

Comment ça marche

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

#126



NOUVELLE
FORMULE
**PRIX EN
BAISSE**



PHYSIQUE
ANTIMATIÈRE
Elle fait partie de notre quotidien !

ESPACE
Les **LUNES** les plus bizarres de notre ciel

CULTURE
La guerre du **STREAMING** est déclarée

DÉCOUVREZ AUSSI...

10-15
ans



EN VENTE CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX

Le mot du mois

Streaming

Nom anglais formé à partir du verbe *to stream*, «diffuser en flux continu».

Définition:

Développé sur Internet depuis les années 2000, ce service permet de visionner ou d'écouter des contenus en ligne sans avoir à télécharger de fichier sur son disque dur. Une petite partie du fichier est placée dans la mémoire tampon de l'ordinateur pour permettre la lecture. Puis, la suite du fichier (le flux) est téléchargée au fur et à mesure pour que la lecture se poursuive de façon continue et fluide – à condition de disposer d'une bonne connexion Internet. Aujourd'hui, toutes les plateformes de vidéo à la demande utilisent le *streaming*.

Pour nous écrire :

Comment ça marche

Fleurus Presse/
Unique Heritage Media
141, boulevard Ney
75018 Paris
ou

ccm@fleuruspresse.com

Pour vous abonner :
www.fleuruspresse.com



Cédits couverture: Getty, Shutterstock



Votre odeur, s'il vous plaît!

Les abeilles domestiques se reconnaissent à leur odeur corporelle.

Si cette dernière est caractéristique de chaque ruche, des chercheurs ont découvert qu'elle dépend en partie de la composition de la flore intestinale des abeilles.



UNE SENTEUR FAMILIÈRE

Pour reconnaître les abeilles de leur ruche et repérer les intrus, les gardiennes reniflent leur carte d'identité olfactive

Chez les abeilles domestiques (*Apis mellifera*), nul besoin de physionomistes pour surveiller l'accès à la ruche. Les vigiles postés à l'entrée de la colonie veillent au grain, ne comptant que sur leur odorat pour identifier les milliers d'individus composant la colonie et faire barrage aux éventuels squatteurs. À chaque arrivée, les gardiennes hument un cocktail d'hydrocarbures cuticulaires, des molécules odorantes présentes sur le corps de l'abeille et synthétisées par des cellules de la cuticule (l'enveloppe externe et perméable qui recouvre le corps de l'insecte). Propre à chaque communauté, ce fumet constitue la signature chimique des membres d'une ruche.

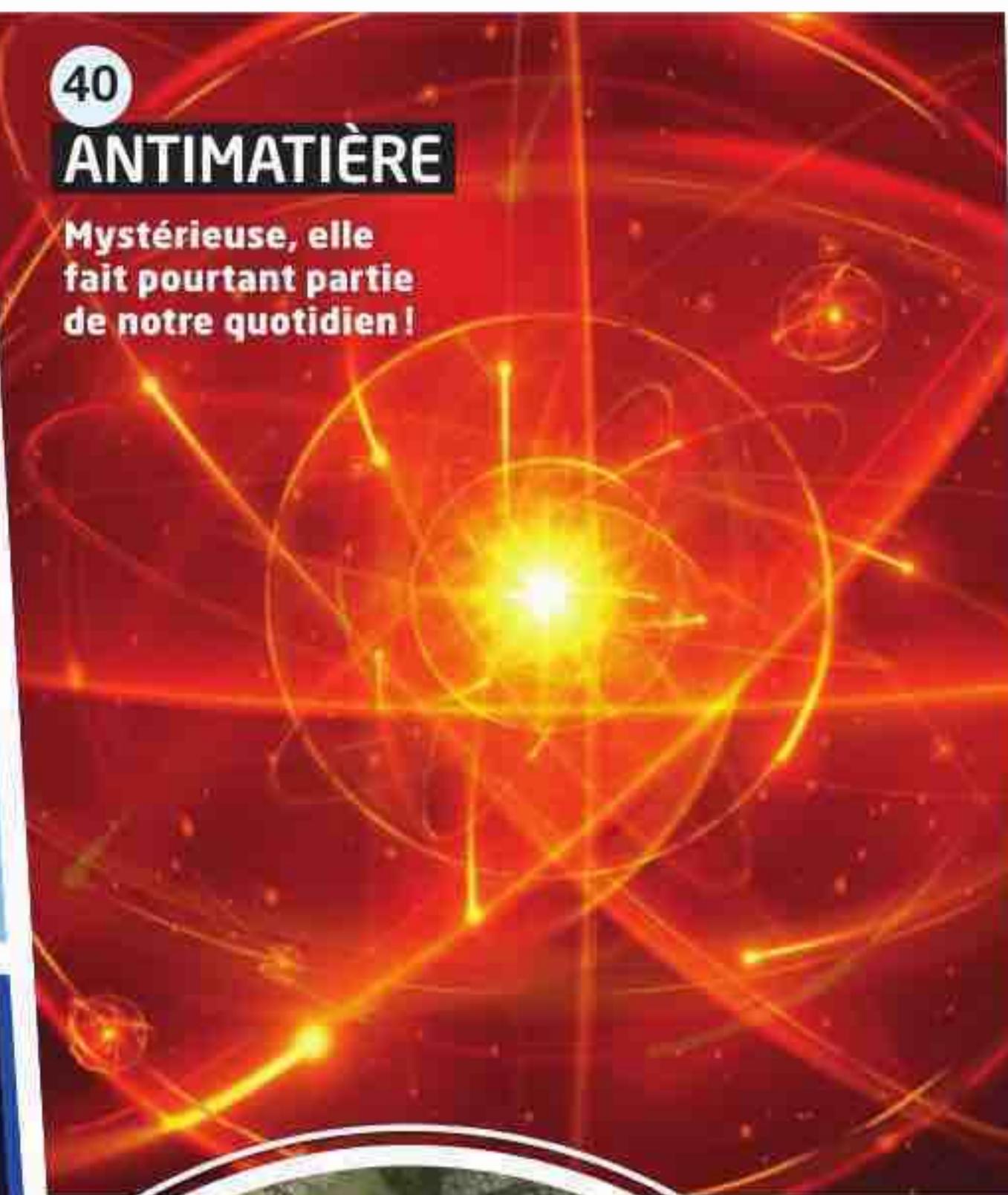
Or, des chercheurs américains de l'université Washington de Saint-Louis (États-Unis) ont récemment découvert que cette carte d'identité olfactive repose non seulement sur la génétique, l'alimentation, l'âge des individus ou encore la température à l'intérieur de la ruche, mais aussi et surtout sur la

composition de la flore bactérienne intestinale (le microbiome) des abeilles de la colonie. Le fait que les individus d'une ruche partagent leur flore intestinale n'a rien de surprenant car les abeilles pratiquent la trophallaxie, c'est-à-dire l'échange de nourriture entre individus d'une même colonie. Elles font en quelque sorte un bouche-à-bouche alimentaire et s'échangent ainsi les bactéries de leur flore intestinale.



Pour établir le lien entre les hydrocarbures cuticulaires et la flore bactérienne des abeilles, les chercheurs ont séquencé (déterminé ses constituants et leur ordre) de l'ARN (molécule proche de l'ADN) des bactéries vivant dans les intestins des abeilles de trois colonies différentes. Résultat : si plusieurs espèces de bactéries sont communes aux trois groupes, leurs proportions varient suivant la colonie. Ainsi, le cocktail odorant a les mêmes composants, mais en proportions différentes, et c'est cela qui lui confère son parfum si caractéristique et familier.

Karine Jacquet

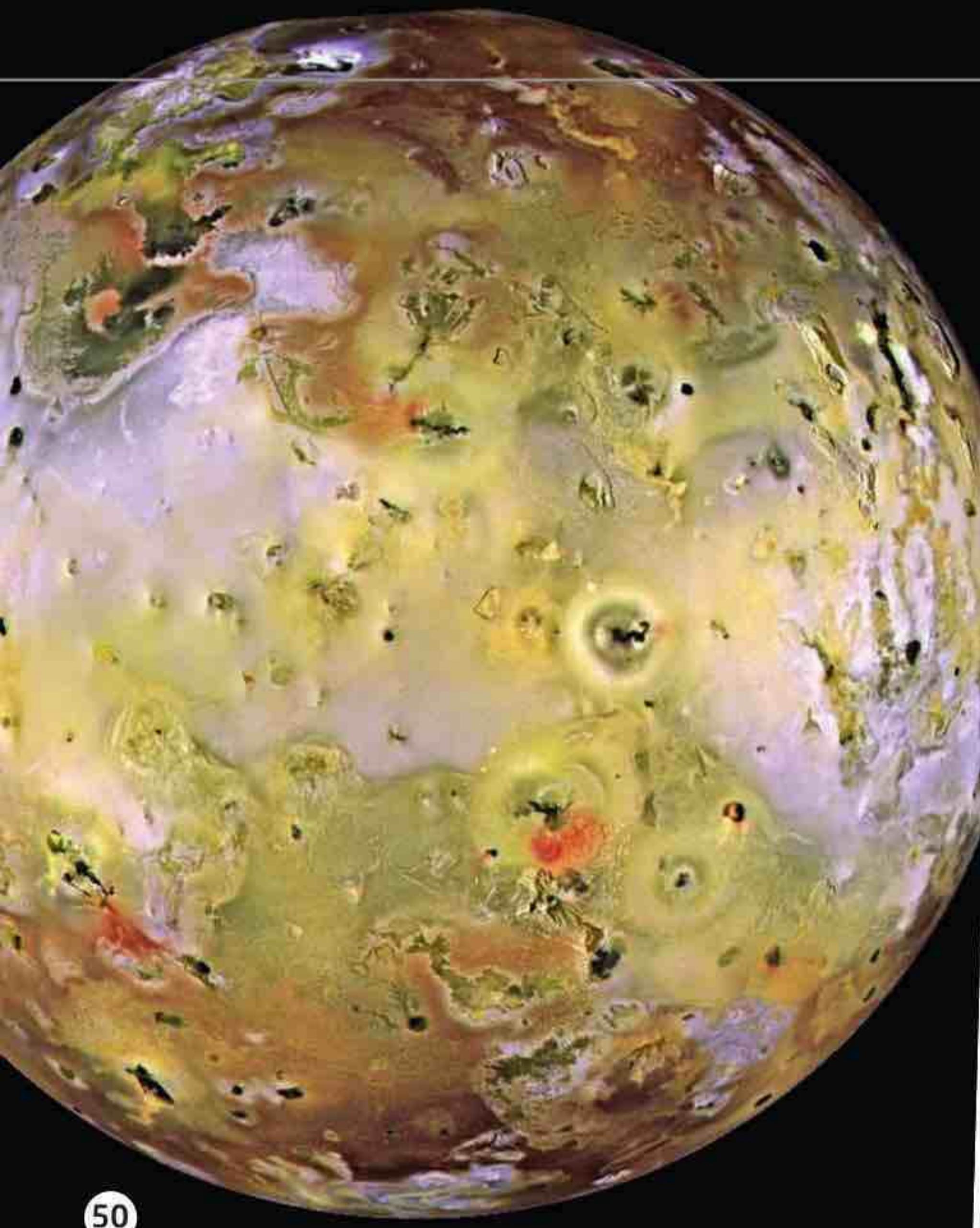


Nature Techno Histoire Espace Science

- 06 FAQ**
- 10 Actualités des sciences**
- 24 À la une : Les 10 gros chantiers à suivre de près en 2021**
- 36 Interview : Aurélie Jean**
- 40 Les mystères de l'antimatière**
- 46 Comment fonctionne l'appareil urinaire**

- 50 Les lunes les plus bizarres de l'espace**
- 54 Observer la Lune, mode d'emploi**
- 56 Hypernova : la mort spectaculaire d'une étoile**
- 58 La guerre du streaming est déclarée**
- 62 French Tech**
- 64 Les objets du mois**

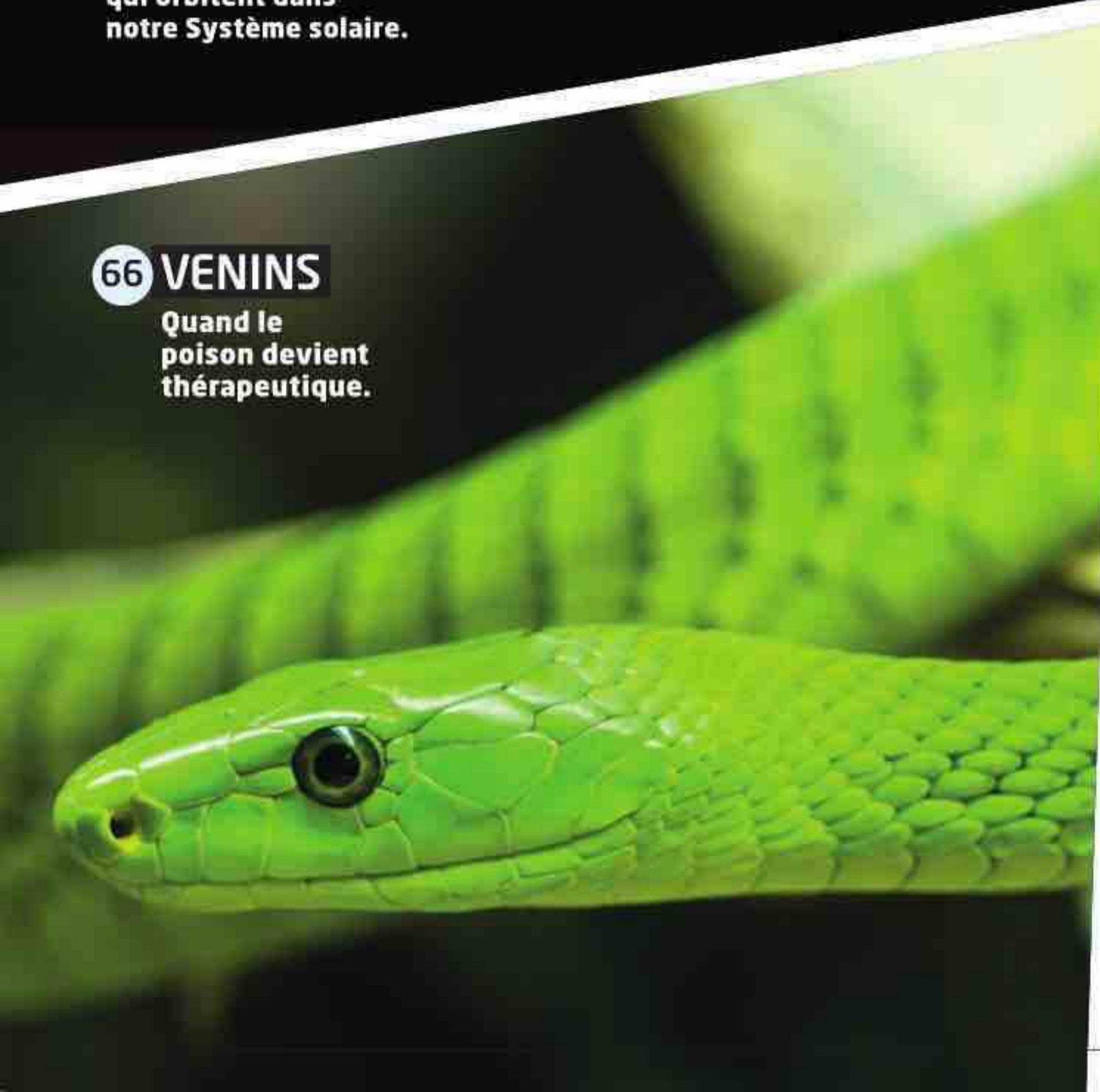
- 66 Venin : arme ou remède ?**
- 74 Comment chasse l'orque**
- 76 Venise, une ville construite sur l'eau**
- 82 Pythagore**
- 84 Agenda**
- 95 Littérature SF**
- 96 Jeux**
- 97 Les chiffres du mois**



50

LUNES

Ces curieux satellites qui orbitent dans notre Système solaire.



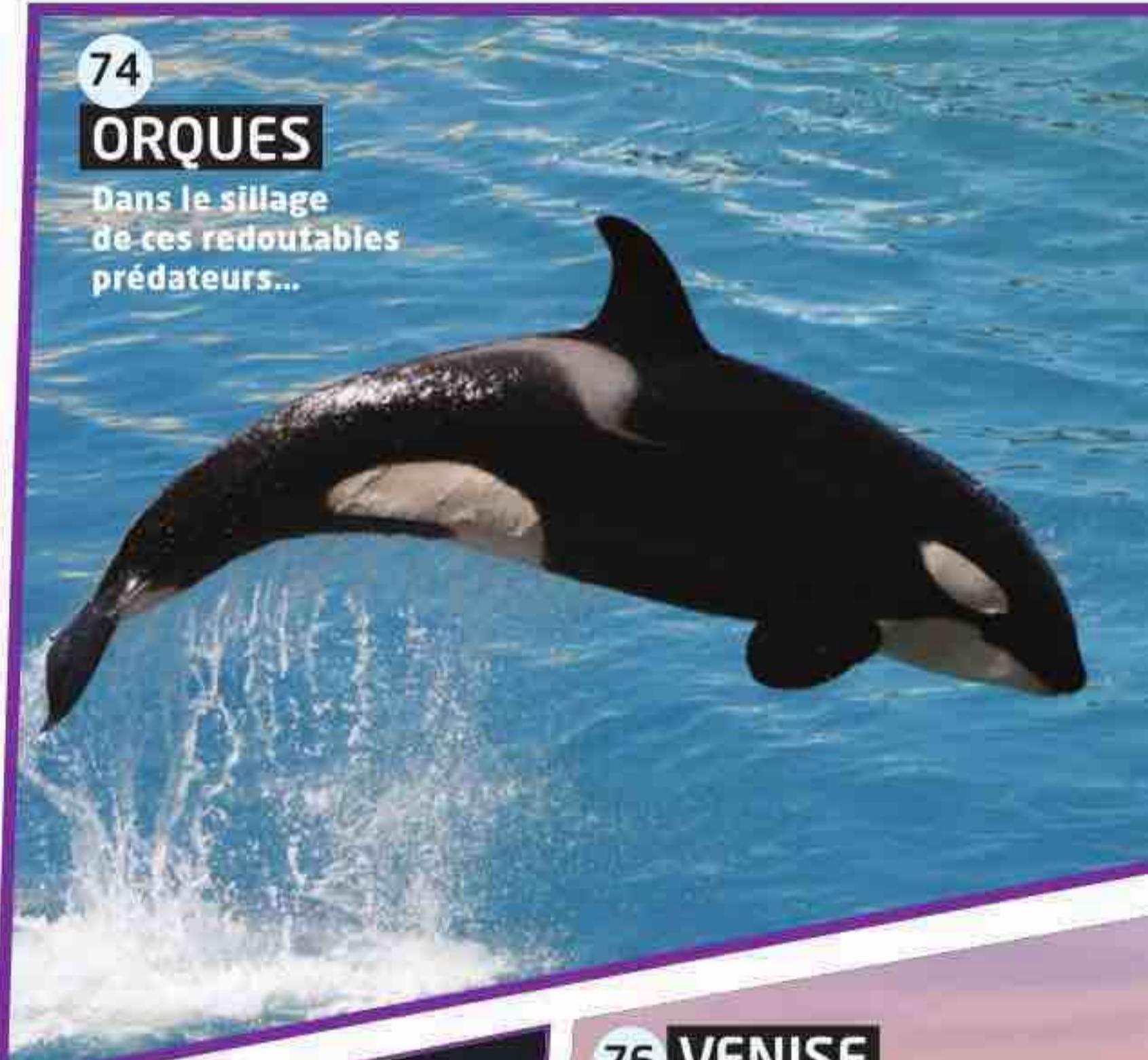
66 VENINS

Quand le poison devient thérapeutique.

74

ORQUES

Dans le sillage de ces redoutables prédateurs...



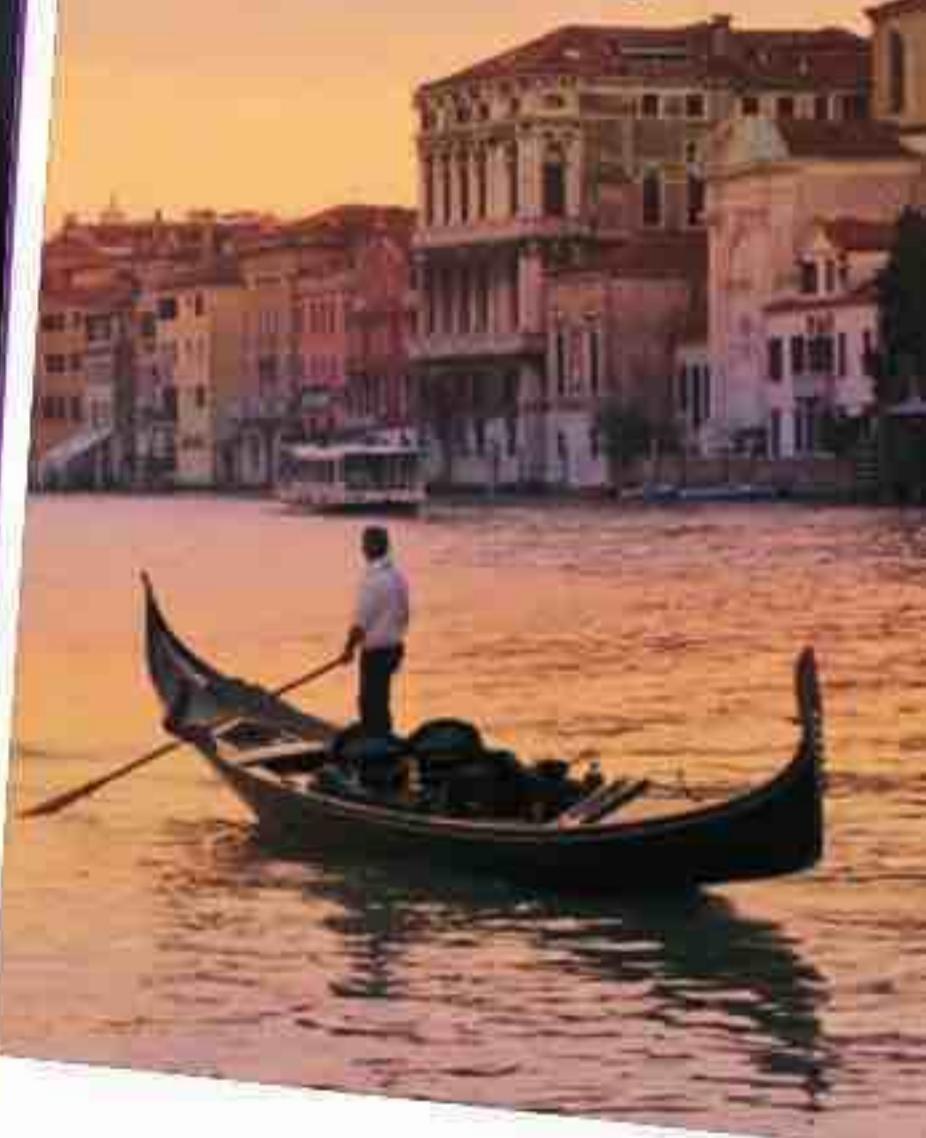
36

AURÉLIE JEAN

Elle décrypte le monde avec des algorithmes.

76 **VENISE**

Découvrez comment la célèbre cité italienne a pu être bâtie sur des marécages.



64

SHOPPING

Notre sélection des meilleurs objets high-tech du mois.



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



Pour quelle raison faut-il monter à cheval par la gauche ?

Question d'Issa K., Toul (Meurthe-et-Moselle)



Il ne s'agit pas d'une obligation, mais d'une coutume ancienne. Pour l'expliquer, il faut la replacer dans son contexte historique car elle remonte au Moyen Âge. À cette époque, les chevaliers portaient une épée du côté gauche car, majoritairement droitiers, il leur était ainsi plus aisément de la dégainer. En montant sur le cheval par le côté gauche, et en mettant d'abord

le pied gauche à l'étrier, le mouvement était plus facile car leur jambe droite n'était pas entravée par le fourreau de l'épée pour passer par-dessus le cheval. En outre, l'arme ne risquait pas de tomber, ni l'animal d'être blessé en cas de fausse manœuvre du cavalier. Cette tradition a perduré et veut que l'on monte toujours un cheval par la gauche, même sans être porteur d'une épée !



Comment se fait-il que la syllabe *di* se retrouve dans tous les noms des jours de la semaine?

Question de Noémie S., Dijon (Côte-d'Or)

C La syllabe *di* est tirée du latin *dies*, qui signifie jour. C'est en effet aux Romains de l'Antiquité que nous devons le nom des jours. Ceux-ci avaient attribué à sept astres repérés dans le ciel le nom d'un dieu ou d'une déesse (la Lune, Mars, Mercure, Jupiter, Vénus, Saturne et le Soleil) et chaque jour de la semaine donnait lieu à la célébration d'une de ces divinités. Le latin classique a donné lundi (*Lunae dies*, jour de la Lune), mardi (*Martis dies*, jour de Mars), mercredi (*Mercurii dies*, jour de Mercure), jeudi (*Jovis dies*, jour de Jupiter) et vendredi

(*Veneris dies*, jour de Vénus). Samedi et dimanche font figure d'exceptions. Ils entrent dans la langue au début du XII^e siècle. On a alors abandonné les jours dédiés à Saturne (*Saturni dies*) et au Soleil (*Solis dies*) et opté pour des noms d'inspiration religieuse. Hébraïque pour le samedi: de *sambati dies*, *sabbatum* étant une variante grecque du latin classique *sabbatum*, le septième jour de la semaine, jour de sabbat chez les juifs. Chrétienne pour le dimanche: du latin ecclésiastique *dies dominicus*, le jour du Seigneur, dérivé de *dominus*, maître.

Pourquoi associe-t-on le nombre 666 au diable?

Question de Tim T., Vannes (Morbihan)

C Précisons d'abord que l'on est dans la sphère de la superstition. Cette croyance, faisant de 666 le nombre du diable, remonterait à la *Bible*. Dans l'*Apocalypse de Jean*, on peut lire (chapitre 13): *Puis je vis monter de la mer une bête qui avait sept têtes et dix cornes, et sur ses cornes dix diadèmes, et sur ses têtes des noms de blasphème* (verset 1). *C'est ici la sagesse! Que celui qui*

a de l'intelligence compte le nombre de la bête; car c'est un nombre d'homme et ce nombre est six cent soixante-six (verset 18). Depuis lors, 666 est associé à Satan ou à l'Antéchrist. Dans l'Antiquité, des valeurs numériques étaient attribuées aux lettres, donnant lieu à des calculs ésotériques. Ainsi, selon les variantes et les différents alphabets (hébreïque, grec, latin...), ces élucubrations ont désigné plusieurs «diables».

En faisant la somme des chiffres attachés aux lettres composant leur nom, on tombait immanquablement sur le nombre de la bête. Les premiers chrétiens, victimes des persécutions de l'empereur romain Néron, au 1^{er} siècle, seraient à l'origine de cette combinaison faisant de César-Néron (ou César Dieu en hébreu) l'incarnation du mal. D'aucuns ont même appliqué une recette similaire à Hitler et trouvé... 666!



Qu'est-ce qui pousse le cochon à se rouler dans la boue?

Question de Valentina Z., Corte (Haute-Corse)



Il le fait pour se rafraîchir, protéger sa peau des rayons du soleil et la préserver des parasites grâce à la pellicule que forme la boue en séchant.

La nécessité de se refroidir de cette manière vient du fait que le cochon est dépourvu de glandes sudoripares, ces glandes qui sécrètent la sueur à la surface de la peau. Normalement, c'est cette transpiration qui, en s'évaporant, provoque une déperdition de chaleur lorsque la température



extérieure monte. Privé de ce moyen naturel de régulation thermique, le cochon n'a d'autre choix que de se rouler dans la boue pour maintenir sa température corporelle à un niveau supportable. Peut-être faut-il chercher là l'origine de la croyance populaire qui associe le cochon à la saleté.

Quelle est la différence entre la neige, la glace et le verglas?

Question de Mathilde H., Marcilly (Seine-et-Marne)



C'est dans les nuages qu'il faut aller chercher la neige. Quand la température est négative dans les couches supérieures de l'atmosphère, la vapeur et les gouttelettes d'eau gélent, formant alors de petits cristaux autour de minuscules poussières en suspension. Ces cristaux s'agglutinent et, lorsqu'ils atteignent une taille de quelques millimètres, ils forment des flocons hexagonaux qui, dès qu'ils sont assez gros, se précipitent vers le sol sous l'effet de leur poids. Encore faut-il que la masse d'air entre la base du nuage et la terre soit suffisamment froide (entre 1 et -5°C environ) pour que tombe la neige. La glace est de l'eau qui passe de l'état liquide à l'état solide. Elle commence à geler lorsque

la température atteint 0 °C s'il s'agit d'eau pure ou douce. Pour l'eau de mer, la solidification se fait à partir de -1,8 °C, la présence de sel abaissant la température de congélation. La glace peut également se former lorsque de la neige accumulée se tasse sous son propre poids et devient solide car, dans les montagnes et sous des climats froids, elle ne fond jamais complètement. C'est ainsi que se constituent les glaciers alpins et les calottes glaciaires des zones polaires. Le verglas, lui, est une fine couche de glace qui se forme sur un sol froid dont la température est inférieure à 0 °C. Elle provient des gouttes de pluie ou de la bruine qui tombent et gélent dès qu'elles entrent en contact avec toute surface dont la température est négative. C'est le cas notamment des routes qui se recouvrent alors d'un dépôt de glace transparente. Ce phénomène s'observe également lorsque la neige fond, se transformant en eau qui se congèle au fur et à mesure sur le sol froid.



OFFRE SPÉCIALE D'ABONNEMENT

LE MAG QUI DÉCRYPTE LE MONDE



à partir de
45 €
par an

JE M'ABONNE

11 numéros - 1 an

45 €
49,50 € - 9 %

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

 **CCM21**

OU

PARTÉLÉPHONE
03 20 12 11 10
Du lundi au vendredi

OU PAR COURRIER
À RETOURNER ACCOMPAGNÉ DE VOTRE RÈGLEMENT :

Fleurus Presse
TSA 17 503 - 59782 LILLE CEDEX 9
Tél.: 03 20 12 11 10 (appel non surtaxé)

Nom :

Adresse :

Prénom :

Code postal :

Ville :

Téléphone :

E-mail (parents) :

E-mail indispensable pour accéder à la version numérique de votre abonnement.

- Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Unique Heritage Presse
 Carte bancaire n°

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

Expire fin

**DATE ET SIGNATURE
OBLIGATOIRES**

Actualités des sciences

Nature Techno Histoire Espace Science

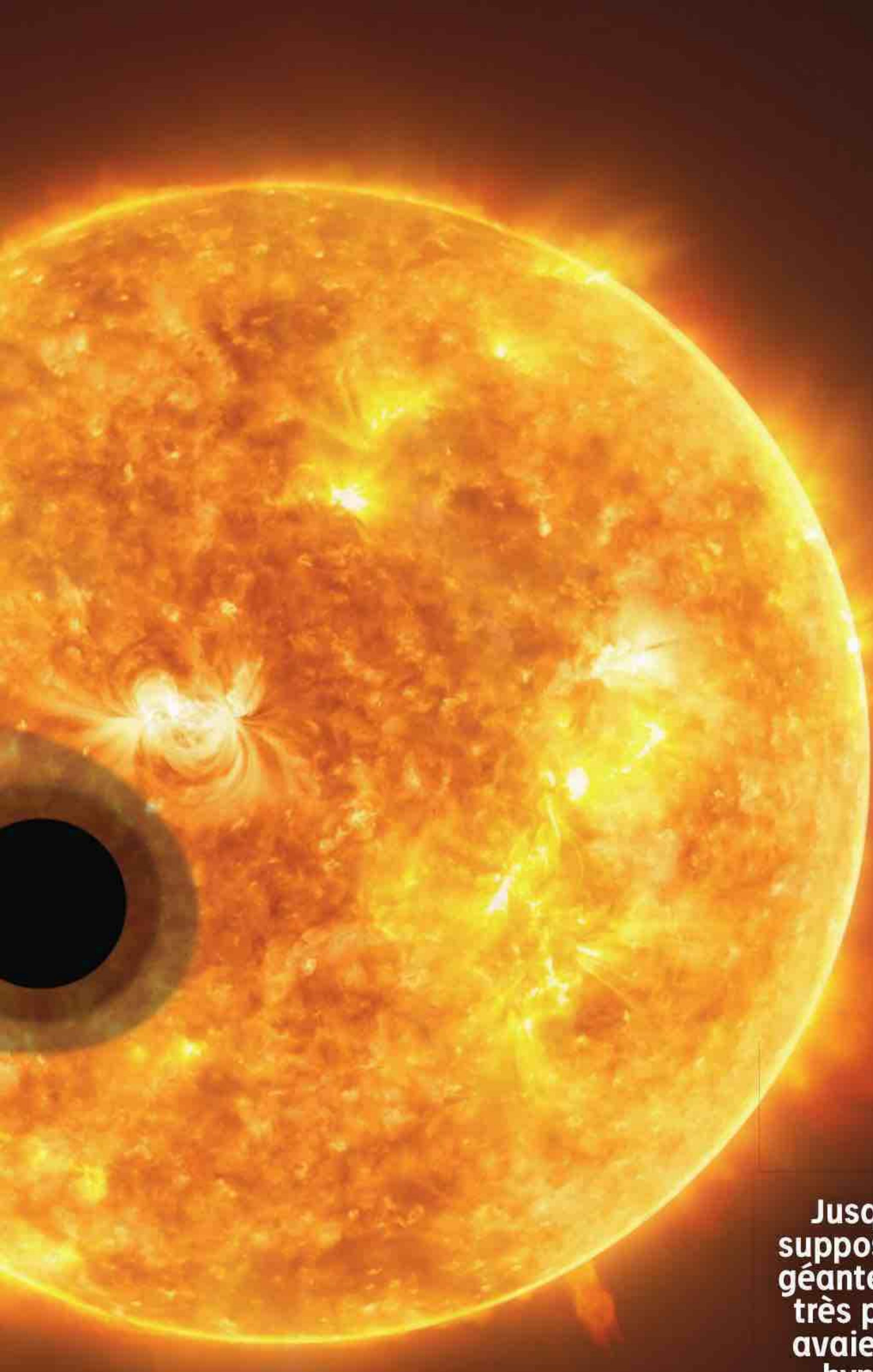
Par Louna Esgueva et Maïa Wasserman

ASTRONOMIE

Les planètes «barbe à papa» s'allègent

Dans l'Univers, il existe une catégorie de planètes géantes très singulières : les «barbes à papa». Comme la référence à la confiserie rose le laisse supposer, elles ont été baptisées ainsi car elles sont très peu denses. Par exemple, Wasp-107b, ci-contre (la boule noire qui passe devant son étoile), est un astre situé à 200 années-lumière de la Terre. Il mesure la taille de Jupiter (son rayon est de 67 100 km exactement), mais il est dix fois plus léger (182×10^{24} kg, soit 182 suivis de 24 zéros!). En janvier dernier, grâce à des observations réalisées par le télescope Keck, situé sur l'archipel d'Hawaï (États-Unis), les chercheurs de l'université de Montréal (Canada) ont pu apporter un nouvel éclairage sur la formation de ces curieux objets spatiaux. Alors

que les spécialistes supposaient jusque-là que ce type d'astre avait forcément un cœur solide très lourd d'environ dix fois la masse de la Terre (6×10^{24} kg) – pour qu'il ait pu agglutiner de la matière moins dense autour de lui –, ils ont découvert que son noyau pesait beaucoup moins : environ quatre fois la masse terrestre. Pas plus. «Avec cette découverte, on a dû inventer un nouveau scénario de formation des planètes géantes de ce type. Le cœur solide a dû se former très rapidement à de faibles températures, loin de son étoile. Puis la planète a probablement migré plus près d'elle», explique Caroline Piaulet, astrophysicienne et coauteur de cette recherche. Tout cela reste encore à confirmer, mais les planètes «barbe à papa» commencent à lever un peu de leur voile...



Jusque-là, on supposait que ces géantes gazeuses très peu denses avaient un cœur hypermassif



SANTÉ

Thé vert et café sont bons après un AVC

Bonne nouvelle pour les amateurs de thé vert et de café : ces boissons pourraient réduire le risque de décès après un accident vasculaire cérébral ou un infarctus. C'est la conclusion à laquelle sont parvenus des chercheurs japonais à la suite d'une étude publiée en février portant sur 46 000 personnes

âgées de 40 à 79 ans. Les participants buveurs de thé vert (au moins sept tasses par jour) ou de café (au moins une tasse) ayant survécu à l'une de ces pathologies présentaient un risque de mortalité réduit – toutes causes confondues – par rapport aux non-buveurs. En revanche, on ne sait pas encore expliquer pourquoi...

GASTRONOMIE

Du vin dans l'espace

Des bouteilles de vin ont été expédiées dans la Station spatiale internationale (l'ISS). Après quatorze mois de séjour sur place, elles viennent de revenir sur Terre. Les chercheurs vont maintenant s'atteler à déterminer si la composition du breuvage a été modifiée par l'effet de l'apesanteur.

PHYSIQUE

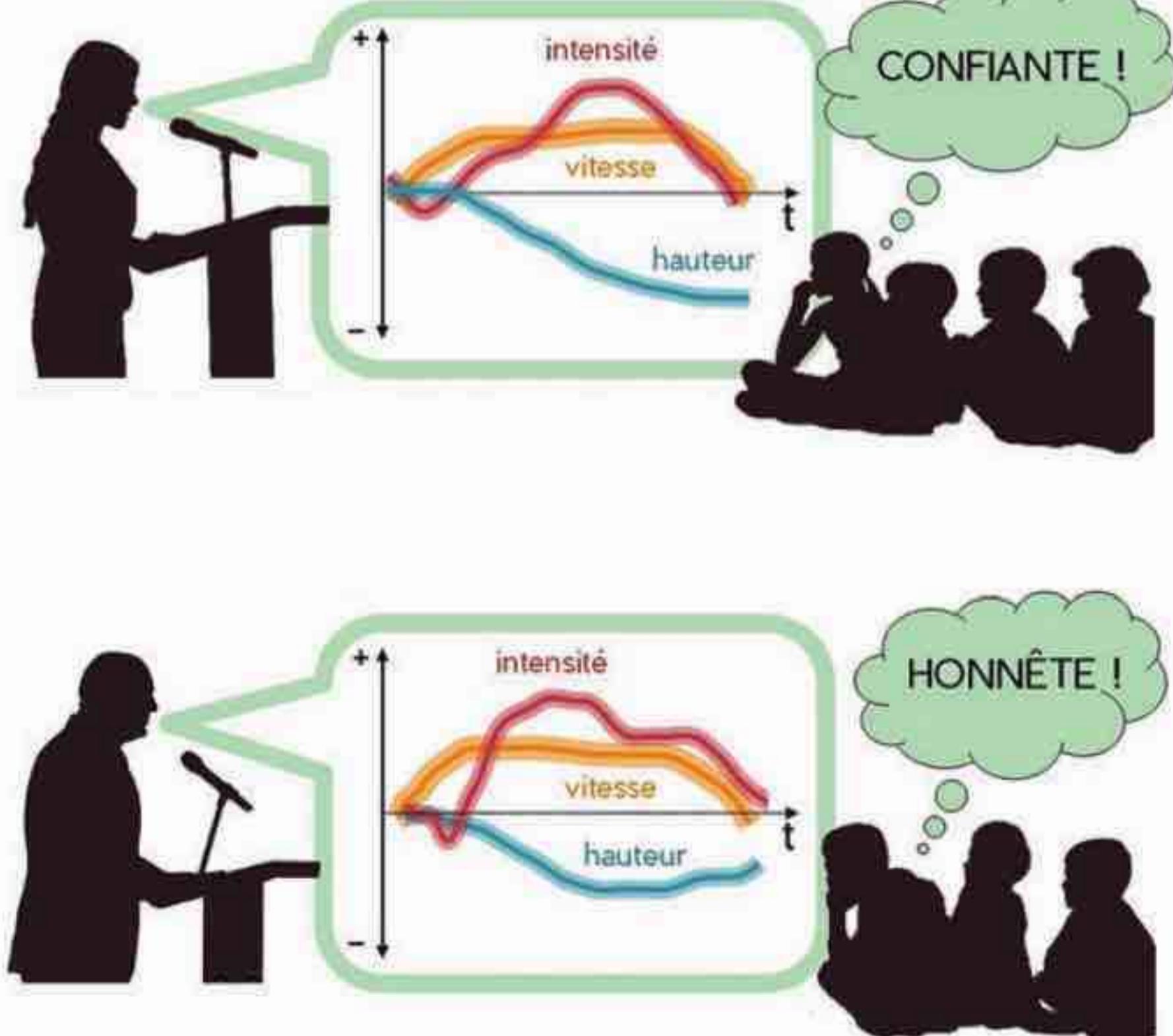
La quantique à l'honneur

1,8 milliard d'euros, c'est le montant qui va être dédié aux technologies quantiques en France grâce au dernier plan de recherche étalé sur cinq ans. De quoi faire émerger de premières applications sous peu dans l'Hexagone ?

ENVIRONNEMENT

La pollution tue à Paris

La capitale française enregistre plus de 2 500 décès prématurés par an. En cause : la pollution au dioxyde d'azote, selon une étude du *Lancet Planetary Health*. Paris est ainsi la quatrième ville d'Europe la plus exposée !



LINGUISTIQUE

Sa voix trahit le menteur

Connaissez-vous la prosodie ? Pour faire simple, c'est la signature vocale, c'est-à-dire la musicalité de la voix, son volume, ses modulations et ses accentuations. La voix peut ainsi traduire de multiples états : la douceur, l'incompréhension, la cruauté, la colère, mais elle peut aussi dévoiler – et c'est nouveau – un mensonge. Des scientifiques du Laboratoire sciences et technologies de la musique et du son (CNRS/Ircam) et du Laboratoire des systèmes perceptifs (CNRS/ENS PSL) viennent en effet de montrer que le cerveau est capable de juger automatiquement, à partir de la voix d'un locuteur (et donc de sa prosodie), si celui-ci est honnête, confiant ou au

contraire incertain, voire menteur. Leurs expériences ont porté sur une vingtaine de participants qui ont écouté des phrases prononcées avec différents niveaux de certitude. Résultat : il existe bien une signature prosodique de l'honnêteté qui se traduit par une diction rapide, une intensité forte en milieu de mot et une hauteur qui descend en fin de mot. À l'inverse, une diminution du volume et une intonation plus forte sont les signes de l'incertitude. Mieux, cette signature est même perceptible dans d'autres langues comme l'anglais et l'espagnol. Plus besoin d'observer si le nez de votre interlocuteur s'allonge ou si son regard est fuyant pour repérer un mensonge dans ses propos...



Chaque fusée larguée selon ce nouveau procédé pourrait transporter jusqu'à 500 kg de charge



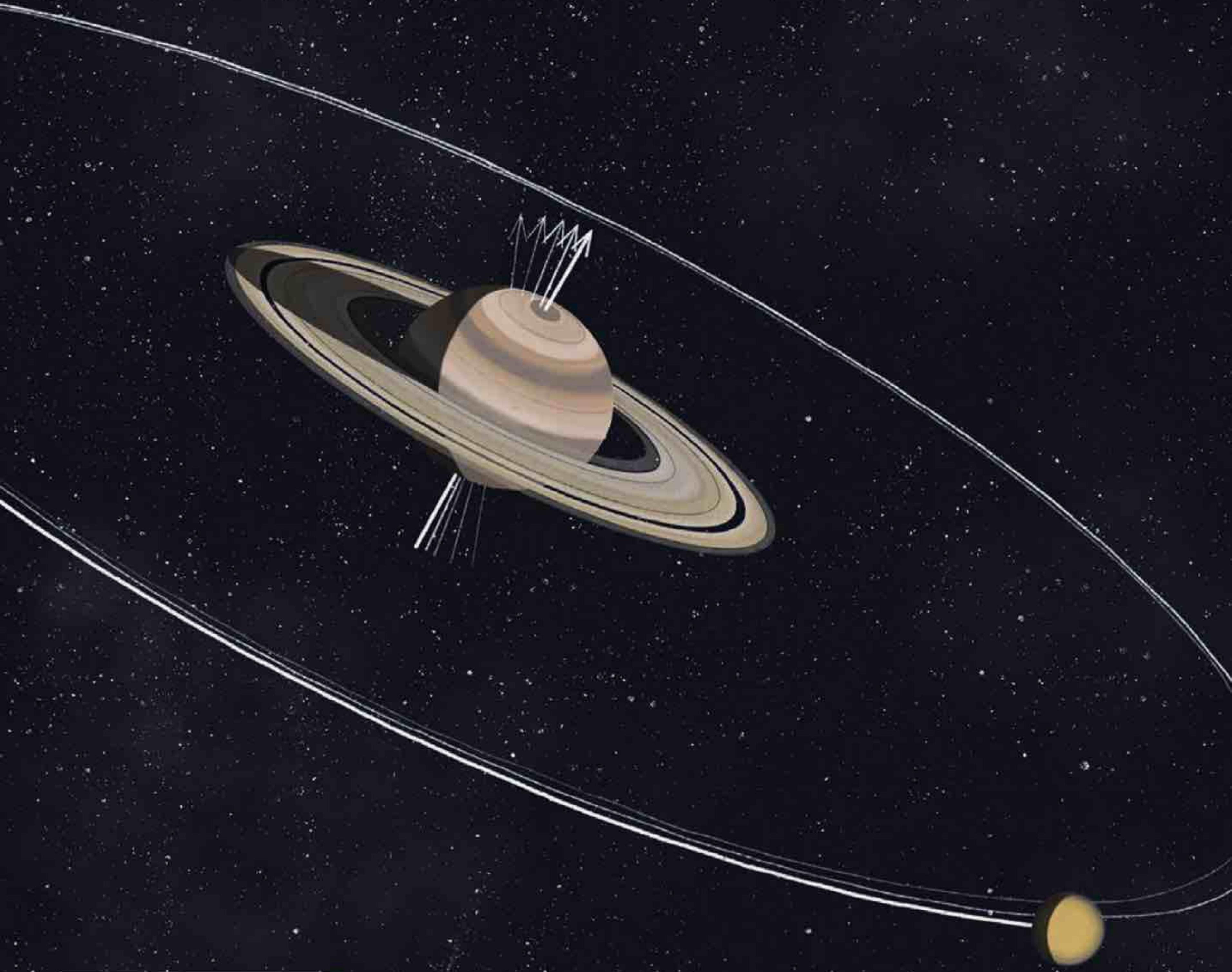
AÉRONAUTIQUE

Lancement réussi d'une fusée depuis un avion

Propulser une fusée depuis un pas de tir est coûteux, compliqué, risqué et très énergivore... Pour contourner ces obstacles, l'entreprise américaine Virgin Orbit vient de tester une autre solution: elle a placé une fusée sous l'aile d'un avion, un Boeing 747 modifié pour l'occasion. Une fois parvenue à une altitude de 10 000 mètres, la fusée a été

larguée avec succès et propulsée par un moteur qui a pris le relais pour atteindre l'espace. Là, dix mini-satellites (des «CubeSats» pesant chacun moins de 10 kg) ont pu être mis en orbite. Un premier essai de largage avec cette technique avait déjà été effectué en mai 2020, mais il avait échoué. Avec cette mission réalisée en janvier dernier, Virgin Orbit se lance dans une nouvelle

ère. Celle où les fusées n'auront plus forcément besoin de décoller de manière verticale pour aller placer des satellites en orbite. L'objectif est clair: Virgin Orbit envisage de construire jusqu'à 24 fusées de ce type par an. Chacune pourra transporter des charges allant jusqu'à 500 kg. Avec ce nouveau procédé, l'espace pourrait devenir bien plus à portée de main, ou plus précisément d'avion...



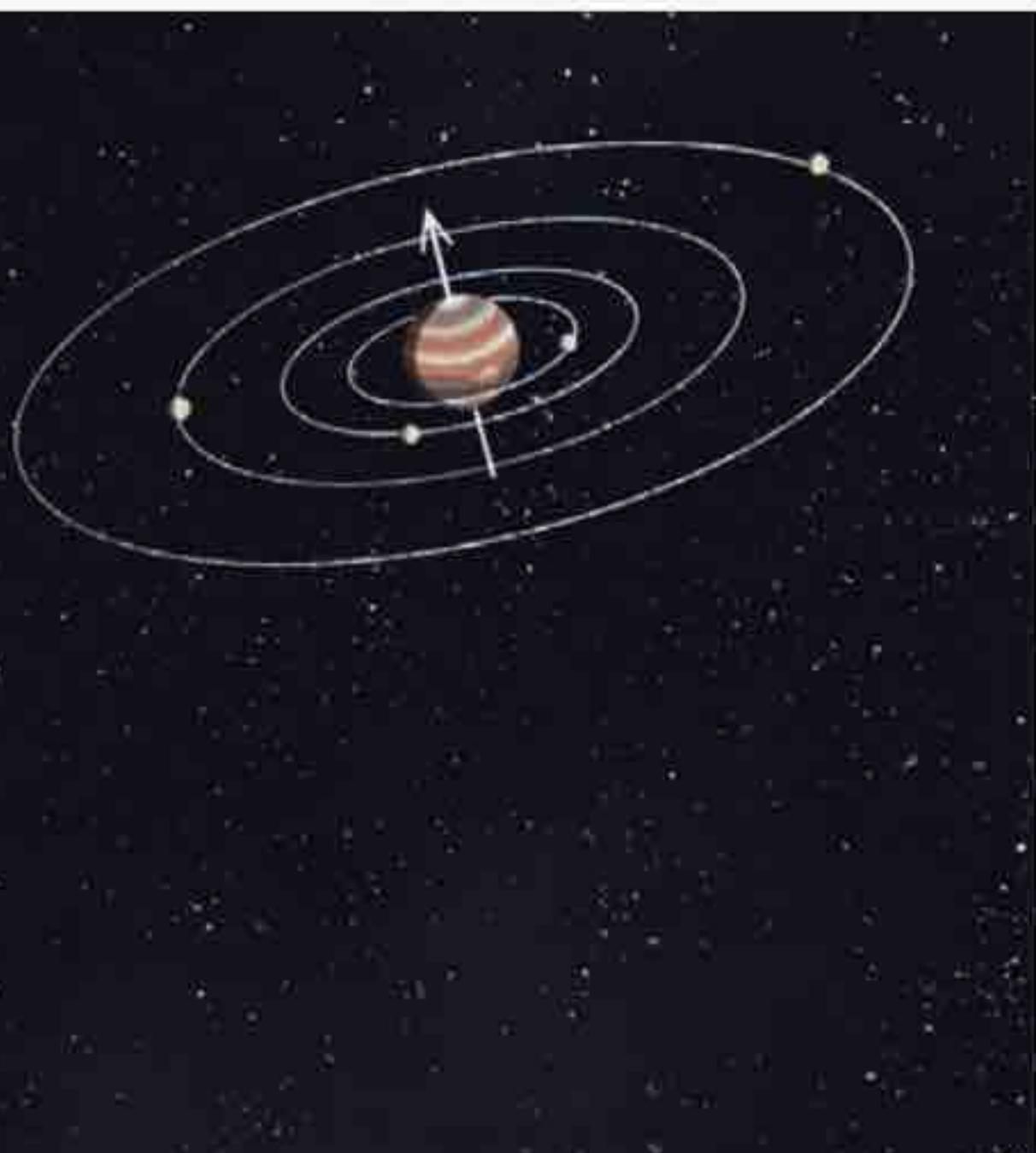
ASTROPHYSIQUE

Les satellites de Saturne font basculer la planète

Elle penche, elle penche encore et encore... Comment se fait-il que la géante gazeuse Saturne soit inclinée sur son axe au point d'atteindre un angle de 26,7° entre son équateur et son plan d'orbite (l'axe sur lequel elle tourne)? Des chercheurs du CNRS, de Sorbonne Université

et de l'université de Pise (Italie) viennent d'apporter une explication. La cause serait à chercher du côté de ses satellites (82 connus en 2020). En s'éloignant petit à petit de Saturne, ceux-ci bousculeraient la gravité et conduiraient à faire pencher la planète. L'effet le plus notable est celui lié à Titan, la

plus grosse de ses lunes. « C'est un phénomène assez subtil. La bascule de l'axe de rotation de Saturne résulte d'un couplage entre l'attraction du Soleil, l'attraction mutuelle de Titan et Saturne, et les attractions entre les planètes du Système solaire », explique Melaine Saillenfest, chercheur au CNRS.

L'inclinaison de l'axe de Saturne pourrait doubler dans les prochains milliards d'années

Mieux, cette tendance à pencher n'est pas terminée... Elle pourrait même doubler dans les prochains milliards d'années! Et Saturne ne serait pas un cas unique. Jupiter, la plus grosse planète du Système solaire, est visiblement en train de subir le même sort à cause de ses propres satellites.

**ÉTHOLOGIE****Les mantes mâles savent riposter**

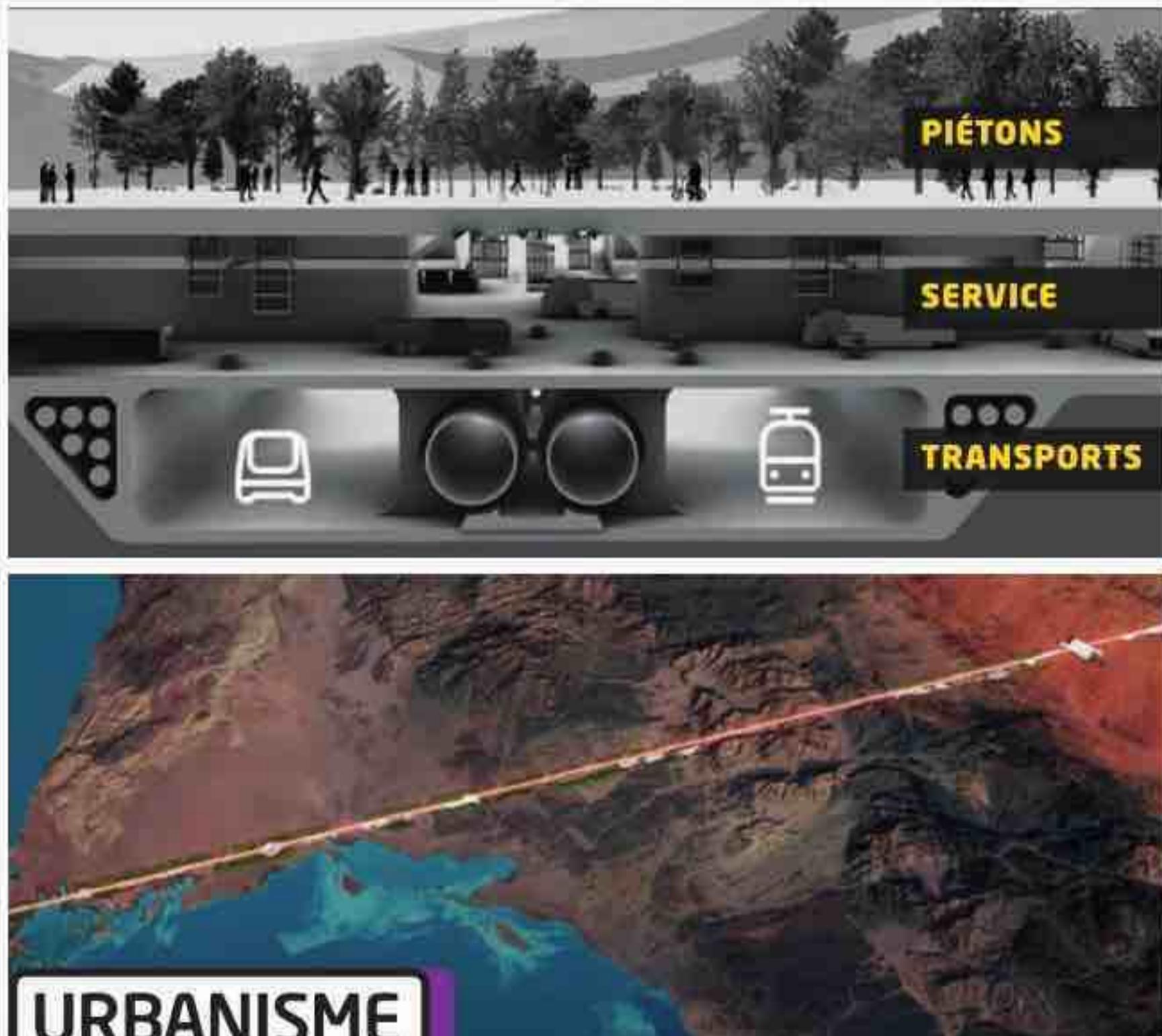
Chez les mantes religieuses, les rites sexuels sont un peu particuliers. Lors de l'accouplement, le mâle finit souvent... dévoré par la femelle. Certes, ce n'est pas systématique, mais lors de chaque accouplement, le mâle joue en quelque sorte à la roulette russe. Ainsi, chez l'espèce Springbok (*Miomantis caffra*) de Nouvelle-Zélande, 60% des «ébats amoureux» se concluent par la mort du mâle, parfois même avant qu'il ait eu le temps de s'accoupler! Pour limiter les risques de finir dans l'estomac de la femelle, les mâles ont développé plusieurs parades, comme celle de s'approcher à un moment où celle-ci est distraite par la chasse ou lorsqu'elle s'alimente. Récemment, une nouvelle stratégie de défense a été découverte par des chercheurs de l'université d'Auckland

(Nouvelle-Zélande). Dès qu'il sent se profiler une attaque cannibale, le mâle réplique à coups de patte. Une attitude défensive payante puisqu'en général, la femelle finit par lui laisser la vie sauve. Parfois, cela se retourne même contre elle et la femelle termine poignardée par les griffes du mâle. «Cette découverte est unique car il est rare de voir des tactiques d'accouplement coercitives ; et en général, les mâles sont bien trop petits pour maîtriser les femelles, plus massives et plus agressives. C'est le cas notamment chez les araignées», précise Nathan Burke, chercheur à l'origine de ces travaux. Reste à découvrir si d'autres animaux adoptent une telle attitude de défense. En tout cas, au lieu de parler d'amour vache, on devrait plutôt dire «amour mante»...

Face au cannibalisme sexuel, la mante mâle dispose de plusieurs stratégies défensives.



© Illustration Saturne réalisée par Coline Saillenfest / Shutterstock



URBANISME

Une route interdite aux voitures particulières

Imaginez un axe routier de 170 km de long sur lequel aucune voiture particulière ne circulerait. Pour se déplacer d'un point à un autre, il faudrait se tourner vers les transports en commun ou des voitures autonomes. Sachant qu'aucun trajet ne devrait excéder plus de vingt minutes car tous les services (école, santé, magasins...) seraient organisés de manière optimisée autour des habitats. Ce projet, c'est celui du prince Mohammed ben Salmane d'Arabie saoudite. Le prince souhaite l'implanter dans son pays sous le nom de «The Line», avec un objectif : zéro émission de CO₂. «Dans

les villes considérées comme les plus avancées du monde, les gens passent des années de leur vie dans les transports. Ces temps vont doubler d'ici à 2050. À cet horizon également, on estime que 90% de la population respirera un air pollué et qu'un milliard de personnes seront déplacées en raison de l'augmentation des émissions de CO₂ et du niveau de la mer. Pourquoi acceptons-nous de sacrifier la nature au nom du développement humain?» a-t-il expliqué lors de la présentation du projet, début janvier. La construction de «The Line» devrait débuter dans les toutes prochaines semaines.



NATALITÉ EN BAISSE

740 000, c'est le nombre de naissances enregistrées en France en 2020. Ce chiffre, en berne depuis plusieurs années, est le plus bas depuis 1945 ! Le confinement n'aura donc pas changé la donne.



ARCHÉOLOGIE

Un trésor déterré dans un jardin anglais

● Désherber a parfois du bon. C'est en s'acquittant de cette tâche dans son jardin qu'une famille anglaise du comté de Hampshire, dans le sud-est de l'Angleterre, a mis au jour un trésor : 63 pièces d'or et une d'argent. Celles-ci sont datées des années 1400 et ont été frappées sur une période de plus d'un siècle. Les pièces portent ainsi les effigies des souverains anglais d'Édouard IV à Henri VIII. Selon les experts, ce trésor aurait été enterré vers 1540, soit pendant le règne de ce dernier. Une telle somme (l'équivalent de près de 16 000 euros aujourd'hui) ne pouvait appartenir qu'à un riche marchand ou à un membre de l'Église. Reste à savoir pourquoi ce trésor a été caché... Pour l'expert en numismatique John Naylor, la dissolution des monastères dans les années 1530-1540 a peut-être incité certaines églises à dissimuler leurs richesses pour mieux les conserver.

MOMIE ÂGÉE DE 2 000 ANS AVEC UNE LANGUE EN OR; POUR À PERMETTRE AU DÉFUNT DE CONVERSER DANS L'AU-DELÀ.



Bien plus imposant que le loup gris, *Canis dirus* a disparu subitement il y a 12 000 ans

ZOOLOGIE

Le loup de *Game of Thrones* a vraiment existé !

C'est l'histoire d'une créature mystère. Il y a 13 000 ans, durant la période glaciaire, un curieux animal arpentait le sol de l'Amérique du Nord. Imposant (environ 1,50 m pour quelque 70 kg), poilu, il était bien plus grand que le loup gris (*Canis lupus*) et vivait probablement en meute. Puis, subitement, celui que les scientifiques ont baptisé *Canis dirus* a disparu, il y a 12 000 ans. Qui était-il et que

s'est-il passé? Compte tenu de sa taille gigantesque, les chercheurs l'ont longtemps surnommé le «loup terrible» sans en savoir beaucoup plus. Mais une première analyse génétique menée par des chercheurs de l'université de Durham (Angleterre) sur des fossiles vient de parler: ces individus étaient en fait des parents très éloignés des loups actuels, avec lesquels ils ne pouvaient toutefois pas se reproduire. Ils appartenaient

plus probablement à un autre genre et étaient très certainement dotés d'un pelage roux. La raison de leur disparition reste inconnue: changement climatique, environnement modifié? En tout cas, ils étaient vraisemblablement assez proches physiquement des *direwolves*, ces créatures mythiques popularisées par la série *Game of Thrones*, comme aiment à le souligner malicieusement les chercheurs anglais.

TECHNOLOGIE

Des igloos flottants pour les manchots

Depuis quelques années, les scientifiques s'inquiètent du sort des manchots empereurs dont la marche pourrait, selon certains, les conduire vers l'extinction. En cause, le réchauffement climatique et la fonte de la glace de l'Antarctique. C'est en effet sur les grandes plateformes glacées du pôle Sud que ces oiseaux vivent et pondent leurs œufs. Les experts ont observé que, faute d'espace, certaines grandes colonies n'avaient plus de poussins depuis trois ans. Le projet imaginé par l'architecte iranien Sajjad Navidi pourrait bien être la solution. Il consiste en un abri flottant composé de deux parties. Au-dessus, un igloo fournit un espace artificiel où les manchots peuvent pondre leurs œufs et se blottir en grappe, comme dans leur milieu naturel, pour garder leur progéniture au chaud le temps que les poussins deviennent autonomes. En dessous, la partie immergée – et amovible – est poreuse et dotée d'un pendule. En se déplaçant au gré des vagues, ce pendule fournit de l'électricité qui alimente le système de refroidissement pour produire de la glace et maintenir une température « froide » constante. Pour le moment, ce projet reste un concept arrivé septième au concours international d'architecture organisé par la Fondation Jacques-Rougerie en 2020, dans la catégorie « Dans la mer ». Mais face à la menace du réchauffement climatique, il pourrait bien voir le jour dans un avenir pas si lointain.



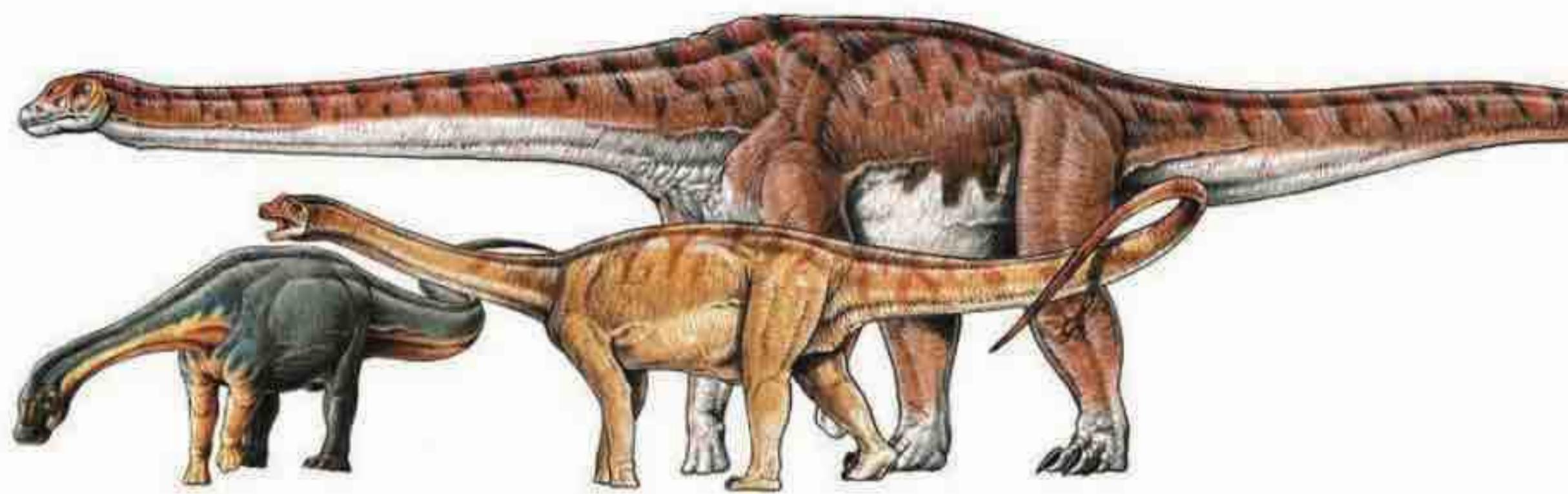


UN CAMÉLÉON DES FORÊTS
MILLIMÈTRES - UN RECORD!



PALÉONTOLOGIE

L'un des plus grands dinosaures du monde a été découvert



Toujours plus grand... Ce spécimen hallucinant fait sans doute partie des Titanosauria, une catégorie de sauroptodes (des quadrupèdes herbivores) parmi les plus gros découverts sur Terre. Il a été retrouvé dans la province de Neuquén, dans le nord de la Patagonie (Argentine), et serait âgé de 98 millions d'années (Crétacé supérieur). Pourquoi est-il si remarquable ? Parce que le peu qui en a été découvert laisse les paléontologues songeurs. Vingt-quatre vertèbres gigantesques

appartenant à la partie correspondant à la queue et quelques os du bassin ont été déterrés, et leur analyse porte à croire que l'animal ne ferait pas partie d'une lignée déjà connue. Il pourrait dépasser en taille *Patagotitan*, un autre sauroptode, qui mesurait déjà 37 mètres de long ! De nouvelles analyses plus poussées vont être prochainement menées pour en savoir plus sur ce spécimen. Cependant, pour les chercheurs, l'animal est d'ores et déjà « considéré comme l'un des plus grands sauroptodes jamais trouvés ».

MINÉRALOGIE

Diamants électriques

- De la genèse des diamants, on ne connaît finalement que peu de choses. Si ce n'est que pour que les atomes de carbone s'alignent dans la structure cristalline du diamant, il faut des conditions particulières : une profondeur d'environ 150 km, des températures et une pression très élevées. En étudiant en laboratoire la fabrication de diamants synthétiques, des chercheurs russes et allemands ont découvert que pour pousser, ces joyaux avaient impérativement besoin d'un champ électrique d'au moins un volt. Si ces courants sont bien présents dans les entrailles de la Terre, pour le moment les scientifiques ne connaissent ni leur puissance, ni leur influence sur la taille finale des pierres précieuses. Affaire à suivre...





Model-T est équipé d'une main assez flexible pour manipuler tout type d'objet.

PALÉOANTHROPOLOGIE

Une peinture rupestre vieille de 45 500 ans mise au jour

Ce dessin de 54 cm de hauteur sur 1,36 m de longueur est en passe de devenir une célébrité. Et pour cause. Il pourrait s'agir de la plus vieille peinture rupestre figurative jamais retrouvée sur Terre ! Repérée en 2017 dans le sud de Sulawesi, une île au nord de l'Indonésie, dans la grotte de Leang Tedongnge, la fresque vient tout juste d'être datée par des chercheurs australiens et indonésiens : l'œuvre aurait été peinte à la main il y a 45 500 ans. Elle représente un sanglier des Célèbes (*Sus celebensis*), un

mammifère toujours existant, proche du cochon et du sanglier, endémique de cette île. Comme souvent lors de pareilles découvertes, la datation nécessite d'être vérifiée et affinée, mais à titre de comparaison, les peintures retrouvées en France dans la grotte de Lascaux (en Dordogne) sont âgées de 18 000 ans et celles de Chauvet-Pont d'Arc (en Ardèche), de 30 000 ans. Pour les scientifiques, il n'y a aucune raison de penser que cette fresque est unique... L'inventaire de la région reste encore à compléter.



D'ANNONCER LE LANCEMENT DE SA TRIMESTRE 2021.

ROBOTIQUE

Model-T, le travailleur à distance du futur

Le modèle T, un robot mis au point par l'entreprise japonaise Telexistence, qui apprend à imiter la gestuelle humaine. Avec sa tête de kangourou et ses deux membres articulés, il est guidé à distance par un chercheur affublé d'un casque de réalité virtuelle, de capteurs et de manettes. Quand ce dernier bouge, son geste est automatiquement reproduit par le robot de manière quasi simultanée (cinquante millisecondes de latence entre les deux). À terme, Model-T est censé devenir une sorte de clone robotisé qui pourrait réaliser des opérations à la place d'humains dans des environnements dangereux, contaminés ou difficiles d'accès. On voit, par exemple, les applications qui pourraient se profiler dans une période de pandémie où il est parfois plus sûr de rester à distance pour travailler. Actuellement, de premières expériences sont menées dans un supermarché où Model-T apprend à ranger des produits en rayon avec une certaine dextérité. Pour rappel, Model-T est le nom qui avait été donné à la première voiture produite en masse par Ford en 1908. Ce robot-ci, baptisé en référence directe au constructeur américain, sera-t-il le premier robot de cette catégorie à être produit en série ?



© FamilyMart Co., Ltd / Telexistence Inc. / Maxime Aubert / Shutterstock



GÉNÉTIQUE

Il y aurait des différences dans l'ADN des vrais jumeaux

Dans les cours de génétique, on apprend que les jumeaux monozygotes, également appelés vrais jumeaux, proviennent de la division d'un œuf fécondé unique. Conséquence : ils auraient un patrimoine génétique identique. Exact ? Pas tout à fait, à en croire une étude menée par des chercheurs islandais qui vient d'être publiée dans la revue britannique *Nature Genetics*. En étudiant 381 paires de jumeaux et deux groupes de triplés, ils ont constaté que leurs échantillons différaient en moyenne de cinq mutations (cinq modifications dans l'ADN censé être identique). Ils ont aussi relevé que 15 % d'entre eux présentaient des différences génétiques qui s'exprimaient dans les premiers jours du développement embryonnaire. Cette découverte est fondamentale car elle permet de mieux comprendre les différences qui peuvent exister entre vrais jumeaux et que l'on a parfois tendance à expliquer par des facteurs environnementaux. C'est le cas notamment pour certains troubles comme l'autisme, qui touche parfois un enfant sur les deux d'une paire.

4 choses à savoir sur

Il y a tout juste un siècle, le 1^{er} avril 1921, la Française Adrienne Bolland (1895-1975) franchissait la cordillère des Andes, en Amérique du Sud. Un exploit digne des plus grands aviateurs.

Par Marc Branchu

1

Elle fut l'une des rares aviatrices de son temps

En 1920, devenir aviatrice était en soi un exploit. Les femmes avaient beau avoir assumé bien des rôles pendant la Première Guerre mondiale – remplaçant les hommes partis au front –, la société voyait toujours d'un mauvais œil les «impudentes» désireuses d'échapper à leur destin de femme au foyer. Le milieu de l'aviation n'échappait pas à la règle. En janvier 1920, Adrienne Bolland ne fut que la treizième femme au monde à se voir délivrer un brevet de pilote, détenu alors par plus de 17 000 hommes. En avion, la fille du journaliste-voyageur Henri Boland étanchait comme nulle part sa soif de liberté. Son destin n'était-il pas écrit? Suite à une erreur de frappe de l'administration, elle fut enregistrée Bolland avec deux «l», faisant d'elle une femme aérienne... de naissance.



2

Elle accomplit son exploit grâce à une voyante

Recrutée par Caudron, un fabricant d'avions, elle fut chargée de vols de démonstration en Amérique du Sud. Avec en point d'orgue le survol de la redoutable cordillère des Andes, à plus de 4 000 m. Elle s'élança à bord de son modeste Caudron G.3 malgré sa faible expérience, quarante heures de vol à tout casser. La veille de son départ, une mystérieuse voyante l'exhorta à virer à gauche lorsqu'elle apercevrait «le lac en forme d'huître». Sur le coup, elle n'accorda guère d'importance à cet avertissement. Elle décolla le 1^{er} avril 1921 de Mendoza (Argentine), chaudement emmitouflée. Ballottée par les bourrasques, inquiète et transie, l'aviatrice repéra soudain le lac en forme d'huître! Plutôt que de s'engouffrer logiquement dans la vallée à droite, elle vira à gauche, vers les reliefs. Comme le lui avait conseillé l'inconnue. Bien lui en prit. Après quatre heures et dix-sept minutes d'un vol épique, elle s'extirpa de la cordillère et se posa près de Santiago (Chili), devenant, pour toujours, la «déesse des Andes», la première femme à traverser la cordillère.

Elles aussi conquièrent le ciel



ÉLISA DEROCHE
1882-1919
France

La première à décrocher un brevet de pilote, en 1910.



HARRIET QUIMBY
1875-1912
États-Unis

La première à traverser la Manche, en 1912.

BESSIE COLEMAN
1892-1926
États-Unis

La première aviatrice noire (en 1921), un tour de force dans l'Amérique ségrégationniste.

MARIE MARVINGT
1875-1963
France

L'une des plus grandes sportives de l'histoire - première femme à boucler un tour de France cycliste (1908) -, brevetée dès 1910.



Adrienne Bolland



3

Elle avait un sacré culot

A peine brevetée, elle réclama un avion à son patron, qui lui répondit : « Exécutez un looping, vous l'aurez ». Ce qu'elle fit illico, évidemment ! Il lui demanda de faire un « coup de pub » en franchissant la Manche ? Elle décolla du Bourget vers... Bruxelles, pour y faire la fête avec des amis. Lors de ses vols, elle ne lésinait pas sur les « pannes de château » : repérant du ciel de belles propriétés, elle se posait dans leur jardin et demandait l'hospitalité en prétextant une panne. Elle se moquait bien du protocole, et ne mâchait pas ses mots. Un jour, un chef de cabinet venu la saluer s'en offusqua après l'avoir attendue ostensiblement. « Excusez-moi, monsieur le ministre, je ne vous avais pas vu. Mais maintenant que je vous vois, je vous dis m... ! » Un jour, elle lança même un « Je te serre la pince, monseigneur ! » au maharadjah de Kapurthala (Inde) venu la saluer lors d'un meeting.



4

Elle s'engagea pour ses idéaux

« **I**n'y a qu'une chose qui compte pour moi, c'est l'amour. Mais il n'y a pas d'amour sans justice, et je trouve qu'il n'y en a pas beaucoup, de justice... » disait-elle. Alors toute sa vie durant, Adrienne Bolland ne cessa de combattre les injustices. On la retrouva dans les années 1930 aux côtés des « suffragettes », réclamant le droit de vote des femmes, ou des Républicains espagnols opposés aux Franquistes. Puis elle rejoignit la Résistance avec son aviateur de mari Ernest Vinchon (disparu en 1966). Jusqu'au bout, elle resta cette éternelle rebelle, n'hésitant pas – alors qu'elle s'était remariée à un général – à clamer haut et fort ses opinions antimilitaristes. Elle s'éteignit en 1975 à Paris, à 80 ans.



AMELIA EARHART
1897-1937
États-Unis
La première à traverser l'Atlantique en solitaire (1932).

MARYSE BASTIÉ
1898-1952
France
Formidable pilote et femme engagée, auprès des suffragettes puis dans la Résistance.



HÉLÈNE BOUCHER
1908-1934
France
Aviatrice star de l'entre-deux-guerres, disparue tragiquement lors d'un vol d'entraînement.



JEAN BATTEN
1909-1982
Nouvelle-Zélande
Spécialiste des vols solo longue distance, dont le premier Angleterre-Nouvelle-Zélande (1936).





Les 10 GROS CHANTIERS à suivre de près en 2021

Sur les chantiers aussi, la pandémie a fait des dégâts. Entre les impératifs de sécurité compliqués par le contexte sanitaire et les problèmes d'approvisionnement en matières premières, l'année 2020 aura soumis les spécialistes à rude épreuve et entraîné des retards et des annulations de budgets. 2021 est donc une année clé pour voir l'activité redémarrer. Gratte-ciel, stade, tunnel...

Gros plan sur 10 mégaprojets parmi les plus emblématiques qui sont en train de sortir de terre.

Par Maïa Wasserman



BON À SAVOIR: EN VUE DE LA RESTAURATION DE NOTRE-DAME, DES RECHERCHES SUR SON HISTOIRE ET SON ENVIRONNEMENT ONT MOBILISÉ 175 PERSONNES.

1 NOTRE-DAME DE PARIS

Une restauration à l'identique hors norme

Fiche d'identité

Nom: cathédrale Notre-Dame

Lieu: Paris

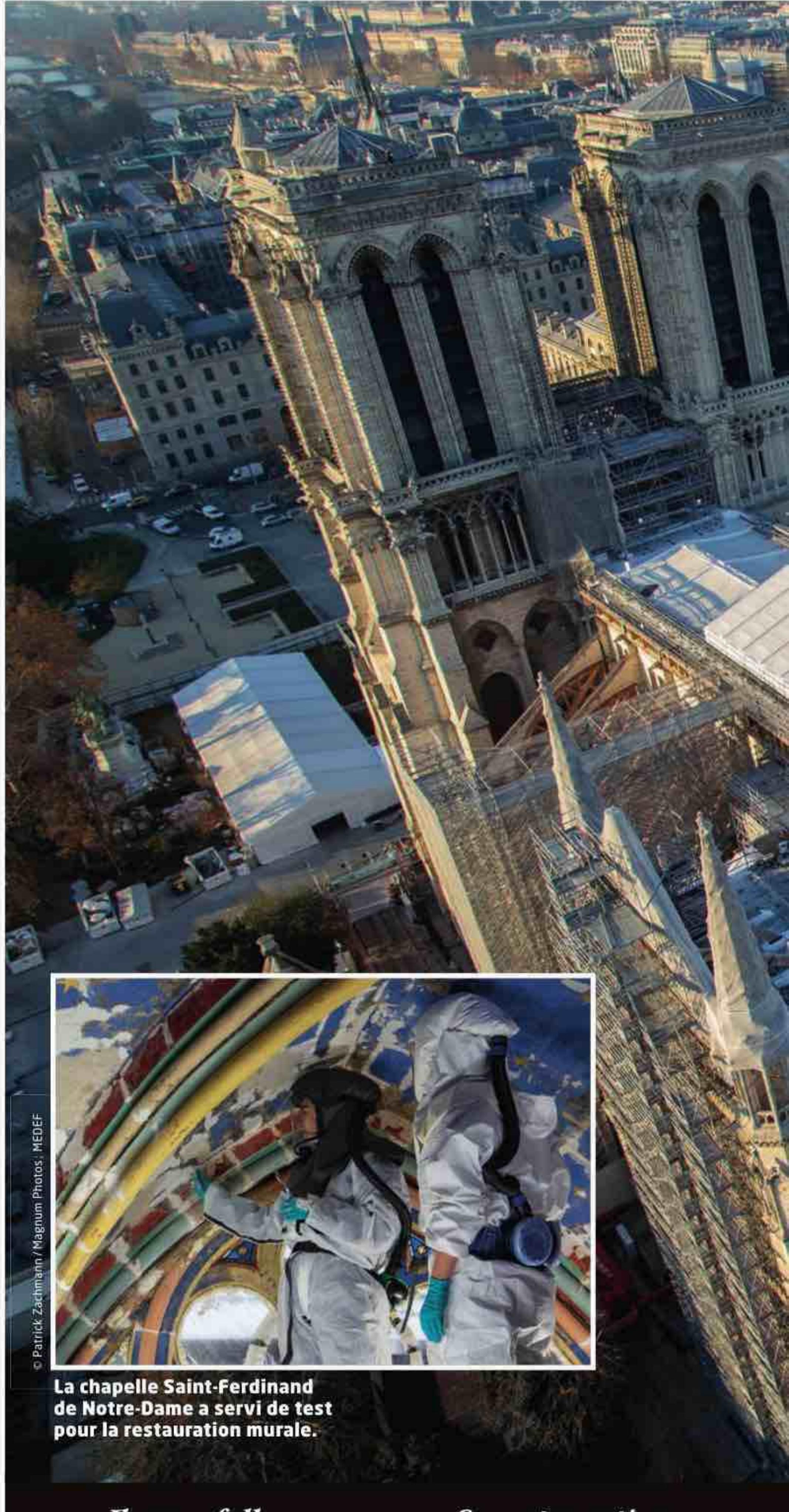
Chantier démarré en: 2020

Fin prévue des travaux: 2024

Le 15 avril 2019, la cathédrale Notre-Dame de Paris s'embrasait, provoquant la stupeur générale. Deux ans plus tard, la restauration va enfin pouvoir commencer, et quel travail en perspective ! La tâche promet d'être inédite par son ampleur mais aussi par sa difficulté, l'objectif étant de viser une restauration du lieu dans son dernier état «complet, cohérent et connu», comme le préconise la charte de Venise (un traité international qui pose un cadre pour la conservation et la restauration des monuments historiques depuis 1964). Concrètement, cela signifie qu'en trois ans, il va falloir tenter de restituer la flèche dessinée par Viollet-le-Duc (inaugurée en 1859), mais aussi rebâtir la charpente, la couverture, et nettoyer toutes les surfaces endommagées (dont les vitraux). Près de 200 compagnons, techniciens et chercheurs venant de toute la France ont été invités à œuvrer au chevet du monument gothique... Sans compter ceux qui participent en région, comme les facteurs d'orgues de la Corrèze, de l'Hérault et du Vaucluse qui ont démonté les 8000 tuyaux du grand orgue en décembre dernier.

Vingt-quatre chapelles à nettoyer

Aujourd'hui, alors que les principales opérations de sécurisation sont en train d'être achevées (dépose de l'ancien échafaudage, notamment), c'est vers la suite que les équipes se tournent. Dans les prochaines semaines, le nettoyage et l'aspiration des quatre voûtes adjacentes à la croisée du transept vont pouvoir démarrer. La restauration des vingt-quatre chapelles sera un autre élément essentiel du chantier à programmer. Pour l'heure, deux d'entre elles (l'une avec des peintures murales, l'autre sans) ont déjà servi de test afin d'expérimenter des protocoles de nettoyage et vérifier qu'ils sont efficaces et respectueux du support. Il restera enfin à poser, au niveau des voûtes, des cintres en bois afin que le monument soit totalement consolidé. Notre-Dame pourra alors être choyée pour renaître de ses cendres.



La chapelle Saint-Ferdinand de Notre-Dame a servi de test pour la restauration murale.

**Il aura fallu
182 ans
(de 1163 à 1345)
pour la construire**

**Sa restauration
devrait durer
4 ans**



96 m

C'est la hauteur que faisait la cathédrale avec sa flèche



INTERVIEW

Jean-Louis Georgelin

Général d'armée, président de l'établissement public chargé de la conservation et de la restauration de Notre-Dame

**Comment ça marche :
Par quoi va commencer
la restauration ?**

Jean-Louis Georgelin : Les travaux devraient débuter à la fin du second semestre 2021 après les études de conception, les procédures d'appels d'offres et de mises en concurrence des entreprises. L'ordonnancement précis des tâches est encore en phase d'étude. Il est donc trop tôt pour vous dire par quelle opération nous commencerons.

CCM : Comment luttez-vous contre le plomb provenant du toit qui s'est redéposé sur place ?

J.-L. G. : Toutes les précautions ont été prises pour garantir l'étanchéité du chantier par rapport à son environnement et préserver les riverains. Pour éviter la dispersion de poussières de plomb, les ouvriers doivent passer par un pédiluve et les camions par des rotoluvres [bassins servant à désinfecter les roues, NDLR]. Nous avons également mis tout en œuvre pour garantir la sécurité des compagnons. Un effort considérable a été entrepris pour mettre à niveau les protections

collectives, avec notamment la mise en place de tenues spécifiques au risque et de douches en sortie de chantier. Les compagnons les plus exposés, dans les zones dites « émissives », par exemple lors de la dépose de l'échafaudage sinistre ou celle des 8000 tuyaux du grand orgue, portaient un masque à ventilation assistée pour les protéger des poussières de plomb. Par ailleurs, chaque intervenant travaillant sur le chantier est régulièrement contrôlé. Aucun d'entre eux n'a révélé de taux de plomb supérieur à la norme autorisée.

CCM : L'une des difficultés du chantier est le traitement des pierres et leur éventuel remplacement. Comment allez-vous procéder ?

J.-L. G. : L'incendie a causé des dommages importants sur des éléments constructifs en pierre. La restauration réclame par conséquent des pierres neuves et compatibles avec le monument dans des quantités importantes par rapport à ce qu'entraînent les travaux ordinaires d'entretien et de restauration des monuments historiques.

Pour ce faire, nous avons défini un programme portant sur l'identification, la caractérisation et la sélection de nouvelles pierres, esthétiquement et physiquement compatibles avec celles endommagées. Prévu pour s'achever mi-2021, ce travail d'études s'intéresse en priorité aux carrières en activité, puis aux gisements non exploités susceptibles de fournir au chantier les pierres compatibles avec celles de l'édifice.

CCM : Où en est-on de l'arrêté de péril alertant sur l'état du site ?

J.-L. G. : Les opérations réalisées depuis l'incendie et notamment le démontage de l'échafaudage sinistre ont permis de consolider et de sécuriser la cathédrale et de lever les uns après les autres les risques qui pesaient sur le monument. Nous sommes donc confiants même si formellement, nous ne pourrons dire que la cathédrale est « hors de danger » qu'une fois les voûtes sécurisées, ce qui devrait être le cas en juillet prochain avec l'achèvement de la pose des cintres. À ce moment-là, le préfet de police pourra lever l'arrêté.

BON À SAVOIR: POUR RÉALISER LE TUNNEL DE FEMERN, 15 MILLIONS DE M³ DE SÉDIMENTS VONT ÊTRE EXCAVÉS DU FOND DE L'EAU ET REMPLACÉS PAR 89 CAISSONS ÉTANCHES EN BÉTON.



*Le tunnel fera
17,6 km
de longueur*

*Il aura fallu
13 ans*

*de gestation entre
le moment où le
chantier a été décidé
(2008) et le début
des travaux (2021)*

2 FEMERN

Le plus long tunnel immergé au monde

Fiche d'identité

Nom: **tunnel du Femern**

Lieu: **entre l'Allemagne et le Danemark**

Chantier démarré en: **janvier 2021**

Fin prévue des travaux: **2029**

En regardant cette image, on pourrait penser qu'il s'agit d'une pâle réplique du tunnel sous la Manche. Pas du tout. Ce chantier entre l'Allemagne et le Danemark est un projet totalement inédit qui utilise une tout autre technique et bat des records de longueur.

Alors que le projet franco-anglais était un tunnel creusé dans la roche sous la mer, celui-ci sera posé directement sur

le fond marin. Il sera constitué de caissons préfabriqués à terre, assemblés puis posés à 35 m de profondeur sur un lit de graviers.

«On n'a jamais construit de tunnel immergé aussi grand», explique Stéphanie Malek, porte-parole de Vinci, l'entreprise qui participe au projet, tout en citant un précédent essai de 5,3 km entre le Danemark et la Suède et un autre, à Hong Kong, de 6,7 km. «Cette taille exceptionnelle (17,6 km) implique que tout doit être dimensionné en grand: l'usine de préfabrication, mais aussi les éléments qui seront assemblés, et même les catamarans qui vont guider les éléments



à leur emplacement final. Nous avons également dû mettre au point des robots qui vont nous servir à aplani le sol sous-marin», précise-t-elle. Les travaux de construction de l'usine ont commencé début janvier et ils devraient s'étendre tout au long de l'année.

À terme, ce tunnel permettra de relier l'Allemagne au Danemark en dix minutes de voiture ou sept minutes de train... au lieu d'une heure de ferry ou d'un détour de 160 km par la route!

3 VARSO TOWER La plus haute tour d'Europe

Fiche d'identité

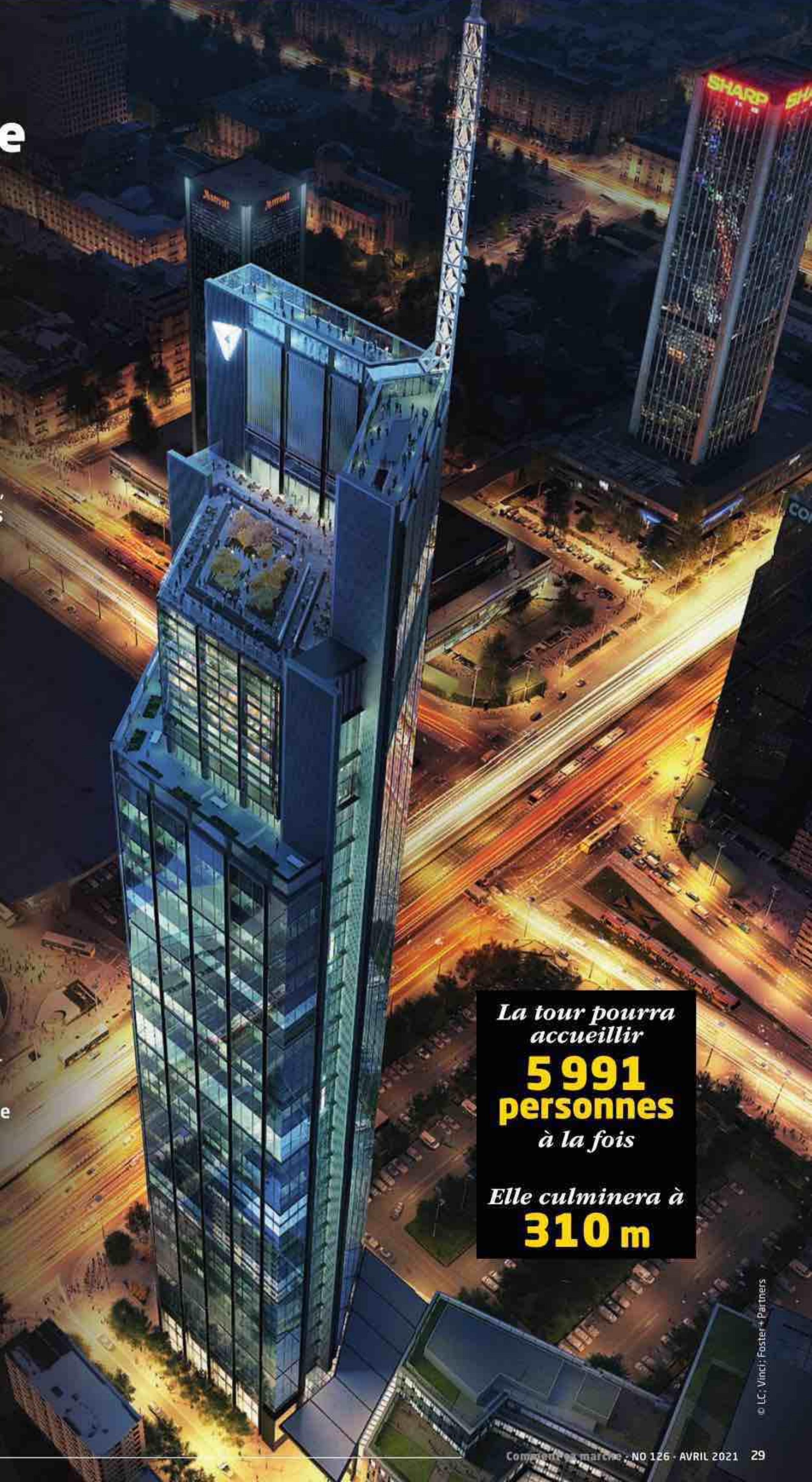
Nom :	Varso Tower
Lieu :	Varsovie (Pologne)
Chantier démarré en :	2017
Fin prévue des travaux :	été 2021

Elle aurait dû être achevée en 2020, mais la Covid-19 est passée par là... La Varso Tower, du célèbre cabinet d'architecte britannique Foster + Partners, est en train de gravir ses derniers mètres au cœur de la capitale polonaise pour parvenir aux 310 visés, d'ici à cet été. Elle deviendra alors la plus haute tour de Pologne et même d'Europe, tout juste devant The Shard à Londres, qui mesure un centimètre de moins ! Un détail peut-être anecdotique, mais pas pour tout le monde. Une course entre architectes et villes se joue en permanence en matière de hauteur de gratte-ciel ; ce critère étant devenu un argument touristique de taille pour les métropoles.

Une terrasse à 230 m du sol

Dans le cas de la Varso Tower, quatre ans à peine ont été nécessaires pour passer du travail des fondations à celui du mât de 80 mètres placé au sommet. Un délai très réduit si l'on pense au travail qu'il a fallu pour parvenir à ériger cette structure en béton armé et verre à façades triple vitrage, destiné à protéger ses résidents des écarts thermiques.

La surface sera essentiellement occupée par des bureaux répartis sur 53 étages, et une terrasse panoramique culminera à 230 m de hauteur. La tour disposera d'une autre particularité architecturale : une liaison souterraine entre le sous-sol du bâtiment et la gare centrale de Varsovie située à côté. Bien sûr, on reste très loin des altitudes tutoyées par les gratte-ciel asiatiques, américains ou du Moyen-Orient, et notamment du record du monde : Burj Khalifa et ses 828 m de hauteur !



**La tour pourra accueillir
5 991 personnes
à la fois**

**Elle culminera à
310 m**

BON À SAVOIR: LE GRAND PARIS EXPRESS EST CONSTRUIT À 90% SOUS TERRE ALORS QUE LE MÉTRO PARISIEN AVAIT ÉTÉ BÂTI À PARTIR DE 1898 POUR PARTIE À CIEL OUVERT.



4 FONROCHE

Le plus important réseau d'éclairage solaire autonome

Fiche d'identité

Nom: réseau Fonroche

Lieu: Sénégal

Chantier démarré en: 2018

Fin prévue des travaux: courant 2021

Comment garantir un éclairage nocturne sans raccordement au réseau électrique dans des régions parfois reculées du globe? C'est le défi relevé par l'entreprise française Fonroche Éclairage, qui s'est lancée dans la construction du plus grand réseau solaire au monde au Sénégal depuis 2018.

D'ici quelques mois, 30% du pays seront ainsi éclairés par des lampadaires publics qui fonctionneront de manière autonome. Ils s'allumeront et s'éteindront en fonction du lever et du coucher du soleil et éclaireront sans interruption durant la nuit. Le principe est classique: un module

photovoltaïque capte l'énergie du soleil en journée et la stocke dans une batterie NiMh (nickel-hydrure métallique). Cette dernière alimente alors un éclairage LED qui se déclenche grâce à un capteur de luminosité. L'ampoule a l'avantage d'être puissante, mais peu consommatrice en énergie (20 à 120 watts). L'un des atouts de ce lampadaire est qu'il ne nécessite une maintenance que tous les dix ans pour remplacer la batterie. Ce réseau d'éclairage permettra aux habitants de pouvoir vivre, faire des activités mais aussi travailler... sans dépendre de la lumière du jour.

Le budget total s'élève à
87 millions d'€

3/4 des
50 000
lampadaires
prévus sont installés



5 GRAND PARIS EXPRESS

Un maillage XXL de liaisons super rapides

Fiche d'identité

Nom:

Grand Paris Express

Lieu: Ile-de-France

Chantier démarré en:

2016

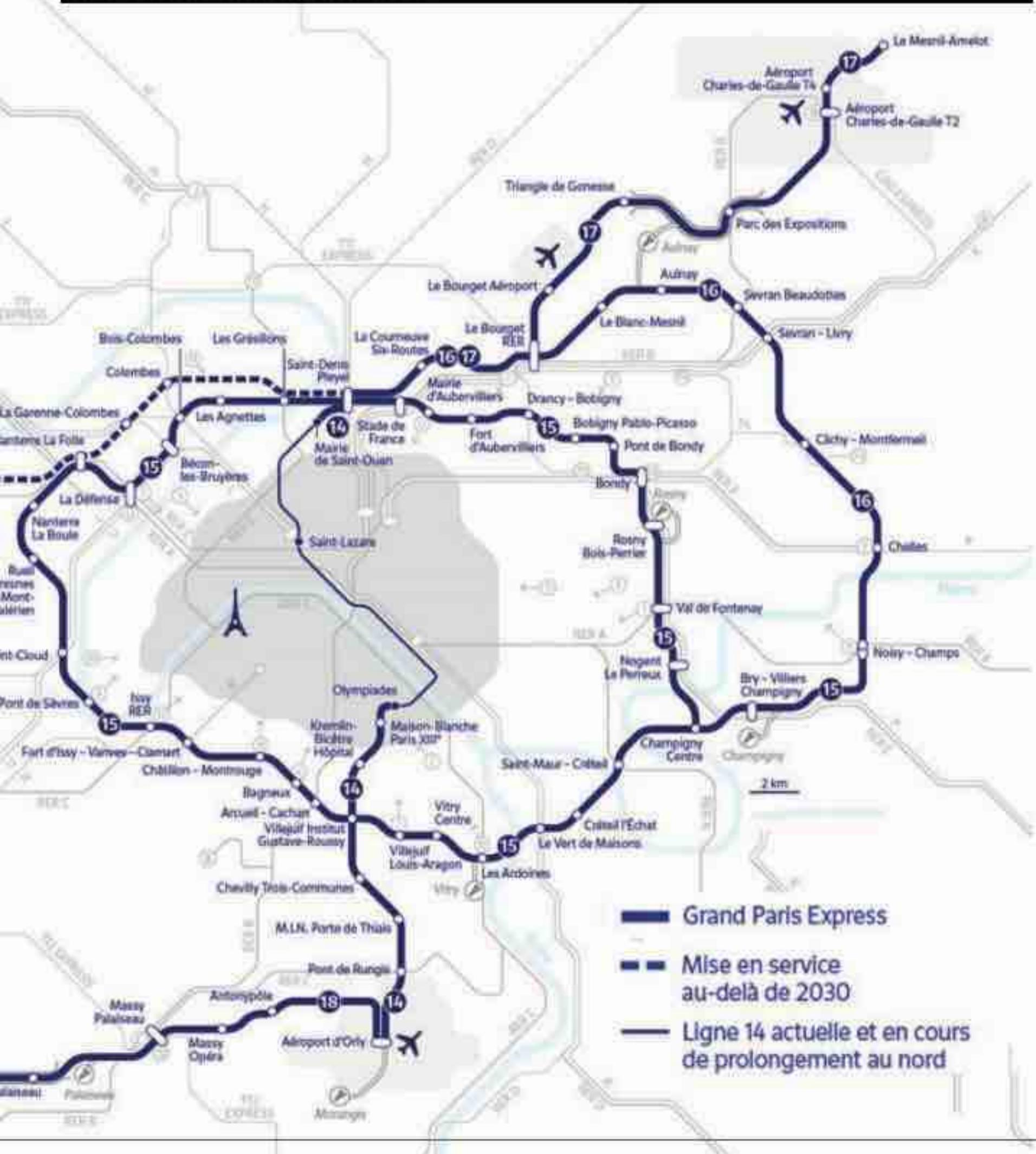
Fin prévue des travaux:

2030

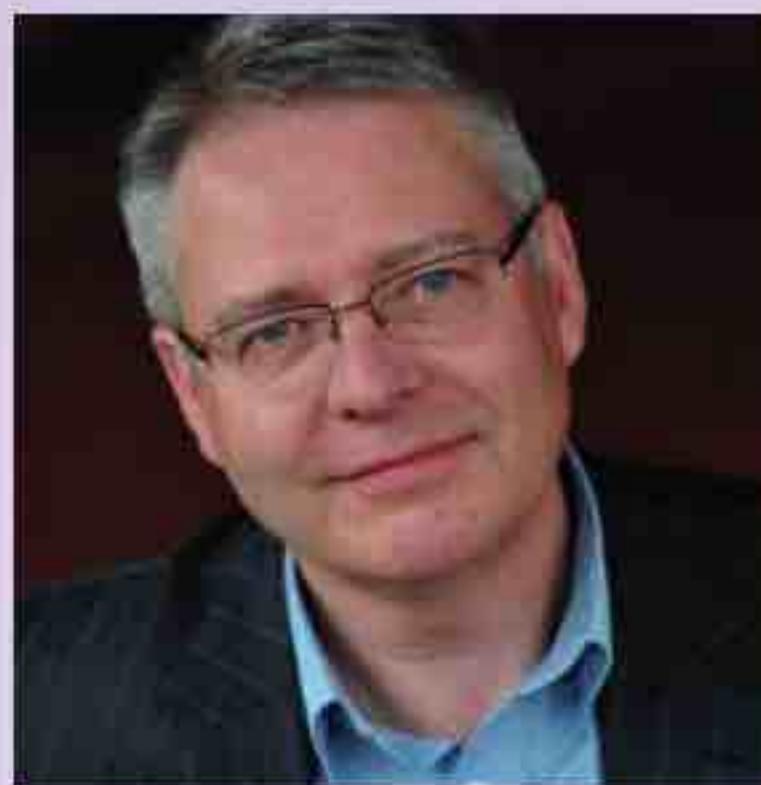
Depuis 2011, l'Ile-de-France accueille le plus grand chantier urbain d'Europe. Il s'agit de construire un nouveau réseau de transport automatique, le Grand Paris Express. Objectif: faciliter les trajets et relier les villes de la région entre elles pour décongestionner la capitale et ses alentours. Les chiffres sont éloquents: 200 km de lignes à tracer (soit autant que le métro actuel), une rame qui circulera toutes les deux à trois minutes, un budget de 35 milliards d'euros... Le tout en vingt ans de travaux alors qu'il a fallu plus de cent ans pour construire le métro!

De grandes avancées en vue

Pour gagner ce pari, 15 000 personnes sont à pied d'œuvre et une vingtaine de tunneliers sont réquisitionnés. Au final, l'équivalent de 45 millions de tonnes de terre vont être extraites du sol pour percer les voies et faire circuler ce nouveau métro. Le défi est d'envergure car il faut travailler dans des zones habitées où le bruit des machines, les vibrations et la poussière sont évidemment à proscrire autant que possible. Alors que les premiers rails ont déjà été posés courant 2020 (sur la ligne 15 notamment), 2021 doit voir la montée en puissance de l'aménagement des gares, la fin du percement de certains tunnels et le début de construction d'autres.

**4***lignes de métro supplémentaires verront le jour***68***nouvelles gares sont en construction***200 km***de lignes doivent être percés*

3 QUESTIONS À...



Jack Royer

Chef de projet
(ligne 15 Sud)

Parfois, on tombe sur des couches de calcaire très dur, puis de l'argile, puis des alluvions [des sédiments comme le sable, NDLR]... Il faut bien connaître la structure de ces sous-sols pour savoir où passer. Et puis, il y a effectivement des endroits très sensibles, avec des vides liés à la présence d'anciennes carrières en région parisienne. Pour les risques en surface, nous avons dû faire un gros travail préparatoire pour localiser ces vides et souvent les combler...

1 Comment ça marche : Quelles sont les spécificités techniques de ce chantier par rapport à d'autres réalisations de transport souterrain en France ou à l'étranger ?

Jack Royer: L'Ile-de-France est une région très dense dont les sous-sols sont remplis de réseaux, que ce soit l'eau, l'électricité, le gaz... Partant de ces contraintes, il a fallu creuser à plus de 20 m de profondeur pour passer en dessous. Parfois, comme à Villejuif, nous sommes même allés à 50 m sous terre, alors que le métro parisien se situe plutôt à une profondeur de 6 à 12 mètres. Pour réaliser ce travail, nous avons fait intervenir des tunneliers très perfectionnés. Une autre particularité de ce projet est que l'on a décidé de mener plusieurs chantiers en parallèle. Actuellement, sur la ligne 15 Sud qui va du Pont de Sèvres à Noisy-Champs, il y a 16 chantiers de gare engagés simultanément.

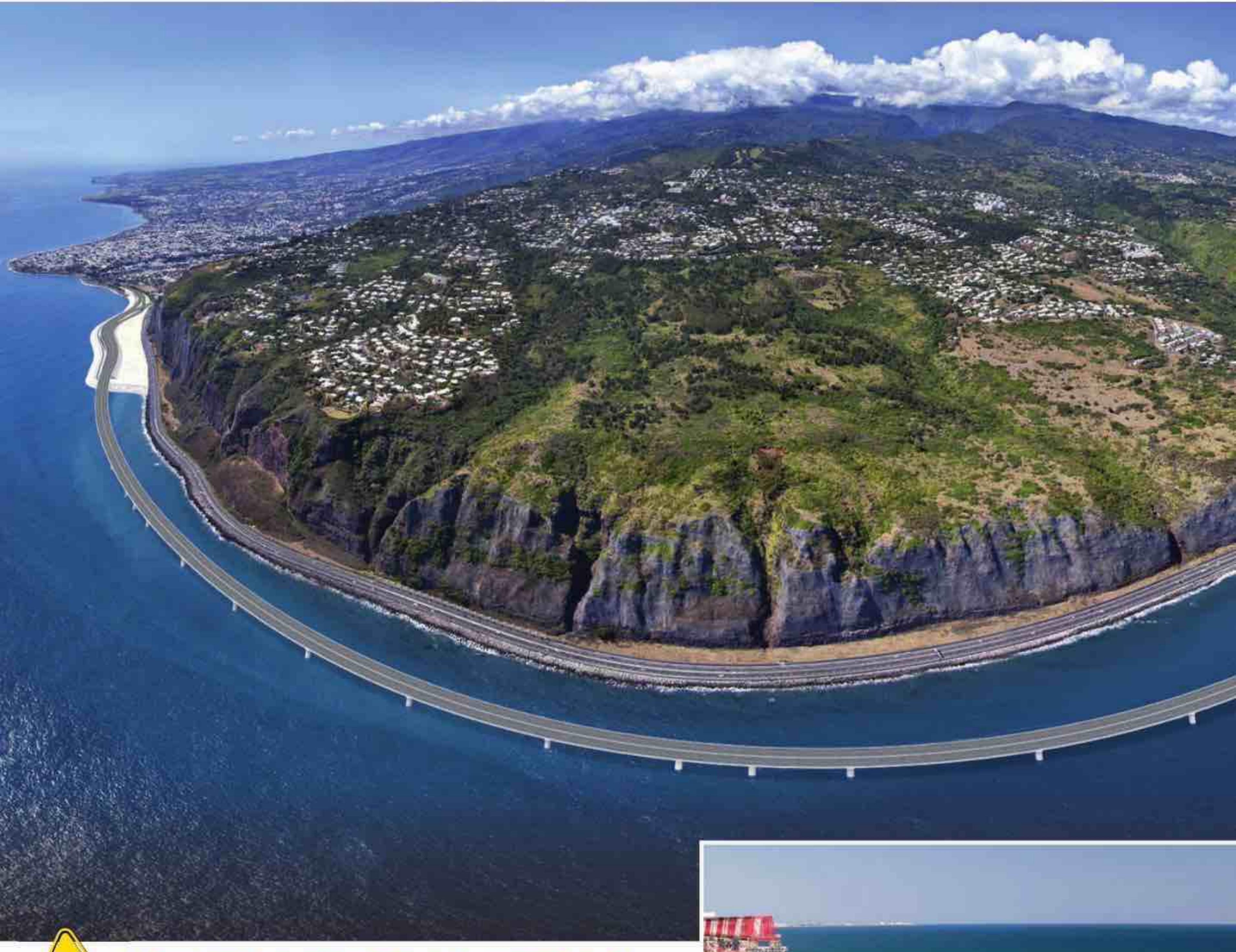
2 CCM : Le sol de la région parisienne est connu pour être très varié et rempli de carrières. Comment creuse-t-on un réseau souterrain dans ces conditions ?

J. R.: Effectivement, la nature des sols est complexe et difficile à appréhender.

3 CCM : La crise sanitaire a-t-elle ralenti l'avancement du chantier ?

J. R.: Il est possible que nous ayons un décalage de quelques mois, mais cela reste limité. Nous comptons terminer le gros œuvre d'ici à la fin de l'année. Sur la ligne 15 Sud, nous avons déjà creusé 25 km sur les 33 km à réaliser, avec plusieurs tunnels. Nous avons aussi bon espoir de finir tout le travail de génie civil, d'ici à fin 2021. On a tendance parfois à l'oublier, mais la construction d'une gare est l'équivalent d'un immeuble bâti en sous-sol, ce qui demande un vrai travail d'ingénierie. Toutes nos équipes sont à pied d'œuvre pour avancer et il est vraiment remarquable de voir comment tout le monde s'adapte en permanence pour avancer sur ce chantier inédit en Ile-de-France.

BON À SAVOIR: LA NOUVELLE ROUTE SERA BIENTÔT OUVERTE AUX 80 000 PERSONNES QUI CIRCULENT QUOTIDIENNEMENT ENTRE LE NORD ET L'OUEST DE L'ÎLE DE LA RÉUNION.



6 NOUVELLE ROUTE DU LITTORAL Le viaduc interminable

Fiche d'identité

Nom: La Nouvelle Route du littoral

Lieu: La Réunion

Chantier démarré en: 2014

Fin prévue des travaux: 2024

D'un côté la mer, de l'autre la falaise... Entre les deux, un chantier énorme est en train de se finaliser au nord de l'île de La Réunion. La Nouvelle Route du littoral est l'un des plus grands projets de construction actuels au monde. Grand par son budget, par sa technicité, mais aussi et surtout par ses dimensions géantes. Les chiffres parlent d'eux-mêmes: la route déployée va faire

plus de 12 km et comprendra trois digues et deux viaducs, dont un de 5,4 km qui deviendra le plus long pont de France (devant celui de Saint-Nazaire et ses 3,3 km)...

Le tracé permettra de relier Saint-Denis à La Possession et remplacera la route du littoral qui était jusqu'ici soumise aux aléas naturels fréquents et dangereux (éboulements de roche, inondations...). Pour limiter tous ces risques, cette nouvelle route est construite à plus de 80 m du rivage et, par endroits, s'élève



jusqu'à 30 m de hauteur. Avant d'arriver à ce résultat, il aura fallu embaucher 3 000 personnes sur le chantier, préfabriquer 50 appuis (dont 48 piles de pont), les transporter en mer et les positionner pour soutenir le tronçon du plus grand



1,66 milliard d'€
C'est le budget total pour réaliser cette voie de
12,7 km
300 000 m³
de béton auront été nécessaires à la construction du viaduc de 5,4 km

des deux viaducs. Parallèlement, des études de résistance des matériaux au climat ont été menées pour garantir une durée de vie de cent ans! Surtout, les ingénieurs et constructeurs ont composé avec un environnement (faune et flore) fragile, qu'ils ont dû épargner au fil du chantier. Aujourd'hui, 80% du projet est terminé. Il reste à achever une partie de digue de 2,7 km entre La Grande Chaloupe et La Possession. Mais, dès cette année, la route pourra être ouverte sur plus de la moitié de sa longueur, entre Saint-Denis et La Grande Chaloupe.

© Laurent de Géhardt / Le studio 360 ; Photothèque VINCI et filiales; Guangzhou Evergrande Taobao FC

GUANGZHOU EVERGRANDE Le stade géant en forme d'oursin



Fiche d'identité

Nom : **stade du Guangzhou Evergrande**
 Lieu : **Guangzhou (Chine)**
 Chantier démarré en : **2020**
 Fin prévue des travaux : **2022**

100 000
places devraient être aménagées dans le stade

300 000 m²
de surface au sol sont utilisés

Dans la catégorie des chantiers géants, voici un nouveau venu parmi les stades. Construit actuellement à Guangzhou (au sud de la Chine), par le cabinet d'architecture américain Gensler, il mesurera 86 mètres de hauteur et pourra accueillir jusqu'à 100 000 spectateurs. Il deviendra alors l'un des plus gros stades du monde en termes de capacité, après celui du Premier Mai en Corée du Nord (150 000 places). À titre de comparaison, le Stade de France en accueille « seulement » 80 000.

Avant de débuter ce chantier, l'idée de ce bâtiment était qu'il épouse la forme d'une fleur de lotus, en référence à Guangzhou qui est surnommée la ville des

fleurs. Finalement, le design a évolué courant 2020 pour aller vers une structure d'apparence plus moderne. L'ossature devrait être composée d'aluminium perforé, d'ETFE (éthylène tétrafluoroéthylène), un polymère réputé pour sa résistance qui sera translucide afin de laisser passer la lumière du jour, et de panneaux photovoltaïques. Par ailleurs, sa coque en forme d'oursin devrait permettre de collecter les eaux de pluie pour une réutilisation dans le stade. Le cabinet d'architecture reste très discret sur l'état d'avancement du chantier mais si tout va bien, le stade devrait pouvoir accueillir ses premiers matchs à la fin 2022.

BON À SAVOIR: C'EST SUR UNE BANDE DE SABLE DE 17 600 KM² APPELÉE DOGGER BANK ET SITUÉE ENTRE LE ROYAUME-UNI ET LE DANEMARK, QUE LE PARC ÉOLIEN VA ÊTRE INSTALLÉ.



6 millions
de foyers seront alimentés avec cette ferme d'éoliennes

1 tour de pale
d'éolienne suffira pour alimenter une maison pendant deux jours

320 personnes
seront impliquées dans ce chantier

8 DOGGER BANK

Le plus grand parc éolien offshore

Fiche d'identité

Nom: Dogger Bank Wind Farm

Lieu: Angleterre

Chantier démarré en: 2010

Fin prévue des travaux: 2026

Voici le projet actuel le plus énorme en matière d'éoliennes en mer. Il défie tous les records du moment et deviendra le plus gros parc au monde une fois terminé. Installé à 130 km au large de la côte nord-est de l'Angleterre, le Dogger Bank Wind Farm délivrera à terme 3,6 gigawatts, soit 5% des besoins du Royaume-Uni. Avant d'en arriver là, le chantier va s'articuler en plusieurs phases

sur trois sites (Dogger Bank A et B, qui pourront démarrer en 2023 et 2024, et Dogger Bank C, en 2026). En premier lieu, il faudra installer les structures sur lesquelles seront placées les éoliennes : on appelle cela des fondations «monopieux» car il s'agit de pieux géants enfouis dans le sol marin. En parallèle, il faudra également construire les câbles sous-marins et souterrains pour acheminer vers la terre l'électricité produite.

L'éolienne de tous les records

Puis, une fois toute l'infrastructure déployée, il restera à produire l'élément essentiel : l'éolienne. Celle choisie est un

modèle particulier puisqu'elle détient à elle seule tous les records. Baptisée Haliade-X, il s'agit de la plus puissante éolienne au monde, conçue par l'entreprise britannique General Electric. Elle culmine à 260 m (la hauteur d'un gratte-ciel) et ses pales mesurent 107 m de longueur. Surtout, une seule éolienne produit 13 mégawatts (contre 1 à 3 en moyenne pour les éoliennes classiques) ! Au total, 190 éoliennes sont déjà prévues pour rejoindre les sites de Dogger Bank A et B.

Dans les prochains mois, ce seront essentiellement les travaux à terre qui seront programmés pour préparer les pièces du chantier (monopieux, etc.). Après, seulement, le travail en mer pourra démarrer.

9 TENGEH

Une immense centrale solaire flottante

Fiche d'identité

Nom : **réservoir de Tengeh**

Lieu : **Singapour**

Chantier démarré en : **août 2020**

Fin prévue des travaux : **courant 2021**

Pour minimiser la dépendance aux énergies fossiles, la cité-État de Singapour a décidé de miser sur une installation solaire flottante de très grande envergure ! D'ici quelques mois, un gigantesque réseau de 146 000 panneaux sera totalement déployé à la surface du réservoir d'eau de Tengeh, sur la côte ouest. L'idée : produire l'équivalent de 60 mégawatts de puissance. De quoi alimenter 16 000 logements pendant un an, même si le but réel de l'installation est tout autre

puisque'elle servira à fournir de l'électricité à cinq usines de traitement des eaux.

Sur place, un premier test a été réalisé avec succès en 2016 avec une minicentrale de 1 mégawatt. Forte de ces résultats, l'entreprise locale de gestion de l'énergie Sembcorp Industries est passée à la dimension supérieure et déploie en ce moment une seconde version bien plus grande. Chaque panneau sera équipé d'un module photovoltaïque à double couche pour mieux résister à l'humidité et au temps (durée de vie espérée : vingt-cinq ans).

Les centrales solaires flottantes ont le vent en poupe en ce moment dans le monde. Rien qu'en France, trois sont d'actualité : dans le Vaucluse (17 mégawatts déjà installés), dans la Vienne et en Gironde.



146 000
*panneaux solaires
seront installés*

*La centrale
occupera la
superficie de*
**45 terrains
de foot**

10 CUPERTINO

Le chantier sans humain



Fiche d'identité

Nom : **site de Cupertino**

Lieu : **Californie (États-Unis)**

Chantier démarré en : **novembre 2020**

Fin prévue des travaux : **courant 2021**

Contrairement aux autres projets, ce chantier n'est pas spectaculaire par sa taille ni sa puissance. Il se démarque par son approche totalement révolutionnaire : il s'agit d'un projet sans ouvrier ni technicien !

Ce sont les entreprises américaine SafeAI et japonaise Obayashi qui ont décidé de s'associer - il y a quelques mois - pour tester le fonctionnement de plusieurs machines autonomes dont un tombereau Caterpillar 725, un engin de manutention. Son rôle : charger, transporter puis décharger

seul des gravats sur un chantier en Californie, à Cupertino. L'objectif visé est de vérifier la fiabilité de la machine et de déterminer si elle permet de gagner en sécurité, efficacité et coût sur de futurs projets d'urbanisme. Pour y parvenir, l'engin a été équipé, comme bon nombre de robots classiques, de capteurs, GPS et lidar (un appareil qui détecte les distances par laser).

Peu d'informations sont encore disponibles sur les premiers retours de cette expérience, mais ce chantier montre les débuts d'une vraie piste convoitée par les travaux publics : l'arrivée des robots aux côtés d'humains. La manutention, mais aussi l'impression 3D de futurs bâtiments en seront probablement les premières applications. À suivre de près...

INTERVIEW

AURÉLIE JEAN

«En tant que femme, j'ai toujours l'impression de devoir faire plus»

Docteure en sciences et entrepreneuse, Aurélie Jean se démène entre la France et les États-Unis pour démocratiser sa passion, les algorithmes, avec une énergie communicative. Rencontre avec une aventurière des codes numériques, qui n'a pas peur de multiplier les projets.

Par Benjamin Robert

Ses activités ont de quoi donner le tournis. Aurélie Jean écrit une chronique toutes les semaines pour *Le Point*, et parfois pour d'autres journaux comme *Les Échos*. Elle a publié l'année dernière *L'Apprentissage fait la force*. Cet ouvrage fait suite à son premier livre, *De l'autre côté de la machine*, sorti en 2019. Le podcast *Algo Pop* est également à mettre à son actif. Il s'appuie sur des films de science-fiction afin de démêler le vrai du faux en matière de progrès technologiques.

En parallèle, Aurélie Jean mène aussi une vie outre-Atlantique. La scientifique donne des cours au prestigieux Massachusetts Institute of

Technology (MIT) de Boston, considéré comme l'une des meilleures universités du monde. Rien d'étonnant à la voir se réjouir dans ses articles de l'élection de Joe Biden. Elle y met en avant les mesures du nouveau président américain qui reposent sur la science, comme le retour des États-Unis dans l'accord de Paris sur le climat, ou encore le port du masque contre la Covid-19 dans les bâtiments fédéraux.

Depuis 2016, la spécialiste du code possède sa propre société, In Silico Veritas. Elle y développe des algorithmes pour des entreprises ou des gouvernements. Malgré cet emploi du temps chargé, Aurélie Jean a pris le temps de répondre à nos questions. ☺

**Comment ça marche :
Vos activités sont très variées ! Que faites-vous en ce moment ?**

Aurélie Jean : Plein de choses ! Que ce soit l'enseignement, le conseil, les contributions éditoriales, la recherche...

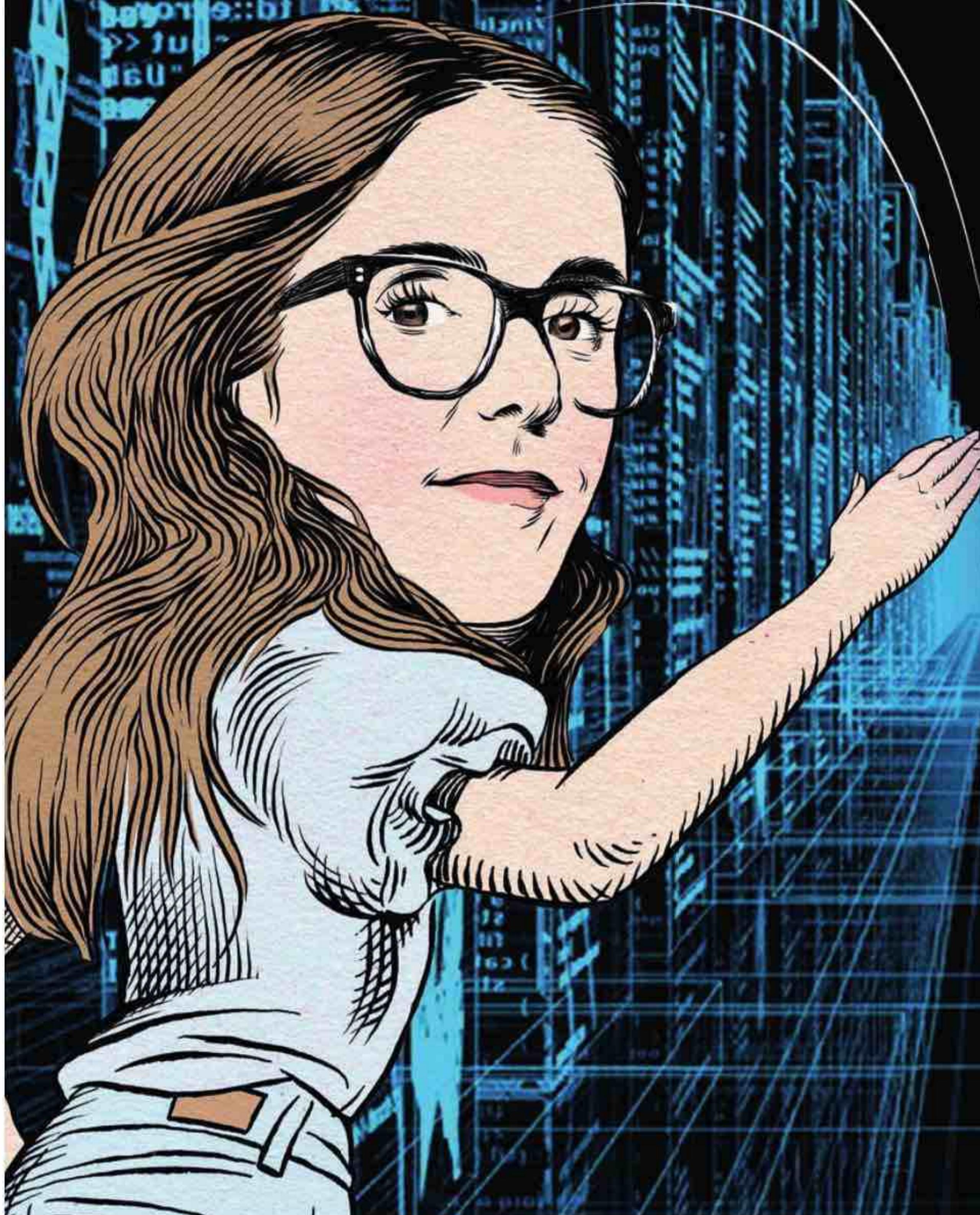
Toutes mes activités sont menées via ma société, In Silico Veritas. Je n'ai pas de journée type. Lorsque je développe des algorithmes pour le compte d'entreprises, je collabore souvent avec d'autres ingénieurs qui ont aussi leur société. C'est courant dans le milieu.

CCM : Justement, les algorithmes... En quoi ça consiste exactement ?

A. J. : Il s'agit d'une séquence hiérarchisée de tâches à exécuter selon une certaine logique, pour répondre à une question ou à un problème.

«J'adore utiliser le numérique pour décrypter le monde, c'est une science omniprésente»





BIO EXPRESS

1982

Née à Clamart (Hauts-de-Seine), elle grandit dans une cité HLM. Elle poursuit ses études à l'université Pierre-et-Marie-Curie (Paris) avec une licence de physique et mécanique.

2009

Elle soutient sa thèse en sciences des matériaux à Paris, puis s'envole vers les États-Unis pour étudier numériquement les « matériaux » du corps humain, comme le cœur et le cerveau, à l'université d'État de Pennsylvanie (2009-2011) puis au MIT (2011-2016).

2016

Elle intègre le groupe financier américain Bloomberg en tant que développeuse informatique et fonde en parallèle sa société, In Silico Veritas.

2019

Elle publie son premier livre, *De l'autre côté de la machine*.

À l'origine, ils ont été créés pour être résolus à la main. Dorénavant, on les utilise pour être exécutés par un ordinateur. Par exemple, j'ai développé durant ma thèse un algorithme qui simule la forme des nanoparticules de carbone contenues dans le caoutchouc. L'objectif était de comprendre le lien entre cette structure nanoscopique et la capacité de déformation de ce matériau à notre échelle. Parfois, la logique qui découle d'un algorithme peut être construite implicitement par l'ordinateur lui-même : c'est le *machine learning*.

CCM : Pourquoi est-ce qu'ils vous passionnent ?

A. J. : J'adore utiliser le numérique pour décrypter notre monde. C'est une science relativement nouvelle et omniprésente, qui peut être transverse à de nombreux autres domaines. En médecine, j'ai mis au point un algorithme qui détermine le risque d'avoir un traumatisme crânien après un choc à la tête. J'en ai également développé d'autres pour le secteur financier. Aujourd'hui, je navigue dans des milieux encore différents comme le commerce et la banque de détail. Le numérique

« L'échec et la réussite sont deux choses mal aimées en France »

est une discipline extrêmement stimulante dans laquelle on apprend toujours.

CCM : En parlant d'apprentissage, vous avez justement publié un second livre l'année dernière...

A. J. : Oui ! *L'Apprentissage fait la force* est un petit essai d'une trentaine de pages sur ma vision de la crise - nous ...

... étions à l'époque confinés pour la première fois. Je pense qu'on apprend toujours et qu'on a encore davantage appris durant cette crise sur nous, notre travail, notre famille, nos collègues, notre pays ou encore la société de manière générale.

CCM : Votre capacité à parler simplement du numérique vous aide-t-elle dans votre travail ?

A. J. : Tellement ! Et ce, pour plusieurs raisons. Signer des missions avec des clients qui comprennent mon langage et donc me font confiance, établir des collaborations avec des scientifiques qui ne viennent pas du même milieu, former des stagiaires... La vulgarisation est fondamentale, sans quoi je ne pourrais pas être aussi efficace individuellement et en équipe.

CCM : Votre parcours semble sans fausse note...

A. J. : Pourtant, il m'est souvent arrivé d'échouer ! J'ai fait face au refus de nombreuses subventions de recherche, et à deux tentatives échouées de start-up. Des exemples parmi d'autres. Malheureusement, l'échec et la réussite sont, selon moi, deux choses mal aimées en France.

CCM : Vous êtes basée à Los Angeles. Les États-Unis étaient-ils un passage obligé dans votre carrière ?

A. J. : Je ne dirais pas « obligé », mais j'étais persuadée que cela allait m'apporter beaucoup de choses, et je ne me suis pas trompée ! Je pensais n'y rester qu'un an, et j'y suis toujours. Je conseille à ceux qui le peuvent de partir un peu, notamment pour découvrir d'autres manières de travailler.

CCM : Le numérique reste un domaine très masculin. Certaines barrières persistent-elles ?

A. J. : Les choses avancent, mais pas assez vite. J'ai eu de la chance, car j'ai été entourée par des hommes bienveillants qui



ont été mes meilleurs avocats, que ce soit durant mes études ou dans mon travail. J'ai également vécu quelques malheureuses expériences, et certains hommes m'ont aidée à faire face. De manière générale, je pense qu'ils doivent s'engager encore davantage pour aider les femmes à trouver leur place et les attirer dans ces milieux. L'engagement des hommes nous permettra d'aller plus vite ! J'ai toujours l'impression de devoir faire plus car j'ai le sentiment qu'on accepte moins l'erreur chez une femme... Nous devons aussi être plus bienveillantes entre nous. J'ai découvert l'entraide entre les femmes aux États-Unis. Je suis ravie de la retrouver chez mes amies proches quand je suis en France, mais ce n'est pas encore une généralité dans notre pays.

CCM : Certaines figures vous ont-elles aidée ?

A. J. : Malheureusement, je n'ai pas eu de vrai modèle charismatique féminin. Richard Feynman [physicien américain (1918-1988), prix Nobel en 1965, NDLR] a été un exemple dans sa manière d'expliquer au grand public des concepts compliqués. J'ai aussi été inspirée par des femmes comme la neuroscientifique, et amie, Tara Swart, ou encore ma professeure de physique à La Sorbonne, Lucile Julien.

CCM : Y a-t-il aujourd'hui davantage de modèles féminins inspirants ?

A. J. : Je pense qu'on sous-estime, moi la première, l'influence des figures

charismatiques des séries. Par exemple, *Le Jeu de la Dame* [sur Netflix, NDLR] a fait augmenter le nombre de filles dans les clubs d'échecs... Alors pourquoi pas une série sur la vie et la carrière d'une mathématicienne avec un impact aussi positif ! Ces personnages, réels ou fictifs, dessinent d'une certaine manière le champ des possibles des individus, jeunes et moins jeunes. J'ai moi-même grandi entourée de contes dans lesquels la princesse a toujours besoin d'un prince pour s'émanciper, devenir et exister... Les choses ont changé, j'ai d'ailleurs récemment vu pour la première fois l'animation *La Reine des neiges qui change les codes !* (rires)

« Je conseille à ceux qui le peuvent de partir un peu à l'étranger, pour découvrir d'autres façons de travailler »

CCM : Quel conseil donneriez-vous à nos lecteurs qui souhaitent en savoir plus sur le sujet des algorithmes ?

A. J. : Je conseillerais de regarder des contenus d'ingénieurs, par exemple la chaîne YouTube *Defend Intelligence*, d'Anis Ayari. Il y explique de manière simple des concepts compliqués, comme les langages informatiques, le *deep learning* ou encore l'intelligence artificielle.



NE RATEZ PLUS AUCUN NUMÉRO
ABONNEZ-VOUS !



Comment ça marche #121

NATURE La formidable diversité des primates

SANTÉ Comment réparer le cœur

CLONAGE POURRA-T-LES FAIRE REVIVRE?

ILLUSTRATION HIGH-TECH IMPLANTS RFID Romain tous

Comment ça marche #120

INTERVIEW BERNARD WERBER: «Personne ne détient la vérité»

ENQUÊTE Vapoter, c'est fumer ?

NATURE Comment chassent les félin

ESPACE Les plus grands mystères de l'Univers

ILLUSTRATION HIGH-TECH À quand l'ascenseur spatial?

ROBOTS AUTONOMES

Ils opèrent des patients, éteignent des feux, veillent sur notre environnement...

à partir de
45 €
par an

AVEC VOTRE CODE PROMO



CCM21

RETROUVEZ LES OFFRES D'ABONNEMENT SUR FLEURUSPRESSE.COM



**Quand une
particule et son
antiparticule se
rencontrent, elles
disparaissent,
tout simplement**

Les mystères de l'antimatière

Un monde miroir du nôtre, que l'on arrive à peine à toucher du doigt... Science-fiction? Bien au contraire! L'antimatière est partout, et cela pose quantité de questions. Explications.

Par Denis Delbecq

Antimatière; la simple évocation de ce mot nous projette dans les films de science-fiction, à côté des sabres laser et autres machines à téléportation. Mais l'antimatière est d'abord une réalité de notre univers quotidien. À force de l'étudier, nous avons même appris à l'utiliser pour produire des images de l'intérieur de notre corps, si précieuses pour les médecins, avec ce qu'on appelle la tomographie à émission de positrons.

Des propriétés étonnantes

Le positon – parfois appelé positron, le terme anglo-saxon – est le jumeau de l'électron, cette minuscule particule dont le ballet autour des noyaux des atomes leur donne leurs propriétés chimiques. Le positon est un peu la particule miroir de l'électron: il a la même masse, ainsi qu'une foule d'autres propriétés complexes. On ne leur connaît qu'une

seule différence: alors que l'électron porte une charge électrique négative, celle du positon affiche la même valeur absolue, mais positive.

Cette symétrie entre les deux particules leur confère des propriétés presque magiques: quand une particule et son antiparticule se rencontrent, elles disparaissent, tout simplement. Et toute l'énergie qu'elles contiennent, toute leur masse, est transformée en rayonnement, suivant la plus célèbre des formules d'Einstein: $E = mc^2$ (l'énergie d'une particule est le produit de sa masse par le carré de la vitesse de la lumière). Cette annihilation libère deux particules de lumière, des photons «gamma» dont l'énergie équivaut à la masse que portait l'une ou l'autre des particules. La matière peut donc disparaître à jamais! À l'inverse, quand deux photons se rencontrent, ils peuvent disparaître en donnant naissance à une paire particule/antiparticule, à condition d'avoir la bonne énergie. Tout simplement parce que le photon est sa ...

© Future Ours

... propre antiparticule. Autrement dit, la matière peut surgir du vide ! Certains rêvent d'ailleurs de créer des fusées à antimatière pour explorer l'Univers beaucoup plus vite (voir pages suivantes) !

Mais où est-elle passée ?

Chaque particule élémentaire – comme l'électron, ou le proton (une particule de charge électrique positive qui, avec le

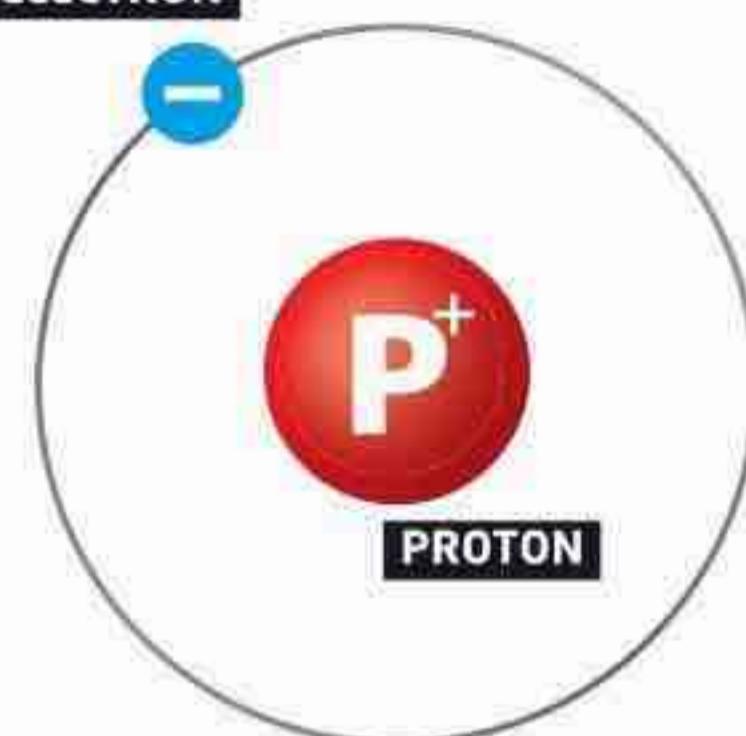
neutron, est l'une des deux composantes du noyau de l'atome) – possède donc une antiparticule « miroir ». Certaines sont un peu particulières, comme l'antineutron. Mais la plupart des paires se comportent comme l'électron et le positon, ou le proton et son antiproton.

C'est d'ailleurs comme cela que tout a commencé : il y a 13,7 milliards d'années, l'Univers n'était qu'énergie. Soudainement, lors du big bang, cette énergie a

donné naissance à une soupe bouillante de particules et d'antiparticules. La matière des étoiles a donc émergé du néant. Et il y a une chose que l'on n'explique toujours pas. Alors que nos lois de la physique décrivent une parfaite symétrie entre matière et antimatière, nos yeux, nos télescopes ne voient pratiquement que de la matière autour de nous. Où est donc passée l'antimatière formée lors du big bang ? Est-elle cachée au-delà de

À l'échelle atomique

ELECTRON



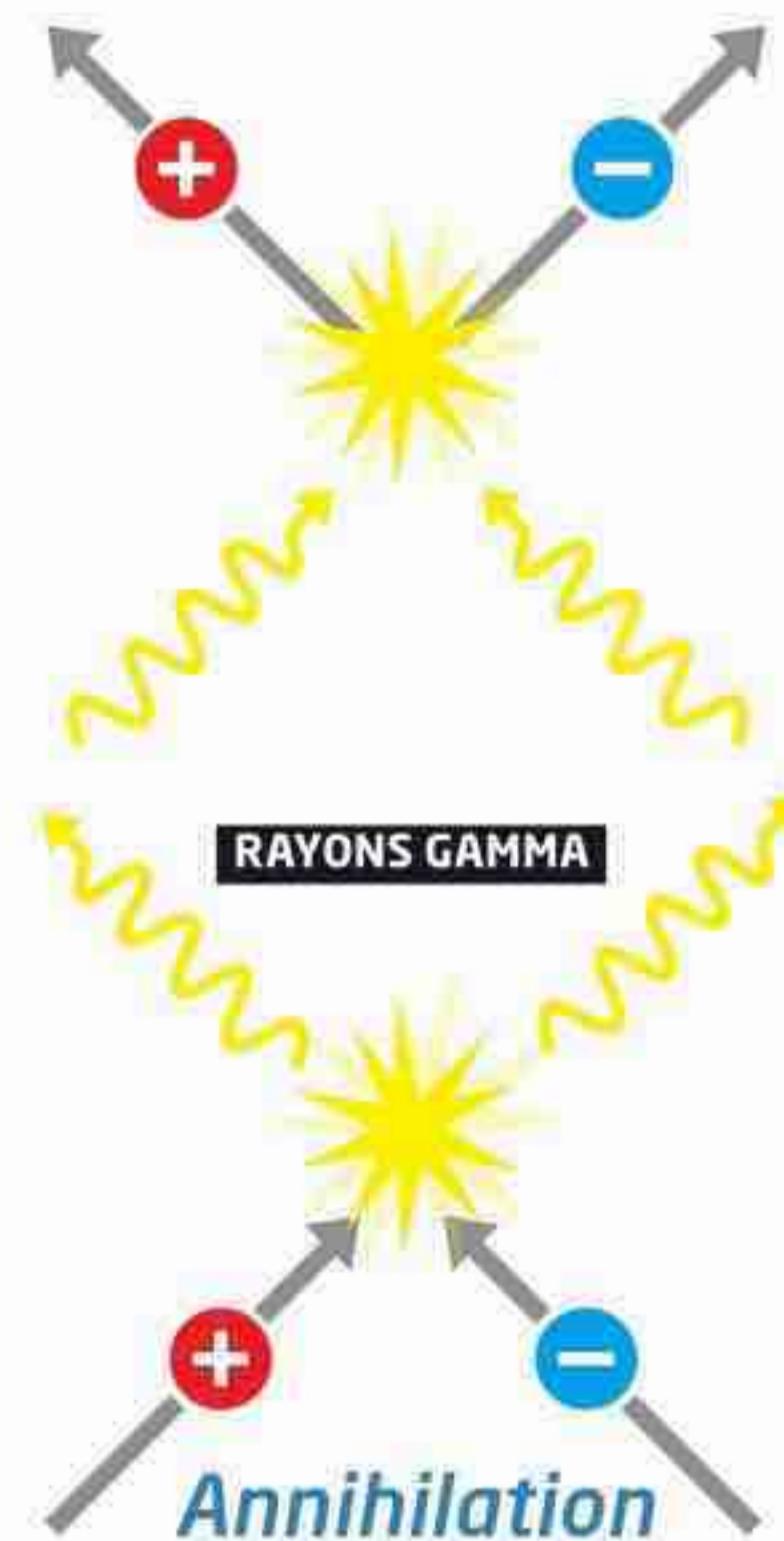
Matière

POSITON



Antimatière

À gauche, l'atome d'hydrogène est formé d'un proton (p^+) et d'un électron (e^-). L'anti-hydrogène (à droite) lui ressemble beaucoup, mais il est composé d'un antiproton (p^-) et d'un anti-électron, appelé positon (e^+).



Quand ils se rencontrent, l'électron et le positon disparaissent en émettant une forme de lumière, des rayons gamma. À l'inverse, quand deux rayons gamma se rencontrent, et à condition qu'ils possèdent la bonne énergie, ils peuvent disparaître en donnant naissance à une paire électron-positon.

Isoler les antiparticules

L'usine à antimatière du Cern

Les collisions à très haute énergie qui se produisent dans l'accélérateur de particules du Cern (l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire), à la frontière franco-suisse, créent de nombreuses paires particule/antiparticule. Mais ces antiparticules ne vivent pas bien longtemps, car elles sont annihilées dès qu'elles rencontrent leur particule jumelle. Depuis qu'ils les étudient, les chercheurs n'en ont

produit qu'un milliardième de gramme ! Le Cern a donc créé en 2000 une usine à antimatière. Cette installation unique au monde permet d'isoler les antiparticules pendant quelques minutes pour les étudier. Les scientifiques utilisent deux astuces. D'abord, ils freinent les antiparticules (qui voyagent à une vitesse proche de la lumière quand elles sont créées, et un million de fois plus petite quand elles ont été freinées) avec des champs électriques,

l'horizon cosmique qui nous est accessible? S'est-elle réfugiée dans un Univers parallèle, où des anti-humains se demanderaient où diable a pu passer la matière?

Pendant que des physiciens scrutent le cosmos et tentent de remonter le temps en observant toujours plus loin avec leurs instruments, d'autres fabriquent, sur Terre, des antiparticules, des anti-atomes même, dans l'espoir d'y déceler un comportement étrange que notre description du monde – ce qu'on appelle le modèle standard de la physique – n'expliquerait pas. Car les chercheurs ont l'intuition que ce modèle n'est pas complet. La moindre bizarrerie observée serait alors une piste pour échafauder une nouvelle représentation de l'Univers, plus fidèle à ce qu'il est réellement. Mais à ce jour, le modèle standard n'a jamais pu être mis en défaut, et ça agace les physiciens! ☺

Les chercheurs scrutent le cosmos avec l'intuition que le modèle standard de la physique n'est pas complet



dans une sorte de «décélérateur». Ensuite, ils les plongent dans un puissant champ magnétique (avec de gros aimants) qui les force à tourner en rond sans toucher les parois, afin d'éviter qu'elles ne rencontrent de la matière. C'est ainsi que le Cern a pu fabriquer des atomes d'anti-hydrogène, et même en conserver certains pendant seize minutes - un exploit!

CERN; Nasa; Getty; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PET_Normal_brain.jpg; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paul_Dirac_1953.jpg; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vy_Mike_-mushroom_cloud.jpg; <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:16slicePETCT1.jpg>

Quelques sources d'antimatière

Il n'y a qu'une seule usine à antimatière au monde (celle du Cern), mais il existe plein d'autres manières de produire des antiparticules!

Les bananes

**Vous avez bien lu,
la banane est un
générateur d'antimatière!
Elle est en effet riche
en potassium, dont la
forme 40 (19 protons +
21 neutrons) peut produire
des positons. En moyenne,
une banane en produit
une vingtaine par jour.**



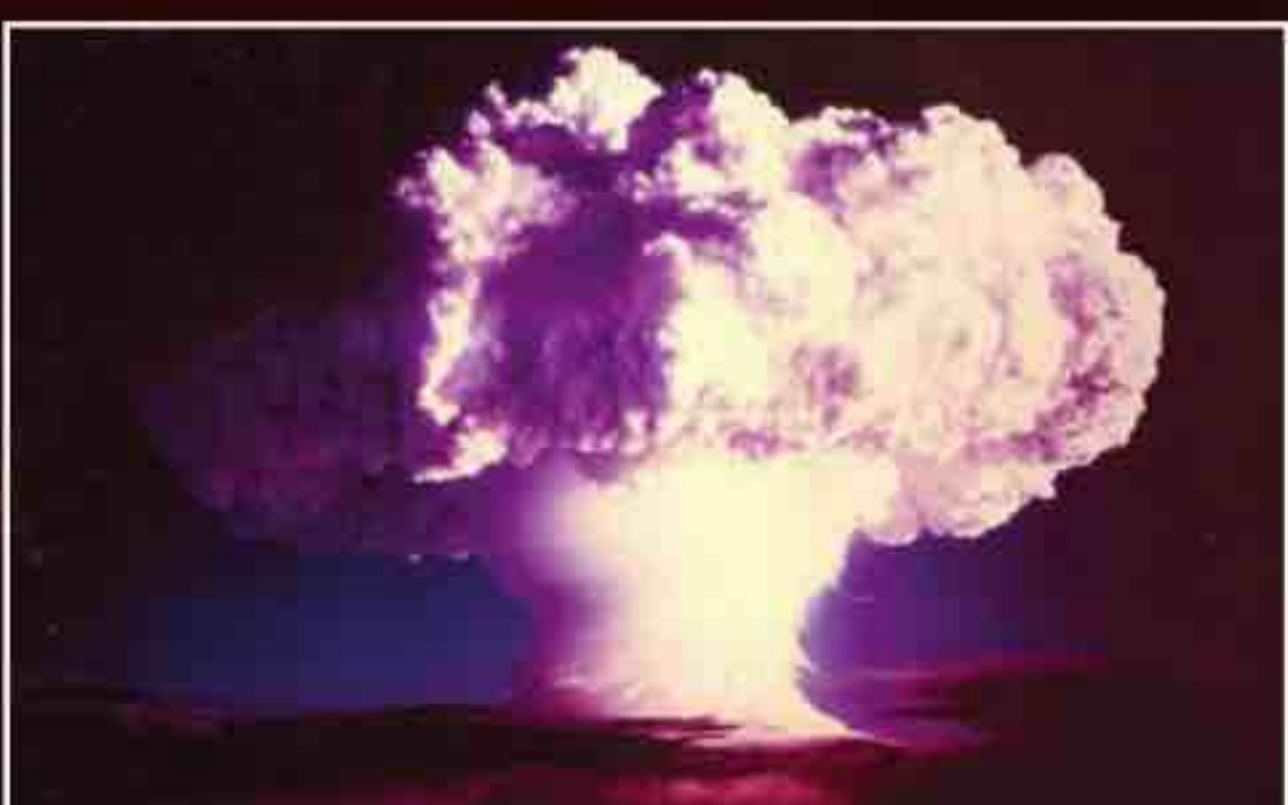
La foudre

On sait depuis 2011, grâce à des observations par satellite, que la foudre produit de l'antimatière au-dessus des orages : certains éclairs délivrent des flashes de rayons gamma, dont certains s'annihilent en créant des positrons et des électrons.

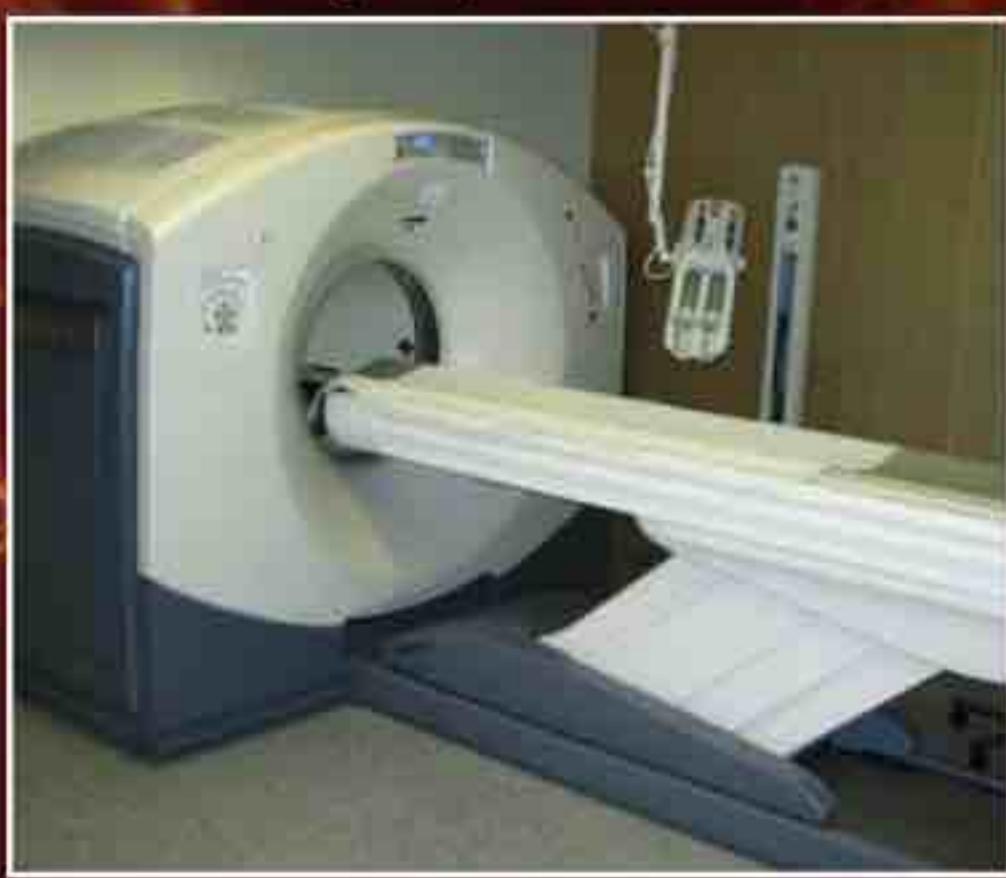


Les explosions nucléaires

Heureusement qu'on cherche à les interdire. Mais les bombes nucléaires à hydrogène produisent de telles quantités de rayons gamma que certains s'annihilent en produisant une pluie de paires électron-positon.



La tomographie à émission de positons



Cette fois-ci, c'est pour la bonne cause. Dans le PET-scan, on injecte au patient des éléments radioactifs émetteurs de positons, comme le fluor-18, fixé sur une molécule de la famille des sucres. Ce tandem va cibler certains endroits du corps, par exemple une tumeur cancéreuse. Là, le fluor émet des positons, qui s'annihilent en rencontrant des électrons. Dans l'appareil, des détecteurs captent ensuite les rayons gamma nés de cette annihilation. Cela permet d'obtenir des images en 3D de l'intérieur de notre corps !

Charge utile

Comme l'antimatière est beaucoup plus efficace que la propulsion classique, la charge utile (instruments scientifiques, équipage) que pourrait transporter la fusée serait proportionnellement plus élevée qu'avec nos engins actuels : une Ariane 5 pèse 750 t au décollage, pour une charge utile de 10 à 20 t seulement.

À quoi ressemblerait une fusée à antimatière

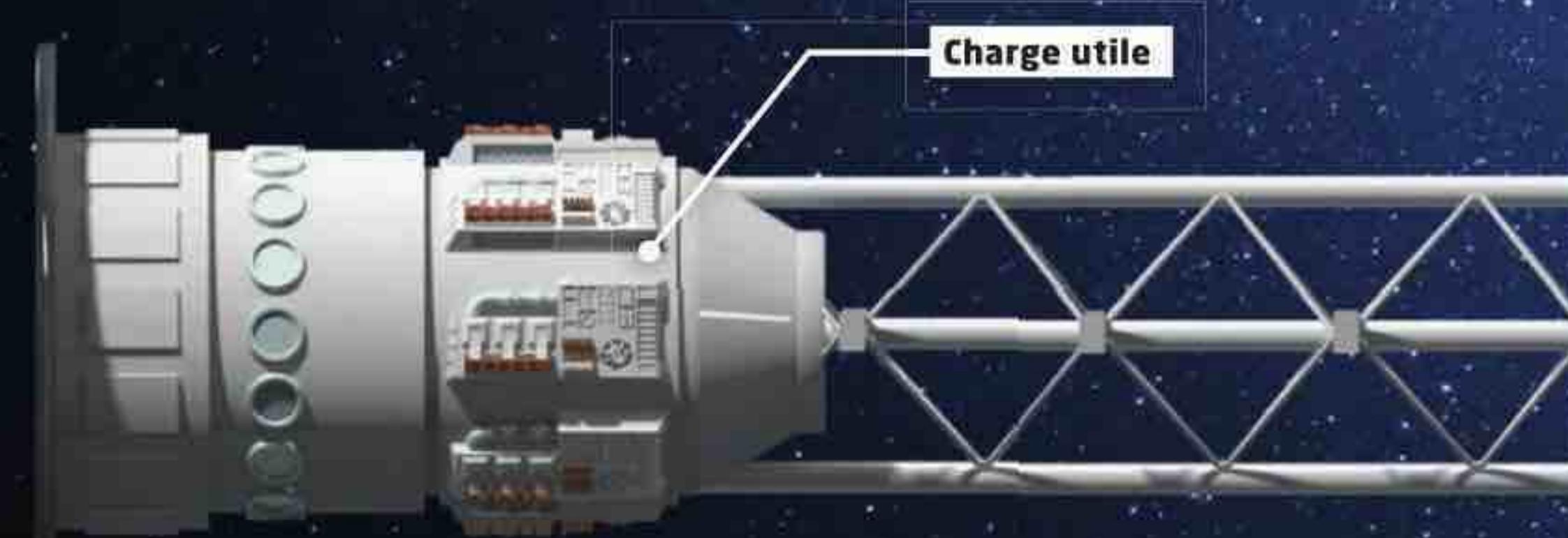
L'antimatière alimente les rêves les plus fous ! C'est que lorsqu'elle rencontre de la matière, toute l'énergie qu'elle contient est transformée : ainsi, quelques millièmes de gramme suffiraient pour alimenter une fusée qui permettrait de rejoindre Mars en deux ou trois mois (au lieu de neuf mois avec une fusée classique).

Alors qu'est-ce qu'on attend pour la construire, cette fusée ? D'abord, personne n'a encore trouvé comment fabriquer les fameux milligrammes d'antimatière nécessaires. Ensuite, cette fusée futuriste devrait transporter un réacteur de fusion nucléaire, une machine qui imite ce qui se passe au cœur des étoiles.

Et ça, on ne sait pas encore le faire de manière assez efficace pour produire de l'énergie. Et même si un jour on y parvient, comme l'espèrent les physiciens avec le réacteur international de recherches sur la fusion nucléaire Iter, actuellement en construction dans le sud de la France, elle sera bien trop lourde et encombrante pour l'embarquer sur notre fusée à antimatière : Iter pèse environ 23 000 tonnes, l'équivalent de 30 fusées Ariane 5 pleines de carburant, et repose sur un socle de 400 000 tonnes, le tout dans un bâtiment de 60 m de hauteur ! Si l'on réussissait à résoudre ces deux problèmes fondamentaux, voici un concept qui pourrait, en principe, fonctionner.

Réservoir de deutérium

Le carburant serait le deutérium, de l'hydrogène dont le noyau comporte un neutron en plus du proton. C'est un carburant idéal pour un réacteur nucléaire à fusion.



Source de positons

Ce réservoir serait rempli avec un élément radioactif émetteur de positons, par exemple le krypton-79.

Réacteur de fusion

Les positons seraient injectés, au fur et à mesure de leur production, dans le cœur d'un réacteur contenant du deutérium, lequel subirait une fusion nucléaire. Cette réaction produirait de grandes quantités de particules qui seraient ensuite éjectées vers l'espace.

Fonctionnement continu

Contrairement aux fusées, qui ne peuvent brûler leur carburant que pendant un temps limité, un moteur à antimatière fonctionnerait vingt-quatre heures sur vingt-quatre pour faire de longs voyages dans l'espace.

Usage immédiat

Contrairement à d'autres types de concepts à base d'antimatière, cette fusée n'aurait pas besoin de la stocker car elle l'utilisera dès qu'elle serait produite. Cela évite de construire un réservoir qui serait coûteux et surtout très lourd.

Source de positons

Réacteur de fusion

Tuyère

Tuyère

Elle ressemblerait un peu à celles qu'on voit sur nos fusées. Sauf qu'elle ne cracherait pas des gaz brûlés, mais des particules chargées - et invisibles -, lesquelles créeraient une poussée dans le sens contraire de leur déplacement.



Comment fonctionne l'appareil urinaire

Six ou sept fois par jour, vous éliminez l'urine accumulée dans votre vessie. Mais savez-vous comment elle est produite ? Quels circuits elle emprunte ? Suivez le chemin.

Par Louna Esgueva

Si elle se rappelle souvent à nous par un besoin pressant, la vessie, et plus globalement notre système urinaire tout entier, joue surtout un rôle essentiel dans l'élimination des déchets de notre organisme. Premiers organes à entrer en jeu, les reins. Ces deux haricots, gros comme un poing humain, sont situés dans la partie postérieure de l'abdomen, de part et d'autre de la colonne vertébrale sous les dernières côtes, juste en dessous de la cage thoracique, et non pas dans le bas du dos comme le suggère ...

Un rein est formé d'environ 1 million de reins miniatures appelés néphrons

Reins
Le sang y est filtré et les nutriments absorbés avant que l'urine parte dans les uretères.

Uretères
Ces deux tubes relient les reins à la vessie.

Veine cave inférieure
Elle transporte le sang désoxygéné depuis les reins jusqu'à l'aorte droite du cœur.

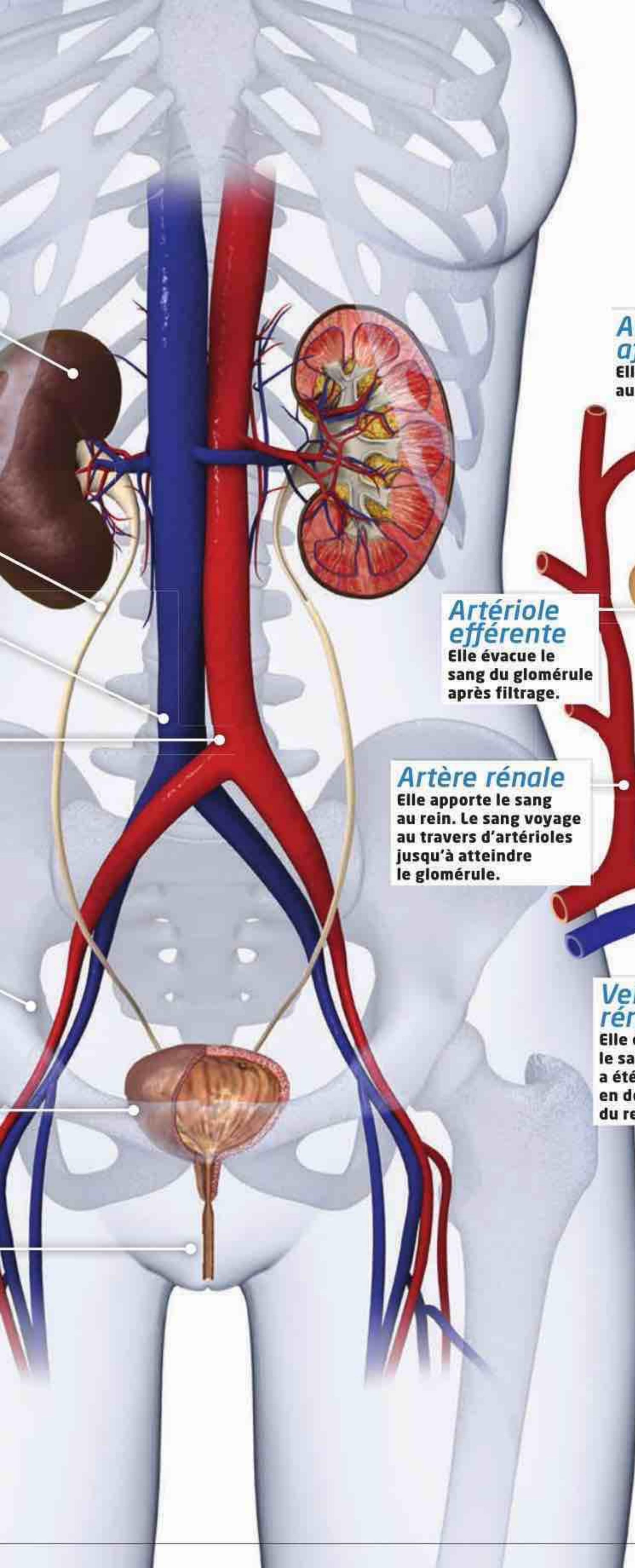
Aorte abdominale
Elle alimente en sang oxygéné les reins via l'artère rénale.

Pelvis
La vessie se trouve dans le pelvis ; l'urètre, qui évacue l'urine du corps, le traverse.

Vessie
Cet organe creux stocke l'urine produite par les reins et acheminée via les uretères.

Urètre
Ce conduit évacue l'urine hors du corps lors de la miction.





Zoom sur le néphron

Tube proximal

Il relie la capsule de Bowman à l'anse de Henle. Sa fonction est de réabsorber les minéraux du filtrat produit par la capsule de Bowman.

Artéiole afférente

Elle apporte le sang au glomérule.

Artéiole efférente

Elle évacue le sang du glomérule après filtrage.

Artère rénale

Elle apporte le sang au rein. Le sang voyage au travers d'artéioles jusqu'à atteindre le glomérule.

Veine rénale

Elle évacue le sang qui a été filtré en dehors du rein.

Anse de Henle

Elle contrôle la concentration en minéraux et en eau à l'intérieur du rein.

Glomérule

C'est une masse de petits tubes entortillés à travers laquelle circule le sang. Le glomérule laisse passer l'eau et les déchets solubles, pour qu'ils soient excrétés hors de la capsule de Bowman.

Capsule de Bowman

Elle épure le fluide expulsé du glomérule. Le filtrat résultant va progressivement devenir l'urine.

Tubule rénal

Il est composé de trois parties : le tube proximal, l'anse de Henle et le tubule contourné distal. Certains sels minéraux, l'eau, le sodium, présents dans le filtrat issu de la capsule de Bowman sont réabsorbés par le sang.

Tube collecteur

Techniquement parlant, il ne fait pas réellement partie du néphron. Il recueille les déchets filtrés par le néphron et facilite leur évacuation.

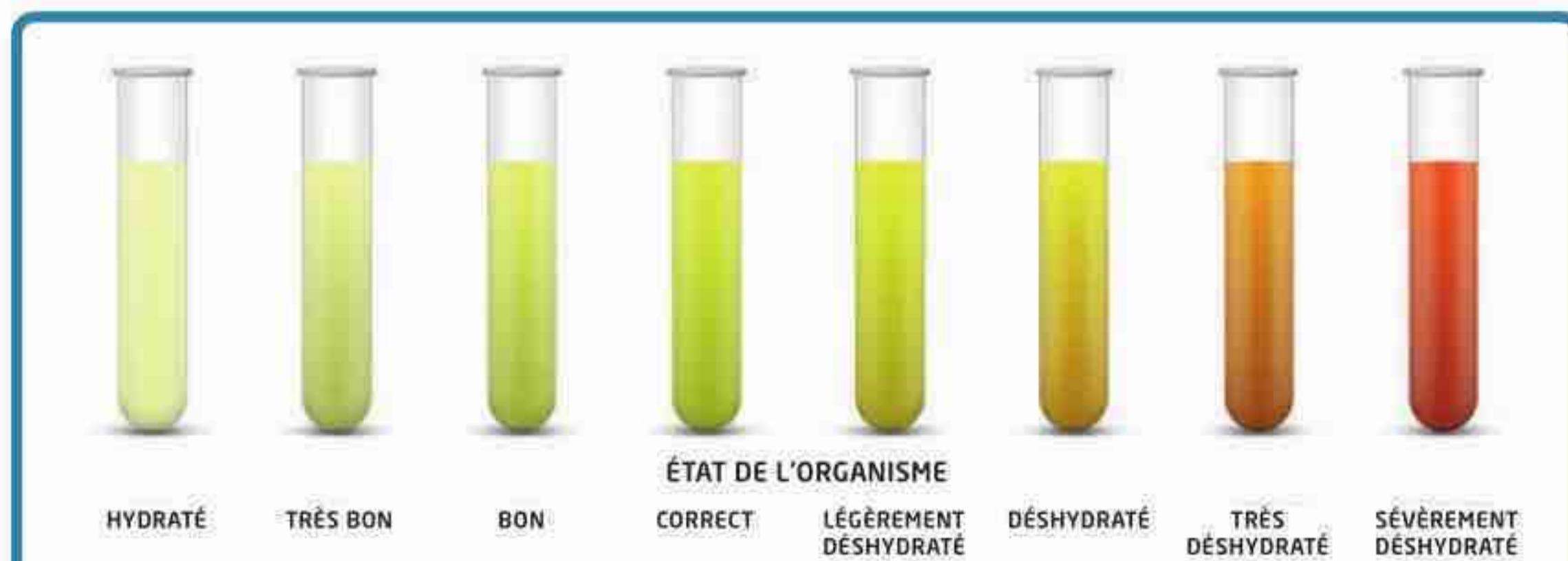
... l'expression «avoir mal aux reins»... Leur fonction est vitale: filtrer les déchets du sang et maintenir un niveau adéquat de minéraux et de pression sanguine dans tout l'organisme.

Un rein est formé par la juxtaposition d'environ 1 million de petits reins miniatures appelés néphrons, à l'intérieur desquels circule le sang. Chacun d'entre eux comprend deux parties: un glomérule, qui correspond à l'unité de filtrage, et un tubule rénal. Les glomérules passent au crible les cellules et les protéines sanguines, puis envoient les déchets vers les tubules. De là, l'urine descend le long de deux fins canaux, les uretères, jusque dans la vessie, un organe creux. Chaque jour, les reins filtrent ainsi entre 150 et 180 litres de sang et produisent quelque 1,5 litre de déchets déversés dans la vessie. Ces déchets sont principalement de l'urée - issue de la dégradation des protéines - et de l'eau. C'est ce mélange qui constitue l'urine.

Stockée avant d'être évacuée

Lorsque l'urine pénètre dans la vessie, celle-ci se dilate grâce à trois couches de muscles lisses (le détrusor), qui évitent également le reflux vers les uretères. La vessie a pour unique fonction de stocker l'urine avant son élimination au cours de la miction par l'urètre. Lorsqu'elle est pleine, ou presque (elle peut contenir entre 400 et 700 ml de liquide, mais le besoin de se soulager se fait sentir dès qu'elle en contient 300), des nerfs sollicitent le cerveau, qui signale alors le besoin d'uriner. Cette sensation devient de plus en plus forte à mesure que la vessie se remplit. Lorsqu'on s'apprête à uriner, les sphincters internes et externes (des muscles à la sortie de la vessie) se relâchent pour ouvrir le passage. Le détrusor se contracte et envoie l'urine dans l'urètre, d'où elle quitte l'organisme à notre grand soulagement. ☺

**Chaque jour,
les reins filtrent
entre 150 et
180 litres de sang,
produisant environ
1,5 litre d'urine**



Question / réponse

D'où vient la couleur de l'urine ?

Dans le sang circulent des globules rouges, qui ont une durée de vie limitée. Quand ils sont détruits dans la moelle osseuse et la rate, ils libèrent une substance jaune-orange, la bilirubine. C'est ce déchet toxique qui est responsable de la couleur de notre urine. Un litre d'urine contient environ 950 g d'eau, des sels minéraux (11 g de chlorures, 3 g de phosphate et 3 g de sulfate), des matières organiques (4 g), de l'urée (le déchet issu de la dégradation des protéines, 25 g) et des pigments

biliaires issus de la dégradation par le foie de la bilirubine (0,05 g). Ce sont ces pigments qui colorent l'urine. Cela dit, celle-ci n'est pas systématiquement jaune: elle peut être plus ou moins claire ou foncée en fonction du niveau d'hydratation de notre corps. Certains aliments peuvent aussi la colorer quelques heures après l'ingestion, même si ce n'est pas systématique. La bétalaine, un pigment végétal contenu dans les betteraves rouges, peut ainsi donner à notre urine une teinte rose foncé.

Question / réponse

Pourquoi l'envie est-elle plus pressante quand on a froid ?

Pour que le corps ne perde pas trop de chaleur. Lorsqu'il fait froid, la circulation sanguine se concentre au niveau des organes vitaux, comme le cerveau, le cœur, les poumons, le foie... Conséquence, les reins filtrent davantage de sang et produisent plus d'urine. En revanche, ce phénomène n'explique pas pourquoi certaines personnes ont subitement envie d'uriner quand elles se passent les mains sous l'eau froide. Cette réaction serait, selon les chercheurs, plutôt liée à un problème neurologique. DéTECTé par des récepteurs au niveau de la peau, le froid induirait en erreur



le cerveau, qui agirait alors comme si la vessie était pleine, d'où une envie irrépressible d'aller aux toilettes. Des chercheurs belges ont découvert, chez des rongeurs, que si l'on empêchait ces récepteurs de s'activer, l'envie soudaine d'uriner diminuait.

Zoom sur la vessie

Elle se remplit...

Valves urétrales

Situées à l'extrémité des uretères, elles permettent à l'urine d'entrer dans la vessie, mais interdisent tout reflux vers les reins.

Uretères

Ces canaux transportent l'urine des reins à la vessie.

Paroi de la vessie

Trois couches de muscles lisses (le détrusor) tapissent la paroi de la vessie. Ils lui permettent de se dilater lors de l'entrée de l'urine. Des nerfs situés dans la paroi mesurent le degré de remplissage de la vessie et signalent au cerveau quand il est temps de la vider.

Muscles du plancher pelvien

Ils maintiennent la vessie. Situés près de l'urètre, ils empêchent également toute émission d'urine incontrôlée.

Sphincter urétral interne

Il empêche l'urine de sortir de la vessie à la façon d'un clapet, assurant ainsi la continence urinaire.

Sphincter urétral externe (sphincter distal)

Commandé consciemment, il permet d'ouvrir ou de fermer le canal.

... puis se vide

Sphincter urétral interne

Il se relâche lorsque l'organisme est prêt à évacuer l'urine.

Sphincter urétral externe

Il se détend également pour permettre à l'urine de s'écouler hors de l'organisme.

Paroi de la vessie

Le détrusor se contracte pour expulser l'urine.

Urètre

L'urine suit ce canal pour s'évacuer du corps.

Les LUNES les plus BIZARRRES de l'espace

Découvrez certains des plus étranges satellites naturels de notre Système solaire, et ce qui fait leur particularité.

Par Clara Baudel

Io

La lune volcanique

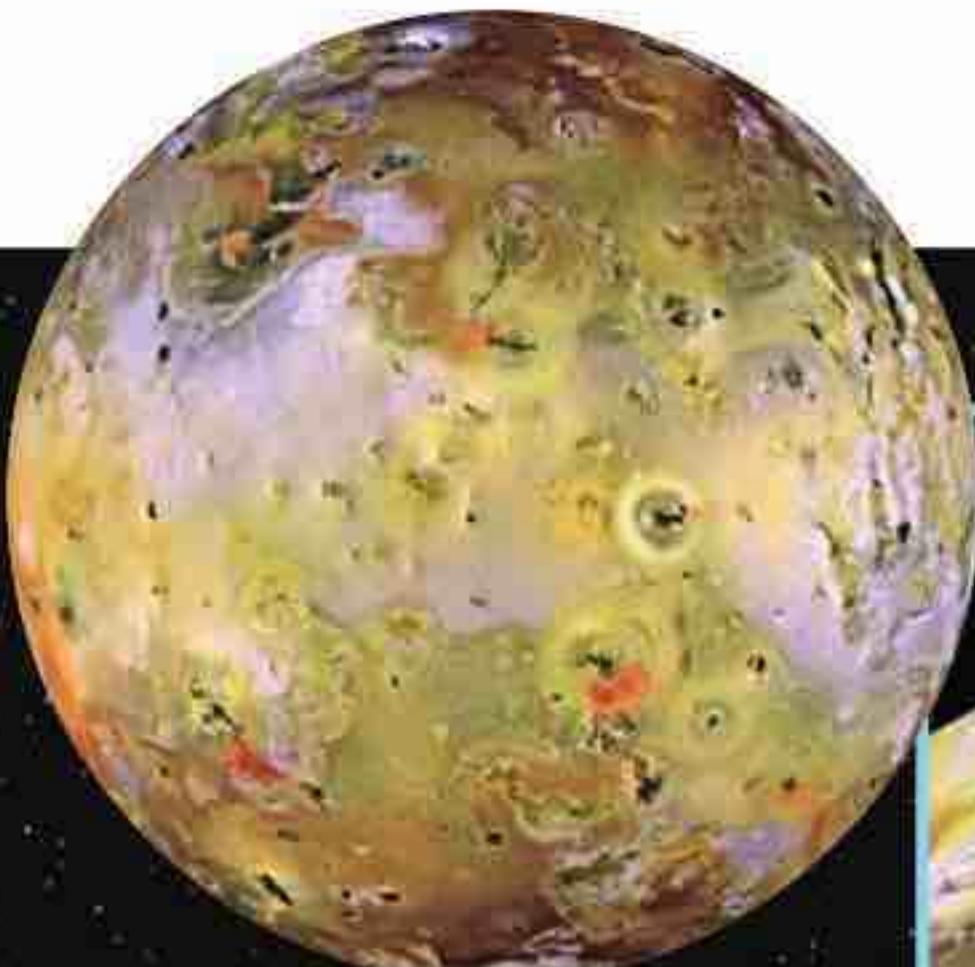
Fiche d'identité

Nom: Io

Planète: Jupiter

Taille: 3,5 fois plus petite que la Terre

Date de découverte: 1610



Parmi les 79 satellites connus de Jupiter, il en est un qui sait se faire remarquer: Io est le siège d'une intense activité volcanique. Tout juste un peu plus grand que notre Lune, il héberge pas moins de 400 volcans, dont les violentes éruptions éjectent des panaches de dioxyde de soufre (ce gaz à l'odeur caractéristique d'œuf pourri) jusqu'à près de 480 km d'altitude!

Ce volcanisme incomparable dans le Système solaire est dû aux interactions gravitationnelles avec la géante gazeuse et ses autres grosses lunes (en particulier Europe

et Ganymède). La force de gravité de Jupiter, bien plus massive que la Terre, est 2,4 fois plus importante que celle exercée par notre planète. Tout au long de son orbite autour de Jupiter, et en fonction de sa position par rapport à Europe et Ganymède, la surface d'Io est sans cesse étirée et compressée (jusqu'à cent mètres d'amplitude). Ce mouvement perpétuel produit des frictions à l'intérieur de la lune qui augmentent sa température interne (c'est ce qu'on appelle le réchauffement par effet de marée), faisant fondre une partie du manteau. Ce magma remonte et ressort au niveau des volcans sous la forme de coulées de lave (principalement du soufre) qui donnent à la lune sa

couleur jaune orangé. Contrairement à notre Lune, constellée de nombreux cratères d'impact (laissés par les corps célestes qui la percutent), la surface d'Io est assez lisse car la lave ne cesse de la recouvrir et la refaçonner.

Jupiter et ses lunes étant situées plus loin que nous du Soleil, dans une région plus froide du Système solaire, Io connaît un large éventail de températures: sa surface varie de -130 °C (son atmosphère n'étant pas assez épaisse pour retenir la chaleur) à 1 650 °C au niveau des volcans! Un vrai monde de glace et de feu.

Tore de plasma

Les particules chargées (dioxyde de soufre) crachées par les volcans d'Io forment un grand tore (comme un beignet) de plasma (fluide de particules ionisées) chauffé à près de 100 000 °C autour de Jupiter.

Champ magnétique de Jupiter

Il est vingt fois plus puissant que celui de la Terre, transformant Io en un véritable générateur électrique.

Tube de flux magnétique

Le champ magnétique de Jupiter et l'atmosphère d'Io au niveau de ses pôles sont connectés par un canal d'ions (atomes chargés) qui génère un courant électrique de 2 000 milliards de watts.

Orbite d'Io

Il faut quarante-deux heures à la lune pour faire le tour de Jupiter, à environ 420 000 km de distance de la géante.

Aurores

Quand les gaz de l'atmosphère volcanique d'Io percutent le champ magnétique de Jupiter, cela produit des panaches de lumière appelés aurores.



Japet

La lune aux deux visages

Fiche d'identité

Nom: Japet
Planète: Saturne
Taille: 8,7 fois plus petite que la Terre
Date de découverte: 1671

Cette lune glacée a la particularité de présenter un hémisphère très foncé (tourné vers Saturne) et l'autre très brillant (tourné vers le Soleil). Un double visage qui a longtemps interpellé les astronomes. La mission Cassini, qui a étudié la géante gazeuse et ses satellites entre 2004 et 2017, a permis de lever le voile sur ce mystère.

Ainsi, c'est une autre lune de Saturne, appelée Phœbé, qui serait responsable du côté sombre de Japet. Bombardée par des micrométéorites, Phœbé projette dans l'espace des débris et poussières qui forment un immense anneau autour de Saturne. Lorsque Japet traverse cet anneau durant son orbite, la poussière s'y dépose, mais uniquement sur un de ses côtés, celui en direction de la planète géante. Cette face sombre absorbe plus de chaleur, au point que la glace sous la poussière finit par s'évaporer. Et cette

Côté sombre

Les poussières arrachées à Phœbé, une autre lune de Saturne, se sont agglomérées sur l'hémisphère de Japet qui fait face à la planète.

Côté brillant

L'hémisphère tourné vers le Soleil est recouvert d'une couche de glace qui réfléchit la lumière.

Miranda

La lune patchwork

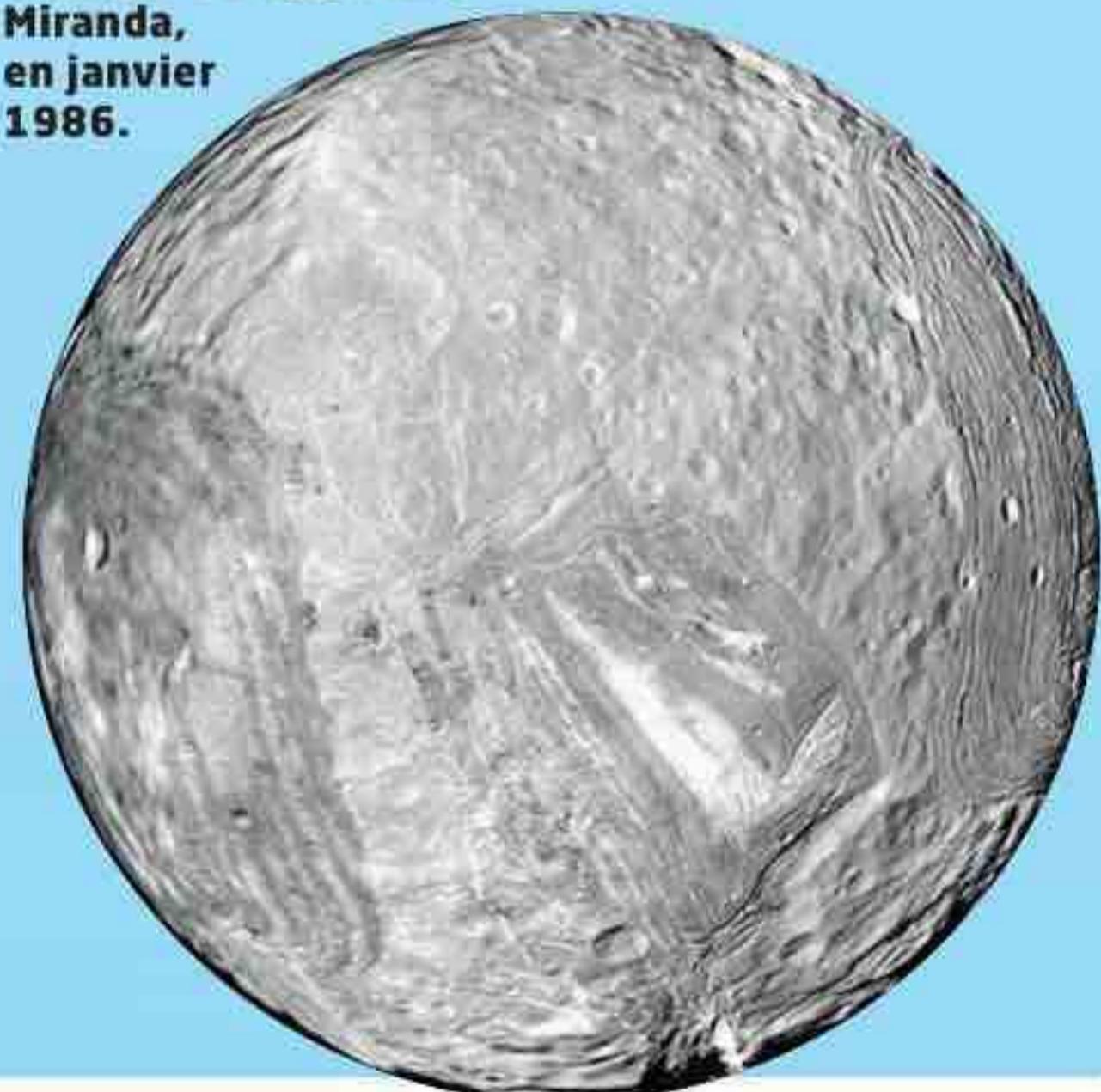
Fiche d'identité

Nom: Miranda
Planète: Uranus
Taille: 27 fois plus petite que la Terre
Date de découverte: 1948

À première vue, avec son faciès qu'on dirait assemblé à la va-vite, la plus petite des cinq lunes d'Uranus ressemble plus au monstre de Frankenstein qu'au personnage shakespearien qui lui a donné son nom... Sa surface, curieuse mosaïque de plaines, vallées, cratères, crêtes, gorges et falaises en tous genres, témoigne d'une activité géologique intense. Mais ce qui intrigue plus particulièrement les astrophysiciens, ce sont ses trois couronnes (ou coronæ), des structures ovoïdes ou trapézoïdes de plus de 200 km de diamètre délimitées par des failles – un peu comme si on l'avait recousue avec des morceaux de patchwork!

Certains y voient le résultat d'une collision très violente qui aurait disloqué la petite lune, avant que ses morceaux s'agrègent à nouveau tant bien que mal. D'autres suggèrent que ces couronnes pourraient avoir été à l'origine des dômes de glace dont le poids aurait provoqué l'effondrement de la roche en dessous. À moins que les responsables soient les forces de marée engendrées par l'attraction gravitationnelle d'Uranus? Difficile de trancher: pour l'heure, il faut se contenter des clichés envoyés en 1986 par la sonde Voyager 2 (la seule à s'être aventurée si loin), laquelle n'a survolé que l'hémisphère Sud de Miranda.

Seule la sonde de la Nasa Voyager 2 a approché Miranda, en janvier 1986.



Néréide

La lune lance-pierres

Fiche d'identité

Nom : Néréide
Planète : Neptune
Taille : 37,5 fois plus petite que la Terre
Date de découverte : 1949

La trajectoire que décrit une lune diffère selon les planètes, mais l'orbite qu'effectue Néréide autour de Neptune est remarquablement « excentrique » : autrement dit, elle a la forme d'une ellipse très allongée. Un peu comme l'élastique d'un lance-pierres qu'on aurait étiré au maximum ! Néréide passe ainsi à 1,3 million de kilomètres au plus près de sa planète, puis s'en éloigne jusqu'à 9,6 millions de kilomètres avant de se rapprocher à nouveau.

L'explication tient sans doute à la présence d'une autre lune, Triton, le plus gros des 14 satellites de la géante de glace. Sa composition, proche de celle de Pluton, ainsi que son orbite rétrograde (il se déplace dans le sens opposé à la rotation de Neptune sur elle-même, ce qui exclut qu'il se soit formé autour de sa planète), laissent penser que Triton appartenait à l'origine à la ceinture de Kuiper (une zone immense d'objets glacés aux confins du Système solaire, où gravitent notamment des planètes naines comme Pluton). Capturé par l'attraction gravitationnelle de Neptune, il aurait tout bousculé sur son passage et, telle une boule dans un jeu de quilles, propulsé Néréide sur cette orbite bizarroïde.

Distance

Néréide gravite entre 1,3 million et 9,6 millions de kilomètres de sa planète.

Durée

Il lui faut 360 jours pour faire un tour complet (un peu moins que la Terre autour du Soleil).

Neptune

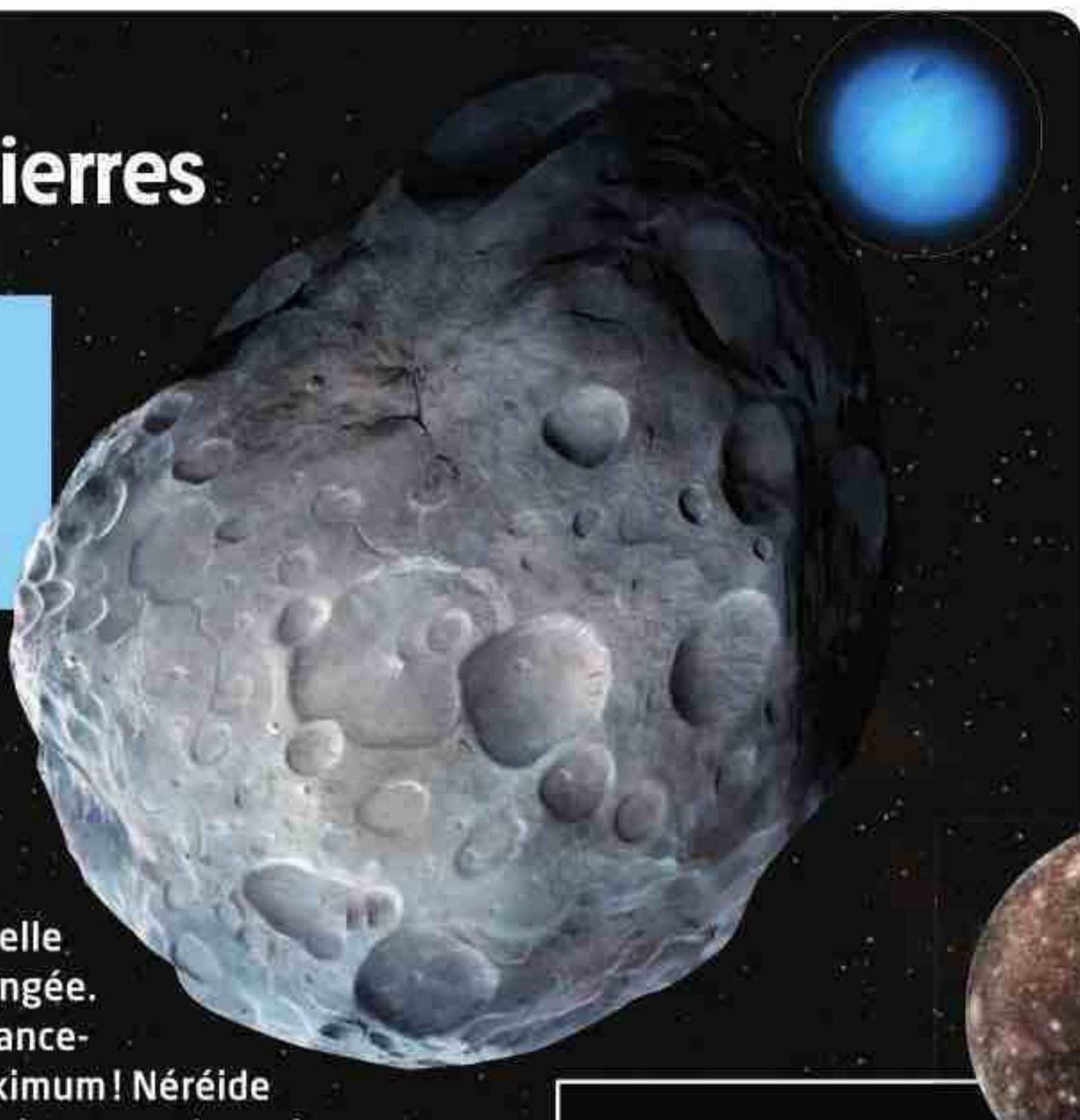
Rotation de Neptune

Triton

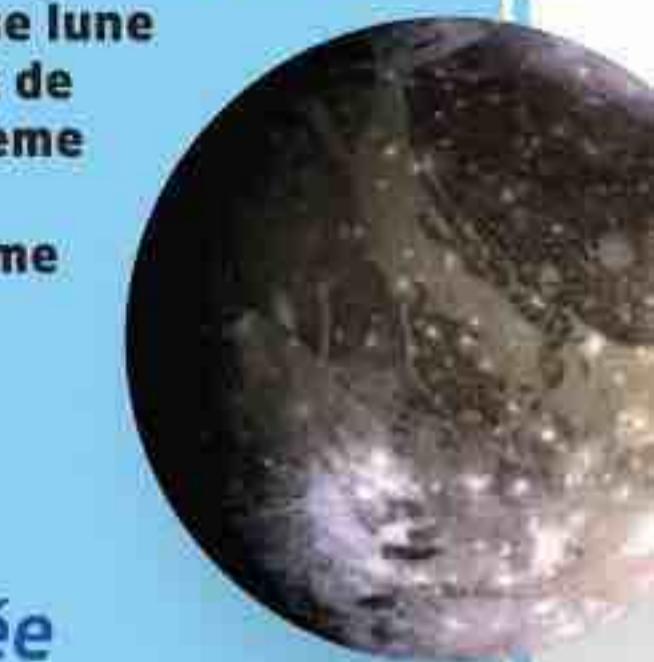
Le plus gros satellite de Neptune présente une orbite quasi circulaire et rétrograde.

Orbite prograde

La lune se déplace dans le même sens que la planète tourne sur elle-même (c'est le cas de la plupart des objets célestes).



Néréide a été observée pour la première fois en 1949 par l'astronome néerlandais Gerard Kuiper, à qui l'on doit également la découverte de Miranda.



5 records

La plus grande

Avec son diamètre de 5 268 km, Ganymède est la plus grosse lune de Jupiter et de tout le Système solaire. Elle dépasse même en taille la planète Mercure !

La plus cratérisée

Autre lune de Jupiter, Callisto est criblée de cratères d'impact, au point que les nouveaux viennent recouvrir les anciens.



La plus froide

Notre Lune détient le record du point le plus froid enregistré dans tout le Système solaire : -240 °C, dans un cratère du pôle Sud qui ne voit jamais la lumière du Soleil.

La plus petite

Avec ses 15 x 12 x 10 km, ce petit corps irrégulier nommé Déimos, l'un des deux satellites de Mars, est environ 300 fois moins grand que notre Lune.



Les plus nombreuses

Grâce aux vingt nouvelles lunes découvertes autour de Saturne en 2019, c'est la géante aux anneaux qui possède désormais le plus grand nombre de satellites naturels (82), juste devant Jupiter (79).

OBSERVER LA LUNE,

Il est possible d'avoir une vue détaillée de notre satellite naturel à l'aide d'un télescope amateur ou de simples jumelles.

Par Louna Esgueva

La Lune n'a jamais cessé de fasciner. Notre satellite naturel serait le résultat d'une collision entre la Terre et une planète plus petite qui se serait produite il y a 4,47 milliards d'années. À l'œil nu, nous voyons facilement certains de ses plus grands traits, de ses taches sombres – des régions qui autrefois débordaient de lave – à ses nombreux cratères, nés pour beaucoup de collisions ou de chutes d'astéroïdes. Avec des jumelles ou un télescope, il est possible d'observer le terminateur, cette frontière fictive qui sépare les faces éclairée et non éclairée de la Lune (ou de n'importe quel astre), ou encore les régions où les missions Apollo atterrissent entre 1969 et 1972. Prêts à «partir» explorer notre satellite? Pour tirer le meilleur de votre observation, voici quelques conseils! ☺

Conseil n°1

Choisissez le bon équipement

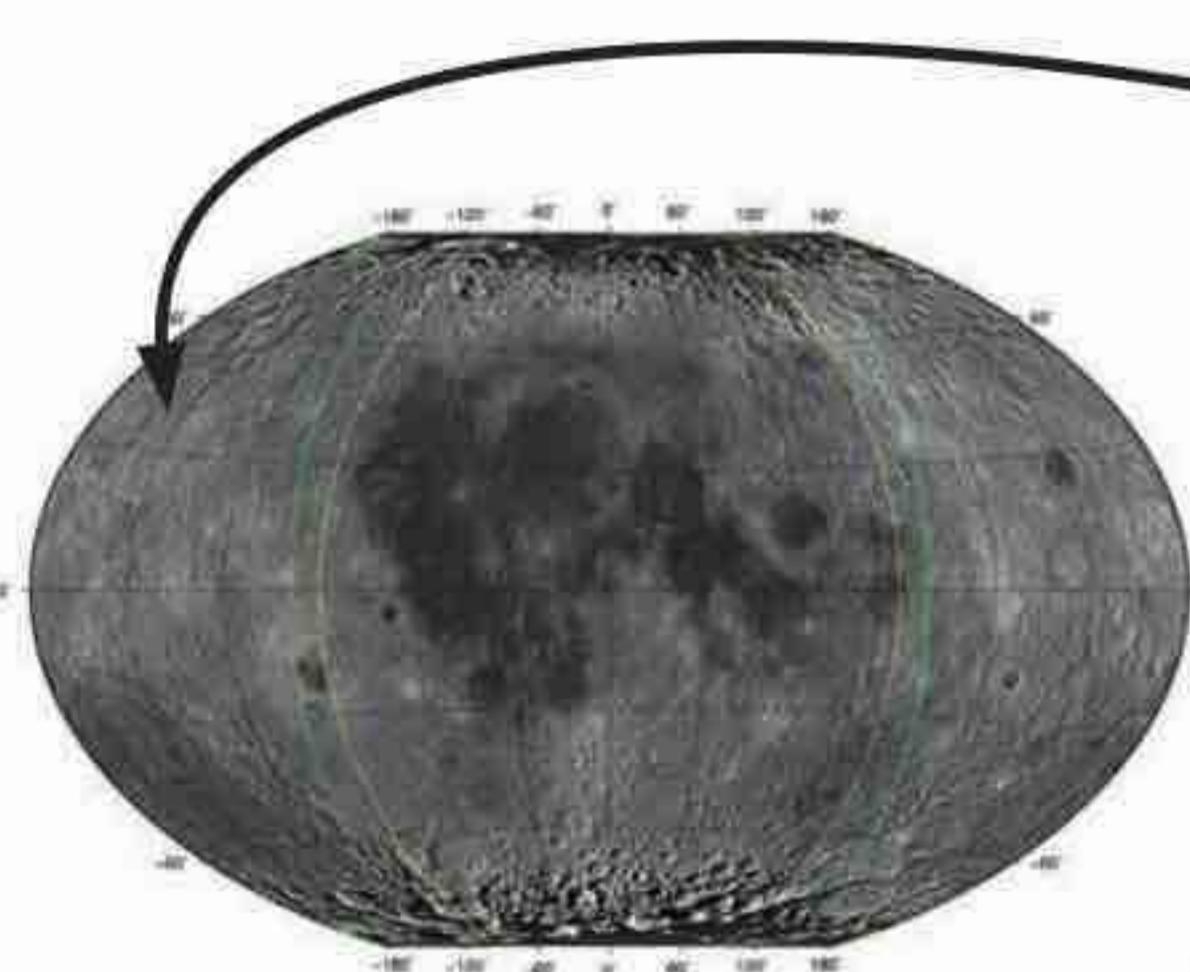
Si vous utilisez un télescope, assurez-vous qu'il est doté d'un filtre lunaire. Il réduira l'éclat lumineux de la lumière solaire réfléchie et vous capterez davantage de détails. Procurez-vous une carte de la surface de la Lune pour identifier certaines caractéristiques clés.



Conseil n°2

Traquez les différences

Si la Lune nous présente toujours la même face, elle oscille un peu sur son orbite (c'est la libration). De fait, nous voyons parfois des zones à ses frontières qui sont invisibles à d'autres moments.



Conseil n°3

Suivez le cycle de la Lune

La Lune tourne autour de la Terre en vingt-neuf jours et demi. En observant le satellite à différents moments de ce cycle, vous capterez de nouvelles perspectives.



Premier croissant



Premier quartier



Lune gibbeuse croissante



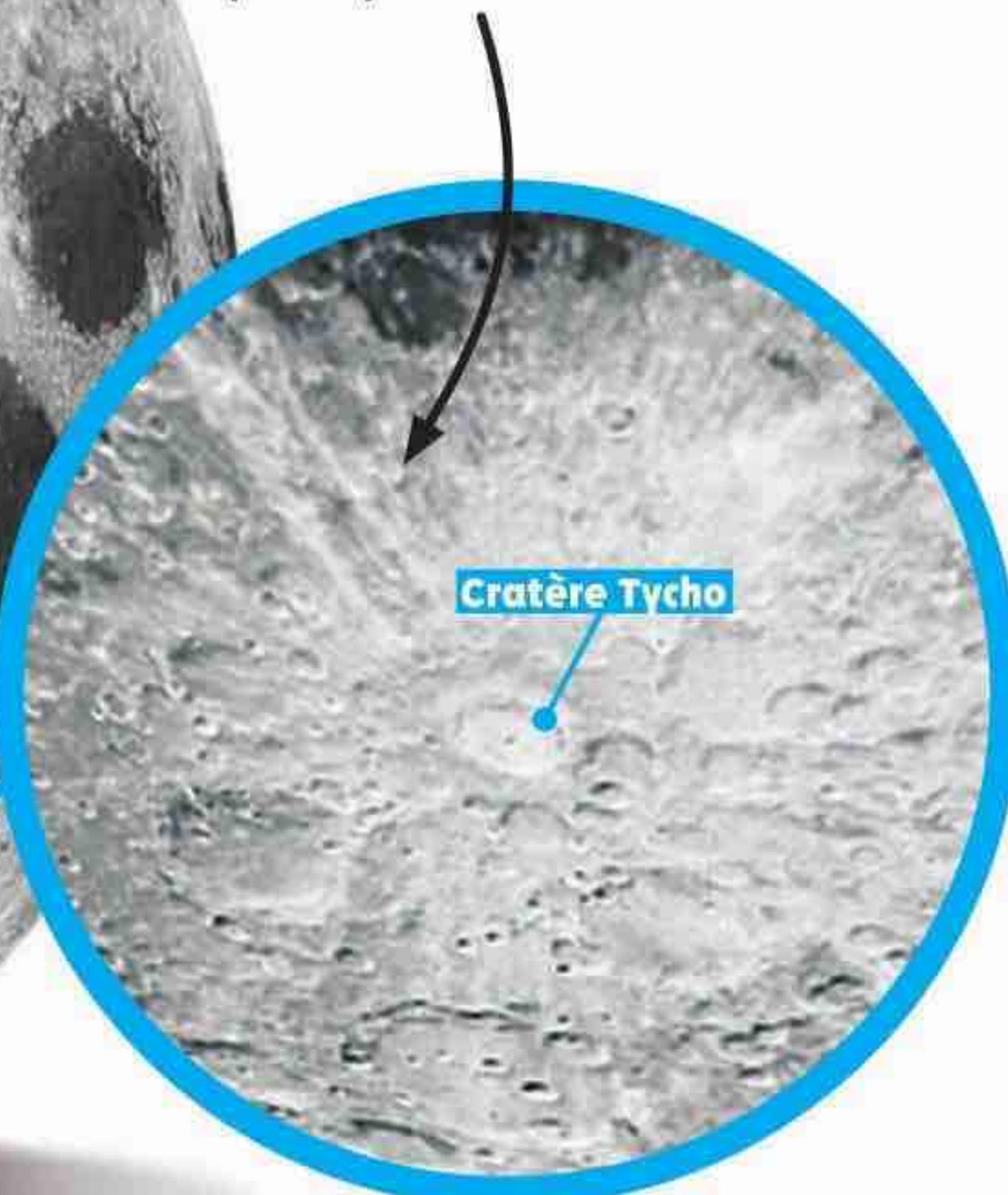
Pleine lune

MODE D'EMPLOI



Conseil n° 4 *Faites attention aux détails*

La Lune regorge de maria (de la lave durcie), cratères, montagnes, crêtes et bien plus encore. Vous pouvez par exemple vous attarder sur le cratère Tycho, facilement visible près du pôle Sud.



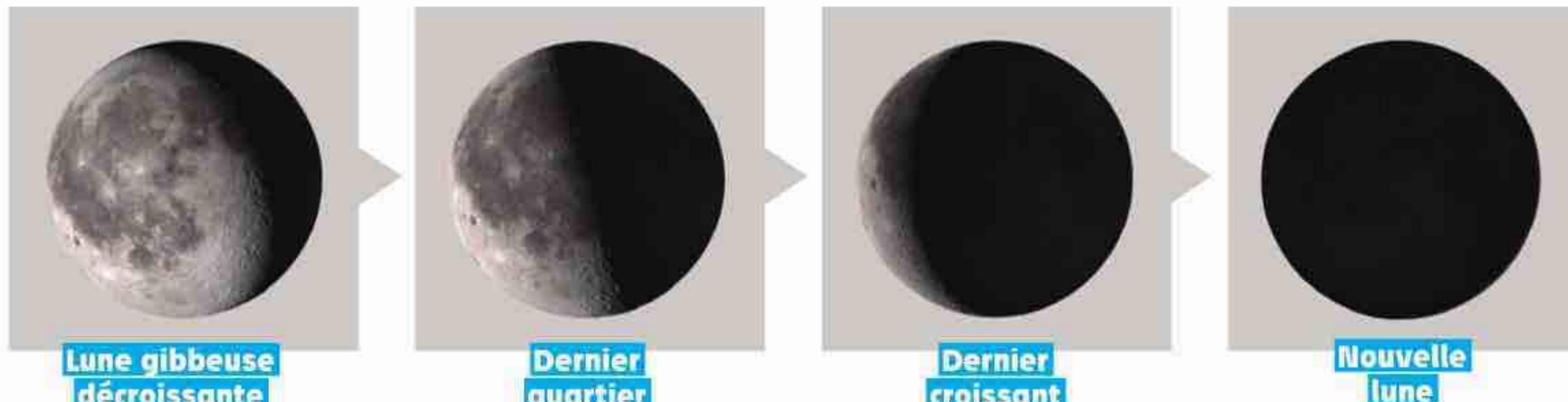
Cratère Tycho

Fiche d'identité

Distance à la Terre: 384 400 km
Masse: $7,35 \times 10^{22}$ kg
(1,2 % de la Terre)
Diamètre: 3 474 km (presque 4 fois plus petit que la Terre)
Température: de -240 °C (à l'ombre) à 120 °C (au soleil)

Conseil n° 5 *Repérez le terminateur*

Le meilleur moment pour observer la Lune est lorsqu'elle forme un croissant. En regardant le long de la ligne de séparation entre l'ombre et la lumière (le « terminateur »), vous verrez davantage de détails à sa surface.



Lune gibbeuse décroissante

Dernier quartier

Dernier croissant

Nouvelle lune

HYPERNOWA

La mort spectaculaire d'une étoile

Ce cataclysme extrêmement rare est l'un des plus puissants de l'Univers : comme si cent supernovæ explosaient toutes à la fois !

Par Clara Baudel

Connaissez-vous les supernovæ ? Ce sont ces étoiles arrivées en fin de vie qui, loin de s'éteindre à petit feu, explosent au contraire dans un gigantesque feu d'artifice. Il faut visualiser une étoile massive (plus de huit fois notre Soleil) ayant épuisé au fil de ses dizaines de millions d'années d'existence tout son «carburant», autrement dit sa matière (essentiellement de l'hydrogène). Le cœur d'une étoile n'est en effet rien d'autre qu'un gigantesque réacteur nucléaire : les noyaux des atomes d'hydrogène y fusionnent pour former de l'hélium, puis d'autres réactions de fusion nucléaire génèrent des éléments plus lourds, jusqu'au fer. Ces réactions émettent de l'énergie notamment sous forme de lumière, c'est pourquoi l'étoile brille. Durant ce processus, le cœur se contracte, devenant de

plus en plus dense et chaud, puis finit par s'effondrer sur lui-même sous l'effet de la gravité. Cet événement engendre une onde de choc qui expulse dans l'espace les couches de gaz externes de l'étoile. Il ne reste alors plus qu'une étoile à neutrons (un astre exceptionnellement dense, qui contient des milliards de milliards de milliards de tonnes dans une boule de quelques dizaines de kilomètres de diamètre) ou, plus rarement, un trou noir.

Le phénomène libère une quantité d'énergie telle que la supernova brille comme plusieurs milliards de soleils. Les premiers astronomes qui les ont observées (au Moyen Âge et peut-être même dès l'Antiquité) pensaient sans doute qu'une étoile venait de s'allumer dans le ciel... alors qu'en réalité, une étoile était morte. Maintenant, imaginez une explosion d'étoile qui libérerait l'énergie (donc

la luminosité) d'une centaine de supernovæ à la fois... C'est ce que les astrophysiciens appellent une hypernova, ou supernova superlumineuse.

Deux théories pour l'expliquer

Ce cataclysme est extrêmement rare : on estime que dans notre galaxie, la Voie lactée, il s'en produit au mieux une à l'échelle du million d'années (contre une tous les cent ans, en moyenne, pour les supernovæ). D'où la difficulté à les observer et à mieux les comprendre. Deux principales théories expliquent leur formation. Les supernovæ pourraient résulter de l'explosion d'une étoile supermassive (au moins trente fois notre



Comment se forme une hypernova

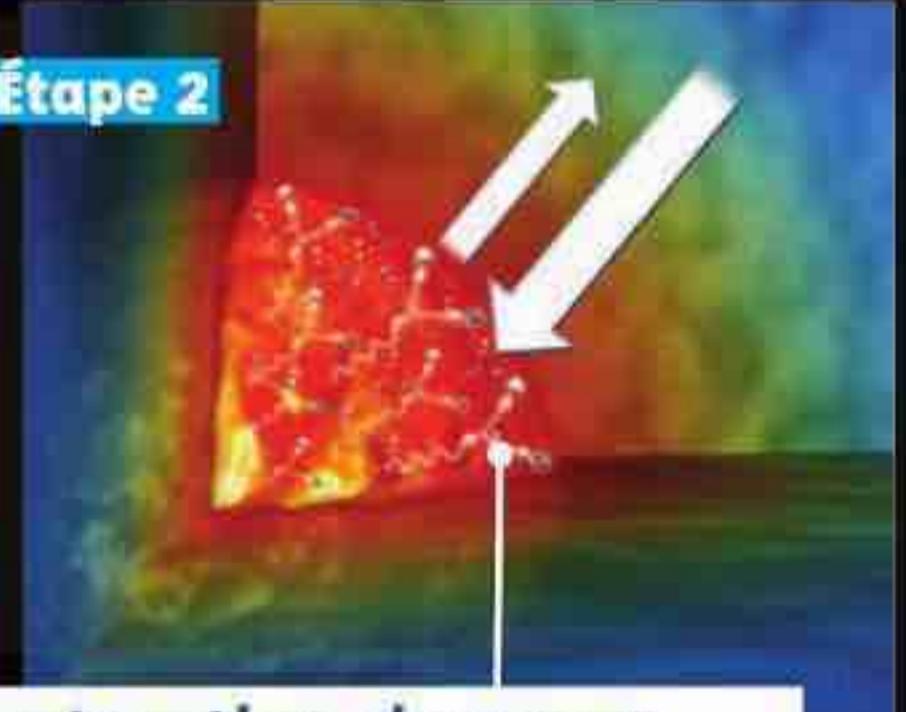
Étape 1



Étoile supermassive

Une étoile au moins 30 fois plus massive que le Soleil a épuisé tout son carburant (de l'hydrogène).

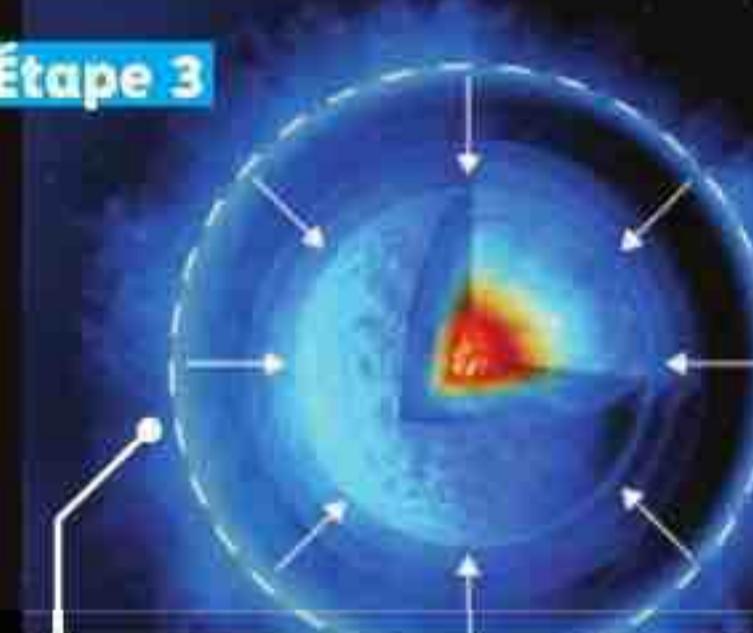
Étape 2



Contraction du cœur

La pression des radiations émises par les réactions nucléaires au cœur de l'étoile n'est plus suffisante pour compenser la gravitation.

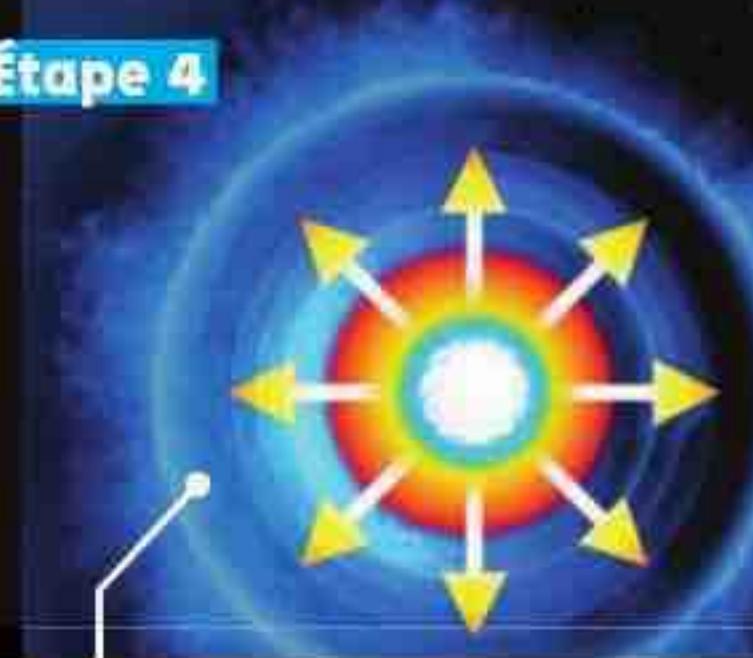
Étape 3



Effondrement

La température extrême du cœur contracté déclenche une réaction thermonucléaire galopante.

Étape 4



Explosion

L'étoile explode : les couches de gaz externes sont d'abord éjectées dans l'espace, puis le cœur lui-même se disloque, ne laissant qu'un trou noir.

Soleil) tournant très vite sur elle-même ou enveloppée d'un champ magnétique puissant – ce que les spécialistes nomment aussi «collapsar». Ou bien de la collision de deux étoiles d'un système binaire, fusionnant en une boule gigantesque qui finirait elle aussi par exploser.

Dans les deux cas, l'étoile disloquée laisse place à un trou noir (un objet si compact qu'il absorbe toute matière alentour et dont rien ne peut s'échapper, pas même la lumière) tandis qu'une quantité prodigieuse d'énergie est libérée sous la forme de «sursauts gamma». Ces jets de rayons gamma (rayonnements

électromagnétiques à haute fréquence) très brefs, entre quelques secondes (sursauts courts) et quelques minutes (sursauts longs), sont les phénomènes les plus brillants de l'Univers. En quelques secondes, ils émettent plus d'énergie que notre Soleil durant toute sa vie (environ dix milliards d'années). Des sursauts gamma observés depuis la fin des années 1990 sont jusqu'ici la seule preuve tangible de l'existence des hypernovæ, qui restent pour l'heure l'un des grands mystères de l'espace... ☺

FILMS, SÉRIES, EXCLUSIVITÉS À DOMICILE...

La guerre du STREAMING est déclarée

La fermeture des salles de cinéma en Europe et aux États-Unis a fait exploser le marché de la vidéo à la demande et par abonnement (SVOD), et Hollywood tente de se réinventer à domicile, pour le pire et le meilleur. Revue de détail des principaux concurrents de cet affrontement titanique.

Par François Bliss de la Boissière

La concurrence était déjà rude entre les plateformes de SVOD quand, en 2019, Apple TV+ et Disney+ sont venus défier le leader Netflix sur le terrain de la diffusion par abonnement de films et séries en streaming à domicile. La pandémie a accéléré brutalement cette concurrence en 2020 avec la fermeture, pendant de longs mois, des salles de cinéma. Au point de bousculer un équilibre des forces économiques du cinéma allant de la production jusqu'à la diffusion, en France comme à Hollywood. La SVOD représentait ainsi 85 % du marché de la vidéo en 2020, selon le Centre national du cinéma (CNC).

Cette année, des annonces spectaculaires des géants du cinéma et de la SVOD dessinent un nouveau paysage incertain. Celui de films sortant de manière limitée en salle, voire pas du tout, avec simultanément, ou exclusivement, une diffusion à domicile. Désormais, entre Disney+, Netflix, Apple TV+, Warner/HBO et d'autres, la guerre est officiellement déclarée. Et pour profiter de chacune de ces exclusivités, il faut se préparer à s'abonner à l'un ou l'autre, voire à plusieurs de ces services. ☺

Netflix

Premier arrivé dès 2007 aux États-Unis, 2014 en France, Netflix reste le leader du streaming à domicile grâce à une interface intuitive, de nombreuses exclusivités et, fort de ses 203,6 millions d'abonnés dans le monde, des moyens colossaux de production et d'acquisition de programmes (6,6 milliards de dollars de chiffre d'affaires en 2020). Cette année, pas moins de 71 films inédits, produits ou achetés, sont prévus dans son catalogue, avec des stars internationales à l'affiche comme Jennifer Lawrence, Leonardo DiCaprio, Timothée Chalamet, Meryl Streep, Dwayne Johnson, Amy Adams... En France, 68,4 % des consommateurs de SVOD utilisent Netflix (soit 9 millions d'abonnés estimés). Mais le succès instantané du concurrent Disney+ met la pression...

Tarif abonnement : de 7,99 € à 15,99 €, selon la formule choisie.





Aux États-Unis, le spectaculaire *Godzilla vs Kong* sort en même temps au cinéma et sur HBO Max le 21 mars.



Disponible depuis janvier dans 190 pays, *Lupin* est la première série française à devenir n°1 sur Netflix dans une grande partie du monde.



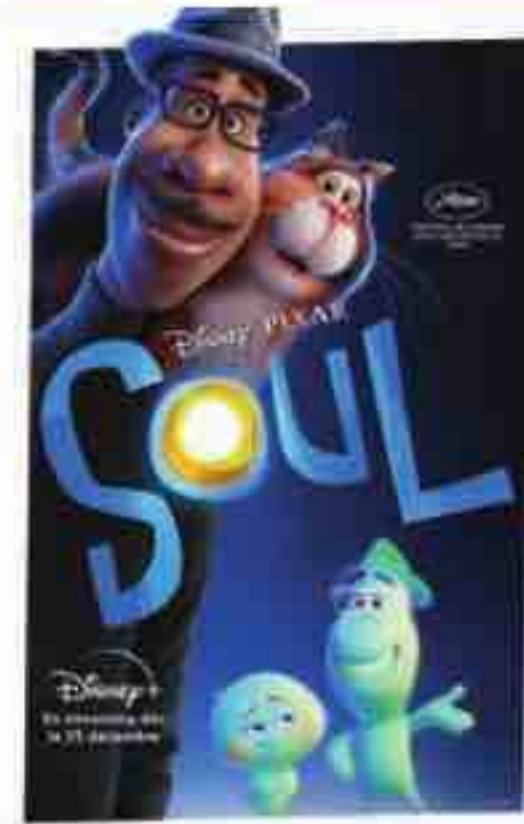
La satire des super-héros de *The Boys* n'épargne personne sur Amazon Prime Video.

Amazon Prime Video

Accessible de facto à tous les adhérents à son service Prime de livraison accélérée depuis 2016 en France (soit 150 millions dans le monde), le leader du commerce en ligne produit ses propres films et séries, comme *The Boys*, ou achète des films sur le marché. Amazon s'apprête à acquérir, au nez d'Apple et Netflix, *Tomorrow War*, un film de SF avec Chris Pratt (*Les Gardiens de la galaxie*), en mettant sur la table la somme spectaculaire de 200 millions de dollars.

Tarif abonnement : 5,99 €.

Disney+ et Star



Dernier arrivé (avril 2020 en France) et déjà un succès au-delà des attentes avec 95 millions d'abonnés (mi-février) dans le monde, Disney+ compte atteindre 300 à 350 millions d'abonnés d'ici à 2024.

Le géant américain du divertissement a officiellement pris un virage complet vers le streaming, au détriment du cinéma en salle. Premiers exemples avec les films *Mulan* et *Soul* et la série inédite *The Mandalorian*, offerts directement dans l'abonnement en streaming. En piochant dans son catalogue historique, Disney prépare dix séries Marvel, dix séries *Star Wars* et quinze séries d'animation ! Depuis février, le label Star ajoute au service les films plus « adultes » du prestigieux catalogue de la 21st Century Fox, racheté par Disney en 2019 (*Avatar*, *La Planète des singes*, *Kingsman*, *Alien*, qui aura aussi droit à une série, *X-Files*, *24 Heures chrono*...).

Tarif abonnement : de 6,99 € à 8,99 €.



WandaVision est la première série du MCU (Marvel Cinematic Universe) exclusive à Disney+.

OCS, HBO et HBO Max

Coup de tonnerre, fin 2020 : le studio Warner, propriétaire de la célèbre chaîne câblée HBO, annonce la sortie de tous ses blockbusters de cinéma de 2020 et 2021 (*Godzilla vs Kong*, *Dune*, *Matrix 4...*) en SVOD sur HBO Max aux États-Unis, parallèlement à une sortie limitée en salle. HBO Max doit être lancé en Europe et en France mi-2021. Problème, depuis 2017, les programmes HBO (*Les Sopranos*, *Game of Thrones*, *Big Little Lies*, *Watchmen*, *West World*, *Chernobyl...*) sont diffusés en exclusivité sur Orange Cinéma Séries (OCS) en France. Bien qu'actif depuis 2008, avec 3 millions d'abonnés, le service d'Orange ne représente que 7,5% des abonnés à la SVOD.

Tarif abonnement : de 9,99 € à 11,99 €.



Timothée Chalamet et Rebecca Ferguson sont au casting d'une nouvelle adaptation du roman *Dune* (1965) de Frank Herbert, prévue en 2020 puis reportée.



L'immense succès des huit saisons de *Game of Thrones*, produite et diffusée par HBO (OCS en France) de 2011 à 2019, a ouvert la voie aux séries spectaculaires et à gros budget.



Apple TV+

ancé en 2019 avec uniquement des séries exclusives de prestige, le service de SVOD *made in Apple* manque cruellement de contenu. Cependant, avec un prix d'abonnement réduit et la gratuité offerte pendant un an aux acheteurs de produits Apple (six abonnés sur dix), le service s'installe lentement mais sûrement dans le paysage de la SVOD. Comme la concurrence, Apple achète des films clés en main tel *Greyhound*, avec Tom Hanks, ou *Cherry*, le nouveau film des frères Russo depuis *Avengers : Endgame* avec Tom Holland (*Spider-Man*), ou en produit (*Kitbag*, un nouveau projet signé Ridley Scott avec Joaquin Phoenix dans le rôle de... Napoléon Bonaparte!).

Tarif abonnement : 4,99 €.



Très attendue sur Apple TV+ en 2021, l'adaptation en série de la saga *Foundation* (1942-1993) d'Isaac Asimov.

Salto

Décidés à faire front aux services de SVOD venant des États-Unis, France Télévisions, TF1 et le Groupe M6 se sont associés en lançant fin 2019 un service de SVOD enfin efficace (interface et contenu) d'abord dédié à la création française. On y trouve quand même de belles productions américaines inédites comme *Becoming a God* ou la quatrième saison inédite de la série *Fargo*. Salto propose les replays des émissions des chaînes de TV concernées et des programmes en avant-première telle la série *Les Aventures du jeune Voltaire* en janvier, avant diffusion sur France Télévisions.

Tarif abonnement : de 6,99 € à 12,99 €.



Becoming a God met en vedette Kirsten Dunst.

Canal+ Séries

Présent depuis 2011, le service Canalplay a été clôturé en novembre 2019 avant d'être remplacé par Canal+ Séries, accessible via l'application

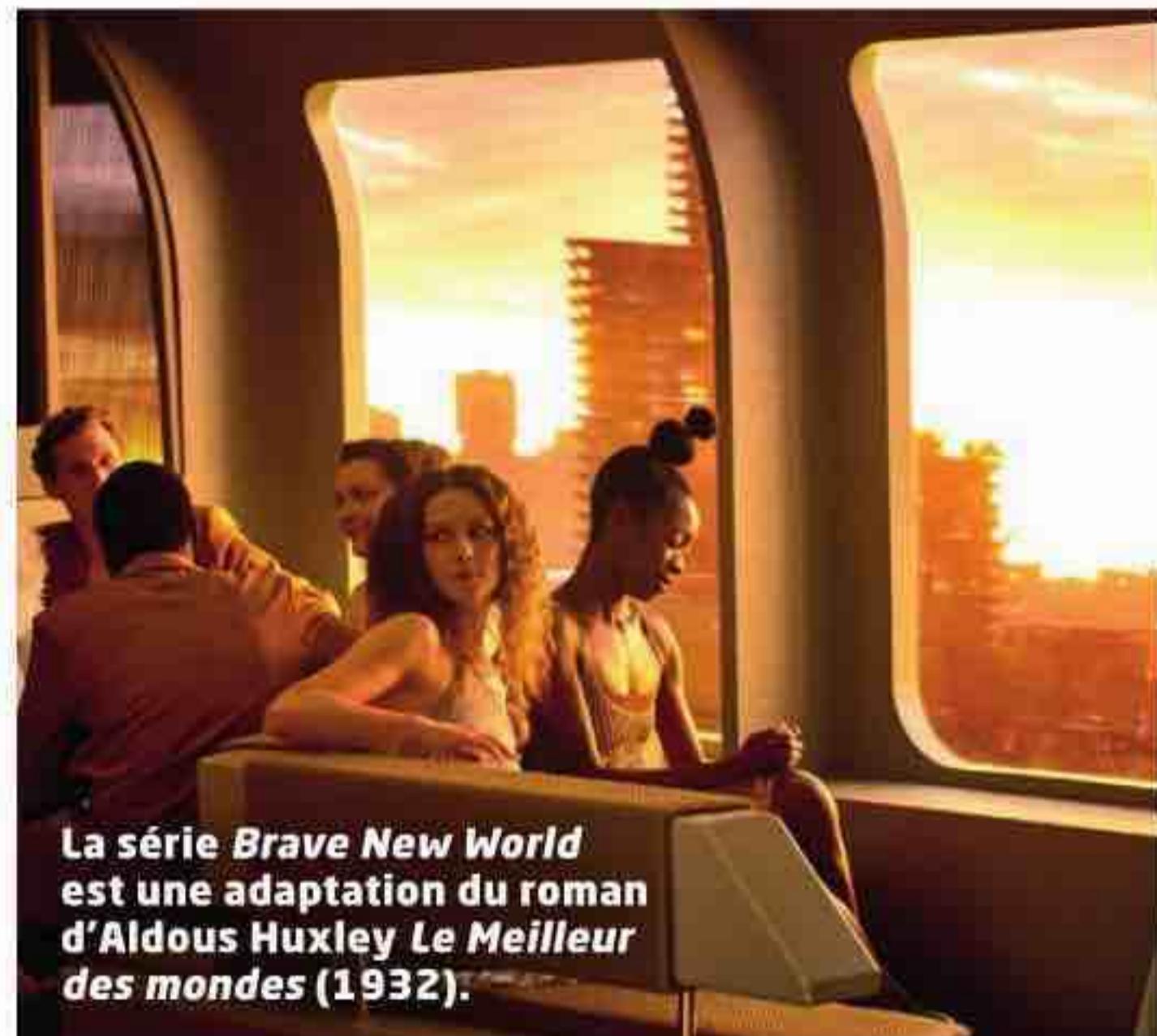


myCanal. Une offre de services et de tarifications toujours trop compliqués de l'entité Canal+, mais c'est sur Canal+ Séries que se trouvent des pépites comme les séries *Devs* ou *Mrs. America* et des créations originales françaises telles que *L'Effondrement*, *Le Bureau des légendes* ou *OVNI(s)*. Et depuis février, les abonnés ont désormais aussi accès à tout le contenu de Starzplay.
Tarif abonnement: de 6,99 € à 11,99 €.

Starzplay

Challenger discret parmi les noms connus depuis fin 2019, Starzplay se construit peu à peu en France un catalogue de séries plutôt audacieuses visant un public de jeunes adultes branchés avec les séries *The Great*, *Brave New World*, *The Stand*, *High Fidelity* avec Zoë Kravitz... Depuis décembre 2020, Starzplay est également disponible via Molotov TV, un service français de SVOD et d'agrégation de chaînes TV diffusées par Internet.

Tarif abonnement: 4,99 €.



Financement

La France fait de la résistance

Europe, et surtout la France, dont le modèle de financement du cinéma dépend en grande partie des chaînes de TV et de l'État via le Centre national du cinéma (CNC), réclame des quotas de productions locales aux géants américains du streaming. Un bras de fer est entamé. En discussion depuis décembre, les professionnels du secteur (producteurs, distributeurs, exploitants, syndicats professionnels, chaînes de TV et plateformes de streaming) avaient

jusqu'au 31 mars pour s'entendre sur un assouplissement de la chronologie des médias, de façon à ce que les films arrivent plus vite en SVOD, et sur un taux de participation aux productions locales. Netflix, Disney+ et Amazon devraient par exemple reverser 25 % de leurs revenus au financement de productions françaises et européennes. La ministre de la Culture Roselyne Bachelot a affirmé que Netflix sera tenu de verser entre 150 et 200 millions d'euros par an à la création française.

© Warner Bros./2019 Home Box Office, Inc. All rights reserved; 2020 Chiabella James/Warner Bros./Legendary Pictures; Apple TV+: Canal+/Starzplay; Netflix: Phil Bray/Netflix

En chiffres

25 Mb/s

Le débit minimum pour accéder au streaming vidéo en 4K (5 Mb/s en HD)

70 %

des foyers ont accès au haut débit en France

62 millions

L'audience mondiale record pour l'excellente mini-série *Le Jeu de la dame* sur Netflix, en vingt-huit jours



55 €

Le prix minimum total des abonnements aux huit services de SVOD cités ici (78 € pour l'option premium avec multi-écrans et 4K)

+ 35,8 %

La croissance de la consommation des services de SVOD en France en 2020

33 ans

L'âge moyen du public de la SVOD (contre 39 ans pour le cinéma et 48 ans pour la télévision)

1/3

des 15-24 ans regardent Netflix

L'INNOVATION FRENCH TECH DU MOIS

Le kit pour faire de la trottinette

La start-up francilienne Omni a développé une fixation qui devrait faciliter les déplacements des personnes à mobilité réduite.

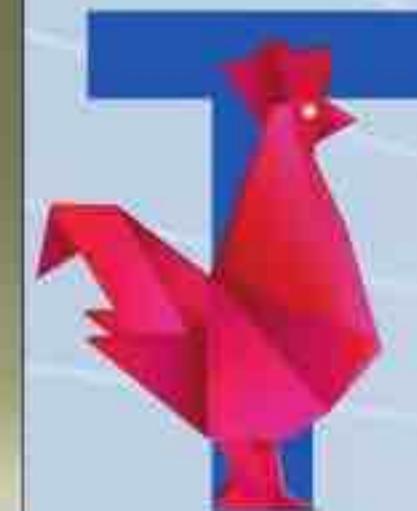
Par Clément Le Foll



Le socle de Globetrotter se fixe sur la trottinette et permet au fauteuil roulant de s'enclencher dessus.



L'équipe d'Omni (de gauche à droite): Mathieu, Robin, Charlotte, Sullivan et Noé.



rottoirs, pavés, montées... Au quotidien, de multiples pièges rendent difficiles les déplacements des personnes à mobilité réduite. Pour s'en rendre compte, Noé Vinot-Kahn, 28 ans, a passé deux semaines dans un fauteuil roulant. «J'ai ressenti des douleurs aux doigts et aux épaules, et cela a compliqué mes interactions sociales», se souvient le jeune homme. Cette expérience, il l'a menée en 2018, alors qu'il devait présenter un projet de fin d'études à l'École des Ponts ParisTech. Avec trois collègues ingénieurs, Mathieu, Robin et Sullivan, Noé recueille une cinquantaine de témoignages. Dont

Noé Vinot-Kahn,

CV en bref

2010 : obtient son bac scientifique à Paris

2010-2012 : prépa scientifique à Paris

2013-2018 : intègre le cycle ingénieur de l'École des Ponts ParisTech

2015 : effectue un tour du monde lors d'une année de césure

Depuis 2018 : cofondateur d'Omni

5 000 €

La somme moyenne pour motoriser un fauteuil roulant

électrique en fauteuil roulant

LE CONCEPT

celui de Charlotte, en fauteuil depuis ses 4 ans, qui se greffe au projet. L'équipe constate rapidement que les rues sont inadaptées aux fauteuils, et que les trajets en transports en commun sont en moyenne deux fois plus longs pour les personnes concernées. « Nous avons aussi perçu leur envie d'avoir accès aux mêmes choses que nous, afin de briser ce stigmate du handicap », ajoute Noé.

Surélever les deux roues avant

Les trottinettes électriques en accès libre se démocratisent alors à Paris. C'est le déclic. Les entrepreneurs imaginent une fixation permettant d'accrocher un fauteuil roulant à une trottinette

électrique, et fondent leur start-up, Omni, basée à Montrouge (Hauts-de-Seine), à la fin de l'année 2018. Les premiers prototypes sont conçus un an plus tard ; la version finale est validée en janvier 2020. « Elle est compatible avec la majorité des trottinettes privées du marché », précise Noé.

Nommée Globetrotter, la fixation se compose de trois parties : un socle rectangulaire en inox qui s'accroche au plateau de la trottinette, des attaches en aluminium destinées au châssis du fauteuil et une pièce en forme de U à fixer sur le socle et les attaches, qui s'adapte en hauteur et en largeur aux différentes tailles de fauteuil. En surélevant les deux roues avant du

fauteuil, la fixation remplit l'objectif initial : faciliter les déplacements. « Sur des zones accidentées, il n'y a plus que deux roues qui sont en contact avec le sol, ce qui réduit les vibrations », clarifie Noé, qui conseille toutefois de ne pas dépasser les 15 km/h.

La start-up a lancé un financement participatif le 1^{er} décembre dernier. Quinze jours plus tard, plus de 31 000 € avaient déjà été réunis. À l'heure où nous écrivons cet article, Omni espérait récolter 45 000 € pour financer un passage à l'échelle, première étape vers une industrialisation. Les 150 premières fixations, commandées en majorité par des particuliers, mais aussi par des distributeurs, devaient être livrées en mars. 

L'INTERVIEW

28 ans, cofondateur d'Omni

Comment ça marche : Quelle a été la principale difficulté à laquelle vous avez été confronté ?

N. V.-K. La principale difficulté a été de réussir à trouver des standards sur les dimensions des fauteuils. Il y a toujours des réglages et des types de fauteuils différents, selon les pathologies et les mouvements que les personnes peuvent effectuer. Avant de finaliser le bon prototype, en trois parties, nous en avons d'abord testé plus de cinquante.

CCM : Qu'est-ce qui vous a poussé à continuer ?

N. V.-K. Les retours des utilisateurs étaient bons ! Ils nous aidaient, nous donnaient des conseils, on voyait que ça allait changer leur quotidien. On découvrait des personnes qui nous touchaient et qu'on voulait valoriser, pour sortir du stéréotype « handicap triste », car on voyait des gens pleins de vie.

CCM : Comment faites-vous pour que tout soit sécurisé ?

N. V.-K. Nous avons réalisé une analyse de risques sur les situations qui pourraient mal se passer. En parallèle, nous avons étudié des dizaines de retours de personnes qui testaient la fixation. Aujourd'hui, nous réunissons à la fois les normes de sécurité des fauteuils roulants électriques et celles des trottinettes. Nous proposons également un frein supplémentaire pour les trottinettes, qui peut être installé simplement chez un revendeur.



© Omni

LES CHIFFRES

400 000 €

La somme nécessaire pour développer la fixation

690 €

Le prix auquel elle devrait être commercialisée

Les objets du mois



La sélection de *Comment ça marche*:
des objets du quotidien malins, high-tech
et écolos, qui facilitent la vie tout
en respectant l'environnement.

Par Sophie Noucher



Friendly Frenchy, les lunettes de soleil en coquillage

Imaginer autre chose que des cendriers pour réutiliser des coquilles d'huîtres, c'est possible ! Friendly Frenchy a créé deux lignes de lunettes solaires, Plage et Solarmor, à partir de matière biosourcée (comme de l'huile végétale) et de divers coquillages. Le modèle « La dérive », par exemple, est fabriqué à la main avec des huîtres du Cap Ferret et de la cellulose de bois.

Modèles à base de palourdes, de moules, de coquilles Saint-Jacques, d'huîtres...

Origine : Bretagne, bassin d'Arcachon, étang de Thau...

Verres catégorie 3 (traités antireflets et incassables selon les modèles), fabriqués dans le Jura

Prix : de 80 € à 265 €

www.friendlyfrenchy.fr



Airpeak, le premier drone de Sony

Au salon des nouvelles technologies de Las Vegas (CES), en janvier dernier, le japonais Sony a présenté son premier drone, conçu pour les professionnels de l'image. Équipé de quatre rotors, il intègre plusieurs capteurs visuels et peut accueillir en plus un appareil hybride. Les images restituées dans la démo pendant le vol sont très stables. Sony devrait le commercialiser ce printemps.

Train d'atterrissement qui se replie en vol; en démonstration, fonctionne avec deux batteries et une télécommande

Prix : non communiqué



Supreme in, les écouteurs tout confort

Ils sont dans l'oreille mais vous les oubliez car ils ne font pas pression, même si vous portez des lunettes! En effet, c'est vous qui réglez le collier. Grâce à des haut-parleurs linéaires HD de 10,7 mm, le fabricant promet un son aussi dynamique qu'avec un casque - équilibré avec des basses profondes notamment.

Connexion Bluetooth, portée 10 m, autonomie seize heures
Bruits extérieurs perceptibles
Bascule automatique en standby autour du cou
Existent en 6 coloris
Prix: 119,99 €
<https://teufelaudio.fr/supreme-in-106114000>



Engage, la console du futur sans pile ni batterie

Inspirée de la Game Boy de Nintendo, cette miniconsole fonctionne à l'énergie solaire mais aussi grâce aux pressions des doigts sur les touches, qui la rechargent pour quelques secondes. Pour l'instant, l'écran est tout petit et il n'y a pas de son. Mais les ingénieurs de Delft (Pays-Bas) et ceux de la Northwestern University (États-Unis) y travaillent!

Prototype
Fonctionne avec les anciennes cartouches de jeux Nintendo
5 mini-panneaux solaires
Sauvegarde automatique lorsque la batterie est presque déchargée

Bird Buddy, la mangeoire qui identifie les oiseaux de votre jardin

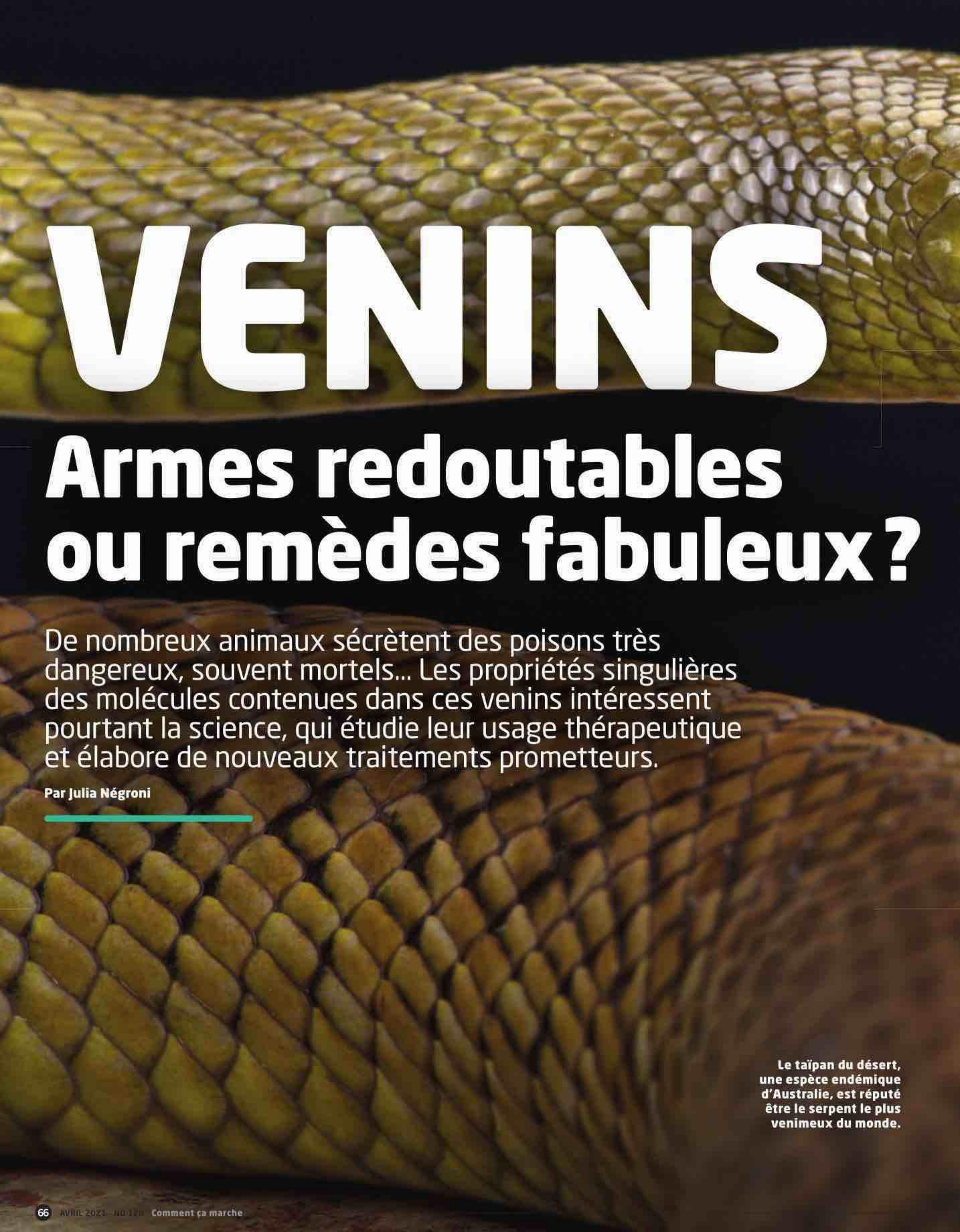
Plus besoin de se cacher derrière ses rideaux. Cette mangeoire en forme de cabane détecte l'oiseau qui se pose pour picorer et déclenche une photographie. L'image apparaît immédiatement sur votre smartphone, accompagnée du nom de l'espèce! À vous de rassembler un album des spécimens de votre quartier que vous pourrez par exemple partager avec la Ligue pour la protection des oiseaux pour l'aider lors de ses recensements.

Dimensions: 23 x 160 x 17,5 cm, 600 g de capacité de remplissage
Caméra détachable (angle de 120°) et câble pour le rechargement

Résiste à des températures entre -20°C et 48°C
Livrée avec un guide des graines, un kit de fixation et une corde en nylon
1 000 espèces d'oiseaux

identifiées dans l'appli
Précommandes à partir de 165 € sur Indiegogo, premières livraisons prévues pour septembre
<https://mybirdbuddy.com>





VENINS

Armes redoutables ou remèdes fabuleux?

De nombreux animaux sécrètent des poisons très dangereux, souvent mortels... Les propriétés singulières des molécules contenues dans ces venins intéressent pourtant la science, qui étudie leur usage thérapeutique et élabore de nouveaux traitements prometteurs.

Par Julia Négroni

Le taïpan du désert, une espèce endémique d'Australie, est réputé être le serpent le plus venimeux du monde.



**Environ
173 000 espèces
animales connues
sont capables de
neutraliser une proie
ou un prédateur
avec leur venin**



Serpents, scorpions, araignées, méduses... Environ 173 000 espèces animales recensées dans le monde sont capables de neutraliser en quelques instants les fonctions vitales d'une proie ou d'un prédateur à l'aide d'une arme redoutable : le venin. Ce cocktail complexe de molécules biologiques (enzymes et toxines) peut être injecté de différentes manières. Les animaux venimeux « actifs », les plus nombreux, font pénétrer leur venin dans la circulation sanguine de leur victime grâce à une glande reliée à un appareil inoculateur, comme les crochets des serpents, le harpon des cônes (escargots de mer), les chélicères (crochets articulés) des araignées ou encore l'aiguillon des scorpions... Pour les animaux véneneux dits « passifs », comme les diplopodes (mille-pattes) ou les dendrobates (petites grenouilles tropicales), c'est un autre mécanisme : le venin est concentré dans leurs tissus ; ils ne deviennent toxiques que si le prédateur les consomme ou les touche.

Trois catégories de toxines

Les venins peuvent généralement être classés en trois principales catégories selon leurs propriétés. Les neurotoxiques, tels que ceux des cobras, des araignées, des scorpions, des cônes ou encore des méduses-boîtes, bloquent la transmission de l'influx nerveux au niveau neuromusculaire et provoquent la paralysie progressive des muscles, ce qui conduit généralement au décès par arrêt du système respiratoire. Les venins ...

... hémotoxiques, eux, s'attaquent aux globules rouges du sang qui coagulent pour former des caillots sanguins gélagineux, avec à la clé de graves hémorragies internes. D'autres venins comme ceux des vipéridés (famille des vipères) sont à la fois hémotoxiques et cyto-toxiques (nécrosants). Les cytotoxines induisent une rupture de la membrane cellulaire, provoquant la destruction par nécrose de la plupart des cellules du tissu touché à proximité de la morsure. Ce phénomène permet au prédateur de pré-digérer sa proie, afin de la manger plus facilement. Certaines espèces de vipéridés, comme la vipère aspic ou le crotale, possèdent même un venin regroupant les trois types de toxines!

Parmi les trois, les neurotoxines sont les plus puissantes. Le taïpan du désert, un serpent australien, peut ainsi faucher un homme adulte en moins de quarante-cinq minutes. Son venin est cinquante fois plus毒ique que celui du cobra royal, le serpent le plus long du monde (jusqu'à 5,60 m). Ce dernier peut pourtant terrasser un homme en quinze minutes seulement! Pour cela, il doit injecter jusqu'à 600 mg de venin en une seule morsure, soit beaucoup plus que le taïpan.

La souris sauterelle n'est pas affectée par les neurotoxines du scorpion qu'elle compte bien dévorer.



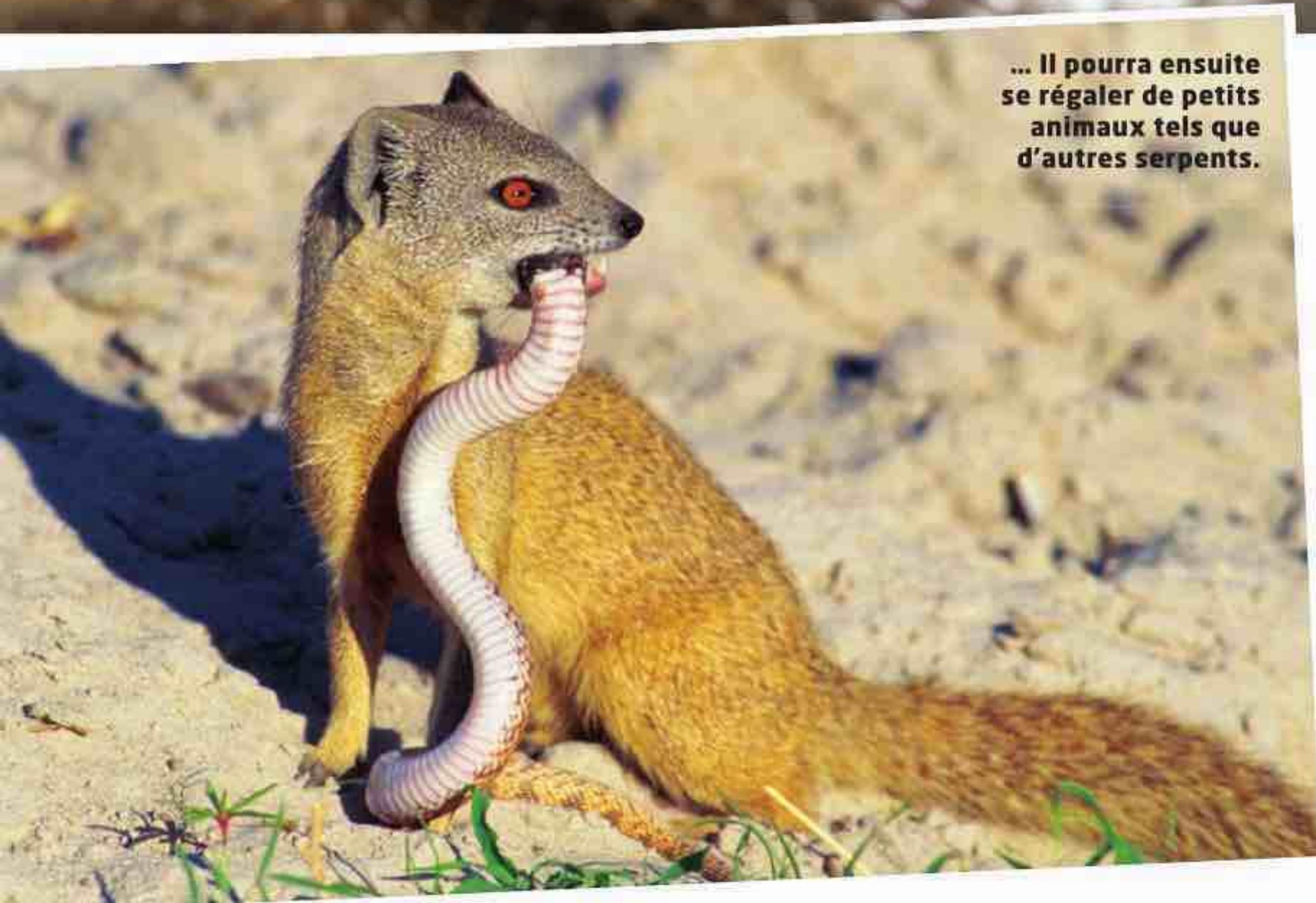
Quant au titre d'animal le plus venimeux au monde, il revient à la méduse-boîte, ou guêpe de mer, responsable de plus de 5 500 décès depuis 1954. Largement répandue dans l'océan Pacifique, notamment dans les eaux du littoral australien, hawaïen, mexicain et du Sud-Est asiatique, elle n'a qu'à toucher une proie avec un tentacule pour injecter, grâce à une pointe urticante, un venin neurotoxique directement dans la circulation sanguine. Les toxines s'attaquent alors très rapidement aux cellules de la peau, au système nerveux et au cœur, provoquant une douleur très intense puis la mort en seulement deux à cinq minutes!

Des mécanismes adaptatifs

Mais aussi foudroyants que soient ces venins, certains animaux ont développé des stratégies afin d'y résister. C'est le cas de la mangouste, qui ne craint pas la morsure du cobra. Son rempart: un mécanisme adaptatif qui empêche les neurotoxines de se lier aux récepteurs de ses neurones et annihile ainsi les effets paralysants du venin. Les souris sauterelles ont elles aussi évolué génétiquement pour résister au venin du scorpion d'écorce, le plus dangereux de l'Arizona (États-Unis). Comment? En transformant l'effet neurotoxique des toxines en... anti-douleur! Des scientifiques de l'université du Texas ont ainsi mis en évidence une mutation d'un récepteur situé sur les neurones de la douleur qui le rend capable de se lier aux toxines du venin, mais incapable de transmettre l'influx ...



... Il pourra ensuite se régaler de petits animaux tels que d'autres serpents.



Aussi foudroyants que soient ces poisons, certains animaux ont évolué pour y résister

Comment agit le venin de la veuve noire

Le poison de cette araignée présente aux États-Unis et au Mexique provoque une douleur atroce. En cause, une neurotoxine (l'alpha-latrotoxine) impliquée dans la transmission des signaux nerveux responsables de la douleur. Généralement, la morsure de veuve noire n'est pas mortelle pour l'homme car le venin est injecté en trop faible quantité, sauf chez les personnes sensibles ou fragiles, comme les enfants en bas âge, les personnes âgées ou ayant des problèmes cardiaques.

Glande à venin

Le venin est produit et stocké dans un petit sac.

Canal à venin
Lorsque l'araignée est menacée, le venin est propulsé le long de ce canal pour être inoculé dans l'organisme de sa victime grâce aux chélicères (crochets articulés).

1. Alpha-latrotoxine

Cette neurotoxine se fixe à des récepteurs (des canaux permettant le passage des ions calcium) situés sur la membrane des neurones présynaptiques (avant la synapse, la zone de contact entre deux neurones).

4. Transmission du message nerveux

Libérés en abondance, les neurotransmetteurs se fixent aux récepteurs situés sur la membrane du neurone post-synaptique (après la synapse), induisant la naissance d'une onde électrique, ou message nerveux.

5. Sensation douloureuse accrue

Le message nerveux est transmis le long des voies nerveuses jusqu'à des zones du cerveau qui le traitent comme une sensation douloureuse. La victime ressent alors une douleur intense.

2. Ouverture des canaux aux ions calcium

L'alpha-latrotoxine ouvre tous les canaux, induisant une entrée massive des ions calcium à l'intérieur du neurone.

3. Sécrétion massive de neurotransmetteurs

Les ions calcium permettent la libération des neurotransmetteurs dans l'espace synaptique (jonction entre deux neurones).

La femelle de la veuve noire peut atteindre 4 cm de longueur.

© Getty: Illustration by Nicholas Forder

... nerveux au cerveau. Autrement dit, les neurones de la douleur sont désactivés, créant un effet «anesthésiant»; ce qui permet au rongeur de se délecter de ces petits scorpions sans ressentir la moindre douleur en cas de piqûre.

À chacun sa méthode

D'autres animaux sont devenus des experts dans l'art de neutraliser les venins. Champion toutes catégories, l'opossum nord-américain résiste ainsi aux morsures de douze espèces de serpents venimeux! Il peut empêcher l'action du venin hémotoxique du crotale grâce à un peptide «garde du corps» qui circule dans son sang (un antivenin). Le poison est ainsi neutralisé avant qu'il n'agisse sur la coagulation des globules rouges.



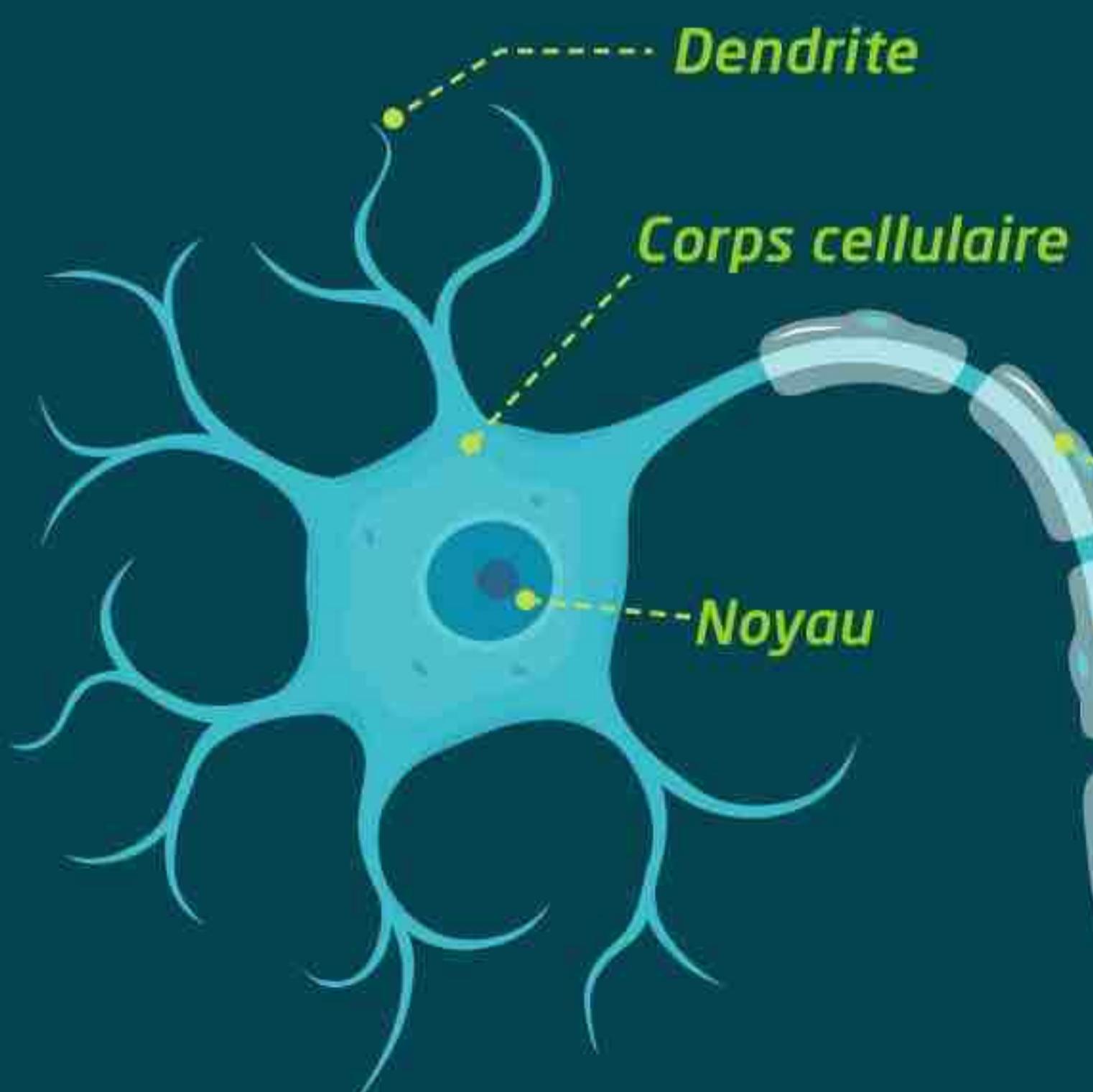
À défaut d'antivenin ou d'adaptation génétique, la tortue luth présente une adaptation physique qui lui permet de dévorer sans risque la redoutable méduse-boîte. Son arme antivenin? Un œsophage tapisé de papilles (ou protubérances) constituées de kératine dure, le même matériau

que l'on retrouve dans les ongles. Grâce à cette protection, les toxines de la méduse ingérée n'ont aucun effet sur ce long tube et parviennent jusqu'à l'estomac, où le cnidaire est digéré.

L'oiseau secrétaire, un rapace africain diurne aux longues pattes couvertes de plumes jusqu'à l'articulation, utilise quant à lui les arts martiaux, et plus spécifiquement le kung-fu, pour parer aux attaques des animaux venimeux! Il évite les piqûres en frappant plusieurs fois du pied le crâne des serpents qui voudraient le mordre. Des chercheurs de l'université de Londres ont calculé qu'il ne fallait pas plus de quinze millisecondes à l'oiseau pour frapper la tête du serpent, avec une force de 195 newtons, l'équivalent de 20 kg! On connaît l'adage : la meilleure défense, c'est parfois l'attaque. ☺

La défense du ratel

Au cours de l'évolution, les récepteurs post-synaptiques des neurones du ratel d'Afrique (également appelé blaireau à miel) ont muté pour devenir résistants aux neurotoxines du venin du cobra.



Axone (neurone présynaptique)

Nœud de Ranvier

Bouton synaptique

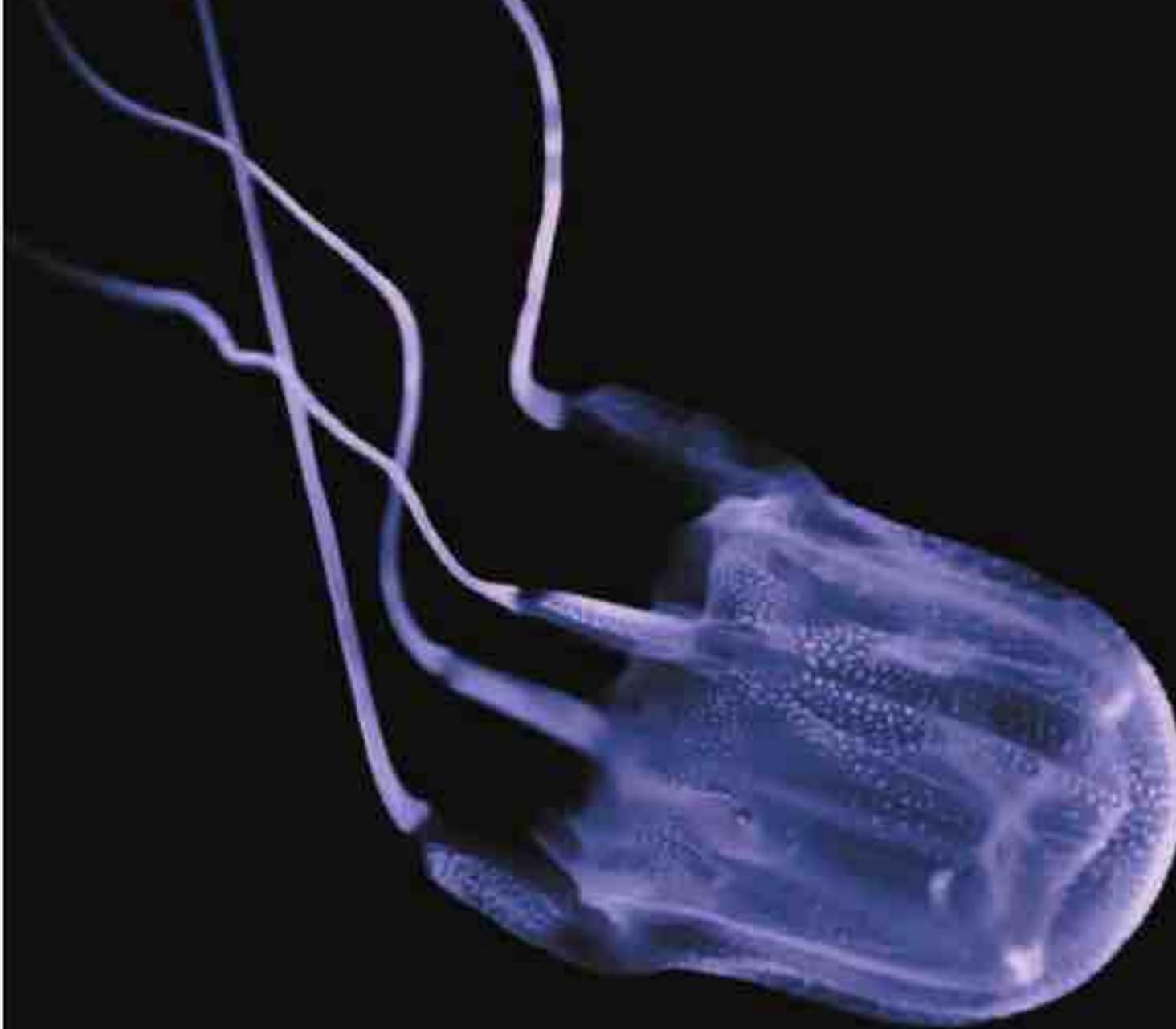
Arborisation terminale

Plusieurs prolongements à l'extrémité d'un neurone présynaptique conduisent un neurotransmetteur à un ou plusieurs neurones adjacents (post-synaptiques).

Gaine de myéline

Dendrite (neurone post-synaptique)

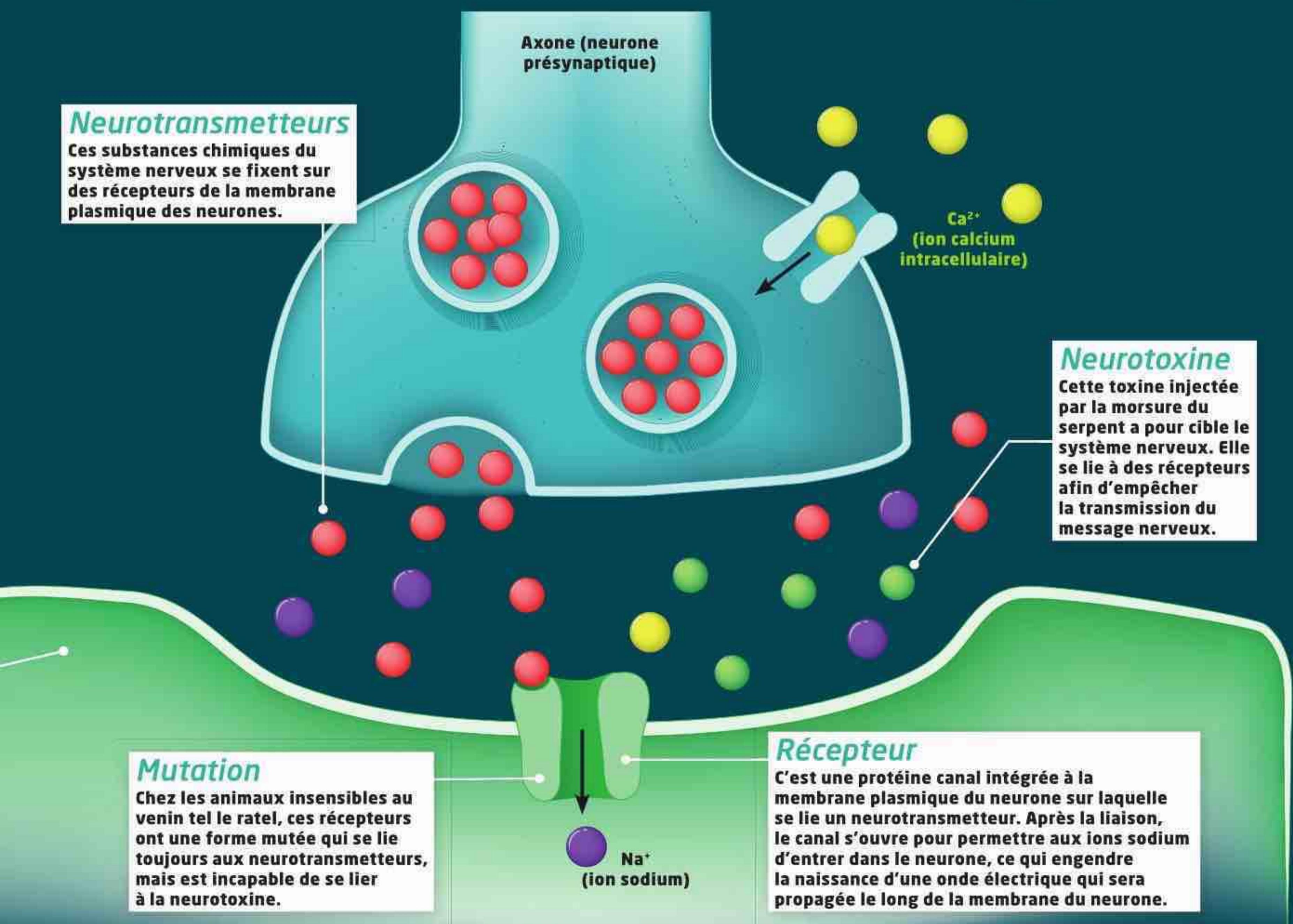
Des prolongements au niveau du corps cellulaire des neurones permettent la réception des neurotransmetteurs libérés par les neurones adjacents (présynaptiques).



Dans les eaux du Pacifique, la méduse-boîte possède un redoutable venin neurotoxique capable de tuer en quelques minutes seulement.



L'oiseau secrétaire peut déployer une force équivalente à cinq fois son poids pour assommer le serpent qui chercherait à le mordre.



Ouand le poison devient médicament



Bothrops jararaca,
un serpent d'Amérique
latine, a inspiré
un antihypertenseur.



Si les animaux venimeux peuvent être dangereux pour l'homme, certains se révèlent aussi utiles ! Dès 1970, des chercheurs brésiliens remarquent que les personnes mordues par le serpent *Bothrops jararaca* présentent d'importantes chutes de tension. En analysant la composition du venin, ils identifient la molécule en cause, permettant par la suite la conception d'un médicament anti-hypertenseur : le captopril.

Bien entendu, aucun médicament n'est fabriqué directement à partir de venin : il faut isoler la molécule active intéressante parmi plusieurs centaines d'autres grâce à des techniques de biologie moléculaire, puis la séquencer (déterminer ses constituants et leur ordre) et enfin,

la produire, en neutralisant les éventuels effets toxiques. Lancé en 2011, le projet européen public-privé Venomics a étudié les gènes et les protéines de venins de 203 espèces animales, ce qui a permis de reproduire *in vitro* 3 600 toxines, soit la plus grosse banque de toxines de synthèse au monde. Cette banque permet aux scientifiques de tester leurs effets sur certaines pathologies (douleurs, maladies cardio-vasculaires, diabète, etc.) et de faire avancer la recherche vers des traitements.

Cinq molécules sur le marché

Ce processus n'en est qu'à ses débuts, mais plusieurs de ces molécules sont d'ores et déjà des remèdes incontournables. Cinq médicaments à base de venins d'animaux ont été mis sur le marché aux États-Unis et/ou en Europe, et d'autres sont en cours de développement.

Parmi eux, le ziconotide (Prialt), dérivé d'une neurotoxine extraite du cône marin, est utilisé dans certains cas comme antalgique (antidouleur). Le tirofiban (Agrastat), fabriqué à partir du venin de serpents, traite l'hémostase (anomalie de la coagulation sanguine), tandis que l'exénatide (Byetta), conçu à partir des sécrétions salivaires d'un lézard mexicain, le monstre de Gila, permet de contrôler la glycémie chez les personnes atteintes du diabète de type 2.

La salive du monstre de Gila, un lézard mexicain, est utilisée pour traiter le diabète de type 2 !



INTERVIEW

Nicolas Gilles

Chercheur au CEA Paris-Saclay, spécialiste des venins à visée thérapeutique

Comment ça marche : En quoi la thérapie à base de venins d'animaux représente-t-elle un potentiel fabuleux dans le domaine médical ?

Nicolas Gilles : Un venin contient plusieurs centaines de molécules, dont la plupart sont des toxines ou peptides (entre dix et cent résidus). Un peptide de venin est une miniprotéine stable, d'origine naturelle, qui n'induit pratiquement pas de réponse immunitaire. Son action est rapide et ultraprecise car elle se fixe sur une cible biologique qu'elle bloque ou au contraire qu'elle active. Cette spécificité d'action présente un immense potentiel sur le plan pharmacologique. Transposé au domaine médical, cela permettrait d'imaginer de nouveaux médicaments plus ciblés et aux effets secondaires réduits par rapport aux traitements classiques.

CCM : Quel nouveau médicament êtes-vous en train de développer ?

N.G. Nous travaillons à un traitement pour la polykystose rénale, une maladie génétique rare caractérisée par le développement de kystes multiples sur les reins, ce qui entraîne, à terme, une insuffisance rénale chronique nécessitant des dialyses ou une transplantation. Depuis quatre ans, il existe un médicament, le tolvaptan, qui permet de ralentir la progression de la maladie, mais ce dernier présente des effets secondaires, notamment une toxicité au niveau du foie. Dans notre laboratoire de recherche, nous avons découvert que la mambaquarétine, un peptide issu du venin du mamba vert [*un serpent arboricole très venimeux originaire des régions côtières d'Afrique de l'Ouest, NDLR*], se fixe spécifiquement



sur le récepteur de la vasopressine, l'hormone antidiurétique qui agit sur les reins en favorisant l'élimination d'eau. Dans le contexte de la polykystose rénale, cette hormone concentre les urines et augmente la prolifération cellulaire, donc la formation de kystes. L'intérêt de la mambaquarétine est qu'elle bloque l'action de la vasopressine en prenant sa place sur le récepteur. Grâce à des études réalisées sur des souris, nous avons pu montrer qu'elle réduit le nombre de kystes et améliore la fonction rénale. Ces résultats prometteurs nous encouragent à tester la mambaquarétine dans des études cliniques (sur l'homme). Aujourd'hui, nous mettons en place une start-up pour réaliser les phases de développement clinique et de commercialisation de la toxine en tant que médicament.

CCM : Pourquoi le développement de ces nouveaux médicaments à fort potentiel thérapeutique est-il encore limité aujourd'hui ?

N.G. D'une part, parce que l'industrie pharmaceutique s'est longtemps concentrée sur des molécules d'origine chimique, actives par voie orale et qui coûtent très peu cher à fabriquer. D'autre part, parce que les chercheurs se sont surtout intéressés aux toxines les plus toxiques, notamment à leurs effets sur le système nerveux. Finalement, ce n'est que depuis une dizaine d'années que la recherche pharmaceutique porte un autre regard sur les vastes possibilités thérapeutiques des toxines - traitements contre l'obésité, le cancer, les maladies génétiques, etc. Et à présent, les nouvelles technologies permettent de fabriquer plus rapidement des toxines de synthèse.



Le mamba vert possède un corps très mince de couleur vert fluo et peut atteindre plus de 2 m de longueur.

COMMENT CHASSE L'ORQUE

La nature a doté l'épaulard de capacités qui en font un superprédateur des mers. Nous avons suivi son sillage. Frissons garantis !

Par Louna Esgueva

Méfiance ! L'héroïne aquatique du film *Sauvez Willy* n'a rien d'un gentil céétacé... Le superprédateur, c'est elle, et d'ailleurs, elle n'hésite pas à s'attaquer aux requins ! En dehors de l'homme, elle n'a aucun prédateur. L'orque est la reine de toutes les mers, même la Méditerranée. Également appelé épaulard, ou baleine tueuse, ce mammifère est un chasseur redoutable. Il dévore aussi bien les oiseaux (dont les manchots), les tortues, les calmars, les poissons et autres requins, que les mammifères (dauphins, jeunes baleines, phoques, morses...).

Nageuse hors pair (56 km/h) malgré son poids, l'orque est dotée d'un système d'écholocation, sorte de sonar naturel qui lui permet de communiquer, repérer les obstacles et débusquer ses proies, même dans le noir. Les orques vivent en groupes familiaux de 3 à 25 individus, organisés autour de la doyenne des femelles. Nomades, les orques dépensent énormément d'énergie : une adulte a besoin d'environ 230 kg de nourriture par jour.

Différentes techniques

Pour combler cet appétit, certaines sous-espèces chassent les bancs de poissons en les attaquant par-dessous et en relâchant des bulles pour semer le désordre dans leurs rangs. D'autres encerclent les bancs de harengs. Certains individus empêchent les poissons de se disperser, tandis que d'autres les assomment à coups de queue. D'autres encore pratiquent l'échouage : ils se jettent sur le sable pour attraper lions de mer, phoques et manchots. Les orques de la mer Arctique chassent sur les glaces flottantes (voir page de droite). Aucune de ces pratiques n'est instinctive : les épaulards éduquent leurs jeunes, attrapant et libérant souvent plusieurs fois une proie pour permettre aux novices de s'entraîner. ③

Où trouve-t-on le plus d'orques ?

- 1 Côtes norvégiennes
- 2 Côtes islandaises
- 3 Arctique canadien et Groenland
- 4 Côtes ouest du Canada et nord-ouest des États-Unis
- 5 Mer du Japon
- 6 Océan Austral

4





Une attaque bien rodée

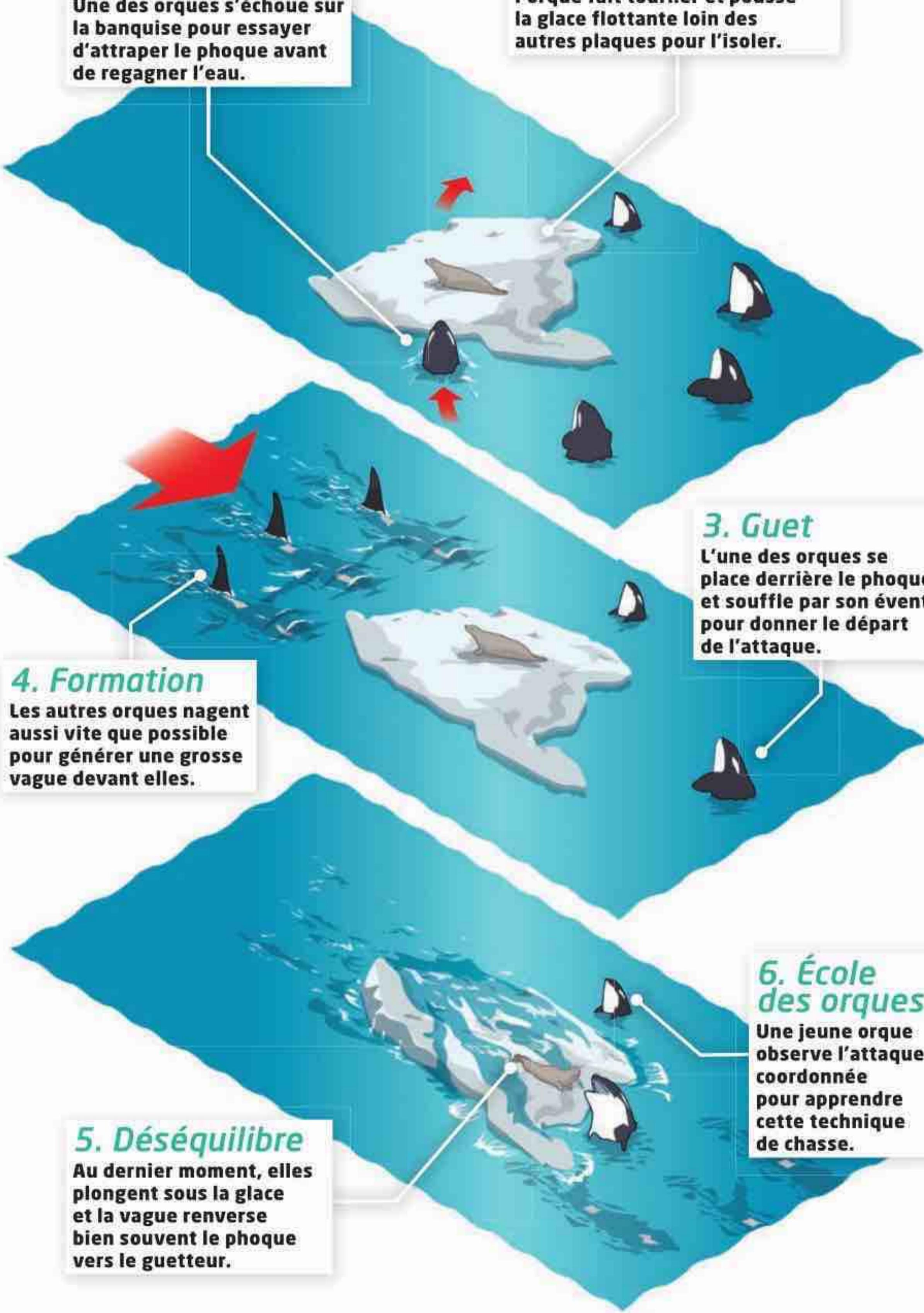
La chasse sur les glaces flottantes de l'Arctique est un travail en équipe qui ne laisse presque aucune chance à la proie.

1. Mouvement en avant

Une des orques s'échoue sur la banquise pour essayer d'attraper le phoque avant de regagner l'eau.

2. Repositionnement

Si l'opération échoue, l'orque fait tourner et pousse la glace flottante loin des autres plaques pour l'isoler.





Le Grand Canal traverse Venise de part en part sur 4 km de longueur pour une largeur moyenne de 60 m.



Venise repose sur une véritable forêt souterraine, constituée de 12 millions de pieux!

VENISE

Une ville construite sur l'eau

La célèbre cité italienne a été bâtie sur des marécages dès le VI^e siècle grâce à d'ingénieuses techniques.

Par Lise Gougis

Venise semble littéralement flotter sur les eaux. En réalité, la Cité des doges repose sur un archipel de 118 petites îles, au centre d'une lagune qui s'étend sur plus de 70 000 hectares et communique avec la mer Adriatique, au nord-est de l'Italie. Classée au patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1987, elle attire chaque année, avec ses célèbres monuments comme la basilique Saint-Marc, ses canaux et ses gondoles, plus de 20 millions de touristes. Au point de faire fuir les Vénitiens : ils ne sont aujourd'hui plus que 50 000 à y résider, soit deux fois moins qu'il y a quarante ans.

Mais qu'est-ce qui a poussé les premiers habitants de la Sérénissime à venir s'établir ici, à 4 km de la terre ferme ? Au V^e siècle, les populations côtières de pêcheurs et de producteurs

de sel se sont réfugiées sur les îlots de la lagune pour échapper aux invasions des barbares venus du Nord, à une époque où l'Empire romain s'effondrait. L'arrivée des Huns, des Ostrogoths puis des Lombards en Vénétie a déclenché un véritable exode vers ces petites îles inviolables, naturellement protégées par les eaux. L'insécurité sur la terre ferme était telle que cette

installation, au départ provisoire, est devenue permanente. Pour établir une nouvelle ville au cœur de la lagune, sur un terrain meuble et marécageux peu propice à la construction, les réfugiés ont dû, dès la fin du VI^e siècle, faire preuve d'ingéniosité.

Des fondations étanches

Il leur a d'abord fallu établir des fondations surélevées suffisamment solides pour protéger les habitations des marées montantes. Pour cela, ils ont planté des milliers de pieux de 4 m de hauteur et 20 cm de diamètre, en bois d'aulne, de mélèze ou de chêne rouvre particulièrement résistant, dans la partie la plus solide du sous-sol, appelée « caranto » en italien. Ces pieux étaient recouverts de boue afin d'empêcher le contact avec l'air et d'éviter tout risque de décomposition. Pour ne pas altérer la solidité de cette strate argileuse, ils ne devaient pas être enfouis trop violemment. Les bâtisseurs utilisaient ainsi une masse en bois, qu'il fallait soulever à plusieurs à cause de son poids, pour appliquer plusieurs petits coups sur les troncs jusqu'à ce qu'ils soient bien enfouis. Au préalable, il leur fallait bien sûr isoler la zone de travail de l'eau. Pour cela, ils érigaient des barrages temporaires, appelés batardeaux, grâce à des rangées de pieux entrecroisés, dont les interstices étaient comblés avec de la boue pour en améliorer l'imperméabilité. ...

... Venise repose donc sur une véritable forêt souterraine, constituée de 12 millions de pieux ! Plus le bâtiment à construire était lourd, plus il fallait de troncs pour consolider ses fondations. Par exemple, là où le pont du Rialto en compte à peine 10 000, l'édification de la basilique Santa Maria della Salute en a nécessité plus de 1,2 million. Ces rangs resserrés de pieux étaient ensuite recouverts d'un plancher de bois et d'une fine couche de marbre d'Istrie, résistante à l'eau, sur lesquels pouvaient enfin être construits les bâtiments. Avec là encore une contrainte à prendre en compte : le sol de Venise bouge. Pour que les constructions puissent encaisser les mouvements de terrain sans s'écrouler,

les murs porteurs ont été encastrés les uns dans les autres sans être scellés, afin de leur permettre de bouger. Ils sont également légèrement inclinés vers l'intérieur pour leur donner une marge de manœuvre. Les planchers sont quant à eux fixés aux murs grâce à de longues tiges métalliques capables de se déformer au gré des mouvements du sol.

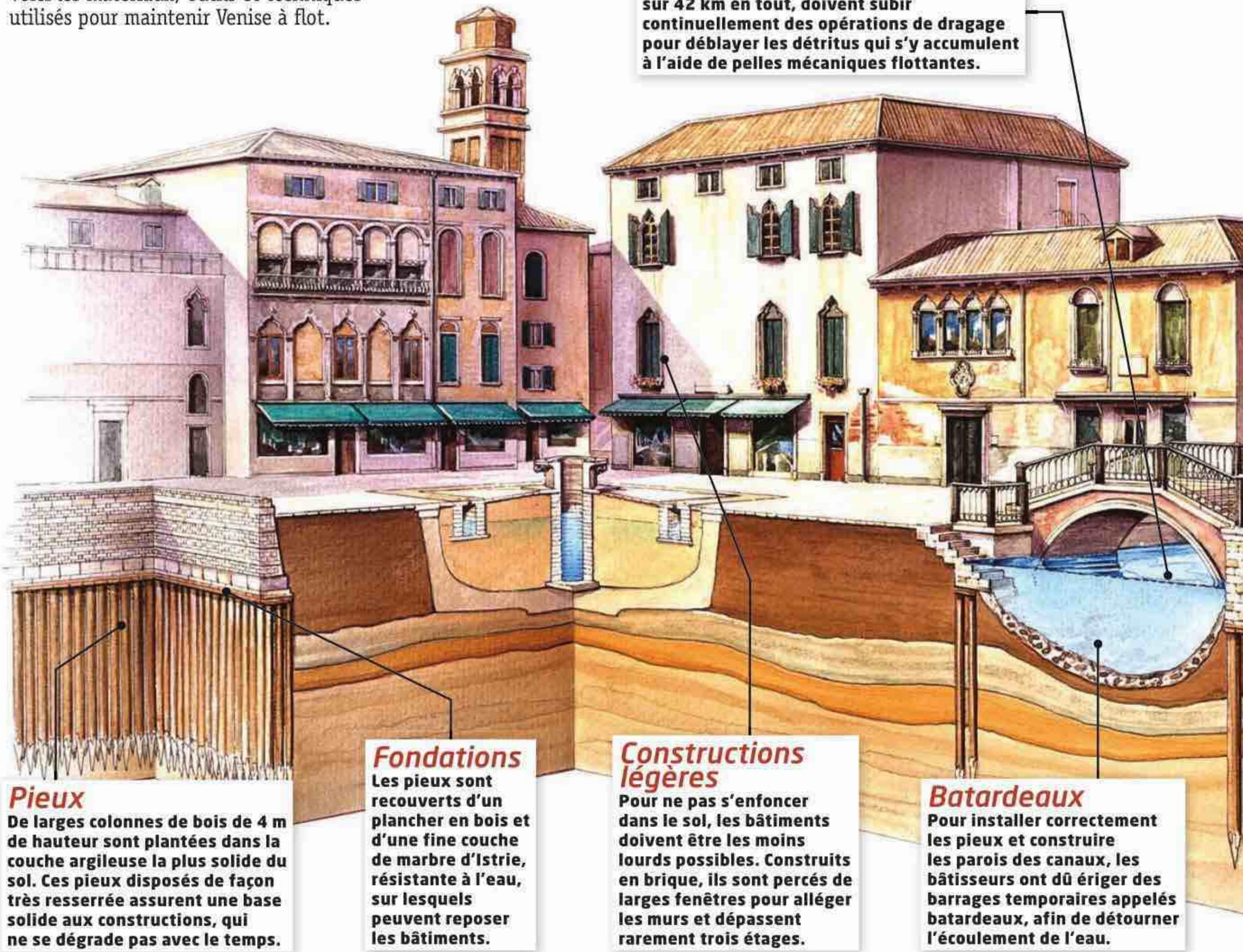
Des matériaux bien choisis

Quant aux matériaux de construction, ils n'ont pas été choisis au hasard. Au début de l'urbanisation de la cité et jusqu'au XI^e siècle, l'utilisation du bois a été privilégiée. Léger et souple, il pouvait

s'adapter aux mouvements de terrain en se déformant. Mais des incendies ravageurs ont poussé les bâtisseurs à abandonner le bois au profit de la brique en terre cuite, mieux adaptée à l'environnement instable. Elle présentait non seulement l'avantage d'être plus durable que le bois, qui souffrait de l'humidité et du sel, mais aussi d'être plus solide et moins lourde que la pierre. Car il fallait que les bâtiments soient les plus légers possibles pour soulager les pieux à la base des fondations et éviter qu'ils ne s'enfoncent. C'est aussi pour cela que les édifices dépassent rarement plus de trois étages et sont percés de grandes et nombreuses fenêtres, ce qui limite le poids des murs.

Une cité sur pilotis

Voici les matériaux, outils et techniques utilisés pour maintenir Venise à flot.



Avant la fin du XIV^e siècle, les structures fondamentales de la cité étaient en place : ses maisons, églises, palaces, rues et canaux qui font aujourd’hui sa renommée. Grâce au procédé ingénieux de construction sur pilotis, la ville a pu s’étendre en l’espace de quelques siècles et passer de 200 à 600 hectares. Si elle n’a par la suite plus vraiment grandi, elle a subi plusieurs phases de transformation qui se sont toujours appuyées sur ces anciennes fondations parfaitement conservées. Car avec le temps, les pieux se minéralisent, ce qui augmente la résistance du bois. Reste un défi qui n’a pas encore été résolu : comment Venise va-t-elle faire face à la montée inéluctable du niveau de la mer ?



Vue satellite de Venise et son réseau complexe de canaux.

Marées hautes

Risque-t-elle d'être engloutie ?

En novembre 2019, la Cité des doges a été submergée par les eaux d'une *acqua alta* (marée haute) exceptionnelle : 1,87 m, un niveau jamais vu depuis 1966 ! Ces épisodes d'inondations, qui peuvent recouvrir jusqu'à 90 % de la ville, sont courants, surtout à l'automne, la situation géographique de Venise (dans une enclave face à l'Adriatique) la rendant vulnérable aux marées et aux dépressions atmosphériques. Mais leur fréquence a été triplée en cinquante ans, si bien qu'on en compte jusqu'à sept par an désormais. La faute à l'affaissement du sol (la ville s'enfonce d'environ 1 mm par an) et à la montée du niveau des mers, qui s'est élevé de 25 cm depuis le début du XX^e siècle et pourrait encore grimper d'un mètre d'ici à 2100. Certains experts estiment que, si rien n'est fait, Venise sera engloutie par les eaux à cette date.

Le projet Moïse est bien censé protéger la cité de la noyade grâce à des digues mobiles refermant la lagune



Une maquette en volume réduit de la ville permet aux scientifiques d'étudier les risques d'inondation et les solutions envisageables.

en prévision d'une marée, mais le chantier pharaonique, lancé en 2003, a pris beaucoup de retard (les travaux devraient être achevés à la fin de cette année), et ne fonctionnera qu'à partir du seuil d'alerte de 1,30 m. Sans compter que cette infrastructure ne répond pas au problème de l'augmentation du niveau des mers. Comme l'eau saumâtre de la lagune (un mélange d'eau douce et d'eau de mer) devient de plus en plus salée, elle attaque les édifices,

qui menacent de s'effondrer. L'état de la basilique Saint-Marc, construite au niveau le plus bas de la cité, est particulièrement préoccupant : le sel commence à ronger l'intérieur des murs, dont les briques deviennent friables. Pour les bâtiments situés au bord du Grand Canal, le phénomène a été accentué pendant des années par le passage des gros paquebots de croisière, qui a érodé les bancs de sable servant à atténuer la force des marées.



La gondole, une barque taillée pour les canaux

Véritable emblème de Venise, cette élégante embarcation glisse silencieusement à travers la Sérénissime depuis près de mille ans.

Par Anne Calais

Palais de marbre, ponts sculptés et ruelles étroites : tout le monde a en tête ces images hors du temps de l'éternelle cité des Doges. Sur ses canaux glissent silencieusement, depuis près d'un millénaire, de longues barques noires à la forme reconnaissable entre toutes. Aujourd'hui, les gondoles font partie du folklore local, et nombreux sont les touristes qui se prêtent au jeu d'une balade romantique dans la lagune. Mais autrefois, avant l'arrivée des vaporetto, ces bateaux-bus qui transportent les habitants et les visiteurs de passage depuis le début du XX^e siècle, elles étaient un moyen de locomotion indispensable pour les Vénitiens. Imaginez un peu vivre – et devoir vous déplacer, aller au travail, faire vos courses... – dans une ville entièrement bâtie sur l'eau, composée de 118 petites îles séparées par 177 canaux, qu'enjambent pas moins de 455 ponts !

Moins décorée qu'autrefois

Si de nos jours il n'existe plus que 400 gondoles environ, elles étaient près de 10 000 à naviguer sur les canaux de la Sérénissime aux XVI^e et XVII^e siècles. Leur histoire remonte cependant à beaucoup plus loin. Le terme « gondole » apparaît pour la première fois en 1094, dans un décret du doge (dirigeant de la république de Venise, État indépendant jusqu'en 1797) Vital Faliero de Doni. À l'époque, l'embarcation ne ressemblait guère à celle que nous connaissons aujourd'hui. Elle était plus courte et plus large, et a progressivement pris cette forme élancée aux extrémités recourbées pour faciliter la navigation. Plus qu'un simple moyen de transport, les gondoles étaient aussi une façon d'afficher son statut social. Leurs propriétaires rivalisaient

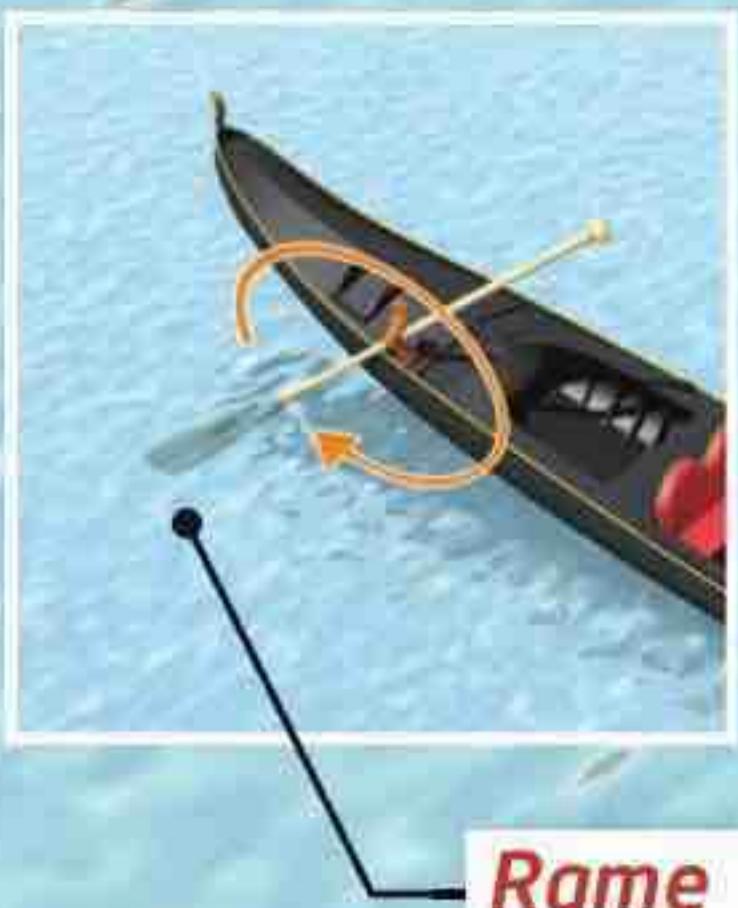


Tradition

Des normes très strictes

Chaque gondole construite de nos jours répond à un cahier des charges très précis. Elle doit mesurer exactement 10,80 m de longueur et 1,38 m de largeur, pour un poids de 600 kg. Elle doit en outre être fabriquée à partir de 280 pièces de bois sans défaut d'essences différentes (mélèze, noyer, cèdre, tilleul, cerisier...), taillées à la main,

et ornée de deux pièces métalliques à la proue et à la poupe. La construction est un travail long (environ cinq cents heures) et délicat, dont le savoir se transmet de génération en génération. Les gondoliers ont également une tenue réglementaire : ils doivent être vêtus d'un maillot rayé et d'un pantalon noir, et porter un chapeau de paille à ruban rouge.



Rame

Longue de 4,20 m, elle propulse la barque et sert également de gouvernail. Le gondolier se place toujours debout côté gauche à l'arrière du bateau, et rame du côté droit. Il effectue un mouvement de rotation d'avant en arrière pour avancer, puis un petit mouvement de compensation en sens inverse pour empêcher que la barque dérive.



Les gondoles vénitiennes sont conçues pour pouvoir passer dans les canaux étroits de la ville.



Fond

Il est entièrement plat, sans quille, pour pouvoir naviguer même dans des eaux peu profondes.

Forme

Elle est légèrement asymétrique. Pour contrebalancer le poids du gondolier et conserver l'équilibre de la barque, le côté gauche est plus large de 24 cm que le côté droit, ce qui lui donne un aspect un peu plus courbé.

Ferro (fer de proue)

Assez épais, il sert de contrepoids au gondolier situé à l'arrière. Il est aussi symbolique : une forme incurvée pour le Grand Canal surmontée d'un « bonnet du doge », six barres parallèles pour les six quartiers de Venise et une barre arrière pour l'île de la Giudecca.

Vocation

Devenir gondolier, un parcours du combattant

Les licences de gondolier étaient autrefois transmises de père en fils, de même que les méthodes de fabrication. Désormais, pour avoir le droit de ramer à Venise, il faut intégrer (sur examen) une formation spéciale, puis réussir le concours de sortie. Seuls quatre ou cinq des 150 étudiants obtiennent chaque année le précieux sésame. Pour être gondolier, savoir naviguer et

être en excellente condition physique sont bien sûr des impératifs, mais cela ne suffit pas. Il faut aussi savoir parler plusieurs langues et connaître l'histoire de la ville sur le bout des doigts, pour pouvoir jouer les guides touristiques.



Jusqu'ici, une seule femme, en 2009, a réussi à se faire une place dans ce milieu traditionnellement masculin.



Illustration
réalisée par un
auteur inconnu
vers 1900.

PYTHAGORE

Cet énigmatique savant grec du VI^e siècle av. J.-C. fut suivi par des disciples à l'origine du célèbre théorème qui porte son nom.

Par Sophie Noucher

Les dates clés

Vers -570

Naissance
à Samos
(Grèce).

Vers -550

Voyage
en Europe,
en Afrique
et en Orient.

Vers -530

Quitte la Grèce
et fonde l'école
de Crotone,
en Italie.

Entre -520 et -500

Son école fait des
émules entre le sud
de l'Italie et la Grèce.

Vers -510

Héraclite attribue
trois traités à Pythagore
(sur l'éducation, la
politique et la nature).

Tous les lycéens connaissent son nom, et pourtant... Né vers 570 av. J.-C. en Grèce, Pythagore est un personnage mystérieux. Penseur religieux, il a fait évoluer la philosophie et les mathématiques, mais n'aurait laissé aucun écrit. Il se disait descendant d'un dieu et doué d'ubiquité (faculté de se trouver en plusieurs lieux à la fois). On racontait également qu'il avait un tibia en or. Ce qui est sûr, c'est que son père, le ciseleur Mnésarque, l'a prénommé ainsi après avoir consulté la Pythie, oracle de Delphes (Pythagore signifie « celui annoncé par la Pythie »). Quant à sa mère, Parthenis, elle était connue pour sa beauté.

Le pro de l'arithmétique

La famille vit à Samos, une île de la mer Égée. Vers l'âge de 20 ans, Pythagore visite la Perse (la Turquie actuelle), la Gaule, l'île de Crète ou encore l'Égypte. De retour à Samos après de longues années de voyage, il quitte définitivement l'île vers l'âge de 40 ans, alors que s'impose le tyran Polycrate. Il s'installe au sud de l'Italie, à Crotone où il fonde sa célèbre école. Ses disciples, les Pythagoriciens, vivent avec lui et son épouse Théano ainsi que leurs deux ou quatre enfants selon les récits. Les disciples gardent le silence pendant cinq ans avant d'être autorisés à proposer leurs recherches, mais restent tenus au secret.

Au VI^e siècle av. J.-C., les sciences ne sont pas compartimentées comme aujourd'hui : on étudie les astres, la musique, la morale et la nourriture tout à la fois, en obéissant à certains interdits, comme celui de manger de la viande ou des fèves, que Pythagore considérait comme sacrées. Paradoxalement, même si l'on retient du Grec un théorème de géométrie, il étudie plutôt l'arithmétique (la science des nombres). Selon le philosophe grec du IV^e siècle av. J.-C. Aristoxène, Pythagore aurait « élevé l'arithmétique au-dessus des besoins des marchands » et donné au nombre une dimension théorique, voire

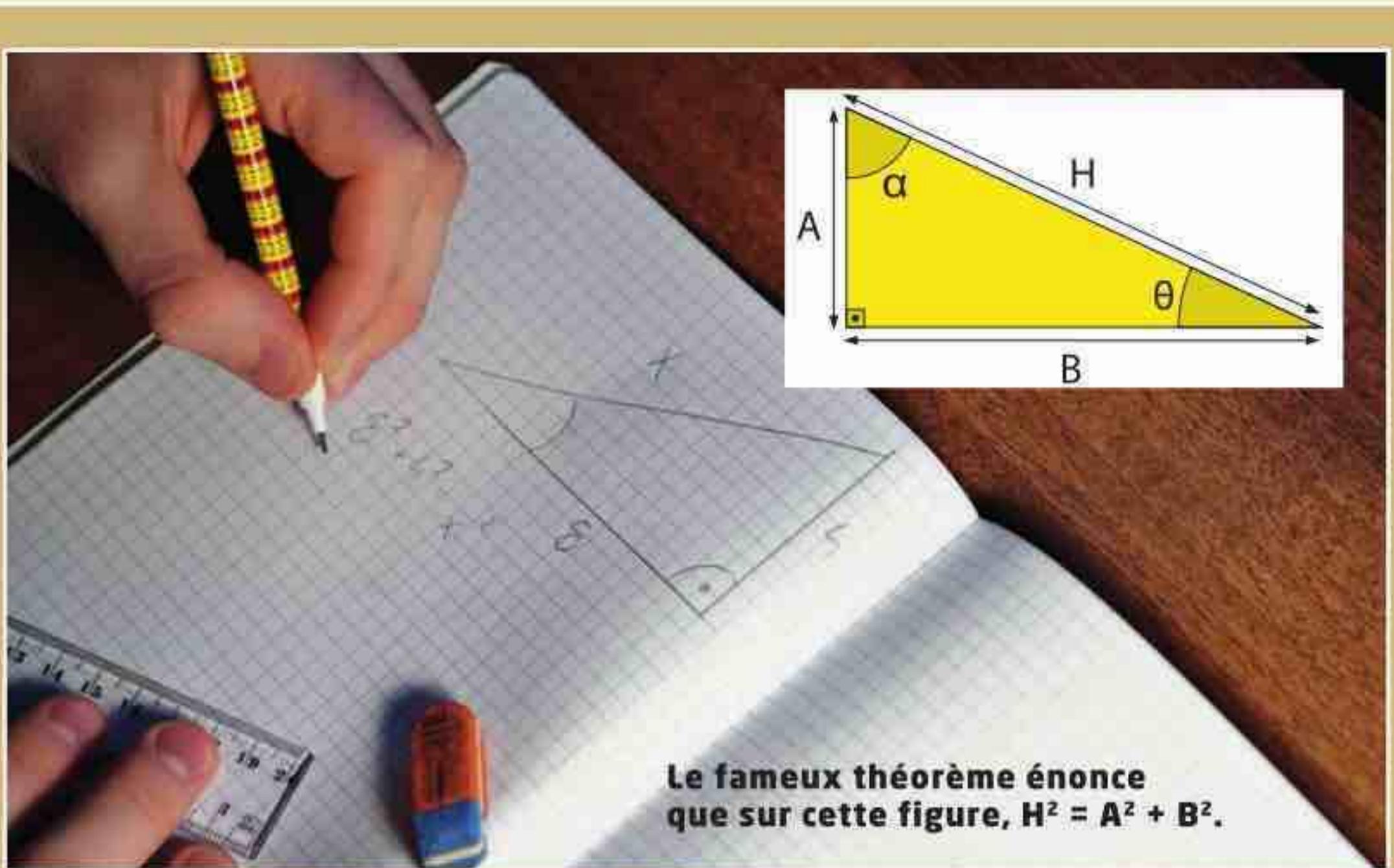
Il a fait évoluer la philosophie et les mathématiques, mais n'aurait laissé aucun écrit

mystique – les nombres permettant d'expliquer l'Univers. Il découvre par exemple l'existence de relations numériques dans les mouvements des corps célestes et classe alors les planètes dans l'ordre à partir de la Terre.

Son école se développe dans des cités proches et devient une « hétairie », une société secrète aristocratique, accusée de comploter contre les institutions démocratiques. Elle est alors incendiée, vers -500. On ne sait si Pythagore perd la vie en refusant de traverser un champ de fèves ou s'il parvient à fuir. Ses disciples, eux, se retrouvent dispersés, mais leurs découvertes traversent les siècles après la mort de ce personnage sibyllin, tout à la fois chaman, penseur et chef de clan. 9



La coupe de Pythagore fut conçue par le savant pour limiter la quantité de boisson que l'on peut absorber, grâce à un système qui évacue le trop-plein de liquide par le bas.



Le fameux théorème énonce que sur cette figure, $H^2 = A^2 + B^2$.

Son héritage

4 théories pythagoriciennes

Le théorème de Pythagore

Il n'en est pas vraiment l'auteur ! C'est un de ses disciples qui démontre que dans un triangle rectangle, le carré de l'hypoténuse, côté opposé à l'angle droit, est égal à la somme des carrés des deux autres côtés. Ce que les arpenteurs égyptiens connaissaient de manière empirique.

La souveraineté du nombre

Pour les Pythagoriciens, rapporte Aristote, « les nombres sont les causes et les principes de toute chose », de l'harmonie en musique à l'organisation de l'Univers. Ils préparent ainsi la distinction entre monde sensible et monde intelligible, base de la philosophie de Platon qui naîtra vers -430, environ soixante ans après la mort de Pythagore.

Le tétrakys

C'est un triangle équilatéral composé de dix points disposés sur quatre rangées horizontales : 1 (en haut du triangle) + 2 + 3 + 4 (à la base) = 10. « Un » est associé au point, 2 à la droite (première dimension), 3 au triangle (deuxième dimension, le plan) et 4 au tétraèdre (troisième dimension, le volume).

La gamme de Pythagore

C'est en entendant les coups sur l'enclume d'un forgeron que Pythagore aurait eu l'intuition que les sons étaient liés au poids des marteaux. S'aidant ensuite de la longueur des cordes des instruments, il calcula les intervalles entre les notes de la gamme - définissant ainsi les rapports entre quarte, quinte et octave.

Vers -500

Il s'oppose au pouvoir démocratique, ce qui va entraîner la chute de son école.

Vers -490

Date approximative de sa mort.

Fin du V^e s. av. J.-C.

Premiers textes de Philolaos de Crotone, son disciple, décrivant des théories mathématiques et musicales du maître.

71 ap. J.-C.

Publication des *Vers d'or*, poème qui contiendrait des fragments du *Discours sacré*, attribué à Pythagore.

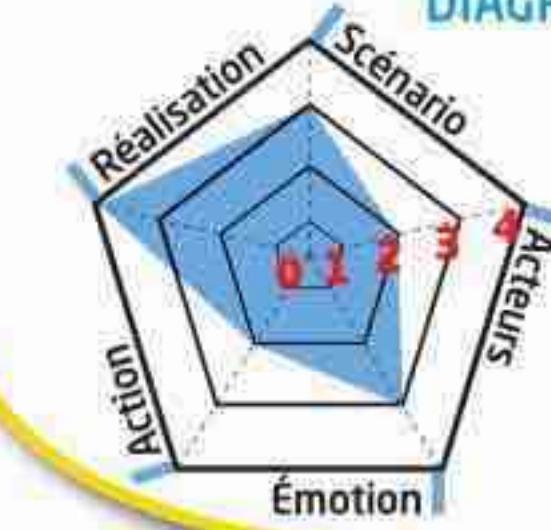
III^e siècle

Jamblique de Chalcis, philosophe platonicien, écrit *Vie de Pythagore*.

Cinéma

PAR FRANÇOIS
BLISS DE
LA BOISSIÈRE

COMMENT LIRE NOTRE
DIAGRAMME D'ÉVALUATION



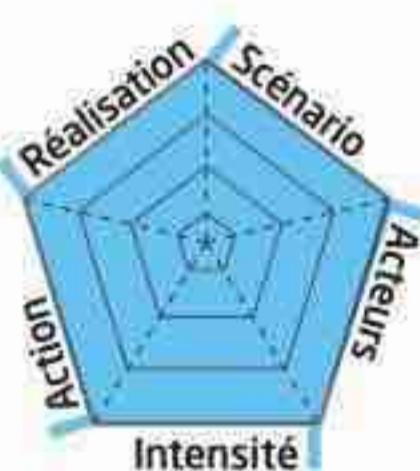
- 0. Mauvais, c'est zéro!
 - 1. Moyen, décevant.
 - 2. Pas mal.
 - 3. C'est bien.
 - 4. Excellent!
- Plus la forme bleue est grande, plus notre avis est élogieux.

SÉRIE
HIPPOCRATE SAISON 2

Urgence personnel soignant



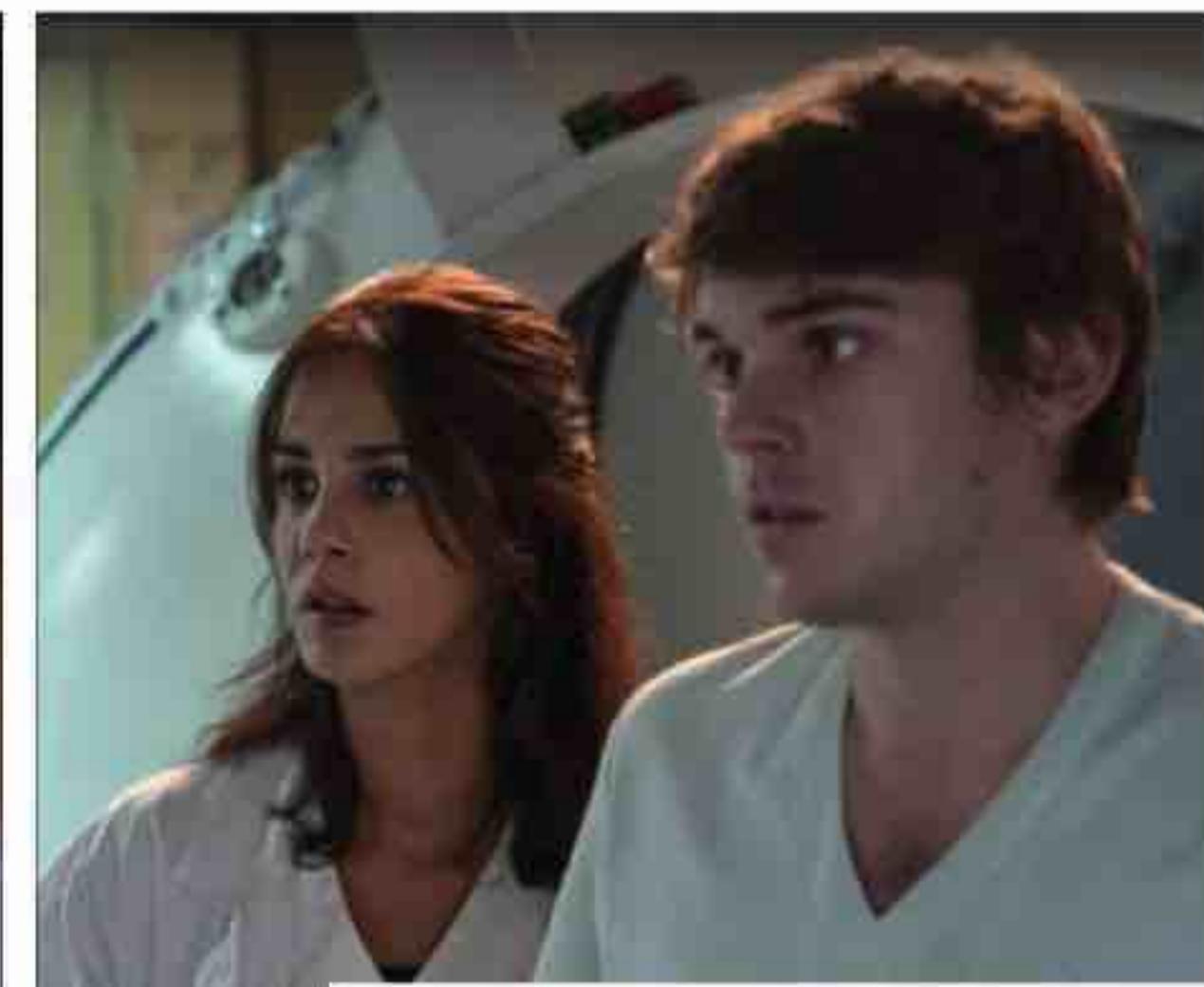
De Thomas Lilti,
avec Louise Bourgoin, Alice Belaïdi, Karim Leklou... Série en 8 épisodes de 50 min sur Canal+ Séries.



Bonne nouvelle, le toujours attachant – même quand il se fâche – Bouli Lanners (*Adieu les cons, De rouille et d'os...*) rejoint la superbe troupe d'acteurs d'une saison 2 aussi prenante, tétonisante et donc passionnante que la première. Chef de service de l'hôpital, il encadre désormais la jeune équipe d'internes aspirants médecins forcée à rejoindre le service des urgences. Tout va plus vite encore. A la réception de nombreuses victimes d'un incendie, les décisions se prennent à une vitesse alarmante. Qui soigner d'abord

quand les patients sont tous entre la vie, la mort et la douleur ? Entre cinéma romanesque et réel, la grande force de la série consiste à faire vivre de l'intérieur toutes les problématiques techniques et émotionnelles liées au soin.

On assiste, impuissant et indigné, aux conséquences directes du manque de moyens de l'hôpital, matériels et personnels. On partage l'effarement des jeunes internes débordés et pas plus prêts émotionnellement que techniquement à devenir responsables de la vie ou de la mort. Tout fait tellement vrai



que le regard se détourne devant des actes de soin et de chirurgie trop saignants. À l'heure d'une pandémie interminable où, dans le monde réel, l'hôpital et le monde soignant n'ont jamais été aussi près de nous, la série *Hippocrate*, du nom du serment sacré qui engage les médecins à soigner, donne chair, avec leurs faiblesses et leurs qualités humaines, à tous ces soignants en première ligne.

SÉRIE

FOR ALL MANKIND, SAISON 2 On est restés sur la Lune



84 AVRIL 2021 - N° 126 - Comment ça marche



De Ronald D. Moore,
avec Joel Kinnaman, Jodi Balfour, Wrenn Schmidt...
Série en 10 épisodes de 55 min sur Apple TV+.



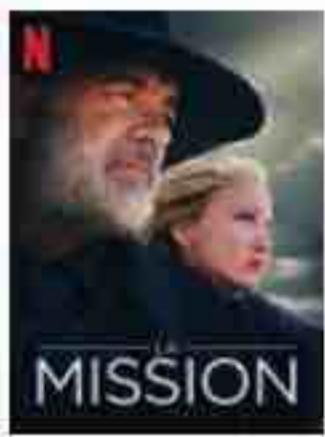
Nous sommes en 1983, dix ans déjà après les événements de la saison 1 qui a mis sur orbite, avec d'autres, le service Apple TV+ en 2019 en réinventant les débuts de la conquête spatiale. Et si... la course à la Lune avait continué de plus belle quand, sous le nez des Américains, les Russes s'y étaient posés les premiers dans les années 1960 ? Entre suspense politico-spatial réaliste et drames

conjuguaux, la série invente un univers parallèle proche du nôtre où tout est pareil, mais pas tout à fait. De vraies images d'archives s'immiscent dans la fiction pour créer une illusion de réel. Moins crédible, la saison 2 peine à trouver son équilibre à partir de situations plus préfabriquées (tempête solaire et héroïsme de pacotille sur la Lune, amertume et alcoolisme sur Terre...). Loin de *Star Trek*, la série vise quand même Mars.



FILM

LA MISSION Western au ralenti



De Paul Greengrass, avec Tom Hanks, Helena Zengel... Sur Netflix.



En réalisant un western au rythme raplapla, le metteur en scène des pourtant bien nerveux *Jason Bourne*, *Vol 93* et *Capitaine Phillips* semble se dissoudre dans l'horizon sans fin de l'Ouest. Le road movie à cheval où le toujours impeccable et gentil Tom Hanks ramène auprès de sa famille une enfant de dix ans élevée par les Indiens, nous apprend quelques détails peu connus de l'Amérique post-guerre civile américaine (1861-1865).

En 1870, l'armée nordiste gagnante maintient

l'ordre dans les états du Sud comme une armée d'occupation. En dehors des villes, racisme crasse et esclavagisme illégal perdurent. Ancien militaire, Tom Hanks survit en faisant la lecture publique des journaux tel un colporteur de nouvelles devant des parterres d'illettrés. Conflictuelle puis chaleureuse, la relation avec la jeune enfant sauvage qui l'accompagne arrive à faire oublier un scénario ou un montage maladroit, qui tantôt accélère l'histoire, tantôt ralentit péniblement certaines scènes.

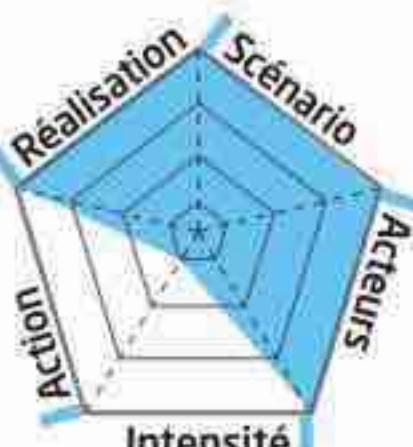


SÉRIE

EN THÉRAPIE, SAISON 1

L'après-Bataclan sur le divan

D'Eric Toledano et Olivier Nakache, avec Frédéric Pierrot, Mélanie Thierry, Reda Kateb... Série en 35 épisodes de 25 min sur Arte TV.



Dans la vraie vie, novembre 2015, la France est sous le choc des attentats du Bataclan. Dans les 35 courts, mais hypertendus, épisodes de *En Thérapie*, des patients de tous âges consultent un psychanalyste quelques jours seulement après le drame. Directement ou indirectement, du flic intervenu au Bataclan à la chirurgienne de garde lors des événements,

d'un couple en crise à une ado suicidaire, en état de choc post-traumatique, chacun se découvre des troubles du comportement inhabituels. Y compris le psychanalyste, lui aussi rattrapé par le réel. À partir de dialogues crus et sans concession, tous les acteurs haut de gamme invités dans ce dispositif sobre de fiction livrent une prestation inoubliable.

ADOS À CRAN

SÉRIE

A TEACHER SAISON 1 Mauvaise leçon



Dès le début, même le plus candide des spectateurs voit clairement les franchissements de lignes rouges quand, corsage échancré, une nouvelle prof d'anglais séduit et se laisse séduire par un de ses élèves. Pourquoi dans ce lycée du Texas l'élève et la prof, adulte mariée, se laissent-ils aller à se donner des rendez-vous à peine cachés sur des parkings avant l'inévitable révélation publique ? Par amour ? Par désir ? Il faudra demander à la réalisatrice qui, visiblement concernée par le sujet, adapte ici en série son film du même nom de 2013. Heureusement, bien dans leurs personnages, Kate Mara (*Seul sur Mars*) et Nick Robinson (*Love, Simon*) aident à avaler cette grossière couleuvre vaguement sulfureuse.

De Hannah Fidell, avec Kate Mara, Nick Robinson, Ashley Zuckerman... Série en 10 épisodes de 30 min sur Canal+ Séries.

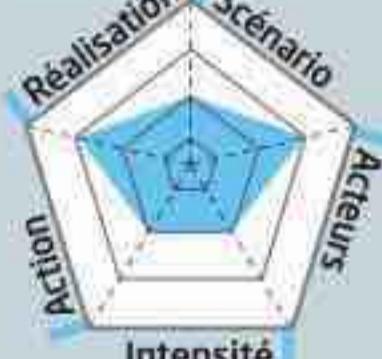


WE ARE WHO WE ARE SAISON 1

Je t'aime, moi non plus

Le mal-être ado, tout le monde connaît. Des ados obligés de vivre en autarcie avec leurs parents militaires sur une base américaine en Italie, on connaît déjà moins. Et si l'un des couples de parents est un couple de femmes dont l'une d'entre elles est LA colonel en chef de la base, interprétée de surcroît par Chloë Sevigny (*American Horror Story*), alors nous voilà en terrain, certes toujours militaire, mais inconnu. Caméra relâchée, proche des corps et des caprices des ados agités et en révolte, le réalisateur italien Luca Guadagnino du très remarqué *Call me by your name* (2017) continue son portrait d'une jeunesse en fuite et en quête d'identité, notamment sexuelle. Parfois sensuel, parfois agaçant.

De Luca Guadagnino, avec Jack Dylan Grazer, Jordan Kristine Seamón, Alice Braga... Série en 8 épisodes de 50 min sur Starzplay (inclus dans Canal+ Séries).



PAR FRANÇOIS BLISS
DE LA BOISSIERE

*PEGI, norme de classification des jeux par âge : www.pegi.info



THE MEDIUM Fausse bonne idée next-gen



Attendu comme LE jeu susceptible de démontrer à quoi sert la puissance de calcul de la nouvelle Xbox Series au-delà de visuels hyperréalistes, *The Medium* déçoit tout en intriguant. Le concept malin visuel et de *gameplay* consiste à afficher côté à côté sur l'écran deux univers en parallèle, deux aires de « jeu ». Avec ses pouvoirs paranormaux, Marianne existe à la fois dans le monde réel et dans celui des esprits. Le joueur

Supports (téléchargement):
PC, Xbox Series

Genre: enquête-horreur

Inclus dans abonnement PC / Xbox Game Pass Ultimate

VO anglaise sous-titrée

1 joueur

PEGI* : à partir de 18 ans

Bloober Team, 50 €

deux Marianne en mouvement, chacune dans son univers. Dans ces moments-là, elles se déplacent en un même mouvement jumelé contrôlé par le joueur.

L'idée serait bonne si, très vite, le fait de limiter le spectacle sur deux demi-écrans plutôt qu'un seul plein ne devenait pas un handicap. Un malaise auquel s'ajoute



la dirige dans l'un et l'autre monde en cherchant des indices, des objets et en déclenchant des mécanismes. Le plus souvent en mode *split screen* vertical ou horizontal, la puissante Xbox Series (ou un PC bien équipé) affiche simultanément

un système de contrôle antique du personnage et des angles de caméra fixes volontairement inspirés de la série japonaise culte des années 2000, *Silent Hill*. Son compositeur, Akira Yamaoka, participe d'ailleurs à la BO.

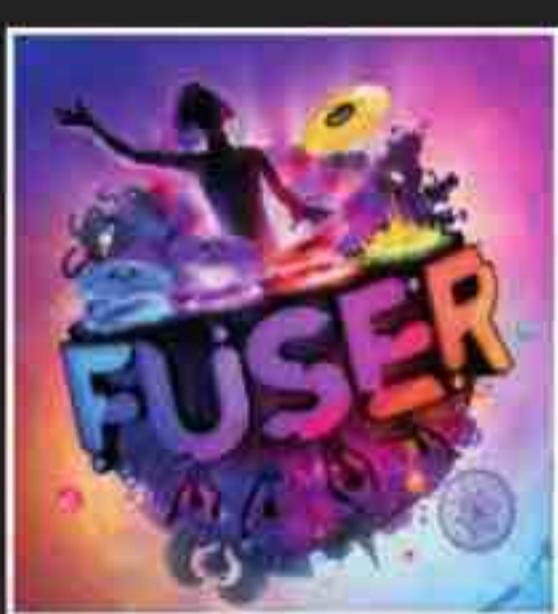
Même s'il s'agit de créer une ambiance horifique dans un jeu d'observation plutôt qu'un jeu d'action, ces raideurs de contrôle passent mal surtout que, un comble, la Xbox Series X elle-même peine à afficher sans trembler les deux univers ensemble. Le monde cauchemardesque inspiré des œuvres gothico-lugubres du peintre polonais Beksinski et du film *Constantine* (2005, avec Keanu Reeves) donne pourtant envie de l'explorer.



FUSER Le DJ, c'est presque moi



Qui n'a pas encore une guitare en plastique *Guitar Hero* abandonnée au fond du garage ou de la cave ? À l'origine du phénomène commercial des jeux de rythme musicaux *Guitar Hero* puis *Rock*



Supports
(téléchargement):
PC, Switch, Xbox One,
PS4 (compatible PS5,
Xbox Series)

Genre : jeu créatif musical

Mise en garde : comprend des achats vite tentants de chansons supplémentaires

1 joueur, multijoueur en ligne (avec abonnement)

PEGI * : à partir de 12 ans

NCsoft, environ 60 €



Band qui ont transformé tous les gamers en musiciens virtuoses au milieu des années 2000, le studio Harmonix revient avec une nouvelle proposition de jeu musical.

Cette fois, le joueur devient DJ et utilise sa manette de jeu et rien d'autre. Pour autant, il faut se préparer à un laborieux apprentissage, et on avouera humblement ne pas avoir exploité tout le potentiel créatif du jeu. Car comme tous les jeux où le joueur crée lui-même du contenu (*Super Mario Maker* sur Switch, *Dreams* sur PS4), il y a loin de l'idée à la réalisation. Au cœur du processus, il s'agit de choisir, parmi

une centaine de morceaux de toutes époques et tous genres, quatre pistes – déjà isolées par le programme – à ajouter à son propre mix (voix, guitare, basse et section rythmique). Une fois les quatre pistes réunies, l'ensemble crée un morceau unique qui peut être ajusté puis enregistré. Si l'interface n'est vraiment pas intuitive, le programme fait en revanche automatiquement un remarquable travail d'harmonisation musicale entre les quatre pistes posées au hasard. Assez vite, aidé par les applaudissements d'une foule virtuelle, on croit à son propre talent de mixeur balbutiant.



PRISES DE TÊTE



THE PEDESTRIAN Idée folle

Et si la silhouette humaine dessinée en aplat sur un panneau de passage pour piétons prenait vie avec l'envie de s'arracher à sa condition et à son tableau-prison ?

Le joueur la dirigerait jusqu'à l'extrémité du cadre, et puis ?

Et puis, il poserait un autre panneau juste à côté pour qu'elle s'échappe d'un cadre à l'autre et ainsi

de suite le long des murs des immeubles et des rues vers l'inconnu et un espoir de liberté totale. Grâce à une réalisation impeccable sur PS5 qui mélange décors en 3D et contrôle en 2D, cette trouvaille de casse-tête un peu fou bouleverse nos perspectives de joueur... et de piéton.



Supports
(téléchargement):
PC, Mac, PS4, PS5

Genre : casse-tête / puzzle en 2D

1 joueur

PEGI * : à partir de 7 ans

Skookum Arts, 16 €

CONTROL ULTIMATE EDITION Cher payé

Après l'histoire d'amour, la fâcherie avec l'un des grands jeux de 2019 quand l'éditeur suggère aux premiers acheteurs de repasser à la caisse s'ils souhaitent accéder à la version optimisée sur consoles next-gen (là où d'autres jeux proposent l'*upgrade* gratuitement). À la dernière minute, Sony intègre cette version Ultimate dans son abonnement mensuel. Soulagement partiel, si l'on est abonné. Pas toujours flagrant, l'*upgrade* graphique ne vaut que pour les plus exigeants. Tout de même plus fluide, le jeu de cache-cache dans les bureaux labyrinthiques hantés par une entité paranormale fascine encore.



Supports : PS5, Xbox Series

Genre : tir à la 3^e personne / aventure

VF et VO anglaise sous-titrée

Sauvegardes PS4, Xbox One non compatibles

Inclus dans abonnement PlayStation Plus

Inclut les 2 extensions

1 joueur

PEGI * : à partir de 16 ans

505 Games, 40 €

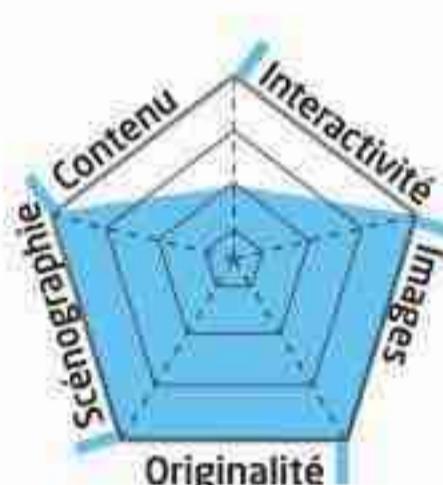
Sorties & Expos

PAR MICHELLE
FOUCART-ORSEL



Paris

ATELIER DES LUMIÈRES L'atelier du rêve



On vous en parlait dans notre dernier numéro, l'Atelier des Lumières, à Paris, met à l'honneur cette année le peintre espagnol Salvador Dalí (1904-1989). Suivant le concept habituel de projections monumentales sur les murs et le sol de cette ancienne

fonderie du 11^e arrondissement de la capitale, le spectacle magnifie les œuvres de l'artiste en les animant, certaines parties « se détachant » en mouvement sur le fond, et permet d'en apprécier de subtils détails. La bande sonore qui accompagne les quarante minutes du show est exclusivement

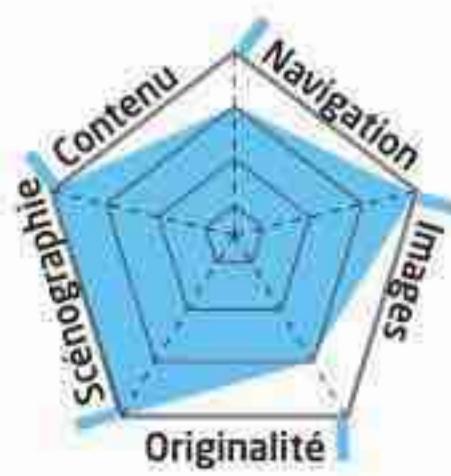
composée de morceaux de Pink Floyd, un choix judicieux qui se mêle merveilleusement bien à l'univers énigmatique et onirique de Dalí.

« Dalí, l'énigme sans fin », à l'Atelier des Lumières (Paris), jusqu'au 2 janvier 2022. Tarifs : de 10 € à 15 €. Plus d'infos sur : www.atelier-lumieres.com

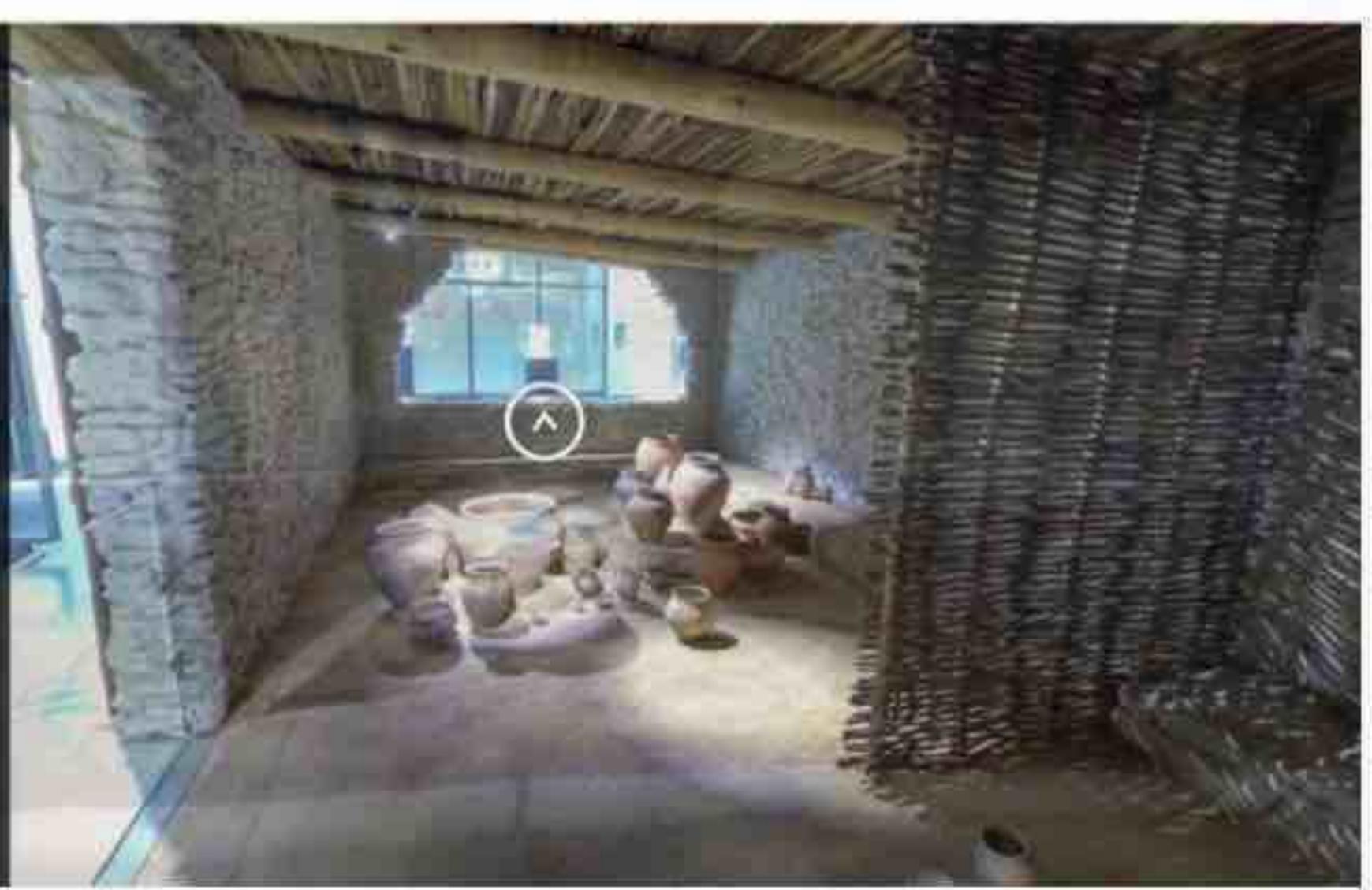
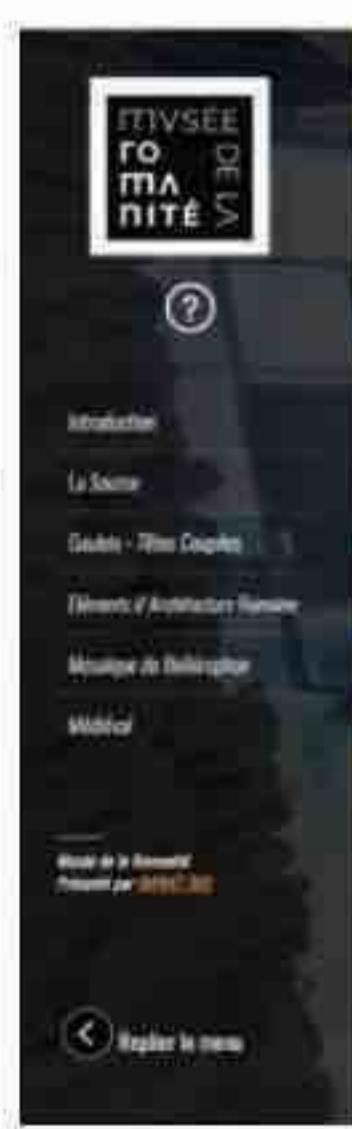
© Salvador Dalí, Fundació Gala-Salvador Dalí, ADAGP 2020 simulation ; Culturespaces - Nuit de Chine, Musée de la Romanité, Nîmes - IMPAKT360 ; Crédit de l'Économie Paris ; Shutterstock

Visite virtuelle

MUSÉE DE LA ROMANITÉ L'archéologie à la maison



Ouvert en 2018, le magnifique Musée de la Romanité, à Nîmes (Gard), propose désormais lui aussi une visite en ligne. Consacré aux origines de la ville et aux nombreux vestiges gallo-romains retrouvés alentour, il offre un parcours virtuel au cours duquel certains points sont enrichis d'informations, de photos et d'explications supplémentaires par une



médiatrice du musée filmée sur place – un sacré plus ! Après avoir passé l'introduction, qui offre une splendide vue

aérienne à 360° de l'architecture du musée et des arènes situées juste en face, cinq sections détaillées nous plongent

dans vingt-cinq siècles de l'histoire de Nîmes et sa région.

Plus d'infos sur : www.museedelaromanite.fr



Websérie

CITÉ DE L'ÉCONOMIE L'éco en vidéos



La Cité de l'Économie, à Paris, vient de lancer un programme de vidéos en ligne proposant des épisodes de quatre minutes environ qui vulgarisent à chaque fois un concept différent lié... à l'économie, bien sûr! Baptisée « T'as

capté? », la chaîne se veut ludique et cible particulièrement les ados, mais elle intéressera quiconque veut comprendre les rouages de ce vaste domaine indissociable de notre quotidien. Les deux premiers

*T'as acheté un téléphone en Chine*

épisodes accessibles à l'heure où nous écrivons ces lignes s'intitulent « La gouvernance des entreprises » et « Les

multiples multinationales ». On attend la suite!

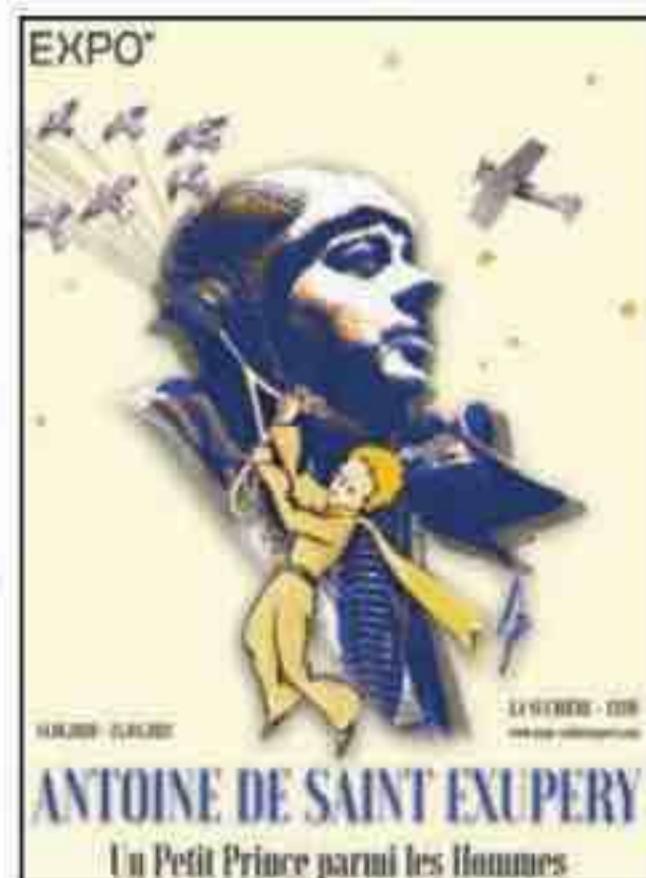
**« T'as capté? »,
épisodes disponibles sur:
www.citeco.fr**

Lyon

ANTOINE DE SAINT-EXUPÉRY Sur la planète Saint-Ex



Aviateur, poète, reporter et écrivain français, Antoine de Saint-Exupéry (1900-1944) était tout cela à la fois. On le connaît surtout pour son *Petit Prince* (1943), un conte philosophique qui a conquis la planète. Il est dit que c'est l'œuvre littéraire la plus connue et lue au monde! L'hommage qui lui est rendu à La Sucrerie, à Lyon (sa ville d'origine), s'attache à faire (re)découvrir la vie trépidante de cet aventurier avant sa disparition, en vol, en 1944. Photos, manuscrits, dessins,



sculptures inspirées du *Petit Prince* nous rapprochent un peu plus de cet homme extraordinaire, pionnier de l'Aéropostale, lauréat du prix Femina pour son roman *Vol de nuit* (1931) ou encore reporter au Vietnam...

« Un Petit Prince parmi les hommes », à La Sucrerie (Lyon), jusqu'au 25 avril (date susceptible d'être modifiée). Plus d'infos sur: www.lasucriere-lyon.com

Vidéo

SECRETS D'HISTOIRE Napoléon revient dans la lumière



Cela ne vous a sûrement pas échappé : 2021 est l'année Napoléon ! De nombreux événements sont prévus dans toute la France, dont une exposition très attendue à la Grande Halle de la Villette, à Paris (ouverture prévue pour la mi-avril, à confirmer en fonction du contexte sanitaire). Pour patienter, réviser ou découvrir l'histoire de ce souverain à la personnalité complexe, et en attendant notre dossier spécial le mois prochain, la vidéo



de l'émission *Secrets d'Histoire* (présentée par Stéphane Bern) qui lui était consacrée en 2019 aborde de façon chronologique les moments marquants de sa vie et nous gratifie d'une foule

d'anecdotes qui rendent le documentaire très vivant. De quoi être incolable sur le sujet !

« Secrets d'Histoire. Comment devient-on Napoléon ? », à voir sur: www.youtube.com/watch?v=WeHTIU8efMA

Sur les traces d'Arsène

Depuis la sortie en début d'année de la série événement de Netflix (*lire aussi p. 58*), le public s'arrache les livres de Maurice Leblanc. L'occasion de faire la lumière sur cet auteur souvent éclipsé par le charisme de son héros.

Par Delphine Gaston-Sloan



Maurice Leblanc
vers 1905.

BIO

Né dans la bourgeoisie rouennaise en 1864, Maurice Leblanc n'a pas le sens des affaires, comme son père. Il ne rêve que d'écriture. Installé à Paris, il fréquente les milieux littéraires et commence à vivre de ses écrits. Puis, il invente Arsène Lupin et sa carrière s'en trouve bouleversée.

Il ancre ses intrigues dans l'actualité, garde un rythme haletant qui entretient l'intérêt des lecteurs pour ce personnage récurrent. Il meurt d'une affection respiratoire en 1941, en pleine Seconde Guerre mondiale, alors qu'il s'est retranché en zone libre, à Perpignan.

1

Ce personnage a été créé pour la presse

Le gentleman-cambrioleur fait sa première apparition en juillet 1905 dans «L'Arrestation d'Arsène Lupin», paru dans le mensuel *Je sais tout*, un magazine grand public destiné à la famille. Son fondateur, le journaliste Pierre Lafitte, un ami de Maurice Leblanc, lui commande une aventure policière à publier en feuilleton. Lafitte voulait rivaliser avec le populaire Sherlock Holmes du Britannique Conan Doyle (1859-1930). Que Lupin soit cambrioleur et Holmes détective n'a fait qu'ajouter du piquant et permis à Leblanc d'imaginer une confrontation entre les deux héros («Sherlock Holmes arrive trop tard»). L'Anglais sera dans la foulée rebaptisé Herlock Sholmès pour ménager la susceptibilité de Doyle.

2

Leblanc a déclaré : «Je suis le prisonnier d'Arsène Lupin»

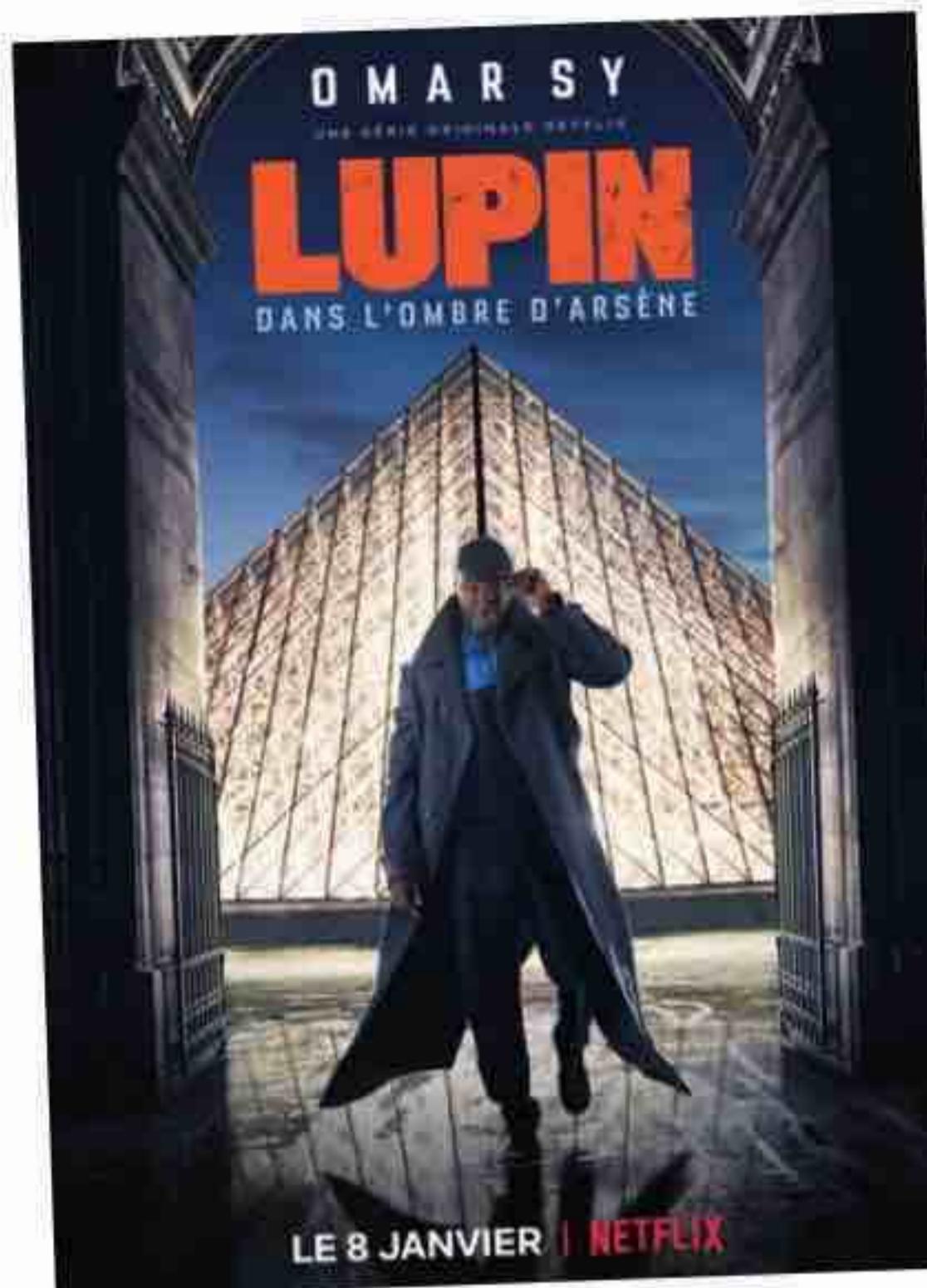
Bien qu'inconnu du grand public, Maurice Leblanc n'est pas novice lorsqu'il donne vie à Arsène Lupin. Il a à son actif une dizaine de romans psychologiques (*L'Œuvre de mort*, 1896) ainsi que des recueils de nouvelles (*Les Lèvres jointes*, 1899). Sa subite notoriété lui fait presque honte. Il se voyait académicien, pas romancier populaire. Tenté de se débarrasser de Lupin, il se heurte à la pression de son éditeur, du public, de l'argent facile et ne cesse de le remettre en scène. La postérité a gommé le reste de son œuvre, qui va du roman légèrement érotique (*L'Image de la femme nue*, 1934) à la littérature enfantine (*La Forêt des aventures*, 1932) en passant par la science-fiction (*Les Trois Yeux*, 1919). Il s'est même amusé à parodier le style Arsène Lupin dans *Dorothée danseuse de corde* (1923).

Lupin

3

Ses héritiers récusent la thèse du modèle

Maurice Leblanc se serait inspiré d'un anarchiste marseillais, Marius Jacob (1879-1954), qui volait les riches pour donner aux pauvres, condamné aux travaux forcés à perpétuité au bagne de Cayenne (Guyane) en 1905, année de «naissance» de Lupin. Ce n'est qu'une légende, aux dires de la petite-fille de Leblanc. Une autre fable circule : son personnage se serait d'abord appelé Lopin, du nom d'un conseiller municipal de Paris. La colère de l'intéressé aurait fait reculer l'écrivain et il lui aurait suffi de substituer au «o» un «u».



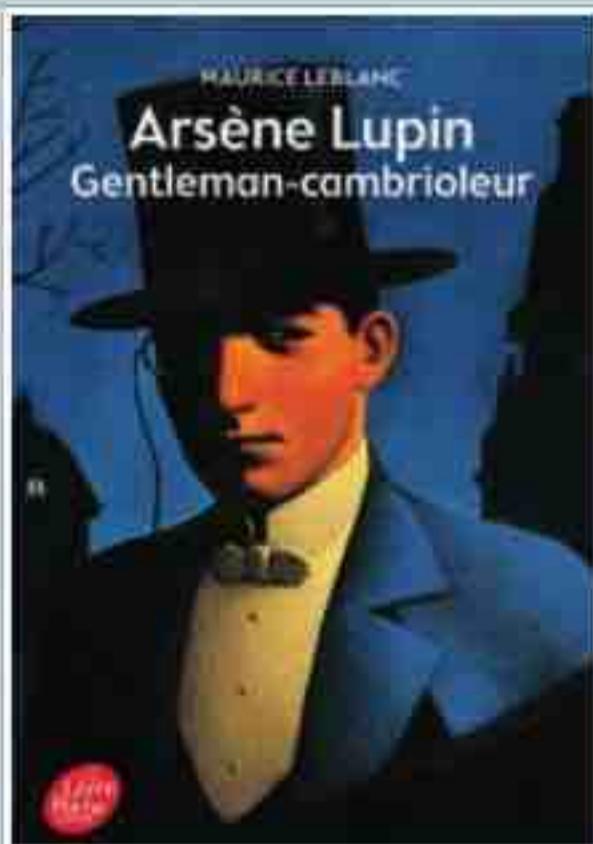
4

Il y a eu une première série télé dans les années 1970

Le générique interprété par Jacques Dutronc fait partie du patrimoine de la chanson française : «C'est le plus grand des voleurs. Oui, mais c'est un gentleman...». Avant qu'Omar Sy ne réveille le phénomène Lupin pour Netflix, il a porté les traits – sur la deuxième chaîne de l'ORTF, l'Office de radiodiffusion-télévision française – de Georges Descrières, un acteur de la Comédie-Française. La série, devenue culte, a connu deux saisons de 13 épisodes, diffusées en 1971 et 1973-1974. Le cinéma aussi a eu ses multiples Lupin. Romain Duris a incarné le dernier en date (2004, réalisation de Jean-Paul Salomé).

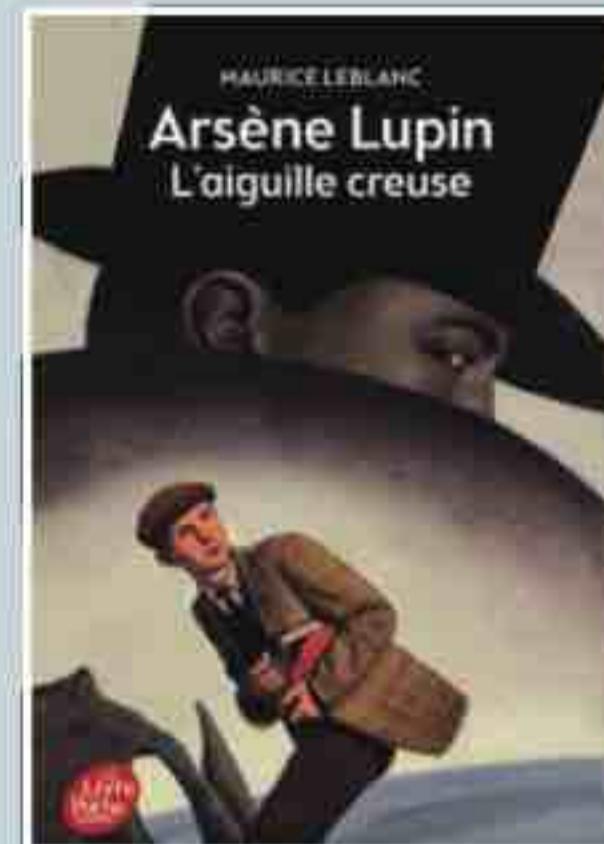
4 TITRES À RETENIR

Aucun genre littéraire ne résiste à Arsène Lupin, qui s'est illustré en nouvelles (39 + 1 si l'on comptabilise *Le Pont qui s'effondre*, parue aux États-Unis et non retenue dans un recueil français), en romans (18) et en pièces de théâtre (5).



1/ Arsène Lupin, gentleman-cambrioleur
(recueil de 9 nouvelles, 1907)

Premier recueil dédié à Lupin, il contient des textes aussi célèbres que «L'Arrestation d'Arsène Lupin», «Le Collier de la reine», «Le Sept de cœur»... Dans la série de Netflix, c'est celui qu'Assan, adolescent, dévore après que son père le lui a offert.



2/ L'Aiguille creuse
(roman, 1909)

Isidore Beautrelet, lycéen et apprenti détective, est certain que des tableaux de maître du château normand d'Ambrumésy ont été dérobés et remplacés par Lupin. Il se met à sa poursuite et découvre en chemin le secret du trésor des rois de France.



3/ L'Île aux trente cercueils
(roman, 1919)

Alors qu'elle cherche son fils disparu, Véronique d'Hergemont se rend sur une île de Bretagne où circule une légende épouvantable réclamant le sacrifice de trente personnes. Signe de mauvais augure pour elle, ses initiales apparaissent gravées ça et là... Lupin ne fait son apparition que tardivement dans ce récit fantastique.



4/ La Comtesse de Cagliostro
(roman, 1924)

Remontons le temps, au cours de la jeunesse d'Arsène Lupin, alias Raoul d'Andrésy. Il aime Clarisse dont le père trempe dans des affaires louche. Raoul sauve de ses griffes Joséphine Balsamo et tombe sous son charme. Elle l'entraîne dans la quête d'un trésor médiéval. La comtesse fera son retour en 1935 dans *La Cagliostro se venge*.

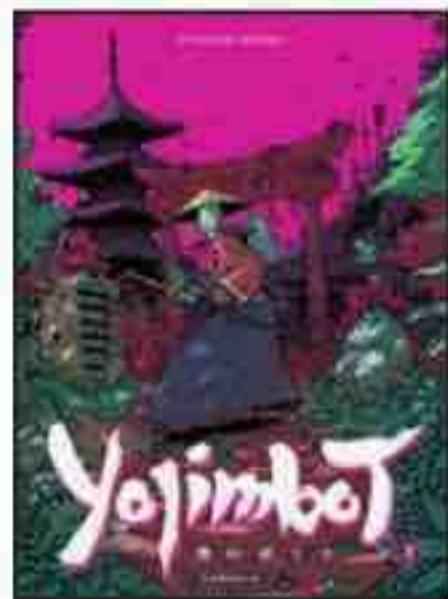
BD & Livres

PAR PATRICK GAUMER (BD)
ET DELPHINE GASTON-SLOAN (LIVRES)

BD TOUT PUBLIC

YOJIMBOT, TOME 1/4

de Sylvain Repos (scénario et dessin) et Noiry (couleur)



Dargaud, 160 pages,
16,50 €



Ouête initiatique

Imaginez un instant que la presque totalité de l'espèce humaine ait disparu de la Terre. Ne subsistent que quelques rares individus poursuivis par des drones agressifs. Dans un parc d'attractions transformé en casse à ciel ouvert, Yojimbot, un robot samouraï, vole au secours d'Hiro, un jeune orphelin. Ce garde du corps bien spécial se fixe pour objectif de retrouver les amis de son père. Commence alors une quête semée d'embûches. Servi par la mise en couleur acidulée de Noiry,



l'illustrateur Sylvain Repos signe un premier album prometteur, inspiré tout autant par le manga que par les *comics*. *Yojimbot* se décline

aussi sous la forme d'une websérie disponible sur Webtoon Factory, dont l'action se déroule juste avant l'ouverture de ce premier tome.

BD WESTERN

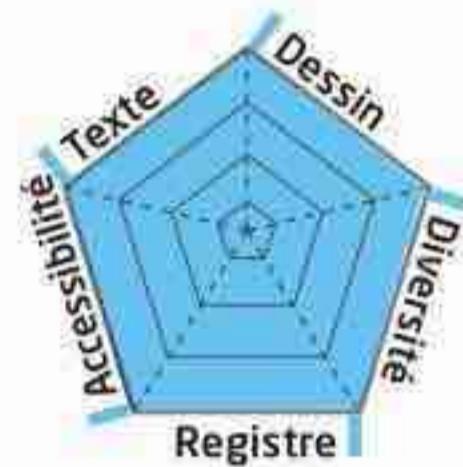
LE RÉVEIL DU TIGRE

de Serge Le Tendre (scénario), Olivier TaDuc (scénario, dessin et couleur) et Luc Perdriiset (couleur)

Un western crépusculaire



Dupuis,
136 pages,
28,95 €



qui peut se lire indépendamment de la saga d'origine, le personnage fait pourtant un retour fracassant. Vingt années ont passé. Chinaman se découvre un fils métis, détective chez Pinkerton. L'heure de la rédemption a sonné.



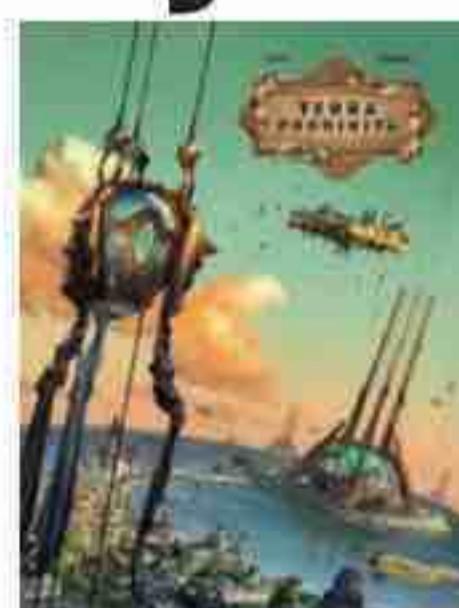
Au seuil des années 2000, Le Tendre et TaDuc componaient *Chinaman*, une série contant le parcours singulier de Chen Long, combattant des triades (sociétés criminelles) chinoises, plongé au cœur de la ruée vers l'or et en butte au racisme. Après neuf albums, repris aujourd'hui sous forme de trois intégrales chez Dupuis, on pensait la page tournée. Dans *Le Réveil du tigre*,

BD SCIENCE-FICTION

TERRA PROHIBITA, TOME 1/2

de Denis-Pierre Filippi (scénario), Patrick Laumond (dessin) et Arancia Studio (couleur)

Steampunk végétal



Glénat, 48 pages,
13,90 €



Qu'a-t-il donc bien pu se passer pour qu'à l'aube du siècle dernier (un XX^e revu à la sauce steampunk, ce genre littéraire d'inspiration victorienne), la fière et



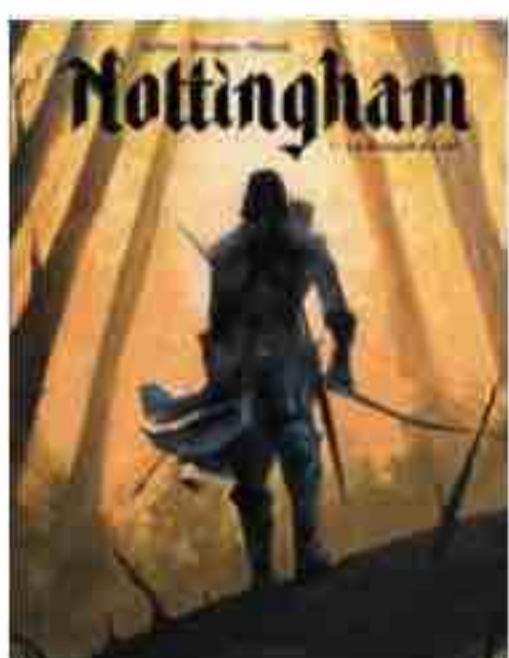
conquérante Angleterre soit devenue une *Terra prohibita*, un lieu interdit colonisé par une végétation aussi luxuriante qu'hostile ? Dorian Singer, un scientifique et tueur à gages, mène l'enquête à sa façon, un brin radicale. À ses trousses,

la détective privée Kerveillan. Ces deux-là vont néanmoins être conduits à faire cause commune. Au-delà de l'intrigue foisonnante, le regard du lecteur s'attarde sur les formidables compositions, tant architecturales que végétales, de Patrick Laumond.

BD CHEVALERIE

**NOTTINGHAM, TOME 1:
LA RANÇON DU ROI**

de Vincent Brugeas et Emmanuel Herzet (scénario),
Benoît Dellac (dessin) et Denis Bechu (couleur)

Suivez la flèche

Le Lombard, 56 pages,
14,75 €



Robin des Bois, vous connaissez ! Cet archer dépourvu de richesses et redistribuant son butin aux plus démunis, réfugié avec sa bande dans la forêt de Sherwood, dans le comté de Nottingham. Un mythe maintes fois mis

en scène au cinéma, de Michael Curtiz à Ridley Scott en passant par les studios Disney, et que les scénaristes BD Vincent Brugeas et Emmanuel Herzet revisent à leur façon. Et si le shérif de Nottingham, censé être

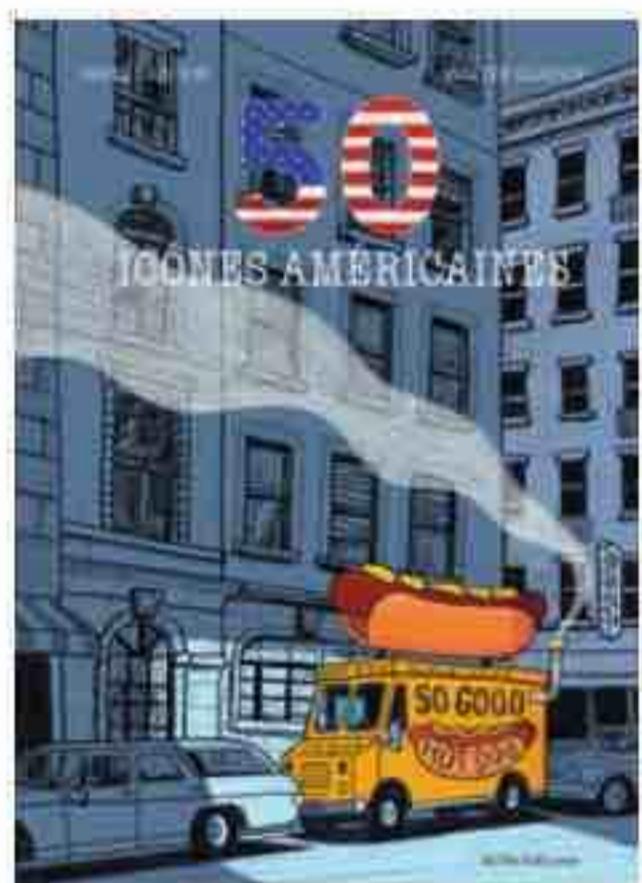
le « méchant » de l'histoire, était en réalité le justicier au grand cœur ? Mais chut, n'en dévoilons pas plus et soulignons le savoir-faire de Benoît Dellac, qui excelle

notamment dans les longues séquences sans dialogue. « Je me suis fait plaisir ! » conclut simplement le dessinateur.

ALBUM DOCUMENTAIRE

50 ICÔNES AMÉRICAINES

de David Groison, illustrations de Walter Glassof

American life

Actes Sud Junior,
110 pages, 18,50 €



Une page après l'autre, on vous renseigne sur les éléments divers et variés emblématiques des États-Unis d'Amérique, qui en forment la culture : le jean créé par Jacob W. Davis et Levi Strauss, le billet vert né en pleine guerre de

Sécession, le panier de basket à une hauteur réglementaire de 3,05 m, le pop-corn, d'abord interdit dans les salles de cinéma, Captain America, entré en guerre

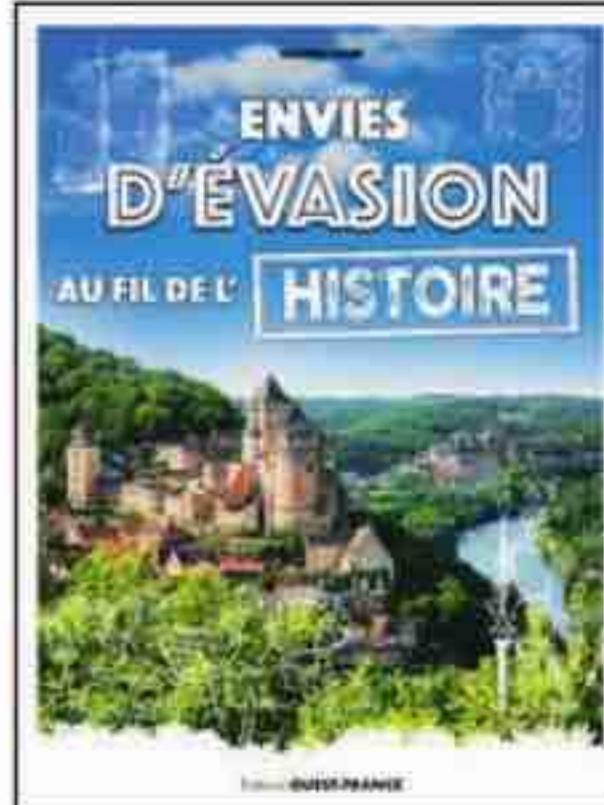
contre les nazis avant même les USA, la casquette, portée d'abord par les joueurs de baseball, le château de Disneyland, que Walt Disney a construit envers

et contre tous, en cassant son assurance vie, le pouce levé de Facebook, que le réseau ne souhaite pas voir baisser... Pour cet ouvrage, on le lève sans conteste !

BEAU LIVRE

ENVIES D'ÉVASION AU FIL DE L'HISTOIRE

de Mathieu Lours

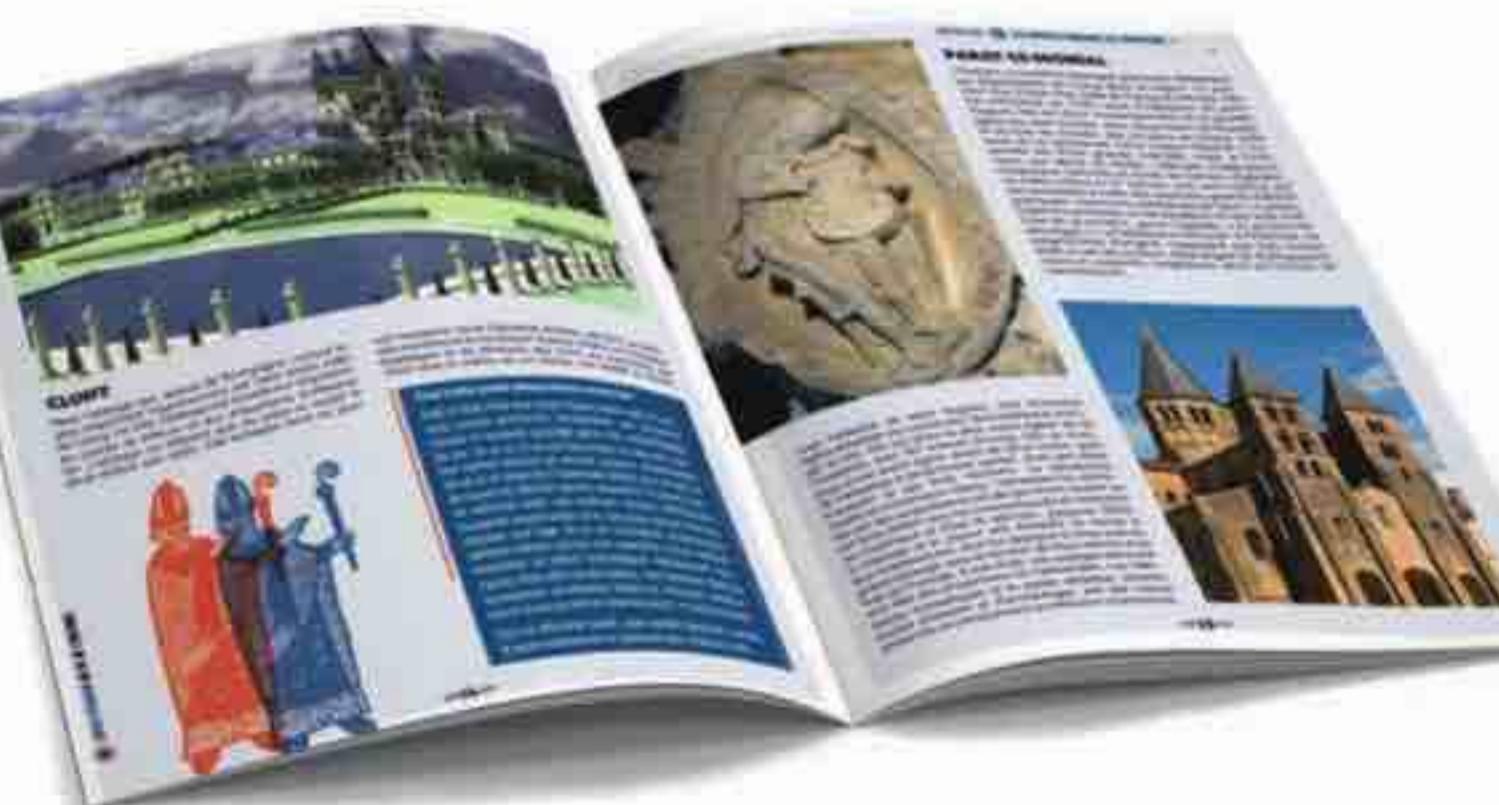
Visite guidée en Histoire

Éditions Ouest-France,
222 pages, 28 €



La principale originalité de cet ouvrage est sa progression chronologique et thématique. On entame la visite à la préhistoire en

découvrant l'art rupestre des grottes, puis les mégalithes bretons. L'Antiquité romaine s'illustre en Provence et à Lutèce. Direction la chrétienté médiévale et ses baptistères, ses abbayes, ses cathédrales. La féodalité est rappelée par ses châteaux, ses villes de foires. L'Ancien Régime ne se borne pas à ses



palais du Val de Loire, les citadelles de Vauban, les places royales sont aussi à retenir. La Révolution, l'époque napoléonienne, la révolution industrielle ont leurs lieux de mémoire. De même que la

Première et la Seconde Guerres mondiales. On termine avec les grands travaux de nos présidents de la Ve République. Qui raconte mieux l'histoire que nos monuments, l'architecture, l'art ?



VRAI/FAUX

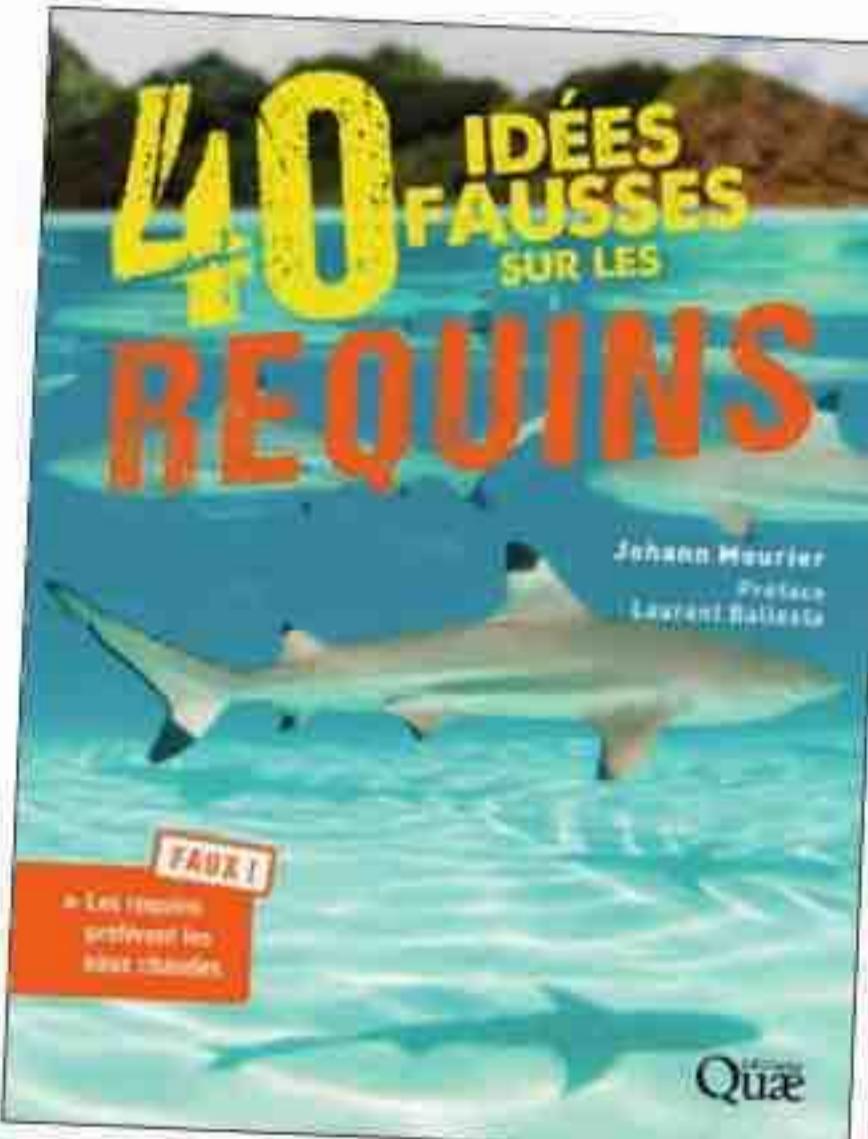
40 IDÉES FAUSSES SUR LES REQUINS

de Johann Mourier

Les dons de la mer

Avec ses *Dents de la mer* (1975), Spielberg, puisant dans une méfiance humaine préexistante à l'égard des requins, les a transformés en objet d'angoisse déraisonnable. Baignant dans cette ambiance, nous avons intégré un certain nombre d'idées reçues les concernant, battues ici en brèche point par point. Non, les femmes en période de règles ne sont pas des cibles du requin que l'odeur du sang rend fou à des kilomètres (reste qu'il a un puissant système olfactif). Non,

les requins ne sont pas détestés dans le monde entier (des traditions polynésiennes y voient la réincarnation des ancêtres disparus). Non, il n'est pas l'animal le plus dangereux au monde pour les hommes (les moustiques en tuent davantage!). Non, nous n'avons pas rien à apprendre d'eux : leur étude promet de déboucher sur des thérapies pour les humains. Un livre pour en finir avec la squalophobie.



Éditions Quæ, 144 pages, 23 €



19

LES REQUINS NE PEUVENT SORTIR DE L'EAU

FAUX !



© David Gruber; Connor Gervais; Jodie Rummel; Jack Randall & CSIRO
Australian National Fish Collection; Austin Gallagher

ET AUSSI...

DICTIONNAIRE

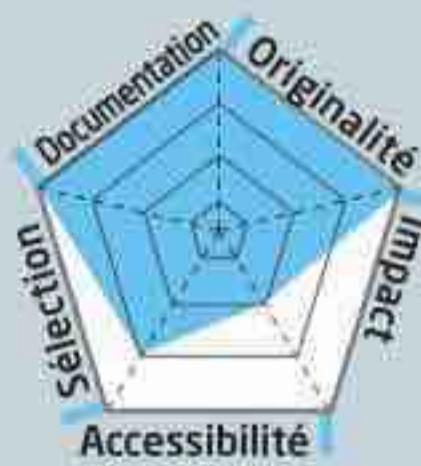
FUTUR, NOTRE AVENIR DE A À Z

d'Antoine Buéno

L'auteur dresse les contours du futur, à partir des éléments dont il dispose actuellement sur des sujets divers : les animaux, l'art, l'énergie, la guerre (ne faudrait-il pas plutôt dire la paix ?), l'immortalité, l'implant cérébral, les robots, la science-fiction (qui s'invite également ailleurs dans le livre à l'occasion de chapitres dédiés à ses œuvres majeures) ... Il analyse ces grands thèmes en convoquant toutes les sciences humaines, de l'histoire à la philosophie, et amène le lecteur à sa propre réflexion. Et à se dire (ou non) vivement demain.

Flammarion, 676 pages, 29 €

Antoine Buéno

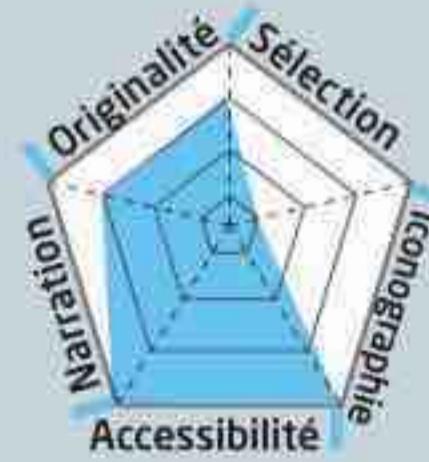
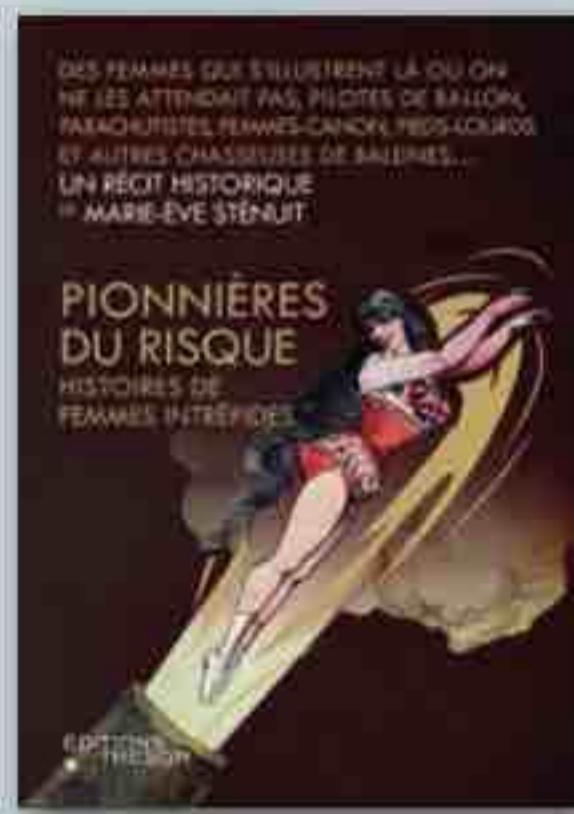


COMPILATION HISTORIQUE PIONNIÈRES DU RISQUE

de Marie-Ève Sténuit

Ou ont-elles réalisé d'invraisemblable, ces femmes que l'on découvre ici ? Elles ont fait un vol en montgolfière (alors qu'il était condamné par l'Église, même pour ces messieurs), elles ont sauté en parachute, plongé en scaphandre... Le chapitre sur la première femme-canon (qui a même en cela devancé un homme) est particulièrement amusant, nous propulsant dans l'univers pittoresque du cirque du XIX^e siècle. Ce livre devait vouloir montrer que les femmes aussi avaient été intrépides, alors que l'histoire les a trop souvent occultées. Il apparaît aujourd'hui, à l'heure où l'on préfère l'enfermement au risque d'attraper un virus, comme une ode à la témérité, en général.

Éditions du trésor, 176 pages, 18 €



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

SF

La paix des sexes

Le grand public français méconnaît Ursula K. Le Guin, considérée pourtant comme l'égale de Tolkien. Coup de projecteur mérité sur son chef-d'œuvre.

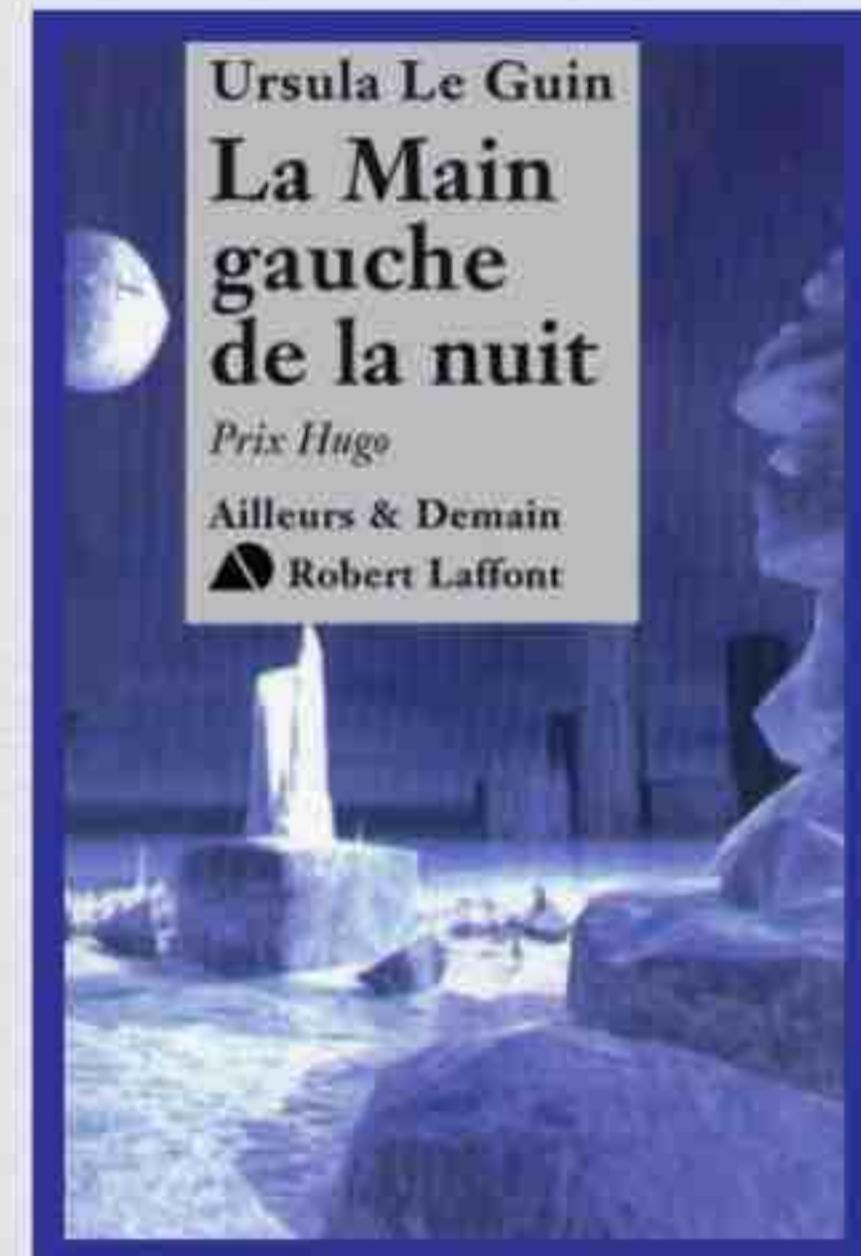
Par Delphine Gaston-Sloan

L'auteure

Ursula K. Le Guin (1929-2018) est fille d'anthropologues et grandit en Californie (États-Unis) sous le signe de l'érudition. Attrisée par l'écriture dès l'enfance, elle étudie la littérature française de la Renaissance et signe une œuvre impressionnante de science-fiction, littérature jeunesse, poésie et fantasy. Son *Cycle de Terremer*, adapté en film d'animation par le Japonais Goro Miyazaki (2006), est un classique du genre.

Ses prémonitions

Dans la jeune génération d'aujourd'hui monte chez certains la revendication de ne se reconnaître d aucun genre. Ni femme, ni homme, «iel» ou «yel» se disent non-binaires. D'autres se désignent plutôt comme *gender fluid* (genre fluide), susceptibles de s'identifier à un homme ou une femme selon le moment. En imaginant ses Géthéniens, sexuellement indifférenciés, devenant homme ou femme seulement pour se reproduire, Le Guin annonçait tout ce questionnement sur le genre, hors des sentiers battus de la littérature.



**LA MAIN GAUCHE
DE LA NUIT**
d'Ursula K. Le Guin,
roman américain
publié en 1969

L'histoire

Genly Ai est envoyé par l'Ekumen, une union de planètes coopérant entre elles, en mission sur Géthen, où le froid règne et où les habitants ont évolué. Androgynes, ils ne recouvrent un genre masculin ou féminin que ponctuellement, au moment de l'accouplement. La différence physiologique de cet homme venu de la Terre n'est pas le seul obstacle qu'il rencontre pour faire adhérer les Géthéniens au projet de l'Ekumen. Il se retrouve au cœur d'intrigues politiques et son ambassade va se transformer en odyssée infernale à travers une contrée glacée.

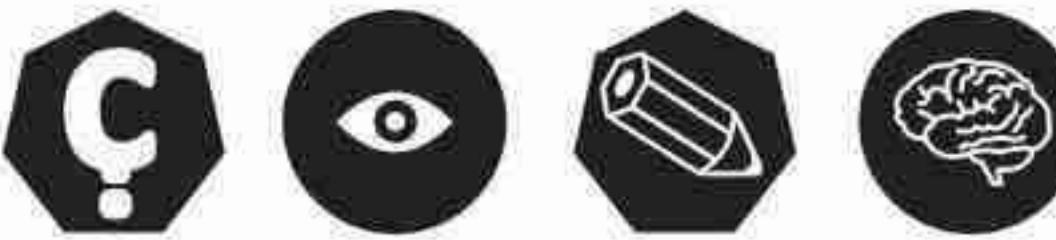
Les récompenses

Ce roman est le quatrième tome d'une série (*Cycle de l'Ekumen* ou *Cycle de Hain*) qui en compte sept, mais peut se lire indépendamment des autres. C'est celui qui a révélé Ursula K. Le Guin et l'a rendue célèbre. Construction utopique, il lui a valu le prix Nebula (1969) et le prix Hugo (1970), deux prix littéraires américains du meilleur roman couronnant une œuvre de fantasy ou de science-fiction.

Le contexte

Dans la fiction, Genly Ai débarque sur Géthen alors que deux pays sont dans une sorte de guerre froide... comme les États-Unis et l'URSS à l'époque où Le Guin signe son roman. Même si l'on peut rapprocher les conditions climatiques extrêmes de Géthen de celles de la Sibérie, il serait restrictif d'en faire un «roman de guerre froide». L'heure étant également au «Peace and Love», l'auteure pousse l'utopie jusqu'à imaginer une humanité réconciliée avec elle-même – notamment parce que l'inégalité des sexes a disparu. Sur une planète au climat plus qu'hostile, cette concorde est un élément de survie.

jeux



Les 6 différences



© Getty, Shutterstock



Sudoku

Complétez les grilles avec des chiffres de 1 à 9 de façon à ce qu'ils n'apparaissent qu'une seule fois dans chaque carré, chaque ligne et chaque colonne.



C'est quoi ?

Devinez ce qui se cache derrière ce détail de photo agrandie.



FACILE

		8	9		1	6		
	3		6	1	4	2	8	
8	6		3	4	2		5	9
3	6		1	9		7		
			3	7	1			
			5	8		9	6	
3		1			6		5	
	2	4	6					
1		7			8	4		

DIFFICILE

3	4	7	1					
1						2	4	
			8	9			7	
	7	9			3			
			2					
	4		1	9	5			
			6		4		9	
4		3		7	8		5	



Solutions dans le n° 127

Les chiffres du mois

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



*La Terre n'a
qu'**1** lune...
Saturne, elle, en
possède au moins
82*

La SVOD représentait
en 2020
85 %

du marché de la vidéo

Venise est un archipel de
118 petites îles
parcouru par
177 canaux



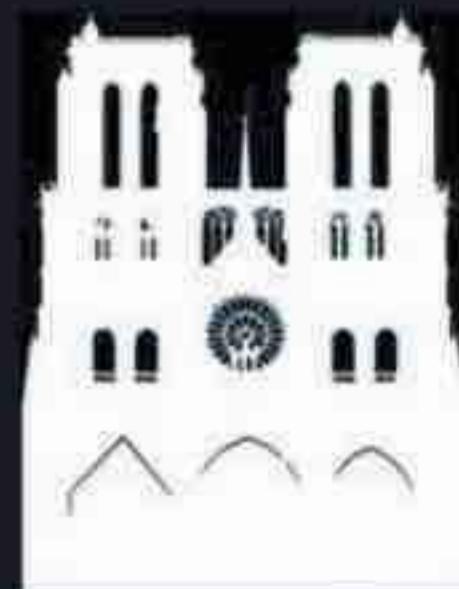
Chaque heure,
une banane génère
en moyenne
1 particule
d'antimatière

Le savant grec
Pythagore, qui
a donné son
nom au célèbre
théorème,
a vécu au
VI^e siècle av. J.-C.



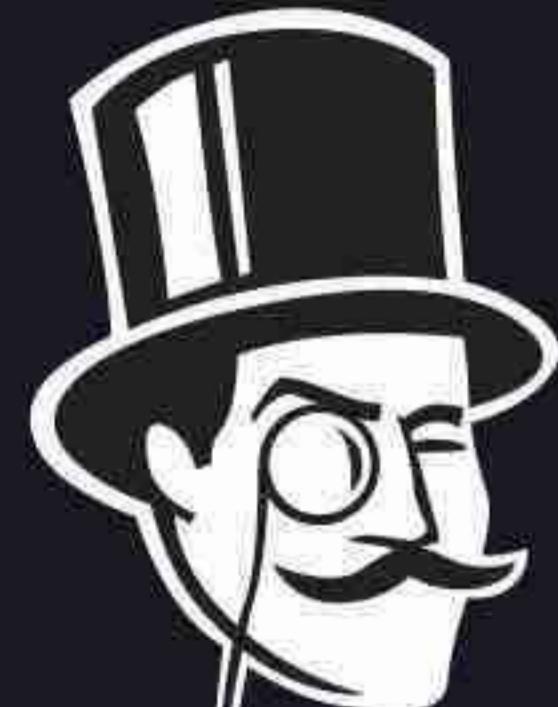
Le métro
parisien, c'est
200 KM
de lignes (un
chiffre bientôt
doublé), creusées
entre **6 et 12 m**
de profondeur
environ

*L'animal le
plus venimeux
au monde,
la méduse-boîte,
tue en
**2 à 5
minutes***



*L'imposant
grand orgue
de Notre-Dame
de Paris compte
**8 000
tuyaux***

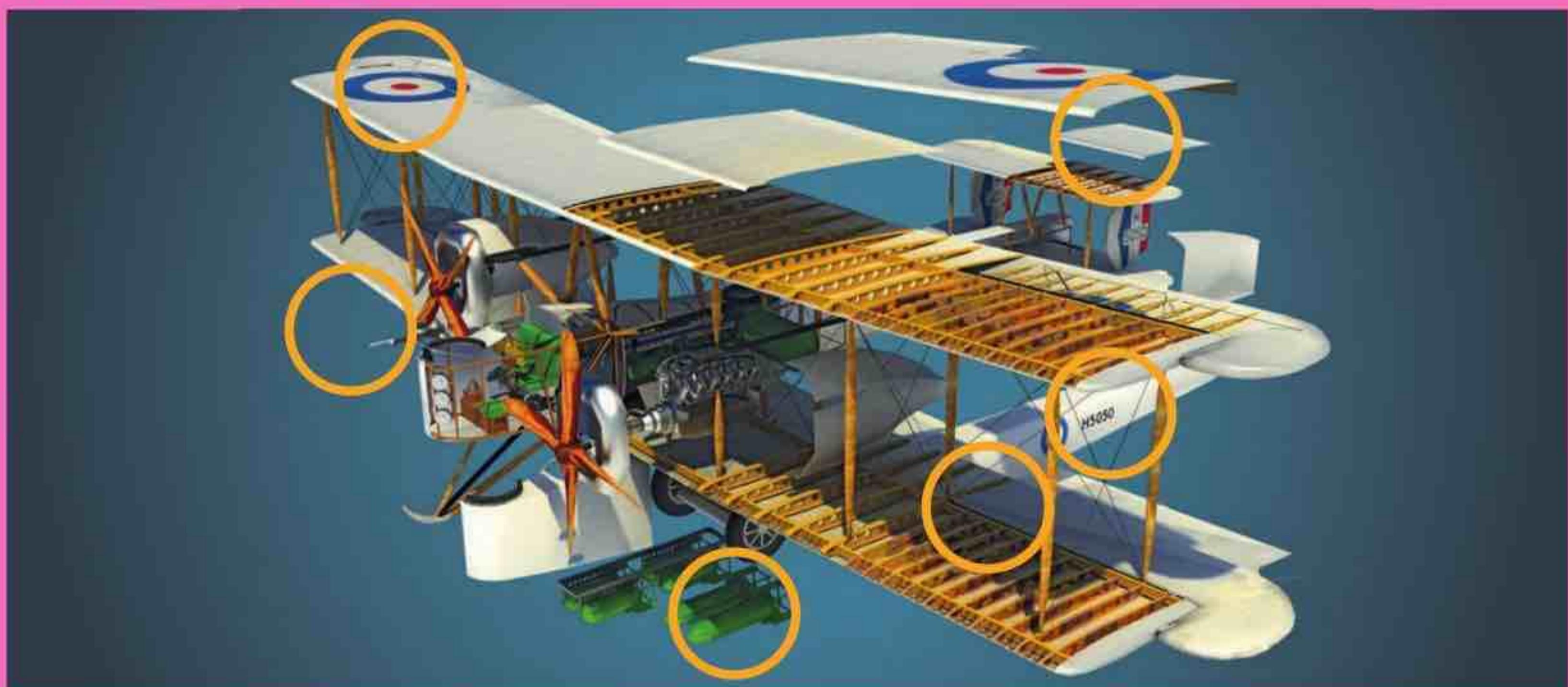
L'urine est
composée à
95 %
d'eau



Arsène Lupin
est « né » en
1905
dans les pages
du mensuel
Je sais tout

Solutions du numéro précédent

Les 6 différences



C'est quoi ?



Une toile de parachute



© Getty/Shutterstock

Comment ça marche est édité par Unique Heritage Presse SAS au capital de 500 000 € Siren 338 412 463 RCS Paris 141, boulevard Ney - 75018 Paris Président: Emmanuel Mounier

Comité de direction :

Emmanuel Mounier (Président et Directeur de la publication), Christophe Ruet (Directeur général), Alexandrine de Charon (Directrice administrative et financière), Juliette Salin (Directrice générale médias), Albin Quéré (Directeur marketing)

Rédaction :

Karine Jacquet (Rédactrice en chef), Clara Baudel (Secrétaire générale de rédaction), Denis Truchi (Rédacteur-graphiste), Jean-Philippe Baert (Directeur artistique nouvelle formule), Michelle Foucart-Orsel (Secrétaire de rédaction), Béatrice Bon (Iconographe)

Ont collaboré à ce numéro :

François Bliss de la Boissière, Marc Branchu, Anne Calais, Denis Delbecq, Louna Esgueva, Gisele Foucher, Delphine Gaston-Sloan, Patrick Gaumer, Laurence Gay, Lise Gougis, Clément Le Foll, Julia Négroni, Sophie Noucher, Benjamin Robert, Maïa Wasserman

Relations abonnés :

Fleurus Presse - TSA 37505
59782 LILLE CEDEX 9
Tél.: (+33) 03 20 12 11 10
(lun-ven: 9 h-18 h)
relation.abo@fleuruspresse.com
Suisse: Edigroup
Tél.: (41) 022 860 84 01
abonne@edigroup.ch
Belgique: Edigroup
Tél.: (32) 070 233 304
abonne@edigroup.be
Canada: Express Mag,
expressmag@expressmag.com

Tarif abonnement :

45 € / an (11 parutions). Mensuel.

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 : 0187 15 42 39
Marion Stastny (Directrice marketing, partenariats et business development), Patricia Danan (Directrice de publicité), Barbara Valdès (Directrice de clientèle), Yann Grolleau (Directeur opérations spéciales), prenom.nom@uniqueheritage.fr

Fabrication :

Créatoprint
Tél.: 06 71 72 43 16

Impression : Artigrafiche Boccia
84 131 Salerno (Italie)
Origine du papier: Italie

Taux de fibres recyclées: 0 %
Certification: PEFC 100 %
Eutrophisation: Ptot 0,018 kg / t

Commission paritaire :

0925 K 90540.
Loi du 16 juillet 1949 sur les publications destinées à la jeunesse.

ISSN :

2557-3306.
Dépot 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

F U T U R E

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



DE LA CONQUÊTE SPATIALE... AUX OBJETS DU QUOTIDIEN



- DÉCRYPTER: COMMENT SOIGNER LES ALLERGIES
- EXPLORER: DANS LES PROFONDEURS DE LA TERRE

- INNOVER: LES «TINY HOUSES», DES MAISONS MINIMALISTES
- OBSERVER: GROS PLAN SUR LES INSECTES

- RACONTER: NAPOLÉON EN 12 QUESTIONS
- AGENDA: CINÉ, JEUX VIDÉO, BD, LIVRES, EXPOS...

DÉCOUVREZ AUSSI...

The magazine cover features several sections:

- Top Navigation:** ARGENT, SANTÉ, PRATIQUE, BIEN-ÊTRE, CUISINE, DROIT.
- Main Headline:** RÉPONSE À TOUT!
- Left Column:**
 - TÉLÉTRAVAIL:** Faites valoir vos droits. Includes a photo of a woman working outdoors.
 - CONTRATS:** Comment bien les renégocier? Includes a photo of a healthy meal.
- Middle Column:** Shows a person calculating bills with a calculator and an open wallet.
- Right Column:**
 - À GAGNER:** 1 SÉJOUR «PRESTIGE & SPA» POUR 2 PERSONNES À LA CHENEAUDIÈRE****
 - Banques:** vos découverts et frais bancaires leur rapportent! Ne vous laissez pas faire!
 - INFO OU INTOX?** MINCEUR 5 régimes passés au crible.
 - COMPARATIF BRACELETS CONNECTÉS:** Lequel choisir pour booster votre vitalité?

EN VENTE CHEZ VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX