

# Comment ça marche

LE MAG QUI DÉCRYPTE LE MONDE

#124



GRAND  
FORMAT

ILLUSTRATION

**TECHNO**

Sous la coque  
d'un brise-glace

**CLIMAT**

Quel avenir  
pour les glaciers?

NOUVELLE  
FORMULE  
PRIX EN  
BAISSE

## DÉBRIS SPATIAUX

La menace  
est-elle réelle?

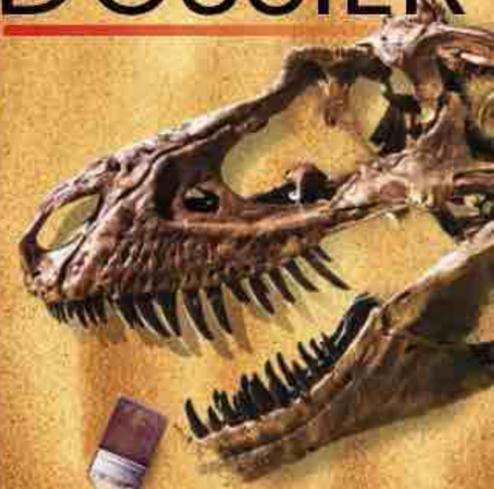
**CHIMIE**

Les secrets  
de fabrication  
du verre

**DÉCRYPTAGE**

L'AMOUR VU PAR LA SCIENCE

DOSSIER



LA CHASSE  
AUX DINOS  
EST  
OUVERTE

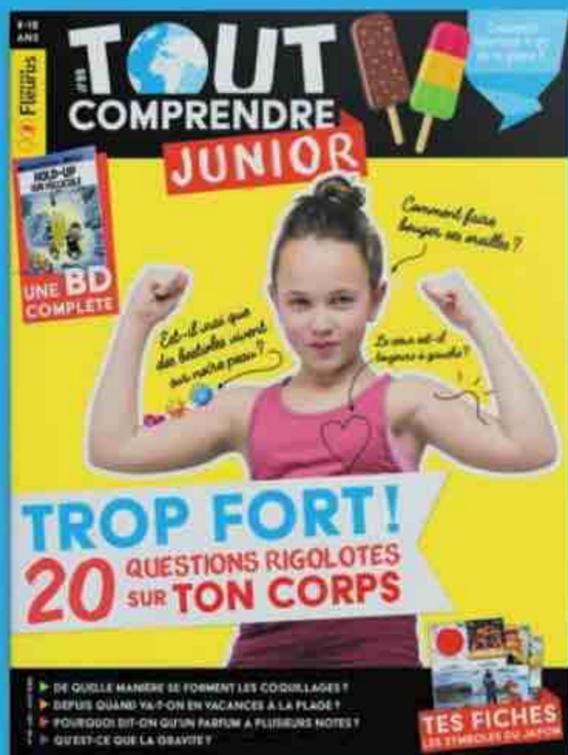
**HISTOIRE**

L'empereur Qin  
et son armée  
de terre cuite

# SCIENCE, INNOVATION, DÉCOUVERTE & ACTU

## LA CURIOSITÉ EST UN JOLI DÉFAUT !

8-12 ANS  
MENSUEL



### RÉVEILLE TA CURIOSITÉ !

Des questions d'enfants, des réponses de spécialistes autour de 4 grands thèmes : la nature, les sciences, le corps et l'histoire.

10-15 ANS  
BIMENSUEL



### L'INFO QU'IL TE FAUT

L'actualité décryptée, des reportages, une sélection de bons plans culture et une rubrique « perso » pour répondre aux questions des ados.



MENSUEL



### LE MAG QUI DÉCRYPTE LE MONDE

Comment ça marche s'adresse aux curieux de nature, aux explorateurs passionnés et aux surdoués toujours en quête de trouvailles !



DÉCOUVREZ VITE NOS OFFRES D'ABONNEMENT SUR [FLEURUSPRESSE.COM](http://FLEURUSPRESSE.COM)

## Le mot du mois

### Fossile

Nom masculin et adjectif, du latin *fossilis*, « tiré de terre ».

#### Définition:

Employé comme adjectif, ce terme définit un état, une personne ou une chose que l'on juge archaïque, démodé(e) ou dépassé(e). Le nom commun, lui, correspond à un reste, un débris - animal ou végétal - généralement minéralisé et enseveli dans des couches géologiques qui ont précédé la période actuelle. Ces fossiles sont donc des traces de vie très anciennes, lesquelles peuvent être des coquilles, des os, des carapaces, des dents, des graines, des excréments, des micro-organismes, des feuilles, des spores, du plancton ou même des traces de pas.

Pour nous écrire:

**Comment  
ça marche**

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

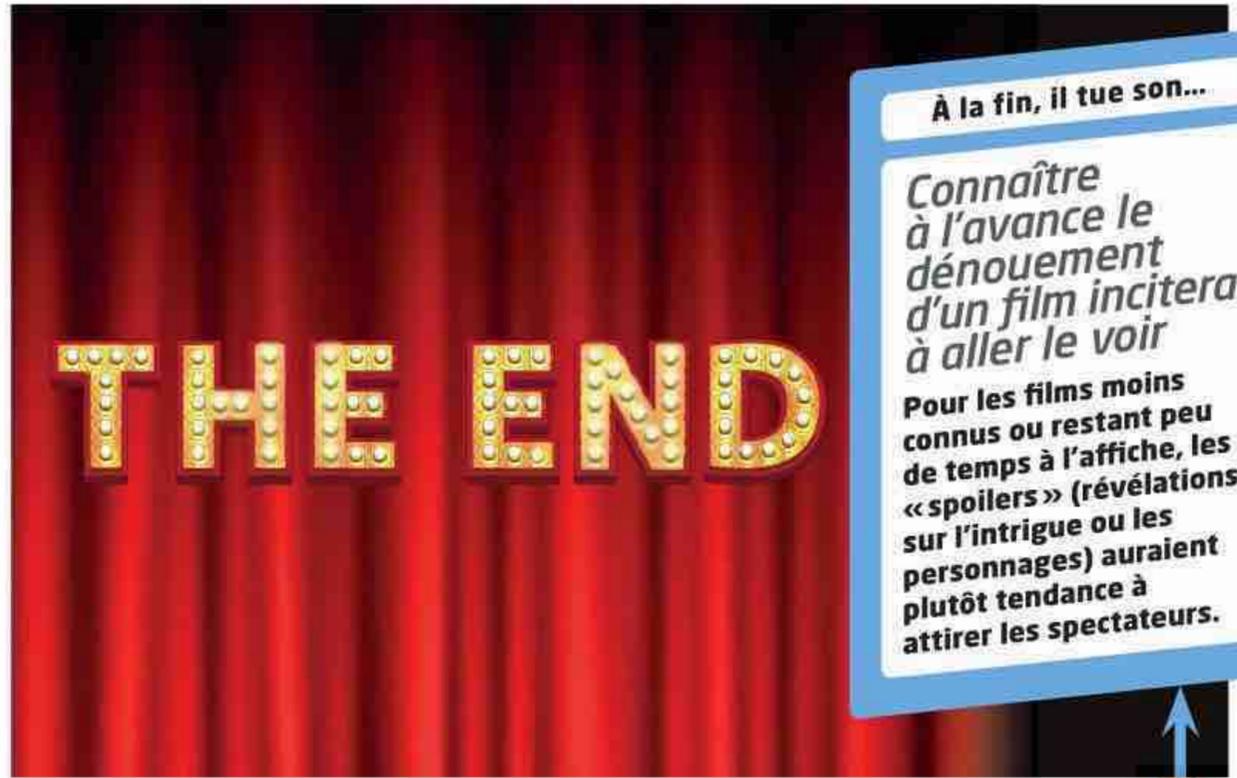
ou

ccm@fleuruspresse.com

Pour vous abonner:  
www.fleuruspresse.com



© Crédits couverture: Getty; Thinkstock  
© Getty; Shutterstock



À la fin, il tue son...

Connaître à l'avance le dénouement d'un film inciterait à aller le voir

Pour les films moins connus ou restant peu de temps à l'affiche, les «spoilers» (révélations sur l'intrigue ou les personnages) auraient plutôt tendance à attirer les spectateurs.



## SPOILER N'EST PAS TOUJOURS GÂCHER

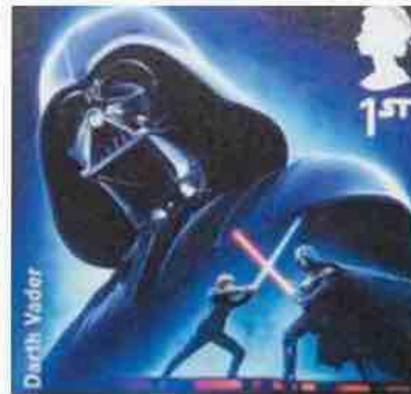
### Qui l'eût cru ? Révéler une partie de l'intrigue peut se révéler payant pour les films à petit budget

C'est une étude peu commune à laquelle se sont livrés récemment des chercheurs américains et canadiens: il s'agissait de mettre en corrélation les *spoilers* de films publiés sur les sites de critiques de cinéma avec les revenus quotidiens du box-office américain entre janvier 2013 et décembre 2017. Et là, surprise: connaître à l'avance ce qui va se passer, l'identité du coupable ou la fin d'un film, n'a pas l'effet délétère attendu.

Bien au contraire! Les chercheurs ont constaté une correspondance positive entre l'intensité des *spoilers* sur des sites comme Internet Movie Database (IMDb) et les recettes du box-office, notamment pour les films à petit budget. D'après Jun Hyun Ryoo, l'un des auteurs de l'étude, «l'effet positif des *spoilers* est motivé par une réduction de l'incertitude». Le spectateur pourrait, grâce aux informations cruciales divulguées sur un film, juger de sa qualité, quitte à perdre un peu d'effet de surprise. Ce qui l'inciterait à se déplacer pour le voir. De quoi repenser

l'utilisation du mot *spoiler* (*to spoil* en anglais signifie gâcher, gâter).

De nombreux réalisateurs sont néanmoins opposés aux *spoilers*. En effet, entrevoir une intrigue à l'avance décourage a priori les cinéphiles de se rendre dans les salles obscures en les privant du plaisir de l'effet de surprise, surtout pour les grosses productions.



Personne n'aurait apprécié de savoir avant de le découvrir soi-même, plongé dans le noir d'une salle de cinéma, que Dark Vader était le père de Luke Skywalker dans l'épisode V de la saga *Star Wars*, *L'Empire contre-attaque*, dévoilé en 1980. À l'époque,

l'information était l'un des secrets les mieux gardés d'Hollywood. Au fait, vous le saviez? Non? Alors désolée d'avoir *spoilé* la fin...

Cette règle vaut sans doute pour les grosses productions, mais pas pour les petites, celles qui ne bénéficient pas d'un matraquage publicitaire ni de longues semaines à l'affiche, et pour qui dévoiler une partie de l'intrigue suffit à remplir les salles. **Karine Jacquet**



24

## À LA UNE DINOSAURES

Sur les traces de ces fascinantes créatures que l'homme n'a jamais rencontrées...



46

## AMOUR

Hormones et autres neurotransmetteurs affolent notre corps et notre cerveau quand on est amoureux.



40

## VERRE

Comment du sable fondu a changé notre vie quotidienne.



66

## FRENCH TECH

La Thermo Training Room permet aux sportifs de se surpasser.

Nature Techno Histoire Espace Science

06 FAQ

10 Actualités des sciences

24 À la une : À la chasse aux dinosaures

36 Interview : François Boucq

40 Les secrets de fabrication du verre

46 Ce que la science sait de l'amour

50 Le brise-glace

52

Pollution spatiale : pourquoi notre orbite est devenue une décharge

60

Comment l'ISS communique avec la Terre

62

L'épineuse question du clonage humain

66

French Tech

68

Les objets du mois

70

Quel avenir pour les glaciers ?

76

L'extraordinaire mausolée de l'empereur Qin

84

Françoise Barré-Sinoussi

86

Ciné, jeux vidéo, BD, livres, sorties...

95

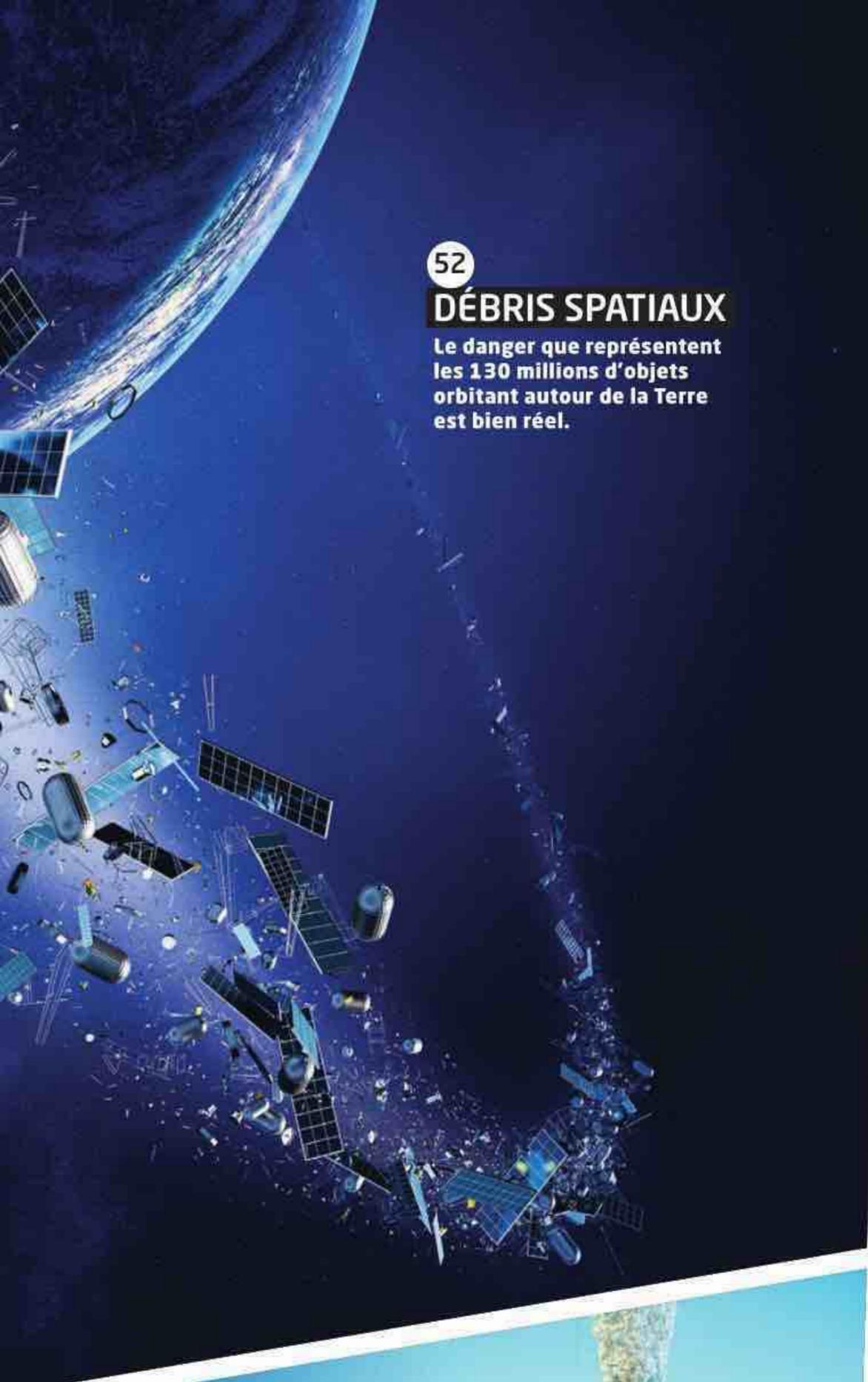
Littérature SF

96

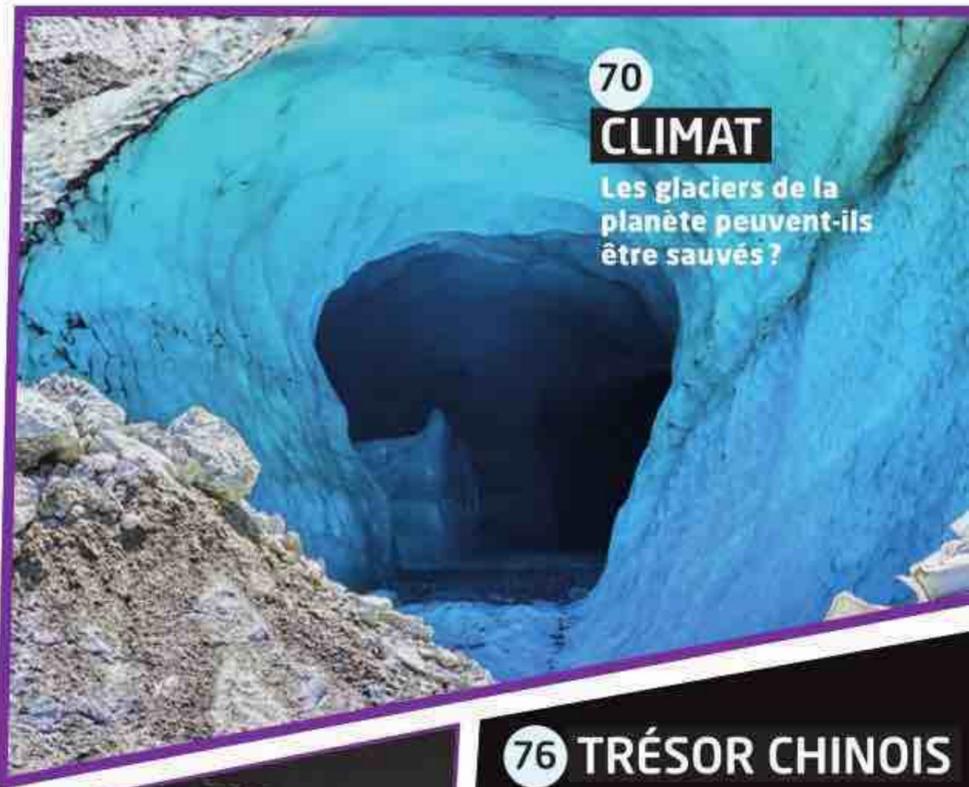
Jeux

97

Les chiffres du mois



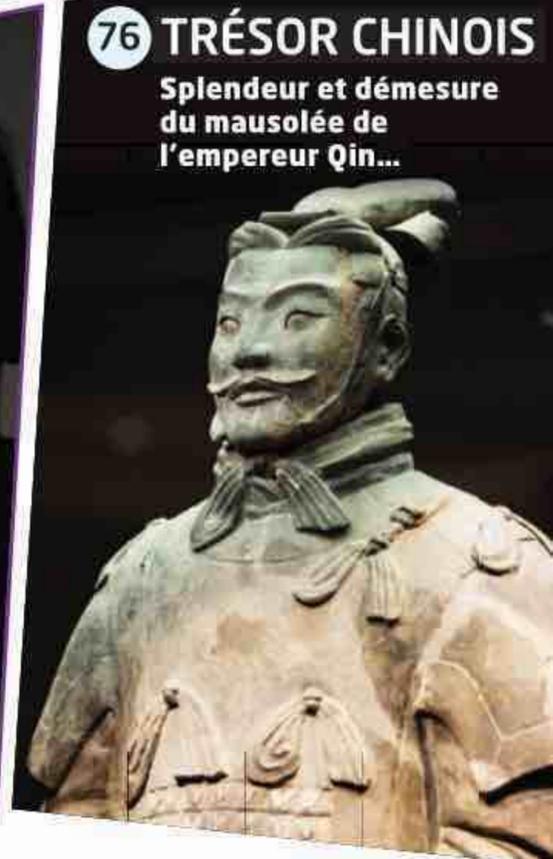
**52**  
**DÉBRIS SPATIAUX**  
Le danger que représentent les 130 millions d'objets orbitant autour de la Terre est bien réel.



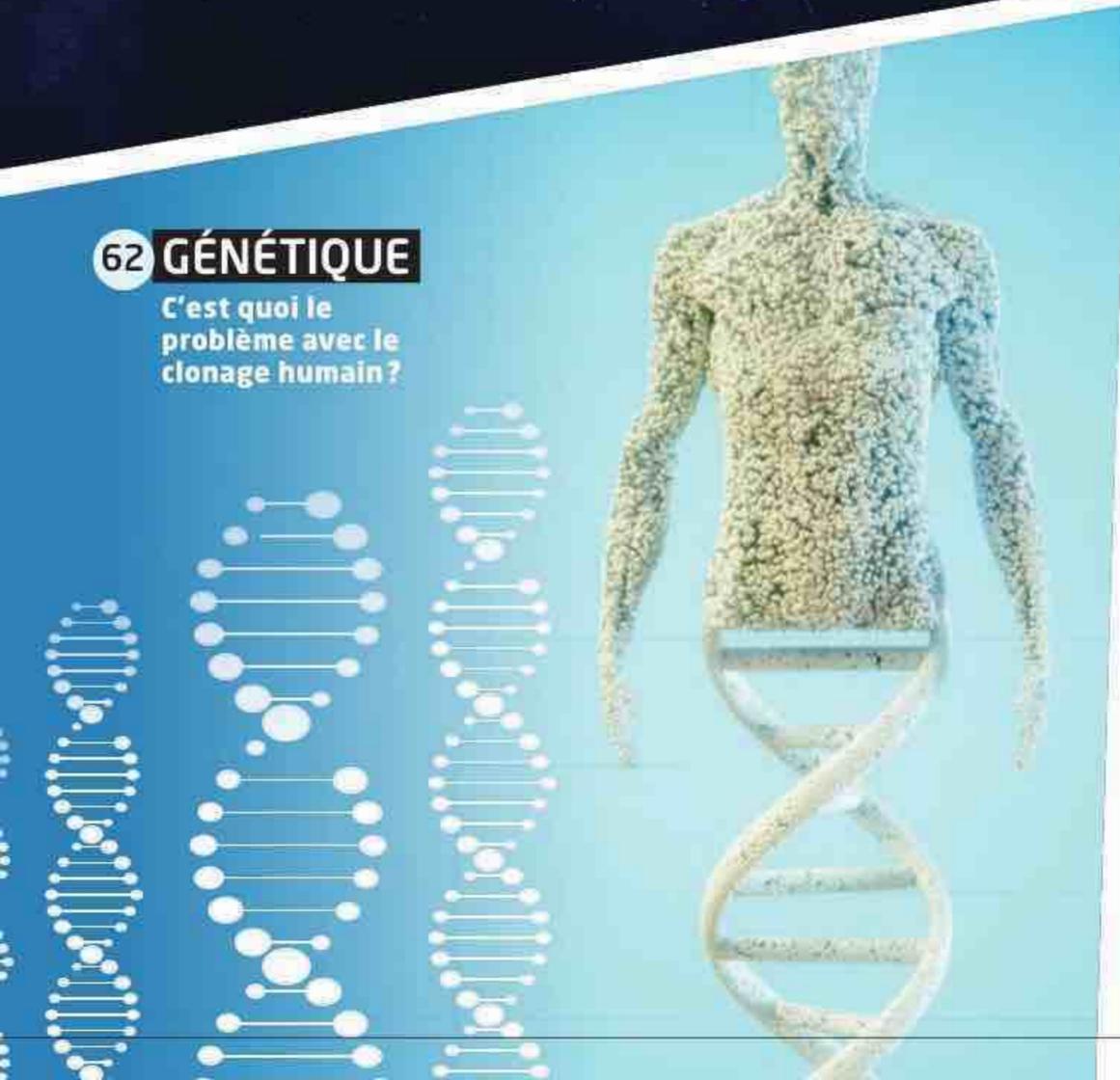
**70**  
**CLIMAT**  
Les glaciers de la planète peuvent-ils être sauvés ?



**36**  
**FRANÇOIS BOUCQ**  
Sa vie, c'est le dessin !



**76**  
**TRÉSOR CHINOIS**  
Splendeur et démesure du mausolée de l'empereur Qin...



**62**  
**GÉNÉTIQUE**  
C'est quoi le problème avec le clonage humain ?



**68**  
**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](mailto:ccm@fleuruspresse.com)

## Pour quelle raison les baleines crachent-elles de l'eau?

Question de **Tim W., Bayonne**  
(Pyrénées-Atlantiques)



Pour être tout à fait précis, il s'agit de vapeur d'eau. La baleine n'est pas un poisson, mais un mammifère marin de la famille des cétacés (dont les très lointains ancêtres étaient des mammifères terrestres). De ce fait, elle est dotée de poumons et non de branchies. Elle doit donc remonter en surface pour respirer, et retenir son souffle sous l'eau lorsqu'elle est en plongée. La baleine respire hors de l'eau par des sortes de narines, appelées « événements », situées sur le sommet de sa tête. C'est par ces orifices (un ou deux selon les espèces) que s'échappent les gaz rejetés par sa respiration. Cet air chaud (37 °C environ) expiré contient de fines gouttelettes d'eau produisant, par condensation, un nuage de vapeur au contact de l'air ambiant, plus froid. D'où l'impression de voir un geyser au-dessus de sa tête.



# Y a-t-il une différence entre le jean et le denim ?

Question de Sacha L., Mulhouse (Haut-Rhin)

**Q** La réponse est oui, même si le jean et le denim sont tous les deux ce qu'on appelle un tissu sergé. Le sergé désigne un mode de tissage caractérisé par l'entrelacement des fils de chaîne (dans le sens de la longueur) et des fils de trame (dans le sens de la largeur) produisant de fines côtes obliques. Le jean et le denim, à l'origine, ont également en commun la matière qui les compose, le coton. Là s'arrêtent les similitudes. Les fils du jean sont teints à cœur à l'indigo pour la chaîne et la trame. Le denim, quant à lui, fait appel à des couleurs de fils différentes. La chaîne est constituée d'un fil de coton dont la teinture indigo ne pénètre pas au centre de la fibre. Le fil de la trame, lui, est neutre (écru). À force de lavages, on obtient un délavage caractéristique.

Leurs noms également méritent explication. Le jean tire le sien de Gênes, ville d'Italie connue dès le Moyen Âge pour sa fabrication de grosses toiles résistantes (dites « de Gênes ») dont les marins faisaient des voiles de bateaux avant qu'elles ne servent à la confection de vêtements. Les Anglais ont importé le tissu qui, par altération du nom de la ville d'origine, est devenu « jean » ou « jeans ». Le denim a suivi un cheminement linguistique similaire. Il viendrait de la ville française de Nîmes (Gard), connue au XVI<sup>e</sup> siècle pour ses filatures. La provenance « de Nîmes » aurait donné « denim ».



## D'où vient la tradition de manger des crêpes à la Chandeleur ?

Question de Tania G., Dinan (Côtes-d'Armor)



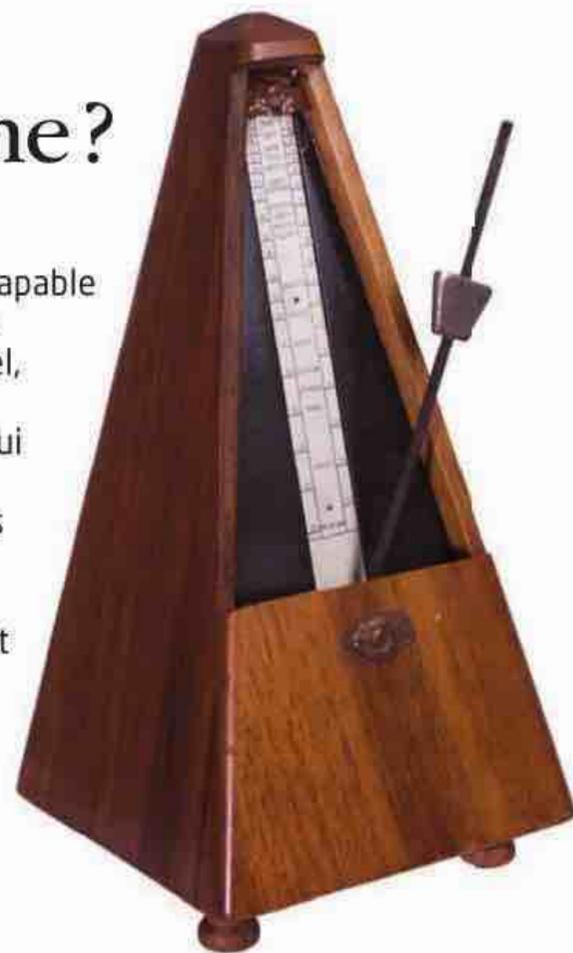
**Q** Cette tradition est la combinaison de plusieurs rites qui se sont entremêlés avec le temps. À l'origine, on trouve une fête païenne datant des Romains en hommage au dieu de la Nature, Pan. Au cours d'un défilé aux flambeaux dans les rues de Rome, on déposait des chandelles devant les maisons. Cette *festa candelarum* (« fête des chandelles », du latin *candela*, « chandelle ») célébrait l'allongement des jours et le retour de la lumière. L'occasion aussi de mettre toutes les chances de son côté pour les récoltes à venir de l'année. Au V<sup>e</sup> siècle, le pape Gélase I<sup>er</sup> (492-496) récupère au profit de l'Église catholique cette fête du 2 février (quarante jours après Noël), qui coïncide avec la date de la Présentation de Jésus au Temple, la loi juive stipulant que « Tout mâle premier-né sera consacré au Seigneur ». Les pèlerins qui se rendent à Rome se voient offrir des galettes par le Saint-Père. Au fil du temps, les galettes sont remplacées par des crêpes dont la forme et la couleur évoquent le disque solaire. La coutume se perpétue au Moyen Âge. Dans les campagnes, on fait des crêpes avec les restes de farine de l'année précédente pour que la récolte suivante soit abondante. « Si point ne veut de blé charbonneux, mange des crêpes à la Chandeleur », dit le dicton. Une superstition recommande que l'on fasse sauter la première de la main droite en tenant un louis d'or de la gauche. On la conserve en haut d'un placard, enroulée autour de la pièce, jusqu'à l'année suivante. Une promesse de prospérité!

# Comment fonctionne un métronome ?

Question d'Agnès B., Montrouge (Hauts-de-Seine)

**Q** Cet instrument bien connu des musiciens les aide à garder le rythme. Le principe : un métronome produit un nombre donné de clics, ou temps, sur une certaine durée. Les battements permettent ainsi au musicien d'assimiler le tempo d'un morceau, à savoir sa vitesse d'exécution. Un métronome traditionnel est composé d'un fin pendule attaché à un cadre en bois et lesté. Le pendule réglé oscille régulièrement, à une vitesse plus ou moins grande. Les premières expériences scientifiques notables impliquant des pendules furent menées par Galilée en 1602. Et c'est en 1696 que le musicien français Étienne Loulié mit au point l'ancêtre du métronome, le « chronomètre de Loulié », basé sur le pendule à secondes de Galilée.

À l'époque, l'instrument était le seul capable d'indiquer avec fidélité le tempo. Plus tard, en 1812, Dietrich Nikolaus Winkel, un inventeur allemand, proposa le « métronome Maelzel » (du nom de celui qui le fit breveter), encore en usage de nos jours (même si les métronomes actuels se déclinent davantage au format électronique ou numérique). Certains musiciens pensent cependant qu'il n'est pas naturel de travailler à un tempo exact. De nombreux compositeurs célèbres, dont Wagner et Brahms, ont critiqué le métronome, estimant qu'il nuisait à l'expression naturelle du musicien.



# À quoi correspondent les couleurs des conteneurs que l'on voit dans les ports de commerce ?

Question de Noa S., Sainte-Adresse (Seine-Maritime)

**Q** La couleur des conteneurs dépend de leurs propriétaires ou des entreprises qui font circuler les cargos sur les océans du monde. Si les conteneurs appartiennent à un armement (société qui fait naviguer des navires pour son propre compte), ils ont une couleur caractéristique qui permet de les reconnaître au premier coup d'œil : bleu pour CMA CGM, jaune

pour MSC, rose vif pour ONE... Dans le cas où ils sont la propriété d'une entreprise de location qui assure le transport pour le compte d'autrui, la couleur n'est plus un signe distinctif et les conteneurs peuvent même être repeints à la demande d'un client régulier. La couleur du conteneur ne préjuge donc en rien des biens et produits qu'il contient. Comme toute

règle, celle-ci comporte une exception : la couleur blanche. Elle est réservée à des conteneurs baptisés « Reefer », qui renferment des denrées alimentaires périssables (fraîches ou surgelées) ou des produits pharmaceutiques. Il s'agit de conteneurs frigorifiques maintenus à une température en relation avec la nature de la cargaison, assurant le maintien de la chaîne du froid.



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 : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

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 Fleurus Presse

Carte bancaire n°

\_\_\_\_\_

Expire fin \_\_\_\_\_

**DATE ET SIGNATURE  
OBLIGATOIRES**

# Actualités<sup>Q</sup>

des

# sciences

Nature

Techno

Histoire

Espace

Science

Par Louna Esgueva  
et Maïa Wasserman

## PALÉONTOLOGIE

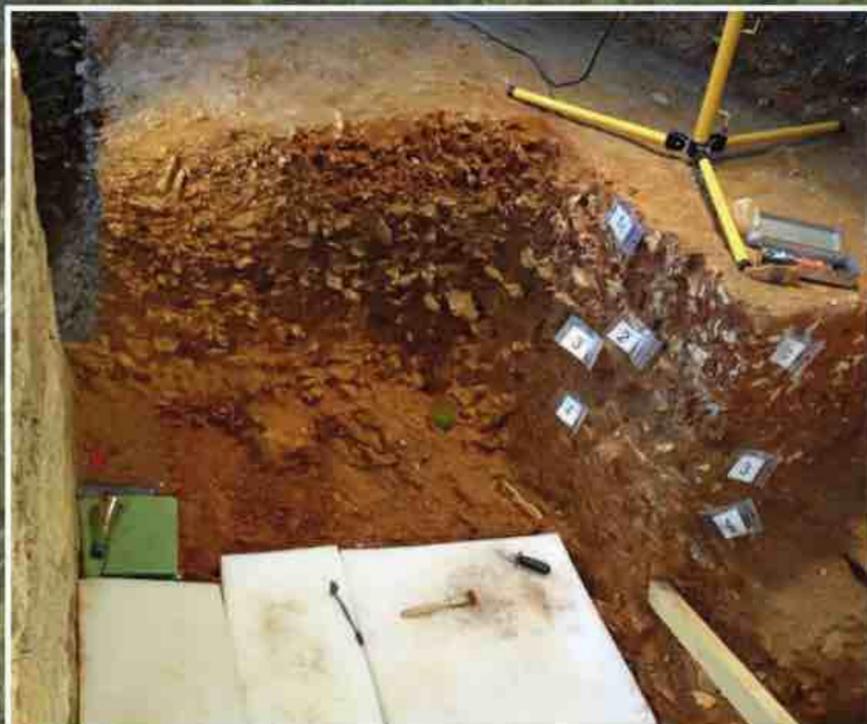
### Néandertal enterrait bien ses morts

L'inhumation des morts est-elle le propre de *Sapiens* ou notre cousin disparu Néandertal la pratiquait-il déjà? Si la découverte, au début du XX<sup>e</sup> siècle, de plusieurs squelettes de Néandertaliens enfouis en Eurasie semblait valider cette dernière théorie, certains chercheurs restaient sceptiques, au motif que ces corps pourraient avoir été recouverts naturellement par la terre au cours du temps. Mais depuis décembre dernier, le débat est clos: Néandertal enterrait bien ses morts! Une équipe internationale menée par le paléoanthropologue Antoine Balzeau, du CNRS et du Muséum national d'histoire naturelle, a analysé la cinquantaine

d'ossements néandertaliens, dont le squelette d'un enfant, mis au jour au début des années 1970 sur le site archéologique de l'abri sous roche de La Ferrassie, en Dordogne. Les analyses des divers ossements trouvés sur le site, combinées à la distribution spatiale des restes humains et des ossements animaux associés, ont permis de conclure que le corps de l'enfant, âgé de 2 ans au moment de sa mort, il y a 41 000 ans environ, avait été déposé dans une fosse creusée dans une couche sédimentaire inclinée vers l'ouest (la tête, à l'est, plus haut que le bassin) datée de 60 000 ans. La preuve que ce bébé néandertalien a bien eu une sépulture.

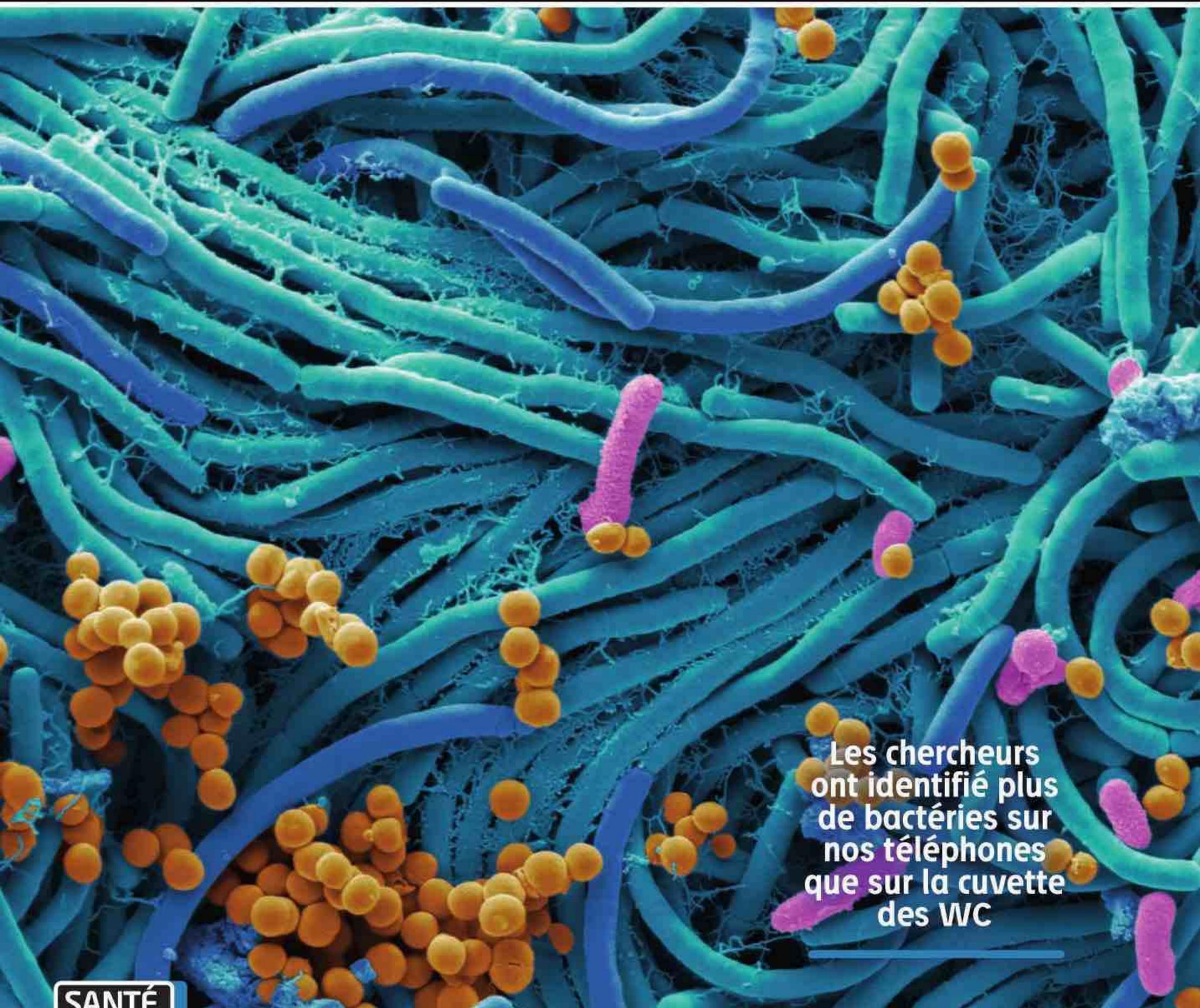
© Emmanuel Roudier / Antoine Balzeau - CNRS / MHNH

Le squelette du jeune Néandertalien a été retrouvé dans cette fosse, creusée dans une couche sédimentaire vieille de 60 000 ans.



Jusque-là, on pensait que les corps auraient pu être recouverts naturellement par la terre

L'étude porte notamment sur les restes d'un enfant de 2 ans, qui aurait été enterré il y a 41 000 ans sur le site de La Ferrassie (Dordogne).



Les chercheurs ont identifié plus de bactéries sur nos téléphones que sur la cuvette des WC

## SANTÉ

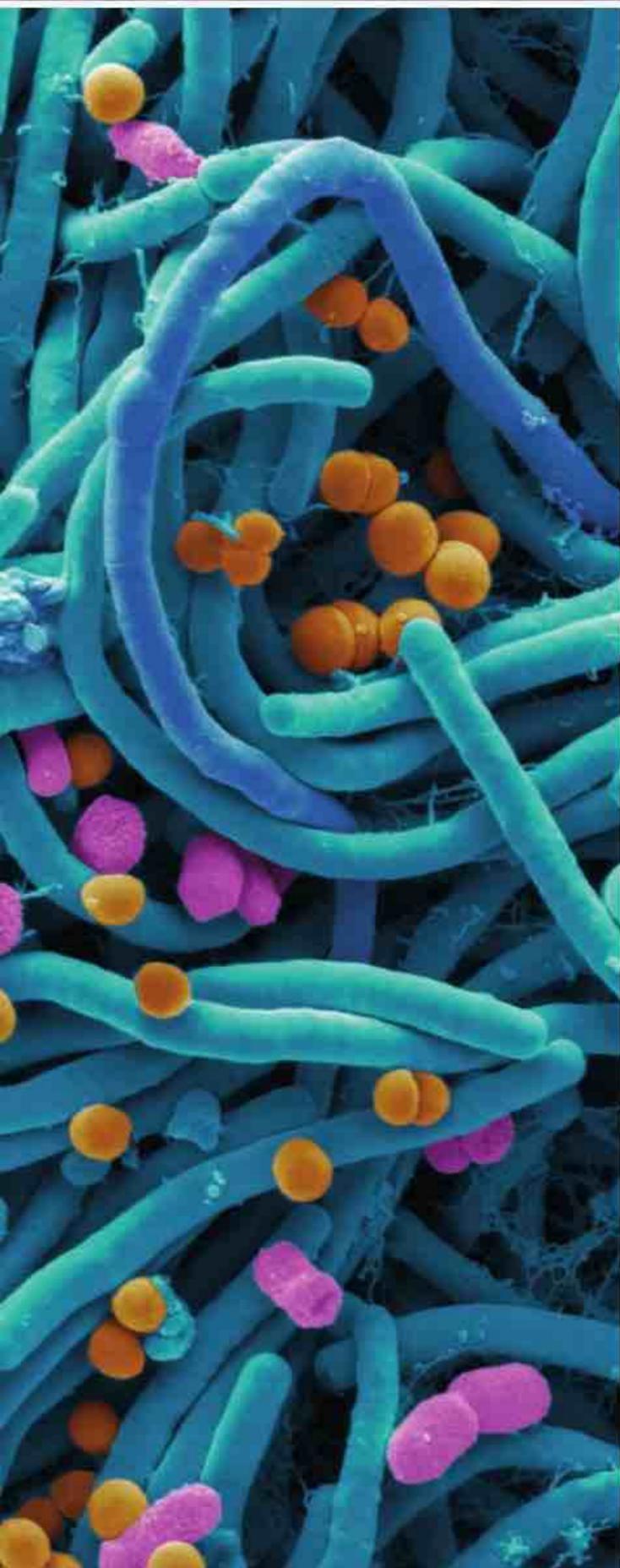
## Nos smartphones sont des nids à bactéries

Ils nous accompagnent partout, du matin au soir, aussi bien chez nous - parfois jusque dans les toilettes - qu'au bureau, dans les transports en commun, les salles de sport... Ce sont nos téléphones portables. Or, ces smartphones que nous manipulons plus de 2 000 fois par jour sont de véritables nids à microbes et autres bactéries. Des chercheurs américains en ont ainsi recensé plus de 3 895

par centimètre carré ! Soit davantage que sur la cuvette des WC. La preuve avec cette photo, réalisée grâce à un microscope électronique. En étudiant de plus près la faune microbienne de nos téléphones portables, d'autres chercheurs ont identifié des microcoques (présents naturellement sur la peau), mais aussi des espèces moins « gentilles » comme *E. coli* (responsable entre

autres des gastro-entérites), ou encore des staphylocoques ou des entérocoques. Bref, toute une colonie de bactéries qui a trouvé sur cette surface chaude et régulièrement manipulée un territoire idéal pour proliférer. Par chance, la grande majorité d'entre elles sont inoffensives. Mais si vous voulez les éliminer, vous pouvez désinfecter votre smartphone

EN PROIE À UNE SÉCHERESSE DE GRANDE AMPLIEUR,  
LIMITER LES CONFLITS AVEC LES HUMAINS.



## NATURE

# Le plus gros iceberg du monde menace une île britannique

**B**ien malin celui qui pourra prédire, à l'heure où nous bouclons ce numéro (mi-décembre), si le titanesque iceberg A68A touchera ou non les côtes de la petite île britannique de Géorgie du Sud. Située en face de l'Argentine, l'île est pour le moment sur la trajectoire du gigantesque glaçon, qui flotte à une centaine de kilomètres de son rivage, selon les observations satellites. Pour les spécialistes, l'iceberg, qui s'est détaché de l'Antarctique en 2017, a une chance sur deux de poursuivre sa route vers le nord en épargnant l'île. Dans le cas contraire, c'est un mastodonte de quelque 4 200 km<sup>2</sup>, long de 158 km et large de 48 km pour une épaisseur d'un peu moins de 200 m (début novembre),

qui viendrait s'y échouer. Point de risque pour l'île en elle-même, mais le crash mettrait en danger la faune locale, notamment les manchots et les phoques. En effet, si l'iceberg vient mourir ici, il pourrait rester sur place une dizaine d'années, bloquant ainsi les voies d'accès à la nourriture pour de nombreux animaux qui devraient alors parcourir des centaines de kilomètres, voire plus, pour gagner la mer et s'y nourrir. Idem pour la pêche humaine. Autre menace : voir les fonds marins et leur faune écrasés sous l'épaisseur de A68A. Faible consolation, le choc pourrait relâcher de grosses quantités de nourriture pour le phytoplancton local, actuellement piégées dans la glace. Affaire à suivre...

**Début novembre, le géant de glace mesurait 158 km de long et 48 km de large pour 200 m d'épaisseur.**



(un produit antibactérien détruit 60 à 100 % des microbes). Les médecins recommandent de vous laver les mains avant et après de manger, en sortant des transports et, surtout, des toilettes. En effet, selon une étude britannique de 2018, 40 % des salariés emportent leur téléphone portable dans les toilettes du bureau, mais seuls 20 % le désinfectent ensuite...



## NATURE

## 12 854 km à vol d'oiseau

C'est un nouveau record. Cet automne, un mâle barge rousse (*Limosa lapponica*) baptisé 4BBRW a volé, sans escale, de l'Alaska à la Nouvelle-Zélande. Jusque-là, rien d'étonnant, car l'espèce est connue pour pouvoir parcourir jusqu'à 12 000 km d'une traite. Mais ce spécimen bague en 2018 par les

ornithologues a battu à plate couture ses congénères en volant sur 12 854 km. D'après les chercheurs, 4BBRW aurait pu profiter de vents d'est porteurs, ce qui expliquerait son incroyable endurance. Et aussi sa rapidité, car les données satellites récupérées sur sa bague ont indiqué des pointes à 89 km/h.



Thomas Pesquet a déjà passé un peu plus de six mois à bord de l'ISS entre novembre 2016 et juin 2017.

## ENVIRONNEMENT

## Le changement climatique accélère la chute des feuilles

● Une étude suisse a conclu que les années où le printemps est précoce, si les feuilles apparaissent plus tôt, elles tombent aussi plus tôt. Selon les chercheurs, lorsque l'arbre a stocké son quota de carbone (le CO<sub>2</sub> de l'air) pour constituer ses réserves dans son bois, ses racines et ses feuilles, ces dernières deviennent une contrainte et donc tombent. Ce qui expliquerait pourquoi, en cas de sécheresse, la saturation en carbone est ralentie et les feuilles persistent plus longtemps.

## ASTROPHYSIQUE

## Des sursauts radio identifiés

● Pour la première fois depuis leur découverte, en 2007, l'origine des sursauts radio, un phénomène cosmique caractérisé par des flashes d'onde radio qui émettent en une milliseconde autant d'énergie que le Soleil en trente secondes, a été identifié. Le responsable : un magnétar, soit une étoile à neutrons dotée d'un champ magnétique colossal. SGR 1935+2154, de son nom, est situé dans notre Voie lactée et est né de l'implosion d'une étoile.

## ASTRONOMIE

## Et de deux pour Pesquet !

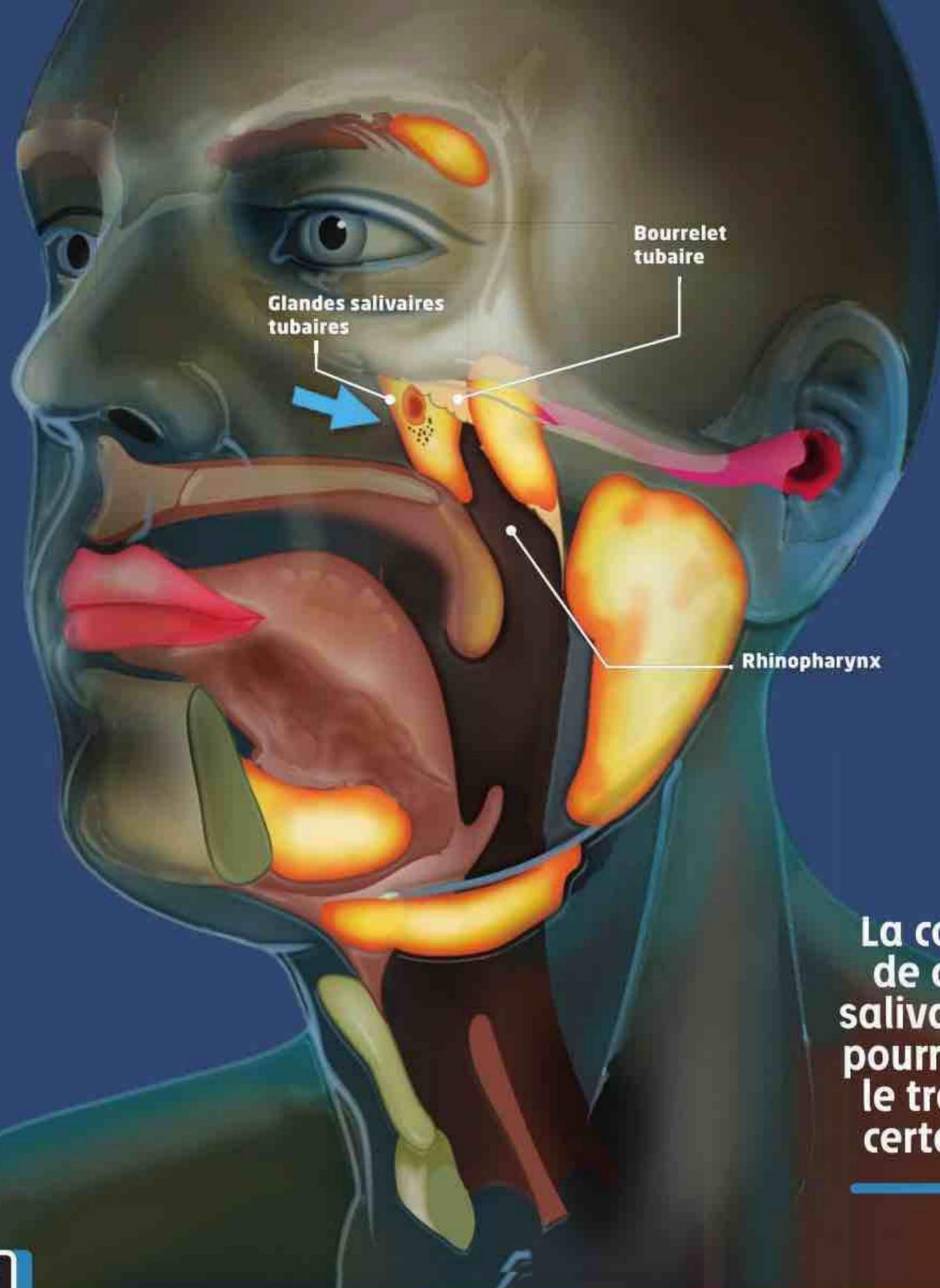
Sauf changement de dernière minute, le spationaute français Thomas Pesquet devrait repartir pour une nouvelle mission fin mars. Objectif : rejoindre la Station spatiale internationale pour six mois, avec deux Américains et un Japonais. La nouveauté, c'est qu'il décollera à bord du vaisseau américain Crew Dragon de SpaceX. Sa mission, baptisée Alpha, comprendra plusieurs études scientifiques. Le programme n'est pas encore

bouclé mais il devrait inclure, d'après l'ESA (Agence spatiale européenne), une étude sur les cellules souches du cerveau et leur vieillissement dans l'espace. En novembre 2020, la Station spatiale internationale a fêté ses 20 ans de présence humaine à son bord. Elle a déjà accueilli plus de 240 hommes et femmes et doit être occupée encore une dizaine d'années avant d'être démantelée. Thomas Pesquet devrait avoir le temps d'y faire quelques séjours de plus...



## UNE ENQUÊTE POUR SHERLOCK HOLMES

Fin novembre 2020, l'université de Cambridge (Royaume-Uni) a lancé un appel pour retrouver deux carnets de notes de Charles Darwin - a priori dérobés -, dont l'un contient son esquisse d'« arbre de la vie », socle de sa célèbre théorie de l'évolution.



La connaissance de ces glandes salivaires tubaires pourrait améliorer le traitement de certains cancers

## ANATOMIE

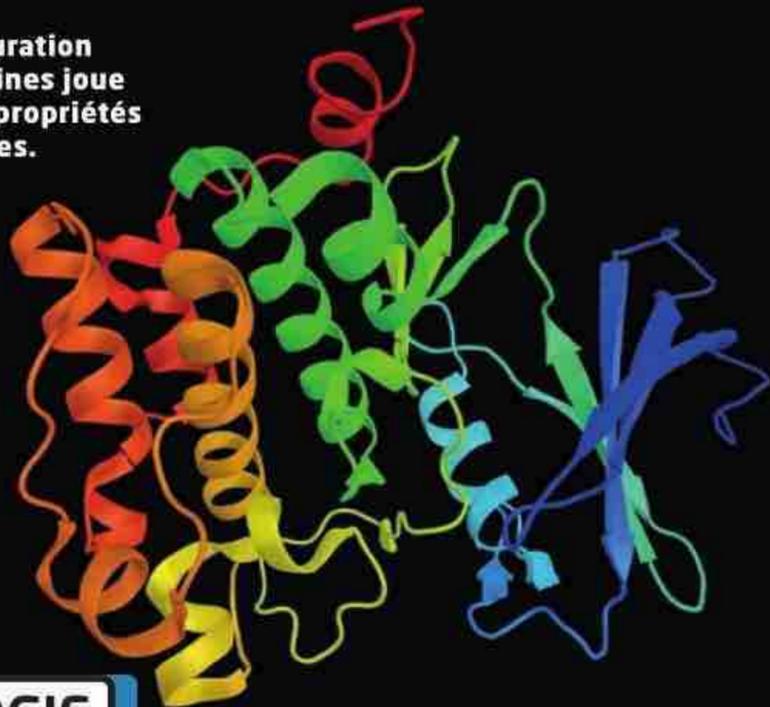
# Un nouvel organe découvert au fond de la gorge

Certains découvertes accidentelles sont à l'origine de grandes avancées. C'est ce qui vient d'arriver à des chercheurs de l'Institut néerlandais du cancer (Amsterdam). Alors qu'ils testaient une nouvelle technique de scanner - combinant la tomodensimétrie et la tomographie par émission de positons (PET) - pour le cancer de la prostate, ils ont identifié sur leurs clichés un organe encore inconnu. Au-dessus du palais et derrière le nez, là où la cavité nasale s'ouvre sur la gorge, se trouvait une paire de glandes salivaires bien

dissimulées à l'ombre du crâne. Et donc difficiles d'accès, ce qui explique pourquoi elles étaient jusque-là passées inaperçues. Un cas isolé ? Non, car sur les 100 patients étudiés, tous présentaient ces glandes salivaires de quelques centimètres de long. Nommées glandes salivaires tubaires, elles viendraient donc s'ajouter, si les études le confirment, aux trois autres glandes salivaires dites « majeures » : les sublinguales (situées sous la langue), les parotides (localisées près des oreilles) et les sous-maxillaires (cachées sous la mâchoire). Quant au rôle de ces

glandes tubaires, elles pourraient intervenir « dans la lubrification et la déglutition du rhinopharynx », avancent les chercheurs néerlandais. Mieux, ces derniers pensent que la découverte pourrait permettre d'améliorer le traitement des cancers. En effet, ces glandes pourraient expliquer pourquoi, à la suite de certaines radiothérapies (de la tête et du cou), les patients souffrent de sécheresse buccale et de problèmes de déglutition. En les préservant lors de ce traitement, la vie des personnes pourrait donc être améliorée.

La configuration des protéines joue sur leurs propriétés biologiques.



BIOLOGIE

## Le secret des protéines percé par une intelligence artificielle

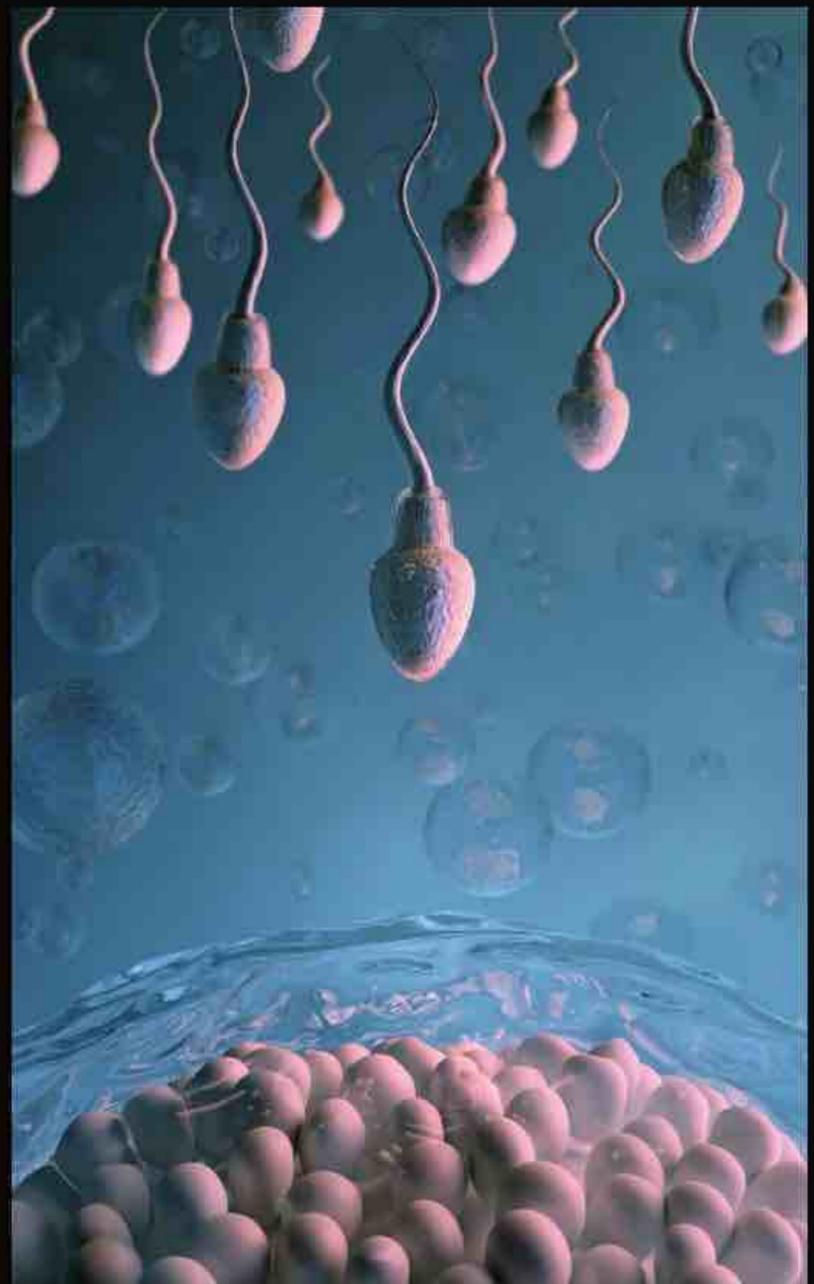
**P**ouvoir prédire de quelle manière les protéines vont se replier et quelle forme elles vont prendre... Voilà un défi qui mobilise les biologistes depuis cinquante ans. Car de cette connaissance découleraient bon nombre d'avancées en matière de recherche sur les médicaments. Bonne nouvelle, une I.A. (intelligence artificielle), conçue aux États-Unis par le fameux laboratoire DeepMind, filiale de Google, vient de parvenir à de spectaculaires prédictions réalisées à partir d'une séquence donnée d'acides aminés. Pour rappel, une protéine est une molécule composée d'acides

aminés qui se déploient, se plient, se tordent pour prendre une configuration en 3D. Or, cette configuration est déterminante car elle joue sur les propriétés biologiques que pourra avoir la protéine et donc sur son potentiel thérapeutique, par exemple. Le programme de DeepMind a pu « deviner » les deux tiers de ces formes en modélisant informatiquement les molécules, et ce, avec le même niveau de précision que des expériences en laboratoire très coûteuses en temps et en argent. De quoi faire faire de sacrés bonds à la recherche médicale dans les années à venir...



## RECRUE AU POIL

**Pour remonter le moral des soignants en cette période difficile, le Wexner Medical Center, un hôpital américain de l'université d'État de l'Ohio, a engagé un golden retriever. Nommé Shiloh, ce chien doit permettre de lutter contre l'anxiété grâce à de simples caresses.**



REPRODUCTION

## C'est l'ovule qui choisit son spermatozoïde

● Jusqu'ici, on pensait que le spermatozoïde gagnant, celui qui fécondait l'ovule, était le plus rapide. Eh bien non ! Selon des chercheurs des universités de Stockholm (Suède) et de Manchester (Royaume-Uni), les ovules utilisent des signaux chimiques pour attirer ou non les spermatozoïdes de leur partenaire. En résumé, l'ovule humain choisit les gamètes issus d'un sperme et non d'un autre : « une première pour une espèce chez qui la fécondation est interne », explique l'un des auteurs de l'étude. Mieux, chaque ovule a ses préférences. Ainsi, le liquide folliculaire (qui entoure les ovules et dans lequel se trouvent les substances « chimioattractives ») d'une femme attire mieux les spermatozoïdes d'un homme donné, tandis que celui d'une autre femme attirera davantage les spermatozoïdes d'un autre homme. Tout dépend donc de la compatibilité biologique entre l'homme et la femme, ce qui pourrait expliquer certains cas de stérilité chez des couples dont les deux membres sont en théorie fertiles.

Depuis sa mise en service, en 1963, le radiotélescope géant avait contribué à une multitude de découvertes

## ASTRONOMIE

# Télescope d'Arecibo : un mythe s'effondre

**L**e 1<sup>er</sup> décembre dernier, un accident spectaculaire a bouleversé le monde de l'astronomie. Le plus célèbre radiotélescope au monde, celui d'Arecibo, s'est effondré sur lui-même à Porto Rico (une île américaine). Aucun blessé n'est à déplorer. Mais cet outil, constitué d'une antenne parabolique géante de 305 m de diamètre, a littéralement volé en éclats. La nouvelle a fait du bruit car Arecibo, comme on le surnomme, était très précieux pour collecter les ondes électromagnétiques venues

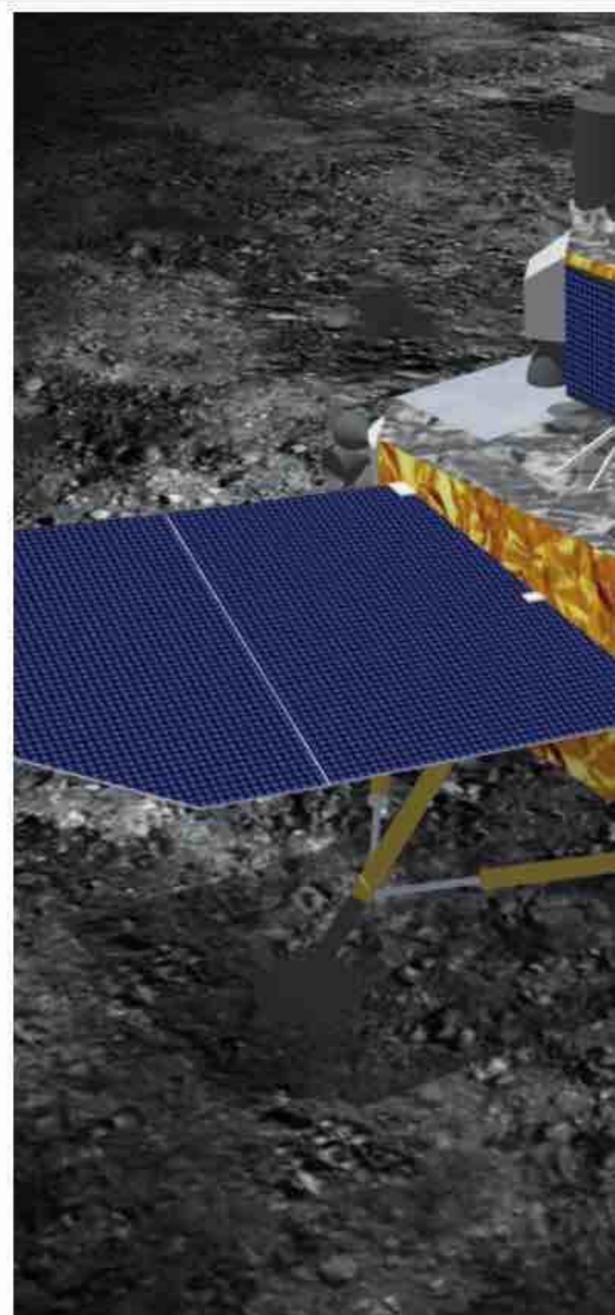
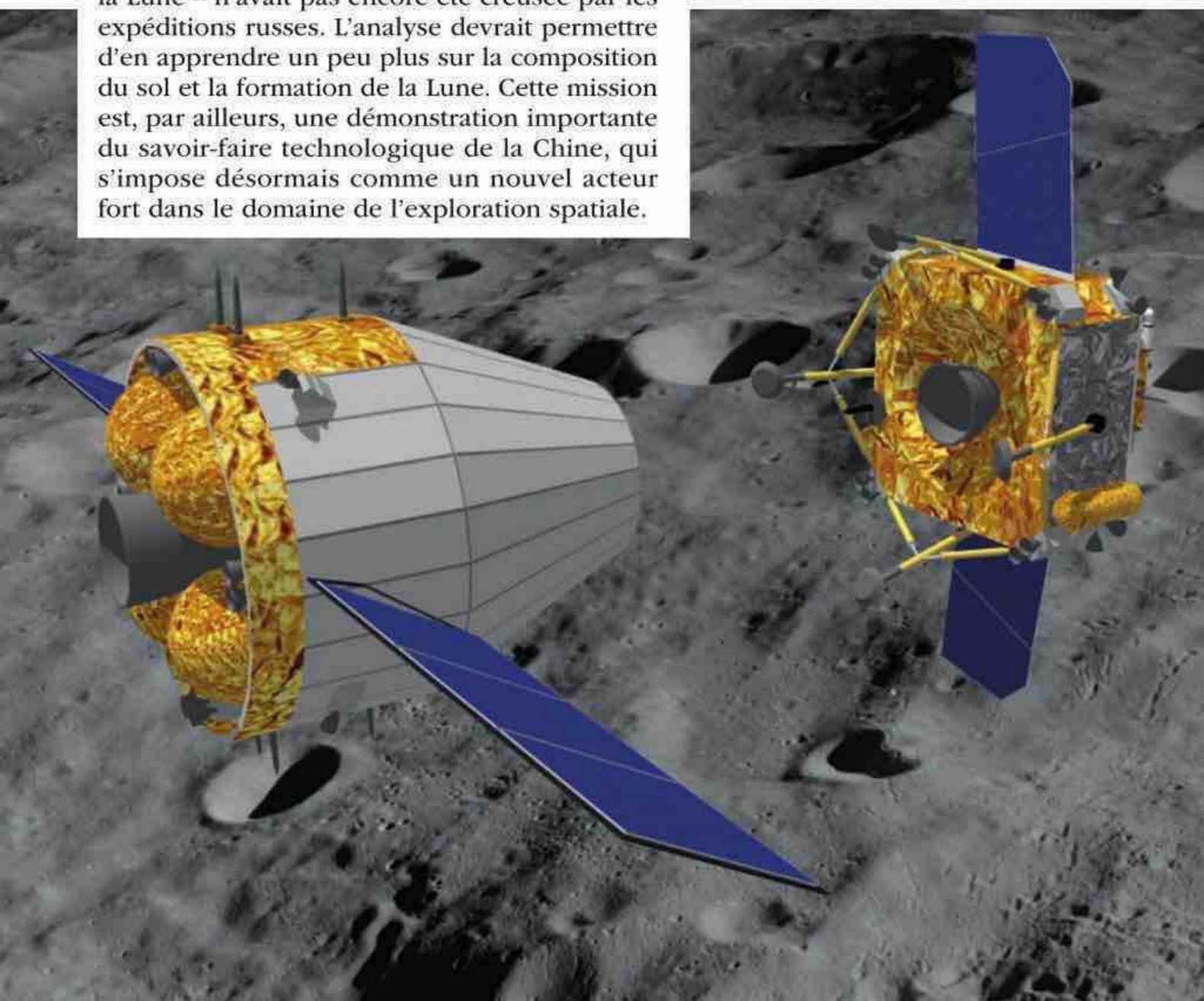
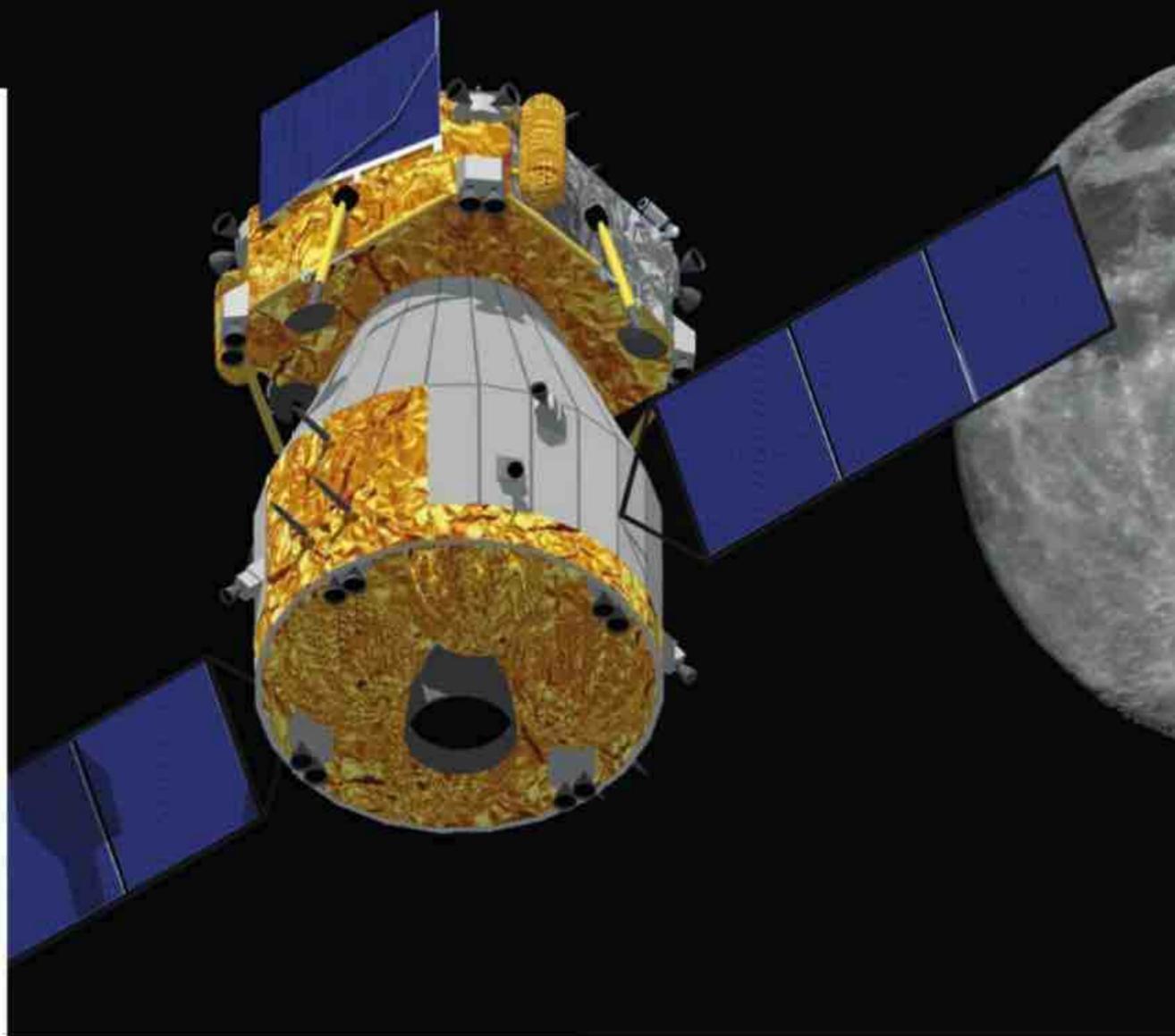
de l'espace, mission qu'il assurait depuis sa mise en service, en 1963. Il avait contribué à une multitude de découvertes (première détection d'une exoplanète, hors du Système solaire, ou encore caractérisation de certains astéroïdes...). Les circonstances de l'accident sont toujours en cours d'investigation. Mais, à l'heure où nous bouclons ces pages, il semblerait que la partie supérieure de l'outil, constituée d'instruments de mesure et située à 140 m de hauteur, ait rompu, ainsi que les câbles d'accroche. « Notre priorité, c'est la

sécurité. Ensuite, nous verrons si nous pouvons sauver et remettre en marche certains instruments présents sur place et qui n'étaient pas forcément liés au grand télescope », explique Rob Margetta, porte-parole de la National Science Foundation, qui gère l'installation. Cet effondrement fait suite à la révélation d'autres défauts, survenue en août et en novembre derniers : deux premiers câbles (soutenant les 900 tonnes des instruments) avaient déjà cassé sur place, probablement en raison de leur usure.

## ESPACE

## Chang'e 5 a rapporté des morceaux de Lune

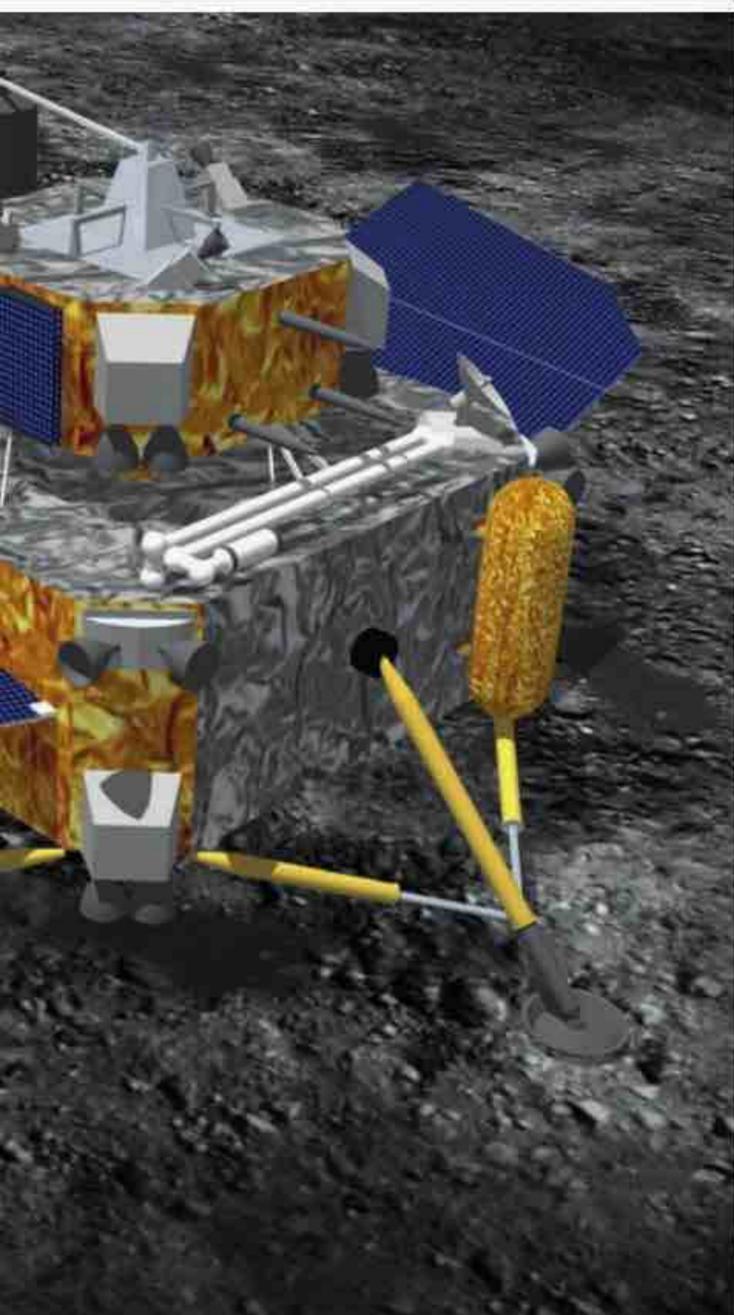
**D**e quoi est composé le sol lunaire? Les seules missions qui étaient parvenues, jusqu'ici, à extraire des échantillons et à les ramener sur Terre dataient des années... 1970. La dernière était l'expédition soviétique Luna 24, en 1976. Depuis, plus rien. Mais en décembre dernier, la Chine a repris le flambeau en envoyant sa sonde Chang'e 5. Équipée d'un bras robotique, d'une foreuse et d'une pelle, ce robot – non habité – a extrait de notre satellite 2 kg de roches, en surface mais aussi sur une profondeur de 2 m. Les échantillons ont ensuite été rapatriés sur Terre, où ils vont pouvoir être analysés dans les prochains mois. L'un des intérêts est que la zone visitée – l'océan des Tempêtes, dans l'ouest de la face visible de la Lune – n'avait pas encore été creusée par les expéditions russes. L'analyse devrait permettre d'en apprendre un peu plus sur la composition du sol et la formation de la Lune. Cette mission est, par ailleurs, une démonstration importante du savoir-faire technologique de la Chine, qui s'impose désormais comme un nouvel acteur fort dans le domaine de l'exploration spatiale.



DES CHERCHEURS CORÉENS, DE L'INSTITUT KOREA RAILROAD RESEARCH.  
PROJETS D'HYPERLOOP AVANCENT À LA VITESSE GRAND V.



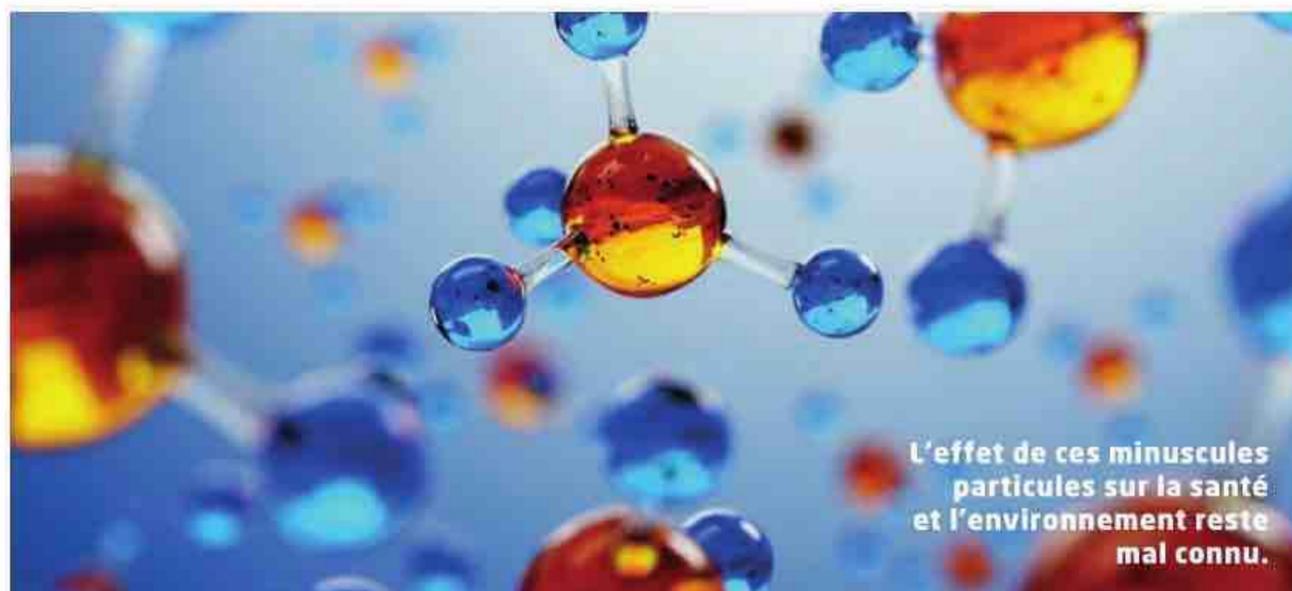
La zone visitée,  
l'océan des  
Tempêtes, n'avait  
pas été creusée par  
les missions russes  
des années 1970



© Shutterstock; capture d'écran CGTN

## PHYSIQUE

# Nanomatériaux sous surveillance



L'effet de ces minuscules  
particules sur la santé  
et l'environnement reste  
mal connu.

**Q**uel est le point commun entre une raquette de tennis, du dentifrice ou encore des cellules photovoltaïques? Tous contiennent des nanomatériaux, c'est-à-dire des particules de taille nanométrique (10 000 fois plus petites qu'un cheveu humain) qui leur donnent des propriétés particulières d'un point de vue physique et chimique. Plus clairement, travailler à cette échelle permet d'obtenir des qualités de solidité, d'élasticité, de texture... que l'on ne pourrait pas atteindre avec des matériaux classiques. Le hic, c'est que les scientifiques ne maîtrisent pas encore bien l'effet sur la santé humaine et sur l'environnement de ces nanomatériaux, alors qu'ils se retrouvent déjà dans une grande

partie des produits de la vie courante. Pour assurer une meilleure traçabilité, en 2013, la France a mis en place R-Nano, un dispositif de déclaration obligatoire des substances nanométriques par les entreprises auprès de l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). Sept ans plus tard, le bilan est tombé et il est plus que mitigé. Comme vient de l'attester un rapport sorti en décembre, sur les 52 000 déclarations remontées, 90% des données ne sont pas exploitables car incomplètes. Par ailleurs, l'ensemble des acteurs industriels concernés ne se plient pas encore à l'exercice et certaines filières sont totalement aux abonnés absents. Verdict: Peut mieux faire...



## EXPLORATION MARINE 10 000 mètres sous les mers

Le 20 novembre dernier, c'est à un curieux direct que les spectateurs chinois ont pu assister. Pour la première fois, des images des abysses ont été diffusées depuis un sous-marin, baptisé *Fendouze*, qui a plongé à 10 909 m de profondeur dans la fosse des Mariannes, dans l'océan Pacifique, avec trois personnes à son bord.

Cette expédition montre que l'accès aux abysses est de plus en plus maîtrisé. Or, les fonds marins sont très convoités car ils pourraient être un lieu privilégié où prélever certains métaux, comme les terres rares, utiles pour fabriquer des téléphones portables ou des batteries... La ruée vers les grands fonds s'accélère.

Un modèle informatique a permis de reconstituer la croûte terrestre telle qu'elle était il y a 66 millions d'années.

## ÉTHOLOGIE

# Ces oiseaux ont une fabuleuse mémoire auditive

La mémoire des voix est une des capacités poussées de l'être humain. Mais il n'est pas le seul à en disposer. Des chercheurs de l'université de Berkeley (États-Unis) ont montré que le diamant mandarin (*Taeniopygia guttata*) était lui aussi capable de se souvenir des chants et de reconnaître ceux provenant d'individus différents. Plus précisément, ce petit oiseau au bec rouge, originaire d'Australie, peut en mémoriser en moyenne 42 en seulement un mois ! Selon les chercheurs, ce serait la première fois qu'une

mémoire auditive d'une telle qualité est démontrée chez un animal. « On peut soupçonner une reconnaissance de la "voix" chez d'autres espèces grégaires, par exemple chez des oiseaux sociaux comme l'étourneau, mais aussi chez les éléphants ou les dauphins. Mais ce type de test n'a encore jamais été réalisé avec d'autres espèces », explique Frédéric Theunissen, auteur de l'étude. Il nous reste décidément encore bien des choses à découvrir sur la communication vocale chez les animaux.



Le diamant mandarin peut mémoriser 42 « voix » d'oiseaux en un mois.

C'EST LE CHIFFRE LE PLUS HAUT  
L'ÉVOLUTION PAR IMAGES SATELLITES.

## GÉOLOGIE

### Une plaque tectonique perdue refait surface

● Existe, existe pas ? Depuis des années, la présence d'une plaque tectonique baptisée Résurrection alimentait la controverse entre géologues et géophysiciens. Si les spécialistes s'accordaient sur l'existence de deux plaques (Kula et Farallon) dans le Pacifique au début de l'ère Cénozoïque, un débat persistait au sujet de la troisième, la fameuse Résurrection. Et voilà qu'une équipe de géologues de l'université de Houston (États-Unis) pense avoir retrouvé la plaque perdue, dans le nord du Canada. Pour cela, ils ont remonté le temps en utilisant un modèle informatique capable de reconstruire la croûte terrestre - et donc ses plaques tectoniques - telle qu'elle était il y a 66 millions d'années. Cette technique, appelée déploiement de dalles, fait remonter les plaques subductées (qui ont plongé sous la croûte terrestre), les déplie puis les étire jusqu'à leur forme d'origine. Or, la reconstruction a montré que les limites de cette plaque disparue s'inscrivaient parfaitement dans l'image et correspondaient aux anciennes ceintures volcaniques de l'État de Washington et de l'Alaska. CQFD.



La baisse de notre température interne pourrait être liée à l'amélioration des conditions de vie.

## MÉDECINE

### La température de notre corps n'est plus de 37°C

Quand on parle de température humaine, le chiffre 37 clignote dans toutes les têtes. Et pourtant, la valeur « normale » relevée chez les hommes et les femmes ne serait peut-être plus vraiment celle-là. Elle serait plus proche de 36,5°C. Une première étude de l'université de Stanford (Californie, États-Unis) avait évoqué ce résultat il y a déjà un an, en étudiant des populations américaines sur un siècle et demi, de 1860 à nos jours. Une baisse de la température interne était alors apparue, que les chercheurs avaient commencé par attribuer à plusieurs facteurs (l'amélioration des conditions d'hygiène et de vie, mais aussi les modifications de la température ambiante), sans toutefois pouvoir conclure de manière définitive. En novembre dernier, le sujet est

revenu sous les projecteurs avec une étude menée par une équipe internationale qui s'est penchée sur une population vivant en Bolivie. Cette fois, les résultats sont encore plus spectaculaires : en l'espace de vingt ans seulement, la température interne des hommes et des femmes a effectivement perdu 0,5°C. Or, ces deux décennies correspondent à une période de changements socio-économiques rapides dans le pays. « Notre étude montre que la température corporelle est bien inférieure à 37°C, y compris dans des endroits du monde où vit une population en majorité rurale tropicale », précise Michael Gurven, l'un des auteurs de l'étude. Il est encore trop tôt pour conclure et pouvoir expliquer le phénomène, mais les températures de référence vont clairement devoir être revues.



© Getty / Shutterstock

# 4 choses à savoir sur les femmes de science

Chaque 11 février depuis 2015, l'Unesco organise la Journée internationale des femmes et des filles de science. Le but? Réduire une inégalité hommes/femmes encore trop présente dans le monde scientifique...

Par Laurène Bertelle



## 1 Elles sont sous-représentées en France comme dans le monde

Les femmes ont bien du mal à se faire une place dans le milieu de la science: elles représentent à peine 30% des chercheurs dans le monde. C'est une moyenne, et l'écart se creuse selon les pays: si la parité est acquise en Amérique latine (53% en Argentine) et en Europe du Sud-Est (45% en Roumanie), les chiffres baissent en Europe de l'Ouest (28% en France) et plongent au Japon (16%) ou en Inde (13%).

## 2 Elles sont davantage médecins que mathématiciennes

Des femmes scientifiques, oui, mais pas dans n'importe quelle discipline! Dans les formations universitaires, elles sont souvent majoritaires dans le milieu de la santé (elles représentent 63% des étudiants en médecine et 65% en pharmacie en France), mais minoritaires dans

les formations d'ingénieurs (28%) ainsi qu'en sciences fondamentales (28%). Ces tendances se retrouvent à tous les niveaux de leur carrière, jusqu'aux prix Nobel: 12 femmes ont été récompensées en médecine, mais seulement 4 en physique – contre respectivement 210 et 212 hommes!

## 10 femmes qui ont marqué l'histoire des sciences

**Aglaonice de Thessalie**  
(II<sup>e</sup> siècle av. J.-C.)  
C'est l'une des premières femmes astronomes connues: « sorcière » de la Grèce antique, elle était décrite par Plutarque comme connaissant le mouvement des astres et pouvant prédire les éclipses.

**Émilie du Châtelet**  
(1706-1749)  
Mathématicienne et physicienne française, elle est connue pour avoir traduit et annoté le livre *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, l'œuvre majeure d'Isaac Newton.

**Ada Lovelace**  
(1815-1852)  
Fille du poète anglais Lord Byron, elle a inventé le premier programme informatique... dès la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle!



**Marie Curie**  
(1867-1934)  
Première femme à avoir remporté un prix Nobel et unique lauréate de deux prix (de physique en 1903, puis de chimie en 1911), cette Polonaise naturalisée française a découvert le radium et la radioactivité.

**Inge Lehmann**  
(1888-1993)  
Cette sismologue et géologue danoise a démontré en 1936 que le noyau de la Terre était solide.



### 3 Les écarts se forment dès l'enfance

Aucun facteur neurologique ou génétique ne prédispose les garçons à préférer les sciences ou à être meilleurs dans ces disciplines. Au contraire, jusqu'au début des études supérieures, les filles réussissent aussi bien qu'eux – elles représentaient 48% des bacheliers S (scientifique) en France en 2017 –, puis semblent se « désintéresser » petit à petit de la science. Selon l'Unesco, cette « autocensure » est avant tout le reflet de stéréotypes diffusés autant dans le cercle familial que scolaire (jouets, illustrations de manuels, publicités...), qui poussent les filles à douter de leurs capacités ou à choisir des disciplines dites plus féminines comme la médecine. Et ces stéréotypes, eux, sont intégrés dès l'enfance : selon une étude américaine de 2017, les filles considèrent que les garçons ont plus de chances d'être « très intelligents »... dès l'âge de 6 ans !

### 4 La science se féminise lentement

Depuis plusieurs années, on observe une volonté des États et des institutions de mettre en place des actions pour valoriser les femmes de science : en 2001, le ministère français de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation a par exemple créé le prix Irène Joliot-Curie (du nom de la chimiste et physicienne, fille de Pierre et Marie Curie et prix Nobel de chimie en 1935), exclusivement féminin. La part des femmes dans les prix Nobel est aussi en nette amélioration (12 lauréates en médecine, physique et chimie depuis 2004, contre 11 entre 1901 et 2003!). Ces efforts paient, mais plutôt lentement : la part des femmes parmi les chercheurs français n'a augmenté que de 3% entre 2010 et 2017...

#### Elsie MacGill (1905-1980)

Première femme diplômée en génie aéronautique au monde, cette ingénieure canadienne a supervisé la production de 1 400 avions *Hawker Hurricane* utilisés pendant la Seconde Guerre mondiale.

#### Rachel Carson (1907-1964)

Américaine spécialisée dans la biologie marine, elle a dénoncé et fait interdire l'utilisation de certains pesticides dangereux pour les animaux marins, devenant ainsi une figure de l'écologie.

#### Jane Goodall (née en 1934)

Cette primatologue anglaise a découvert que les chimpanzés utilisent des outils, compétence jusque-là attribuée exclusivement aux humains.



#### Patricia Bath (1942-2019)

Première femme afro-américaine à obtenir un brevet dans le milieu médical, cette ophtalmologue a été pionnière de la chirurgie au laser comme traitement de la cataracte.

#### Claudie Haigneré (née en 1957)

Cette Française, docteure en neurosciences, est devenue la première femme astronaute européenne en 1996, en effectuant un vol de seize jours à bord de la station spatiale russe Mir.





**Inventé en 1841 par  
un naturaliste anglais,  
le terme « dinosaure »  
signifie « terrible lézard »**

# À LA CHASSE AUX DINOSAURES



Étudier des espèces avec lesquelles nous n'avons jamais coexisté et qui, durant 165 millions d'années, ont régné sur un monde que l'on peut seulement tenter d'imaginer: le défi est colossal. Pourtant, grâce aux fossiles découverts depuis deux siècles et à d'incessants progrès techniques, les paléontologues percent peu à peu les secrets de ces fascinantes créatures pour en dresser un portrait toujours plus détaillé.

Par Lise Gougis

---



**L**es dinosaures ont disparu de la surface de la planète il y a environ 65 millions d'années, après la chute d'un astéroïde géant de 10 km de diamètre environ sur ce qui est aujourd'hui le Mexique. À titre de comparaison, la première espèce humaine, *Homo habilis*, est apparue il y a 2,5 millions d'années seulement... Nous ne les avons donc jamais côtoyés, loin de là, et pourtant, nous savons à quoi ils ressemblaient, où ils vivaient, comment ils se comportaient... La clé de ces connaissances? Les traces – ossements, œufs et empreintes – qu'ils ont laissés derrière eux! Cependant, il n'a pas toujours été évident de les interpréter. Les hommes ont longtemps trouvé des fossiles, ces traces de vie préservées dans des roches sédimentaires, sans vraiment savoir à quoi

ils avaient affaire. Ainsi, durant des millénaires, les Chinois ont pensé qu'il s'agissait d'os de dragons! Ce n'est que dans les années 1820 que des ossements et dents ont pour la première fois été identifiés en Angleterre comme appartenant à d'anciens reptiles géants:

**Durant des millénaires, les Chinois ont pensé qu'il s'agissait d'os de dragons!**

un *Megalosaurus*, grand carnivore de 9 m de longueur qui vivait au Jurassique moyen (il y a 164 à 175 millions d'années), puis un *Iguanodon*, espèce herbivore du début du Crétacé (il y a 145 millions d'années). Le terme «dinosaur» a été inventé par le naturaliste anglais

Richard Owen quelques années plus tard, en 1841, pour désigner ces «terribles lézards» (du grec ancien *deinós*, «terriblement grand», et *saûros*, «lézard»).

## Comment un dinosaure devient fossile

La fossilisation est un très long processus: il faut des millions d'années, et certaines conditions bien précises, pour que des os se transforment en pierre.

### 3. Décomposition

Une fois le corps enterré, l'oxygène décompose les tissus mous: la peau, les muscles, les organes... Ils peuvent aussi se fossiliser, mais c'est extrêmement rare. Le plus souvent, il ne reste que les parties dures comme les os.

### 1. Mort du dinosaure

L'endroit où l'animal meurt est très important dans le processus de fossilisation. Il ne faut pas que les charognards aient le temps de dévorer son cadavre ni qu'il se décompose trop rapidement.

### 2. Dépôt d'une couche de sédiments

Le corps doit être aussitôt recouvert de sédiments, comme le sable ou la boue. C'est pourquoi la plupart des fossiles ont été retrouvés dans des milieux aquatiques: le dinosaure est mort près d'un lac ou d'une rivière, qui l'a submergé.

### 4. Enfouissement dans le sol

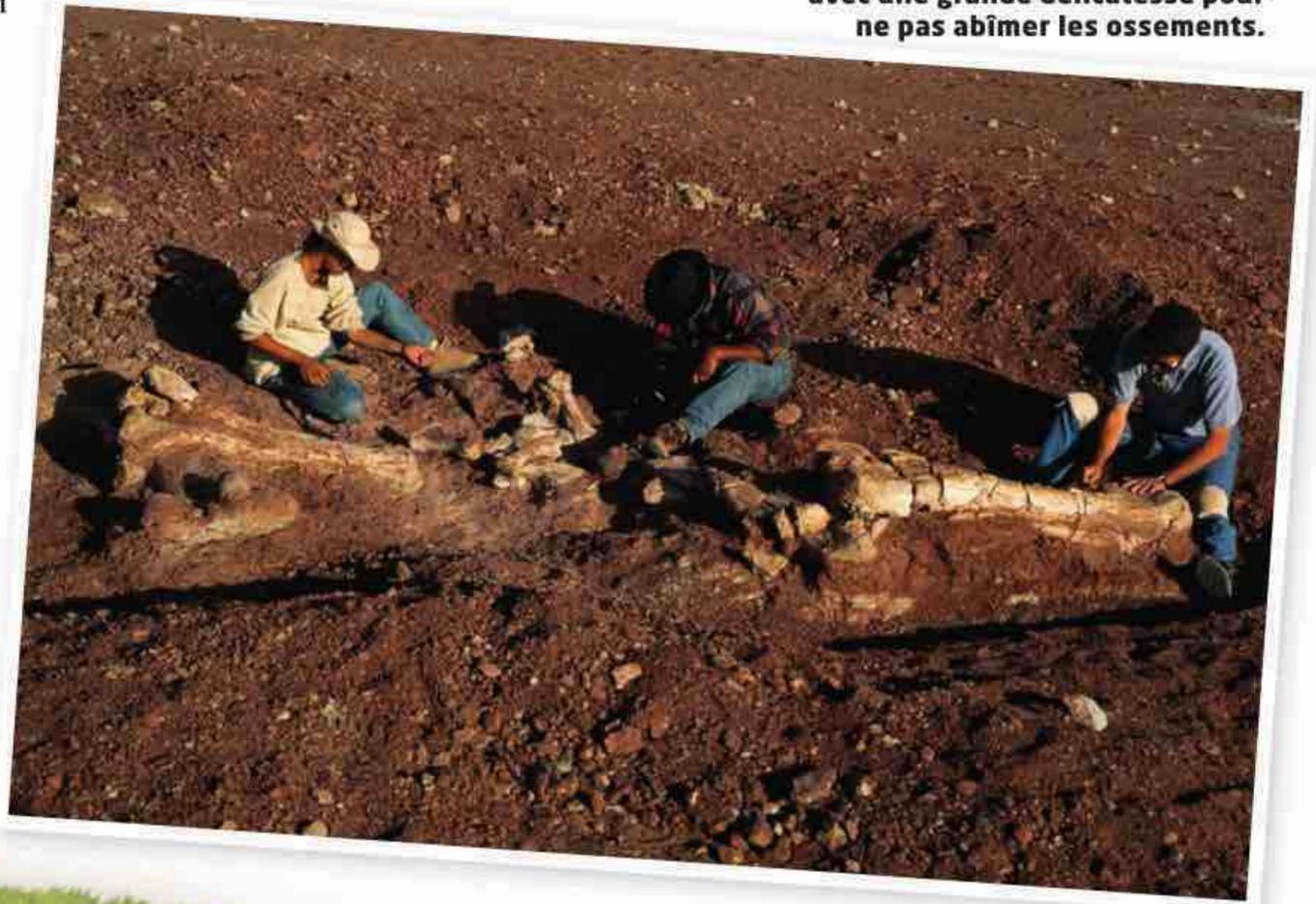
Au gré des aléas géologiques, sur des millions d'années, les couches de sédiments s'accumulent au-dessus du squelette, l'enfouissant de plus en plus profondément sous la surface du sol.

Dès lors, les découvertes se sont multipliées et un premier squelette presque complet a été identifié en 1858 aux États-Unis, dans le New Jersey: celui d'un *Hadrosaurus*, herbivore de 9 m de longueur qui vivait il y a 74 à 78 millions d'années.

### Chaque musée veut son squelette

Cette trouvaille a déclenché une véritable chasse aux fossiles à travers le pays: les grands musées américains et européens voulaient tous avoir un squelette de dinosaure à présenter à leurs visiteurs! C'est ainsi que les premiers restes d'une espèce alors inconnue, *Tyrannosaurus rex* (qui signifie «roi des lézards tyrans»), ont été exhumés en 1900 dans le Wyoming. Au fil des recherches, ...

Les paléontologues travaillent avec une grande délicatesse pour ne pas abîmer les ossements.



### 5. Fossilisation

Au contact des nappes phréatiques, l'eau chargée de minéraux va alors s'infiltrer dans les pores des ossements, ce qui provoque une réaction chimique: les minéraux cristallisent à l'intérieur des os et les transforment en pierre.



### 6. Lithification

Si le fossile s'enfonce trop profondément, le poids et la pression peuvent le détruire. Mais cela peut aussi métamorphoser les sédiments en roche dure, un processus géologique appelé «lithification». Cela forme une sorte de boîte en pierre qui protège les restes du dinosaure.

### 7. Retour vers la surface

Grâce à l'action de mouvements géologiques, le fossile peut remonter et s'approcher de la surface. À mesure que le vent et la pluie érodent la couche supérieure de sédiments, ils laissent progressivement apparaître les ossements figés dans la roche.



### 8. Découverte

Le paléontologue qui creusait à cet endroit découvre alors les os et les extrait du sol délicatement, un par un, pour éviter de les endommager. Une opération qui peut demander plusieurs années.



**Il est extrêmement rare que des squelettes parviennent jusqu'à nous parfaitement préservés (ici, un *Tyrannosaurus rex*).**

## Petits animaux

### L'ambre révèle ses trésors

La sève collante des conifères représente un piège mortel pour les petits animaux. C'est ainsi que, telles des capsules temporelles, des morceaux d'ambre (de la sève solidifiée) révèlent aujourd'hui des trésors emprisonnés il y a plusieurs centaines de millions d'années. Une queue de dinosaure ayant conservé ses os, ses tissus mous et ses plumes a par exemple été découverte en 2016 dans le nord du Myanmar (ex-Birmanie). Ce fossile vieux de 99 millions d'années et long d'environ 3,5 cm a pu appartenir à un jeune coelurosaur, groupe auquel appartiennent les théropodes (dont les tyrannosaures et les oiseaux). D'autres échantillons d'ambre ont révélé que les dinosaures, comme de nombreux animaux modernes, pouvaient être parasités par des insectes. Des fragments de plumes



ont en effet été piégés avec des tiques, dont l'une était gorgée de sang. De même, un morceau de résine renfermait une plume endommagée par une dizaine d'insectes sans ailes, ressemblant aux poux qui colonisent aujourd'hui le plumage des oiseaux.

... paléontologues (les scientifiques étudiant les restes des êtres vivants disparus) et chasseurs de fossiles amateurs ont su plus précisément où fouiller. Les sites les plus riches se situent principalement en Amérique du Nord, en Chine et en Argentine, où un cimetière vieux de 220 millions d'années contenant les restes d'une dizaine d'individus a été mis au jour en 2018. Si l'on en retrouve sur toute la planète, c'est qu'au début de l'ère des dinosaures, durant le Trias, il y a 230 millions d'années, les continents que nous connaissons ne formaient qu'un seul supercontinent, appelé Pangée, qui s'est par la suite peu à peu morcelé.

### Près de 1 000 sites en France

Même la France est une terre de fossiles de dinosaures! Près de 1000 sites ont ainsi été découverts en Normandie, en Lorraine, dans le Jura, en Provence, dans le Languedoc-Roussillon... En 2019, on a retrouvé à Angeac-Charente, près d'Angoulême, un fémur géant de 2 m, ainsi que d'autres gros os appartenant à l'arrière-train de l'un des plus grands dinosaures au monde: un sauropode, un herbivore de 35 m de longueur.

Ces fossiles rassemblés depuis deux siècles sont de véritables trésors, au point qu'ils s'arrachent aujourd'hui dans les salles de ventes aux enchères,

Empreintes, déjections...

## De précieux indices sur leur mode de vie

**P**arfois, à défaut de retrouver leur squelette, les paléontologues peuvent dénicher des traces de l'activité biologique des dinosaures. C'est ce qu'on appelle des ichnofossiles, parmi lesquels figurent les empreintes, les marques de dents, les nids ou les coprolithes, des excréments fossilisés. Un grand nombre de ces marques ont été retrouvées en France. C'est dans le Jura qu'a été identifiée la plus longue piste connue de pas de saurpodes, des créatures de 35 m de longueur, laissés il y a 150 millions d'années : elle mesure pas moins de 155 m. Et tout récemment, des scientifiques ont étudié des empreintes de dinosaures géants vieilles de 170 millions d'années, retrouvées sur le plafond d'une grotte des Causses, en Lozère. Certaines



atteignent 1,25 m de longueur et se classent ainsi parmi les plus grandes du monde ! Ces traces sont beaucoup plus difficiles à repérer quand il s'agit d'espèces plus petites. Mais cela n'a rien d'impossible. La preuve en Corée du Sud, où l'empreinte vieille de 120 millions d'années d'un petit dinosaure bipède,

pas plus grand que 40 cm, *Minisauripus*, a été mise au jour. Celle-ci a montré à quoi ressemblait sa peau, recouverte d'écailles de 0,5 mm de diamètre. Tout comme les os, ces ichnofossiles fournissent également de précieux détails sur le comportement des dinosaures. Par exemple, des coprolithes laissés par des herbivores il y a environ 75 millions d'années dans le sud de l'Utah, aux États-Unis, ont révélé un surprenant contenu en 2017 : des restes de crustacés fossilisés. Ce qui laisse penser que ces espèces pouvaient adapter leur régime alimentaire en période de ponte, tout comme certains oiseaux modernes granivores deviennent insectivores car les embryons ont besoin d'un grand apport de protéines dans les premiers stades de leur développement.

attirant des passionnés fortunés qui les collectionnent comme d'autres accumulent les œuvres d'art dans leur salon. En octobre 2020, le squelette complet à 70 % de Stan le *T. rex*, découvert en 1987 dans le Dakota du Sud (États-Unis), a été vendu 31,8 millions de dollars par la maison londonienne Christie's à un

**En 2020, le squelette complet à 70 % d'un *T. rex* s'est vendu 31,8 millions de dollars**

acquéreur anonyme. Soit plus que les autoportraits du célèbre peintre américain Andy Warhol, cédés pour 30 millions de dollars en 2014 à New York ! Cette tendance inquiète les scientifiques et les musées, qui n'ont pas les moyens

de s'aligner sur ces prix exorbitants et craignent que ce commerce privé ne les empêche d'accéder à des spécimens rares et importants.

Car la valeur de ces ossements réside avant tout dans les informations qu'ils renferment. Ils témoignent de l'incroyable diversité de ces animaux, des

plus petits, tel le *Compsognathus*, à peine aussi gros qu'une poule, aux géants pouvant atteindre 40 m de longueur, comme le titanosaure *Patagotitan mayorum*. On recense aujourd'hui pas moins de 700 espèces, mais des études s'appuyant sur des modèles statistiques estiment qu'il en resterait plus de 1 000 à découvrir. De nouveaux dinosaures sont d'ailleurs régulièrement identifiés, comme ce *Vectaerovenator inopinatus* aux os creux retrouvé en 2019 sur l'île de Wight, dans le sud de l'Angleterre (*lire pp. 32-33*).

### Un cancer diagnostiqué sur un squelette

Chaque nouveau fossile constitue une nouvelle pièce du puzzle, et la connaissance de ces créatures disparues est sans cesse affinée grâce aux progrès technologiques. Il aura par exemple fallu attendre cent soixante ans pour que le premier squelette complet de dinosaure jamais identifié, conservé au Musée d'histoire naturelle de Londres, soit enfin analysé dans sa totalité et assemblé correctement. ...



## **BON À SAVOIR: LES PREMIERS DINOSAURES PONDAIENT DES ŒUFS MOUS; PLUSIEURS LIGNÉES AURAIENT ENSUITE ÉVOLUÉ VERS DES COQUILLES CALCAIRES SOLIDES**

••• À l'époque de sa découverte, à la fin des années 1850 dans l'ouest du Dorset, en Angleterre, seule une description sommaire de l'anatomie de ce *Scelidosaurus*, un herbivore long d'environ 4 m, était possible. Grâce à des analyses biologiques, on est aujourd'hui capable de dire qu'il vivait il y a 193 millions d'années près de la mer, qu'il mangeait des plantes basses qu'il tranchait facilement à l'aide de ses petites dents, ou encore qu'il se déplaçait lentement et se plaquait au sol pour se protéger des prédateurs grâce à son dos rigide comme une armure. Les os peuvent donc fournir de précieuses informations sur le comportement de l'animal, mais aussi sur sa santé. En 2020, un

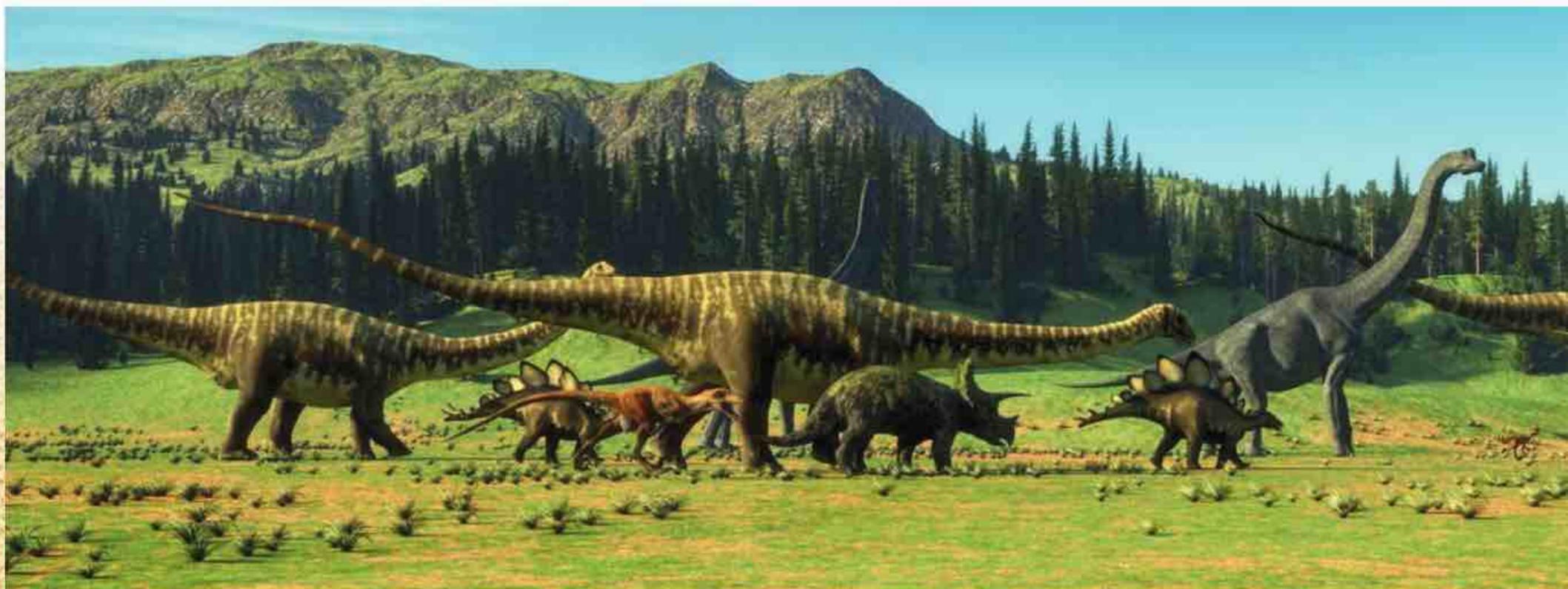
cancer a pour la première fois été diagnostiqué chez un dinosaure, un *Centrosaurus apertus*. Le péroné de cet herbivore haut de 2 m, découvert en 1989 au Canada, présentait une malformation osseuse qui avait d'abord été attribuée à une fracture mal rétablie. L'examen au scanner a montré qu'il s'agissait en fait d'une tumeur.

### **Leur cri et leur odeur à jamais mystérieux**

De même, en ayant recours à des rayons X et à des logiciels de modélisation 3D, les scientifiques sont désormais capables de réaliser des reconstitutions



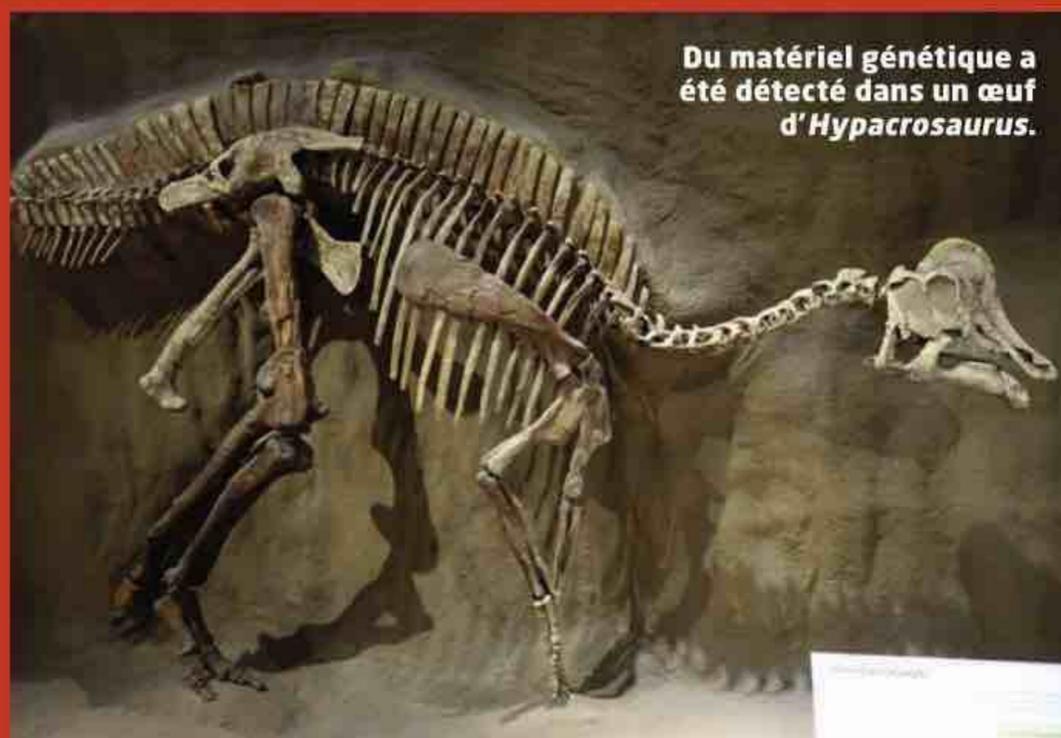
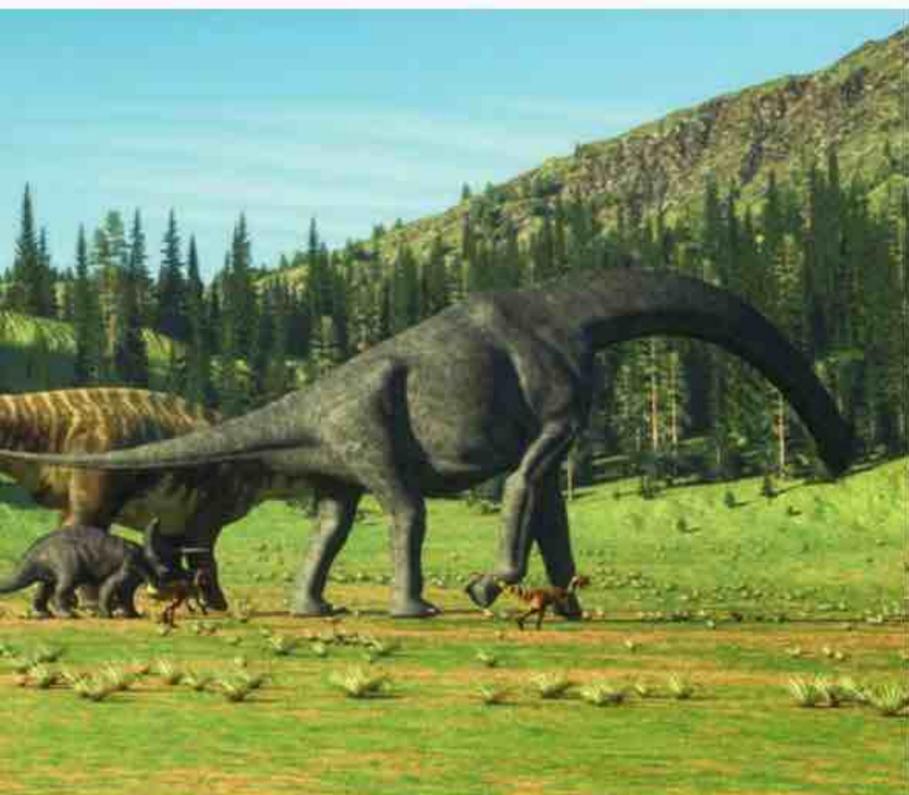
**Un fossile mis aux enchères chez Christie's, à Paris.**



très réalistes des dinosaures à partir de leurs os. C'est ainsi qu'on a pu voir en 2020 à quoi ressemblait le tout petit crâne d'un bébé titanosaure, vieux de 80 millions d'années, à l'intérieur de son œuf. Les couleurs de ces créatures aussi se dévoilent petit à petit. Pendant longtemps, pour deviner leur teinte, les chercheurs ont dû s'appuyer sur les animaux existants, comme les oiseaux, qui sont en fait leurs descendants (ce sont les derniers représentants des théropodes, ou dinosaures aviens). Grâce à des microscopes électroniques, de la mélanine, pigment responsable de la couleur, a pu être détectée dans des plumes et de la peau fossilisées. Par exemple, *Borealopelta markmitchelli*, un ankylosaure de 5,5 m de longueur, avait une peau rouge-brun qui était plus foncée sur le dos que sur le ventre – une technique de camouflage bien connue chez les animaux actuels.

## De la mélanine, pigment responsable de la couleur, a pu être détectée dans des plumes et de la peau

Difficile, malgré tout, de dresser un portrait absolument complet des dinosaures. On ne peut qu'imaginer le son de leurs rugissements ou leur odeur... L'étude de ces animaux repose beaucoup sur l'interprétation des paléontologues, en quête du moindre petit indice révélé par ces fossiles, qui réservent encore sans doute bien des surprises. Depuis peu, on sait par exemple qu'ils peuvent conserver des protéines. Or, ces molécules biologiques pourraient bien constituer une nouvelle mine d'or dans laquelle puiser des informations sur la physiologie et l'évolution de ces animaux, qui n'ont décidément pas fini de nous fasciner. 📍



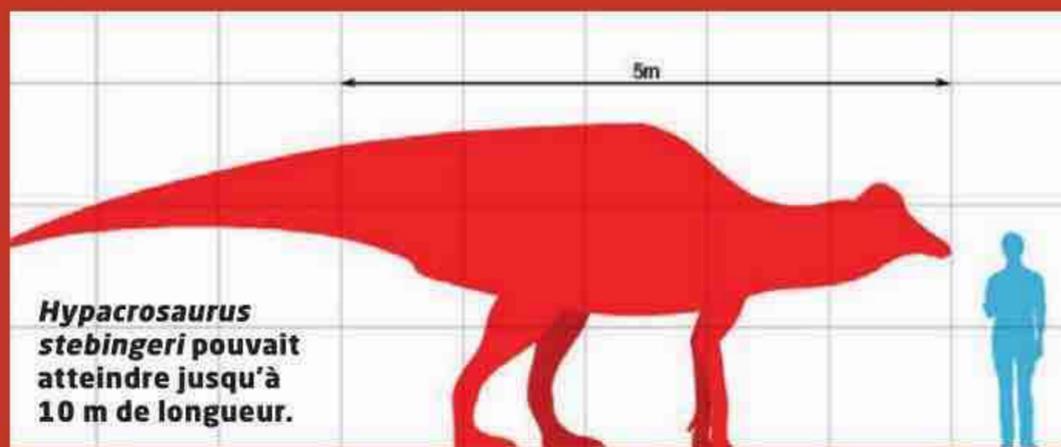
Du matériel génétique a été détecté dans un œuf d'*Hypacrosaurus*.

### Génétique

## L'ADN des dinosaures bientôt décrypté ?

Jusqu'à présent, toutes les études montraient que l'ADN, le code génétique qui renferme toutes les informations nécessaires au fonctionnement d'un être vivant, ne pouvait pas se conserver plus d'un million d'années. Mais de nouvelles recherches pourraient bien tout bouleverser : des paléontologues auraient retrouvé du matériel génétique dans le fossile d'un dinosaure vieux de 75 millions d'années ! Plus précisément dans les cellules du crâne d'un bébé *Hypacrosaurus stebingeri*, un herbivore qui pouvait atteindre 10 m de longueur, dont l'œuf fossilisé a été découvert en 1989 dans le Montana, aux États-Unis.

De quoi, un jour, redonner vie aux dinosaures, comme dans le film *Jurassic Park* ? Pas tout à fait... Car, pour l'heure, la présence de matériel génétique dans les cellules préservées de l'animal n'est pas avérée. Si les chercheurs pensent qu'il est toujours présent, ce n'est que parce que des marqueurs chimiques utilisés pour colorer l'ADN ont réagi positivement. Mais il n'a pas pu être prélevé. En attendant que de meilleures méthodes de détection soient développées, cette étude entretient l'espoir de pouvoir, un jour, décrypter ce précieux ADN, ce qui révolutionnerait nos connaissances sur ces créatures disparues.



*Hypacrosaurus stebingeri* pouvait atteindre jusqu'à 10 m de longueur.

# L'incroyable découverte d'une nouvelle espèce

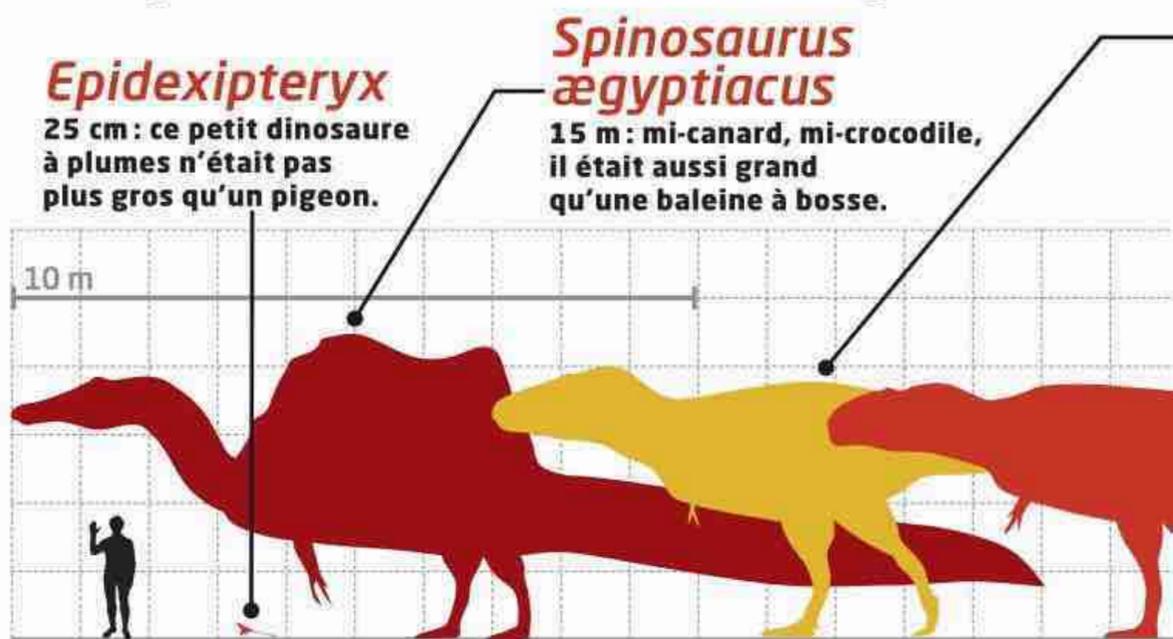


Les restes de l'animal ont été enfouis sous la mer, où il aurait été emporté peu après sa mort, il y a 115 millions d'années.

C'est un peu le paradis européen des dinosaures. L'île de Wight, située dans la Manche, au sud des îles britanniques, est bien connue pour ses fossiles. Elle a livré de nouveaux trésors en 2019 : trois amateurs ont découvert, à quelques semaines d'intervalle, quatre vertèbres du cou, du dos et de la queue d'un étrange animal... Une espèce jusque-là inconnue, d'après les paléontologues de l'université de Southampton, à qui les fossiles ont été remis. Tout indique que ces os provenaient d'un seul individu, un carnivore dont la longueur a été estimée à 4 m. Il a été baptisé *Vectaerovenator inopinatus* en raison de deux particularités. *Aero*, «air» en latin, fait référence à ses os creux. Ils étaient en effet criblés de cavités remplies d'air, comme cela a déjà été observé chez certains théropodes, la famille de ce dinosaure, qui comprend aussi le fameux *T. rex*. Ces structures ressemblent aux sacs aériens, ces extensions des poumons des oiseaux modernes. Elles ont probablement contribué à améliorer les capacités respiratoires de l'animal tout en allégeant son squelette.

*Inopinatus* signifie «inattendu», car les restes du dinosaure ont été retrouvés dans des dépôts sédimentaires autrefois enfouis sous la mer, un endroit plutôt inhabituel. Les chercheurs pensent que l'animal vivait il y a environ 115 millions d'années sur l'île, un peu plus au nord, et que son corps a été emporté dans la mer au moment de sa mort. «C'est une découverte très excitante car nous savons peu de choses sur les dinosaures qui vivaient en Europe au Crétacé», s'enthousiasme Neil Gostling, qui a supervisé l'étude. Depuis, deux nouveaux ossements appartenant à la même espèce ont été mis au jour. Ils pourraient bien révéler de nouveaux détails sur cette mystérieuse créature disparue...

## À quoi ressemblait *Vectaerovenator inopinatus* comparé aux autres théropodes ?



## Où sont placées les quatre vertèbres ?

Même si quatre fossiles seulement ont été retrouvés, ils appartiennent à différentes parties de la colonne vertébrale, de la tête et de la queue, ce qui suggère que le corps entier du dinosaure a été préservé au moment de sa mort et s'est enfoncé dans le sol, où il s'est fossilisé.

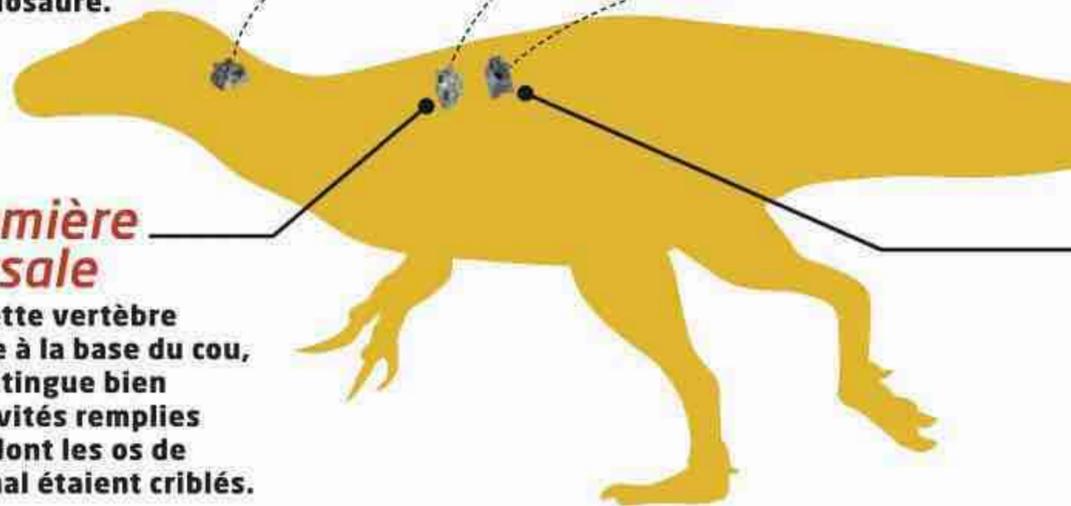
### Cou

C'est le premier fossile à avoir été découvert. Il était cassé, mais après comparaison avec des os de théropodes de forme similaire, les chercheurs pensent qu'il s'agit d'une vertèbre qui se situait assez haut sur le cou du dinosaure.



### Première dorsale

Sur cette vertèbre placée à la base du cou, on distingue bien les cavités remplies d'air dont les os de l'animal étaient criblés.



## 3 QUESTIONS À...

# Robin Ward et James Lockyer

Ces deux chasseurs de fossiles ont découvert en 2019, sur l'île de Wight (Royaume-Uni), des ossements appartenant à *Vectaerovenator inopinatus*, un dinosaure jusque-là inconnu.



James Lockyer a mis au jour une vertèbre.



Robin Ward a trouvé deux des os du dinosaure.

### *Tyrannosaurus rex*

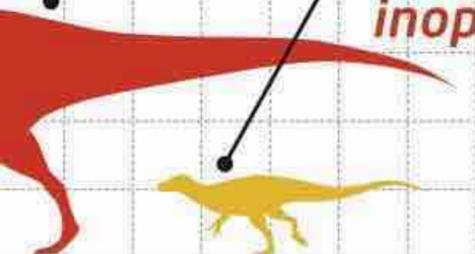
12 m : ce redoutable prédateur pouvait dépasser la longueur d'un bus.

### *Mapusaurus roseæ*

13 m : rien que sa tête mesurait 1,80 m, soit la taille d'un homme adulte.

### *Vectaerovenator inopinatus*

4 m : ce dinosaure mesurait deux fois la taille d'un grand lit.



### Queue

Cette vertèbre caudale se situe dans la queue, qui était relativement longue chez les théropodes par rapport à la taille de leur corps, et dotée de muscles.



### Seconde dorsale

C'est le dernier des quatre fossiles à avoir été découvert. Comme il ne s'agissait pas d'un doublon et qu'il venait bien compléter les trois précédents, cela a conforté les paléontologues dans l'idée que tous les os appartenaient au même individu.

## 1 Comment ça marche : Qu'est-ce qui vous plaît dans la recherche de fossiles ?

**Robin Ward :** Quand on casse une pierre, la plupart du temps, il n'y a rien à l'intérieur. Mais lorsqu'on trouve quelque chose, alors on est la toute première personne sur Terre à le découvrir ! C'est tellement bon, comme sensation.

**James Lockyer :** Tout petit déjà, j'aimais chercher. J'étais tout le temps en train de creuser des trous dans le jardin. Mais je ne savais pas vraiment ce que représentaient mes découvertes jusqu'à ce que je me mette plus sérieusement à chasser les fossiles. J'ai alors commencé à étudier la géologie, pour mieux comprendre ce que je trouvais. Ce que j'aime le plus, c'est qu'on ne sait jamais sur quoi on va tomber.



## 2 CCM : Que ressent-on lorsqu'on découvre une nouvelle espèce de dinosaure ?

**R. W. :** C'est comme de gagner au loto ! Quand j'ai apporté mes trouvailles au muséum de l'île de Wight consacré aux dinosaures, j'ai tout de suite vu les yeux des paléontologues briller. Ils n'avaient rien de tel dans leur collection. Leur donner ces fossiles, c'était un peu comme rendre mon lot, mais si je ne l'avais pas fait, je n'aurais jamais su qu'ils étaient si spéciaux.

**J. L. :** Je savais que j'avais trouvé un fossile. Mais quand j'ai su d'où il venait, c'est devenu encore plus excitant. J'ai été impressionné de voir comment les chercheurs parvenaient à identifier un objet dont ils ignoraient l'existence même ! Pour moi, c'est toujours intéressant de trouver un fossile, mais quand j'ai su ce que c'était, j'étais encore plus fier d'associer mon nom à cette découverte.

## 3 CCM : Que représente ce dinosaure comparé à vos précédentes découvertes ?

**R. W. :** C'est sans aucun doute ma plus belle trouvaille. Je suis aussi fier d'avoir trouvé un crâne d'ichtyosaure, un reptile qui nageait dans la mer, un peu comme un dauphin. Mais je n'ai pas toujours été aussi chanceux.

**J. L. :** J'ai déjà mis au jour des os de reptiles marins et d'autres types de fossiles assez variés. Mais l'une de mes découvertes favorites reste des graines fossilisées. Elles sont fascinantes, car elles ressemblent à celles d'aujourd'hui, sauf qu'elles sont vieilles de plusieurs millions d'années. C'est assez incroyable d'imaginer ce qu'aurait pu être la vie de ces plantes.

© Trudie Wilton; Chris Barker/University of Southampton; © Robin Ward; © James Lockyer

# 5 fossiles exceptionnels



**1**

Mongolie, 1971

## Une lutte figée pour l'éternité

Ces deux dinosaures se sont lancés dans un combat à mort il y a 80 millions d'années... et resteront à jamais figés en pleine lutte. Les deux fossiles, retrouvés dans le désert de Gobi, permettent de dépeindre la scène, tel un tableau.

Le vélociraptor, carnivore, plante sa griffe dans le cou du protocératops pour atteindre l'artère carotide. Mais l'herbivore réplique en refermant sa mâchoire autour du membre supérieur droit du prédateur, le mordant suffisamment fort pour lui briser le bras. Et ensuite ? On pense qu'une dune de sable, peut-être déstabilisée par de fortes pluies, s'est effondrée sur les deux combattants, immortalisant cet instant unique.



**2**

Canada, 1991

## Scotty, le T. rex géant

Ce fossile de tyrannosaure a une longue histoire. Baptisé Scotty, il a été mis au jour en 1991 dans la province du Saskatchewan (Canada), où il était piégé dans la roche. Il a fallu attendre plus de dix ans pour qu'il en soit libéré et pour pouvoir l'étudier. Ce n'est que tout récemment que les os ont pu être assemblés et ont révélé leurs secrets. Scotty aurait rendu son dernier souffle





3

Canada, 2011

## Le spécimen le mieux préservé

Il ressemble à un dragon tout droit sorti de *Game of Thrones*. Et pourtant, il s'agit bien d'un dinosaure, dont le corps a été complètement pétrifié ! Malgré ses 112 millions d'années, ce nodosaure est extrêmement bien préservé, à tel point qu'il est possible d'observer ses écailles et sa peau, un phénomène rarissime en paléontologie. Les scientifiques pensent que l'animal a rapidement été enfoui dans les fonds marins après sa mort et que la roche s'est solidifiée autour de lui avant que son corps ne se décompose, imprimant ainsi les moindres détails de son épaisse cuirasse recouverte de pointes, et même ses globes oculaires ! Il manque les pattes arrière et la queue, mais on estime que l'herbivore mesurait 5,5 m pour un poids de 1,3 t.



4

Mongolie, 1994

## « Big Mama » couve ses petits

Les fossiles révèlent souvent de précieuses informations anatomiques, mais rarement comportementales. D'où l'importance de cette découverte dans le désert de Gobi : un oviraptorosaure de l'espèce *Citipati osmolskæ* en train de nicher, vieux de 75 millions d'années, probablement mort enseveli dans le sable lors d'une

tempête ou d'un glissement de terrain. Ses membres sont répartis symétriquement de part et d'autre du nid. Celle qu'on a baptisée « Big Mama » apporte ainsi la preuve que les dinosaures couvaient leurs œufs, comme les oiseaux modernes, et qu'il s'agit donc d'un comportement parental très ancien.



il y a 66 millions d'années, à un âge plutôt avancé pour un dinosaure, estimé à une trentaine d'années. Mais ce sont surtout ses mensurations qui le rendent unique au monde : long de 13 m, il est assurément le roi des *T. rex*, selon les paléontologues. L'animal était également très robuste. Les os de ses pattes postérieures suggèrent une masse de 8870 kg !



5

Afrique du Sud, 1976

## Les plus vieux embryons de dinosaure

Ces embryons de *Massospondylus carinatus*, un herbivore long de 5 m environ, ont été découverts dans le parc national des Golden Gate Highlands, en Afrique du Sud, en 1976. Fragiles en raison de leur petite taille - le crâne des petits ne mesurait que 2 cm -, ils n'ont pu être analysés que très récemment à l'aide de puissants rayons X. L'étude a révélé que les bébés en étaient à 60 % de

leur développement embryonnaire, qui s'apparente à celui des reptiles modernes. Tout comme les geckos et les crocodiles aujourd'hui, ils avaient deux types de dents préservés dans leurs mâchoires, dont les premières, pas plus petites que la pointe d'un cure-dent, seraient tombées avant l'éclosion. Vieux de 190 millions d'années, ce sont les plus anciens embryons de dinosaure connus.

© Yuya Tamai, Kumiko; 0ヶトアスユウダ; Dinoguy2 / Wikimedia Commons, Brett Elorf

# INTERVIEW

## FRANÇOIS BOUCQ

### «Je voulais être autodidacte»

Après un très remarqué *New York Cannibals*, son dernier album, paru en septembre au Lombard, François Boucq dessine les audiences du procès des attentats de janvier 2015 pour le compte de *Charlie Hebdo* lorsque nous le rencontrons, en novembre. Il trouve encore le temps de nous répondre, revenant sur sa carrière prolifique et son goût pour la science.

Par Patrick Gaumer

**P**assionné depuis sa plus tendre enfance par le dessin, François Boucq publie ses premières caricatures en 1974, puis place ses planches dans les principaux supports de la presse adulte: de *Mormoil* à *Pilote*, de *Fluide Glacial* à (*À suivre*). Selon l'humeur, il alterne récits complets à l'humour dévastateur, où surgissent les loufoques Rock Mastard et Jérôme Moucherot, et séries réalistes comme *Face de lune* et *Bouncer*, avec Alejandro Jodorowsky, ou *Le Janitor*, avec Yves Sente. Le romancier américain Jerome Charyn devient également son partenaire de jeu sur plusieurs «romans graphiques» mêlant thriller

et fantastique: s'enchaînent bientôt *La Femme du magicien*, *Bouche du diable*, *Little Tulip* ou le tout récent *New York Cannibals*, plongée abyssale dans le New York sulfureux des années 1990.

Avec Karim Belkrouf et Gotlib, il reprend *Superdupont*, devient l'illustrateur attitré des couvertures de San Antonio, le célèbre personnage imaginé par Frédéric Dard, et s'initie au croquis d'audience à l'occasion de l'affaire du Carlton de Lille. Digne héritier d'un Jean Giraud, le dessinateur du western *Blueberry*, François Boucq développe une multitude de styles, tous aisément identifiables, où s'entremêlent caricature et précision du trait, sens aigu du découpage et liberté narrative. 📍



**Comment ça marche: Vous ne gardez pas, je crois, un souvenir impérissable de votre scolarité?**

**François Boucq:** C'est vrai. Le bon côté, c'était les potes. Le mauvais, c'était tout ce qu'il y avait autour! Des professeurs qui voulaient à tout prix vous formater. L'école ne fabrique pas des autodidactes. Or, moi, j'avais envie d'apprendre par moi-même. Je me suis très vite rendu compte que j'adorais le dessin. Tout ce qui passait par ce médium m'intéressait,

par exemple la géométrie. La physique, c'était pareil, ça parlait de phénomènes naturels, de la formalisation du monde. J'adore les sujets scientifiques, il m'est arrivé d'illustrer la théorie de la relativité en BD dans un style déconnant. En même temps, j'ai appris des choses en lisant des articles de vulgarisation.

**CCM: Parmi vos personnages fétiches figure Léonard de Vinci. En quoi ce savant et artiste vous fascine-t-il?**

**F. B.:** Si vous regardez ça du point de vue du dessinateur, vous vous apercevez que toutes les inventions de Léonard, toutes ses réflexions, découlent

du dessin. Ses carnets sont à ce titre remarquables. C'est une exploration du monde et le graphisme est primordial dans son œuvre. C'est le dessin qui lui permet de comprendre tout ça. Quand vous êtes dessinateur, vous le ressentez au plus profond de vous-même, instinctivement.

**CCM: Vous accordez beaucoup d'importance à la composition de vos images et à votre découpage...**

**F. B.:** C'est essentiel. C'est un peu l'équivalent de la syntaxe en grammaire. On combine des formes entre elles pour raconter des phrases

«À l'école, tout ce qui passait par le dessin m'intéressait»



L'artiste se dessine  
faisant son autoportrait :  
malicieuse mise en  
abyme, clin d'œil à  
l'illustrateur américain  
Norman Rockwell.

**BIO EXPRESS**

**1955**

Il naît à Lille (Nord), qui reste encore aujourd'hui son port d'attache.

**1983**

Il crée Jérôme Moucherot, un agent d'assurances en costume léopard parti à la conquête de l'aventure humaine, bientôt rejoint par son voisin de palier, un certain Léonard de Vinci.

**1998**

Il remporte le Grand Prix de la Ville d'Angoulême, transformant l'année suivante l'une des artères principales de la cité charentaise en jungle luxuriante.

**2020**

Il sort *New York Cannibals*, sa quatrième collaboration avec le romancier américain Jerome Charyn.

© François Bourcq

« En bande dessinée, chaque dessinateur invente son vocabulaire graphique »

visuelles. En bande dessinée, chaque dessinateur invente son langage, son vocabulaire graphique. Un album de bande dessinée est un tout cohérent, un peu comme une symphonie en flot continu. L'attention du lecteur ne doit pas être distraite. Il faut qu'il soit emporté par le fleuve de l'histoire, comme s'il ne pouvait pas s'en défaire.

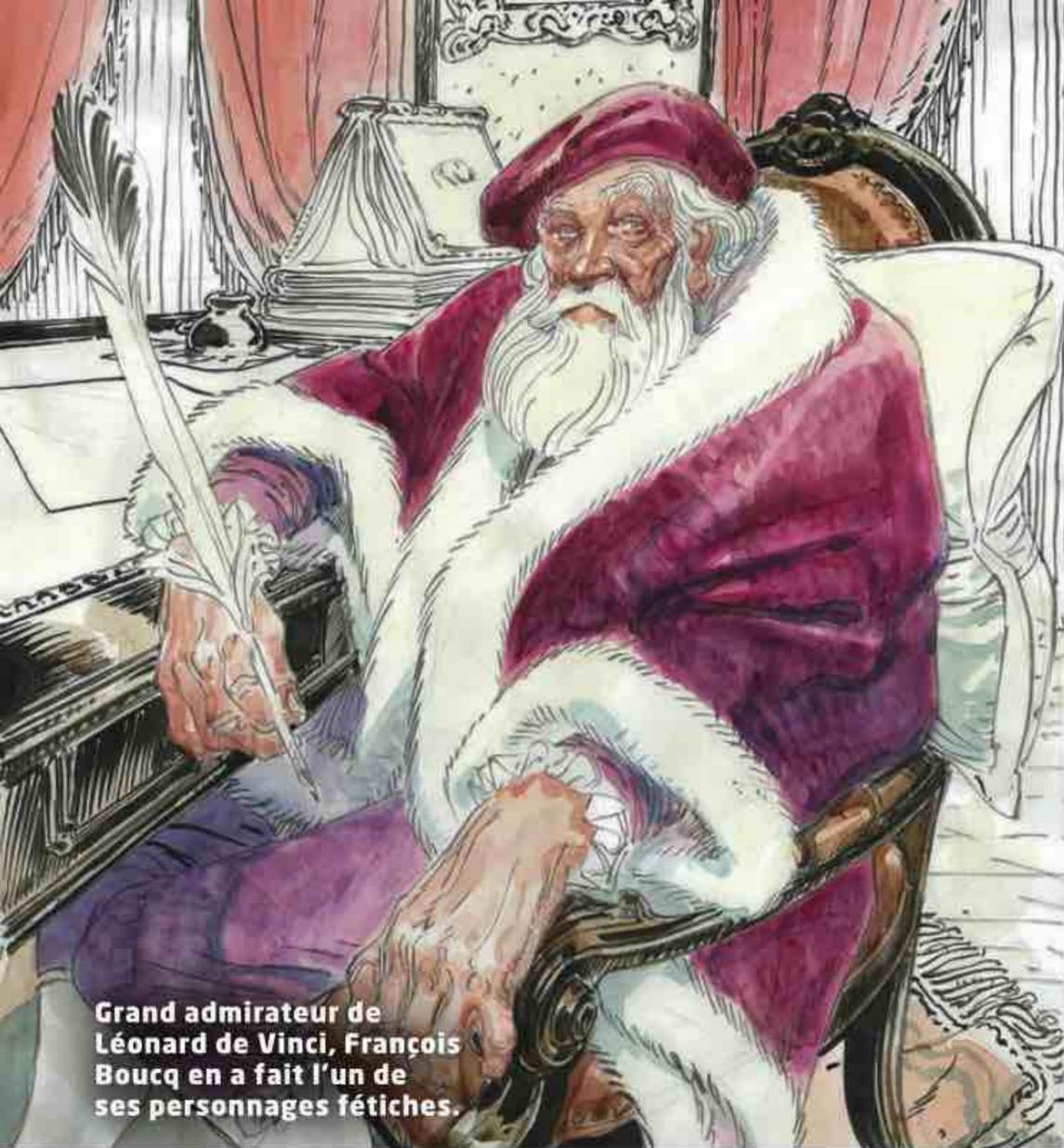
**CCM :** Dans le cadre du procès des attentats de janvier 2015,

**on vous découvre chroniqueur judiciaire pour *Charlie Hebdo*. Pourquoi a-t-on fait appel à vous, qui ne faisiez pourtant pas partie de l'équipe ?**

**F. B. :** C'est Riss, le rédacteur en chef de *Charlie Hebdo*, qui m'a demandé de faire les croquis du procès. J'ai dit oui tout de suite. On s'est vus à Paris avec Yannick Haenel, le journaliste qui suit l'affaire. Ils m'ont dit que ce serait un « monument » ! Bonjour la pression ! Je leur ...

LÉONARD QUAND IL ÉTAIT PETIT ÉTAIT GROS ON L'APPELAIT ALORS "LÉONARD LE GROS" ... IL FIT UN RÉGIME ... "LÉONARD LE MINGI" "





Grand admirateur de Léonard de Vinci, François Boucq en a fait l'un de ses personnages fétiches.

... ai répondu que j'allais faire de mon mieux. C'était important. Avant tout pour Cabu, un amoureux du dessin, pour qui j'avais beaucoup d'amitié. En souvenir aussi des autres victimes. Et puis pour tout ce que représente *Charlie* dans notre vie. Pas mal de gens considéraient ce journal comme un truc de potaches, tout juste bon à tout tourner en dérision. On s'aperçoit, après le massacre de la rédaction, que c'est un journal essentiel, le fer de lance de la liberté d'expression. Si un jour, *Charlie* devait s'arrêter, à cause de la pression de terreur qui pèse sur leurs épaules, on peut s'interroger : qui est le suivant ? *Le Canard enchaîné* ?

**CCM : Techniquement, ce procès, ça se passe comment ?**

**F. B. :** Au-delà de la charge émotionnelle, la pandémie qui nous frappe a accentué un peu plus les difficultés. Tous les intervenants, les accusés, les témoins, les parties civiles, le monde judiciaire, chacun est masqué. Comment passer outre le fait de ne pas savoir comment est la bouche, le nez d'une personne ? Comment sont ses joues, etc. Là, je ne vois rien. Je dois me concentrer sur son regard et son attitude globale. Je suis rentré dans une autre dimension, celle du langage corporel. Dans la communication entre les gens, 70% proviennent de l'attitude corporelle, le reste

est dit par les mots. En fait, le langage non verbal est plus important que le langage verbal.

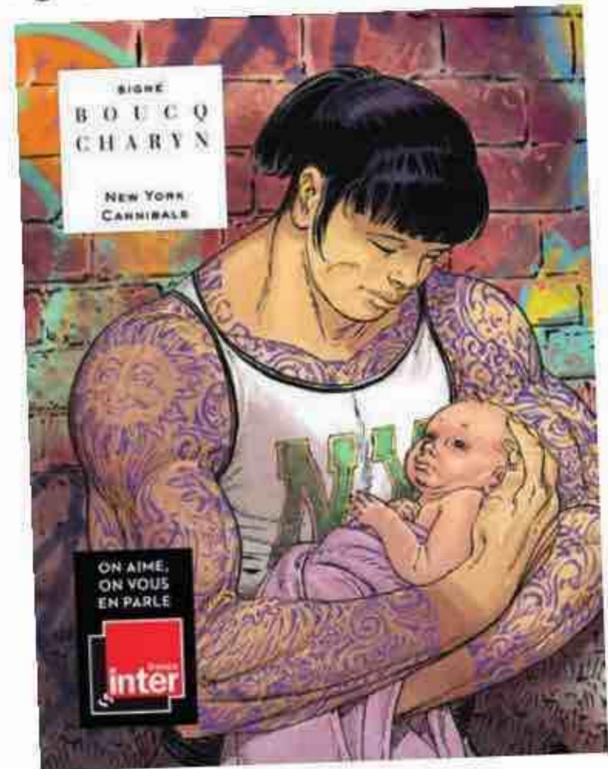
**CCM : Vous travaillez en solo, mais aussi avec des scénaristes comme Philippe Delan, Alejandro Jodorowsky, Jerome Charyn ou Yves Sente... Une manière de varier les plaisirs ?**

**F. B. :** J'aime ces collaborations variées, mais il faut que chaque histoire se mélange à la mienne. Je ne peux pas parler de quelque chose sans y être totalement impliqué, sans que cela devienne mon récit.

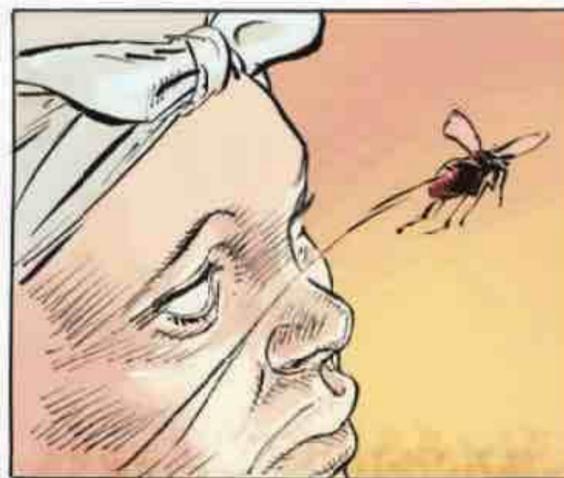
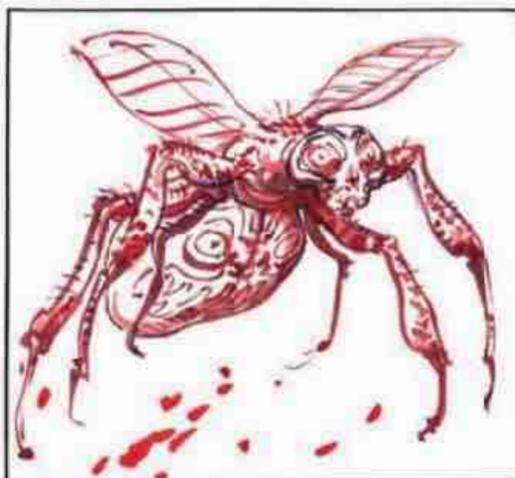
**CCM : Venons-en à votre dernier album, *New York Cannibals*, que vous cosignez**

**avec le romancier Charyn. On y retrouve Azami Tanaka, la fillette de *Little Tulip*, devenue une femme flic shootée aux anabolisants...**

**F. B. :** Je ne voulais pas faire une suite, à proprement parler. Vingt années ont passé. Azami est fascinée par le tatouage et la puissance masculine. La pratique du culturisme à outrance l'a rendue stérile.



« Le fait que les visages soient masqués a rendu plus difficile mon travail »



Extrait de planche de *New York Cannibals*.

**CCM: Azami recueille un bébé. Ce bébé, Little Paul, a une vraie personnalité!**

**F. B.:** Quand on dessine un bébé, on se rend compte que l'on décrit un être humain futur adulte, susceptible de tout devenir, un saint ou une brute. Un bébé représente le potentiel de l'humanité.

**CCM: Parmi les autres personnages marquants, on peut citer l'Albatros ou Mama Paradis.**

**F. B.:** Ces deux-là n'étaient pas prévus à l'origine et sont arrivés en cours de réalisation. L'Albatros est cul-de-jatte et a une vision au ras du sol différente de celle d'un homme d'1,80 m qui regarderait ailleurs. Le fait qu'il marche sur ses mains implique des bras musclés. Le fait aussi de poser sans cesse ses mains sur le sol est symboliquement intéressant. On le retrouve sur les toits et dans les entrailles de la ville, une cité qui grouille, suinte, partage, une sorte de cour des miracles. Il est un peu comme le personnage d'Hermès, le messager des dieux de la mythologie grecque, celui qui, dans l'histoire, va permettre à tous les autres de pouvoir communiquer entre eux. Dans le scénario de Charyn, il n'y avait pas cette histoire dans les entrailles de New York. Dans le plus profond de New York, il y a le paradis. Mama Paradis est une sorte de mère universelle qui soigne les dépourvus, les malades, les laissés-pour-compte. C'est sa vocation. Un peu comme une déesse préhistorique.

**CCM: C'est une albinos. Vous l'habiliez avec des couleurs éclatantes. Elle est pleine de vie, pleine de connaissances sur la nature, sur la place de l'homme...**

**F. B.:** Je suis content que ces notions aient été perçues.

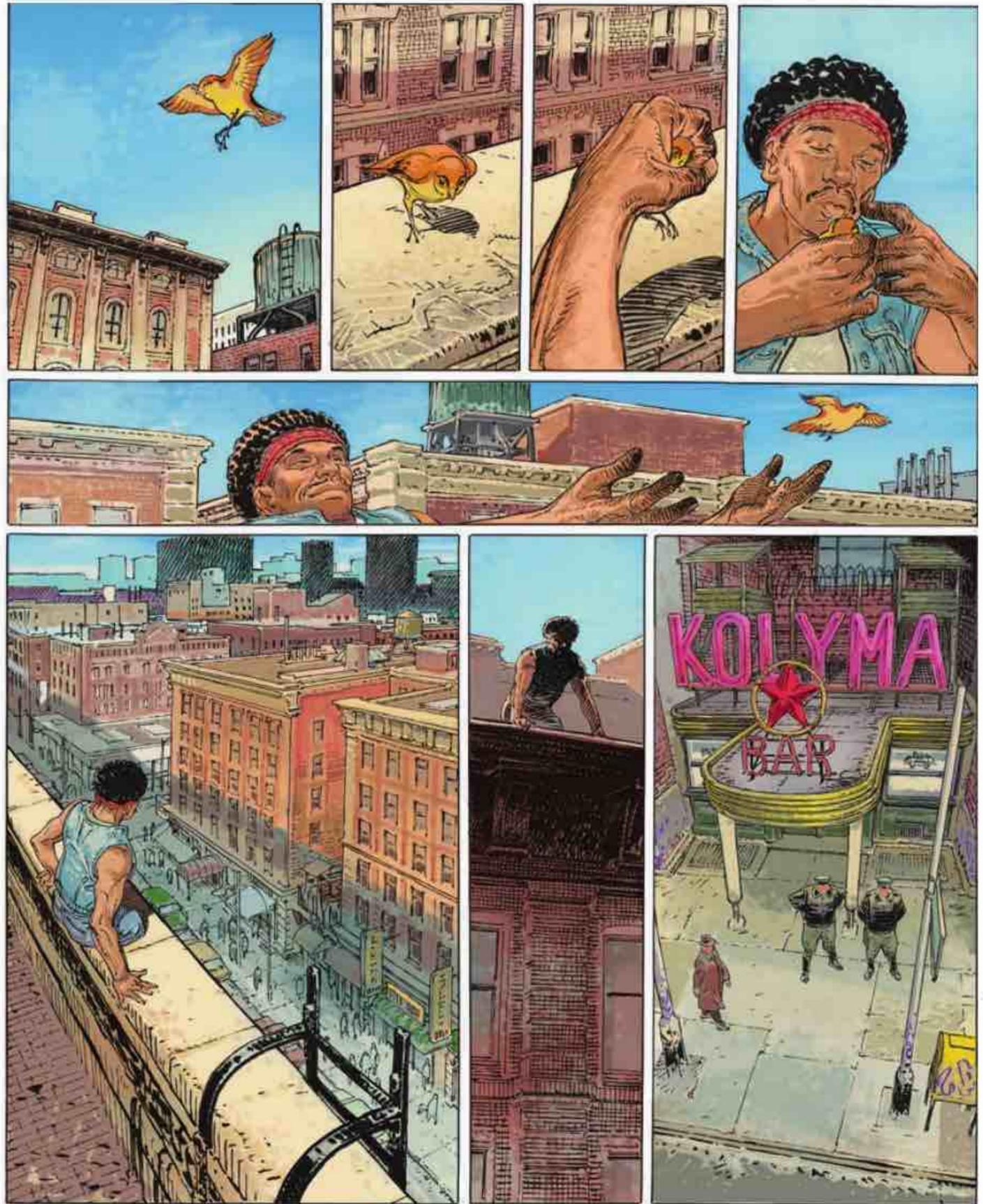


Planche de *New York Cannibals*.

**CCM: New York Cannibals développe un côté plus sombre avec ce trafic de sang humain.**

**F. B.:** J'ai découvert la face obscure de ce trafic dans *Le Business du sang*, une enquête de Marie Maurisse et François Pilet, diffusée sur Arte. Le reportage racontait comment, après la crise financière de 2008, toute une population américaine paupérisée n'avait plus d'autre choix pour survivre que de vendre son sang. Nous n'inventons rien.

**« Le langage corporel est plus important que le langage verbal »**

**CCM: Des projets?**

**F. B.:** Je finalise *Un général, des généraux*, sur les événements d'Alger en 1961. Je suis cette fois à la lettre le scénario de Nicolas Juncker, à qui l'on doit l'album *Seules à Berlin*. Une histoire grave, mais traitée sur un mode très drôle.



**Le chalumeau est l'un des nombreux outils du souffleur de verre.**



# LES SECRETS DE FABRICATION DU VERRE

Ce n'est que du sable, fondu à très haute température! Et pourtant, ce matériau aux qualités extraordinaires a peu à peu conquis notre quotidien. Voici comment.

Par Sylvie Redon-Clauzard

**V**itres, bouteilles, vaisselle, écrans, miroirs, ampoules... le verre est partout. Au point qu'on en oublie combien il est incroyable. Il peut être modelé à loisir et recyclé à 100%. Il est le premier

matériau entièrement créé par l'homme qui soit transparent. Il ne rouille pas, tolère la plupart des acides et des bases. Pourtant, l'ingrédient principal pour le fabriquer n'est autre que du sable, plus exactement de la silice cristalline ( $\text{SiO}_2$ ).

Ajoutez un peu de carbonate de sodium et de carbonate de calcium (du calcaire), chauffez à  $1500^\circ\text{C}$  pour que ces ingrédients réagissent entre eux, et le tour est joué! Vous avez du verre commun, également appelé verre sodocalcique.

L'histoire du verre a débuté au Proche-Orient, il y a au moins 4500 ans, avec la fabrication de petits objets (perles, amulettes...), mais c'est mille ans plus tard que la production a vraiment explosé. «Avec un véritable commerce international, pointe Bernard

Gratuze, chimiste spécialiste des verres anciens au CNRS d'Orléans. En témoigne l'épave d'Uluburun, au large de la Turquie. On a trouvé dans ce bateau datant du XIV<sup>e</sup> siècle avant notre ère 175 lingots de verre brut, sans doute fabriqués dans des fours égyptiens et destinés à des ateliers de Grèce ou d'Anatolie où ils devaient être façonnés.» Les objets d'alors, en général moulés sur de l'argile, sont colorés par l'ajout de diverses substances qui les rendent opaques. «Le verre permet à cette époque d'imiter des matériaux naturels comme le corail, le lapis-lazuli, la turquoise, l'agate... avec l'avantage d'être plus facile à mettre en forme qu'eux», poursuit le spécialiste.

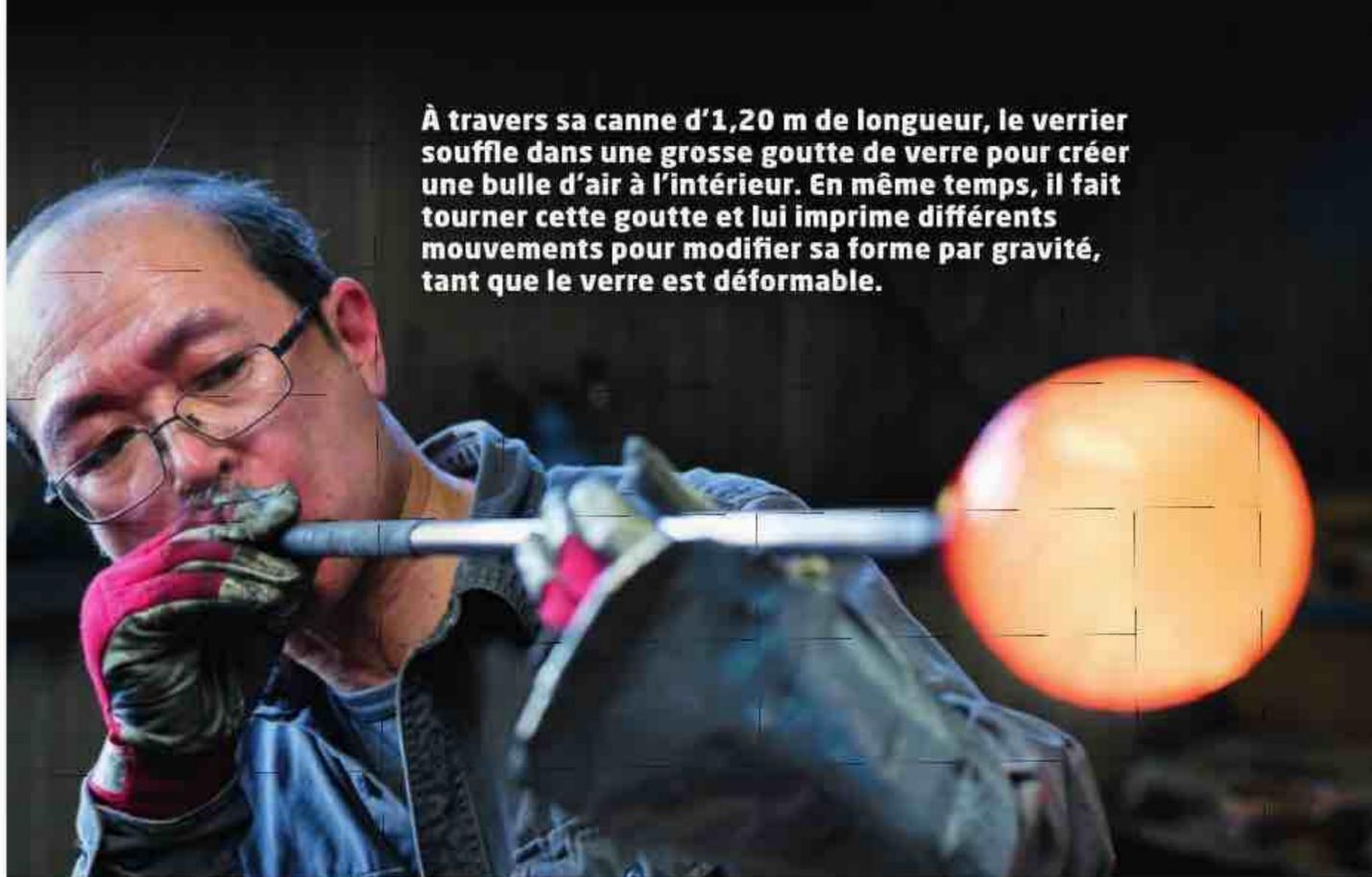
## Une solidification mystérieuse

Ce côté malléable est l'un des grands atouts du verre. Il vient du fait que ce matériau ne se solidifie pas de façon classique, à savoir en cristallisant. Comme l'explique Guillaume Ferlat, physicien à l'Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie à Paris, «quand un liquide cristallise, ses atomes ou ses molécules s'organisent collectivement pour former le système le plus stable possible». Autrement dit, un solide •••

**L'histoire du verre a débuté au Proche-Orient, il y a au moins 4500 ans**

... dans lequel les atomes sont bien rangés, suivant un motif régulier qui se répète (voir schéma ci-dessous). Mais quand le verre en fusion sort de son four, l'écart thermique avec l'extérieur est tel qu'en quelques dizaines de secondes, ses atomes ne parviennent plus à bouger assez pour s'organiser. Résultat, il se fige dans le désordre qui caractérise les liquides. « On peut considérer le verre comme un liquide devenu si visqueux qu'il ne bouge plus. Il paraît solide parce que ses mouvements atomiques sont si lents qu'ils ne sont perceptibles que sur des milliards d'années », décrypte le chercheur. C'est ce qu'on appelle un matériau amorphe. Une bizarrerie qui continue d'intriguer les physiciens au point qu'en 2005, la revue américaine *Science* l'a classée parmi les 125 mystères scientifiques encore à résoudre.

Quoi qu'il en soit, cette particularité de passer de liquide fluide à épais, puis à pâte, à solide déformable et enfin à solide



À travers sa canne d'1,20 m de longueur, le verrier souffle dans une grosse goutte de verre pour créer une bulle d'air à l'intérieur. En même temps, il fait tourner cette goutte et lui imprime différents mouvements pour modifier sa forme par gravité, tant que le verre est déformable.

## Le verre peut être coulé, moulé, soufflé à la canne, déformé, refroidi, réchauffé, remodelé

rigide sur une plage de 1 000 °C permet au verre d'être « travaillé » comme nul autre matériau. Il peut être coulé, moulé, soufflé à la canne, déformé avec des outils, refroidi puis réchauffé pour être remodelé... Et ainsi devenir un bijou en verre plein, un récipient creux, une vitre, une laine isolante, une fibre optique, etc.

### L'exigeant savoir-faire du miroir

L'autre atout du verre est bien sûr sa transparence, elle aussi liée à sa nature amorphe. Elle n'est recherchée qu'à partir du VIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère, avec d'abord la fabrication d'objets translucides, mais colorés par la présence d'impuretés. Ensuite, grâce à des matières premières mieux sélectionnées, la transparence s'améliore, ouvrant la voie à de nouvelles utilisations, comme les premières vitres au début de notre ère. Puis des loupes, et

d'autres instruments optiques... dont les lunettes de vue que chaussent les érudits sans doute dès le XIV<sup>e</sup> siècle.

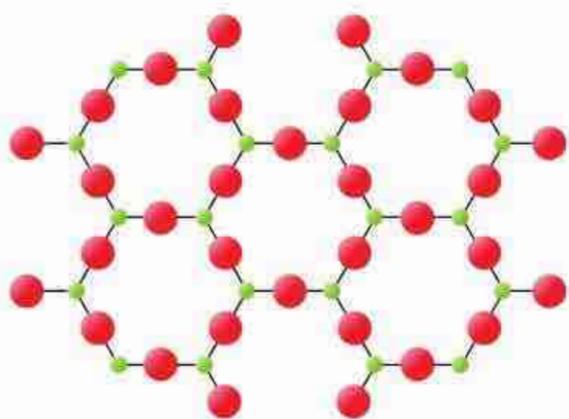
Le verre révolutionne aussi le monde du miroir qui, jusqu'au XV<sup>e</sup> siècle, n'était qu'une jolie pièce de métal polie. « À la différence du verre à vitre, le verre à miroir doit être parfait, sans bulles, avec des surfaces très planes et polies. Sinon, le reflet est déformé », prévient Didier Roux, ancien directeur de la recherche et de l'innovation du groupe Saint-Gobain. Or, si pendant sa fabrication, ce verre ...

Les artisans peuvent rouler le verre soufflé dans des poudres pour créer des effets de couleurs et de textures.



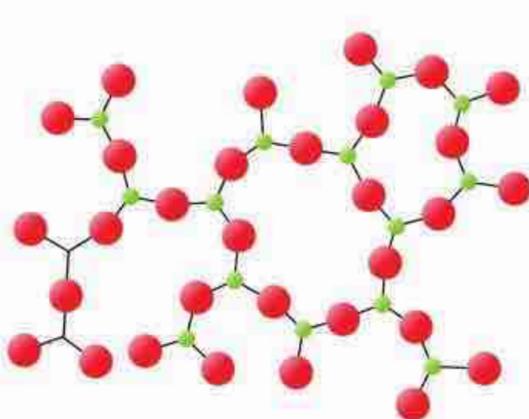
## Au niveau atomique

● Atome de silicium   ● Atome d'oxygène   ● Ion sodium   ● Calcium



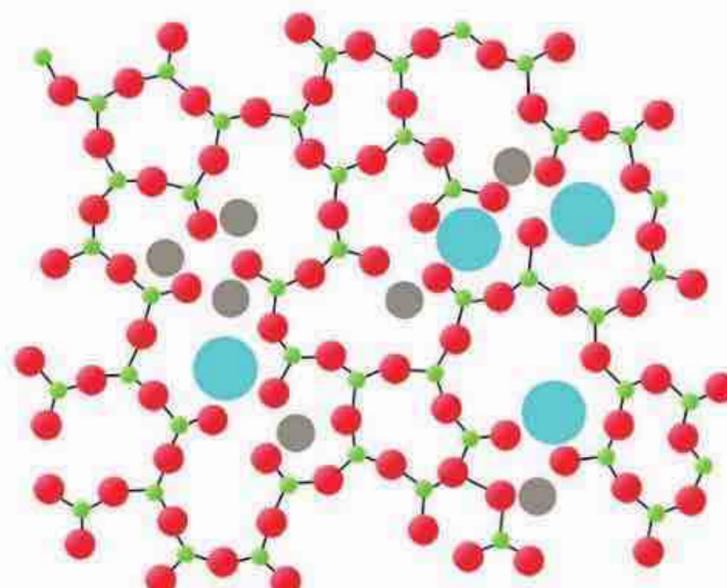
### Silice cristalline (quartz)

Dans la silice cristalline (le sable), les atomes sont rangés suivant un motif qui se répète.



### Silice amorphe

Dans la silice amorphe, les atomes de silicium s'accrochent aux atomes d'oxygène de la même façon, mais l'ensemble est moins régulier.

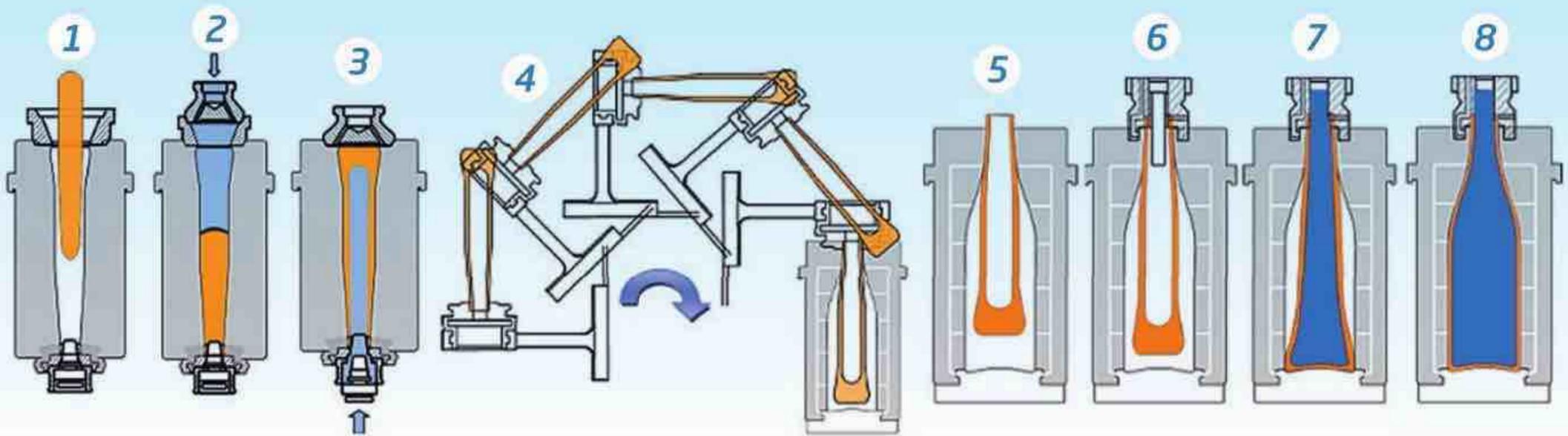


### Verre commun

Enfin, dans le verre courant, les ions sodium qui se positionnent face à deux atomes d'oxygène « cassent » le maillage de la silice.

# De la goutte de verre liquide à la bouteille

Un procédé industriel bien rodé permet de mouler une bouteille de verre en quelques secondes.



## Étape 1

Une goutte à 1 100 °C (la paraison) est déposée dans le « moule ébaucheur », en forme de bouteille renversée.

## Étape 2

Elle est poussée vers le bas pour épouser la forme du goulot. C'est encore du verre plein.

## Étape 3

Dans ce moule fermé, de l'air, soufflé au niveau du goulot, plaque le verre à plus de 1 000 °C sur les parois du moule, créant ainsi le creux intérieur.

## Étape 4

Au contact du moule, le verre s'est refroidi en surface à 800 °C. La bouteille ébauchée peut ainsi être libérée du moule et retournée sans se déformer.

## Étape 5

La bouteille est enserrée dans le « moule finisseur », plus long et large que le précédent.

## Étape 6

Elle s'y étire. La chaleur emprisonnée dans son épaisseur se répartit dans tout le verre.

## Étape 7

Un nouveau souffle d'air commence alors à donner à la bouteille sa forme définitive.

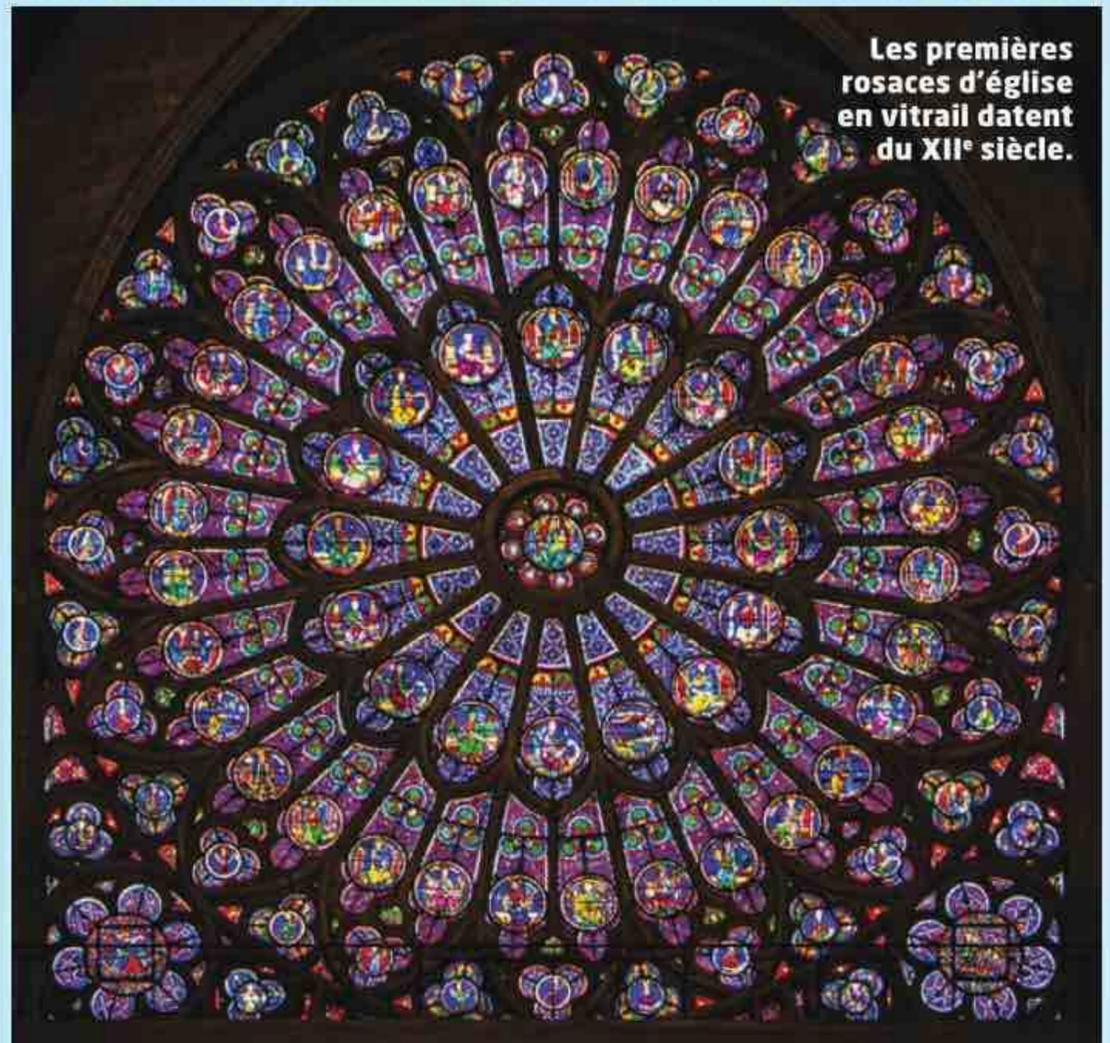
## Étape 8

Le tout a duré moins de trente secondes. Pour gagner en solidité, la bouteille sera réchauffée à plus de 500 °C et refroidie progressivement en quinze minutes.

## Verre rouge, bleu, violet...

### Haut en couleur

La palette des couleurs du verre ne se limite pas au blanc des vitres ou au vert des bouteilles. Il n'y a qu'à voir les chatoyantes teintes des vitraux des cathédrales. Ces couleurs s'obtiennent grâce à quelques fifrelins d'oxydes de métaux disséminés dans le matériau. L'atome de métal, suivant sa nature, son degré d'oxydation et le nombre d'atomes auquel il est lié, absorbe telle ou telle partie du spectre de la lumière et laisse passer le reste. D'où la couleur. Le cobalt peut ainsi teinter le verre en bleu foncé, le cuivre en bleu vert ou rouge, le fer ou le manganèse en verdâtre ou violet... Mais certains rouges et certains jaunes ont une origine différente : la présence de nanoparticules. Ce sont alors la taille et la forme de ces particules qui conditionnent la couleur. Une méthode high-tech ? Pas vraiment : on la retrouve dans la coupe de Lycurgue. Ce vase romain du IV<sup>e</sup> siècle, verdâtre, devient rouge si on l'éclaire de l'intérieur, grâce à des nanograins d'or et d'argent qui se sont formés au sein du verre.



Les premières rosaces d'église en vitrail datent du XII<sup>e</sup> siècle.

••• touche le moindre objet solide, sa surface en garde des stigmates, et un léger aspect dépoli. « Dès le XVII<sup>e</sup> siècle, pour faire de grandes glaces, on coulait le verre en plaques épaisses sur des tables en métal, en lissant au rouleau... Puis des ouvriers passaient des semaines à aplanir les surfaces gondolées. Et autant de temps ensuite à les polir pour leur rendre leur transparence. » Le miroir était donc un produit de luxe. En 1959, le procédé « float » (voir ci-dessous) a tout changé et désormais on fabrique à la chaîne, en quelques heures, du vitrage ayant la qualité de la glace. Les verriers ont aussi appris à lutter contre la fragilité du verre et jouent sur sa composition en fonction des besoins. Par exemple, en remplaçant une partie de la silice par de l'oxyde de bore, on obtient un verre borosilicaté, comme le Pyrex® qui passe du congélateur au four chaud sans broncher.

Aujourd'hui, les innovations ne portent plus sur le verre lui-même mais sur les couches très fines d'autres substances qu'on peut ajouter pour améliorer ses propriétés. Résultat : tous les immeubles et les gratte-ciel récents sont habillés de verre, devenu symbole de modernité. Le comble pour un matériau inventé il y a plus de quatre millénaires! 🌐



**Immeubles et gratte-ciel récents sont habillés de verre, devenu symbole de modernité**

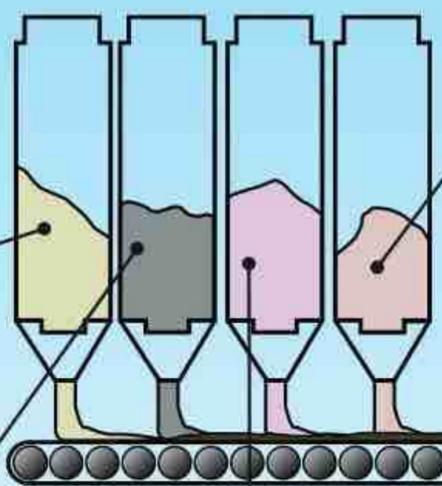
Le verre apporte clarté et sensation d'espace en permettant un regard sur l'horizon, même dans une tour étroite.

## Du sable à la plaque vitrée

Entre le sable et la vitre transparente se trouve une chaîne continue de transformation s'étalant sur plus de 500 m de longueur. Détail du procédé « float ».

**Vitrifiant**  
Le sable est l'ingrédient majoritaire. Plus il est pur, mieux c'est.

**Fondant**  
Le carbonate de sodium réagit avec le sable, ce qui abaisse de plusieurs centaines de degrés la température de fabrication du verre (qui contiendra alors du sodium).

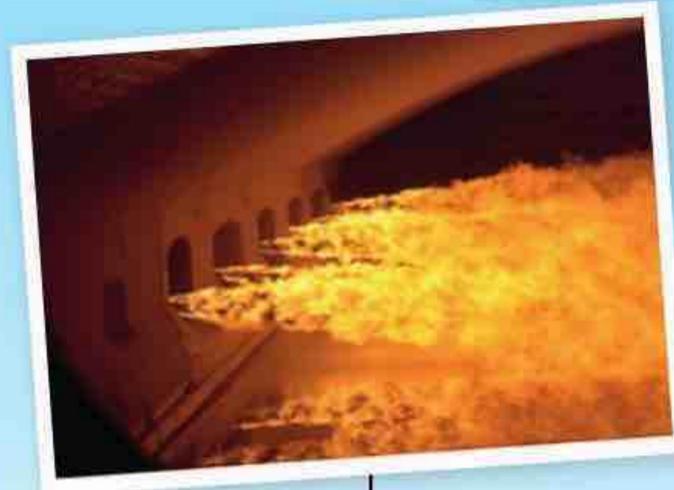


**Calcin**  
C'est du verre recyclé, surtout des vitres recalées au contrôle qualité. Il diminue beaucoup le coût énergétique et le bilan carbone de la fabrication du verre.

**Stabilisant**  
Les ions calcium, apportés par de la chaux, rendent le verre plus stable chimiquement, et évitent qu'il se dégrade au contact de l'eau.

**1. Mélange**  
Les différents constituants sont mélangés.

**2. Four**  
Le mélange est déversé en continu dans le four où, sous l'effet de la chaleur (plus de 1 500 °C), les composants réagissent entre eux tout en fusionnant.



# Rendre le verre plus fort et plus sûr

Une fois formé, un objet en verre peut subir divers traitements visant à le rendre moins cassant et moins tranchant s'il se brise.

## La trempe thermique

L'objet est réchauffé à 800 °C, puis sa surface est refroidie d'un coup par des jets d'air. Elle se contracte et se fige en mode compact, plus résistant. Sous cette surface durcie, le reste du verre a du mal à se contracter et restera sous tension. S'il casse, ce sera en nombreux morceaux inoffensifs.  
*Exemples : verres de cantine, verrerie du chimiste, baies vitrées...*

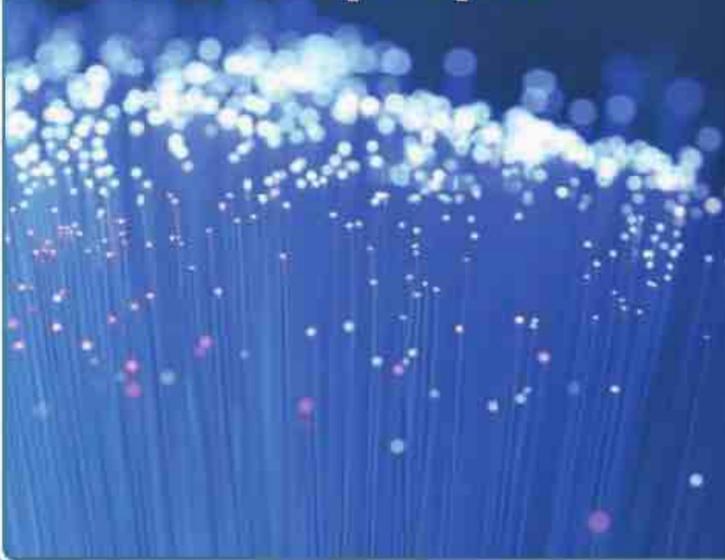
## La trempe chimique

On plonge le verre dans un bain de sels de potassium (K<sup>+</sup>) fondus. Les ions K<sup>+</sup> s'échangent avec les ions Na<sup>+</sup> du verre sur quelques millièmes de millimètre d'épaisseur. Comme ces ions potassium sont plus gros, ils rendent la surface du verre plus compacte, et plus difficile à fissurer.  
*Exemples : verres fins des écrans de smartphone, des tablettes...*

## Le verre feuilleté

C'est un empilement d'au moins deux fines plaques de verre, simple ou trempé, séparées par un film plastique. Les couches sont « soudées » par un coup de chaud sous pression. En cas de choc, le verre fendu reste collé au film plastique. En multipliant les couches, on obtient du verre blindé.  
*Exemples : pare-brise, garde-corps, baies vitrées...*

## Un messenger efficace La fibre optique



Le verre, parce qu'il est transparent, est le matériau roi pour faire voyager de l'information à la vitesse de la lumière... Voix, images et données numérisées se propagent ainsi sous forme d'impulsions lumineuses dans la fibre optique, un fil en verre (de la silice pure dopée au titane, par exemple) lui-même entouré d'une gaine en verre de silice

pure. Le faisceau de lumière progresse en rebondissant dans le cœur de la fibre, ricochant sur l'interface entre les deux types de verre. Mais pour que le signal ne s'atténue pas trop vite, ces verres doivent être très purs. D'où une technique de fabrication spéciale dans laquelle les réactifs sont transformés en vapeur, laissant ainsi les oxydes de fer et autres impuretés sur

le carreau. Résultat : aujourd'hui on retrouve presque 20% du signal initial au bout de 100 km, contre seulement 0,1 milliardième au bout d'1 km lors des premiers essais de fibre optique en 1966. Avec quelques répéteurs - des appareils qui détectent et « reboostent » le signal - le long du trajet, nos données traversent ainsi l'Atlantique sans problème.

### 3. Bain de flottage

Le verre liquide s'écoule sur un bain d'étain fondu (il « flotte » dessus). Il s'y répartit en une couche homogène qui, en s'éloignant du four, se solidifie. Comme elles ne touchent rien de solide, ses deux faces restent planes et lisses.

### 4. Étenderie

Le ruban de verre est refroidi lentement de 600 °C à 200 °C dans « l'étenderie », une arche de 140 m de longueur, afin de diminuer les tensions internes qui le fragiliseraient.



© Getty - Shutterstock / Pilkington / Alamy

### 5. Contrôle

Machines et humains traquent les défauts. Les parties où il y en a finiront en calcin.

### 6. Découpe

Le ruban refroidi est découpé en plaques. Elles seront vendues telles quelles. Ou renforcées par trempe thermique ou feuilletage. Ou encore recouvertes de couches transparentes high-tech.

# CE QUE LA SCIENCE SAIT DE L'AMOUR

Les flèches de Cupidon intriguent depuis longtemps les chercheurs. Grâce aux progrès en matière d'imagerie, qui permettent d'observer le cerveau de très près, ils commencent enfin à comprendre les effets biologiques du sentiment amoureux...

Par Maïa Wasserman

**A**mour passion, amour tendresse, amour qui, dit-on, rendrait aveugle... Alors que les artistes n'ont eu de cesse de choisir ce sujet pour le mettre en mots ou en images depuis des siècles, les scientifiques peinent. C'est un fait, l'amour est difficile à définir et à comprendre. «Il faut rester très modeste face à un sujet d'une telle complexité», confesse Francesco Bianchi-Demicheli, responsable de l'unité de médecine sexuelle et sexologie au département de psychiatrie des Hôpitaux universitaires de Genève.

## Une approche pluridisciplinaire

«L'amour a trop souvent été résumé à un concept, poursuit le chercheur. Certains le réduisent à la dopamine (voir infographie), d'autres à une émotion, d'autres encore à une addiction. Pour avancer, il faut aborder toutes ces idées avec une approche large et multidisciplinaire, qui convie à la fois psychologues, sexologues et neurobiologistes. L'amour est avant tout une fonction cognitive qui nous met en lien avec les autres et dont les effets restent encore bien mystérieux.»

Alors, que sait-on aujourd'hui? Les progrès accomplis depuis vingt ans en matière d'imagerie fonctionnelle (IRM, électroencéphalographie, tomographie...) ont permis de déchiffrer le phénomène amoureux au niveau de notre cerveau. On a ainsi découvert qu'une dizaine de régions au moins sont activées. Parmi elles, on trouve les structures sous-corticales (en dessous du cortex) qui sont liées

au ressenti du plaisir, et d'autres aires comme l'insula (un des lobes internes du cerveau), impliquées dans les émotions. Plus surprenant, l'état d'amour passionnel (correspondant aux premiers instants très intenses d'une relation) impliquerait des aires de haut niveau cognitif comme le lobe occipital, le cortex préfrontal dorso-latéral et le gyrus angulaire, qui sont des

## Des messagers chimiques au rendez-vous



Testostérone

On a tendance à croire que cette hormone est présente uniquement chez les hommes, alors qu'elle existe aussi chez les femmes, en moins grande quantité (dix fois moins). Produite par les testicules et les ovaires, elle augmente lors d'une attirance.



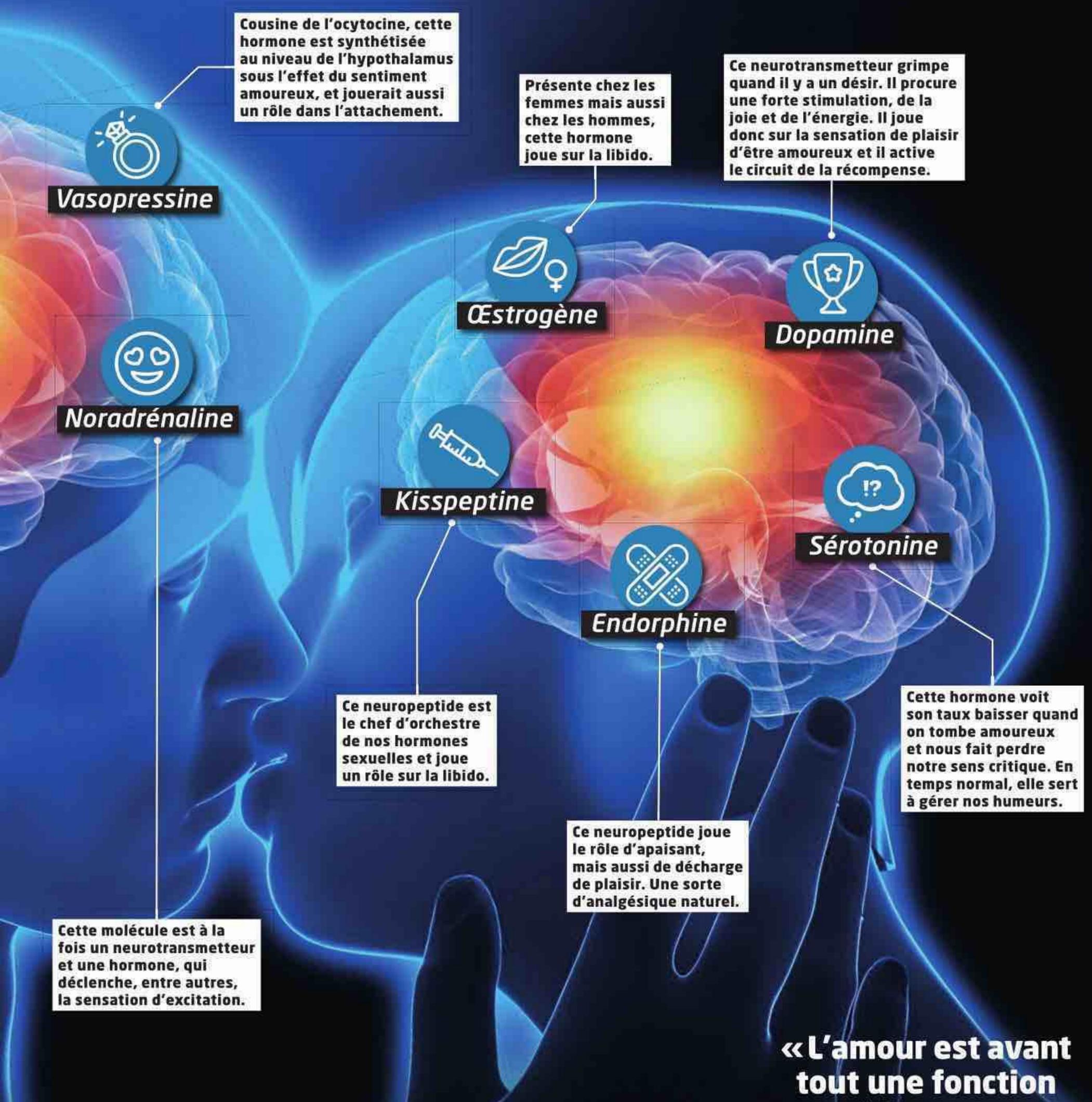
Adrénaline

Cette molécule est à la fois un neurotransmetteur et une hormone : celle des sensations fortes. Elle arrive dans le sang à la suite d'une stimulation intense, comme la peur ou... l'amour.



Ocytocine

On l'appelle souvent « l'hormone de l'amour » car elle joue un rôle dans la notion d'attachement. Cette molécule (en réalité un neuropeptide) augmente quand on est amoureux. Produite par l'hypothalamus (une partie du système nerveux central, au cœur du cerveau), elle favoriserait aussi l'amitié, l'amour des parents pour leurs enfants et l'altruisme.



zones activées dans des processus sophistiqués comme l'attention, l'image de soi, le langage et la capacité d'abstraction. Ce qui fait dire à Francesco Bianchi-Demicheli, dans un recueil collectif intitulé *De l'amour*: «Pour toutes ces raisons, l'amour doit être considéré comme une

«fonction supérieure» chez l'être humain», loin du côté primitif qu'on a parfois tendance à lui attribuer. Gros plan sur ce qui se passe au niveau biologique, dans notre cerveau et dans notre corps, lors d'une relation amoureuse.

**«L'amour est avant tout une fonction cognitive qui nous met en lien avec les autres»**

# Quand l'amour bouscule le cœur et le corps

C'est le coup de foudre: le système nerveux autonome, et plus particulièrement une de ses composantes, le système sympathique, s'active. L'adrénaline et la noradrénaline, ainsi qu'un cocktail de toutes les autres molécules (hormones, neurotransmetteurs et neuropeptides), rentrent en jeu. Le corps se met alors à se manifester sans qu'on puisse en garder le contrôle.

## Cœur palpitant

Sous l'effet d'un sentiment amoureux intense, notre cœur subit le même type d'effet qu'un stress ou une émotion forte: une montée d'adrénaline et de noradrénaline. L'impact immédiat est une accélération du rythme cardiaque.

## L'attrance à la loupe

### Qui se ressemble s'assemble...

Voilà des années que les chercheurs tentent de comprendre si notre patrimoine génétique pourrait jouer ou non dans nos attirances. Dit plus simplement, ils aimeraient savoir si l'on est attiré ou au contraire repoussé par des personnes dont l'ADN présenterait des similitudes avec le nôtre. Verdict? Cela reste un mystère. Les études, faites sur des petits effectifs, ne sont pas encore probantes sur ce sujet, quoi qu'en disent certains sites internet et applis qui tentent de proposer des rencontres en fonction de notre ADN. En revanche, une étude toute récente de chercheurs de Stanford (États-Unis) a montré en octobre dernier une homogamie des visages dans les couples, en travaillant sur 517 duos. Une physionomie proche serait donc un bon élément d'attrance. Mais cela reste encore à affiner...

## Pupilles dilatées

Amoureux en vue, les yeux ne font pas que s'écarquiller... Nos pupilles vont même se dilater. Cet effet est dû à la production d'ocytocine.

## Joues roses

Les hormones responsables de l'accélération cardiaque vont jouer sur le flux sanguin, ce qui entraîne une dilatation des vaisseaux du visage. Parfois, il y a même une marbrure au niveau du cou.

## « Papillons dans le ventre »

C'est encore un effet dû à la libération d'adrénaline, qui provoque une accélération du rythme cardiaque et du flux sanguin. Des contractions se déclenchent au niveau des muscles du ventre.

## Mains moites

Comme pendant une phase de stress, l'arrivée des hormones dans le sang surexcite les glandes sudoripares, responsables de la transpiration. On sue alors beaucoup, mais c'est sur les mains que cela devient le plus perceptible!

# 4 questions-réponses

## ● C'est quoi le coup de foudre ?



« Le coup de foudre correspond à une vraie réalité scientifique, explique Sylvie Thirion, chercheuse à l'Institut de neurosciences de la Timone (CNRS/Aix-Marseille Université). C'est l'emballement de notre système nerveux autonome à la suite d'un stimulus, comme une vision ou une odeur. En général, ce signal rappelle un souvenir de quelqu'un déjà croisé et cet état provoque des réactions du corps incontrôlables. » Plus concrètement, les scientifiques ont identifié que différentes zones de notre cerveau étaient impliquées dans ce fameux coup de foudre. Pour l'étudier, difficile d'explorer des humains en train de tomber amoureux... Une équipe de neurobiologistes à Atlanta (États-Unis) a donc travaillé en 2017 avec des petits rongeurs, les campagnols des prairies, connus pour être un bon modèle animal quand on se penche sur les rapports affectifs. Ils ont mis en évidence que la communication entre deux zones du cerveau, le cortex préfrontal (qui joue un rôle sur les émotions) et le noyau accumbens (circuit de la récompense), s'intensifiait dans pareille circonstance. Automatiquement, une décharge d'adrénaline et de noradrénaline se déclenche dans la foulée. Si en plus, il y a de la dopamine qui est produite, on fonce. Si en revanche, c'est de la sérotonine que l'on sécrète, alors on reste en retrait... malgré l'attraction déclenchée par la personne.

## ● La passion s'essouffle-t-elle toujours avec le temps ?



Une idée reçue prétend que l'amour durerait trois ans. Sur quoi repose-t-elle ? « Sur rien ! s'emporte Francesco Bianchi-Demicheli, des Hôpitaux universitaires de Genève. Il n'existe pas d'horloge pour cela. Ce déterminisme temporel ne correspond à rien. » Même son de cloche pour Sylvie Thirion, qui confirme que le sentiment amoureux évolue dans le temps. Il n'y a pas de règle. Le rythme varie suivant les couples pour passer de l'amour passion à l'amour attachement.

## ● Comment agissent les phéromones ?

Il est désormais bien identifié que ces molécules sont fabriquées et libérées par la plupart des animaux (oiseaux, insectes, mammifères...) et qu'elles ont une influence sur leur comportement sexuel et notamment sur le choix du partenaire. L'organe en jeu pour détecter ces substances chimiques s'appelle « l'organe voméronasal ». Il se situe souvent au niveau du nez ou de la bouche. Et chez l'humain ? Cet organe existe aussi à l'intérieur de notre appendice nasal, mais il n'est plus fonctionnel. Du coup, impossible pour nous de détecter les phéromones, ces substances volatiles émises par le corps des personnes de notre entourage. Des études sont en cours pour essayer de comprendre si une transmission de messages chimiques perdure néanmoins d'une manière ou d'une autre et comment elle a lieu, mais pour l'instant, rien n'est identifié. Pour Sylvie Thirion, le sens de la vue est probablement devenu celui qui joue le rôle le plus excitateur chez l'humain dans une relation amoureuse.



## ● Le syndrome du cœur brisé existe-t-il vraiment ?



Oui, il porte d'ailleurs un nom scientifique : le syndrome de Takotsubo. Il est déclenché par une situation de stress émotionnel très intense, comme la perte d'une personne aimée, qui provoque une insuffisance cardiaque. Il peut aussi survenir à la suite d'une peur ou d'une surcharge de travail. « Récemment, on a même découvert que des situations d'émotion positive intense, comme une fête ou gagner un jackpot, pouvaient provoquer de tels effets, et on les a rebaptisés le syndrome du cœur heureux », explique Jelena Ghadri, experte sur ce sujet à l'hôpital universitaire de Zurich. Les symptômes habituels sont des douleurs thoraciques et des gênes respiratoires. Parfois, les patients peuvent même aller jusqu'à la syncope, un trouble du rythme cardiaque voire un arrêt cardiaque. Mais cela reste des cas rares.

# SOUS LA COQUE D'UN BRISE-GLACE

Naviguer dans les eaux gelées de l'Arctique serait impossible sans un vaisseau capable d'ouvrir la voie à travers la banquise. Découvrez comment ce solide costaud réussit sa mission.

Par Louna Esgueva

**T**raverser les eaux glacées des régions les plus froides du globe n'est pas une mince affaire, que ce soit pour la livraison de marchandises ou pour des missions d'exploration scientifique. Les navires brise-glace ont la lourde tâche d'ouvrir des voies maritimes dans l'épaisse couche de glace flottant aux confins de l'hémisphère Nord. Pour y parvenir, ces

bateaux sont dotés d'une coque spéciale, renforcée et arrondie, qui peut tailler une fissure initiale dans la barrière de glace tel un couteau. Le navire se soulève légèrement sur la glace et la fend sous son poids en retombant. En continuant sa progression, à une vitesse d'environ 3 nœuds (5,5 km/h), le brise-glace forme progressivement un canal dans lequel les autres navires peuvent s'engager. 📍

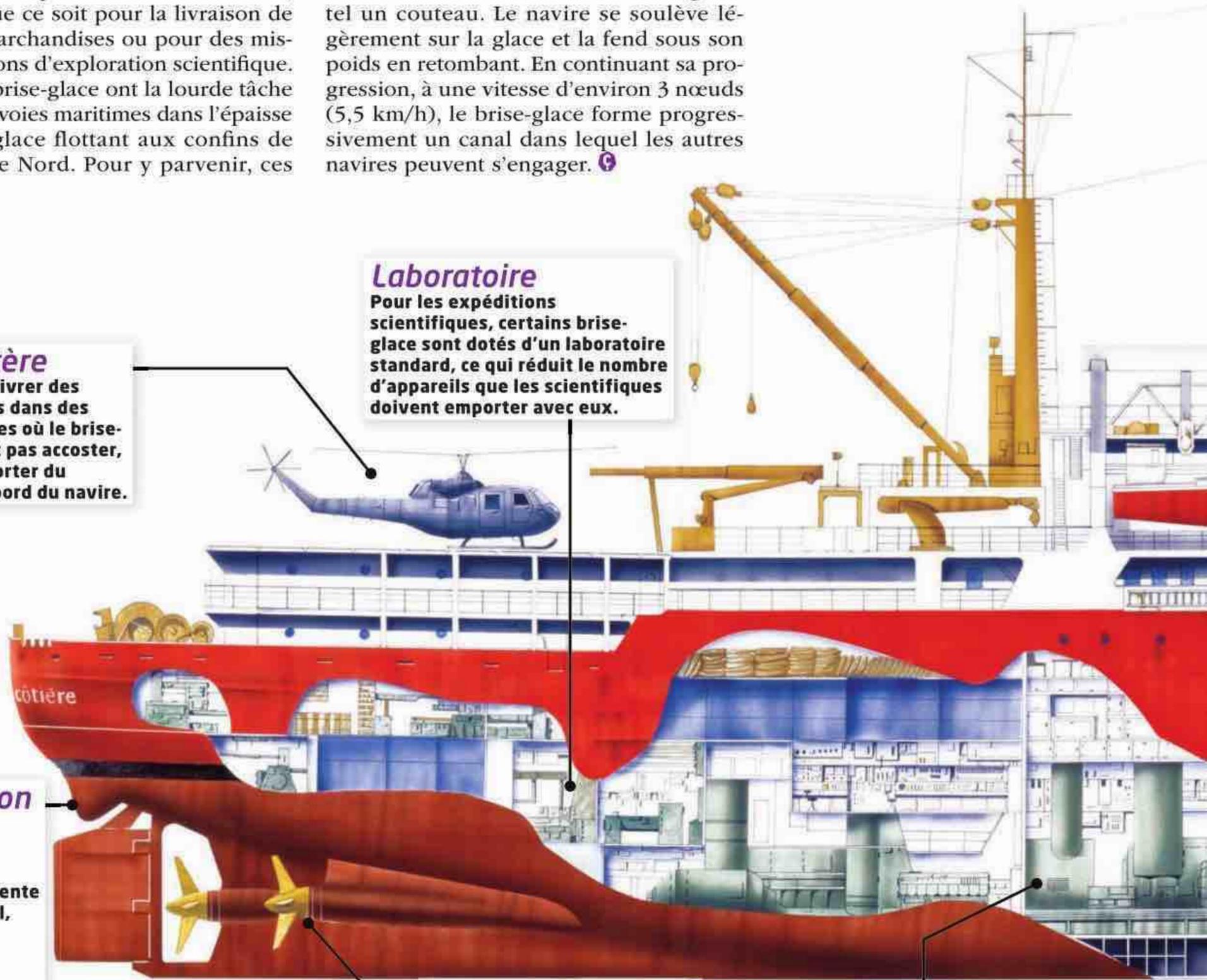
**Hélicoptère**  
Il permet de livrer des marchandises dans des régions isolées où le brise-glace ne peut pas accoster, ou de transporter du personnel à bord du navire.

**Laboratoire**  
Pour les expéditions scientifiques, certains brise-glace sont dotés d'un laboratoire standard, ce qui réduit le nombre d'appareils que les scientifiques doivent emporter avec eux.

**Protection arrière**  
Une corne renforcée de ciment, adjacente au gouvernail, protège le système de pilotage.

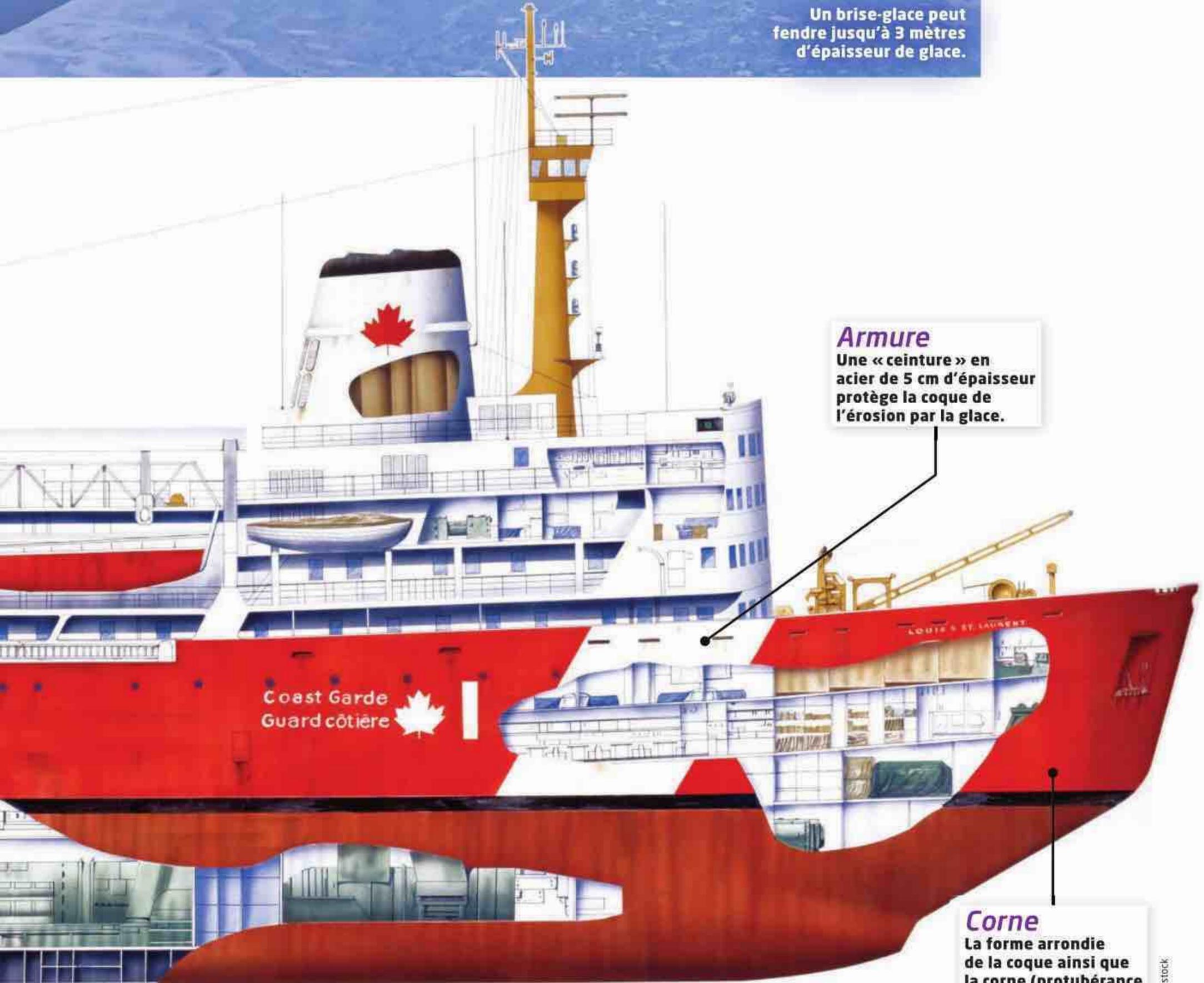
**Hélices**  
Grâce à trois hélices en acier inoxydable, le navire peut atteindre une vitesse de 17 nœuds (plus de 30 km/h) à travers la glace.

**Moteurs**  
Cinq moteurs délivrent une puissance de 8 000 chevaux - l'équivalent de 10 Ferrari environ !





Un brise-glace peut fendre jusqu'à 3 mètres d'épaisseur de glace.



### Armure

Une « ceinture » en acier de 5 cm d'épaisseur protège la coque de l'érosion par la glace.

### Corne

La forme arrondie de la coque ainsi que la corne (protubérance à l'avant) remplie de ciment permettent au navire de fendre la glace sans se briser.

© Getty / Shutterstock

# POLLUTION

## POURQUOI NOTRE ORBITE EST DEVENUE UNE DÉCHARGE

Satellites usagés, morceaux de fusées, minuscules fragments de métal... En plus de soixante ans de conquête spatiale, l'homme a laissé maints déchets derrière lui. Lesquels, gravitant sans contrôle dans l'espace, sont de véritables boulets de canon en puissance! La menace est réelle, et nettoyer notre ciel devient urgent.

Par Clara Baudel



# SPATIALE

**Environ  
130 millions de  
débris flottent  
actuellement  
en toute liberté  
au-dessus  
de nos têtes**

**S**i vous trouvez que notre planète ressemble de plus en plus à une poubelle géante, regardez un peu au-dessus de nos têtes... Près de 130 millions de débris flottent en toute liberté dans l'orbite ter-

restre (entre 160 et 36 000 km d'altitude). Des déchets de toutes sortes et de toutes tailles, qui vont du minuscule éclat de peinture au morceau de fusée, de l'outil perdu par un astronaute maladroit au satellite retraité, condamné à errer sans fin dans l'immensité spatiale...

C'est que, depuis *Sputnik 1*, le tout premier engin à avoir été mis en orbite, en octobre 1957, l'homme n'a cessé d'envoyer des objets dans l'espace. Tous n'ont pas eu le même destin que le petit satellite soviétique de 84 kg qui, une fois ses batteries épuisées, a progressivement perdu de l'altitude jusqu'à rentrer trois mois plus tard dans notre atmosphère, où il a brûlé complètement sous l'effet des frottements de l'air. Sur les 5 500 satellites actuellement en orbite (pour observer la

Terre et l'espace, mais aussi nous fournir signal télé, prévisions météo ou encore GPS), plus de la moitié ne fonctionnent plus et continuent pourtant d'orbiter sans but, entiers ou en morceaux.

## Surveillés depuis la Terre

Selon les estimations, il y aurait dans notre ciel l'équivalent d'environ 8 000 tonnes de déchets, soit 128 millions de débris mesurant entre 1 mm et 1 cm, 900 000 entre 1 et 10 cm, et 34 000 plus grands que 10 cm. Lesquels, s'ils entraînent en collision avec un satellite toujours en activité, pourraient tout bonnement signifier sa perte...

Les plus gros sont scrutés attentivement depuis la Terre, notamment par les radars du Réseau de surveillance spatiale des États-Unis, et il est possible de louvoyer pour les éviter, comme le fait régulièrement la Station spatiale internationale (voir p. 57). Les plus dangereux sont finalement ceux de taille intermédiaire (entre 1 et 10 cm) : trop petits pour pouvoir être suivis à la trace, mais assez grands pour provoquer des dégâts considérables ...

••• s'ils venaient à percuter un vaisseau spatial. Imaginez: dans l'orbite terrestre basse (entre 160 et 2000 km d'altitude), les objets voyagent à près de 30 000 km/h (8 km/s), soit dix fois plus rapidement qu'une balle de fusil. À une telle vitesse, le moindre boulon qui se détache devient une arme mortelle.

## Déjà plusieurs accidents

On pourrait être tenté de se dire que l'espace est suffisamment vaste pour que tous ces petits objets flottants, fussent-ils des millions, se croisent sans heurt... L'histoire a prouvé le contraire, à maintes reprises. Comme en juillet 1996, lorsque le mât de stabilisation du satellite militaire français *Cerise* fut tranché net par un morceau de fusée *Ariane 1* déboulant à 50 000 km/h: *game over*. Voilà pour le premier accident confirmé causé par un débris artificiel en orbite terrestre.

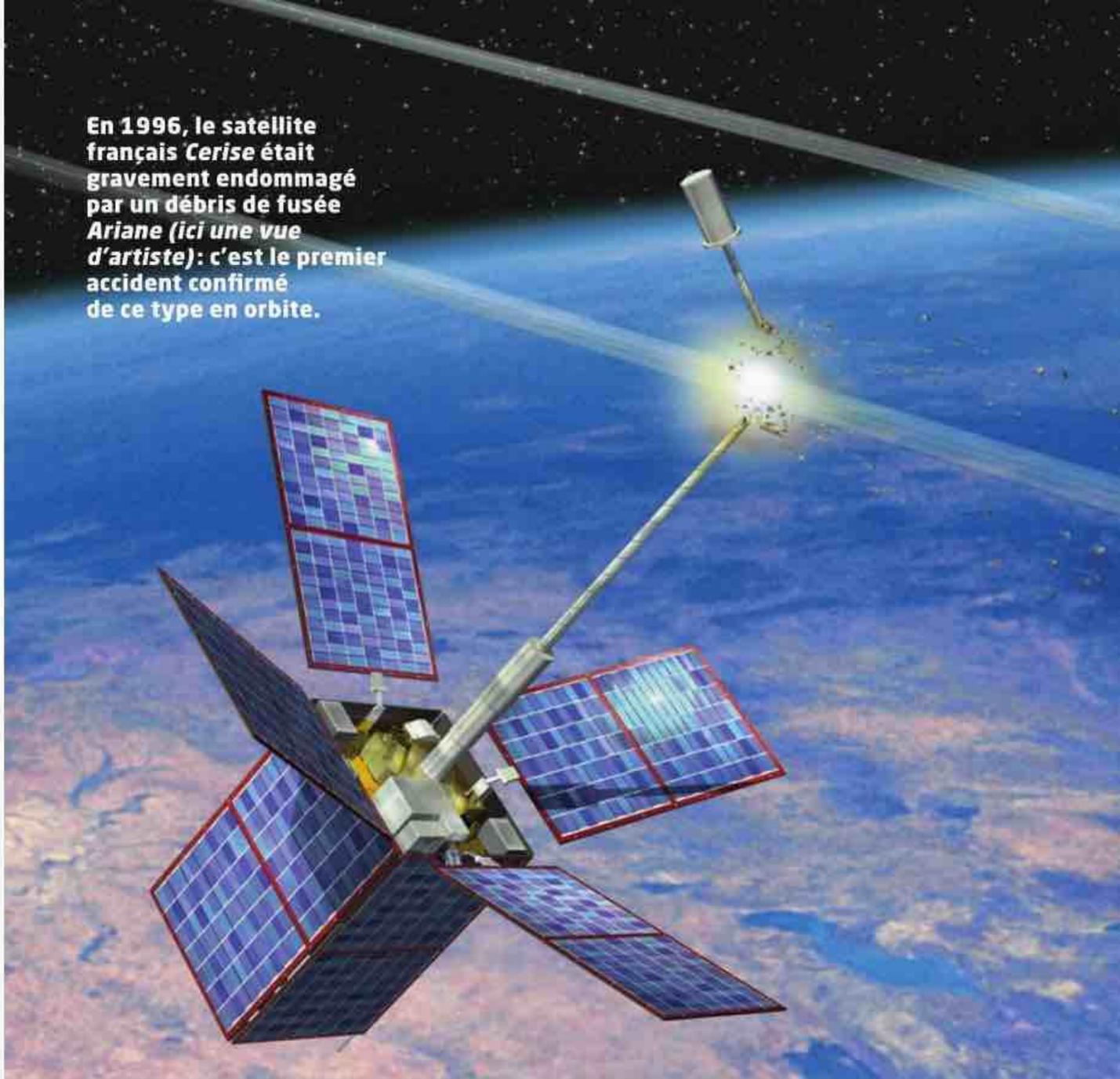
## Les satellites en fin de vie sont censés se consumer dans les vingt-cinq ans... en théorie seulement

Vingt ans plus tard, en août 2016, la production d'électricité du satellite d'observation de la Terre *Sentinel-1A* chutait drastiquement. Après enquête, on découvrit un impact de 40 cm de diamètre dans l'un de ses panneaux solaires, probablement dû à un projectile de... 0,2 g et 1 cm seulement. Entre-temps, en février 2009, le satellite de télécommunications américain *Iridium 33* se prenait de plein fouet *Kosmos-2251*, un collègue russe désactivé. Adieu, petits satellites (700 et 900 kg tout de même)... Le choc généra près de 2000 gros débris.

L'un des incidents les plus tristement célèbres aurait cependant, plus encore que les autres, pu être évité. En 2007, la Chine fit exploser avec un tir de missile son propre satellite météorologique *Fengyun-1C*, dans le but de tester son système de défense antisatellite. Rapidement, un nuage d'au moins 150 000 débris se répandit tout autour de la Terre... Et ils ne tardèrent pas à faire leur première victime: un petit satellite russe de 7 kg nommé *Blits* qui, en janvier 2013, eut le malheur d'en croiser certains sur sa route, conduisant à la fin prématurée de sa mission.

Des règles de bonne conduite ont bien été mises en place pour tenter de limiter le nombre de nouveaux déchets, mais en

En 1996, le satellite français *Cerise* était gravement endommagé par un débris de fusée *Ariane* (ici une vue d'artiste): c'est le premier accident confirmé de ce type en orbite.



L'absence de lois contraignantes à l'échelle internationale, elles restent soumises au bon vouloir des opérateurs. Les fabricants doivent par exemple s'assurer que leurs satellites se consumeront dans l'atmosphère dans les vingt-cinq années suivant la fin de leur mission. Soit en utilisant leurs moteurs pour les y faire plonger directement, soit en les plaçant sur une orbite où les frottements finiront par les désintégrer. Seulement, une étude menée en 2015 a révélé qu'un cinquième des CubeSats lancés entre 2003 et 2014, ces nanosatellites à coût réduit, pesant moins de 10 kg et envoyés par dizaines en même temps, violait déjà la règle des vingt-cinq ans... Sans compter les pannes non prévues qui empêchent de mener à bien ce « suicide » programmé.

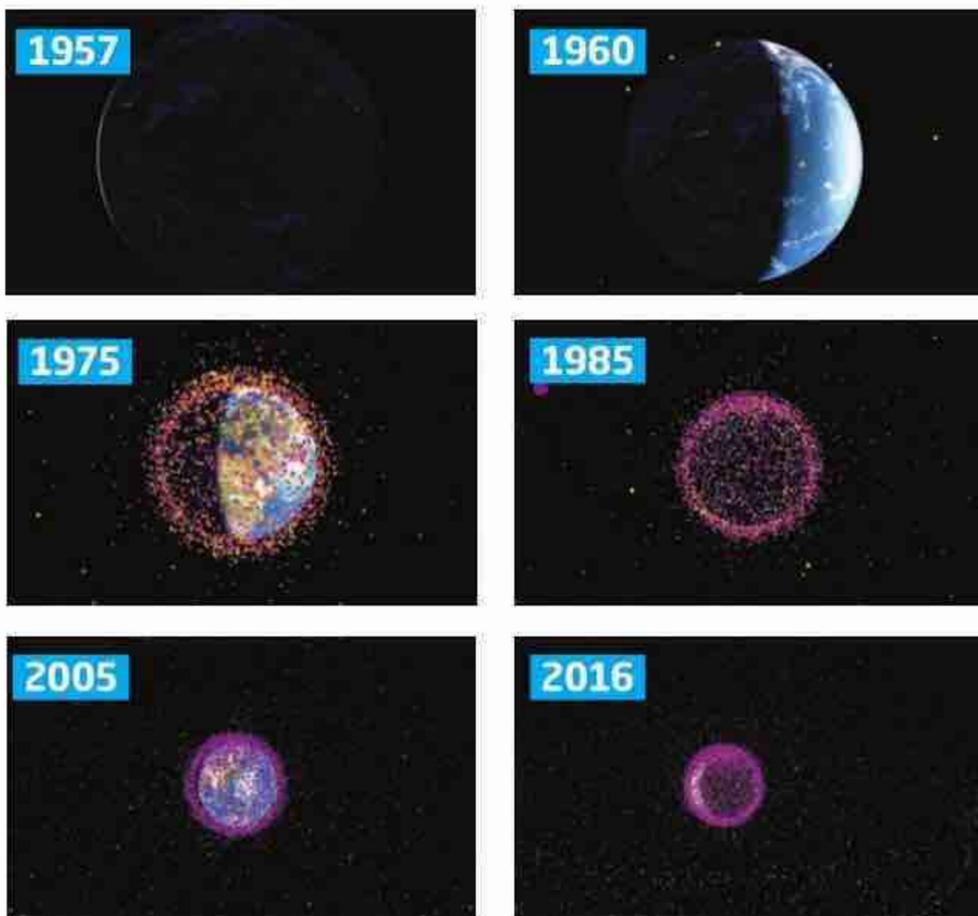
## Des catastrophes potentielles

Satellites endommagés, voire mis carrément hors service; chutes de débris sur la Terre, comme les morceaux de la station américaine Skylab en 1979 (dans une zone heureusement inhabitée du sud-ouest australien), ou comme le satellite russe *Kosmos-954* qui, victime d'un dysfonctionnement, s'écrasa dans une région isolée du Canada en janvier 1978 en y dispersant une partie de son combustible •••

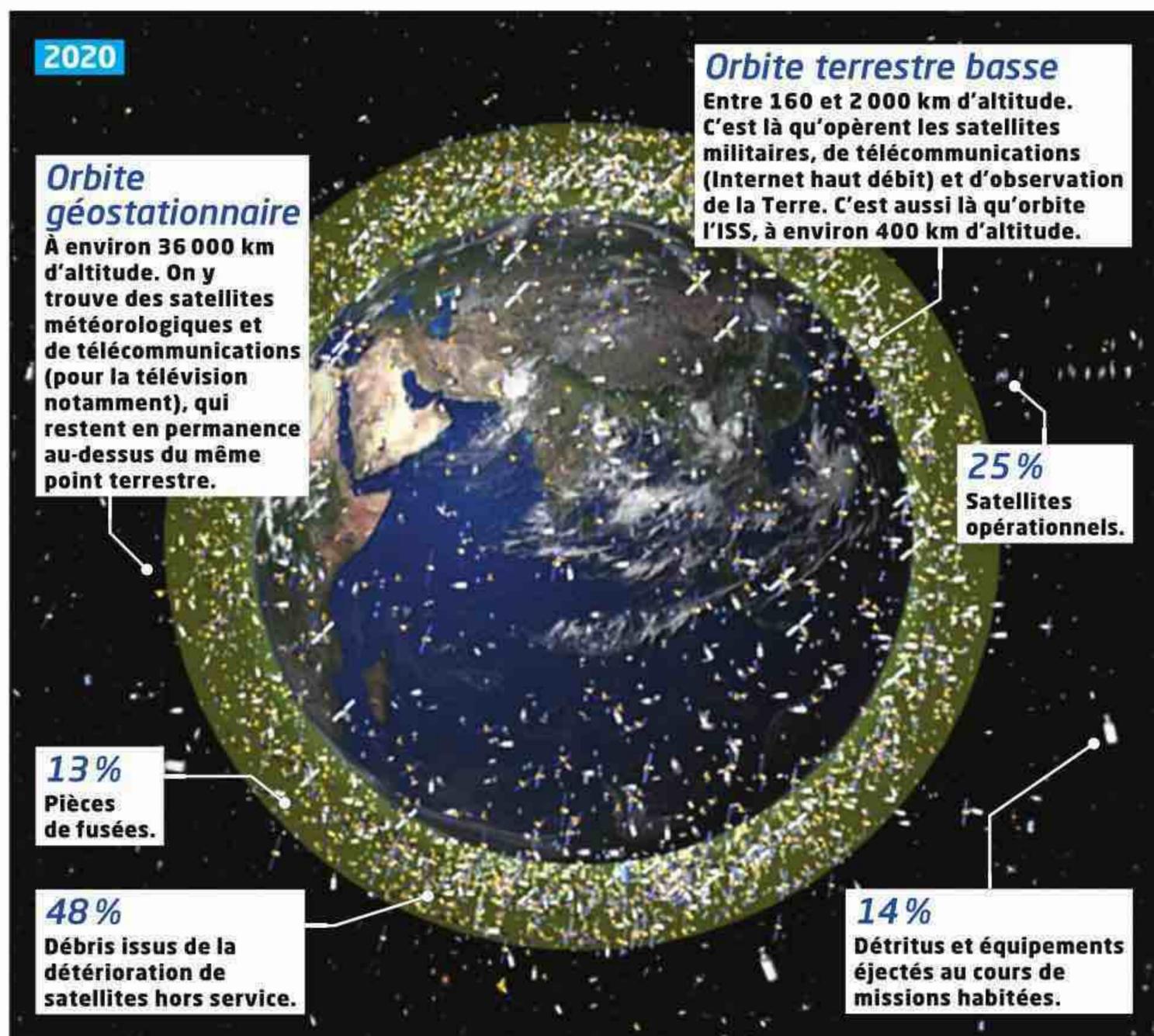


## Évolution de la quantité de débris spatiaux autour de notre planète

Cette simulation réalisée (jusqu'en 2016) par Stuart Grey, de l'université de Strathclyde (Écosse), illustre l'accumulation des débris en orbite depuis l'aube de l'ère spatiale.



Depuis *Sputnik 1*, le tout premier satellite artificiel (1957), des milliers d'objets ont été envoyés dans l'espace.



••• radioactif... Les risques sont avérés. Le pire scénario catastrophe serait ce que les spécialistes appellent le syndrome de Kessler. Imaginé dès 1978 par l'astrophysicien américain du même nom, il suppose un seuil de débris au-delà duquel se produirait inmanquablement une réaction en chaîne de collisions (chacune engendrant de nouveaux débris), ce qui rendrait certaines zones de l'espace infréquentables.

Rappelez-vous le film *Gravity*, en 2013, dans lequel George Clooney et Sandra Bullock campent deux astronautes chargés d'aller réparer le télescope spatial *Hubble*, bientôt confrontés à un nuage de débris né de la destruction d'un satellite par un missile! Un tel scénario n'est plus si improbable à l'heure où de plus en plus d'entreprises privées, dont SpaceX et Amazon, s'apprêtent à déployer en orbite basse des constellations de milliers de petits satellites pour amener Internet partout sur Terre. Au prix d'un ciel toujours plus encombré... 🌐

## Le pire scénario serait une réaction en chaîne hors de contrôle surnommée syndrome de Kessler

### Le grand ménage

## Des solutions pour nettoyer l'espace

**P**our les débris qui sont déjà en orbite, tout n'est pas perdu. Plusieurs propositions sont à l'étude pour trouver une solution permettant d'aller faire le ménage là-haut... L'Europe a récemment testé avec succès deux techniques de désorbitage grâce à *RemoveDebris*, un prototype d'une centaine de kilos lancé depuis l'ISS. Doté d'un filet de 5 m de diamètre, il a d'abord réussi à capturer un nanosatellite à 7 m de distance en septembre 2018. Avant de renouveler la performance quelques mois plus tard, en février 2019, attrapant cette fois à l'aide d'un harpon un panneau situé au bout d'une perche longue de 1,5 m. En théorie, une fois capturées, les prises doivent être rapatriées jusque dans l'atmosphère, où elles se consumeront. C'est ce que tentera de faire en 2025 *ClearSpace-1*, un autre projet financé par l'Agence spatiale européenne et mené par



une start-up suisse, qui aura pour première cible un morceau de lanceur *Vega* de 100 kg, en orbite depuis 2013. Si l'opération est un succès, le satellite-chasseur et ses quatre bras robotisés devraient ensuite s'attaquer à des déchets plus grands, voire à plusieurs en même temps. D'autres propositions (des lasers ultrapuissants pour détruire ou pousser les débris, des « toiles d'araignée » en mousse collante pour les piéger...) apparaissent pour l'heure moins réalistes.

Plusieurs entreprises privées comme SpaceX entendent déployer des constellations de milliers de minisatellites dans les prochaines années.

**RemoveDebris** est un minisatellite européen qui a permis de tester deux techniques de capture des débris spatiaux.

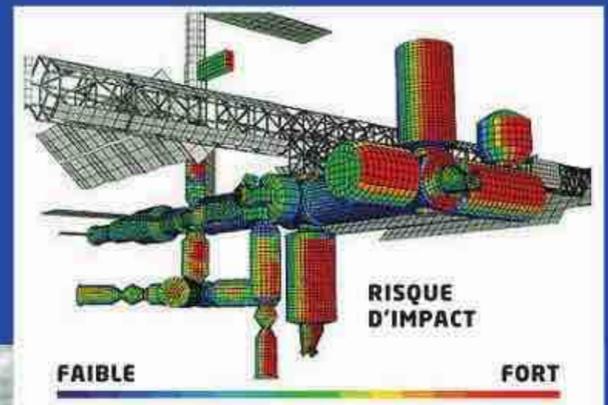


## Un équipage sur le qui-vive Comment l'ISS se protège des collisions

**A**vec ses 110 m de longueur pour 74 m de largeur, la Station spatiale internationale (ISS) est difficile à rater dans le ciel : autant dire qu'elle constitue une cible particulièrement vulnérable. Elle a d'ailleurs dû réaliser une manœuvre d'évitement le 22 septembre dernier, la troisième rien qu'en 2020. Il s'agissait dans ce cas d'esquiver un morceau de fusée japonaise qui, selon les projections de la Nasa, serait passé à moins de 1,4 km - trop près pour prendre le moindre risque. Pendant ce temps, les trois membres d'équipage se tenaient prêts à évacuer en urgence. Si cela ne s'est heureusement pas révélé

nécessaire, les alertes de ce type sont régulières : l'ISS a dû procéder à des évitements vingt-cinq fois entre 1999 et 2018. Les plus gros débris sont surveillés depuis la Terre : en cas d'alerte, la station peut être déplacée de quelques kilomètres en hauteur à l'aide de propulseurs. Si le débris est repéré trop tard, ou passe trop près, les astronautes ont pour consigne de s'installer dans les deux capsules *Soyouz* arrimées en permanence à la station. Cette évacuation partielle s'est déjà produite au moins quatre fois, en 2009, 2011, 2012 et 2015. D'autres

protocoles d'urgence sont prévus pour les débris plus petits ou les micrométéorites. En 2016, l'astronaute britannique Tim Peake a remarqué qu'un hublot de la coupole d'observation de l'ISS présentait un impact de 7 mm de diamètre, probablement causé par un fragment de métal de quelques micromètres seulement. Si cet incident n'a pas menacé la station, équipée d'un solide quadruple vitrage, il rappelle que le risque est bien réel.



### Capsules Soyouz

En cas d'impact non évitable, ces deux vaisseaux de trois places chacun doivent ramener l'équipage sain et sauf sur Terre.

### Véhicule ATV

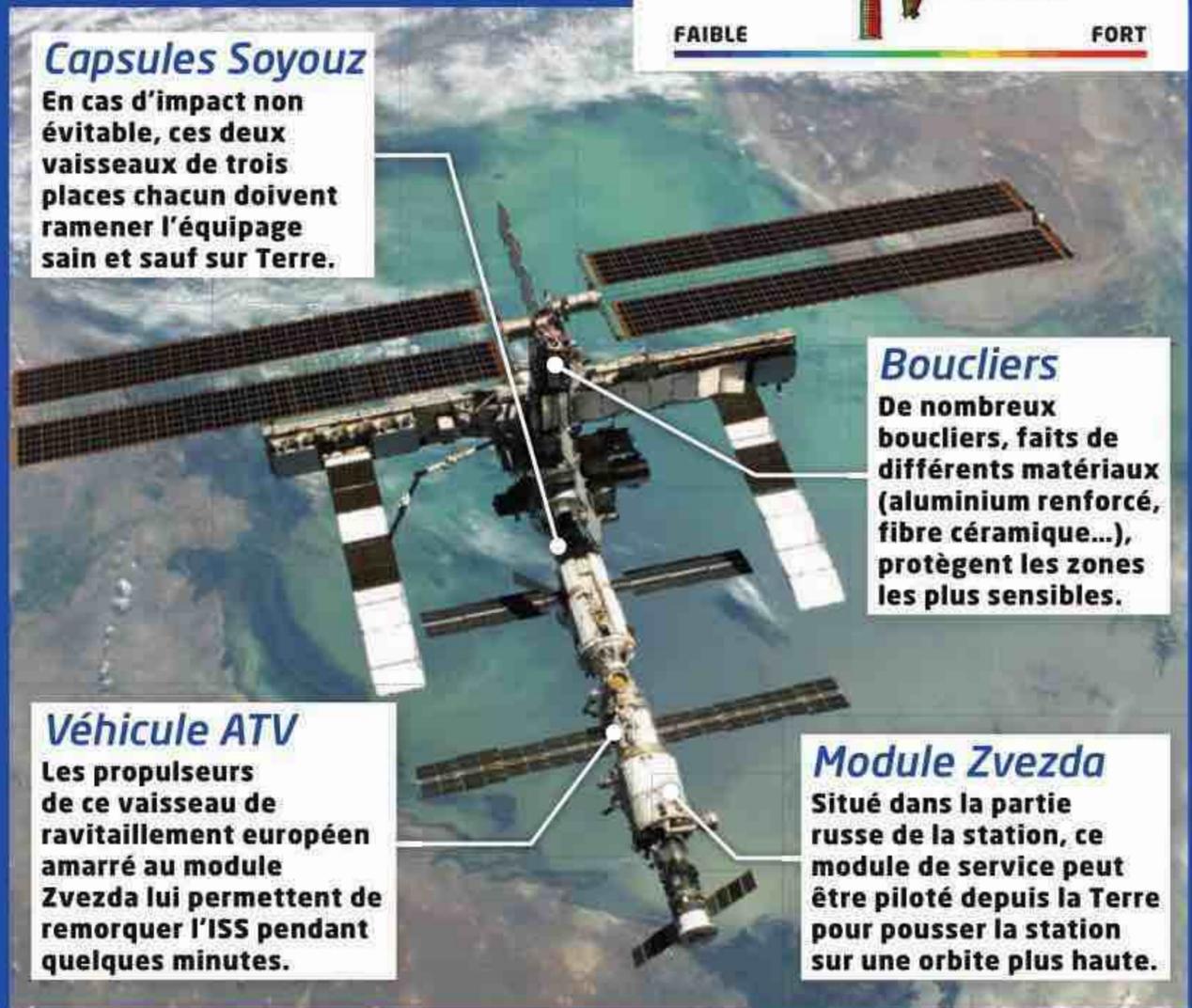
Les propulseurs de ce vaisseau de ravitaillement européen amarré au module Zvezda lui permettent de remorquer l'ISS pendant quelques minutes.

### Boucliers

De nombreux boucliers, faits de différents matériaux (aluminium renforcé, fibre céramique...), protègent les zones les plus sensibles.

### Module Zvezda

Situé dans la partie russe de la station, ce module de service peut être piloté depuis la Terre pour pousser la station sur une orbite plus haute.



# Perdus dans L'ESPACE

## 1 boîte à outils

échappée des mains de l'Américaine Heidemarie Stefanyshyn-Piper en plein atelier de réparation sur une antenne solaire de l'ISS, le 18 novembre 2008



## 1 appareil photo

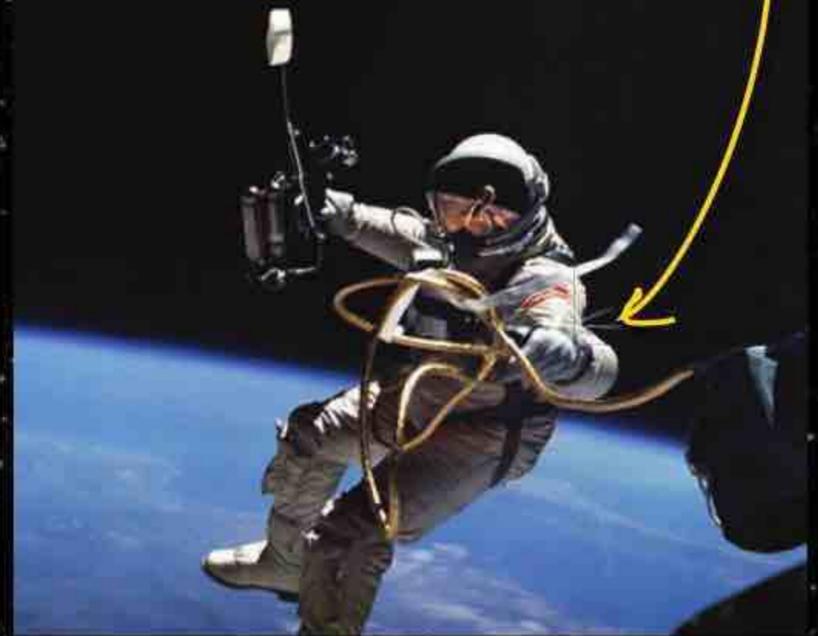
accidentellement décroché de son support pendant une sortie de l'Américaine Sunita Williams, le 16 décembre 2006, au cours d'une mission de la navette Discovery

## 1 spatule

servant à étaler une sorte de colle testée pour réparer les tuiles endommagées du bouclier thermique de la navette Discovery, perdue par l'Américain Piers Sellers le 12 juillet 2006

## 1 gant

égaré durant la mission Gemini 4 par Ed White, le premier Américain à avoir réalisé une sortie extravéhiculaire, le 3 juin 1965 (il s'est depuis désintégré dans notre atmosphère)



## 1 petit miroir

qui s'est détaché du poignet de l'Américain Christopher Cassidy, sorti changer une batterie de l'ISS, le 26 juin 2020

## 480 millions d'aiguilles de cuivre

envoyées en 1963 dans le cadre du projet américain West Ford afin de fabriquer, à plus de 3 500 km d'altitude, une sorte de ceinture de minuscules antennes entourant la Terre qui garantirait la qualité des communications radio (le projet a avorté et la plupart des aiguilles ont brûlé dans l'atmosphère, mais certaines sont restées bloquées en orbite)

## 200 sacs poubelles

éjectés par les cosmonautes de la station russe Mir entre 1986 et 2001

## 1 grande couverture blanche

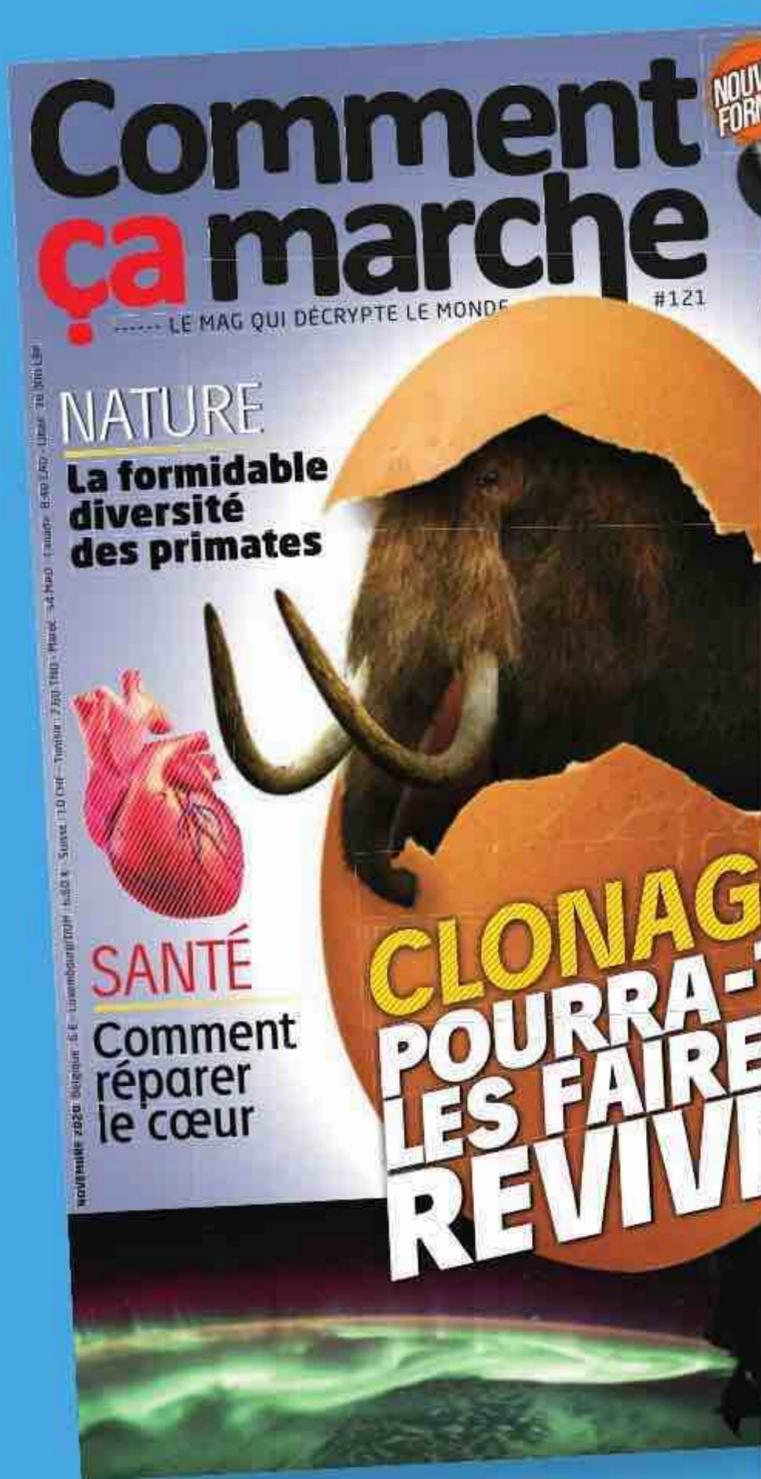
destinée à protéger une partie de l'ISS contre les micrométéorites et les températures extrêmes, lâchée par mégarde par les Américains Shane Kimbrough et Peggy Whitson le 30 mars 2017

## Gene Roddenberry



ou en tout cas, une partie des cendres du scénariste et producteur américain, créateur de *Star Trek*, qui, conformément à ses dernières volontés, fut envoyée dans l'espace après sa mort en 1991

NE RATEZ PLUS AUCUN NUMÉRO  
ABONNEZ-VOUS !



à partir de  
**45 €**  
par an

AVEC VOTRE CODE PROMO



**CCM21**

RETROUVEZ LES OFFRES D'ABONNEMENT SUR [FLEURUSPRESSE.COM](http://FLEURUSPRESSE.COM)

# COMMENT L'ISS COMMUNIQUE AVEC LA TERRE

Garder le contact avec les équipes restées sur Terre quand on orbite tout autour à près de 30 000 km/h... Une prouesse technologique relevée haut la main!

Par Louna Esgueva

Lorsque nous téléphonons dans le train, nous sommes soumis aux caprices de la couverture réseau sur le trajet. Le signal basculant d'une antenne-relais à une autre, il arrive que nous soyons coupés au milieu d'un appel... Agaçant, n'est-ce pas? Maintenant, imaginez-vous en orbite autour de la Terre à plus de 27 500 km/h. Là où une perte de communication peut faire la différence entre la vie... et la mort. Pour les astronautes séjournant à bord de la Station spatiale internationale (ISS), à environ 400 km d'altitude, un contact régulier et fiable avec le centre de contrôle est essentiel. Le problème, c'est que les signaux ne peuvent pas être échangés via un seul émetteur-récepteur sur Terre. Les ondes radio ne traversant pas la planète, l'ISS se verrait privée de communications durant une bonne partie de son orbite de quatre-vingt-dix minutes, chaque fois qu'elle passerait de l'autre côté de la planète.

## Sept satellites-relais en orbite

La Nasa a donc déployé un réseau de sept satellites positionnés à 36 000 km d'altitude, tout autour du globe. Ces satellites sont en orbite géosynchrone, c'est-à-dire qu'ils tournent dans le même sens que la Terre, en même temps que celle-ci tourne sur elle-même. Résultat, ils restent chacun au-dessus d'un point fixe de la surface terrestre. Lorsque les astronautes doivent contacter les équipes sur Terre, leurs signaux sont envoyés au satellite le plus proche. Celui-ci transmet alors le signal à la station au sol juste en dessous de lui, d'où il peut être relayé au centre de contrôle. Ainsi, pas de risque que les communications soient coupées! 📶

TÉLESCOPE SPATIAL HUBBLE  
600 km d'altitude



## 5. Le TDRSS permet également de communiquer avec d'autres missions

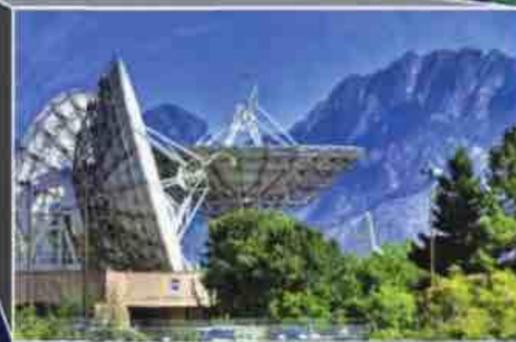
Les satellites-relais de la Nasa facilitent aussi les communications et le transfert de données vers et depuis d'autres missions en orbite terrestre basse (comme *Hubble*), ainsi que vers et depuis des bases éloignées (comme la station de recherche Amundsen-Scott, au pôle Sud).

## 3. Il est reçu par le centre de contrôle...

La station au sol envoie le signal au centre de contrôle auquel il est destiné, ici le centre White Sands, dans le désert du Nouveau-Mexique, aux États-Unis.

## 4. ... lequel peut aussi contacter l'ISS

Lorsque les équipes restées sur Terre veulent contacter la station spatiale, le processus fonctionne en sens inverse. Les signaux sont envoyés aux stations au sol, d'où ils sont transmis à un satellite du TDRSS qui les relaie à l'ISS.



CENTRE DE CONTRÔLE  
White Sands (États-Unis)

SATELLITE DU TDRSS  
36 000 km d'altitude

### 1. Les astronautes veulent contacter la Terre

Lorsque les membres de l'équipage à bord de l'ISS ont besoin d'entrer en communication avec le centre de contrôle de la mission, ils envoient un message sous forme d'ondes radio à l'un des sept satellites du réseau TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System), celui dont ils sont le plus proches à cet instant précis.

### 2. Le message est envoyé sur Terre

Après avoir réceptionné le message de l'ISS, le satellite-relais le transmet à la station au sol située en dessous de lui.

STATION SPATIALE  
INTERNATIONALE (ISS)  
400 km d'altitude

# L'ÉPINEUSE QUESTION DU CLONAGE HUMAIN



En théorie, nos scientifiques sont capables de copier les cellules de n'importe quel être vivant... y compris les nôtres! Mais la faible espérance de vie des clones et le débat éthique autour de cette pratique les retiennent, pour l'heure, d'explorer cette voie.

Par Victoria Milhomme

---

**Q**ui n'a jamais rêvé d'avoir un clone? Un double pour effectuer les tâches pénibles, une réserve d'organes en cas d'accident et même, plus fou, une relève assurée après sa mort... Fou, mais pas impossible: si quelqu'un se mettait en tête de cloner un humain, que ce soit par ambition néo-esclavagiste ou désir de vie éternelle, l'opération serait techniquement réalisable.

En effet, la reproduction à l'identique d'un animal relève d'un processus complexe, mais maîtrisé depuis quelques décennies déjà. Premier mammifère cloné, la brebis Dolly fait la une des médias quand, après 276 essais, elle voit le jour le 5 juillet 1996 à l'Institut Roslin, à Édimbourg (Royaume-Uni). Les biologistes Keith Campbell et Ian Wilmut utilisent alors une technique qui fera date: le transfert de noyau de cellule somatique, qui consiste à prélever le noyau d'une cellule du corps (différenciée mais non sexuelle) pour l'implanter dans un ovocyte énucléé (une cellule sexuelle femelle dont on a enlevé le noyau). La fusion crée une cellule-œuf capable de se développer en embryon.

### Souris, moutons, vaches...

Depuis ont été clonés souris, moutons, vaches, lapins, chats, cochons (*voir chronologie*)... et même, en 2017 en Chine, deux macaques! La naissance de Zhong Zhong et Hua Hua, avec lesquels nous

**La brebis Dolly, souffrant d'une maladie respiratoire liée à l'âge, est morte à 6 ans**



Nés en 2017 en Chine, les macaques Zhong Zhong et Hua Hua sont les animaux les plus proches de l'humain jamais clonés.

partageons 93% de gènes, déchaîne les passions. La question se pose, entre horreur et fascination: à quand le clonage humain? La technique est encore loin de pouvoir garantir la santé d'un clone. Dolly est morte à 6 ans seulement, euthanasiée car elle souffrait d'une maladie respiratoire liée à l'âge. Ce vieillissement prématuré pourrait venir d'une partie de ses chromosomes, les télomères. Pour comprendre ce phénomène, il faut rappeler que chaque être vivant se développe selon un programme génétique écrit en langage

biologique, l'ADN (acide désoxyribonucléique). Cette molécule extrêmement longue est nichée à l'intérieur du noyau des cellules, compactée en 23 paires de petits blocs ultradenses, les chromosomes.

### Des chromosomes « rognés »

Quand une cellule se divise en deux (ce qui se produit massivement durant le développement embryonnaire et la croissance, puis se poursuit toute la vie), l'intégralité de l'ADN est copié. Mais ...

## 70 ans de recherches sur le clonage

1952

Les scientifiques américains Robert Briggs et Thomas King implantent le noyau d'une cellule de grenouille embryonnaire dans un ovule énucléé.

1996

Dolly la brebis est le premier mammifère cloné à partir d'une cellule adulte.



1998

Le docteur Yanagimachi, de l'université de Hawaï (États-Unis), clone des souris sur plusieurs générations, créant ainsi des clones de clones.

1998

Marguerite, première vache clonée, voit le jour en France dans une ferme de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra).

••• à chaque copie, les chromosomes sont rognés à leurs extrémités... Pour qu'aucune information ne soit perdue, ils sont équipés de télomères, des sortes de protections qui ne codent pour rien (elles ne sont pas traduites en protéines), ajoutées au bout du chromosome. Les télomères s'usent jusqu'à disparaître et la cellule arrête alors de se diviser: elle meurt. Cependant, le lien avec le vieillissement de l'organisme est encore à l'étude et on ne comprend toujours pas bien le problème des télomères dans le clonage. Chez les souris clonées, ils sont trop longs, avec à la clé des cellules immortelles... mais cancéreuses.



Pour cloner une cellule, on transfère son noyau vers une autre cellule énucléée.

### Atteinte à la dignité humaine

Même quand ces blocages techniques seront dépassés, le clonage humain reproductif (qui permet de créer un individu sans reproduction sexuée, en copiant un ADN parent) heurtera toujours

l'éthique. Car le vrai problème de cette technologie, c'est qu'elle bafoue des principes moraux fondamentaux. La dignité de la personne humaine clonée serait en effet atteinte dans la mesure où elle serait traitée en objet, avec une identité génétique non aléatoire, mais déterminée par d'autres. L'identité génétique ne se

restreint d'ailleurs pas à l'ADN du noyau des cellules: les mitochondries (usines énergétiques de la cellule, héritées du cytoplasme de l'ovocyte) en contiennent également. Le clone n'est donc pas exactement la copie de l'«original».

La loi française interdit pour l'heure tout clonage humain (voir ci-contre), y compris celui à but thérapeutique, qui consiste à dériver des cellules souches embryonnaires (CSE) obtenues par transfert de noyau. Il n'est pas question de mener un embryon à terme, mais de créer une cellule-œuf identique à un original désiré en plus grande quantité (tissu pour une greffe, par exemple), puis de la stimuler en mimant les conditions d'une fécondation afin d'initier les divisions cellulaires. Au bout de cinq jours, l'œuf devient un amas de 64 à 100 cellules, un blastocyste, dans la masse interne duquel sont prélevées les CSE. Le statut de l'embryon – sujet ou objet – est flou, c'est une question brûlante et violemment débattue... Le bébé clone humain n'est pas né. ☹

### International

### Que dit la loi ?

Aucun pays n'autorise, pour l'heure, le clonage reproductif humain, mais un flou législatif existe quand rien ne l'interdit. L'ONU a adopté en 2005 la Déclaration des Nations unies sur le clonage des êtres humains, qui exhorte, de façon non contraignante, les États membres à interdire toute forme de clonage d'êtres humains. Le Parlement européen le condamne, le considérant comme une atteinte aux droits de l'homme. En France, où il est vu comme une forme d'eugénisme positif (contrôle des naissances visant à favoriser certains critères), c'est un crime passible



de réclusion à perpétuité et d'une amende de 7,5 millions d'euros. Quant au clonage thérapeutique, les législations varient suivant la réglementation de la recherche sur les embryons. Il est interdit en France et en Allemagne, mais autorisé en Belgique, en Angleterre et dans certains États des États-Unis (qui l'interdisent dans le domaine public, mais ne précisent rien pour le privé).

**En France, tout clonage humain est interdit, y compris à but thérapeutique**

**2000**  
Cinq cochons clonés naissent à Blacksburg, en Virginie (États-Unis).

**2001**  
Au Texas (États-Unis) est cloné le chat CC.

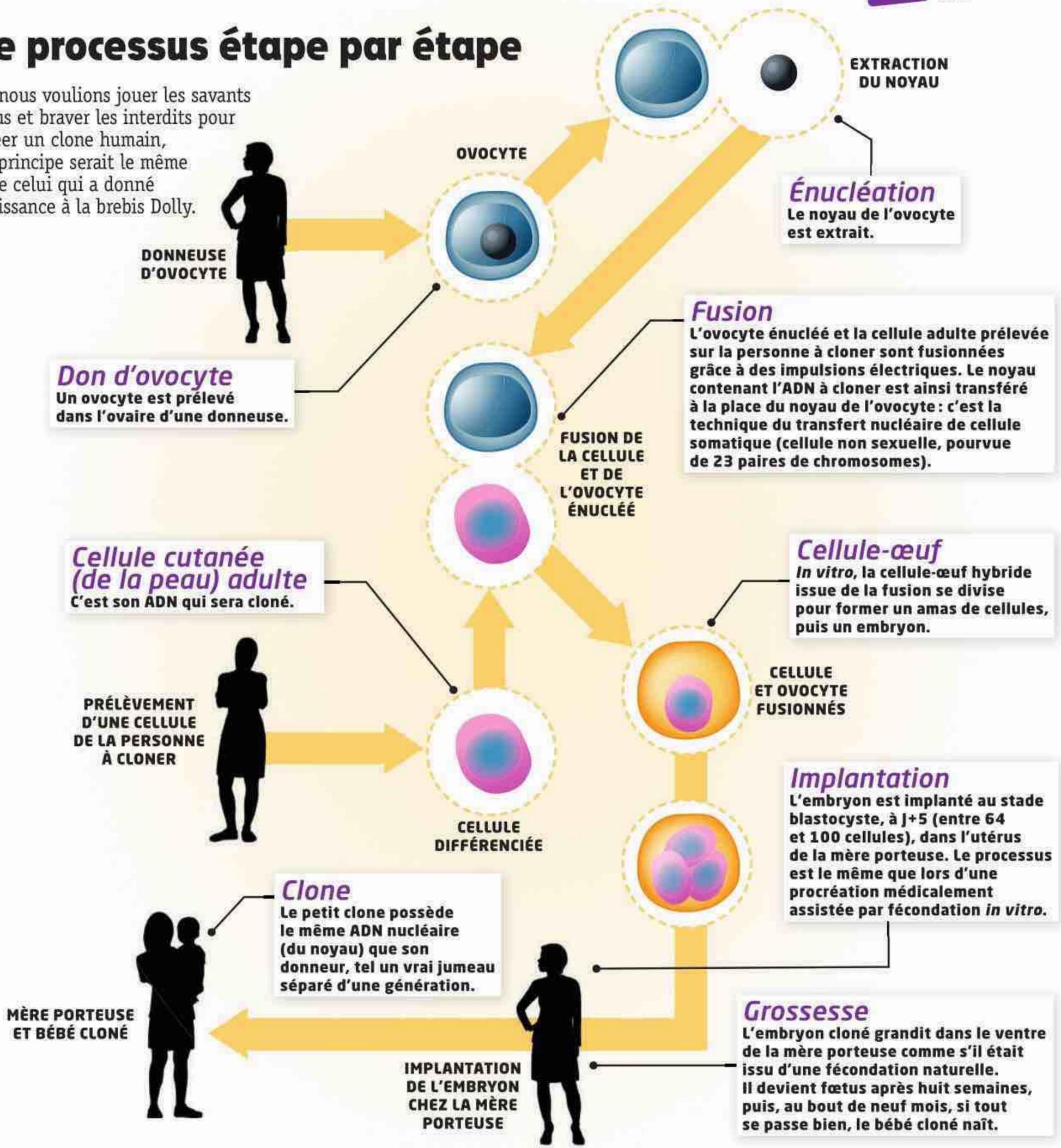


**2001**  
La société de biotechnologie Advanced Cell Technologies (Massachusetts, États-Unis) clone six cellules humaines dans un objectif thérapeutique.

**2002**  
Ralph, premier rat cloné, naît en France, à l'Inra de Jouy-en-Josas (Yvelines).

# Le processus étape par étape

Si nous voulions jouer les savants fous et braver les interdits pour créer un clone humain, le principe serait le même que celui qui a donné naissance à la brebis Dolly.



**2003**  
Dolly est euthanasiée, malade, à 6 ans et demi seulement, soit la moitié de la vie d'une brebis normale.

**2005**  
Le premier chien cloné naît en Corée du Sud; il s'agit d'un lévrier afghan nommé Snuppy.



**2013**  
Shoukhrat Mitalipov clone des cellules de peau humaine aux États-Unis.

**2017**  
Les macaques Zhong Zhong et Hua Hua naissent à l'Institut de neuroscience de Shanghai (Chine).

# La cabine qui fait suer les

Dans cet espace d'entraînement chauffé à 40°C, on peut améliorer ses performances, habituer son corps à la chaleur ou travailler sa rééducation post-traumatique.

Par Sophie Noucher



Vélo, tapis de course, punching ball, rameur, sangles de suspension... La cabine peut intégrer des équipements variés.



C'est une chambre particulière: on fait tout sauf s'y reposer! La Thermo Training Room est une cabine de sport où la température peut être maintenue entre 36 et 42°C. Pourquoi s'entraîner dans une telle fournaise? «Parce que la chaleur induit des adaptations physiologiques, explique son co-concepteur, Vincent Leclerc, 50 ans. Avec un entraînement adapté, elle favorise le renforcement musculaire et augmente les capacités respiratoires.» Son associé, Christophe Keller, est coach comme lui. Ensemble, ils ont eu l'idée de tester différents systèmes

## Yohann Diniz, 42 ans,

### CV en bref

**2006, 2010, 2014:** il remporte les titres de champion d'Europe du 50 km marche; la dernière année, il bat le record du monde en 3 h 32 min 33 s

**2017:** il est sacré champion du monde du 50 km marche à Londres; il perd son titre à Doha (Qatar) deux ans plus tard

**2020-2021:** il prépare les jeux Olympiques de Tokyo, prévus à l'été 2021 [en fonction de l'évolution des conditions sanitaires]

**6 à 18 m<sup>2</sup>**  
Surface de la cabine, qui peut accueillir 2 à 6 personnes

# sportifs

## LE CONCEPT

de chauffage, dès 2013. L'objectif? Optimiser les séances. «En trente minutes à 40 °C, on obtient les bénéfices d'une heure d'entraînement ordinaire», assure Vincent.

### Des professionnels conquis

Dans son garage à Nice, où il vit à l'époque, les deux associés installent tout d'abord des radiateurs classiques. Mais ceux-ci consomment trop d'électricité et les deux associés se heurtent en plus au problème de l'assèchement de l'air. Ils découvrent alors le chauffage par rayonnement infrarouge lointain, utilisé en maternité pour réchauffer les nouveau-nés. «Le corps reçoit 80%

de la chaleur et l'air 20%. On respire normalement avec un taux d'humidité qui se maintient grâce à la respiration et la transpiration du sportif.»

Le premier prototype, unique au monde, intéresse l'Insep (Institut national du sport, de l'expertise et de la performance) qui acquiert une cabine pour son centre parisien. D'autres professionnels lui emboîtent le pas, comme le PSG ou le Creps (Centre régional d'éducation physique et sportive) d'Antibes. Dans la cabine, les sportifs de haut niveau, comme les boxeurs Tony Yoka et Estelle Mossely, ou la judoka Clarisse Agbegnenou, travaillent sur des tapis de course, des vélos ou des rameurs. Mais la cabine, vendue

à Paris, peut être utile également aux centres de soins post-traumatiques, «car la chaleur favorise la rééducation par l'assouplissement de la chaîne musculaire», ajoute Vincent Leclerc. Trois centres paramédicaux de Rennes s'en sont déjà équipés. A contrario, l'utilisation est déconseillée aux personnes souffrant de problèmes cardiaques ou d'insuffisance veineuse.

Pour les amateurs en bonne santé qui souhaitent s'améliorer, se détoxifier ou perdre du poids, on la trouve dans des centres sportifs à Reims, Paris, Marseille... Comptez autour de 35 € la séance, selon les clubs. L'entraînement peut se faire en musique ou en visionnant une série sur un écran connecté. 

## L'INTERVIEW

### recordman du monde du 50 km marche

**Comment ça marche: Un marcheur comme vous a besoin d'espace pour s'entraîner. Pourquoi utilisez-vous la cabine?**

**Yohann Diniz:** Lors des championnats du monde de 2019 à Doha, au Qatar, j'ai dû abandonner au bout de 16 km car la chaleur et le taux d'humidité étaient insupportables. J'avais l'impression de marcher dans un hammam! J'ai préféré me préserver pour les jeux Olympiques de cet été, à Tokyo. Et cette fois, je serai prêt à

marcher par plus de 35°C, notamment grâce à la cabine qui reproduit les conditions que je connaîtrai là-bas.

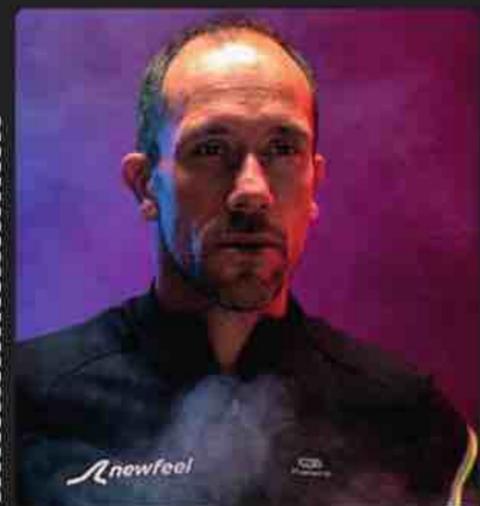
**CCM: Comment vous entraînez-vous?**

**Y.D.:** Toutes les six semaines et pendant dix jours, je marche sur un tapis roulant durant une heure à une heure et demie avec une température réglée sur 36 °C et un taux d'humidité de 90% (grâce à un humidificateur). Mon équipe prend des mesures pour connaître mon taux

d'hydratation, évaluer l'évacuation des toxines... Au fil des jours, mon corps s'habitue. Mais je marche aussi en extérieur bien sûr, et je fais de la musculation.

**CCM: Êtes-vous confiant pour les J.O. prévus fin juillet au Japon?**

**Y.D.:** Je serai bien préparé et j'espère jouer les premiers rôles! En plus de l'entraînement dans la cabine, j'ai modifié mon alimentation, je bois par exemple plus de bouillons qui fournissent minéraux et



oligo-éléments. Mon équipe a par ailleurs mis au point des casquettes ou tours de poignets qui renferment des pains de glace à changer lors des ravitaillements.

© Thermo Training Room

## LES CHIFFRES

Il faut compter environ  
**25 000 €**  
pour acquérir une cabine

**40 cabines**  
ont été installées jusqu'à présent,  
en France et au Luxembourg

# 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**



## Handpresso, la machine à café nomade

Un espresso sorti d'une mallette, ça change du mug de thé! Cette machine fonctionne comme une pompe à vélo en produisant une pression de 16 bars qui permet de réaliser des espressos ou des cafés courts ou longs, avec du café moulu ou des dosettes selon les modèles. Elle fonctionne sans piles, mais nécessite que vous ayez avec vous un thermos d'eau à 90 °C.

Équipée d'un manomètre et de porte-filtres pour café moulu ou dosettes.

La mallette Outdoor contient la machine, un thermos assorti, quatre tasses

incassables et des filets pour ranger sucre et dosettes.

De 79 à 119 € selon les modèles.

[www.handpresso.com](http://www.handpresso.com)



## Hygios, la mousse désinfectante naturelle

Pour les peaux sensibles ou celle des bébés, cette mousse est la version douce du gel hydroalcoolique. Sèche, sans odeur et sans rinçage, elle est formulée avec 100% d'ingrédients d'origine végétale et minérale qui éliminent autant de bactéries, mais elle contient en plus des agents hydratants.

Sans alcool, ni parfum ni allergène. Chaque pression délivre la quantité suffisante pour un lavage de mains. Disponible en flacon de 50 ml (format poche, 3,30 €). Rechargeable (recharges de 250 ml, 10,50 €). [www.hygios.com](http://www.hygios.com)



## Snowfeet, des patins pour skier

Ces « skiskates » qui se clipsent aux chaussures permettent de glisser sur la neige avec des mouvements de patinage, mais aussi de dévaler les pistes de ski alpin ou de faire du ski de fond. Ou comment s'adonner aux joies de la neige avec un minimum de matériel, à glisser dans le sac!

Taille unique, réglables du 38 au 47. Adaptables sur chaussures de neige, de randonnée ou baskets (imperméables)  
Couleur de la semelle : noir, rouge ou bleu. Matériau : fibre de verre. Environ 125 €. [www.snowfeetstore.com](http://www.snowfeetstore.com)



## Les cartouches rechargeables, plus écologiques que celles mises au recyclage

Canon, Epson, HP... Autant de marques d'imprimantes qui peuvent accueillir des cartouches rechargeables. Ce sont des modèles munis de bouchons et rechargeables à volonté – une puce se réinitialisant à chaque chargement. Contrairement au recyclage, qui, lui, n'est possible qu'un nombre de fois limité.

Plusieurs types d'encre au choix, livrés avec un kit de remplissage (dont une seringue). De 19,90 € à 34,90 € pour 5 cartouches vides, selon le modèle de l'imprimante. Pour le premier achat de cartouches pré-remplies, comptez 24,90 € à 59,90 €. [www.cartouche-ecologique.fr](http://www.cartouche-ecologique.fr)

## Panda-guide, le tour de cou qui analyse l'environnement

Pour les personnes malvoyantes qui n'ont pas toujours de chien, la canne peut être enrichie d'un tour de cou nommé Panda qui prévient de la présence de trous ou d'obstacles au-delà d'un mètre, grâce à une caméra qui s'ajuste automatiquement sur 90°. Des coussinets vibrent alors, à gauche ou à droite du casque, indiquant à l'utilisateur le côté où prêter attention.

Longueur : 180 mm, largeur : 170 mm, hauteur : 30 mm.  
Poids : 360 g.  
Autonomie : jusqu'à quatre heures.  
Rechargeable sur port USB.

Distance de détection : de 1 à 5 m au-delà de la canne et 2,5 m en hauteur.  
Premières livraisons prévues début 2021, autour de 990 €. [www.panda-guide.fr](http://www.panda-guide.fr)



# QUEL AVENIR POUR LES GLACIERS?

Moins de neige et des températures en hausse : l'équation climatique n'est pas en faveur des glaciers de la planète, qui, si rien n'est fait, sont tous menacés de disparition à plus ou moins court terme...

Par Juliette Loiseau

**Un glacier bouge en permanence, se déplaçant sous l'effet de son propre poids et glissant vers l'aval**

**Expédition sur le glacier de la Girose, dans les Hautes-Alpes.**

**D**es Alpes au Groenland en passant par l'Himalaya, la Norvège ou l'Antarctique, les glaciers couvrent près de 10% de la surface du globe. On distingue deux grandes familles. Les glaciers alpins ou confinés se trouvent en montagne, partout dans le monde et pas seulement dans les Alpes comme leur nom peut le laisser croire; ils s'adaptent au relief. Les calottes glaciaires sont quant à elles des nappes de glace qui recouvrent entièrement les terres sur de grandes étendues; elles apparaissent dans les zones polaires, comme au Canada, en Islande ou en Patagonie.

Pour se former, les glaciers ont besoin que les précipitations neigeuses en hiver soient supérieures aux fontes de l'été et que les températures soient négatives toute l'année. Il leur faut aussi beaucoup de temps... D'hiver en hiver, les couches de neige s'accumulent et se tassent sous l'effet de leur poids. Les flocons se soudent alors les uns aux autres et emprisonnent des bulles d'air. Peu à peu la pression, exercée par le poids des nouvelles précipitations, chasse cet air. C'est à ce moment-là que la neige devient de la glace, compacte et étanche. Un processus lent qui peut prendre entre cinq et dix ans.

### **Des strates superposées**

On observe donc plusieurs couches sur un glacier: la neige de surface, la plus récente; les névés, la neige en transformation; puis la glace elle-même, installée sur le lit rocheux de la montagne. Par exemple, au sommet du glacier du Géant, dans les Alpes, à 3 530 m d'altitude, la neige de surface représente une dizaine de mètres, les névés 30 m d'épaisseur, et la glace environ 150 m. Les différentes couches superposées s'observent très bien dans les crevasses qui se créent avec les mouvements de la glace le long de la montagne. Car même si ce n'est pas toujours visible, un glacier bouge en permanence! Il se déplace sous l'effet de son propre poids (11 milliards de tonnes pour le glacier d'Aletsch en Suisse, par exemple) et s'écoule ainsi le long de la pente, en direction de l'aval. En avançant, le glacier use les roches (on parle d'érosion) et glisse alors ...



Dans le massif du Mont-Blanc, le glacier d'Argentière perd chaque année 4 à 8 m de longueur de glace.

... plus vite. Le mouvement naturel est en moyenne de quelques centimètres par jour. Il est accéléré ou ralenti en fonction des saisons. L'hiver, la glace est compacte et s'accroche à la montagne. L'été, la chaleur fait fondre une partie de la glace et forme des torrents, même à l'intérieur du glacier: la roche devient beaucoup plus glissante, et le déplacement accélère.

### Tous les glaciers sont concernés

La fonte la plus importante a lieu dans la zone d'ablation, c'est-à-dire la partie basse du glacier, où les températures sont supérieures à 0°C: le glacier perd plus de glace qu'il n'en gagne. En théorie, cette fonte est compensée par la zone d'accumulation, le secteur supérieur du glacier, où les températures sont négatives. Ici, la neige ne fond jamais complètement, et forme chaque année de la glace supplémentaire. Ces deux zones sont séparées par un tracé imaginaire et horizontal: la ligne d'équilibre glaciaire. Elle se distingue l'été car elle sépare un espace blanc, où la neige n'a pas fondu, d'un espace plus foncé où la glace est à nu. Cette ligne est surveillée de très près par les glaciologues car elle permet de connaître la santé d'un glacier.

**Le glacier du Kilimandjaro (Tanzanie) a lui aussi rétréci (à g.: février 1993; à dr.: février 2000).**



## Depuis 1992, la calotte glaciaire du Groenland a perdu 3 800 milliards de tonnes de glace

Des hivers très neigeux compensent les fontes de l'été et permettent de recharger en glace: le glacier avance. À l'inverse, de faibles précipitations neigeuses et des canicules diminuent la quantité de glace: le glacier recule. D'une année sur l'autre, le glacier peut ainsi grossir ou rétrécir en fonction de la météo. Les glaciologues calculent donc une ligne d'équilibre moyenne sur plusieurs décennies. En Argentine, par exemple, les glaciologues ont calculé que la ligne d'équilibre des glaciers de la province de Mendoza se situait à 4 580 m en 1975 et à 4 820 m en 2007: elle s'est élevée de 240 m. La zone d'accumulation est plus petite: le glacier a rétréci.

Cette situation concerne tous les glaciers dans le monde, en péril à cause du réchauffement climatique. La fonte des glaces est de plus en plus rapide et il tombe de moins en moins de neige en

hiver. Beaucoup ne se rechargent plus d'une année sur l'autre: leur masse diminue fortement. Sur les 19 000 glaciers surveillés par les scientifiques (presque 10 % des 200 000 glaciers recensés sur Terre), tous, peu importe la région, reculent. La calotte glaciaire du Groenland a par exemple perdu 3 800 milliards de tonnes de glace depuis 1992, que les chutes de neige ne sont pas parvenues à compenser. La Mer de Glace, dans les Alpes, a vu son épaisseur diminuer de 200 m depuis 1856. Toujours dans les Alpes, dans le massif du Mont-Blanc, le glacier d'Argentière perd chaque année 4 à 8 m de glace, en fonction des zones. Les neuf glaciers des Pyrénées ne représentent plus que 79 ha, contre 140 il y a dix-sept ans et 450 au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle...

### Un effet de serre grandissant

Ce recul des glaciers a commencé en 1850, à la fin du Petit Âge glaciaire (une période s'étalant du XIV<sup>e</sup> au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle durant laquelle le monde a connu des températures très fraîches: entre 5,7°C et 6,5°C en moyenne au niveau planétaire, contre 14°C actuellement). Les températures augmentent alors, d'abord naturellement, puis de plus en plus vite à cause des activités humaines. Le charbon, puis le pétrole et le gaz, utilisés massivement dans les transports, l'industrie ou encore l'agriculture, rejettent énormément de gaz à effet de serre. Piégés dans l'atmosphère, ils y retiennent la chaleur et font monter les températures. La quantité de ces gaz à effet de serre a doublé entre 1750 et aujourd'hui.

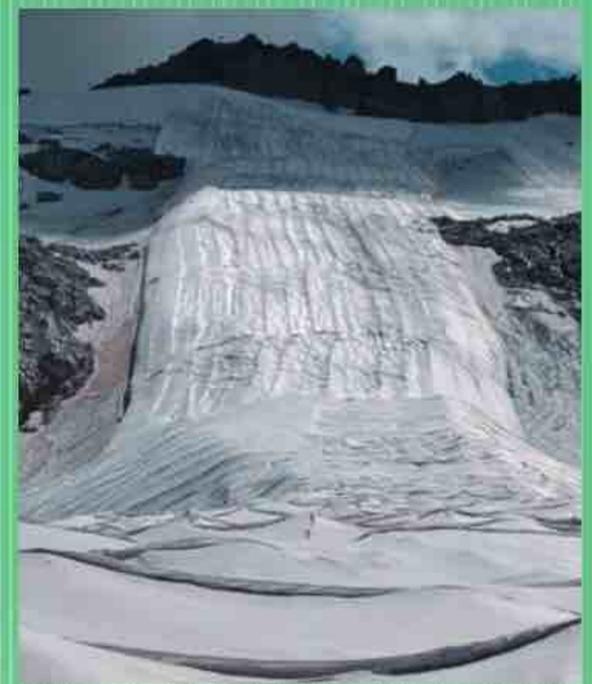
Ce réchauffement du climat accélère fatalement la fonte des glaciers, plus importante chaque année que le renouvellement de la glace. Résultat, ils reculent. Ceux situés en zone tropicale, comme le Kilimandjaro (Tanzanie) ou dans la cordillère des Andes (Amérique latine), ainsi que ceux de basse altitude, comme ...



Ouverture dans le glacier de la Girose où l'on voit les couches de glace superposées.



Une profonde crevasse de la Mer de Glace, à Chamonix (Haute-Savoie).



### Alpes italiennes

## Un drap contre la chaleur

**D**epuis 2008, le glacier de Presena, dans les Alpes italiennes, est recouvert d'un gigantesque drap synthétique blanc de juin à septembre, pour le protéger des chaleurs de l'été. Il a déjà perdu un tiers de son volume entre 1993 et 2008. Et les étés sont de plus en plus chauds : pendant les pics, il peut aujourd'hui faire près de 16°C à 3 000 m d'altitude, contre 10°C maximum il y a vingt ans. Lorsque le projet a débuté, 30 000 m<sup>2</sup> de bâches ont été déployées. En juin 2020, 100 000 m<sup>2</sup> ont été installés, l'équivalent de 14 terrains de football. La matière des bâches et leur couleur blanche augmentent la réflexion de la lumière : elles renvoient vers l'espace bien plus d'énergie solaire que la neige ne peut le faire. Moins de rayons absorbés, c'est moins de chaleur stockée et de meilleures conditions pour que la neige et la glace ne fondent pas.

••• dans nos chaînes de montagnes, sont particulièrement menacés. Déjà, celui du Pic d'Ariel, dans les Pyrénées, a définitivement disparu en 2019. Tous les autres de la chaîne franco-espagnole suivront d'ici à 2050, selon les scientifiques. Tandis que dans les Alpes, les glaciers ont perdu 25% de leur surface depuis la canicule de 2003.

Pourtant, le glacier qui fond le plus vite est le HPS12 au Chili, au sud de la Patagonie: il s'amincit de 44 m par an depuis l'an 2000. Par comparaison, les scientifiques

estiment que les glaciers du monde entier perdent en moyenne 0,9 m par an! D'ici à 2100, si le réchauffement climatique se poursuit à la même vitesse, les glaciers des Alpes perdront 95% de leur masse, ceux des Andes jusqu'à 97%, et même dans l'Himalaya, les deux tiers des glaciers, pourtant situés au-delà de 4000 m d'altitude, auront fondu. Si rien n'est fait, la totalité des glaciers en montagne pourrait disparaître avant la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, et le Groenland d'ici un millénaire. 🌱

## Anatomie d'un glacier

### Lit rocheux

C'est la base du glacier, la roche sur laquelle il s'appuie. On peut l'observer en été, au fond des crevasses notamment, quand la glace a fondu.

### Retrait glaciaire

Avec la fonte des glaces, le périmètre du glacier recule et sa masse diminue.

### Zone d'ablation

C'est la partie basse du glacier, où les températures positives de l'été font fondre toute la neige et une partie de la glace. Il n'y a pas assez de neige pour former de la nouvelle glace.

### Ligne d'équilibre

Cette ligne imaginaire sépare les zones d'accumulation et d'ablation. Au-dessus, le glacier fabrique de la glace; en dessous, il en perd. Elle monte ou descend en fonction du climat.

### Fonte des glaces

Vers le fond du glacier, la fonte et l'érosion se produisent à un rythme plus rapide que l'accumulation. L'eau de fonte est souvent utilisée pour l'approvisionnement en eau domestique et commerciale.

### Abrasion

En fondant, les glaciers libèrent de la roche cassée. Ces morceaux sont emportés par le mouvement du glacier et l'érodent, réduisant sa taille.

### Flux central

Quand le glacier se déplace, il emporte la neige et la glace dont il est composé. Ce qui était contenu dans la zone d'accumulation se retrouve dans la zone centrale du glacier, avant de terminer dans la zone d'ablation.

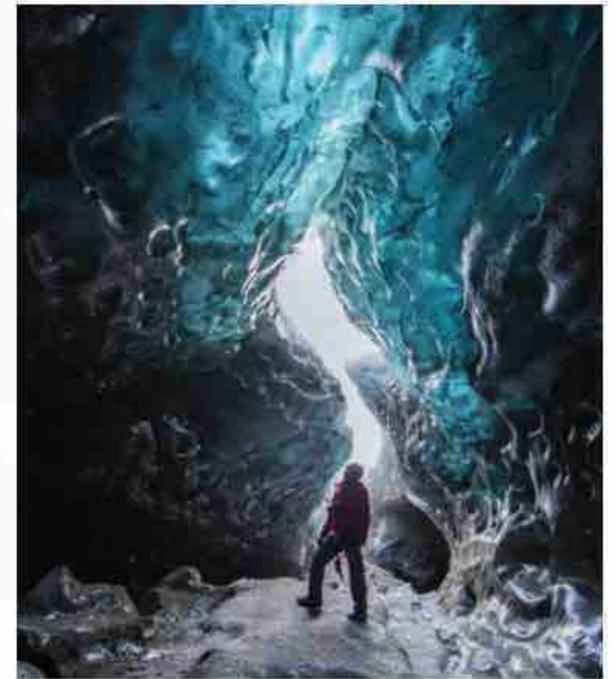


### Zone d'accumulation

C'est là que se tasse la neige. Lorsqu'elle ne fond pas d'une année sur l'autre, elle se compacte et forme de la glace. Cet apport compense, en théorie, les pertes se produisant plus bas.

### Glacier affluent

Comme pour les rivières et les fleuves, il s'agit d'un plus petit glacier qui se déverse dans le glacier principal. Il le fournit ainsi en glace et en neige.



La glace absorbe les longueurs d'onde de la lumière qui la traverse sauf la bleue, ce qui lui donne sa couleur azur.

## INTERVIEW

# « Les glaciers des Alpes sont tous condamnés d'ici à la fin du siècle » Bernard Francou

Glaciologue, directeur de recherche émérite IRD (Institut de recherche pour le développement) au Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement de Grenoble

### Comment ça marche : Comment se portent les glaciers des Alpes ?

#### Bernard Francou :

Depuis 2003, on observe une accélération de leur fonte. Jusqu'au milieu des années 1980, les glaciers des Alpes étaient équilibrés : ils recevaient autant d'eau, sous forme de neige, qu'ils n'en perdaient. Mais il y a eu un important réchauffement sur les Alpes, de 2 °C en moyenne, contre 1 °C en plaine. Les glaciers ont tous connu un bilan négatif. Ils perdaient en moyenne 80 cm d'eau par an, et les plus fragiles ont commencé à reculer. Puis, le réchauffement s'est de nouveau accéléré en 2003. Depuis, les glaciers des Alpes perdent, en

moyenne, 1,5 m d'eau par an, contre 0,9 m à l'échelle de la planète.

### CCM : Quels sont les plus touchés ?

**B. F. :** Ceux dont le sommet n'est guère plus haut que la ligne d'équilibre. Dans le massif des Grandes Rousses, la ligne d'équilibre est désormais à 3 200 m alors que le sommet est à 3 400 m. Pour le glacier de la Girose, la ligne d'équilibre est à 3 400 m alors que le sommet est à 3 600 m. Ces glaciers ont très peu de place pour fabriquer un volume de glace suffisant et sont très vulnérables. Vu la trajectoire du réchauffement climatique, la ligne d'équilibre va grimper, dans les dix ans, de 100 ou 200 m

supplémentaires. Lorsqu'elle atteint le sommet, la zone d'accumulation n'existe plus : il n'y a plus de nouvelle glace et le glacier fond entièrement.

### CCM : Ces glaciers sont-ils déjà condamnés ?

**B. F. :** Un glacier dont le sommet est autour de 3 400-3 600 m est déjà condamné, car il ne peut plus se remplir. Le glacier de la Girose sera l'un des premiers à disparaître. En 2019, il ne s'est absolument pas rechargé à cause de l'enchaînement de canicules. D'après une nouvelle modélisation, si les émissions de gaz à effet de serre continuent sur leur lancée actuelle, le glacier d'Argentière, qui mesure

8 km de longueur, disparaîtra totalement d'ici à 2070.

### CCM : Est-il encore possible de changer leur avenir ?

**B. F. :** Si le climat arrêta de se réchauffer immédiatement, le temps que tout se régule, la Mer de Glace perdrait quand même un kilomètre de glace sur les sept qu'elle compte aujourd'hui. L'objectif est d'atteindre une neutralité carbone d'ici à 2050 pour rester dans un réchauffement climatique de 2 °C à l'échelle de la planète. Si nous y parvenons, nous pouvons gagner trois ou quatre décennies. Mais il faut considérer que tous les glaciers des Alpes sont condamnés d'ici à la fin du siècle.



# L'EXTRAORDINAIRE MAUSOLÉE DE L'EMPEREUR

Découverte par hasard en 1974, la dernière demeure du fondateur de l'Empire chinois est un site archéologique d'exception, digne des pyramides d'Égypte. Si elle est mondialement connue pour son incroyable armée de terre cuite, elle est encore loin d'avoir livré tous ses secrets... Visite guidée.

Par Marc Branchu

Des milliers de soldats d'argile ont été enfouis près du tombeau de l'empereur Qin (259-210 avant notre ère), pour le protéger « dans l'éternité ».

# QIN



# Un immense complexe funéraire

Célèbre pour son armée de terre cuite, le mausolée s'étend sur un site gigantesque, à la mesure du fondateur de la Chine.

**E**nviron de Xi'an (centre de la Chine), mars 1974. En creusant un puits, des fermiers déterrent divers débris de statues et d'armes. La nouvelle parvient aux autorités de Pékin, à 1 000 km de là. Depuis l'historien Sima Qian (145-86 av. J.-C.), on sait qu'à proximité de l'ancienne capitale impériale Xi'an se cache un sanctuaire extravagant, à la gloire du Premier Empereur Qin Shi Huangdi (259-210 av. J.-C.). Des archéologues officiels sont envoyés sur place. Au fil des mois, ils exhument des milliers de fragments d'argile qui, assemblés, figurent des soldats, des cavaliers, des chevaux: une armée complète grandeur nature, équipée de chars, d'arbalètes et de flèches!

## Huitième merveille du monde

Certes, Sima Qian n'a jamais mentionné une telle armée de terre. Mais par son ampleur et sa qualité, cette trouvaille renforce l'hypothèse d'un sanctuaire impérial. De fait, en étendant les fouilles, les archéologues découvrent une nécropole souterraine immense, de plus de 56 km<sup>2</sup>, évoquant le schéma urbain de l'ancienne capitale. Avec des palais, des bureaux, des écuries. Et en son centre, un tumulus pyramidal, jusqu'alors dissimulé sous une épaisse forêt. Le doute n'est plus permis: il s'agit bel et bien de la nécropole de Qin, tyran mégalomane et redoutable stratège. Celui qui unifia les Royaumes combattants, lança la construction de la Grande Muraille et donna son nom à ce nouvel empire (en mandarin, Qin se prononce «Chine»). Inscrit dès 1987 au patrimoine mondial de l'Unesco, le site est souvent considéré comme la huitième merveille du monde antique. Et la seule encore visible, avec la pyramide de Khéops, en Égypte. 📍

**Les archéologues découvrent une nécropole souterraine de plus de 56 km<sup>2</sup>**

### Sépultures des artisans

Le chantier (étalé sur trente-six ans) aurait mobilisé près de 700 000 travailleurs, venus de toutes les provinces de l'Empire.

### Tombeau secret de Qin

Jamais exploré, le tombeau se trouverait sous un mont de terre pyramidal, haut de 115 m à l'origine (55 m aujourd'hui, en raison de l'érosion).

### Emplacement

Le site a été choisi selon les règles de la géomancie (forme de divination) chinoise, entre montagne et fleuve: protégé par le mont Li au sud et la rivière Wei au nord.

## Qin dans la chronologie chinoise

2205-1767  
av. J.-C.

Dynastie  
légendaire  
des Xia.

1570-1045  
av. J.-C.

Dynastie  
des Shang.

1045-256  
av. J.-C.

Dynastie  
des Zhou.

475-221  
av. J.-C.

Période des  
Royaumes  
combattants.

221-210  
av. J.-C.

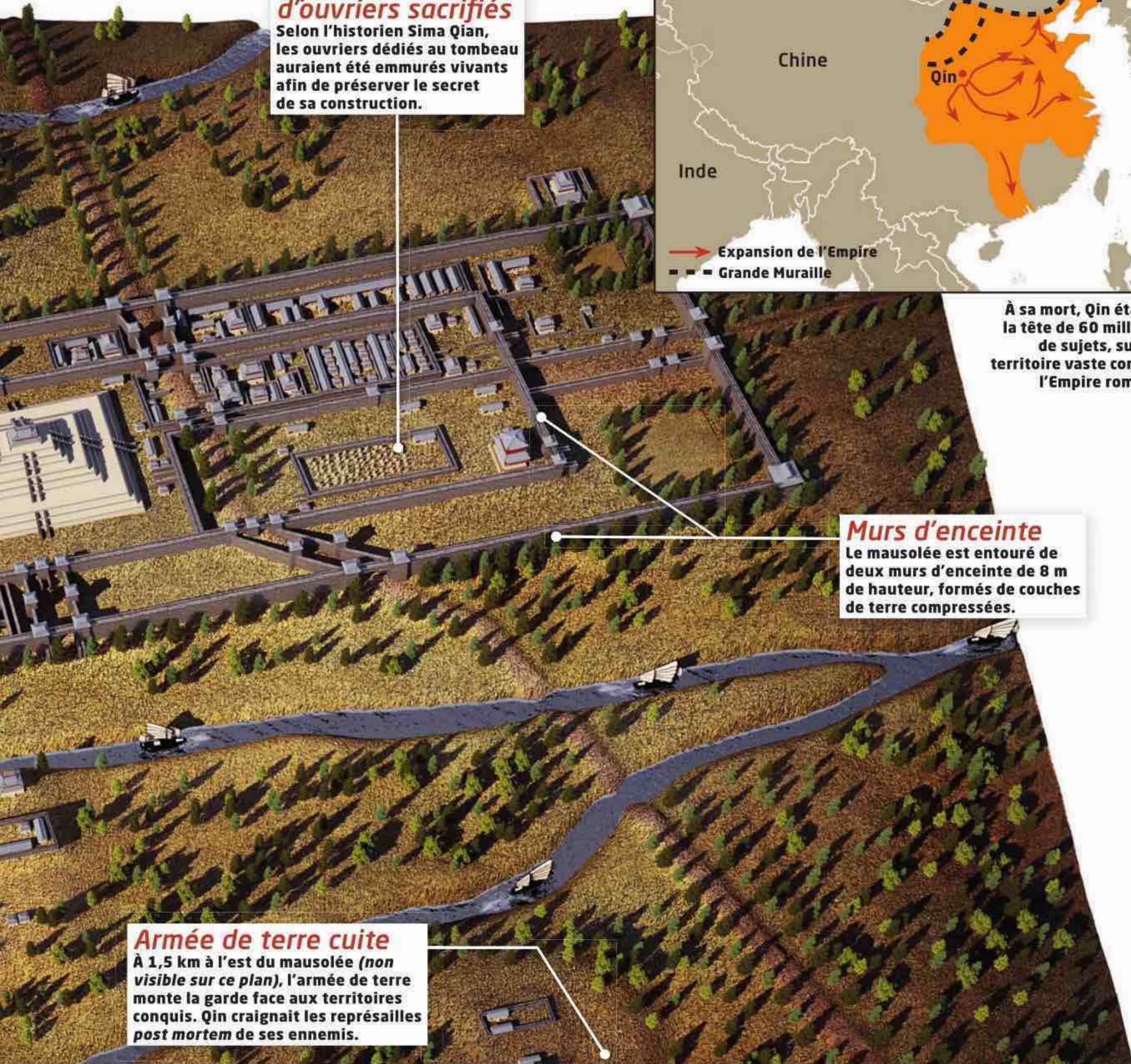
Règne de Qin  
Shi Huangdi,  
Premier Empereur  
de Chine.

206 av. J.-C.  
à 220 ap. J.-C.

Dynastie  
des Han.

581-618

Dynastie  
des Sui.



**Squelettes d'ouvriers sacrifiés**  
Selon l'historien Sima Qian, les ouvriers dédiés au tombeau auraient été emmurés vivants afin de préserver le secret de sa construction.



À sa mort, Qin était à la tête de 60 millions de sujets, sur un territoire vaste comme l'Empire romain.

**Murs d'enceinte**  
Le mausolée est entouré de deux murs d'enceinte de 8 m de hauteur, formés de couches de terre compressées.

**Armée de terre cuite**  
À 1,5 km à l'est du mausolée (non visible sur ce plan), l'armée de terre monte la garde face aux territoires conquis. Qin craignait les représailles post mortem de ses ennemis.

© Illustration by Nicholas Forder

- 618-907**  
Dynastie des Tang.
- 907-979**  
Période des Cinq Dynasties et des Dix Royaumes.
- 960-1279**  
Dynastie des Song.
- 1279-1368**  
Dynastie mongole des Yuan.
- 1368-1644**  
Dynastie des Ming.
- 1644-1911**  
Dynastie mandchoue des Qing.
- 1<sup>er</sup> janvier 1912**  
Proclamation de la République.
- Depuis 1949**  
République populaire de Chine.

# Une armée d'argile spectaculaire

Pour l'escorter dans l'au-delà, l'empereur avait exigé une armée de 8 000 guerriers d'argile, grandeur nature. Des statues d'un réalisme saisissant.

**E**n attendant l'ouverture du tombeau de Qin (*voir pages suivantes*), l'armée de terre cuite représente le joyau archéologique du mausolée. Elle se compose de quelque 8 000 répliques de guerriers et de chevaux, de chars en bronze et d'armes en métal. Qin craignait continuellement les attaques ennemies. Quand il entreprit la construction de son mausolée – dès sa prise de fonction, à 13 ans –, il exigea une armée entière pour le protéger après sa mort. Il n'était pas rare pour un souverain de garnir sa tombe de statues, censées prendre vie et l'aider dans l'au-delà. Les *chaouabtis* jouaient ce rôle chez les

Égyptiens: on retrouva 413 de ces statuettes dans le tombeau de Toutânkhamon (mort vers 1327 av. J.-C.).

## Un témoignage sans précédent

Mais l'armée de terre se distingue par son ampleur et son réalisme. Rangés en ordre de bataille dans les trois fosses où ils furent retrouvés, les guerriers d'argile sont saisissants de vérité. Non seulement ils sont à taille humaine, mais aucun ne ressemble à son voisin. Traits du visage, coiffure, tenue: le souci de personnalisation est

manifeste. Et encore, l'exposition à l'air libre des modèles exposés au public a fait disparaître leurs couleurs originelles. Il faut imaginer ces bataillons dans leurs livrées multicolores! Ce réalisme est une aubaine archéologique. L'armée de terre fut ensevelie à l'avènement de l'Empire du milieu. Elle offre ainsi un formidable témoignage sur la Chine naissante: son organisation, ses savoir-faire, ses ethnies. Un héritage surgi du passé, après deux mille deux cents ans de silence. 📍

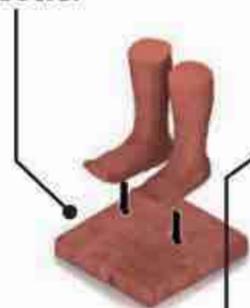
## Fosses

L'armée fut positionnée dans trois fosses funéraires. La fosse n° 1, ci-contre (et pages 76-77), est la plus spectaculaire avec plus de 6 000 soldats, alignés en formation de combat le long de onze corridors.

## Des personnages criants de réalisme

### 1. Base

L'argile récupérée dans la région servait à confectionner le socle.



### 2. Moulage

Bras, torse, jambes et mains étaient fabriqués à l'aide de moules.



### 3. Assemblage et modelage

Les parties étaient cuites puis assemblées. Les traits du visage étaient ensuite modelés.



### 4. Cuisson

Après l'assemblage, la statue (d'un poids de 200 kg) était cuite à nouveau.



### 5. Peinture

Les soldats terminés étaient recouverts d'une couche de laque, puis peints avec des couleurs vives.



### Général

Quelques généraux étaient stratégiquement positionnés, comme sur un champ de bataille.



### Fantassin

Les fantassins portaient des armes (lances, épées, hallebardes, etc.).



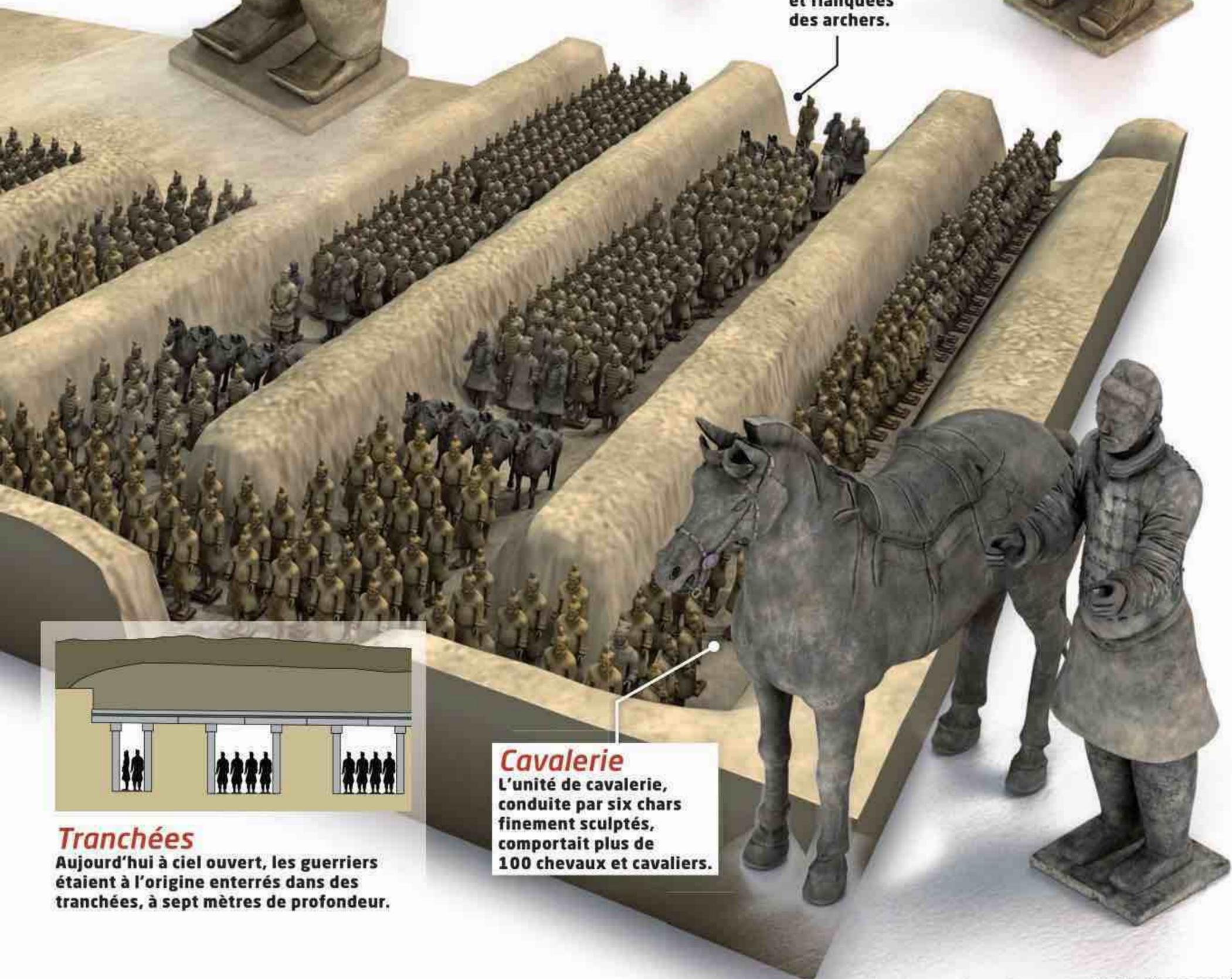
### Officier

Les statues d'officiers sont plus détaillées, dotées d'une armure complexe.



### Prête au combat

L'armée était en ordre de bataille : infanterie à l'avant, suivie des unités de lanciers, soutenues par la cavalerie et flanquées des archers.

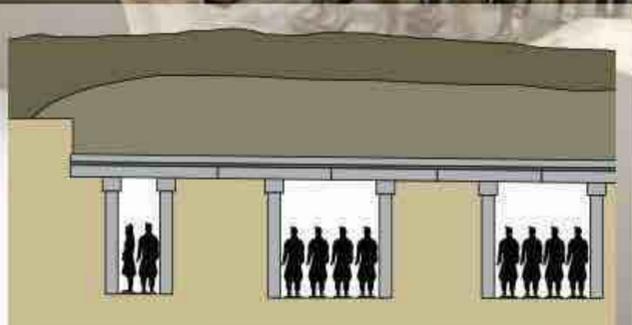


### Cavalerie

L'unité de cavalerie, conduite par six chars finement sculptés, comportait plus de 100 chevaux et cavaliers.

### Tranchées

Aujourd'hui à ciel ouvert, les guerriers étaient à l'origine enterrés dans des tranchées, à sept mètres de profondeur.



# Un tombeau top secret

Réputé grandiose, le tombeau de Qin est l'un des secrets les mieux gardés au monde. Personne n'a jamais été autorisé à y pénétrer!

**L**a chambre funéraire de Qin Shi Huangdi se cacherait sous le tumulus pyramidal du mausolée, à 50 mètres sous terre. C'est en tout cas ce qu'affirme l'historien Sima Qian dans ses mémoires, seule source historique disponible. D'après lui, l'empereur souhaitait une dernière demeure à l'image de son empire. Il reposerait dans un cercueil de cuivre, sous une voûte figurant un ciel étoilé, au milieu d'une gigantesque maquette de la Chine avec des montagnes de bronze, des plaines sablonneuses et des fleuves de mercure. Cet espace serait rempli d'un mobilier funéraire somptueux et d'objets merveilleux. Mais comment se fait-il que ce fabuleux tombeau n'ait toujours pas été fouillé? Existe-t-il, finalement? Et si oui, n'aurait-il pas été pillé depuis tout ce temps?

## Un site quasi inaccessible

À ces questions, les autorités chinoises ne semblent pas pressées de répondre. D'abord car elles ont foi dans les écrits de Sima Qian. Une concentration en mercure très inhabituelle a été relevée sur le site, donnant du crédit à ses descriptions. Or, si l'on s'en tient à son hypothèse, le tombeau aurait été enfoui très profondément, sous le lit des rivières locales. De quoi décourager les pilliers au fil du temps... mais aussi les autorités, face au défi posé aujourd'hui par l'exhumation du tombeau. Des autorités soucieuses, par ailleurs, de ne pas reproduire les erreurs commises avec l'armée de terre. Trop vite exposés à l'oxygène, les guerriers y ont perdu leurs couleurs d'origine.

Et puis, un autre paramètre a de quoi refroidir les ardeurs. D'après Sima Qian, le tombeau serait protégé par un dispositif d'autodéfense! Ses concepteurs auraient placé des arbalètes automatiques, qui se déclencheraient à la moindre tentative d'intrusion. Une solution serait d'introduire une caméra miniature. La chaîne de télé japonaise NHK l'a proposé, pour les besoins d'un documentaire. Les autorités chinoises ont refusé. Pas question de confier cette mission si symbolique à des étrangers! Le mystère demeure donc. Et probablement pour longtemps encore... 🕒



L'entrée du mausolée, près de Xi'an (Chine centrale).



### Arbalètes automatiques

Un système d'autodéfense, constitué d'arbalètes automatiques (non visibles ici), aurait été installé pour empêcher toute intrusion.

### Éclairage longue durée

Pour que le tombeau reste illuminé le plus longtemps possible, il aurait été équipé de torches spéciales, enduites de graisse de phoque.

**Le tombeau serait rempli de meubles et d'objets somptueux**



## Un despote mégalomane

# L'empereur qui ne voulait pas mourir

### Cercueil de cuivre

L'empereur aurait été inhumé dans un splendide cercueil de cuivre, placé au centre du tombeau.

**Q**in Shi Huangdi fut un personnage hors norme. Il pacifia la Chine pour en faire un empire uni, doté d'une monnaie, d'une écriture et d'une administration. C'est également lui qui parvint à « dompter » cet immense territoire à coups de grands travaux. Sous son règne, on vit

se multiplier les canaux et les routes, et s'élever les premiers tronçons de la Grande Muraille. Bref, il fut le véritable fondateur de la Chine. Mais à l'instar d'un Napoléon, son pouvoir tourna au despotisme. Son mausolée en est l'ultime illustration. Il mobilisa des myriades d'ouvriers, parfois au péril de leur vie. Des humains et des animaux y auraient aussi été sacrifiés.

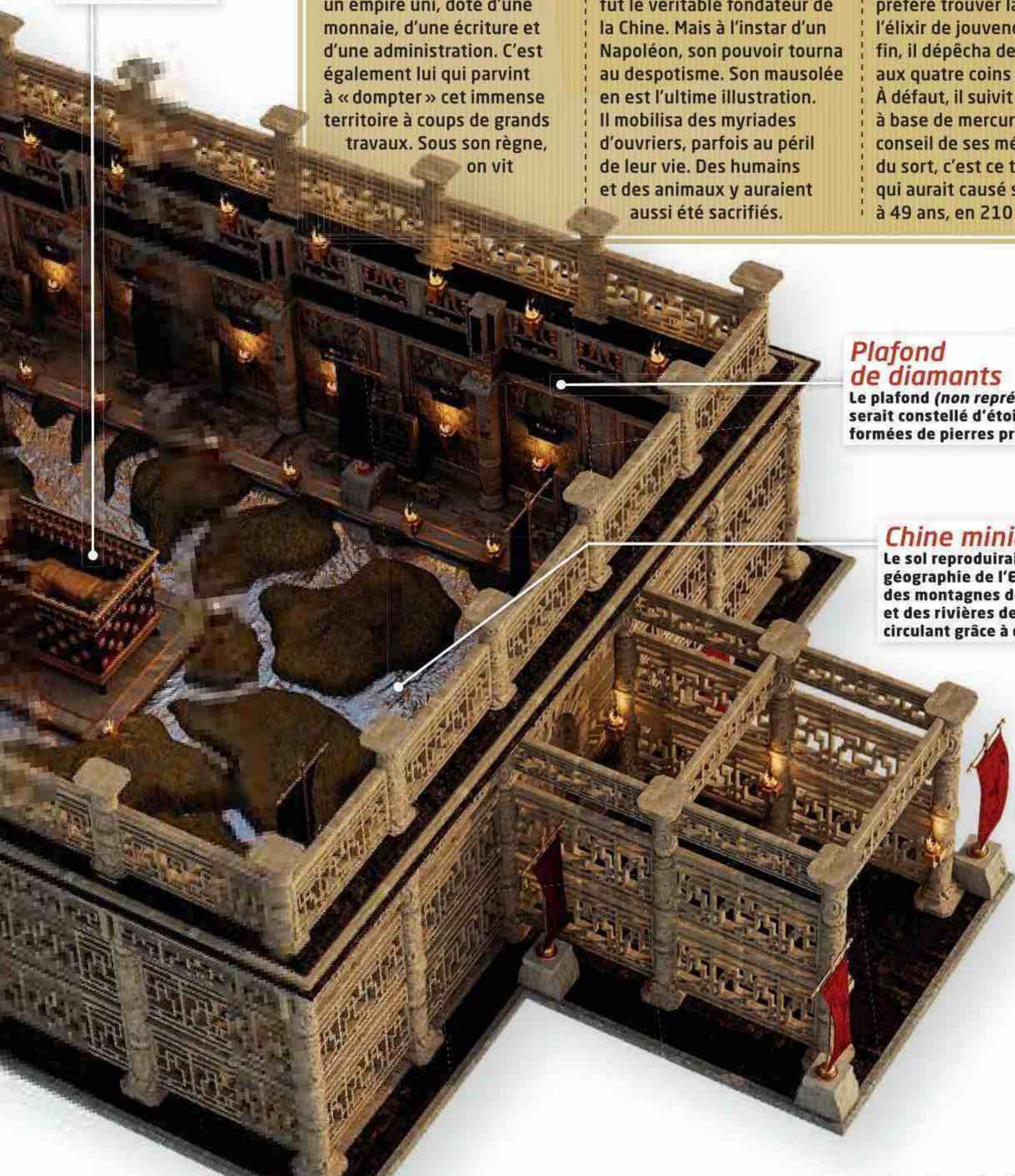
Qin était obsédé par la mort, et rien ne devait entraver son immortalité. Plutôt qu'un mausolée, il aurait d'ailleurs préféré trouver la recette de l'élixir de jeunesse. À cette fin, il dépêcha des émissaires aux quatre coins de l'Empire. À défaut, il suivit un traitement à base de mercure, sur le conseil de ses médecins. Ironie du sort, c'est ce traitement qui aurait causé sa mort, à 49 ans, en 210 av. J.-C.

### Plafond de diamants

Le plafond (non représenté) serait constellé d'étoiles, formées de pierres précieuses.

### Chine miniature

Le sol reproduirait la géographie de l'Empire, avec des montagnes de bronze et des rivières de mercure, circulant grâce à des machines.





À l'Institut Pasteur, en 1989.

# FRANÇOISE BARRÉ-SINOUSSI

Après sa découverte du virus du sida (qui lui a valu le prix Nobel, en 2008), la virologue française s'est engagée sans relâche pour lutter contre la maladie à travers le monde.

Par Benjamin Robert

**C**'est à ce jour la seule Française à avoir reçu le prix Nobel de médecine! Dès son plus jeune âge, Françoise Sinoussi, née à Paris en 1947, est fascinée par le monde du vivant. Mais rien ne la prédestinait à une telle consécration. Après avoir obtenu son baccalauréat en 1966, la jeune Parisienne est tiraillée sur son orientation: études de médecine ou faculté de

## Les dates clés

**1947**

Elle naît le 30 juillet, à Paris.

**1971**

Elle fait son entrée à l'Institut Pasteur.

**1981**

Les premiers cas de sida sont détectés.

**1983**

Elle identifie pour la première fois le VIH.

**1987**

L'AZT est le premier traitement approuvé contre ce virus.

**2008**

Elle reçoit le prix Nobel de médecine.

## En 1983, elle fait faire un bond considérable à la recherche contre le sida lorsqu'elle observe le virus au microscope

biologie? Issue d'une famille modeste, elle pense (à tort) que l'obtention d'un diplôme de médecine est plus longue et plus coûteuse, et choisit par élimination la seconde option.

À cette époque, les études n'incluent pas de stage. La jeune scientifique cherche un laboratoire où travailler comme bénévole à mi-temps, en parallèle de sa formation. L'Institut Pasteur lui ouvre ses portes en 1971. C'est l'épanouissement! Ses derniers doutes se dissipent. Le temps partiel se transforme très vite en temps plein, au point que Françoise se retrouve à sécher les cours pour poursuivre son travail au laboratoire. Elle passera tout de même les examens... et s'en tirera avec brio après avoir étudié grâce aux notes de ses camarades.

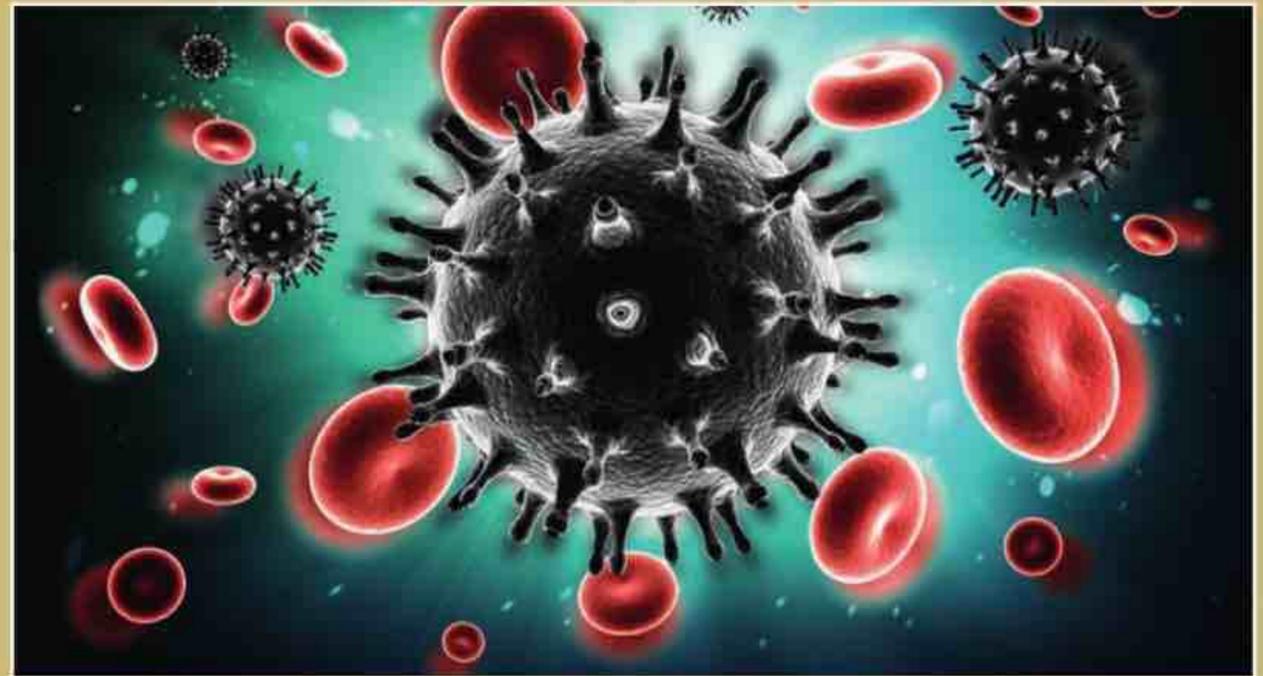
### Scientifique et militante

Doctorat de virologie en poche à 27 ans, Françoise s'exile aux États-Unis en 1974, mais ne supporte pas le mode de vie américain. Dès l'année suivante, elle saisit l'opportunité de revenir sur le lieu de ses premières expériences, l'Institut Pasteur. Avec ce retour, elle retrouve Jean-Claude Barré, technicien à Radio France rencontré durant son doctorat. Ils se marient en 1978, et feront le choix de ne pas avoir d'enfant. La chercheuse veut se consacrer entièrement à sa carrière.

En 1981, les premiers cas d'une maladie alors inconnue, le sida, sont répertoriés. Au fil des mois, les personnes infectées sont de plus en plus nombreuses, mais la cause de la maladie demeure un

Quarante ans de recherches

## La lutte contre le VIH continue



**L**e VIH, ou virus de l'immunodéficience humaine, le virus responsable du sida, est sexuellement transmissible. Il s'infiltré dans les cellules de notre système immunitaire, les lymphocytes T4, et s'y multiplie. Les lymphocytes ne résistent pas à cette invasion, et leur taux peut passer

de 1 000 par mm<sup>3</sup> de sang chez un individu sain, à 200 par mm<sup>3</sup> chez une personne infectée. Le système immunitaire est alors très affaibli. Le premier traitement antirétroviral, l'AZT, est commercialisé en 1987, mais des phénomènes de résistance apparaissent. Il faudra attendre 1996 pour voir l'émergence

des trithérapies, sources de nombreux effets indésirables. Aujourd'hui, cette approche est mieux tolérée, mais reste un traitement à vie. Une autre solution est utilisée en France depuis 2016 : la PrEP. C'est un traitement préventif efficace qui empêche l'infection avant une relation à risque.

mystère. Françoise et son équipe vont débloquer la situation en 1983 : ils observent pour la première fois au microscope le virus responsable du sida, qui sera appelé plus tard VIH (virus de l'immunodéficience humaine).

Mais Françoise Barré-Sinoussi a aussi une vie en dehors de son laboratoire. Durant trente ans, elle collabore avec de nombreux pays africains et asiatiques durement touchés par le sida, s'investissant dans des programmes de transfert

de connaissances, de technologies et de savoir-faire. En 2008, la scientifique militante est auréolée du prix Nobel de médecine. Lors de l'annonce, elle se trouvait en mission au Cambodge, où elle coordonnait un programme de recherche sur les patients co-infectés tuberculose-VIH. Depuis, la virologue continue, à 73 ans, de tisser des liens avec des associations, comme Sidaction et International AIDS Society, dont elle est la présidente... Inépuisable! 📍

### 2009

Fraîchement nobélisée, elle écrit une lettre de protestation au pape Benoît XVI, qui s'est positionné contre l'usage des préservatifs.

### 2012

Elle est nommée présidente de l'International AIDS Society.

### 2017

Elle devient présidente de l'association Sidaction.

### 2020

Elle prend la tête du Comité analyse recherche et expertise, nommé par l'Élysée et chargé de conseiller le gouvernement dans la lutte contre la Covid-19.



- 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.

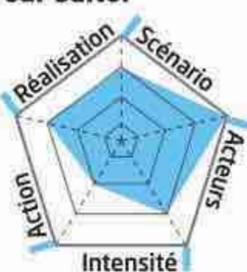
SÉRIE

**BECOMING A GOD - SAISON 1\***

## La fiancée de Spider-Man, alias la veuve alligator



De Robert Funke et Matt Lutsky, avec Kirsten Dunst, Théodore Pellerin, Mel Rodriguez... Série en 10 épisodes sur Salto.



Curieusement, c'est sur Salto (association des groupes France Télévisions, M6 et TF1), le tout nouveau service de SVOD *made in France* dédié à la création française, que se cache l'une des meilleures satires actuelles du «rêve américain», celui de la réussite financière à tout prix. Produite par l'acteur-réalisateur George Clooney, habitué à dénoncer les travers de l'Amérique, avec une Kirsten Dunst complètement désinhibée en rôle principal, *On Becoming a God in*

*Central Florida* (de son nom complet) met en lumière l'effroyable *business model* dit pyramidal, heureusement interdit en France, mais pas au pays de la libre entreprise.

Employée d'un parc d'attractions aquatique, Kirsten Dunst (entre autres, première fiancée de Spider-Man au cinéma en 2002, ne l'oublions pas) découvre la secte d'auto-entrepreneurs fanatiques aspirants millionnaires d'un système de vente pyramidale où son mari se ruine. Cigarette et accent du Sud à la

bouche, bébé sur un bras, carabine dans l'autre, décolleté et rondeurs en armes de séduction massives, Kirsten Dunst, pour survivre, s'impose sans peur et sans manières dans un univers sans scrupules et sans autre morale que celle de gagner sa place au soleil en exploitant la crédulité d'autrui.

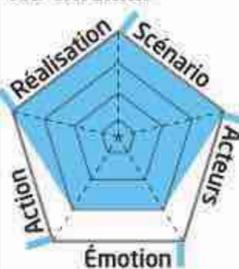
Série satirique et mordante à dénicher dans la bien nommée rubrique «Femmes déterminées» de Salto, avec l'originale rockeuse Beth Ditto en second rôle.

\* Saison 2 annulée pour cause de pandémie

## MÉDECIN DE NUIT Vincent Macaigne, héros inattendu



De Elie Wajeman, avec Vincent Macaigne, Sara Giraudeau, Pio Marmaï... Au cinéma.



Plutôt connu dans des rôles de personnages fuyants voire un peu lâches (*Fête de famille*, *Chien*, *Tristesse Club...*), quel plaisir de découvrir un

Vincent Macaigne sûr de lui dans un rôle de médecin nocturne décidé à ne pas se laisser marcher sur les pieds. Oh, bien sûr, il hésite quand même entre deux femmes, mais vis-à-vis de sa profession médicale, Macaigne reste inflexible.

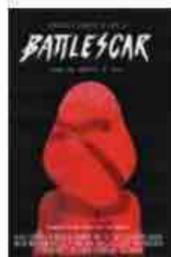
D'un patient en détresse à l'autre à travers un Paris nocturne sans fard mais éclairé comme un polar, il exerce son métier de médecin avec discernement

et empathie. Cette même humanité compassionnelle le conduit à aider les toxicomanes de la nuit. Dans sa voiture devenu cabinet mobile, il prescrit des drogues de substitution à des toxicos vivant dans la rue ou des squats.

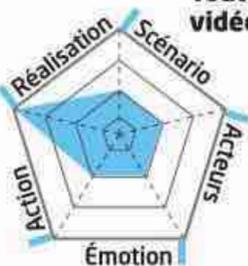
En rendant service à son cousin pharmacien, son activité l'entraîne malgré vers lui vers un trafic d'ordonnances et de médicaments. Un film noir, levant le voile sur un monde parallèle hélas réel.



**SÉRIE**  
**BATTLESCAR**  
**La VR, c'est punk**



De Martin Allais et Noci Casavecchia, avec la voix de Rosario Dawson (VO). Sur plateformes VR: Steam, Oculus (Rift et Quest), et sur Youtube en vidéo à 360°.



Le jeu vidéo a certes pris la main d'autorité sur la réalité virtuelle, mais les expériences purement narratives en VR continuent leur chemin. Coproduit par Arte, *Battlescar* invente un récit immersif pas tout à fait linéaire. Équipé d'un casque VR, le spectateur, debout, entre dans une histoire racontée en petites vignettes. Une voix off incarne les pensées d'une ado à la

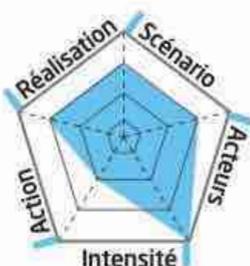
recherche d'une identité musicale à l'heure du punk des 70's. Pas d'interactivité tactile mais l'invitation à faire quelques pas dans le décor et observer de plus près les personnages et décors spatialisés autour de soi.

Le spectateur est alors plus voyeur qu'acteur car les personnages vivent leur histoire en vous ignorant. Les changements d'échelles créatifs, petit théâtre ou géants intimidants, retiennent mieux l'attention que le papillonnant récit musical.



**SÉRIE**  
**YOUR HONOR - SAISON 1**  
**Walter White est devenu juge**

De Peter Moffat, avec Bryan Cranston, Hunter Doohan, Hope Davis... Série en 10 épisodes sur Canal +.



Le premier tour de passe-passe scénaristique de cette série criminelle consiste à redonner à Bryan Cranston un rôle similaire à celui de Walter White, l'inoubliable professeur de chimie de *Breaking Bad*. Du bon côté de la justice, un juge veuf intègre de La Nouvelle-Orléans s'enfonce irrésistiblement dans un engrenage de mensonges et

dissimulations pour protéger son fils ado responsable d'un mortel accident de voiture. Bryan Cranston retrouve là un personnage à l'intelligence supérieure capable d'improvisations et de manipulations face à des situations non prévues. Du père au fils, la mise en scène lente et appuyée souligne un déchirant festival de rancœurs, remords et culpabilités cachées.

**PÈRES & MÈRES...**



**LES VOLEURS DE CHEVAUX**  
**Lettre à mes pères**

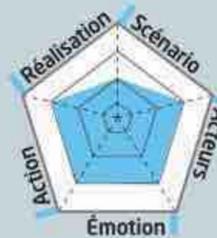


Situé au pied de la chaîne de montagnes Tian Shan longeant le Kazakhstan (Asie centrale), le film commence comme une chronique rurale, il faut bien le dire, un peu barbant. Une famille isolée vit d'élevage et de cultures de tomates au bord d'un lac et du désert. Et puis, oui, les chevaux se font voler. Bousculé par quelques twists radicaux, le scénario se transforme alors en western. La mort peut surgir sans prévenir au bout d'un fusil. Le récit se regarde du point de vue du fils aîné de 12 ans qui s'adapte, sans toujours comprendre, aux événements. On découvre, bien sûr, un mode de vie rude, mais la vraie vedette est la photographie du film. Elle transforme les vastes horizons en magnifiques peintures.

De Yerlan Nurmukhambetov et Lisa Takeba, avec Madi Minaidarov, Samal Yeslyamova, Dulyga Akmolida... Au cinéma.



**WENDY**  
**Lettre à nos mères**



Quitte à *spoiler* un peu, autant révéler d'entrée la clé d'un scénario plutôt abstrait. Conte métaphorique sur l'enfance et le vieillissement, *Wendy* signe la lettre d'amour d'un enfant, de tous les enfants sans doute, à leur mère. Une nouvelle fois, le réalisateur du bouleversant *Les Bêtes du Sud sauvage* (2012) adopte le point de vue, justement, des enfants. En fugue presque involontaire, Wendy et ses frères jumeaux jouent à survivre en pleine nature. En compagnie d'autres enfants aussi égarés, ils dansent devant un volcan qui fume, plongent dans l'océan et dans des grottes sous-marines où vit une créature fantastique. La musique, surtout, porte une émotion où se mêlent nostalgie affective et espoir dans l'avenir.

De Benh Zeitlin, avec Devin France, Tommie Lynn Milazzo, Shay Walker... Au cinéma.

# Jeux vidéo

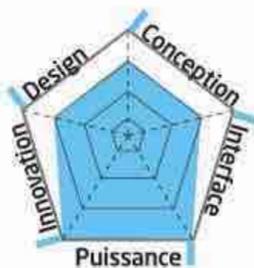
PAR FRANÇOIS BLISS  
DE LA BOISSIÈRE

\* PEGI, norme de classification  
des jeux par âge : [www.pegi.info](http://www.pegi.info)



Spider-Man, Miles Morales  
ou Astro Bot ? Sur PS5,  
une star next-gen peut  
en cacher une autre...

## PLAYSTATION 5 Entre nos mains, l'objet du culte



Le design culotté de la PlayStation 5 assume son rôle de star des consoles de salon. Le culte singulier de la marque l'autorise à prétendre installer dans les foyers du XXI<sup>e</sup> siècle un objet high-tech aussi encombrant. Car la PS5 bat le record de la plus volumineuse console de salon jamais construite. Un anachronisme technologique à l'heure de la miniaturisation de l'électronique.

**Support : PlayStation 5**

**Genre : console de salon next-gen**

**Inclus : une manette, câbles et jeu Astro's Playroom**

**PEGI\* : tout public**

**Sony, 500 €  
(modèle sans lecteur de disque optique : 400 €)**

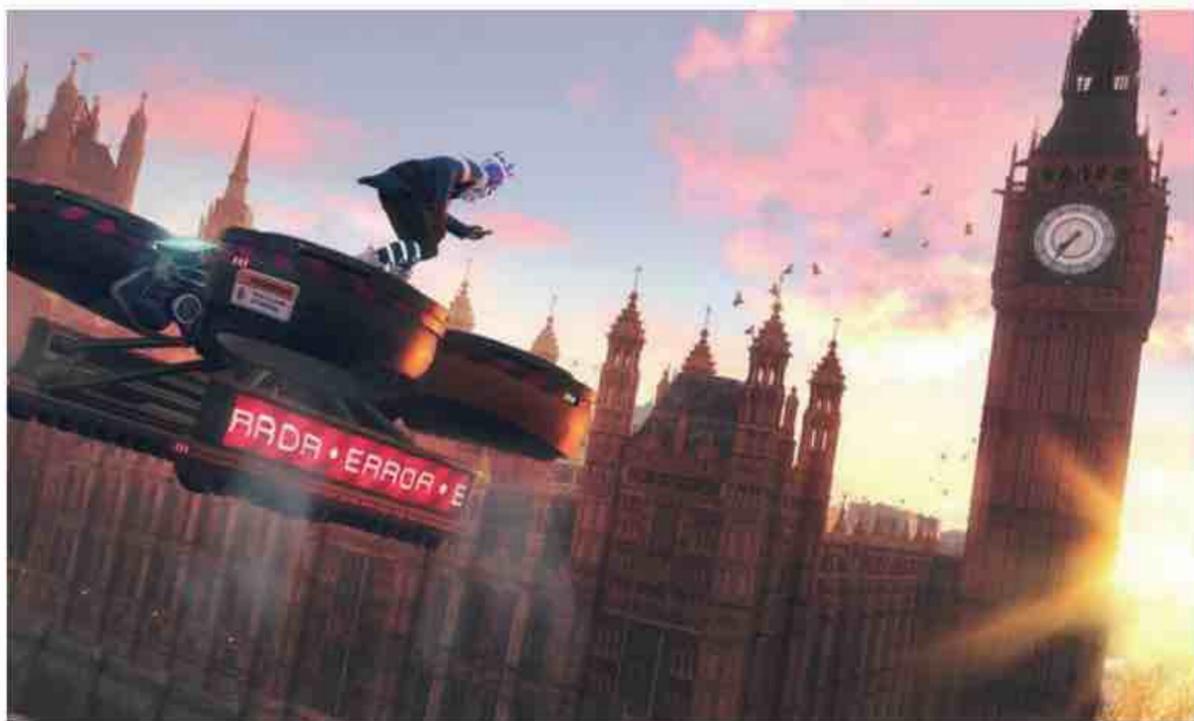
flerie de sa prédécesseuse PS4. Et, malgré quelques grincements logiciels de jeunesse, l'élégante nouvelle circulation dans les menus lui redonne une apparence de légèreté. En survolant New York sans effort, le jeu *Spider-Man : Miles Morales* le confirme, les



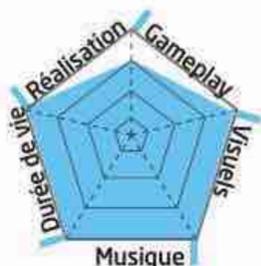
Comme sa concurrente Xbox Series X (voir CCM n° 123), l'énorme puissance de calcul de la PS5 nécessite un imposant système de dissipation de la chaleur émise par les processeurs. Ainsi, presque aussi discrète que la Xbox Series X, la PS5 fait oublier avec soulagement l'irritant bruit de souffl

capacités d'affichage graphique de la PS5 ouvrent de généreux nouveaux horizons.

Mais, surprise, ce design m'as-tu-vu cache presque la véritable vedette : la manette, baptisée DualSense. Totalement réinventée, celle-ci renvoie à l'histoire la manette DualShock indissociable de la marque depuis 1994. Euphorisant comme un jeu *Mario*, l'ingénieux jeu de démonstration *Astro's Playroom* révèle la gamme d'aptitudes haptiques, de vibrations et de relations tactiles et sonores uniques de la nouvelle manette. Chaque pas du petit Astro Bot, presque chaque battement de cœur, se ressent et même s'entend. Avec l'innovante DualSense, la next-gen prend littéralement vie entre nos mains.



## WATCH DOGS LEGION Ici Londres



**F**i du Brexit et de la pandémie, voilà une magnifique occasion de visiter Londres depuis son canapé. Un Londres du futur, clinquant dans les beaux quartiers rhabillés de pubs holographiques, de vitrines réfléchissantes (grâce au *ray tracing*, nouvelle technologie spectaculaire d'affichage des reflets sur consoles next-gen). Un



Londres désaffecté aussi, aux murs de briques recouverts de street art contestataire, où le passant croise des camps de SDF et des manifestants.

Spectacle fascinant et inquiétant, des drones de livraison, de surveillance, et même de journalistes, survolent les rues tels des mini-vaisseaux spatiaux lumineux. Londres a été placé sous contrôle militaire strict. Armé d'abord de son smartphone, le joueur rallie la résistance clandestine. En prenant le contrôle des caméras de surveillance, des drones

(génial!), de tous les mécanismes électroniques de la ville, des serveurs du programme qui gère la capitale, quartier par quartier, en se faufilant dans des bâtiments sous surveillance, en appliquant lui-même des graffitis sur les murs, le joueur libère Londres de l'oppression militaire.

Sur consoles next-gen, la qualité de ce troisième *Watch Dogs* atteint enfin le niveau visuel et interactif promis en... 2012! Après Chicago, San Francisco et Londres, pourquoi pas Paris?



**Supports:** PC, Xbox (One et Series), PS4, PS5

**Genre:** action-infiltration en monde ouvert

**VF et VO** anglaise sous-titrée

**Upgrade gratuit** Xbox Series et PS5

**1 joueur, 4 en coop en ligne** (avec abonnement)

**PEGI\***: à partir de 18 ans

**Ubisoft, 60 € environ**

## HÉROS DES 90's



### CRASH BANDICOOT 4 IT'S ABOUT TIME Passé revisité

Devenu malgré lui mascotte vedette de la PlayStation des années 1990 grâce à son gameplay alors original, *Crash Bandicoot* n'appartient plus à ses auteurs originaux mais revient quand même en grande forme dans un jeu inédit. Tout en brisant les obstacles sur son passage en tourbillonnant, le marsupial foufou joue les équilibristes au-dessus de plateformes mouvantes sur un parcours rigide en 2,5D (trajet sur un seul axe 2D à travers des décors en 3D) digne des 90's. Malgré des décors généreux et des effets spéciaux lumineux, le tout, implacable au bout des doigts, sent cependant un peu le réchauffé.



**Supports:** PS4, Xbox One (compatible PS5, Xbox Series)

**Genre:** plate-forme 2,5D

**1 joueur, 4 joueurs en local**

**PEGI\***: tout public

**Activision, 50 € environ**

### ODDWORLD NEW 'N' TASTY Abe dépoussiéré

En 1997, le CD-Rom de la PlayStation accueillait le premier jeu utilisant des images de synthèse presque interactives. *L'Odyssée d'Abe* avait alors marqué l'histoire avec son émouvant héros qui parle, rigole et lâche des pets en fuyant une usine abattoir avec ses congénères Mudokons esclaves. Remake total de 2014 respectant à la lettre le gameplay en 2,5D, y compris dans la difficulté, *New 'n' Tasty* n'était pas encore sorti sur la console hybride de Nintendo. Voilà qui est rectifié et quasi indispensable en attendant *Oddworld: Soul Storm*, la suite originale qui se fait prier depuis deux ou trois ans déjà.



**Supports:** Nintendo Switch (déjà sur PC, PS4, Xbox)

**Genre:** plate-forme / casse-tête 2,5D

**1 joueur**

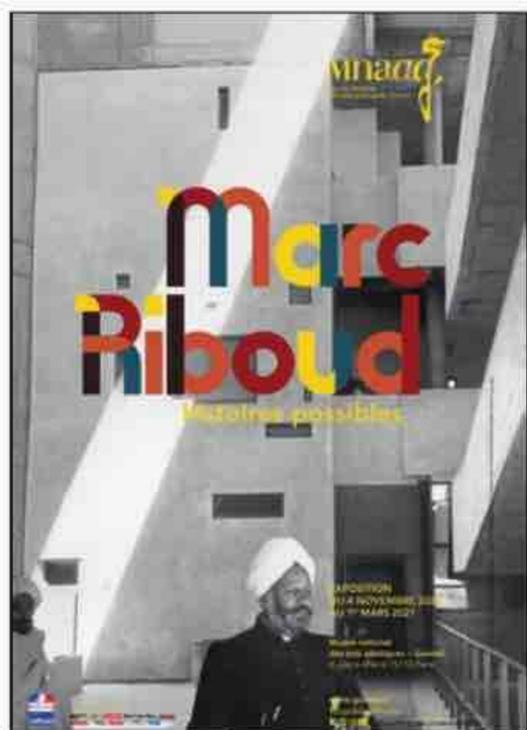
**PEGI\***: à partir de 12 ans

**Microïds, 30 €**

# Sorties & Expos

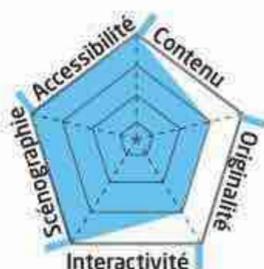
PAR MICHELLE FOUCART-ORSEL

À l'heure où nous écrivons ces lignes, nous ne savons pas si ces expositions seront maintenues et ouvertes au public au mois de février. N'hésitez pas à vous tenir informés sur leurs sites internet.



Paris

## MARC RIBOUD Photographe du monde



Le musée Guimet, à Paris, propose une grande rétrospective du travail photographique de Marc Riboud (1923-2016). Alors qu'il a à peine 30 ans, l'artiste se fait remarquer avec sa prise de vue du « peintre de la tour Eiffel ». Elle lui vaut d'être engagé dans la célèbre agence de presse Magnum Photos, qui l'envoie parcourir le monde pour fournir des images de lieux et de

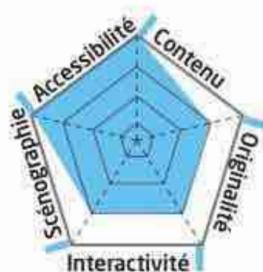
peuples encore peu photographiés à l'époque. Doté d'un sens de la composition et du cadrage à nul autre pareil, Marc Riboud produit des images fortes, comme celle des manifestations contre la guerre du Vietnam où une adolescente défie, une fleur à la main, des soldats pointant des fusils sur elle. Au fil des années, le reporter accumule des milliers de clichés qu'il a souhaité léguer à un musée après sa

mort, négatifs et diapositives compris. En raison de son attachement à l'Asie, son fonds de photos a été remis au musée des Arts asiatiques Guimet, qui expose aujourd'hui 300 pépites issues de l'immense legs. Un tour du monde en images des plus captivants.

« Marc Riboud. Histoires possibles », au musée Guimet (Paris), jusqu'au 3 mai. Tarifs : 11,50 € / 8,50 € (réduit). Plus d'infos sur : [www.guimet.fr](http://www.guimet.fr)

Pont-Aven

## RÉSERVE, OUVRE-TOI! Le choix du public



Àu printemps dernier, alors qu'il était fermé en raison du premier confinement, le musée de Pont-Aven (Finistère) a lancé un

projet participatif original : faire voter le public pour sélectionner les prochaines œuvres à exposer. Celui-ci était invité à donner sa préférence parmi 50 tableaux – tous sur le thème de la Bretagne – issus des réserves du musée. À la réouverture de l'établissement, les visiteurs ont pu découvrir ces œuvres classées de la moins populaire à la plus demandée, dans un parcours qui inclut l'affichage des commentaires émis par les internautes lors de leur vote.



Cette démarche « démocratique » est quelque peu insolite dans l'univers des musées et mérite le détour avec, à la clé, la découverte d'artistes méconnus.

« Réserve, ouvre-toi ! », au musée de Pont-Aven (Finistère), jusqu'au 30 mai. Tarifs : 8 € / 6 € (réduit). Plus d'infos sur : [www.museepontaven.fr](http://www.museepontaven.fr)

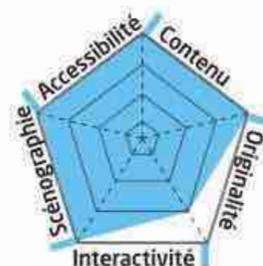
**Derniers jours**

**Lodève**

## DERNIERS IMPRESSIONNISTES La sublime fin d'une époque

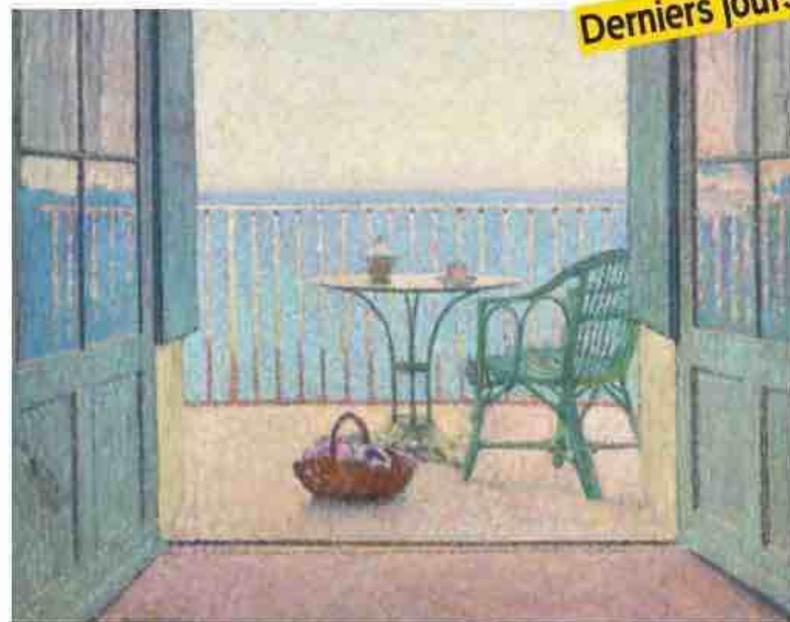


Ceux que l'on a appelés sur le tard « les derniers impressionnistes » sont ces artistes qui ont continué à peindre la nature à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et durant la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, alors que les tendances modernes s'en désintéressaient. Attachés à exprimer une vision sentimentale des choses, ils ont peint des paysages ou



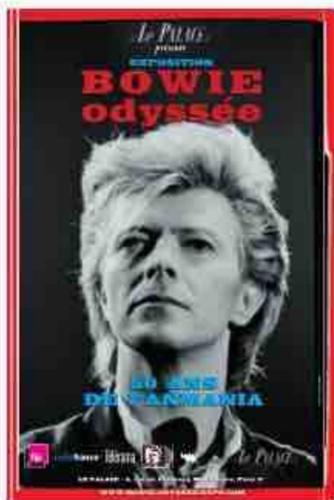
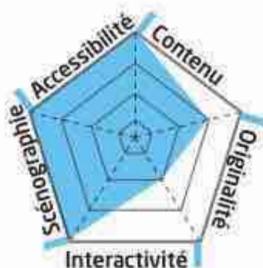
des portraits intimes, empreints d'une grande poésie. Le musée de Lodève (Hérault) présente une exposition d'une rare beauté où les œuvres de ces artistes – Le Sidaner, Aman-Jean, Cottet, Dauchez, Henri Martin... – composent un parcours poétique représentant un monde idéalisé, loin des atrocités qui ont traversé la société à leur époque.

« **Derniers impressionnistes. Le temps de l'intimité** », au musée de Lodève (Hérault), jusqu'au 28 février. Tarifs : de 5 € à 10 €. Plus d'infos sur : [www.museedelodeve.fr](http://www.museedelodeve.fr)



**Paris**

## BOWIE ODYSSÉE Bowiemania



autographes, films, pochettes de disque, affiches, PLV (présentoirs publicitaires) et même l'extrait de naissance de l'artiste ! Cinquante ans de trouvailles conservées par cet admirateur passionné. L'exposition présente aussi un incroyable panel de 45 tours du monde entier (dont on peut admirer les pochettes différentes pour une même chanson) et des galettes sorties des archives de la discothèque de Radio France. Le tout sur fond de musiques inoubliables diffusées par un juke-box. *Let's dance!*

« **Bowie odyssée** », au **Palace (Paris)**, jusqu'au 30 juin. Tarifs : 14 € / 12 € (réduit). Plus d'infos sur : [www.bowie-odysee-expo.com](http://www.bowie-odysee-expo.com)

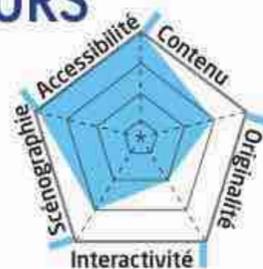
Voilà qui devrait réjouir les fans inconsolables depuis la mort de David Bowie (1947-2016) : une exposition de plus d'un millier d'objets rares en rapport avec le chanteur. La plupart tirés de la cave aux trésors de l'un de ses plus grands collectionneurs, Jean-Charles Gautier : vinyles, photos,

**Bordeaux**

## GUSTAV KLIMT, D'OR ET DE COULEURS Bain de lumière



artistique né en Autriche à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle). Les œuvres des artistes de l'époque, Klimt en tête, et des photos d'architecture de la capitale autrichienne défilent au son de musiques savamment choisies dans ce « plus grand centre d'art numérique au monde ». Vertigineux !



« **Gustav Klimt, d'or et de couleurs** », aux **Bassins de lumières (Bordeaux)**, jusqu'au 31 mars. Tarifs : de 9 € à 13,50 €. Plus d'infos sur : [www.bassins-lumieres.com](http://www.bassins-lumieres.com)

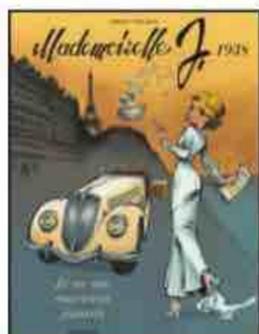
Forts du succès de l'Atelier des lumières, à Paris, et des Carrières de lumière, aux Baux-de-Provence, les concepteurs de ces expositions ont ouvert un nouvel espace à Bordeaux, encore plus grand ! Situé dans l'ancienne base sous-marine de la ville, il offre 14 500 m<sup>2</sup> de surface de projection qui nous immergent dans de splendides images de la sécession viennoise (courant



**BD TOUT PUBLIC**

## MADemoiselle J. 1938 JE NE ME MARIERAI JAMAIS

de Yves Sente (scénario), Laurent Verron (dessin)  
et Isabelle Rabarot (couleurs)



Dupuis, 64 pages,  
15,95 €



### Une journaliste émancipée

Fille d'un amateur de la Compagnie générale transatlantique, Juliette de Sainteloi pourrait, comme bien des bourgeoises de son époque, épouser un riche mari et profiter de la vie. En cette fin des années 1930, la jeune femme rêve pourtant d'un tout autre destin : devenir grand reporter. Reste à convaincre un milieu journalistique encore machiste, pas vraiment prêt à l'accueillir à bras ouverts. Tandis que de l'autre côté de la frontière s'arme l'Allemagne nazie,



Juliette va devoir faire ses preuves professionnelles et déjouer un complot économique-politique impliquant sa propre famille. Un scénario historique

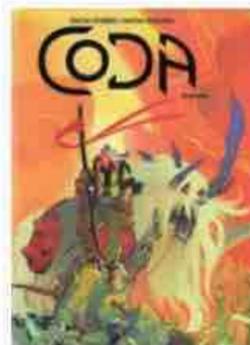
rigoureux, un dessin sensuel et dynamique, des couleurs douces et harmonieuses : tout concourt à faire de ce livre un petit bijou.

**COMICS**

## CODA

de Simon Spurrier (scénario) et Matias Bergara (dessin)

### Une fable héroïco-fantaisiste



Glénat Comics,  
336 pages,  
29,95 €



Plus facile à dire qu'à faire, le troubadour n'ayant en réalité qu'une seule idée en tête : trouver le remède capable de sauver sa bien-aimée...



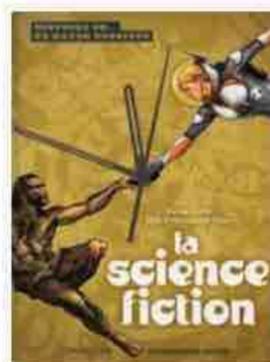
Avec *Coda*, l'écrivain britannique Simon Spurrier et l'illustrateur uruguayen Matias Bergara brosent une fresque taquine et acidulée. Finie pourtant la rigolade. Après la victoire du seigneur Noir, un monde jadis magnifique se désagrège. Hum, un barde pas vraiment causant, à la moralité douteuse mais plutôt attachant, chevauche une licorne mutante au tempérament irascible. Un curieux attelage censé ramener la paix et l'harmonie.

**ENCYCLOPÉDIE BD**

## LA SCIENCE FICTION

de Xavier Dollo (scénario)  
et Dijbril Morissette-Phan (dessin)

### Un ouvrage de référence



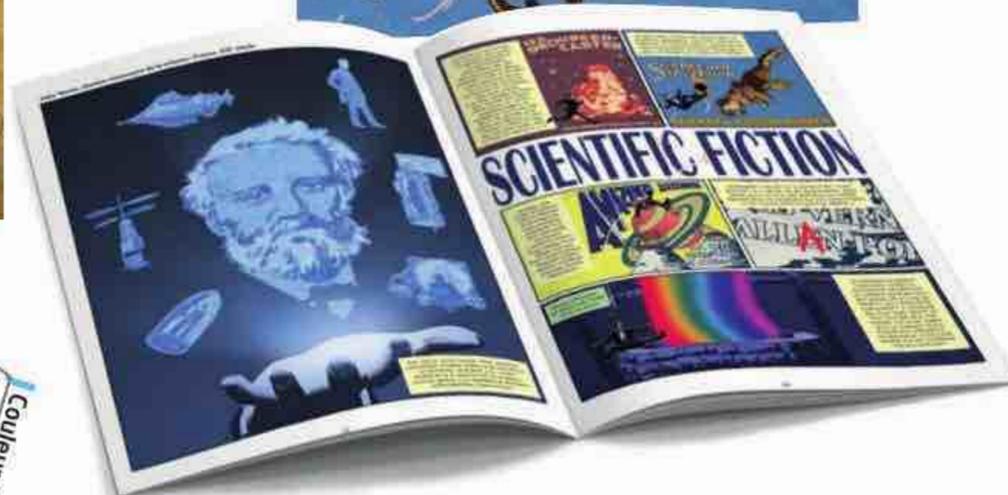
Éditions Critic /  
Les Humanoïdes  
Associés,  
216 pages, 22 €



Du *De la Terre à la Lune* de Jules Verne au *Problème à trois corps* de Liu Cixin, en passant par l'*Astro Boy* de Tezuka ou le *Star Wars*

de George Lucas, toutes les références de la science-fiction défilent comme à la parade. On comprend mieux, dès lors, comment un genre longtemps vilipendé est devenu l'une des composantes

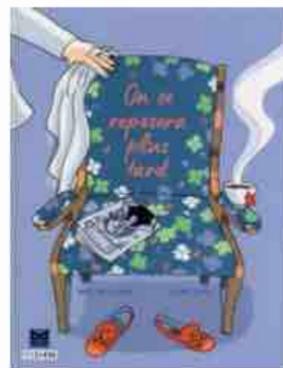
majeures de notre pop culture. Un livre que l'on peut parcourir d'un bout à l'autre ou picorer selon l'envie. Quand le savoir encyclopédique se conjugue avec le plaisir du partage.



**ROMAN GRAPHIQUE**  
**ON SE REPOSERA PLUS TARD**

de Brigitte Luciani (scénario)  
et Claire Le Meil (dessin)

**Une belle énergie**



BD Boum  
et Steinkis,  
128 pages,  
18 €



**O**n a un peu trop souvent tendance à associer vieillesse et repli sur soi. Pas Marie. À 75 ans, cette mamie pratique le yoga, cuisine avec ses copines et fourmille de projets... Jusqu'à ce qu'un accident bête l'oblige à

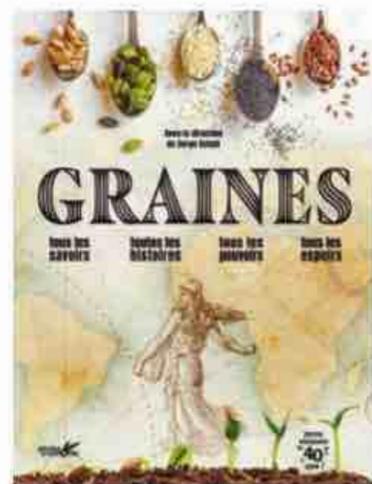
lever le pied... ou plutôt le bras droit, cassé lors d'une chute. La voici installée pour quelques semaines dans une « Marpa », une résidence où elle garde son autonomie. Pas question pourtant de s'apitoyer sur son sort, la septuagénaire partageant bientôt sa joie de vivre avec

les autres pensionnaires. Fruit d'une collaboration entre le Festival BD Boum de Blois et les éditions Steinkis, *On se reposera plus tard* se classe parmi ces livres dont on ressort le sourire aux lèvres. Un roman graphique que l'on offrira peut-être à ses grands-parents ?

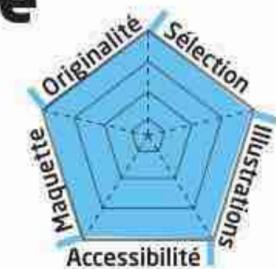
**BEAU LIVRE**  
**GRAINES**

sous la direction de Serge Schall

**Grain à moudre**



Terre vivante et  
Plume de carotte,  
288 pages, 35 €



**U**n livre sur les graines ? A priori nous avons pensé que seuls les jardiniers seraient intéressés, mais vu l'originalité du sujet, nous avons donné sa chance au livre. Et quelle découverte ! Chaque page est un ravissement. Pour les yeux (il n'est que de mentionner le chapitre de photos de

« paysages de graines », de vrais champs d'art et toutes les planches illustrées - cartes, infographies... - ne sont pas en reste) et pour la matière grise, car la connaissance est



partout. On apprend, sur le blé, le maïs, le cacao, le riz, le café, les oléagineuses, les haricots, les épices... mais aussi sur les oiseaux chasseurs de graines, et même sur

les plantes qui se passent de graines ! De l'histoire, de l'économie, de la botanique, de l'agriculture, des superstitions, de la cuisine... On en prend tous de la graine.

**BEAU LIVRE**  
**MISSIONS SUR MARS**

d'Alessandro Mortarino

**Quatre mille ans d'aventure**



Éditions Glénat,  
192 pages,  
39,95 €



**C**haque étape de la découverte de Mars depuis la Terre et chaque mission d'exploration spatiale y sont décrites. Ce qui fait remonter

à 2241 av. J.-C., quand des astronomes chinois l'évoquaient déjà, et nous projette dans l'avenir. Car la conquête de la planète rouge galvanise

aujourd'hui les grandes puissances, voire les entrepreneurs privés tels qu'Elon Musk avec SpaceX. Toutes les données géologiques, physiques,

chimiques sont également consignées. Les photos, cartes, schémas des engins spatiaux participent à l'immersion dans cet univers fascinant.



**BEAU LIVRE****CYBERPUNK****HISTOIRE(S) D'UN FUTUR IMMINENT**

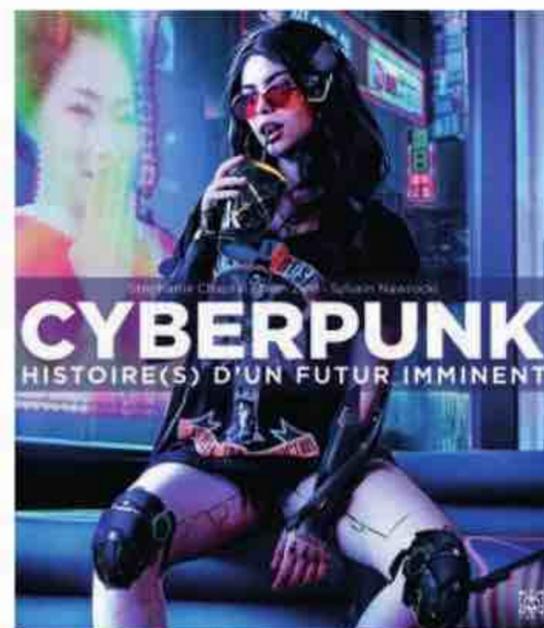
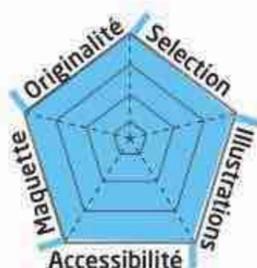
de Stéphanie Chaptal, Jean Zeid et Sylvain Nawrocki

**Cyberpunk is not dead**

Pour vous qui appréciez la rubrique SF de la nouvelle formule de *Comment ça marche*, voici une véritable encyclopédie (très richement illustrée de l'un de ses sous-ensembles, le cyberpunk. Il est défini par ses auteurs comme « genre de la science-fiction qui, dans un futur proche, étudie l'impact de la technologie sur l'humanité ». Les moyens d'exploration sont aussi divers que la littérature (BD comprise),

la série TV, le cinéma, le jeu vidéo et même la musique (d'ailleurs, le punk est bien un mouvement musical à l'origine), tous ici traités, exemples emblématiques à l'appui.

Un livre qui donne une faim de tout lire, voir, jouer ce qui est évoqué. Même reprendre ce qu'on connaissait déjà, à la lumière de ces nouvelles analyses.



Ynnis Éditions,  
208 pages,  
29,90 €

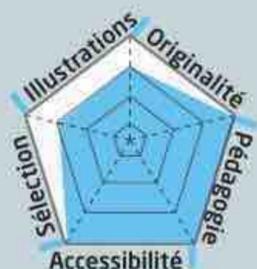
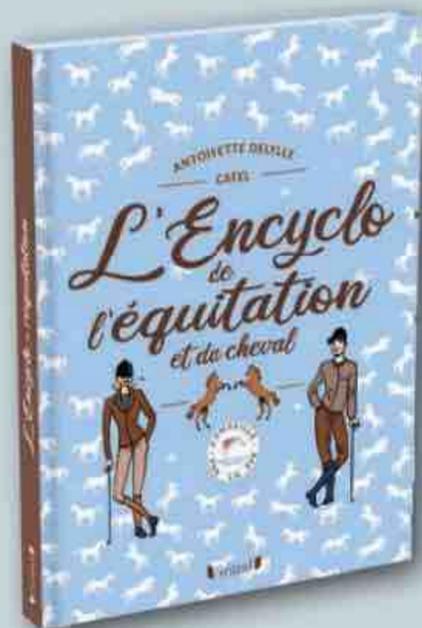
**ET AUSSI...****ENCYCLOPÉDIE****L'ENCYCLOPÉDIE DE L'ÉQUITATION ET DU CHEVAL**

d'Antoinette Delylle et Catel

Que vous vous adonniez déjà à l'équitation ou que vous vous posiez la question de franchir le pas, vous trouverez dans cet ouvrage la plupart des connaissances liées au cheval. Car ce dictionnaire encyclopédique (classement alphabétique)

ne se borne pas à examiner à fond la pratique de cette activité sportive et de loisir, il renseigne sur tout ce qui a trait à l'animal : sa santé et physiologie, ses races, les légendes qui lui sont associées, les champions et championnes qui le montent... En étant à cheval sur la précision!

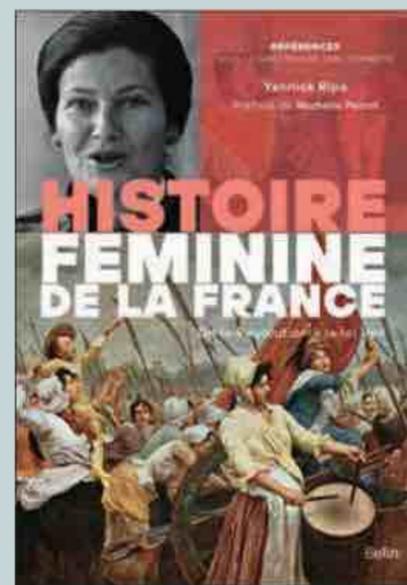
Gründ, 256 pages, 14,95 €

**DOCUMENT ILLUSTRÉ****HISTOIRE FÉMININE DE LA FRANCE**

de Yannick Ripa

C'est symbolique : cette *Histoire féminine de la France* commence en 1789. Depuis l'essor de la Gaule, au cours de l'Antiquité, jusqu'à la Révolution française, quelques siècles ont pourtant passé ! Voyons le verre à moitié plein : en deux siècles (le récit s'achève avec la légalisation de l'avortement en 1975), l'évolution de la condition féminine a été rapide. C'est ce que raconte dans les moindres détails ce livre. Il se lit comme une épopée, d'un trait, ou se picore selon les thèmes qui interpellent. Il demande d'avoir une bonne connaissance de l'histoire de France générale, mais mérite d'être mis entre toutes les mains. L'histoire féminine doit continuer de s'écrire.

Belin, 768 pages, 41 €



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

SF

## Une dystopie terrifiante devenue symbole de la lutte féministe

Partout dans le monde, des activistes pour la défense des droits des femmes portent une cape rouge et une coiffe blanche, inspirées par cette œuvre qui a trouvé un nouvel écho dans l'actualité.

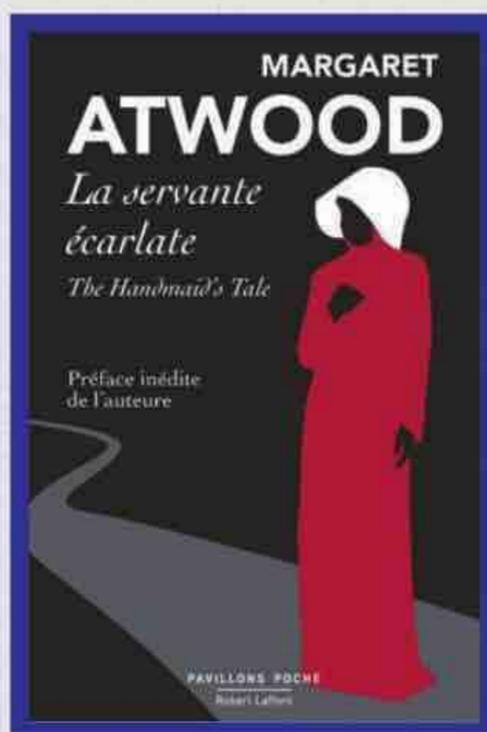
Par Delphine Gaston-Sloan

### L'auteure

Margaret Atwood est née à Ottawa (Canada) le 18 novembre 1939. Fille d'un entomologiste (spécialiste des insectes), elle passe une grande partie de son enfance dans la nature. Fervente lectrice, elle sait dès l'adolescence qu'elle sera écrivaine. Elle étudie logiquement la littérature à l'université, fréquente même la prestigieuse Harvard (États-Unis) grâce à une bourse, puis devient professeure de fac. Après avoir publié de la poésie, elle sort à 30 ans son premier roman, *La Femme comestible*, l'histoire d'une femme devenue incapable de se nourrir depuis qu'elle s'est fiancée.

### Ses prémonitions

Le phénomène engendré par son adaptation en série télévisée a transformé l'œuvre en manifeste féministe à l'ère de #MeToo. On a même vu certaines militantes revêtir la tenue rouge caractéristique des servantes écarlates pour manifester contre les prises de position misogynes ou conservatrices en matière d'avortement de l'administration Trump, notamment. Cette fiction rappelle la fragilité des droits acquis.



## LA SERVANTE ÉCARLATE

de Margaret Atwood,  
roman canadien publié en 1985

### L'histoire

Dans la République de Gilead, une dictature théocratique imaginaire d'Amérique du Nord (société où le pouvoir est d'ordre divin), la baisse de la natalité a engendré une nouvelle politique : les femmes encore fertiles ont été arrachées à leur vie et réduites en esclavage sexuel. Placées dans des familles de hauts dirigeants, elles sont violées par l'homme de la maison, afin de porter sa descendance. Defred est l'une de ces « servantes écarlates » (référence à leur uniforme rouge). Elle nous décrit son quotidien et évoque son passé.

### Les adaptations

Le roman est porté au cinéma par l'Allemand Volker Schlöndorff en 1990, mais c'est sa transposition en série télévisée, depuis 2017, sous le titre original *The Handmaid's Tale*, qui a marqué les esprits et même relancé l'intérêt pour le livre. Au point de pousser Margaret Atwood à écrire une suite en 2019, *Les Testaments*. Multirécompensée, la série diffusée par la plateforme Hulu a déjà connu trois saisons ; la quatrième est attendue courant 2021.

### Le contexte

Atwood prend la plume pour écrire cette dystopie (fiction décrivant une société imaginaire ayant viré au cauchemar) en 1984, une année impossible à détacher du roman de George Orwell, classique du genre. L'écrivaine confirme qu'il l'a inspirée. Elle vit alors à Berlin-Ouest, où le « mur de la honte » témoigne à chaque instant que tout peut arriver, n'importe où, au gré des circonstances. D'ailleurs, elle se borne à agréger des faits ayant déjà eu lieu dans l'histoire, quelque part.



## 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.



### FACILE

### DIFFICILE

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

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

## C'est quoi ?

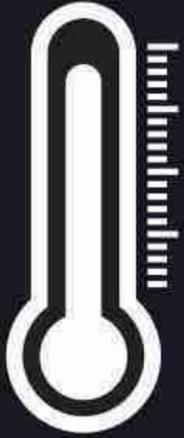
Devinez ce qui se cache derrière ce détail de photo agrandie.



Solutions dans le n° 125

# Les chiffres du mois

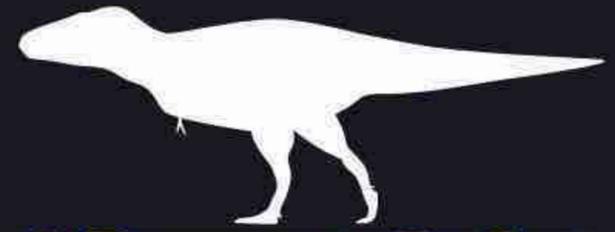
Ce que nous avons appris en préparant ce numéro...



## 1 100 °C

*C'est la température à laquelle on fond le verre pour fabriquer une bouteille*

La calotte du Groenland a perdu l'équivalent de **6 piscines olympiques** de glace rien qu'en 2019



## 13 m et 8,9 t

*Telles sont les mensurations du plus grand et plus vieux tyrannosaure jamais découvert. Son petit nom? Scotty!*

Les débris les plus dangereux en orbite mesurent entre

## 1 et 10 cm



## 40 ANS

*C'est le triste anniversaire des premiers cas de sida déclarés aux États-Unis*

## 5,5 km/h

*C'est la vitesse de progression d'un brise-glace*

En France **28%**

*des chercheurs... sont des chercheuses*

## 6 ANS ET DEMI

*C'est l'âge auquel est morte la brebis Dolly, premier mammifère cloné*



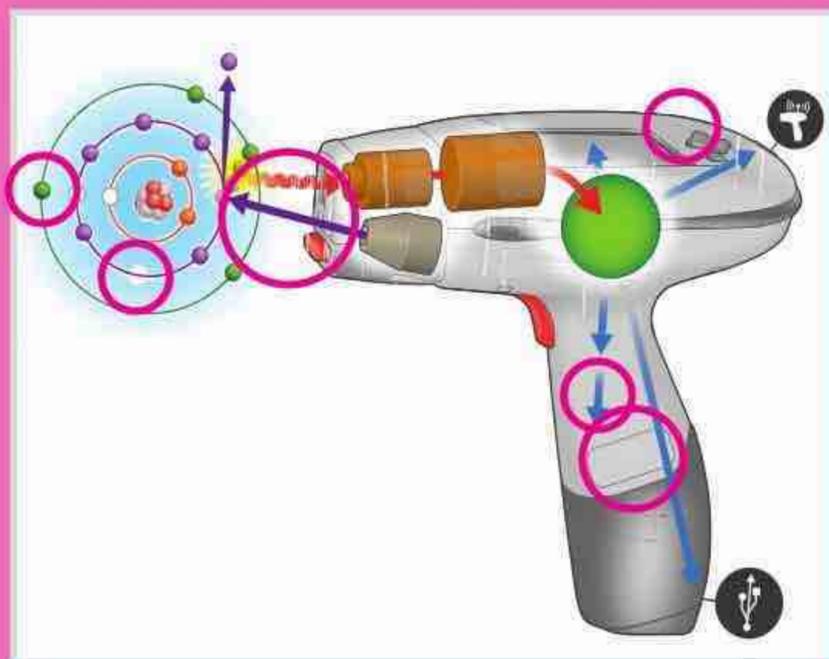
**8 000 guerriers d'argile** composent l'armée de terre cuite de l'empereur Qin



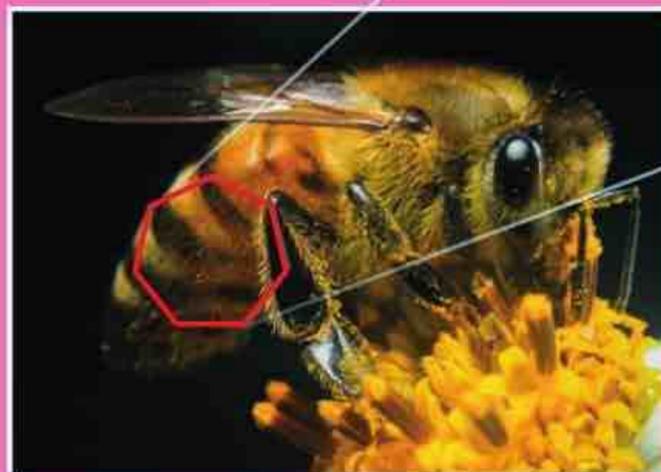
*On dit que l'amour dure **3 ans...** La science n'est pas d'accord!*

# Solutions du numéro précédent

## Les 6 différences



## C'est quoi ?



Une abeille



De la bière et sa mousse

### 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 Quéro (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 :

Laurène Bertelle, François Bliss de la Boissière, Marc Branchu, Hélène Colau, Louna Esgueva, Gisèle Foucher, Delphine Gaston-Sloan, Patrick Gaumer, Lise Gougis, Juliette Loiseau, Victoria Milhomme, Sophie Noucher, Sylvie Redon-Clauzard, 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 :** 01 87 15 42 39  
Marion Stastny (Directrice marketing, partenariats et business development),  
Patricia Danan (Directrice de publicité),  
Barbara Valdès (Directrice de clientèle),  
Hélène Levitre (Chef de publicité),  
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 :

En cours.  
Loi du 16 juillet 1949 sur les publications destinées à la jeunesse.

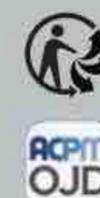
#### ISSN : 2557-3306.

Dépôt légal à parution.  
Tous droits de reproduction réservés sauf autorisation écrite préalable © Comment ça marche.  
Les coordonnées de nos abonnés sont communiquées à nos services et aux organismes liés contractuellement à Comment ça marche sauf opposition écrite. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès et de rectification dans le cadre légal. Ce magazine est édité sous licence de la société anglaise

Future Publishing Limited.  
Tous les droits d'utilisation liés à la licence, incluant le nom How It Works appartiennent à Future Publishing Limited et ne peuvent être reproduits, en partie ou dans leur intégralité, sans consentement préalable écrit et délivré par Future Publishing Limited. © Future Publishing Limited. www.futureplc.com

FUTURE

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



# FAUT-IL EN FINIR AVEC LA VIANDE?



■ DÉCRYPTER : LES MALADIES  
AUTO-IMMUNES

■ EXPLORER : LA CONQUÊTE  
SPATIALE EN 10 DATES

■ INNOVER : LES VOITURES  
À HYDROGÈNE

■ OBSERVER : LES MARSUPIAUX,  
SEIGNEURS DE L'AUSTRALIE

■ RACONTER : LE VOYAGE  
DE DARWIN

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

# DÉCOUVREZ AUSSI...

// GESTES BARRIÈRES Gare au relâchement // CHANDELEUR Nos meilleures recettes

RÉPONSE À TOUT

# RÉPONSE À TOUT!

LE MAGAZINE QUI ENRICHIT LA VIE

CONCOURS

À GAGNER  
DES BONS D'ACHAT  
DE 100€  
spartoo.com



SANTÉ

Quelles sont ces  
maladies transmises  
par les animaux?



BIEN-ÊTRE

20 TECHNIQUES  
ANTI-STRESS  
à adopter d'urgence

TÉMOIGNAGES

À 50 ans, ils se sont  
rencontrés sur le Net



www.reponseatout.com

UNIQUE  
HERITAGE  
MEDIA  
N°368  
Février 2021

## NOS ASTUCES DE RADINS POUR ÉCONOMISER à coup sûr!



L 17050 - 124 S - F. 4,50 € - RD

