de fait, on constate depuis plusieurs années. En 2021, le *New York Times* a eu accès à plus de 1 300 rapports du Pentagone, qui dévoilent les coulisses de la guerre technologique : depuis 2014, les frappes aériennes américaines à partir de drones ont fait, au total, 1 417 victimes civiles en Syrie et en Irak, et 188 autres en Afghanistan. Et en 2018, le média américain en ligne *The Intercept* divulguait qu'un drone de guerre israélien avait, en 2014, tué quatre civils en Palestine.

Après les terrains militaires, les drones s'immiscent, depuis quelques années, dans l'espace public. Durant le premier confinement, plusieurs dizaines ont survolé les villes françaises : pour vérifier que

personne ne se rendait sur les plages de la Côte d'Opale, pour inviter les habitants de Nice à respecter la distanciation sociale ou encore, à Cannes, pour vaporiser un produit afin de désinfecter le mobilier urbain. Les drones ont aussi été employés par les forces de l'ordre pour encadrer les manifestations, ce que regrettent certains avocats et ONG. La Quadrature du Net, principale association de défense des libertés numériques, déplore une «*militarisation de l'espace public*», avec des technologies initialement développées pour les terrains de guerre, désormais déployées dans nos rues. L'arrêté du 17 décembre 2015 précise les conditions d'utilisation «*de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord*». Il indique aussi que chaque vol de drone doit être déclaré en préfecture au moins cinq jours ouvrés avant. Cependant, cet arrêté exempte de toute déclaration préalable la police nationale et la gendarmerie dès lors que «*les circonstances de la mission, et les exigences de l'ordre et de la sécurité publics, le justifient*». Une exemption contre laquelle s'insurge l'avocat parisien Thierry Vallat : «*On ne sait pas si on est filmés, comment, si les données vont être conservées, transmises, recoupées.*»

Devant un tel flou juridique, le Conseil d'État a ordonné au préfet de police de Paris de cesser de faire voler des drones pour la surveillance des manifestations, quelques mois après en avoir utilisé pour faire respecter les mesures sanitaires. Pour se mettre en conformité, le gouvernement a fait adopter par le Parlement, en décembre 2021, la loi «*Responsabilité pénale et sécurité intérieure*», qui fixe le cadre légal de l'emploi des drones par les forces de l'ordre pour surveiller la population. Depuis, en France, ces aéronefs peuvent être utilisés uniquement par la police nationale. ☑



Depuis décembre 2021, les drones de surveillance ne peuvent être utilisés que par la police nationale.

Les drones permettent aux chercheurs d'aller observer la faune dans des milieux naturels difficilement accessibles.



Ils révolutionnent nos pratiques

Médecine

Le drone facilite l'accès à des zones éloignées et réduit le temps de transport de médicaments vitaux. Au Royaume-Uni, un projet pilote du National Health Service livre par drones des médicaments de chimiothérapie sur l'île de Wight depuis un hôpital de Portsmouth. Durée du trajet: 30 minutes contre 4 heures d'habitude.



Protection animale

Grâce à des récepteurs liés au drone, des scientifiques étudient des animaux évoluant dans des environnements difficiles d'accès. Exemples : l'agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA) surveille des bélugas en Alaska, tandis que l'ONG Wildlife Drones suit des espèces menacées, tel le pangolin.

Anatomie d'un drone

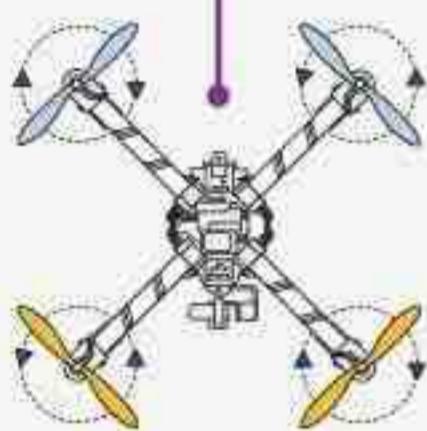
Châssis, système de propulsion, ordinateur de bord... Voici les composants indispensables pour que ces petits aéronefs puissent, sans humain à bord, voler et accomplir diverses tâches.

Quatre rotors

Chacun d'entre eux est composé d'hélices et d'un moteur. Une fois en marche, ils génèrent une poussée vers le bas qui soulève l'appareil dans les airs.

Vol stationnaire

Pour que l'appareil se stabilise dans les airs, deux des quatre rotors tournent dans le sens des aiguilles d'une montre et les deux autres dans le sens inverse.



Ordinateur de bord

Il transmet au pilote (au sol) des informations essentielles comme le niveau de la batterie, les coordonnées GPS...

Accéléromètre

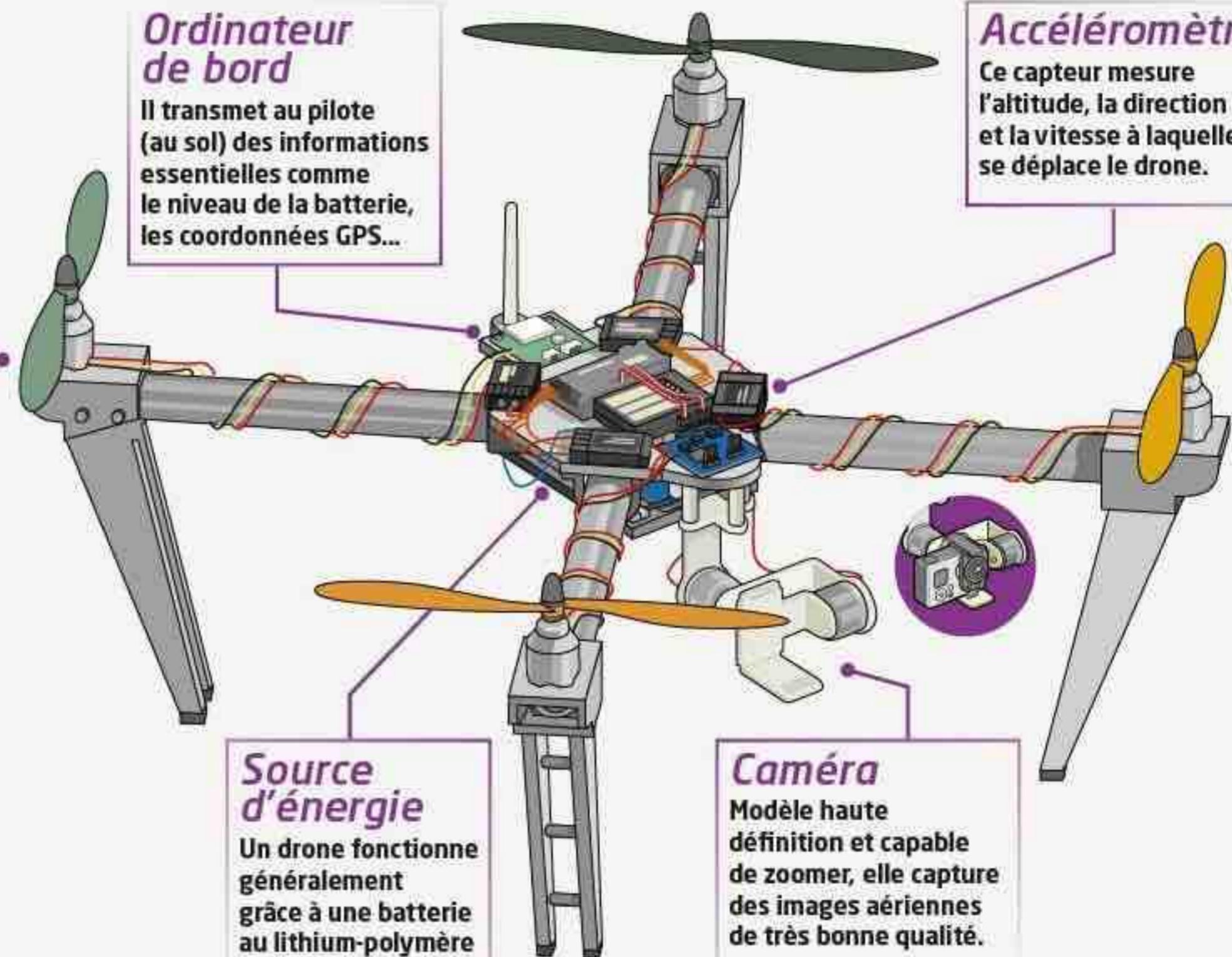
Ce capteur mesure l'altitude, la direction et la vitesse à laquelle se déplace le drone.

Source d'énergie

Un drone fonctionne généralement grâce à une batterie au lithium-polymère rechargeable.

Caméra

Modèle haute définition et capable de zoomer, elle capture des images aériennes de très bonne qualité.



Grâce à Ingenuity, la surface de Mars a été photographiée en très haute résolution.



Recherche spatiale

En février 2021, Ingenuity, le drone de la Nasa, est devenu le premier à se poser sur Mars. En raison des dizaines de millions de kilomètres qui séparent la Planète rouge de la Terre, il n'est pas téléguédié par un pilote, mais décolle et atterrit selon des paramètres préenregistrés par l'agence américaine, comme la vitesse du vent martien.

Agriculture

Généralement surnommé « agriculture de précision », l'usage de drones dans le secteur agricole simplifie la cartographie des infrastructures et des terres agricoles. L'aéronef surveille également les cultures, améliorant notamment la planification des récoltes et l'épandage des engrangés.



VOYAGE À BORD D'UN BALLON STRATOSPHÉRIQUE

Après les ballons-sondes, les ballons-croisière ? Un moyen de transport écologique mais luxueux pour aller immortaliser, façon Thomas Pesquet, les beautés terrestres... à une altitude bien moindre.

Par Cécile Guichon

Imaginez que vous puissiez voyager assez haut dans le ciel pour admirer la courbure de la Terre se détacher sur le noir de l'espace... Et tout ça, confortablement assis à l'intérieur d'une cabine portée par un gigantesque ballon, de la taille d'un terrain de foot, qui se déplace lentement dans la stratosphère... Eh bien, c'est l'expérience que la société américaine Space Perspective compte proposer à l'horizon 2024 avec son *Spaceship Neptune*, actuellement en cours de développement.

Malgré son nom, ce «vaisseau spatial» n'ira pas à proprement parler dans l'espace qui, rappelons-le, commence à 100 km d'altitude. Ses huit passagers et son pilote ne monteront qu'à 30 km d'altitude, soit moins haut que les autres projets de tourisme spatial (80 km pour l'avion de Virgin Galactic et 100 km pour la fusée de Blue Origin), mais bien plus que les avions de ligne qui volent, eux, à une

altitude de 10 km environ. L'avantage: nul besoin d'entraînement physique pour supporter l'importante accélération subie lors du décollage d'une fusée, puisque *Spaceship Neptune* se déplacera à seulement 20 km/h. Surtout, le voyage n'émettra aucun gaz à effet de serre !

Cette limite en altitude est liée au fonctionnement même du ballon: rempli d'un gaz plus léger que l'air (de l'hydrogène), il ne peut s'élever que jusqu'au point où l'atmosphère (l'air donc), elle-même, commence à devenir trop rare, au risque de ne plus le porter. À cette altitude, il peut flotter au-dessus de la Terre. Une aubaine pour les passagers, qui auront tout le temps d'apprécier le paysage pendant un vol d'environ 6 heures (*voir encadré p. 54*). Le prix du siège – 125 000 euros – limitera tout de même le nombre de candidats potentiels. Pourtant, selon l'entreprise, les six cents premières places sont d'ores et déjà réservées. ♦

Spaceship Neptune
décollera du célèbre centre
spatial Kennedy, en Floride.
Le ballon s'élèvera
à une altitude où la courbure
de la Terre est visible.

À travers les vitres de la capsule,
la vue sera imprenable.

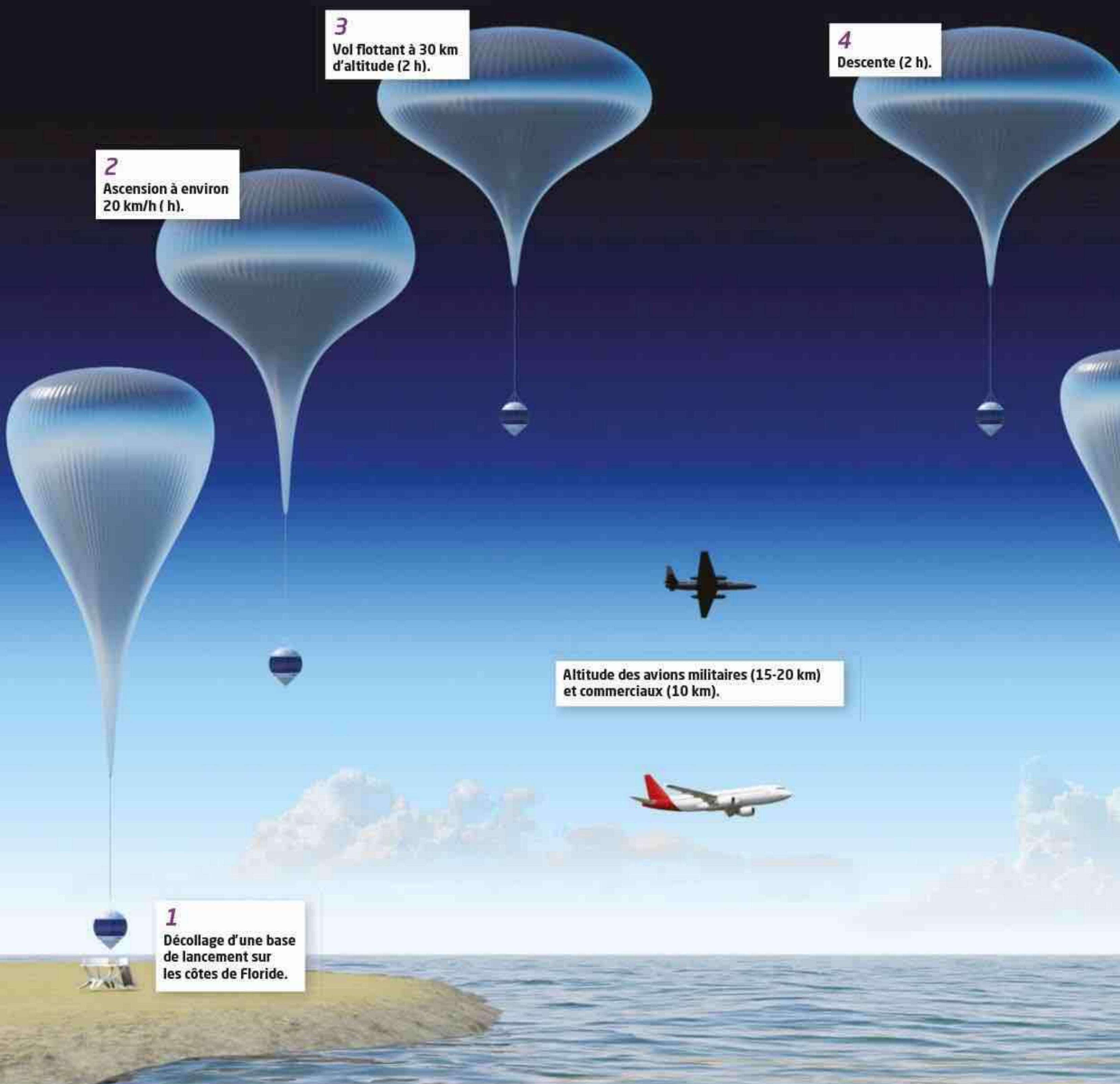
Une cabine pressurisée tout confort

Bien que le *Spaceship Neptune* n'atteigne pas la ligne de Kármán, soit officiellement le début de l'espace situé à 100 km d'altitude, il franchira un autre repère emblématique, à environ 19 km, appelé limite Armstrong. À cette altitude, la pression atmosphérique est si basse que l'eau (et donc aussi la salive) bout à la température du corps humain (37 °C). Au-delà, tout être humain doit porter une combinaison adaptée ou se trouver à l'intérieur d'une cabine pressurisée pour survivre. Ce sera le cas de la cabine du *Spaceship Neptune*: une sphère mesurant 5 m de diamètre entièrement pressurisée et suspendue au ballon. Ses larges vitres offriront aux huit passagers une vue à 360° sur la Terre. Sièges inclinables, connexion Wi-Fi, minibar et toilettes assureront leur confort ainsi que celui du pilote.



Un vol-croisière de 6 heures

Les concepteurs du *Spaceship Neptune* ont prévu une croisière en trois étapes, chacune durant 2 heures. D'abord, la montée, puis le vol flottant et, enfin, la descente, qui se terminera sur l'océan. Les passagers seront récupérés par un bateau baptisé *MS Voyager*, en hommage aux sondes *Voyager* envoyées aux confins du Système solaire.



4 options pour le tourisme spatial

Un candidat au tourisme spatial pourra bientôt choisir parmi quatre vaisseaux, selon qu'il souhaite s'élancer juste assez pour voir la courbure de la Terre (le ballon *SpaceShip Neptune*), flirter avec la limite de l'espace (l'avion spatial *SpaceShipTwo* ou la fusée *New Shepard*), ou bien aller carrément jusqu'à la Station spatiale internationale (la capsule *Crew Dragon*).



SpaceShipTwo

Entreprise: **Virgin Galactic**
Prix du billet: **450 000 euros**
Engin: **avion spatial**
Altitude maxi: **88 km**

Premier vol d'essai: **décembre 2018**



Crew Dragon

Entreprise: **Space X**
Prix du billet: **non dévoilé**
Engin: **vaisseau orbital**
Altitude maxi: **580 km**

Premier vol d'essai: **mars 2019**



Spaceship Neptune

Entreprise: **Space Perspective**
Prix du billet: **125 000 euros**
Engin: **ballon stratosphérique**
Altitude maxi: **32 km**

Premier vol d'essai: **juin 2021**



New Shepard

Entreprise: **Blue Origin**
Prix du billet: **non dévoilé**
Engin: **fusée suborbitale**
Altitude maxi: **104 km**

Premier vol d'essai: **novembre 2015**

5

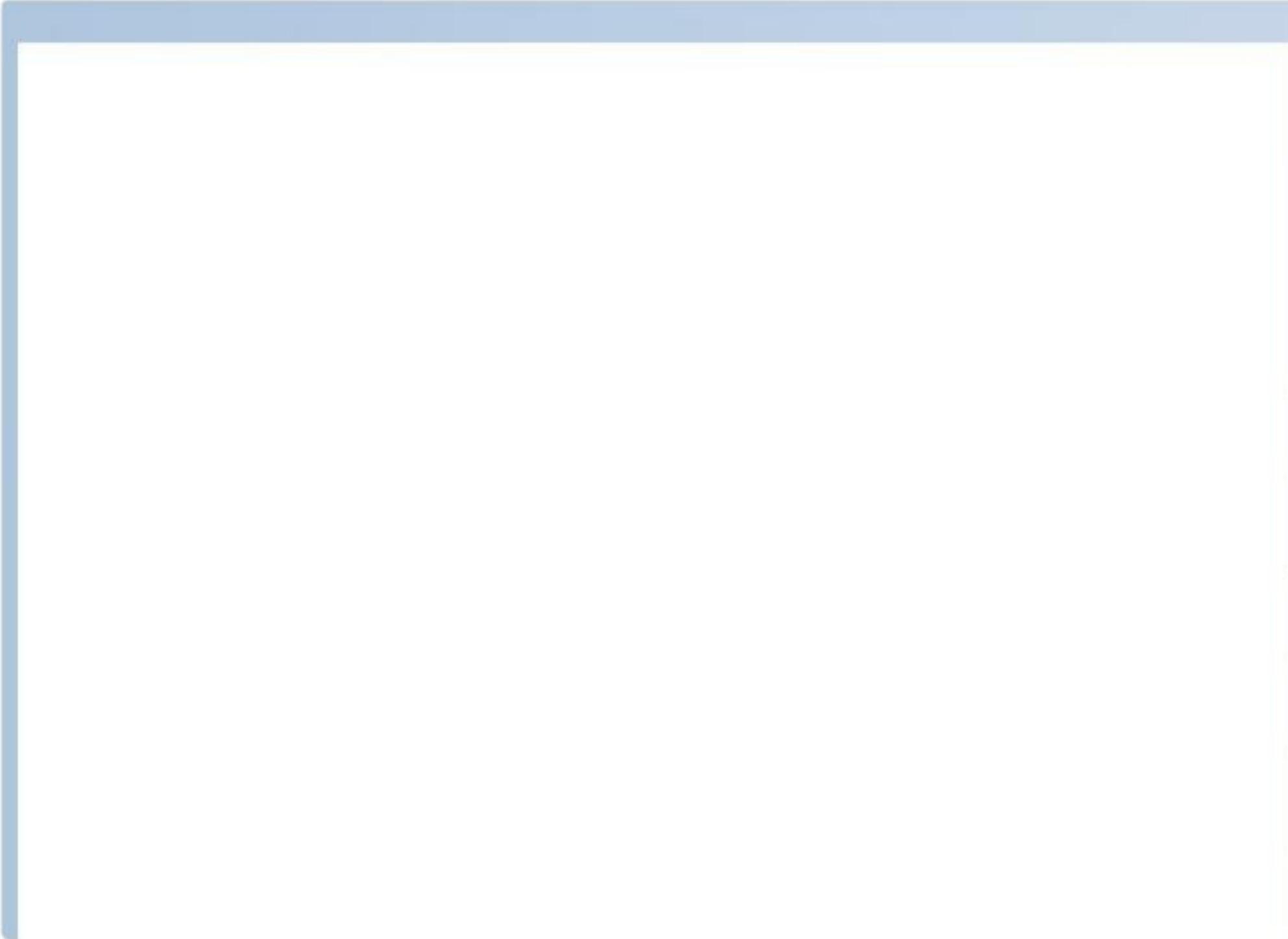
Arrivée sur l'océan et récupération par un bateau.

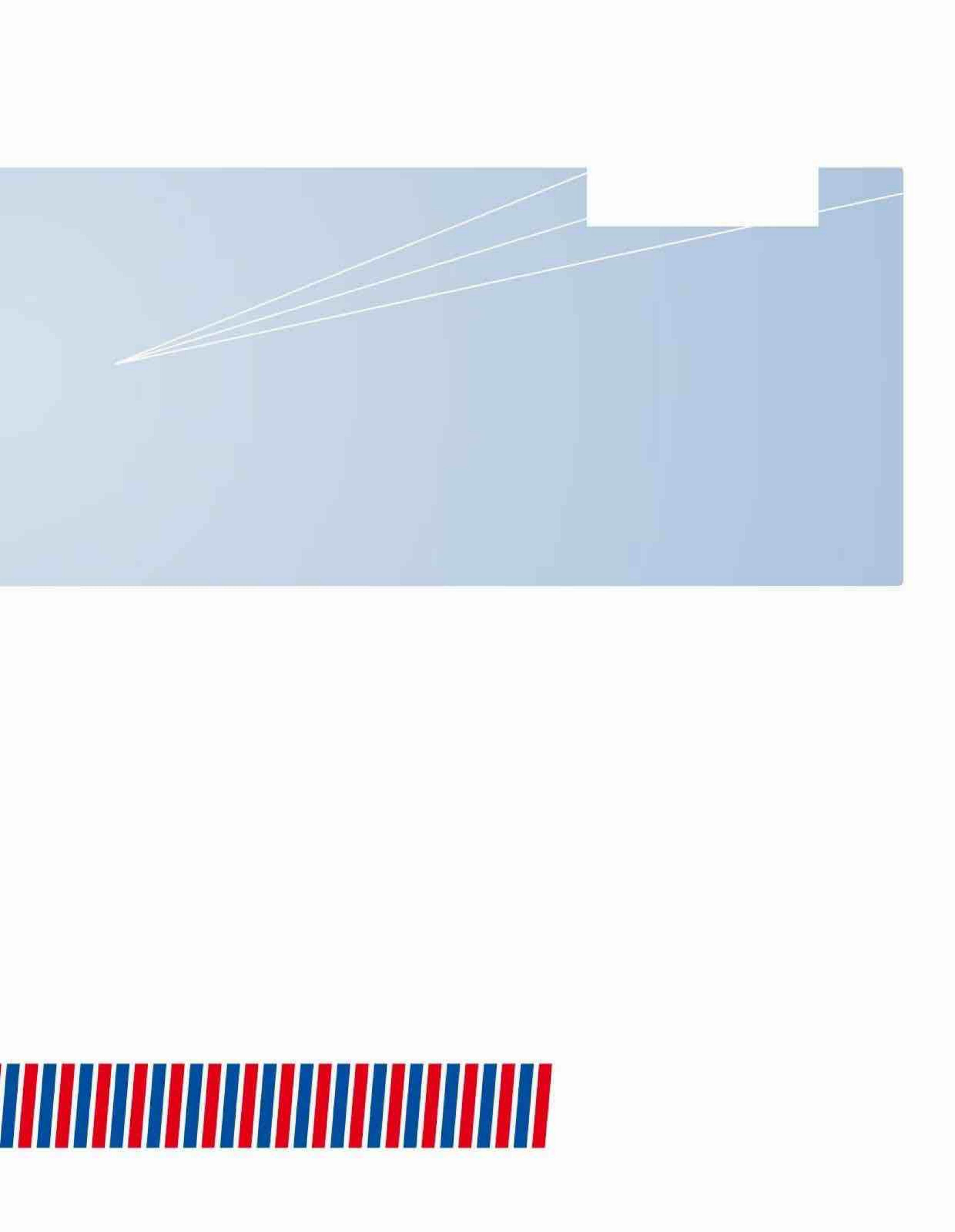
Une technique de vol bien rodée

La société américaine Space Perspective a choisi d'utiliser la plus vieille technologie aéronautique qui soit, et qui remonte au XVIII^e siècle : le ballon. *Neptune* était d'ailleurs le nom du premier ballon postal français, chargé d'acheminer le courrier pendant le siège de Paris par les troupes prussiennes, en 1870. Aucun besoin de moteur, le ballon s'élève par la seule présence de son gaz – de l'hydrogène ou de l'hélium –, plus léger que l'air. C'est le moyen le plus simple et le moins gourmand en énergie pour atteindre les hautes altitudes. D'ailleurs, les scientifiques utilisent depuis la fin du XIX^e siècle ce qu'ils appellent des « ballons-sondes » non habités, pour mener des campagnes de mesures météorologiques, ou même des expériences astronomiques.

Les ballons-sondes sont régulièrement utilisés pour des missions scientifiques.











MAMMIFÈRES PORTRAIT DE FAMILLE

A priori, rien de plus différent d'un panda qu'une souris ou un dauphin... Pourtant, à y regarder de plus près, ces animaux partagent nombre de caractères, qui font d'eux une classe du vivant à part entière.

Par Claire Guérou

Eléphant, dauphin, musaraigne, ornithorynque, homme, chauve-souris... Des animaux tous plus différents les uns que les autres, croyez-vous ? Détrompez-vous : tous font partie d'une même grande famille (ou, en termes scientifiques, d'une classe), celle des mammifères. « Longtemps, on a pensé que cette classe comptait environ 4 500 espèces ; maintenant, on penche plus pour 5 500 », indique Emmanuel Douzery, enseignant-chercheur en phylogénie (la science qui établit des liens de parenté entre les êtres vivants) et évolution des organismes à l'université de Montpellier. De la plus petite (environ 3 cm et 2 g), la kitti à nez de porc, une chauve-souris évoluant dans le ciel de Thaïlande et de Birmanie, à la plus grosse (30 m et 170 t), la baleine bleue, reine des océans, en passant par le loup, animal terrestre couvert de poils, et par l'homme, qui a perdu les siens au fil du temps... toutes ces espèces ont en commun, malgré d'évidentes disparités dans leurs morphologies et leurs modes de vie, un ensemble de caractères que les autres animaux n'ont pas.

Bien qu'ils soient apparus sur Terre il y a 210 millions d'années, c'est seulement en 1758 que naît le nom « mammifère ». Carl von Linné, un naturaliste suédois, a alors l'idée de classer les animaux selon leurs ressemblances morphologiques : des nageoires pour les poissons, des écailles pour les reptiles, des ailes pour les oiseaux, des mamelles pour les mammifères... Il considère même que le besoin des baleines et des dauphins de remonter à la surface de l'océan pour respirer les écarte de la classe des poissons, qui se servent de branchies, et les qualifie pour celle des

mammifères. Mais Linné est créationniste, il croit à la genèse des animaux telle qu'elle est décrite dans la Bible. Autrement dit, tous auraient été créés par Dieu sous la forme qu'ils présentent aujourd'hui. Avec cette théorie, il n'est absolument pas question d'évolution. Chacun des groupes de Linné est alors constitué indépendamment des autres, sans tenir compte des caractères qu'ils peuvent partager.

Évolution par sélection naturelle

Un siècle plus tard, en 1859, Charles Darwin révolutionne le monde de la biologie en publiant *De l'origine des espèces*. Selon le naturaliste anglais, loin d'avoir été créés tels quels par une entité supérieure, tous les êtres vivants seraient, en réalité, le fruit d'une lente et longue évolution à partir d'un ancêtre commun. Cette évolution aurait eu comme moteur la sélection naturelle : un caractère nouveau apparaît, qui procure un avantage à l'animal qui le possède (par exemple, échapper plus vite à ses prédateurs ou avoir de meilleures chances de survie dans sa jeunesse). Résultat, ce caractère lui permet de se reproduire plus facilement et de gagner du terrain par rapport à ses congénères qui n'en sont pas dotés... jusqu'à ce qu'il ne reste plus que lui et ses descendants. Pour classer le vivant, il suffit donc d'identifier l'état « ancestral » et l'état « dérivé » (modifié au cours de l'évolution) des caractères étudiés afin de pouvoir comparer deux espèces, savoir si elles sont apparentées, voire, si l'on dispose des bons spécimens (qu'ils soient vivants ou fossiles), déterminer à quel moment elles ont divergé. C'est en se basant sur ce principe que ...

... les scientifiques ont pu établir l'arbre du vivant, encore appelé arbre phylogénétique, que nous connaissons aujourd'hui.

Cet ancêtre commun aux mammifères, les chercheurs ne savent pas vraiment à quoi il ressemblait. « Si l'on se base sur le registre fossile [l'ensemble des fossiles retrouvés sur Terre, NDLR], il devait être de petite taille, peser quelques dizaines de grammes et être insectivore car, il y a 210 millions d'années, ses dents ne permettaient pas encore un régime alimentaire de type carnivore ou herbivore, explique Emmanuel Douzery. En revanche, si l'on se pose la question du point de vue génétique, l'ancêtre commun aux mammifères devait être un animal de grande taille, pesant plusieurs dizaines de kilos. Il est possible qu'on n'ait pas encore eu en main de fossile d'animal aussi grand, simplement parce qu'ils se conservent moins bien que les petits. »

Luca, notre aïeul à tous

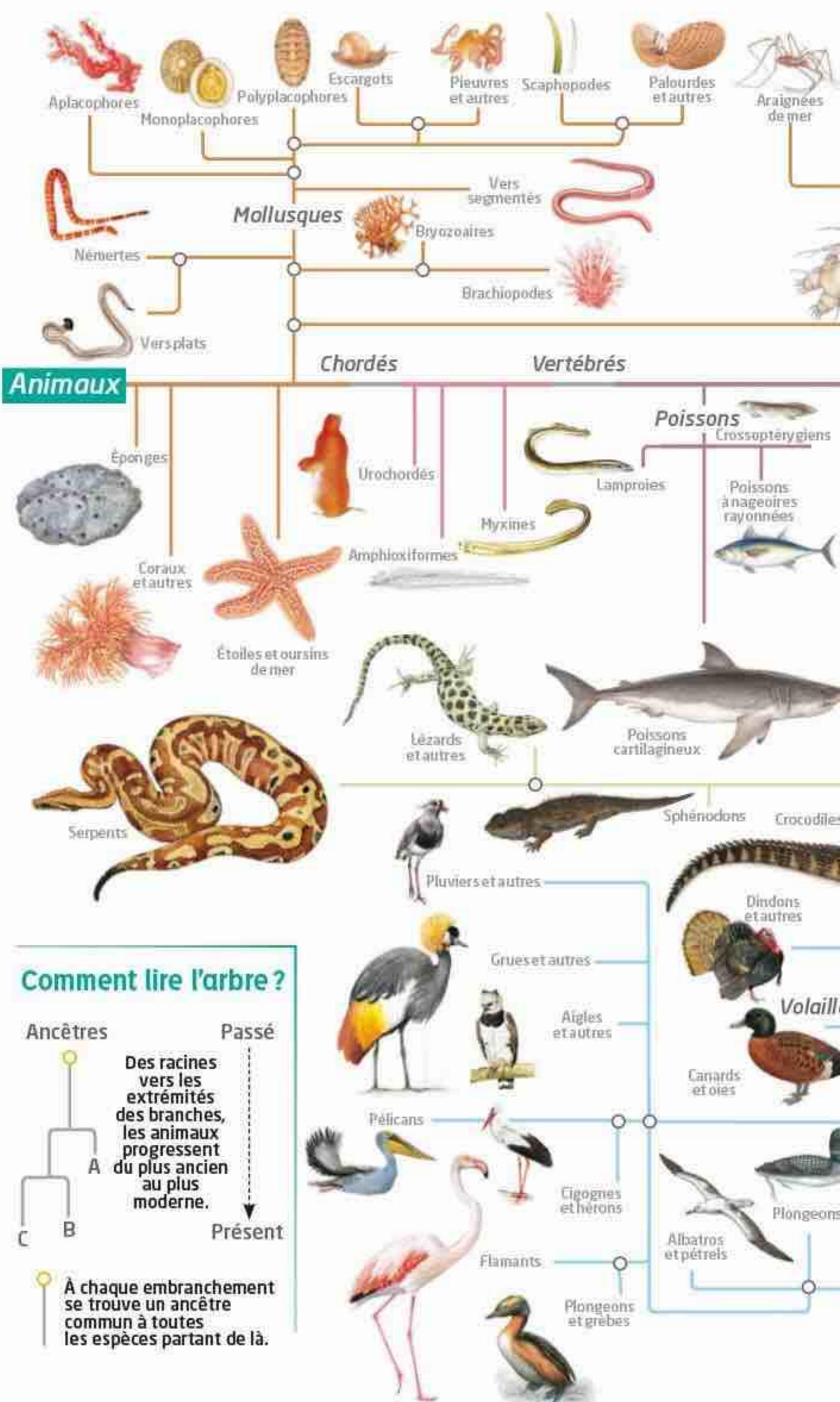
Grâce à l'arbre du vivant, les mammifères ne sont plus seulement « le groupe d'animaux qui allaitent leurs petits ». Des caractères les plus récents aux plus anciens, ils sont également des amniotes, c'est-à-dire qu'ils possèdent un amnios, une enveloppe qui nourrit l'embryon dans le ventre de la mère avant sa naissance, une caractéristique qu'ils partagent avec les oiseaux et les reptiles. Ils sont aussi des tétrapodes : comme les autres amniotes, ainsi que les amphibiens, ils ont un cou et deux paires de membres ; des ostéichthyens (ils sont pourvus d'un squelette osseux et non cartilagineux) ; des gnathostomes (ils possèdent des mâchoires) ; des vertébrés (ils ont une colonne vertébrale) ; des animaux (par opposition aux plantes) ; et des eucaryotes (ils sont constitués de plusieurs cellules). Enfin, les mammifères, comme les autres animaux et les plantes, descendent de Luca (Last Universal Common Ancestor ou « dernier ancêtre commun universel »), qui aurait vécu il y a 3,5 à 3,8 milliards d'années, et aussi donné naissance aux bactéries et aux archées (organismes à une cellule, qui vivent dans des milieux extrêmes). Vertigineux, non ?

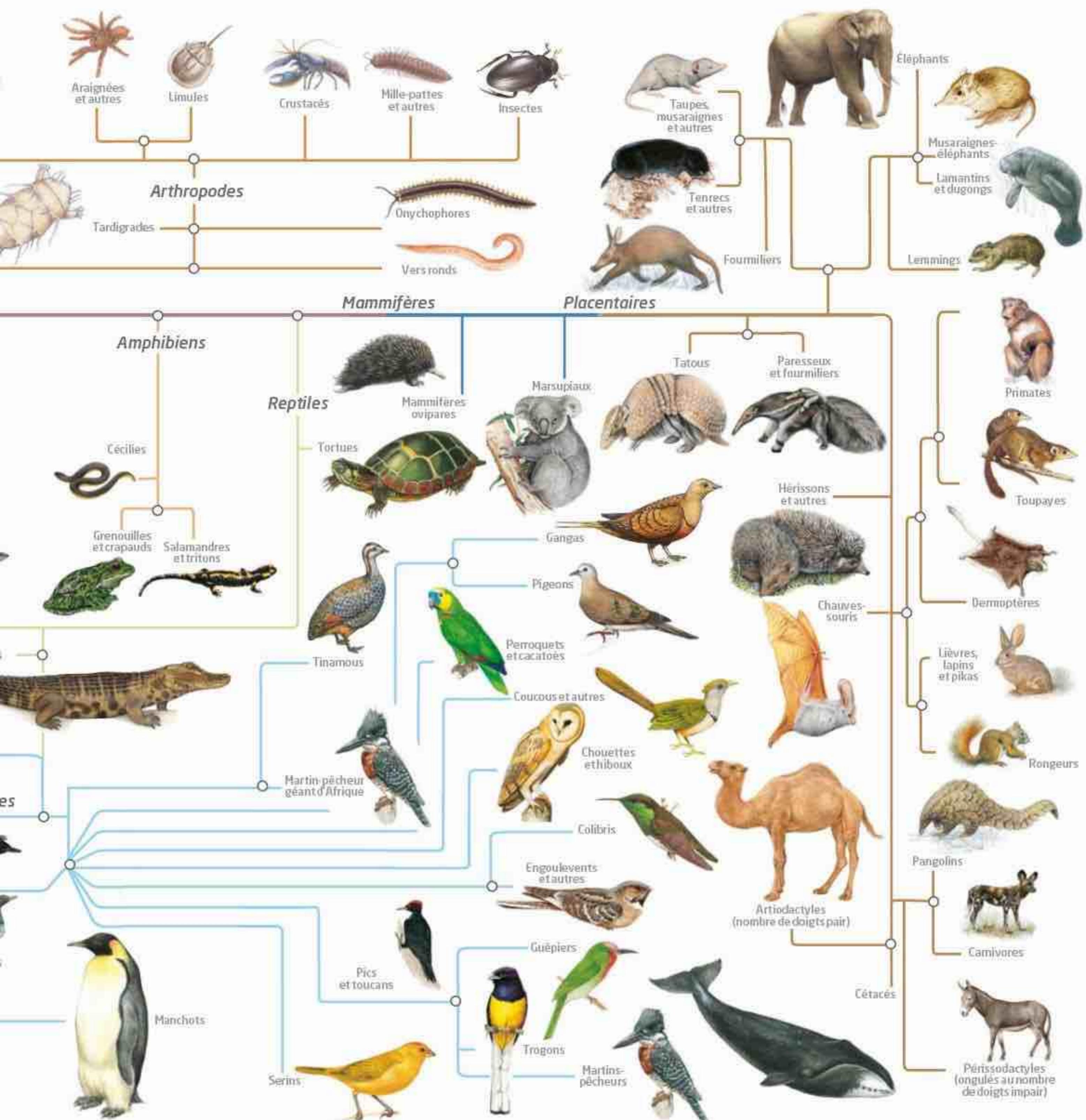
De leurs caractères morphologiques communs (poils, mâchoire unique...) à des similitudes dans leur mode de vie (allaitements des petits...), les mammifères forment une classe à part dans la hiérarchie du vivant. La preuve par cinq (lire page 64 et suivantes). ☺

L'ancêtre commun aux mammifères et aux autres animaux, aux plantes et aux micro-organismes vivait il y a plus de 3 milliards d'années

L'arbre du vivant animal

Aussi appelé arbre phylogénétique, il présente les relations de parenté entre les différentes espèces en se fondant sur leurs caractères et les évolutions de ces derniers. Contrairement à un arbre généalogique, il n'indique donc pas qui descend de qui, mais qui est plus proche de qui.





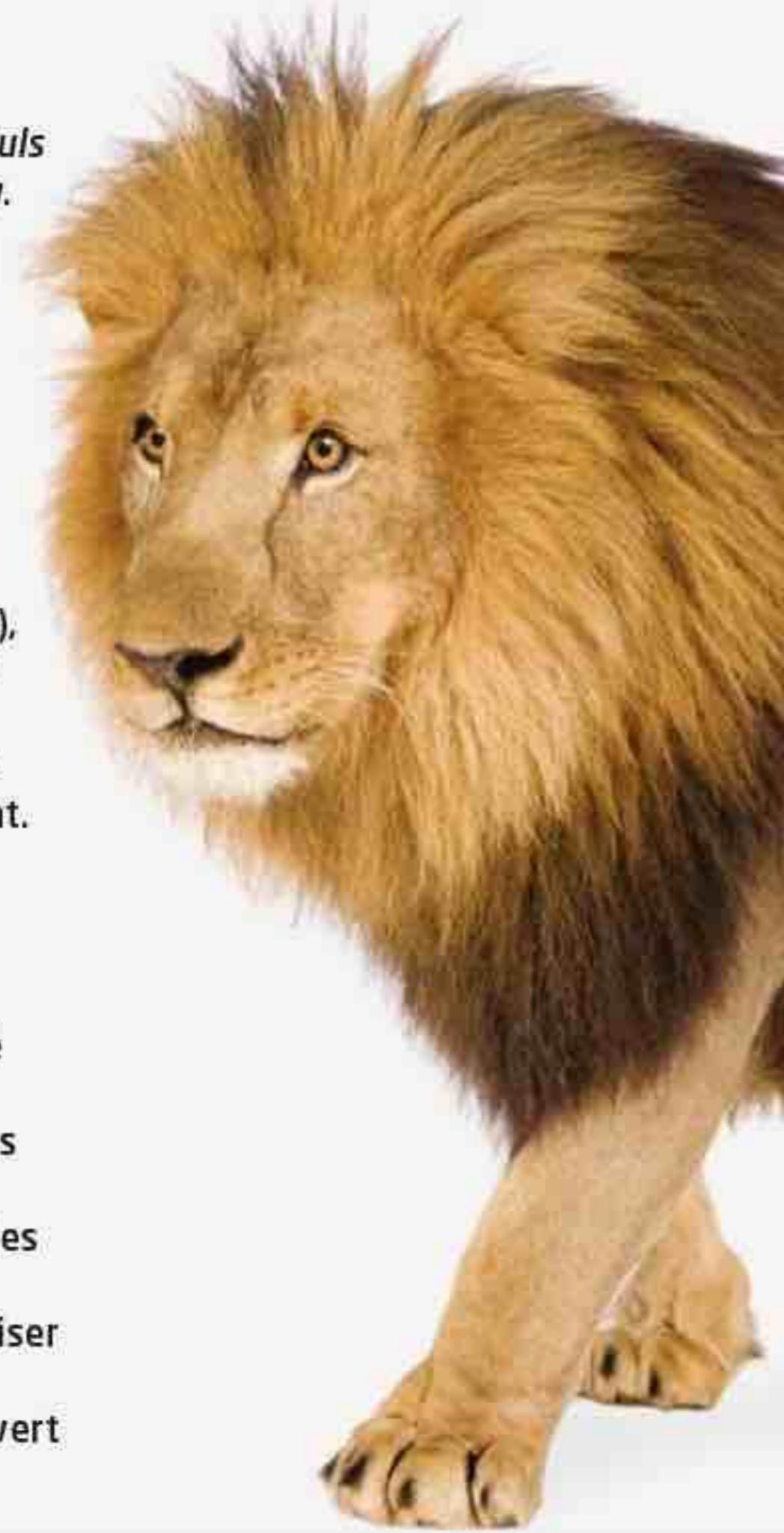


Ils sont couverts de poils

Quand on observe les vertébrés actuels, il est un peu surprenant de penser aux poils pour définir les mammifères... Ils sont pourtant les seuls à en avoir! », s'amuse Emmanuel Douzery. En effet, les mammifères sont l'unique classe animale arborant une protection aussi efficace contre les déperditions de chaleur que l'est le pelage. Même si certains, qui n'en avaient plus besoin, ont perdu la majeure partie de cette fourrure au cours du temps, à l'image de l'homme et les cétacés (auxquels il reste cependant quelques poils tactiles), les mammifères sont dits homéothermes. Autrement dit, leur corps est capable de conserver une température constante quelle que soit celle du milieu environnant.

Protection solaire

D'où leur vient cette caractéristique morphologique? Mystère. Selon les scientifiques, les poils auraient dérivé soit de structures sensorielles, telles les vibrisses des souris et des chats (longs poils sensoriels sur les côtés de la tête, appelés à tort moustaches), soit de glandes qui, à l'origine, auraient produit une substance permettant d'imperméabiliser la peau. Dans les deux cas, le corps des premiers mammifères s'en serait couvert pour se protéger des rayons du soleil.



Ils ont des mâchoires

La mâchoire des mammifères est une preuve paléontologique», commente Emmanuel Douzery. Elle constitue l'un des fossiles le plus fréquemment retrouvé et est capable d'indiquer directement aux chercheurs si l'animal auquel elle appartient est un mammifère ou pas. En effet, notre mâchoire est unique dans le règne animal ! À ses débuts, il y a 415 millions d'années, la mâchoire inférieure des animaux était constituée de trois os qui s'articulaient avec les os du crâne : le dentaire (qui soutenait la dentition), le marteau (allongé sous le dentaire) et l'enclume (à la liaison avec l'articulation au crâne). L'oreille moyenne (la partie qui transforme les sons perçus par l'oreille externe en vibrations qu'elle transmet à l'oreille interne grâce au tympan et aux osselets), ne possédait qu'un seul osselet (petit os), l'étrier, et n'était donc pas très performante pour



recevoir les sons et les faire parvenir au cerveau. Au fil de l'évolution, les mammifères ont eu besoin d'une oreille plus efficace, d'autant qu'elle sert non seulement à l'audition et à l'équilibre pour la plupart d'entre eux, mais aussi de sonar pour les cétacés et de radar pour les chauves-



souris. Le marteau et l'enclume ont donc vu leur taille se réduire, il y a 210 millions d'années environ, et tous deux ont migré vers l'oreille moyenne, laissant le dentaire assurer seul la fonction de mâchoire inférieure. Les autres animaux ont eux gardé une mâchoire inférieure composée de plusieurs os et articulée à leur crâne par d'autres os.

Ils allaitent leurs petits

Lorsque, au XVIII^e siècle, Carl von Linné regroupe les animaux dans diverses catégories, c'est par ce caractère qu'il définit les mammifères : la capacité des femelles à allaiter leurs petits, le plus souvent grâce à des mamelles. Ce sont d'ailleurs celles-ci qui ont donné son nom à la classe à laquelle nous appartenons. Mais les mamelles n'ont pas toujours existé. Elles sont apparues il y a environ 210 millions d'années en dérivant des glandes sudoripares (qui produisent la sueur). Les scientifiques ne savent pas pourquoi ces glandes se sont transformées en mamelles, ni même de quoi était constitué le premier lait. À l'origine, la sécrétion de ces glandes si particulières aurait eu pour rôle de protéger l'œuf qui entourait le petit, mais pas de nourrir ce dernier. Servait-elle à hydrater l'œuf ? À le réchauffer ? À le protéger des microbes ? Nul ne le sait. Du reste, tous les mammifères ne sont pas pourvus de mamelles. Quoi ? « Chez les mammifères placentaires

[comme l'homme et la girafe], la femelle porte des mamelles grâce auxquelles les jeunes sont allaités après la mise bas, explique Emmanuel Douzery. Chez les marsupiaux [par exemple, le kangourou], les larves trouvent des mamelles dans la poche de leur mère. Et chez les monotremes [tels l'ornithorynque et l'échidné], les bébés sont nourris par un tissu qui sécrète le lait. » Celui-ci suinte alors sur les poils de la femelle, et les petits le lèchent.





Ils ont un placenta

C'est l'un des caractères les plus remarquables des mammifères. Si d'autres animaux possèdent un amnios, cette fine membrane autour de l'embryon qui protège ce dernier des chocs et de la déshydratation (les oiseaux et les reptiles en sont aussi pourvus), ils sont, en revanche, les seuls à avoir un placenta. Ce tissu entourant l'amnios fait le lien entre la mère et le petit, et a pour rôle de nourrir celui-ci et de le protéger des agressions extérieures. La plupart des mammifères (environ 5 000 espèces sur 5 500) sont placentaires, c'est-à-dire que leurs petits grandissent dans le placenta à l'intérieur du ventre maternel, avant de naître complètement formés. À la naissance,

il faut d'ailleurs déchirer le placenta pour permettre au bébé de respirer grâce à ses poumons. Mais ce n'est pas le cas pour tous les mammifères.

Poche nourricière

Chez les marsupiaux (300 espèces environ), le placenta existe lors de la gestation, mais celle-ci s'arrête très vite : treize jours pour l'opossum, trente pour le koala, et trente-cinq pour le kangourou. Une fois que l'embryon est devenu une larve, c'est-à-dire lorsque sa tête, son corps et ses pattes avant sont formés, il est expulsé du ventre de la mère et, donc, du placenta. Pour survivre, il n'a pas d'autre choix que de rejoindre la poche ventrale



de sa génitrice en rampant sur ses poils et en se repérant à l'odorat, car il est encore aveugle. Une fois dedans, il s'accroche à l'une des mamelles et grandit ainsi pendant plusieurs mois (trois pour l'opossum, six pour le koala, et entre sept et huit pour le kangourou) avant de sortir de la poche. Seules exceptions : l'ornithorynque et l'échidné, qui ne possèdent pas de placenta. Et pour cause : ces mammifères... pondent des œufs ! Quasiment sphériques, ces derniers se distinguent de ceux des oiseaux et des reptiles, car ils ne disposent pas de ressources nutritionnelles qui permettraient au petit de croître à l'intérieur afin d'être entièrement formé au moment de l'éclosion. C'est pourquoi ces œufs éclosent très tôt (une dizaine de jours) dans la phase de développement du jeune. Chez l'échidné, la progéniture se retrouve alors dans une poche, comme chez les marsupiaux, et lèche le lait qui suinte des poils de la mère durant six mois. Quant aux petits ornithorynques, ils sont élevés dans un terrier, où ils sont allaités pendant trois à quatre mois.

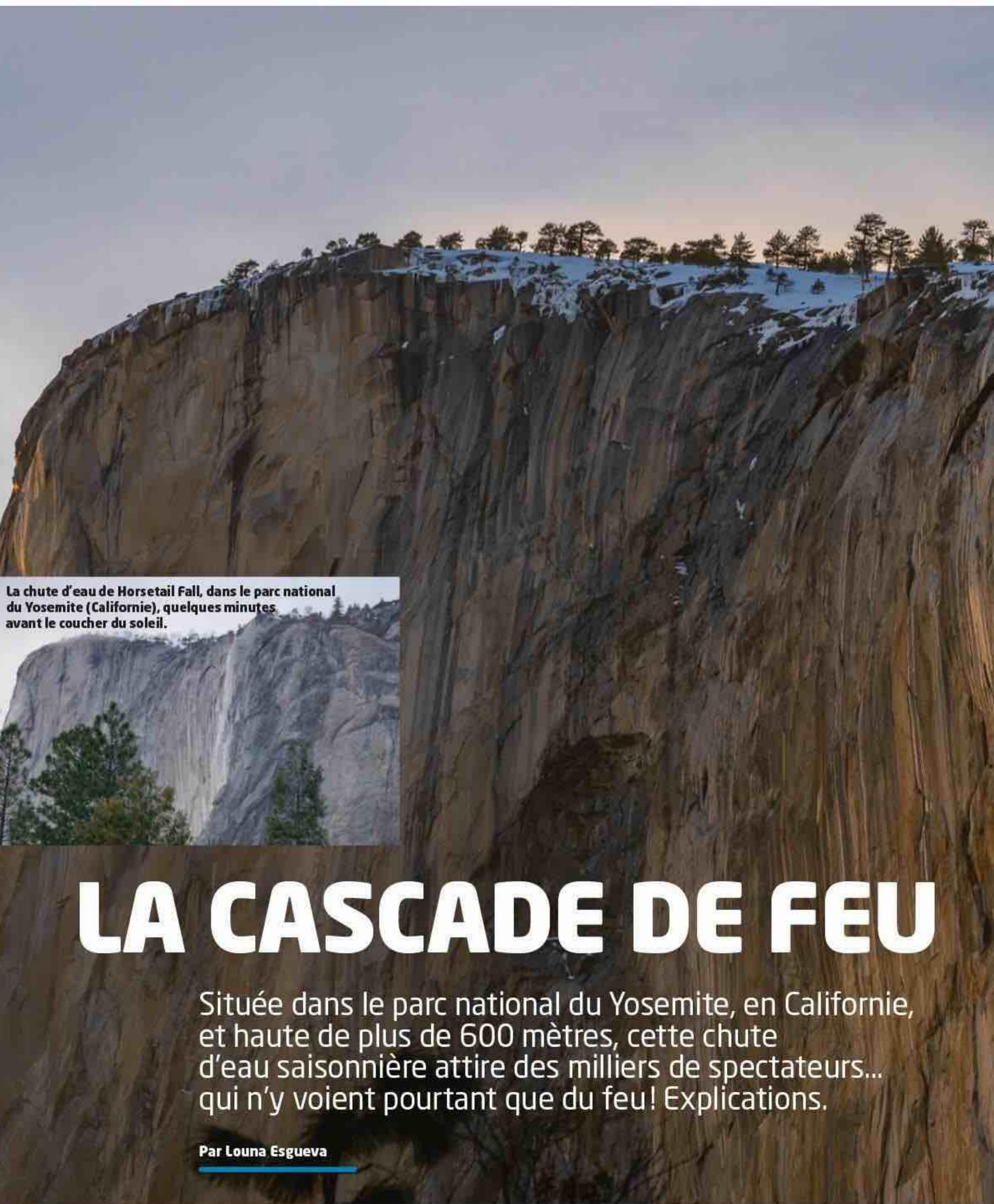


Ils possèdent quatre membres

Si tous les mammifères sont tétrapodes (ils se déplacent avec quatre membres) ou l'ont été un jour (les cétacés), ils ne sont pas les seuls. Ce mode de locomotion est apparu très tôt, il y a 390 millions d'années environ, et a concerné les amphibiens, les oiseaux, et même les reptiles – eh oui, les serpents aussi ont eu un jour quatre pattes ! Au début, nos membres étaient des nageoires charnues, soutenues par quelques structures osseuses. Puis, les os ont poussé, et formé deux bras et deux mains dotées de cinq doigts à l'avant, ainsi que deux jambes et deux pieds munis de cinq doigts à l'arrière. Devenus capables de marcher grâce à ces membres

étranges, les poissons sont alors sortis de l'eau, il y a 360 millions d'années, et ont colonisé le milieu terrestre. Là, ils se sont différenciés. Certains doigts, notamment ceux de la main, ont disparu chez quelques espèces, telles les grenouilles ; les membres antérieurs sont devenus des ailes pour les oiseaux et, plus tard, pour les chauves-souris ; enfin, quelques animaux, comme les dauphins et les baleines, sont retournés dans la mer. Dans leur cas, les membres postérieurs ont disparu et les membres antérieurs sont redevenus des nageoires. Mais, attention, des nageoires osseuses : si on les observe au scanner, on constate que les cétacés ont bien des mains !





La chute d'eau de Horsetail Fall, dans le parc national du Yosemite (Californie), quelques minutes avant le coucher du soleil.

LA CASCADe DE FEU

Située dans le parc national du Yosemite, en Californie, et haute de plus de 600 mètres, cette chute d'eau saisonnière attire des milliers de spectateurs... qui n'y voient pourtant que du feu! Explications.

Par Louna Esgueva



C'est un étrange phénomène qui se produit, chaque année, dans le parc national du Yosemite, en Californie. Un phénomène que certains habitués ne manqueraient pour rien au monde, quitte à braver les frimas et les deux kilomètres de marche depuis le parking, avant de pouvoir assister au spectacle. Il est vrai que celui-ci vaut le détour. Entre le 10 et le 28 février, au coucher du soleil – très précisément entre 17 h 27 et 17 h 35 –, la chute d'eau d'El Capitan, l'un des plus hauts sommets de ce parc situé au cœur de la Sierra Nevada, s'embrase et prend alors des allures de coulée de lave. Du moins, c'est l'illusion d'optique que

les spectateurs admirent car, en réalité, cette cascade qui dévale la falaise de 610 m de haut n'est toujours composée que d'eau. Surnommée Horsetail Fall en raison de sa forme en queue-de-cheval, elle est rebaptisée Fire Fall ou « Cascade de feu » lorsque les rayons rouge orangé du soleil couchant la traversent et créent cet événement naturel. Mais pour la contempler, les conditions météorologiques doivent être parfaites : des températures relativement douces pour que le manteau neigeux fonde et l'alimente suffisamment, et un ciel dégagé pour que les nuages ne bloquent pas les rayons de l'astre. Des conditions particulières qui rendent le phénomène d'autant plus exceptionnel.



Du Doggerland (ici, en rouge), cette bande de terre reliant la Grande-Bretagne à ses voisins il y a des milliers d'années, ne subsiste qu'un banc de sable (Dogger Bank) gisant dans la mer du Nord.

DANEMARK

LEMAGNE

COMMENT LA GRANDE- BRETAGNE EST DEVENUE UNE ÎLE...

Le vrai Brexit a commencé, en fait, voilà plus de 8000 ans. Le « pont terrestre » reliant la Grande-Bretagne et le reste du continent européen cédait alors sous un gigantesque tsunami...

Par Alice Bomboy

Si vous étiez né il y a plus de 8000 ans, vous n'auriez pas eu besoin de prendre le ferry ou le tunnel sous la Manche pour rejoindre la Grande-Bretagne. Non seulement ces moyens de transport étaient encore loin d'être inventés, mais il y avait surtout beaucoup plus simple: passer par le Doggerland! Soit une étendue de terre émergée reliant alors la Grande-Bretagne à l'Europe, située dans la moitié sud de l'actuelle mer du Nord. Vous avez bien compris: à cette époque, le pays de Galles, l'Angleterre et l'Écosse, les trois pays composant la Grande-Bretagne, ne se trouvaient pas sur une île!

Pour comprendre cette géographie, un grand saut dans le temps s'impose. Il y a 18000 ans, durant le Pléistocène, la plus grande partie de l'actuelle Grande-Bretagne était tout simplement couverte de glace. Cette zone n'était pas la seule à grelotter: au

maximum de son extension, ce phénomène concernait 30 % de la surface de la Terre. Par exemple, les glaciers des Alpes étendaient leur langue glaciée... jusqu'à Lyon! Puisque de grandes quantités d'eau de notre planète bleue étaient emprisonnées sous cette forme, les océans en contenaient moins: lors de la dernière glaciation, le niveau des mers était bien inférieur à celui d'aujourd'hui, de près de 120 m! Résultat: certaines zones maritimes que nous connaissons aujourd'hui n'étaient pas du tout sous l'eau, mais bel et bien émergées. C'était le cas dans la Manche, qui sépare de nos jours le nord de la France du pays de Galles et de l'Angleterre, ainsi que dans la mer du Nord, qui sépare désormais l'est de l'Angleterre et l'Écosse de la Norvège, du Danemark, de l'Allemagne, des Pays-Bas, de l'Allemagne, et d'un petit morceau des côtes françaises, près de Calais. Lorsque cette ultime période de glaciation a pris fin, à la faveur ...

... d'un épisode de réchauffement climatique il y a environ 12 000 ans, mer du Nord et Manche se sont tapissées de marais herbeux et de vallées boisées. Cette langue de terre soudainement verdoyante, qui s'étendait sur près de 47 000 km², c'est le Doggerland, habité par la faune sauvage, mais aussi par des hommes et des femmes. En 1999, des pêcheurs ont récupéré au large des côtes néerlandaises un crâne de mammouth laineux, daté de 40 000 ans. Plus récemment, en 2005 puis en 2013, un os de bovidé décoré ainsi qu'un fragment de crâne humain ont été remontés des fonds de la mer du Nord, attestant de la présence humaine dans cette région alors émergée. Près des côtes anglaises actuelles, on trouve encore la preuve de l'environnement improbable qui s'épanouissait ici, il y a des milliers d'années : en 2015, des plongeurs ont découvert une forêt sous-marine vieille de 10 000 ans, au nord de Norfolk, dans l'est de l'Angleterre (voir encadré ci-contre Qui habitait sur le Doggerland?).

L'archipel englouti

Le début de la fin du Doggerland a commencé sous la forme d'une immense vague : voici 8 200 ans environ, un gigantesque tsunami a frappé les côtes de cette terre reliant la Grande-Bretagne à ses bien-tôt distants voisins européens. L'origine de ce cataclysme se trouve en mer de Norvège, à une centaine de kilomètres au nord-ouest de la ville de Molde, où un énorme glissement de terrain sous-marin, appelé « l'effondrement du Storegga », a eu lieu.

Les spécialistes estiment que plus de 3 000 km³ de roches et de sédiments ont été emportés, soit l'équivalent de tous les sédiments transportés par toutes les rivières du monde en un an... multiplié par 300 ! Pas étonnant que le glissement du Storegga soit considéré comme l'un des plus grands répertoriés à ce jour en Europe... D'immenses quantités de matériaux se sont déplacées dans l'eau, poussant celle-ci et créant une vague gigantesque, qui s'est propagée sur des centaines de kilomètres. Le Doggerland se trouvait sur le passage de ce tsunami : l'eau s'est écrasée sur le nord-est de l'actuelle Angleterre et a progressé dans les

terres sur plus de 40 kilomètres. Le divorce entre la Grande-Bretagne et l'Europe a débuté avec cette langue d'eau. Cependant, le Doggerland n'a pas été englouti en une seule fois : en analysant les fonds marins et leurs sédiments, des chercheurs de l'université de Bradford, en Angleterre, ont conclu que plusieurs petites îles avaient subsisté pendant un millier d'années, constituant une sorte d'archipel du Doggerland. Puis, entre 8 400 à 8 200 ans, le niveau des mers a grimpé peu à peu de 1 à 4 mètres sous l'effet de la hausse des températures. Cette remontée s'est poursuivie et, il y a quelque 7 000 ans, l'archipel a finalement été submergé, disparaissant entièrement sous la mer. Mais des vestiges du Doggerland subsistent encore sous la forme d'un banc de sable baptisé « Dogger Bank », situé dans une zone peu profonde de la mer du Nord, à environ 100 km des côtes britanniques et 200 à 250 km des rivages danois. ↗



Les découvertes le confirment : ce coin d'Europe disparu a bel et bien été peuplé

L'île aux multiples divorces

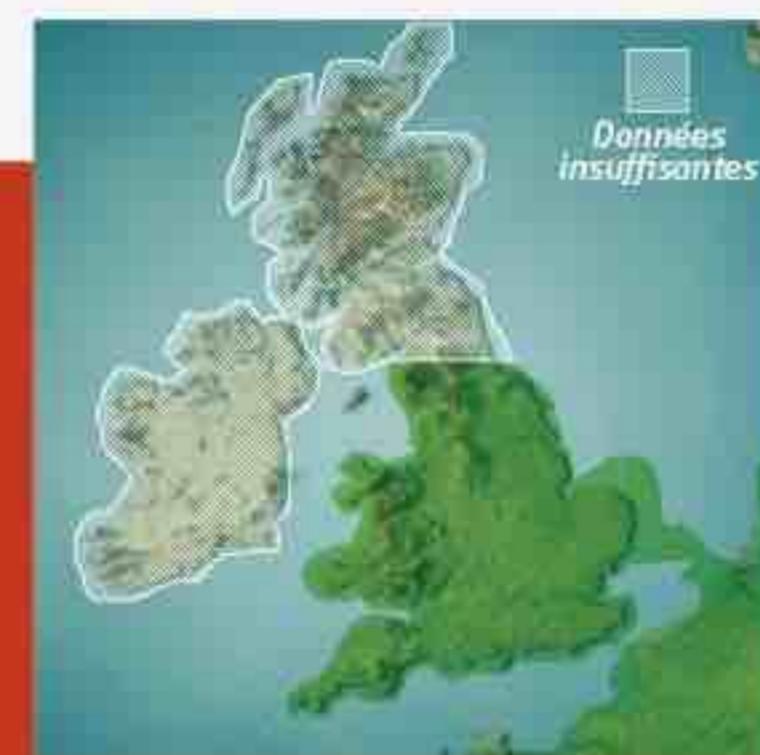
La Grande-Bretagne s'est séparée plusieurs fois de l'Europe au cours de l'histoire.

Zones émergées. Zones immergées.



Il y a 450 000 ans

La Grande-Bretagne traverse l'une de ses pires périodes glaciaires, baptisée le Stade d'Anglian. Des vallées peu profondes, qui s'étendaient entre l'actuelle Grande-Bretagne et la France, sont progressivement inondées suite à la fonte des glaces. La Manche commence à se former.



Il y a 400 000 ans

Alors que les températures mondiales augmentent, la présence de glace se fait de plus en plus rare. Du fait de cette fonte, le niveau des mers remonte. Cependant, la Grande-Bretagne reste reliée à l'Europe grâce à un étroit « pont » de terres émergées. C'est à cette époque que les Néandertaliens se sont aventurés en Grande-Bretagne.



Il y a 125 000 ans

La montée du niveau des mers se poursuit, érodant le « pont » reliant la Grande-Bretagne à l'Europe, avant de l'engloutir. Pour la première fois, la Grande-Bretagne devient une île, bien plus petite qu'aujourd'hui. La majeure partie du comté de Lincolnshire, actuellement situé sur le littoral de la mer du Nord, se trouve alors sous l'eau.



Qui habitait sur le Doggerland ?

Avant qu'un tsunami ne frappe le Doggerland et que la montée du niveau des mers ne finisse par l'engloutir, ce territoire était peuplé par des hommes et des femmes du Mésolithique. Cette période de la préhistoire, située entre le Paléolithique et le Néolithique, s'est étendue de - 20 000 à - 8 000 ans. Les vestiges archéologiques, tel l'os de bovidé décoré découvert en 2005 dans la mer du Nord, montrent que les « Doggerlandois » étaient des chasseurs-cueilleurs, qui devaient suivre la migration des rennes et des mammouths.



Situé sur le passage d'un tsunami qui a frappé le nord-est de la future Angleterre, le Doggerland est d'abord réduit à un archipel, avant de disparaître, entièrement submergé.



Il y a 60 000 ans

À cette époque, les glaciers disparaissent de Grande-Bretagne et les glaces s'accumulent aux pôles, faisant baisser le niveau des mers sur l'ensemble du globe : la Grande-Bretagne et l'Europe sont de nouveau réunies par des plaines couvertes d'herbe. *Homo sapiens* les traversera pour rejoindre la Grande-Bretagne au cours des milliers d'années qui suivent.



Il y a 20 000 ans

La dernière période glaciaire frappe la Grande-Bretagne. L'immense majorité de sa population disparaîtra au cours des 10 000 ans suivants.



Il y a 8 000 ans

Une période de réchauffement soudain sonne la fin de l'ultime période de glaciation. La Grande-Bretagne et l'Europe se séparent une dernière fois, après un tsunami cataclysmique et une nouvelle montée des eaux.

JULES VERNE



Les dates clés

1828

Jules Verne naît à Nantes le 8 février. Il sera l'aîné d'une fratrie de cinq.

1839

En vacances en famille sur les rives de la Loire, Jules fugue et monte sur un bateau à destination des Indes ! Son père le rattrape à Paimbœuf, entre Nantes et Saint-Nazaire.

1850

Plus intéressé par le théâtre que par le droit, il monte, grâce à son ami Alexandre Dumas, sa première comédie, *Les Pailles rompues*.

Inspiré et inspirant, il a fait rêver des générations de lecteurs. Il faut dire que le génial écrivain, qui suivait les progrès scientifiques de son temps, les a souvent devancés...

Par Delphine Gaston-Sloan

Jules Verne a passionné ses contemporains. Il entraînait les plus jeunes dans l'aventure, les embarquait dans des voyages à la fois pédagogiques et formateurs, dans le temps et l'espace. Le conte de fées avait vécu, la magie et le merveilleux appartenait désormais au domaine de la science et du savoir, qu'il s'attachait à vulgariser. Aux aînés, il révélait les avancées scientifiques en ce siècle de révolution industrielle. Aujourd'hui, le voyage et la connaissance sont à la portée du plus grand nombre, la fantaisie et le fantastique gorgent les rayons des librairies. Pourtant, les écrits de Verne (pour l'essentiel ses *Voyages extraordinaires*, vaste œuvre de soixante-deux romans et dix-huit nouvelles) sont toujours aussi populaires. Reconnu comme le père de la science-fiction, il est toujours lu avec une certaine fascination.

Son imagination était telle qu'il ne s'est pas contenté de rendre compte des progrès de son époque, il a anticipé sur ceux à venir, les présentant comme possibles avant l'heure, devenant source d'inspiration pour des générations d'inventeurs. On reconnaîtra dans *Robur le Conquérant* l'esquisse de l'hélicoptère, on voyagera dans l'espace (dès 1865 !) avec *De la Terre à la Lune*, on expérimentera la visioconférence grâce à *La Journée d'un journaliste américain en 2889*. Et cette liste de «visions» n'est pas exhaustive – nombre d'entre elles n'ont d'ailleurs jamais vu le jour : système d'invisibilité, automobile-avion-sous-marin tout-en-un... Quant à sa réflexion sur les dangers potentiels liés au pouvoir scientifique et aux savants fous, capables d'inventer des engins susceptibles d'anéantir l'humanité, elle n'a rien perdu de son actualité. Le génial écrivain aurait pourtant pu connaître un tout autre destin. Né le 8 février 1828 à Nantes d'un père avoué (officier ministériel

auprès des cours d'appel), Pierre Verne, et d'une mère issue d'une bonne famille de la région, Sophie Allotte de La Fuÿe, Jules est tout désigné pour reprendre la charge paternelle. À partir de 1847, il étudie le droit à Paris, mais fréquente surtout les milieux littéraires grâce à son oncle peintre. Il se rend à l'évidence : l'écriture est sa vocation. À 20 ans, il compose poèmes et chansons, avant de se mettre au théâtre en 1850. À un mariage, il fait la connaissance d'Honorine de Viane, une veuve avec deux enfants et des moyens. Il l'épouse en 1857, un an après être devenu agent de change à la Bourse de Paris, avec l'objectif de faire vivre sa famille. Cela ne remet pas en question ses ambitions littéraires : il se lève à 5 heures du matin pour écrire. Le cours de sa carrière d'auteur est bouleversé par sa rencontre, en 1862, avec Pierre-Jules Hetzel, éditeur entre autres de *La Comédie humaine* de Balzac. Alors que le vol en aérostat passionne les foules, il lui soumet le manuscrit de *Cinq Semaines en ballon*. Enthousiaste, celui-ci l'accepte et va au-delà, en lui faisant signer un contrat de collaboration pour deux romans par an. Bientôt, Verne est gratifié d'une collection propre, *Voyages extraordinaires*, avec cette orientation tracée par l'éditeur : « Résumer toutes les connaissances géographiques, géologiques, physiques, astronomiques, amassées par la science moderne, et refaire, sous la forme attrayante et pittoresque [propre à Verne], l'histoire de l'Univers ».

Voyageur infatigable

Comme il se l'était juré enfant après une fugue ratée, Jules voyage par la pensée et la plume, mais pas seulement. Sa vie est rythmée par ses périples en Écosse, en Norvège, aux États-Unis... Ses fabuleux succès littéraires, et leurs adaptations sur scène, lui permettent de s'acheter des yachts et de satisfaire son désir de toujours : devenir marin.

En 1872, il s'installe définitivement à Amiens, d'où sa femme est originaire. Blessé au pied par son neveu qui lui a tiré une balle dans une crise de folie, il reste infirme et ne peut assister aux obsèques de Hetzel (1886). Malgré une santé très dégradée et une vision en baisse, il écrit sans relâche. Ses œuvres sont publiées par le fils de Hetzel. Le 24 mars 1905, une crise de diabète l'emporte. Il laisse une œuvre monumentale, ses *Voyages extraordinaires*, véritable « roman de la science ». ☑

« Tout ce qu'un homme peut imaginer, d'autres hommes peuvent le concrétiser », aurait dit Jules Verne...



Illustration de *Voyage au centre de la Terre*.



Illustration de *Vingt Mille Lieues sous les mers*.

4 œuvres majeures

1 *Cinq Semaines en ballon* (1863)

L'inventeur anglais Samuel Fergusson, son domestique Joe et l'ami chasseur Dick Kennedy survolent le continent africain en ballon à la recherche des sources du Nil. Le premier « voyage » de Jules Verne est très bien reçu par les lecteurs – après avoir été refusé quinze fois par des éditeurs ! À l'esprit d'aventure et aux rebondissements s'ajoute l'évocation de sujets dans l'air du temps : la mystérieuse Afrique et l'exaltante aérostation.

2 *Voyage au centre de la Terre* (1864)

Le géologue allemand Lidenbrock trouve, dans un vieux manuscrit, le témoignage d'un savant du XVI^e siècle : celui-ci aurait atteint le centre de la Terre en pénétrant par la cheminée d'un volcan d'Islande éteint. Lidenbrock suit ses traces et embarque son neveu Axel dans cette entreprise hasardeuse, qui leur fera croiser la route d'animaux préhistoriques et d'un homme fossilisé, le plus ancien jamais retrouvé... Succès immédiat pour ce livre, qui sera traduit en vingt langues du vivant de l'auteur.

3 *Vingt Mille Lieues sous les mers* (1869)

Un monstre sème la terreur sur les océans. Le harponneur canadien Ned Land, le naturaliste français Aronnax et son domestique Conseil le prennent en chasse. Après avoir naufragé, ils sont capturés. La bête n'est autre qu'un bateau sous-marin, le *Nautilus*, piloté par l'ombrageux capitaine Nemo, qui les emmène jusqu'au pôle Sud, là où personne n'est jamais allé, et leur fait entrevoir les trésors engloutis de l'Atlantide... D'aucuns disent qu'il s'agit du chef-d'œuvre de Jules Verne, il est en tout cas celui qui lui a apporté la célébrité.

4 *Le Tour du monde en quatre-vingts jours* (1872)

Pari tenu ! L'Anglais Phileas Fogg a mis une fortune en jeu : il réussira à faire le tour du monde en quatre-vingts jours grâce aux progrès des transports, comme le train ou le percement du canal de Suez. Ses camarades du gentlemen's club n'y croient pas. Accompagné de son valet Passepartout, il se lance, mais les embûches et retards s'accumulent. Se greffent des ennuis avec la police, persuadée qu'il a cambriolé la Banque d'Angleterre... Ce roman, d'abord publié en feuilleton dans le journal *Le Temps*, est de loin le plus grand succès de Jules Verne.

1876

Après la parution, l'année précédente, de *L'Île mystérieuse*, il dévoile *Michel Strogoff*.

1878

Michel, son fils unique (né en 1861), est une source d'inquiétude. La maison de redressement n'ayant pas suffi, il le fait embarquer comme mousse sur un navire en partance pour les Indes.

1883

Sa tentative pour rejoindre les rangs de l'Académie française échoue.

1888

Il est élu conseiller municipal à Amiens, où il s'est définitivement installé en 1872. Il occupera cette fonction jusqu'en 1904.

1905

Il meurt du diabète le 24 mars à Amiens, à 77 ans. Il aura écrit jusqu'à la fin, en dépit de ses problèmes de santé.

Sorties & Expos

PAR SWALI
GUILLEMANT

VILLENEUVE-D'ASCO

EFFETS SPÉCIAUX, CREVEZ L'ÉCRAN ! Les coulisses du cinéma

Comment faire planer un dragon, ressusciter les dinosaures ou produire une explosion ? Grâce aux effets spéciaux ! De la conception à la réalisation d'un film, cette exposition vous détaille les multiples techniques de trucage qui permettent de donner vie à des créatures ou d'élaborer des paysages imaginaires. Les spectateurs participent à des ateliers pour créer eux-mêmes des effets spéciaux, par exemple avec la capture du mouvement (*motion capture*), et découvrir, par la pratique, les métiers

concernés. Plus loin, une tête et des membres donnent un aperçu de la fabrication de prothèses pour transformer un acteur en monstre. Au cours de la visite, des personnages animatronics (robotisés) accompagnent le public. Toute la magie du cinéma réunie ! Il ne vous reste plus qu'à passer derrière la caméra.

« Effets spéciaux, crevez l'écran ! », au Forum des sciences de Villeneuve-d'Ascq, jusqu'au 27 août 2023. Tarifs : 6 € (gratuit pour les moins de 26 ans). Plus d'infos sur : forumdepartementaldesciences.fr



© Hafid Aouragh



PARIS

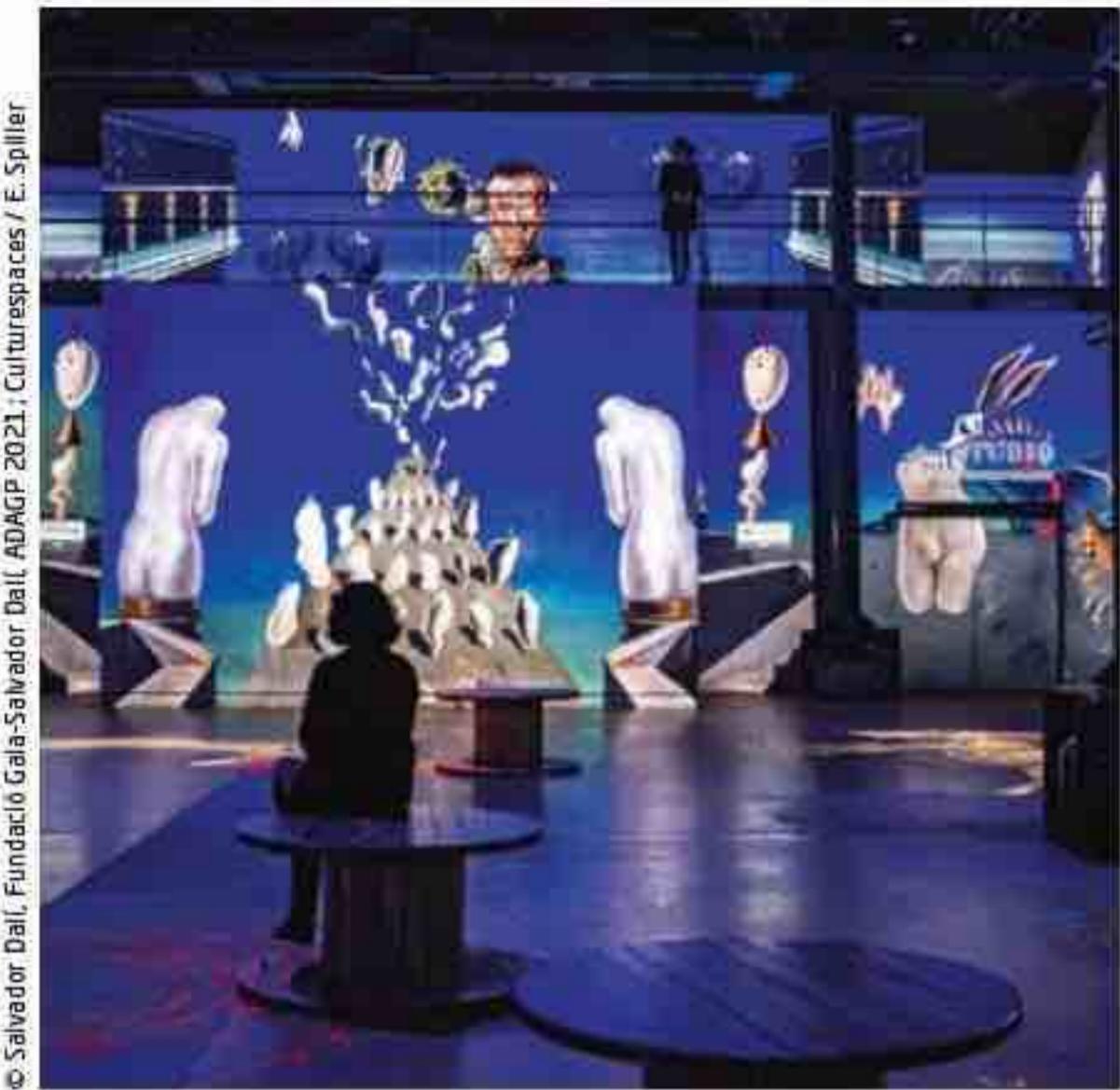
MINI-MONSTRES Découverte d'un monde minuscule



Mouches, moustiques, punaises de lit, tiques, puces, acariens, poux... La plupart de ces espèces microscopiques suscitent très souvent le dégoût. De la tique qui peut jeûner pendant dix ans à la mouche pourvue d'une vision à 360°, elles sont pourtant dotées de capacités incroyables. Caractéristiques, différences et liens de parenté, ces animaux n'auront plus aucun secret pour vous. Vous pourrez même vous glisser dans la peau de ces petites bêtes et parcourir ainsi le corps humain, à la découverte de cet écosystème regorgeant pour elles de chaleur et de nourriture. L'exposition revient également sur l'invention du microscope au XVII^e siècle et les travaux des scientifiques. De quoi mieux appréhender et comprendre l'invisible !



« Mini-monstres », au Muséum national d'histoire naturelle (Paris), jusqu'au 23 avril 2023. Tarifs : de 7 € à 10 €. Plus d'infos sur : www.mnhn.fr



© Salvador Dalí, Fundació Gala-Salvador Dalí, ADAGP 2021 ; Culturespaces / E. Spiller

BORDEAUX

DALI, L'ÉNIGME SANS FIN Immersion dans l'imagination débordante du maître

Montres molles, décors oniriques... cette exposition numérique nous invite à plonger dans l'univers de l'artiste espagnol. Maître du surréalisme, Salvador Dalí (1904-1989) aimait mêler paysages réels et éléments plus mystérieux, faisant notamment référence aux fantasmes et aux peurs. Pendant une quarantaine de minutes, les visiteurs déambulent, grâce à la vidéo, parmi plus de soixante ans de carrière du peintre catalan. Projetées sur les murs,

le sol et l'eau des bassins de la base sous-marine bordelaise, ses œuvres les plus connues défilent, ici en tableaux complets, là en gros plans, ailleurs sous la forme de détails animés, au rythme de la musique du groupe britannique Pink Floyd. Une expérience immersive pour pénétrer au cœur de ces créations.

« Dalí, l'énigme sans fin », aux Bassins des lumières (Bordeaux), du 3 février 2023 jusqu'en janvier 2024. Tarifs : de 9 € à 15 €. Plus d'infos sur : www.bassins-lumieres.com

PARIS

PERMIS DE CONDUIRE ? En voiture Simone !

L'automobile fait partie de la vie de 40 millions de Français, mais a-t-elle encore un avenir ? Le musée des Arts et Métiers dévoile un panel de modèles, de la Renault 4CV, la plus vendue en France jusqu'en 1955, à "L'Euf", voiture de poche (160 kg) créée, en 1938, par le designer industriel Paul Arzens, en passant par la sportive Peugeot 205 GTI ou la cultissime Citroën DS. Plus loin, on remonte le temps jusqu'aux années 1930 pour comprendre l'aménagement du territoire pensé pour l'automobile devenue alors objet de consommation de masse. La voiture se dévoile enfin en tant qu'objet de recherche (crash tests...) et d'innovation (pile à combustible...), afin de réduire ses émissions polluantes.

« Permis de conduire ? », au musée des Arts et Métiers (Paris), jusqu'au 7 mai 2023. Tarifs : de 9 € à 12 €. Plus d'infos sur : www.arts-et-metiers.net/musee/permis-de-conduire



© BENOIT Laurence

LYON

MAGIQUE Une exposition ensorcelante

Qui n'a jamais rêvé de percer les secrets des sorciers ou des magiciens ? Dans une forêt sombre digne d'un conte de fées, vous vous promenez parmi les plantes, telle la mandragore, et les gemmes, comme l'émeraude, dotées de vertus thérapeutiques. Avec la croyance dans l'influence des phases lunaires et l'alchimie, les visiteurs comprennent que la magie est présente depuis l'Antiquité. Si les pratiques protectrices sont les plus répandues, il en existe nombre d'autres, à visée divertissante, comme la prestidigitation ou les spectacles

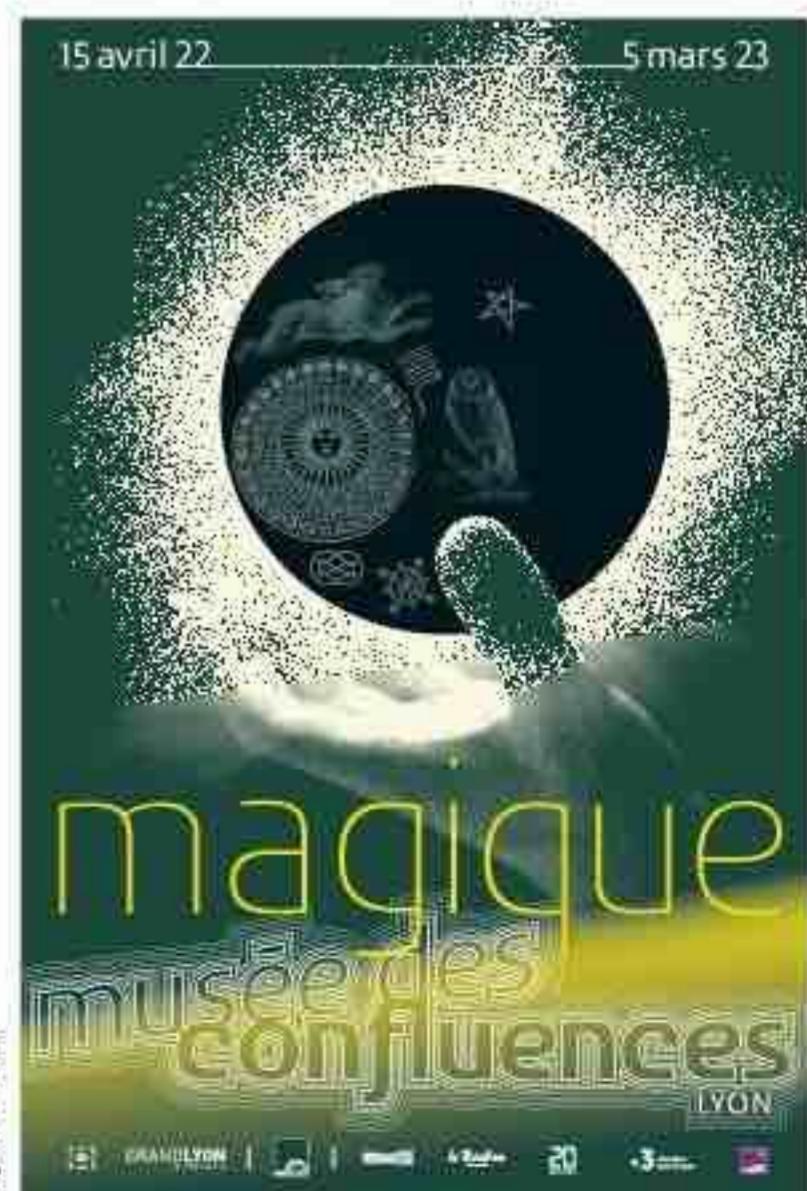
d'illusionnistes, que le Français Jean-Eugène Robert-Houdin (1805-1871) a révolutionnés. Universelle, l'histoire de la magie est relatée par quelque 400 objets ou animaux entrant dans une multitude de rituels différents : souris utilisées pour la divination en Côte d'Ivoire, tambour du chamane himalayen pour capturer un esprit... sans oublier les jeux de cartes, grimoires et autres boules de cristal.

« Magique », au Musée des Confluences (Lyon), jusqu'au 5 mars 2023. Tarifs : 9 € (gratuit pour mineurs et étudiants). Plus d'infos sur : www.museedesconfluences.fr

Au XVIII^e siècle, la « magie » de la décharge électrique subjuguait les foules, dans des spectacles avec la bouteille de Leyde (photo), ancêtre des condensateurs modernes.



© Julien Verot

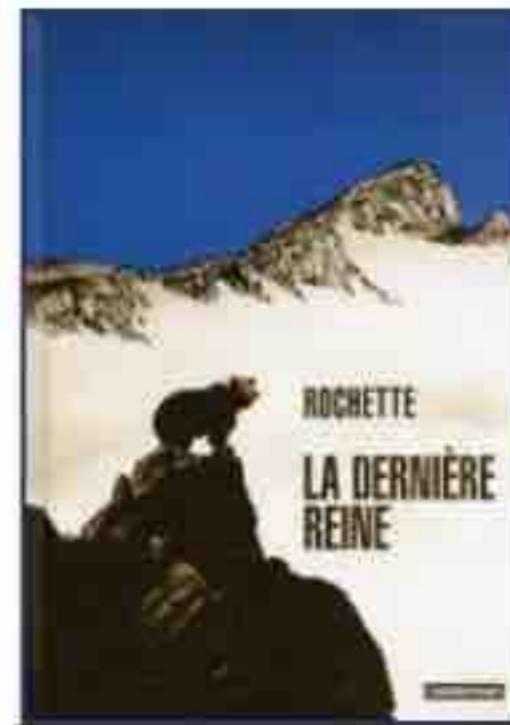


ROMAN GRAPHIQUE

LA DERNIÈRE REINE

de Jean-Marc Rochette (scénario, dessin et couleurs)

Aimer à en crever



Casterman,
240 pages, 30 €

« **É**coute bien ta mère, Édouard. Les gens sont méchants et cruels, bien plus que les bêtes de la forêt. » Édouard Roux sait, au fond de lui, que sa mère a raison. Qu'y faire ? Revenu de la Grande Guerre (comme s'il y en avait de petites ?) la gueule fracassée, ce solitaire ne croit plus beaucoup en la nature humaine. Jusqu'à sa rencontre avec la douce Jeanne, une sculptrice animalière. Elle l'introduira dans le milieu de l'art (peuplé là aussi de sales bonhommes) ; il lui fera découvrir la majesté des sommets enneigés, lui racontera l'histoire du dernier ours, tué sous ses yeux quand il était enfant. Rochette nous entraîne bientôt au cœur de « ses » montagnes, signe un récit âpre et puissant. Son chef-d'œuvre, sans doute.

BEAU LIVRE

SPIROU DANS LA TOURMENTE DE LA SHOAH

collectif, sous la direction de Didier Pasamonik



Dupuis/Mémorial de la Shoah,
152 pages, 29 €



Esprit de résistance

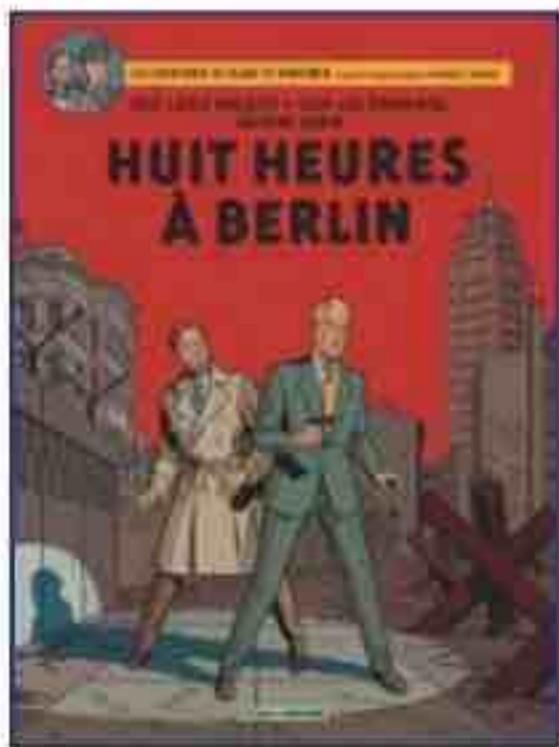
Solidement documenté, centré à la fois sur *Le Journal de Spirou* et sur les éditions Dupuis ; sur la figure charismatique de Jean-Georges Evrard, dit Jean Doisy, journaliste et résistant ; sur le destin tragique de Felka et Felix et Nussbaum, un couple d'artistes qui vécurent cachés en Belgique avant d'être assassinés à Auschwitz, et, enfin, sur le travail de transmission du

dessinateur Émile Bravo (à qui l'on doit l'émouvante tétralogie *L'Espoir malgré tout*, contant le passage à l'âge adulte, en pleine Seconde Guerre mondiale, du plus célèbre des grooms), *Spirou dans la tourmente de la Shoah*, un beau livre richement illustré, complète à merveille l'exposition homonyme présentée à Paris, jusqu'au 30 août 2023, au Mémorial de la Shoah.

BD CLASSIQUE

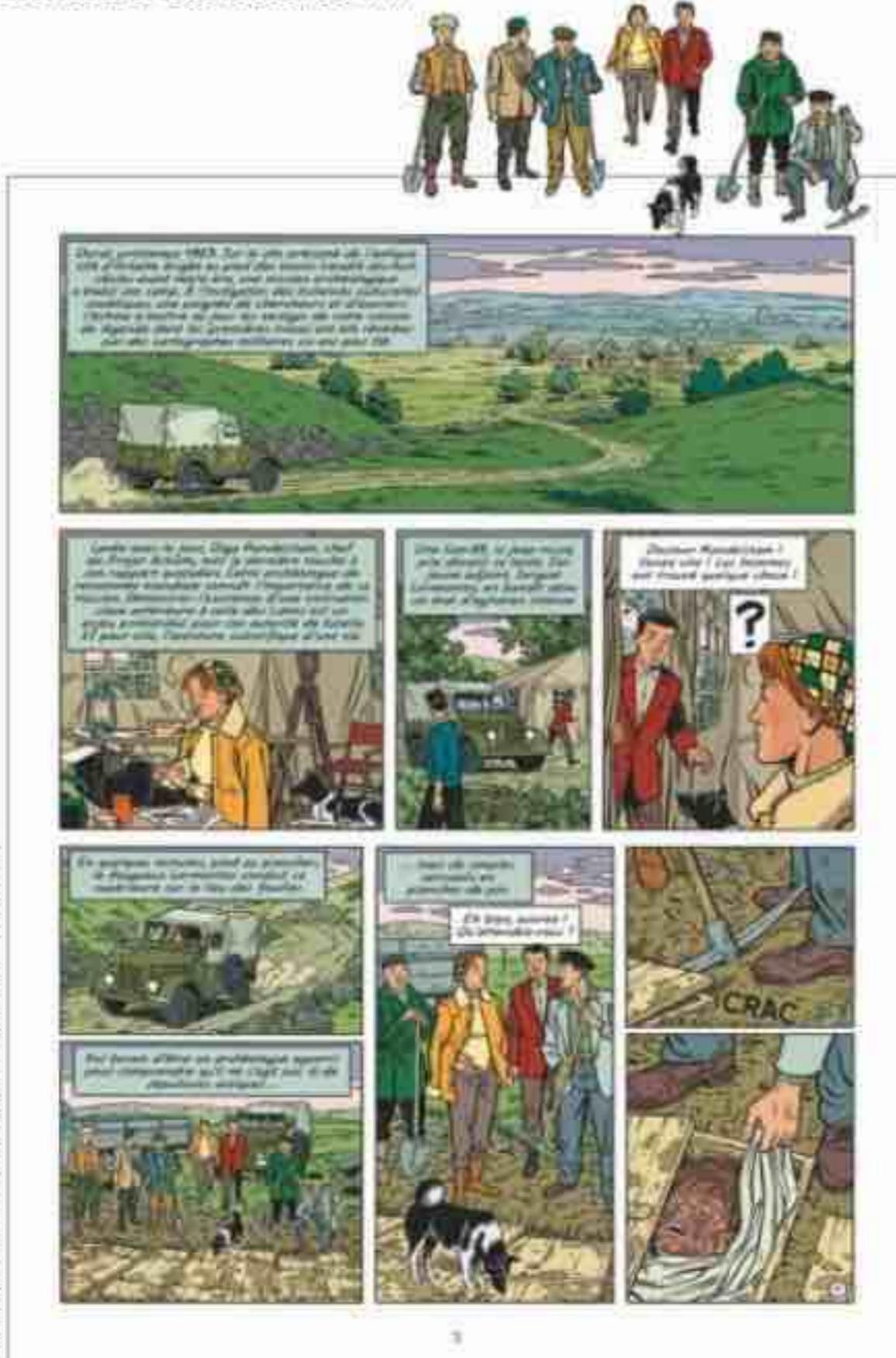
**BLAKE ET MORTIMER,
TOME 29: HUIT HEURES À BERLIN**

de José-Louis Bocquet et Jean-Luc Fromental (scénario),
Antoine Aubin (dessin) et Laurence Croix (couleurs),
d'après les personnages d'Edgar P. Jacobs

**Guerre froide
et coups fourrés**

Collection Blake et Mortimer,
64 pages, 16,50 €

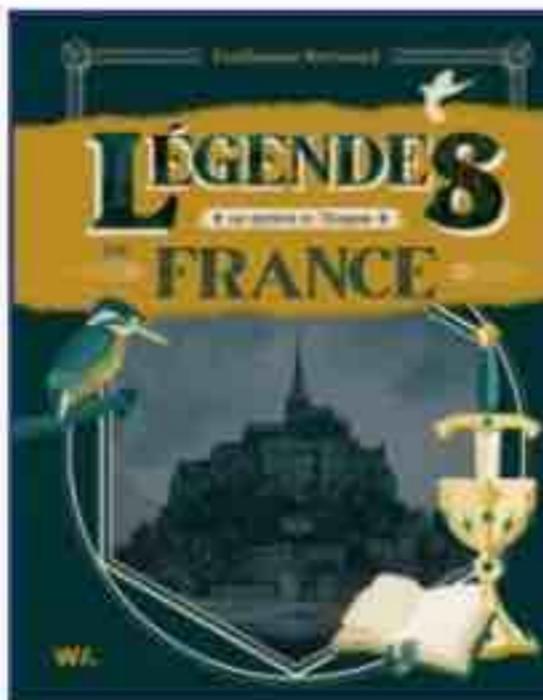
la droite ligne d'Edgar P. Jacobs, le créateur de la série. José-Louis Bocquet et Jean-Luc Fromental, les deux scénaristes, saupoudrent ce récit d'espionnage d'une touche de fantastique, résumant au passage leur intention : « Peut-être avons-nous cherché à mixer le Jules Verne de notre enfance avec le John le Carré de notre adolescence ? »



BEAU LIVRE

LÉGENDES DE FRANCE

de Guillaume Bertrand

Histoire à faire peur

Wedia Books,
304 pages, 35 €

De l'Île-de-France à la Corse, de la Normandie à la Provence, des Hauts-de-France à l'outre-mer, embarquez pour le tour d'une France hantée par des fantômes, parsemée de trésors, habitée de tueurs sanguinaires, peuplée de créatures fantastiques, attachée à des mythologies et folklores locaux, noyautée par des sociétés occultes, en somme irriguée d'histoires à dormir debout mais qui font partie du patrimoine. Et voilà le mot-clé car, si le titre annonce un panorama des légendes du terroir, cela s'avère restrictif au regard du foisonnement documentaire (et iconographique : chapeau !) de cet ouvrage présentant aussi bien des monuments (cathédrale de Strasbourg, Mont-Saint-Michel, palais des Papes, châteaux de la Loire) que des personnages illustres (Jeanne d'Arc, Léonard de Vinci), des œuvres littéraires (Gargantua, Les Trois Mousquetaires, Arsène Lupin), des traditions (carnaval, Noël)... À la fin, la France n'aura plus aucun mystère pour vous.



DOCUMENT

L'ÉCONOMIE ET LES SCIENCES SOCIALES SELON PICSOU

de Thierry Rogel

Palms économiques

L'Étudiant Éditions/
Éditions de l'Opportun,
246 pages, 16,90 €

Depuis 1947, date de sa naissance sous le crayon du scénariste-dessinateur américain Carl Barks, l'oncle Picsou est le canard le plus riche du monde et il y a de quoi tirer des leçons de sa considérable fortune. Thierry Rogel, professeur agrégé de sciences économiques et sociales, les défriche pour nous. En s'appuyant sur des épisodes de la saga de l'avare le plus célèbre et de son entourage – Donald, Riri, Fifi et Loulou, les Raptou... –, il nous initie aux travaux de Karl Marx, au capitalisme en général et en particulier à l'équilibre de marché, à l'inflation, au rapport à l'argent, aux influenceurs, à l'endettement... De quoi devenir un *Homo œconomicus* éclairé.



Éditions 41 / Presses polytechniques et universitaires romandes, 152 pages, 19,90 €

Le lecteur qui n'a pas envie de reconnaître certaines de ses réactions comme peu rationnelles, voire qui multiplie certainement les erreurs de jugement, peut passer son chemin. Il n'est pas mûr pour les révélations de ce livre sur les biais cognitifs. Car sachez que si vous vous dites que la France d'avant - et plus largement le temps passé - était mieux, que si vous trouvez la table basse en palettes de bois fabriquée par vos soins de bien meilleure allure que celles vendues en magasin de meubles design, que si vous ne vous êtes pas fait vacciner contre le Covid, non par

craindre du produit mais parce que les autorités vous l'imposaient, c'est sous l'influence de ces fameux biais (trente recensés ici). Rassurez-vous, ils touchent tout le monde, depuis la Préhistoire. Alors, notre cerveau devait partir au quart de tour, raisonner en mode rapide - non pas élaborer une pensée complexe - pour assurer notre survie face aux dangers tous azimuts. Maintenant que nous risquons moins de nous faire attaquer par un ours à chaque coin de bois, apprenons sur ces déformations pour entamer notre évolution.



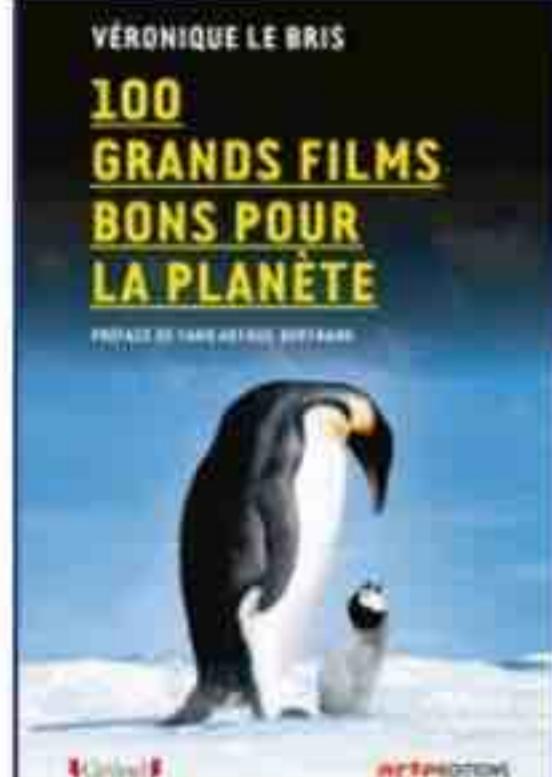
© Gilles Bellevaut

GUIDE ILLUSTRÉ

MÉFIEZ-VOUS DE VOTRE CERVEAU

de Pascal Wagner-Egger, et Gilles Bellevaut (illustrations)

Mon cerveau n'en fait qu'à sa tête



Gründ/Arte Éditions, 240 pages, 22,95 €

GUIDE

100 GRANDS FILMS BONS POUR LA PLANÈTE

de Véronique Le Bris

Sélection naturelle

On tient peut-être ici le livre apte à réconcilier personnes sensibles à la question environnementale (en espérant ne pas faire grimper leur éco-anxiété) et climatosceptiques. En se faisant des soirées ciné inspirées des recommandations de cette anthologie, les premières en sortiront encore plus convaincues et gageons que les secondes seront ébranlées dans leurs convictions. Des productions du monde entier, de 1922 à 2022, des documentaires, dystopies, films d'animation, drames, même quelques comédies, une offre éclectique enrichie, à chaque fiche, par d'autres conseils de visionnage. Rien ne vaut un film pour éveiller les consciences.

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),
Isabelle Dubessey (Rédacteur graphiste),
Béatrice Bon (Iconographe).

Ont collaboré à ce numéro:

Alice Bomboy, Louna Esgueva, Gisèle Foucher, Delphine Gaston-Sloan, Patrick Gaumer, Laurence Gay, Claire Guérou, Swali Guillemant, Valérie Greffoz, Clément-Le Foll, Julia Négroni, Sophie Noucher, Corentin Paillassard, Nathalie Simonet, 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.

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.

L'ÉTRANGE CAS DU DR JEKYLL ET DE MR HYDE

Le bel et la bête

Un classique, parfois assigné à la littérature fantastique ou d'épouvante. Il impose, en tout cas, un archétype majeur de la science-fiction, la figure du savant fou dépassé par son invention.

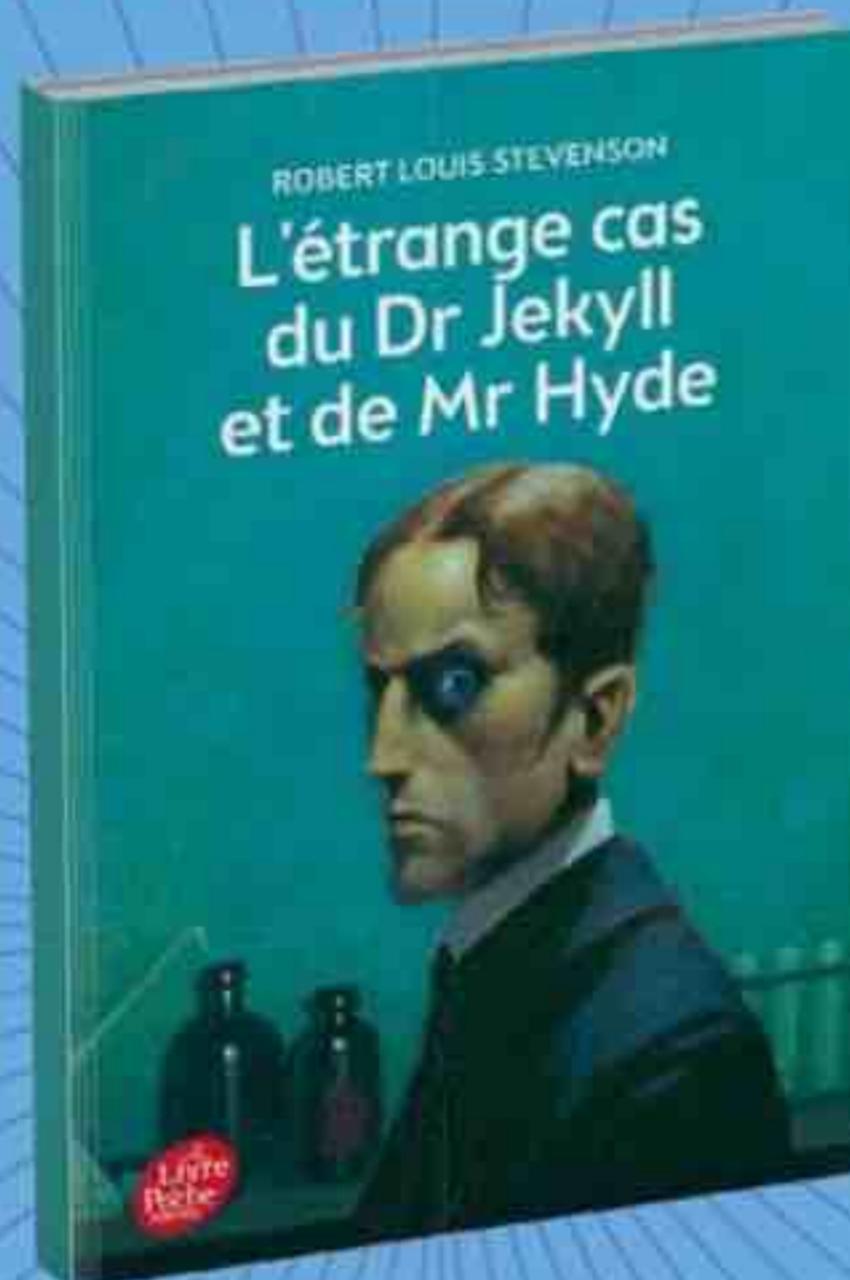
Par Delphine Gaston-Sloan

L'histoire

Le Dr Jekyll souffre de ressentir en lui de bas instincts. Pour s'en libérer, il concocte une potion capable d'extirper le mal qui le taraude et de donner vie à son double maléfique, Mr Hyde, être difforme et velu. Si, dans un premier temps, il parvient à redevenir le respectable médecin dès qu'il le souhaite, le monstre va rapidement prendre le dessus, semant les victimes sur son passage. De quoi lancer la police à ses trousses...

Les adaptations

Cette icône de la littérature a été maintes fois portée à l'écran. Retenons la première version muette d'Otis Turner (1908), celle de Victor Fleming avec Spencer Tracy et Ingrid Bergman (1941) et celle de Stephen Frears en 1996 (*Mary Reilly*, avec Julia Roberts et John Malkovich). Jerry Lewis en fait même une lecture comique dans *Docteur Jerry et Mister Love* (1963). Les séries TV ne sont pas en reste (*Jekyll*, 2007). Au rayon comics, le mythe est modernisé pour Marvel, en 1962, par Stan Lee et Jack Kirby, l'alter ego du Dr Bruce Banner étant l'incroyable Hulk.



de Robert Louis Stevenson,
roman britannique publié sous le titre original
The Strange Case of Dr. Jekyll and Mr. Hyde
en 1886

Ses prémonitions

Cette allégorie sur le conflit interne entre le bien et le mal préfigure les travaux de Sigmund Freud (1856-1939), père de la psychanalyse. Particulièrement son idée de la trinité régissant notre vie psychique. Le ça concentre les pulsions. Le surmoi, fruit de l'éducation, édicte des règles et pose des interdits (qui conduisent au refoulement). Le moi gère le ça et le surmoi dans la réalité quotidienne (*Le Moi et le Ça*, 1923). En outre, les funestes errances de Hyde dans les bas-fonds de Londres entreront en résonance avec les crimes de Jack l'Éventreur en 1888.

L'auteur

Il naît en 1850 à Édimbourg (Écosse). Sa nourrice l'abreuve de contes pendant des insomnies dues à une affection pulmonaire chronique. Celle-ci lui vaut des séjours fréquents sur la Côte d'Azur, aux États-Unis, en Polynésie où il finit par s'installer et mourir, aux Samoa, en 1894. Ses voyages lui inspirent des récits d'aventure : *Voyage avec un âne dans les Cévennes* (1879), *L'Île au trésor* (1883). Ce dernier flirte avec le mystère, comme *Nouvelles Mille et Une Nuits* (1882) et *Dr Jekyll et Mr Hyde* (1886), au succès extraordinaire. Il s'est aussi essayé au roman historique (*La Flèche noire*, 1883). Une bibliographie inattendue pour un ingénieur, puis avocat de formation.

Le contexte

En 1885, son épouse Fanny (peintre américaine) le réveille en pleine nuit car il pousse des cris. «Je rêvais d'un joli conte d'horreur», lui dit-il. Dès le lendemain, il le couche sur le papier. Trois jours plus tard, il le fait lire à madame, qui émet des objections, lui reprochant notamment sa crudité et le caractère intrinsèquement mauvais de Jekyll. Le manuscrit brûlé, l'écrivain s'y consacre encore trois jours, au bout desquels il accouche du chef-d'œuvre que nous connaissons.



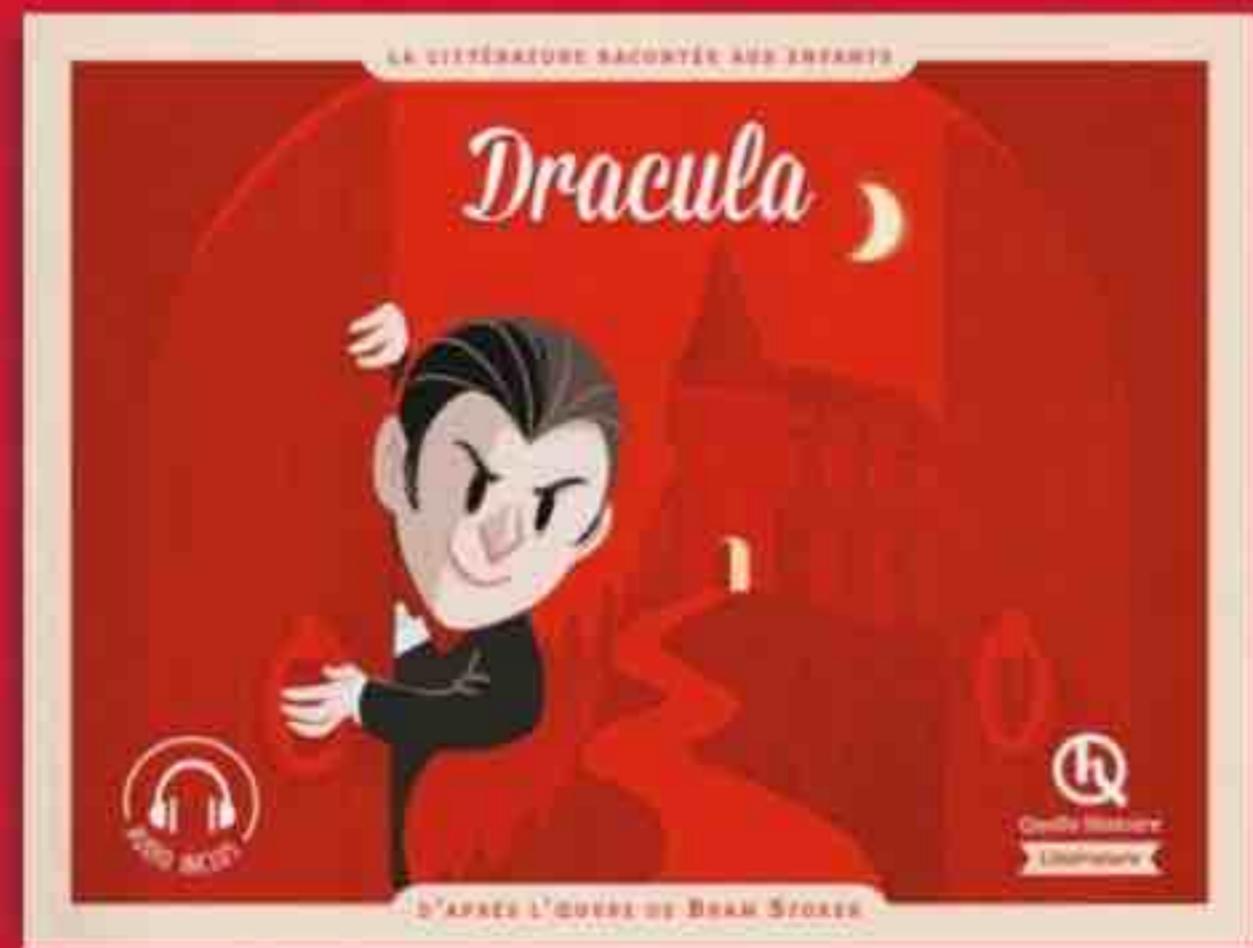


Quelle Histoire

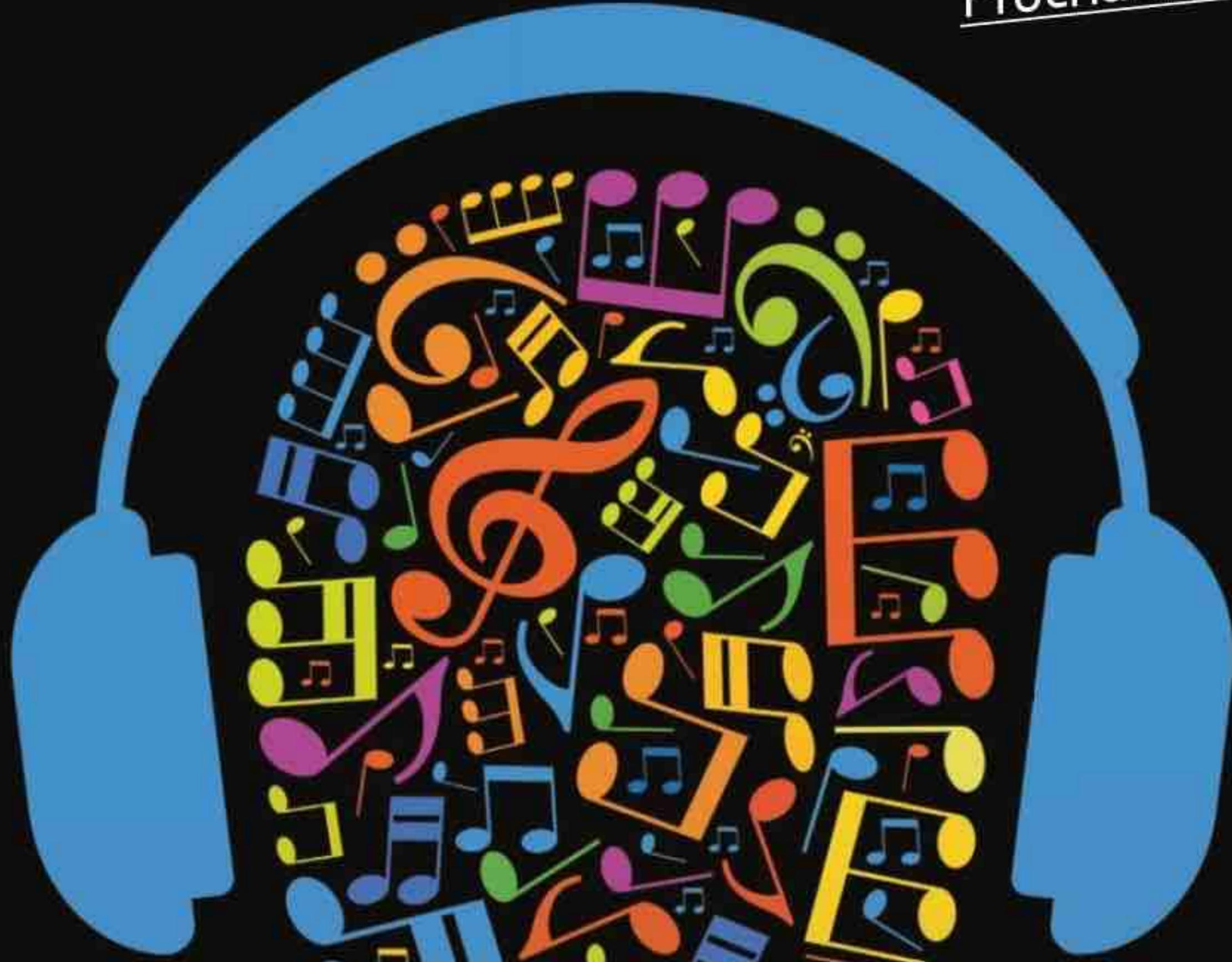
Littérature

LES GRANDS CLASSIQUES DE LA LITTÉRATURE

racontés aux enfants



12 GRANDS CLASSIQUES EN LIBRAIRIE
ET SUR WWW.QUELLEHISTOIRE.COM



QUAND LA MUSIQUE NOUS INFLUENCE



■ DÉCRYPTER: LA RÉALITÉ VIRTUELLE
POUR SOIGNER LES PHOBIES

■ OBSERVER: CES ANIMAUX
EN ARMURE

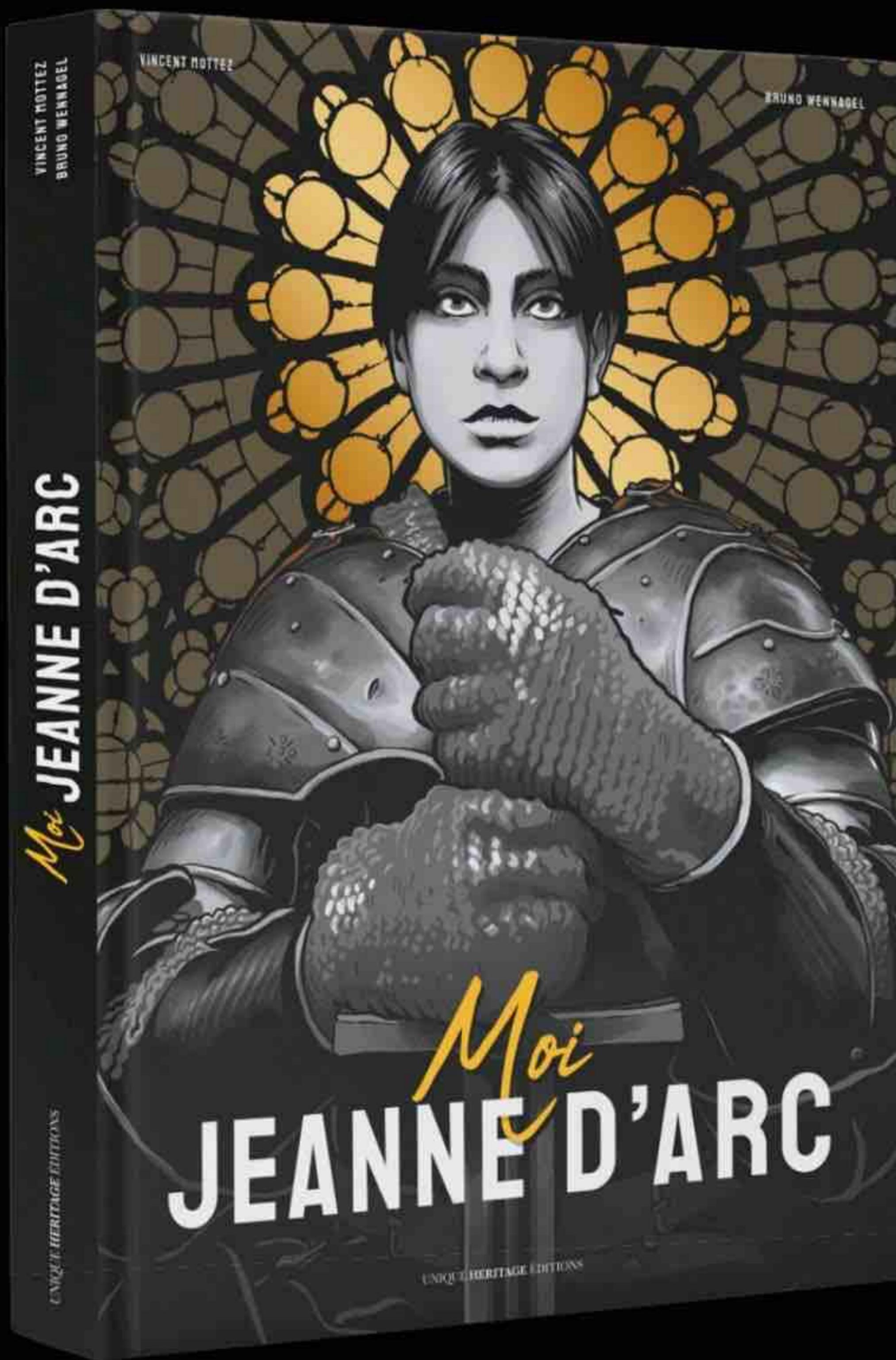
■ EXPLORER: LES ASTÉROÏDES
SONT-ILS VRAIMENT UNE MENACE?

■ INNOVER: THE LINE, LA VILLE-
MIROIR D'ARABIE SAOUDITE

■ RACONTER: LA VIE D'UNE LÉGION
ROMAINE

■ 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