

**Technologie** p.12

# Démystifier les IA génératives

**Internet** p.37

# Les fonctionnalités cachées de Google Maps



**EDIWALL**





# ÉDITO

## Écris-moi...

TEXTE: GÉRALDINE TRAN - RÉDAC'CHEF • PHOTOS: ©TECH HENDRA - STOCK.ADOBE.COM - TITRE, ID PHOTO/VIGNETTE



**L'**intelligence artificielle est actuellement un sujet de débat et d'intérêt majeur dans le monde entier. D'un côté, les avancées technologiques en matière d'IA promettent des possibilités infinies pour améliorer notre quotidien, en rendant nos tâches plus efficaces et en apportant des solutions à des problèmes complexes. Cependant, cette technologie soulève également des inquiétudes quant à l'avenir de l'humanité et à l'impact sur l'emploi, l'éthique et la vie privée. Il est donc crucial que nous réfléchissions de manière critique et responsable à l'utilisation de l'IA et que nous mettions en place des réglementations et des garde-fous pour éviter les dérives. En tant que société, nous devons trouver un équilibre entre l'exploitation des avantages de l'IA et la préservation de notre humanité et de nos valeurs fondamentales. Nous devons également investir dans la recherche et l'éducation pour mieux comprendre et maîtriser cette technologie en constante évolution. L'avenir de l'IA est entre nos mains et il est de notre responsabilité de l'utiliser de manière responsable pour le bien de tous.

Comment trouvez-vous cet éditto sur l'intelligence artificielle ? Plus court et un peu plus formel que si je l'avais écrit moi-même, non ? C'est sans doute parce que je ne l'ai pas écrit, *ChatGPT* l'a fait pour moi ! Tout ça pour vous annoncer qu'une nouvelle rubrique IA verra le jour dès le prochain numéro ! Vous n'êtes pas sans le savoir, elle connaît un développement extrêmement rapide, les applications ne se comptent plus. Et - ça, vous ne le savez peut-être pas - la Wallonie performe dans ce domaine high tech, dont notre Département du Développement technologique en est non seulement le témoin mais aussi un précieux soutien et un acteur-clé. Cependant, comme tout progrès, l'intelligence artificielle soulève de nombreuses questions (éthiques, économiques, sociologiques, environnementales...), auxquelles nous tenterons de répondre. D'ici là, je vous souhaite une année en bonne santé, riche de nouvelles et étonnantes découvertes. 

 **! WE NEED YOU !** 

Vous, ou quelqu'un de votre entourage, exercez un métier passionnant, qui gagne à être connu ? Vous avez envie de transmettre votre enthousiasme à nos lecteurs dans la rubrique «L'ADN de...» ?

→ N'hésitez pas à nous envoyer un mail à

[geraldine.tran@spw.wallonie.be](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)

**PS:** Vous aurez constaté un retard dans l'envoi des magazines depuis quelques temps. Il ne s'agit bien que d'un retard. Rassurez-vous, Athena continue sa route et son évolution et arrivera toujours dans votre boîte aux lettres. Nous connaissons actuellement quelques soucis administratifs. Nous faisons notre possible pour les résoudre et pour que tout rentre dans l'ordre en 2024 !



# SOMMAIRE

Le mag scientifique

364

Novembre-Décembre 2023



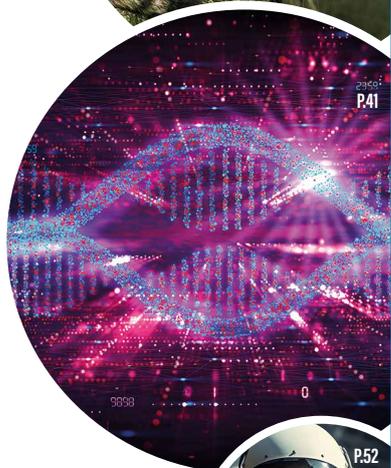
P.7



P.18



P.29



P.41



P.52

- 4 **Actualités** • Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe
- 10 **Wall'InnoVe Tour** • TheraVet
- 12 **Technologie** • Démystifier les IA génératives
- 16 **L'ADN de...** • Laurent Maréchal, Prof de maths
- 18 **Société** • Inégalités de genre: une question d'économie
- 22 **Dossier** • S'échapper du carcan des mauvais scripts
- 28 **Colombe** • Aussi barje que *Barje*, elle nous partage son regard acéré sur l'actu scientifique
- 29 **Curiokids** • Matou, minou, minet...
- 35 **Qui est-ce ?** • Dorothy Vaughan
- 37 **Internet** • *Google Maps*: ses fonctionnalités cachées
- 41 **Chimie** • Le procédé Merrifield
- 43 **Biologie** • Plongez au cœur des cellules et de la vie
- 47 **Physique** • Vers le haut ou vers le bas ?
- 49 **Espace** • Quoi de neuf dans l'espace ?
- 50 **Astronomie** • Petite balade tête dans les étoiles
- 52 **Espace** • L'Inde, bientôt 4<sup>e</sup> puissance mondiale du spatial ?
- 55 **À lire** • À lire avec nos enfants
- 59 **Agenda** • À voir, à tester, à cliquer, à lire...



TEXTE : THIBAUT GRANDJEAN - GRANDJEAN.THIBAUT@GMAIL.COM

PHOTOS : ©RUSANA - STOCK.ADOBE.COM (P.5), ©NARONG - STOCK.ADOBE.COM (P.5),

©BC MATERIALS (P.7), ©TOOPI-ORGANICS.COM (P.7), ©AVE CALVAR (P.8),

©IRYNA - STOCK.ADOBE.COM (P.8)

## Prix Nobel 2023: entre ARNm et électrons

**E**n automne tombent les feuilles et les prix Nobel. Ces prestigieuses récompenses délivrées chaque année par l'académie de Suède viennent récompenser ceux qui ont apporté «le plus grand bénéfice à l'humanité», par leurs inventions, découvertes et améliorations dans différents domaines de la connaissance.

Cette année, le prix Nobel de médecine vient récompenser les travaux de la Hongroise Katalin Kariko et l'Américain Drew Weissman, dont les travaux ont rendu possibles les vaccins à ARN messenger (ARNm). L'ARNm est une copie de l'ADN qui est lue par la cellule pour être traduite en protéines. Dès les années 1980, certains chercheurs ont vu là un moyen puissant de fabriquer des vaccins. Il suffirait d'injecter au corps humain un ARNm codant pour un antigène, les protéines caractéristiques qui sont présentes à la surface des pathogènes comme les virus ou les bactéries, afin d'être directement reconnu par le système immunitaire. Malheureusement, cette technique a longtemps échoué car les globules blancs considèrent cet ARNm comme étranger, donc dangereux, et le détruisent aussitôt. Le coup de génie a consisté à remplacer une des 4 molécules qui constituent l'ARNm, l'uracile, par de la pseudouridine. L'ARNm contient alors le même message, mais passe inaperçu, et nos cellules peuvent alors le traduire en protéine avant de le présenter au système immunitaire. Facile sur le papier, moins en réalité, et il a fallu toute la persévérance de Katalin Kariko, vice-présidente de *BioNTech* de 2013 à 2022, face à un monde scientifique qui jugeait ses travaux peu utiles.

Place maintenant au domaine de l'infiniment petit et l'infiniment rapide. Le prix Nobel de physique vient récompenser les travaux de la Franco-Suédoise Anne L'Huillier, le Français Pierre Agostini et l'Austro-Hongrois Ferenc Krausz pour avoir développé des impulsions extrêmement courtes de lumière qui peuvent être utilisées pour mesurer les déplacements

des électrons. Observer les électrons est indispensable si l'on veut comprendre comment fonctionne la matière, mais leur rapidité est telle que cela n'est longtemps resté qu'un rêve. La solution est venue d'une propriété importante des électrons: le changement d'énergie. En effet, lorsqu'on apporte de l'énergie à des électrons, par exemple via un laser puissant, ces derniers s'excitent, puis se désexcitent instantanément en relarguant l'énergie sous forme d'onde lumineuse à très haute fréquence. En mesurant la fréquence de ces ondes, on serait alors capable de les suivre à la trace. Mais comment mesurer quelque chose d'aussi petit qu'une attoseconde, la plus petite unité de temps mesurable ? Car il y a autant d'attosecondes dans une seconde qu'il s'est écoulé de secondes depuis le commencement de l'Univers ! Deux chercheurs ont réussi à créer des flashes d'attosecondes dont ils connaissaient précisément la durée. À la manière d'un stroboscope en boîte de nuit, ils peuvent alors suivre le déplacement des électrons. Grâce à ces observations précises, les chercheurs mènent de nouvelles expériences, comme casser une liaison chimique ou en recréer une ailleurs.

Le prix Nobel de chimie, quant à lui, vient récompenser le Français Mounqi Bawendi, l'Américain Louis Brus et le Russe Alexei Ekimov, pour «la découverte et la synthèse de points quantiques». Selon les lois de la mécanique quantique, chaque particule est à la fois un corps, avec une taille et une masse, et une onde, avec une intensité et une fréquence. Et c'est cette fréquence qui détermine la couleur de la lumière émise par ces particules. En emprisonnant des électrons dans une cage de quelques milliers d'atomes, on peut alors jouer sur la couleur émise en modulant la taille de la cage. Plus la cage est étroite, plus la fréquence des électrons est élevée, et la lumière tirera vers le bleu. À l'inverse, desserrer la cage les fait émettre une lumière plus rouge, et ainsi de suite avec toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Cette technologie est déjà à l'œuvre dans les écrans QLED, et en imagerie biomédicale.

## L'ACTU DES LABOS

## Les bourdons d'Europe ont le bourdon

**E**n raison du changement climatique et de la dégradation des habitats, les populations d'insectes déclinent fortement en Europe. Mais si les abeilles font régulièrement la Une des pages science, il ne faudrait pas oublier d'autres insectes pollinisateurs importants comme le bourdon. Un groupe de chercheurs des universités de Mons, de Bruxelles (ULB et VUB) et de Louvain (KUL et UCLouvain) viennent de publier une étude montrant que les bourdons ont perdu plus de 45% de leur population depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle, et que ce déclin devrait au moins durer jusqu'en 2080, en raison de la diminution d'au moins 30% de terres viables. La Scandinavie deviendrait alors une terre de refuge. En effet, les bourdons, en raison de leur adaptation au froid et contrairement aux abeilles qui ne sortent de leur ruche qu'au-delà d'une certaine température, sont particulièrement importants pour la pollinisation des cultures. En tout, près de 90% des plantes sauvages et des cultures dépendent des insectes pollinisateurs pour se reproduire. Il est donc crucial de lutter au plus vite contre ce phénomène. **A**

► Ghisbain et al., *Nature*, 2023



## Le cacao, pas si fairtrade

**A** l'heure actuelle, alors que la production de cacao a doublé au cours des 30 dernières années, au point de devenir un des 10 plus grands facteurs de déforestation, notamment en Afrique de l'Ouest, elle est trop peu gérée de façon durable. Selon une étude menée par des chercheurs de l'UCLouvain et de la Vrije Universiteit Amsterdam, à peine un quart du cacao commercialisé au niveau mondial est cultivé sous un mode de développement durable. Selon les chercheurs, une partie du problème vient de la concentration de cette industrie. En effet, 7 multinationales se partagent 62% du marché, et les résolutions prises ne s'attaquent pas aux vrais problèmes. Ainsi, ces firmes passent souvent par des négociants nationaux, auxquels ces engagements ne s'appliquent pas. À ce titre, selon les chercheurs, le faible taux de traçabilité et de transparence dans la filière cacao constitue un obstacle majeur: 22% seulement des négociants nationaux déclarent être en mesure de retracer ne fût-ce qu'une partie de leur cacao jusqu'aux coopératives agricoles, et seulement 8% divulguent ouvertement l'identité de leurs fournisseurs. **A**

► Para-Paitan et al., *Global Environmental Change*, 2023



## Enrayer l'agressivité tumorale

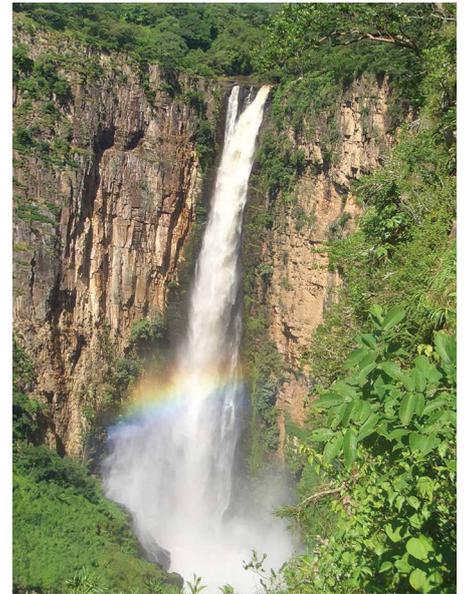
**I**l existe dans le corps humain des mécanismes extrêmement utiles mais qui peuvent parfois se retourner contre lui, par exemple lors d'un cancer. C'est le cas de la transition épithélio-mésenchymateuse (EMT), un système qui permet aux cellules de se détacher des cellules voisines et de migrer dans l'organisme, que ce soit au cours de la formation de l'embryon ou de la cicatrisation. En cas de cancer, l'EMT peut se réactiver, ce qui rend les tumeurs à la fois plus agressives et plus résistantes à la chimiothérapie, tout en leur permettant de développer des métastases. Une équipe de l'ULB a découvert qu'un anticorps monoclonal développé à l'Université de Lyon permettait d'inhiber un gène clé de l'EMT, et ainsi limiter la propension des tumeurs à développer des métastases. Actuellement en cours sur des patientes atteintes d'un cancer de l'utérus, de nombreux cancers sont potentiellement concernés par cette découverte, du cancer de la peau à celui du poumon, en passant par tous ceux du tube digestif. **A**

► Lengrand et al., *Nature*, 2023

## Des preuves de l'usage du bois il y a 500 000 ans

**L'**Âge de Pierre est décidément bien mal nommé. Cette période, qui a commencé il y a plus de 3 millions d'années avec l'apparition des premiers outils en pierre, s'achève avec l'Âge du Bronze, environ 3 000 ans av. J.C. Mais une équipe internationale de l'Université de Liverpool, l'Université d'Aberystwyth et de l'Université de Liège a mis à jour, sur le site de Kalambo Falls en Zambie, des structures en bois datant d'au moins 476 000 ans. Cette découverte, rare en raison de la difficulté de préservation du bois, représente la plus ancienne preuve au monde de la fabrication délibérée de rondins pour les assembler. Elle illustre de façon spectaculaire que bien avant l'apparition d'Homo Sapiens, les premiers hominidés nous ressemblaient déjà beaucoup, en travaillant des structures complexes. Elle force les chercheurs à complètement repenser l'histoire de la technologie, car jusqu'ici, elle n'admettait que la fabrication d'objets simples comme les lances. Le site de Kalambo Falls est sur une liste « indicative » de l'UNESCO pour devenir un site du patrimoine mondial en raison de son importance archéologique. **A**

► Bahram et al., *Nature*, 2023



### EN BREF

Selon une étude menée par l'UMons, en collaboration avec les hôpitaux EpiCURA, Saint-Pierre et Foch (Paris), l'intelligence artificielle est certes capable d'émettre des diagnostics et de suggérer des examens complémentaires pertinents, mais elle n'est pas encore capable de se substituer à un regard humain. En soumettant à l'IA les symptômes, antécédents, médicaments et données de l'examen clinique des patients, celle-ci a donné un diagnostic plausible et correct dans 63,5% des cas.

► Lechien et al., *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2023

En septembre dernier, l'ULB a inauguré l'*European Plotkin Institute for Vaccinology* (EPIV) à Bruxelles, une initiative conjointe avec l'Université d'Anvers. Ce nouvel institut doit permettre aux 50 chercheurs d'étudier le système immunitaire humain et ses interactions avec les virus et les bactéries dans toute leur complexité, et de développer de nouvelles approches contre des pathogènes anciens et émergents. Cet Institut est également équipé d'une capacité de testing à haut débit activable en cas de nouvelle pandémie.

Le *Locus Coeruleus* (LC) est la principale source de noradrénaline dans le cerveau et régule notamment les phases d'éveil en stimulant les neurones. Une équipe de l'ULiège a montré qu'une activité intense du LC lors d'une tâche donnée avait pour conséquence un sommeil de moins bonne qualité chez les personnes de plus de 50 ans. Cette découverte pourrait expliquer pourquoi certaines personnes deviennent progressivement insomniaques avec l'âge.

► Koshmanova et al., *JCI Insight*, 2023

## Une crise des valeurs

**L**es crises environnementales que l'on traverse ont bien des causes: toujours plus de gaz à effet de serre, toujours plus de déforestation et de plastique dans les océans... Mais à l'origine de tout cela se trouve un conflit de valeurs, et de la façon même dont on considère la Nature: vivier de ressources à exploiter pour les uns, garante de notre survie pour les autres. Selon une étude menée par des chercheurs de l'UNamur, c'est bien parce qu'un ensemble étroit de valeurs, qui considère avant tout la Nature pour ses valeurs marchandes, que toutes les décisions politiques se sont révélées inaptes à résoudre les crises climatiques et de la biodiversité. Selon les auteurs de l'étude, il est impératif de s'écarter de l'orientation actuelle du monde, qui valorise uniquement la croissance économique, pour également prendre en compte ses autres contributions, telles que l'adaptation au changement climatique ou l'alimentation des identités culturelles. Les chercheurs, qui s'appuient sur l'examen de plus de 50 000 publications scientifiques, documents politiques et sources de connaissances autochtones et locales, notent tout de même certaines améliorations, comme le cadre mondial pour la biodiversité Kunming-Montréal. **A**

► Unai, P et al., *Nature*, 2023

**THE BIODIVERSITY PLAN**  
For Life on Earth

## L'ACTU INNOVATIONS

## Une plateforme citoyenne pour l'ADN numérique

**P**eut-être avez-vous déjà tenté l'expérience: frotter votre bouche avec un coton-tige, le placer dans un sachet sécurisé et hop, direction la boîte postale la plus proche. Pour quelques centaines d'euros, certaines firmes vous proposent d'analyser votre ADN pour y détecter le risque de développer une maladie grave, ou vous dévoiler le pourcentage de sang viking qui coule dans vos veines. Problème, ces sociétés sont souvent situées en dehors d'Europe et impossible donc de savoir ce qu'elles font de votre ADN une fois collecté. *Eonix*, une spin-off de l'UCLouvain, vient de recevoir un financement de 3,2 millions d'euros du SPW Recherche afin de développer un coffre-fort sécurisé permettant aux citoyens d'y stocker leur ADN numérique, une première en Europe. Ce projet, baptisé GLORIA, doit permettre d'y effectuer des analyses et des profilages de risques pour des maladies complexes et certaines maladies rares, tout en protégeant les données des citoyens. **A**

 <https://eonix.be/>



## Retour à la terre

**L**e secteur de la construction est un véritable gouffre écologique. À lui seul, il est notamment responsable de près de 40% des émissions mondiales de gaz à effets de serre, de 50% de la consommation totale des ressources naturelles et de 35% de la production totale des déchets ! Par exemple, chaque année en Belgique, ce sont 37 millions de tonnes de terre qui sont excavées. La start-up *BC Materials* a alors eu l'idée de récupérer cette terre inutilisée pour la transformer en brique de construction. Récupérée directement depuis les chantiers bruxellois, mélangée à un peu de sable et d'argile puis compactée sans cuisson, ces nouvelles briques émettent 90% de CO<sub>2</sub> en moins par rapport à une brique classique en terre cuite, et peuvent supporter une pression de 9 MPa, soit l'équivalent d'un immeuble de 13 m de hauteur. Lancée modestement en 2018, *BC Materials* passe aujourd'hui au stade supérieur, en industrialisant son processus, et produit désormais entre 150 et 300 palettes de briques par jour. En 2022, l'entreprise a d'ailleurs été primée au *Belgian Construction Award*. **A**

## Valoriser l'urine humaine

**L**es engrais de synthèse qui ont permis l'agriculture intensive depuis les années 1950 sont principalement composés d'azote et de phosphore, 2 composants largement présents dans... l'urine humaine ! Une start-up française, *Toopi Organics*, a mis au point un procédé qui stabilise l'urine afin d'éviter la formation d'odeurs et ainsi permettre sa réutilisation en tant que biostimulants dans l'agriculture. Dénommé *Lactopi Start* et distribué en Belgique par la *société coopérative agricole de la Meuse*, ce fertilisant a été commercialisé au printemps 2023 et a permis de fertiliser 400 ha de betteraves, de maïs, de chicorée et de pommes de terre. Les retours sont très positifs et un deuxième lot pour les cultures d'automne, colza et céréales, est disponible. Forte de son succès, la société va construire 2 usines de transformation d'une capacité d'1 million de litres par an chacune, dont une près de Liège. Utilisable en agriculture bio, la collecte de l'urine humaine permet à la fois d'éviter le gaspillage de l'eau potable et de réduire l'apport d'engrais de synthèses produits par l'industrie minière et pétrolière. Abandonné avec la révolution verte, le recyclage de l'urine était pourtant en usage au début du 20<sup>e</sup> siècle, et concernait près de la moitié des urines de la ville de Paris. **A**



## Les drones ont aussi droit à leur réalité augmentée

**A** lors que certains misent sur la réalité virtuelle et le métavers, d'autres ne jurent que par la réalité étendue, cette couche d'informations virtuelles se superposant au réel par le biais d'un casque ou de lunettes. Ainsi, la start-up bruxelloise *VoxelSensors* a dévoilé en mai dernier des *switching pixels*, des capteurs 3D à très faible consommation et latence. En combinant un capteur laser à un pixel à 3 dimensions, un voxel, ce dispositif scanne en temps réel l'environnement pour y rajouter des informations supplémentaires. Comme si on avait devant les yeux un écran transparent capable d'analyser notre environnement et attirer notre attention sur un véhicule dangereux, un objet brûlant, ou pour nous guider pas à pas dans l'élaboration d'une recette. Preuve que cette technologie intéresse beaucoup de monde, la start-up participe désormais à un projet européen visant à intégrer sa technologie dans des drones. En y associant l'IA, le but de ce projet dénommé SPEAR est de créer des drones résilients et autonomes, capables de reconnaître leur environnement et de s'y adapter sans s'appuyer sur un guidage humain. **A**

 <https://voxelsensors.com>

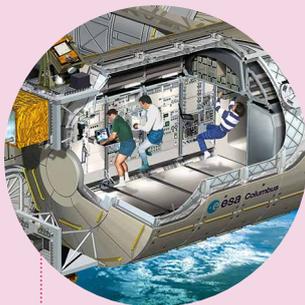


## Un essai clinique remarquable

**P** our communiquer entre elles, les cellules de notre organisme peuvent utiliser des exosomes, c'est-à-dire des petites bulles nanométriques de graisse contenant en leur sein des molécules signales, des protéines ou encore de l'ARN messenger. Les capacités de ciblage extrêmement précises de ces vésicules en font un objet de recherche important. La firme *Exo Biologics*, située dans la province de Liège, a lancé en ce sens le premier essai clinique utilisant des exosomes produits par des cellules souches de cordon ombilical. Les vésicules produites par ces cellules renferment des molécules promouvant la réparation et la régénération tissulaire. Or, l'essai clinique est précisément destiné à tenter de prévenir la dysplasie bronchopulmonaire (DBP), une maladie fréquente chez les nourrissons prématurés. En effet, avant 32 semaines d'aménorrhée, le développement des alvéoles pulmonaires du fœtus n'est pas terminé et la moindre agression, comme une mise sous oxygène ou une réanimation, peut altérer la maturation. La DBP est un facteur de risque important de mortalité chez le prématuré et de séquelles neurologiques, des troubles respiratoires apparaissant fréquemment dans l'enfance et jusqu'à l'âge adulte. **A**

## En Bref

Alors que les Belges consomment chaque année en moyenne 150 bouteilles de plastique, ces dernières étaient, jusqu'il y a peu, recyclées à l'étranger faute de solutions locales. La première usine belge de recyclage du PET a vu le jour près de Charleroi. Baptisée *FILAO*, cette entreprise ambitionne de recycler chaque année 33 500 tonnes de bouteilles en plastiques, soit 70% de ce qui est récolté dans les sacs bleus.



Le module *Columbus* de la Station Spatiale Internationale, le lanceur *Vega* ou encore le télescope *Euclid* lancé cet été... Tous ces engins spatiaux embarquent à leur bord *SPACEBEL*, le logiciel de la firme belge du même nom qui fête cette année ses 35 bougies. Avec plus de 50 missions spatiales à son actif, *SPACEBEL* est un acteur aujourd'hui incontournable de la conquête spatiale.

La Belgique, l'Allemagne et les Pays-Bas ont déposé une candidature conjointe pour accueillir le futur télescope souterrain européen *Einstein*. Ce dernier aura pour but de détecter les ondes gravitationnelles prédites par *Einstein*, entendre les trous noirs entrer en collision et acquérir des connaissances sur les débuts de l'univers.



## INTERVIEW

## Médaille d'argent pour notre candidate belge

Doctorante à l'UCLouvain, Maëlle Bottin a terminé deuxième de la grande finale internationale du concours *Ma Thèse en 180 secondes*, après avoir remporté la finale belge. L'intitulé de sa prestation: «*La nuit, tous les anions sont gris*». Mais pourquoi diable traquer des anions ?



### Pourquoi chercher une méthode pour sélectionner les anions ?

Les anions sont des molécules extrêmement variées. Dans le vivant, beaucoup de molécules comme les protéines ou l'ADN sont chargées négativement. Il est donc très difficile de réussir à les détecter et les quantifier de façon fiable, en particulier en milieu biologique. Au final, c'est un peu le but de ma thèse: servir de base à de futures applications capables de reconnaître les anions au sein des cellules.

### Pourquoi est-ce si difficile de reconnaître les anions ?

Il existe plein de méthodes pour reconnaître les anions, mais aucune n'est universelle. Elle n'est pas la même en fonction qu'on

ait affaire à des chlorures, des sulfates... Ensuite, il y a souvent des interférences avec d'autres anions, et on doit par exemple prétraiter les échantillons, avant de pouvoir les quantifier.

### Pouvez-vous nous parler des récepteurs que vous confectionnez ?

Je travaille vraiment à un niveau fondamental, pour tenter d'établir des règles de sélectivité, c'est-à-dire le moyen de sélectionner tel ou tel anion. Et pour cela, on s'inspire des protéines du vivant, en utilisant des acides aminés pour construire des grosses molécules au sein desquels il y a une cavité, cavité dans laquelle va venir se fixer les anions. Mais ce sont des conditions de laboratoire, encore bien loin des conditions du monde extérieur. <sup>A</sup>



La prestation de Maëlle en vidéo :

<https://youtu.be/1NP7SCxQqQ4?feature=shared>

## DATA

6,5 %

«Il est permis de douter que beaucoup d'autres animaux aient joué dans l'histoire du globe un rôle aussi important que ces créatures d'une organisation aussi humble». Ainsi parlait Charles Darwin des vers de terre, lui qui leur a consacré un ouvrage entier, après les avoir observés des années durant. Et si leur intérêt dans le maintien de la fertilité des sols tend aujourd'hui à être redécouvert, une étude a récemment quantifié leur rôle dans notre économie actuelle. Selon les chercheurs, les lombrics participeraient à environ 6,5% de la production mondiale de céréales (maïs, riz, blé, orge) et à 2,3% de la production de légumineuses, soit plus de 140 millions de tonnes par an. Autrement dit, s'ils étaient un pays, les vers de terre en seraient le 4<sup>e</sup> producteur mondial ! Pour citer un autre grand auteur, «C'est une étrange fatalité que nous devons éprouver tant de peur et de doute pour une si petite chose.» (JRR Tolkien).



## COUP D'CRAYON

VINCE - VINCENT\_DUBOIS@ME.COM

Pour un certain nombre d'espèces, la fenêtre annuelle d'accouplement est particulièrement courte, de quelques semaines à seulement quelques heures. Pour cette raison, les grenouilles mâles ont bien souvent un comportement agressif en forçant les femelles et en s'agrippant à elles. Chez les espèces dites à reproduction explosive, il n'est pas rare qu'une femelle succombe, littéralement, à ces assauts. Alors pour y échapper, les grenouilles femelles ont développé plusieurs stratégies. Certaines s'enfuient dès qu'un mâle approche, tandis que d'autres imitent le cri que font les mâles et qui indiquent qu'ils sont bien du genre viril, et qu'il est inutile de leur faire la cour. Mais d'autres encore (près d'un tiers !) ont adopté la technique de «l'immobilité tonique». Autrement dit, elles font les mortes... ! Des résultats qui font dire aux scientifiques que les femelles grenouilles sont loin les êtres passifs et sans défense que l'on imagine parfois.



# WALL'INNOVE TOUR: arrêt sur TheraVet

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE

PHOTOS : JANNOOND28/FREEPIK + PHOTOMONTAGE (P.10), THERAVET/ ©JULES TOULET-13 (P.11)

**THERAVET**

## CARTE D'IDENTITÉ

**CRÉATION:** 2017

**SIÈGE SOCIAL:**

av. Jean Mermoz, 32 bte 1,  
6041 Gosselies

**SECTEUR**

**D'ACTIVITÉS:**

Biotechnologie vétérinaire

**MEMBRES**

**DE L'ÉQUIPE:**

12

**CONTACT:**

071 96 00 43

info@thera.vet

 [www.thera.vet](http://www.thera.vet)

## Il était une fois...

Une entreprise créée pour soigner des animaux de compagnie. *TheraVet* a été fondée en 2017 par Enrico Bastianelli, un médecin devenu multi-entrepreneur en biotechnologie humaine, puis vétérinaire. Elle est spécialisée dans le développement de traitements innovants et ciblés à destination des chiens, chats et chevaux, souffrant de maladies des articulations et des os, comme l'arthrose, les lésions ligamentaires et tendineuses, ainsi qu'en cas de chirurgie osseuse chez ces animaux. Elle possède une expertise dans le développement de produits vétérinaires, de la formulation à la production, en passant par l'évaluation préclinique, clinique et réglementaire. *TheraVet* commence à développer ses activités aux États-Unis, à travers une filiale créée en 2019 et basée alors au Texas. Aujourd'hui, le siège est en Caroline du Sud. «*Les États-Unis constituent un marché très important pour l'entreprise, par sa taille, le nombre d'animaux de compagnie et les dépenses pour ceux-ci*», souligne Enrico Bastianelli. Après une levée de fonds pour lancer ses premiers produits et afin d'accélérer

le développement de ses gammes, la société lève environ 7 millions d'euros en 2021. La même année, elle est introduite en bourse. En 2022, un accord de distribution exclusif aux États-Unis est signé pour la gamme *Biocera-Vet* avec une société nord-américaine qui conçoit, développe et commercialise des produits orthopédiques et des dispositifs médicaux vétérinaires. «*Le lancement commercial de cette ligne aux États-Unis était l'un de nos principaux objectifs*.» La même année, la société optimise sa stratégie commerciale en France avec un nouvel accord de distribution. Début 2023, l'entreprise signe un accord de distribution exclusif avec *Vetpharma*, société leader dans la commercialisation de produits et services vétérinaires. Une avancée certaine pour la distribution de cette même gamme, désormais disponible sur les 5 continents, soit dans 24 pays comptant un total de plus de 150 millions de chiens. «*Des pays où la prise de conscience augmente, et tout particulièrement dans les pays scandinaves, l'Australie, le Japon, l'Afrique du Sud et le Brésil*.»

## ...l'envie d'innover

*TheraVet* se concentre sur le développement de traitements innovants pour les indications orthopédiques et ostéo-articulaires. La société travaille principalement avec 2 centres de recherche en Wallonie, le CER à Marche-en-Famenne en province de Luxembourg et le Certech à Seneffe, dans la province du Hainaut. *Biocera-Vet* est une gamme complète de produits de complément osseux phosphocalciques

auto-durcissants injectables, fabriquée à base de phosphate de calcium, aux propriétés d'ostéo-intégration, d'ostéo-induction et de remodelage osseux renforcées. «Ces substituts osseux innovants, faciles à utiliser, sont indiqués dans les chirurgies osseuses nécessitant une greffe, ainsi que dans la prise en charge palliative de l'ostéosarcome canin, précise Enrico Bastianelli. Basée sur des résultats cliniques très prometteurs, cette gamme de produits permet une évolution vers une chirurgie orthopédique plus simple et plus efficace.» Elle se décline en plusieurs lignes: un ciment prêt à l'emploi à base de phosphate de calcium hautement injectable et auto-durcissant, un greffon osseux naturellement ostéo-conducteur, un substitut osseux à base de phosphate de calcium biocompatible et abordable et un substitut osseux prêt à l'emploi à base de phosphate de calcium hautement injectable pour cimentoplastie. Ainsi dotée, TheraVet compte bien pénétrer avec force le marché des allogreffes osseuses qui représente 23% du marché des substituts osseux aux États-Unis et 13% en Europe et au Royaume-Uni. Début 2023, la société a annoncé le début de l'évaluation de *Biocera-Vet* dans le traitement du kyste osseux chez le cheval par une approche mini invasive, grâce à sa collaboration avec un médecin néerlandais spécialisé en chirurgie équine de réputation européenne. «On parle de 200 000 chevaux infectés chaque année dans le monde. Un marché important. Nous visons l'Europe et les États-Unis, mais aussi l'Asie où nous ne sommes pas encore présents», complète le CEO. La société poursuit l'évaluation de cette gamme dans un nouveau programme clinique.

Dans le pipeline de *TheraVet* se trouve également *Visco-Vet*, une gamme polyvalente d'antalgiques avec des anti-inflammatoires. Ce gel injectable intra-articulaire est réalisé à base d'acide hyaluronique, de plasma spécifique d'espèce et d'un composant pharmaceutique actif. La biotech wallonne a franchi avec succès les premières étapes réglementaires pour ce produit avec le Centre de médecine vétérinaire de la *Food and Drug Administration (FDA)* des États-Unis. «Nous en sommes aux essais cliniques. Actuellement, les traitements de l'arthrose chez le chien, soit se limitent à la gestion de la douleur sans traiter la maladie elle-même, soit relèvent de la chirurgie. Le but de cette étude est de confirmer que notre gamme offre une solution sûre et efficace pour les chiens souffrant d'arthrose.» Avec à la clé, un important marché outre-Atlantique.

Aujourd'hui, la stratégie de *TheraVet* consiste à renforcer son portefeuille de produits. «C'est notre priorité. D'abord, en renforçant le caractère innovant et unique de nos produits. Et ce, en ciblant

certaines indications particulières pour lesquelles on estime être quasiment les seuls à pouvoir offrir ce type de traitement. C'est le cas de l'approche mini-invasive pour les chevaux qui ne peut se faire que si l'on dispose d'un substitut osseux hautement injectable. Sur le marché, nous sommes quasiment les seuls à pouvoir offrir ce type de ciment. C'est aussi valable pour l'ostéosarcome, le cancer du chien le plus fréquent et très grave. Nous venons avec une procédure unique, la cimentoplastie, qui permet un soulagement de la douleur et de la boiterie chez l'animal, une amélioration de la qualité de vie et, combinée à la chimiothérapie, avec des résultats encourageants.»

La société a lancé dernièrement un réseau de centres de référence dédiés à l'ostéosarcome, ce qui permet aux propriétaires de chiens de pouvoir entrer en contact avec des centres capables d'offrir ce type de traitement. «Cette plateforme s'étend déjà dans plusieurs pays d'Europe et aux États-Unis.» Par ailleurs, elle a récemment lancé un substitut osseux à libération locale et prolongée d'antibiotiques. «Ce nouveau ciment à mélanger à des antibiotiques est le premier de sa classe à répondre réellement aux besoins des vétérinaires», ajoute le CEO. 



## QUI EST ENRICO BASTIANELLI, FONDATEUR ET CEO ?

**M**édecin anatomo-pathologiste de formation, Enrico Bastianelli quitte la médecine après sa spécialisation pour entrer dans l'industrie, plus particulièrement le secteur pharma, durant quelques années. Il entame alors son parcours d'entrepreneur au sein d'une société basée à Paris, où il restera 4 ans, avant de rentrer en Belgique et de fonder *Bone Therapeutics*, une société de thérapie cellulaire osseuse spécialisée dans la réparation et la prévention des fractures, qu'il dirige et quitte après 10 ans. Il lance alors *TheraVet*. Pourquoi s'écarte-t-il de la médecine humaine ? «C'est un domaine qui me semblait, en tout cas au moment où j'ai quitté *Bone Therapeutics*, être fort en demande de traitements. J'ai fait presque toute ma carrière dans le domaine ostéo-articulaire sur différents types de produits, que ce soit des médicaments ou des dispositifs médicaux. Du fait d'être en contact avec ce domaine thérapeutique a émergé en moi l'idée que la médecine vétérinaire, les animaux de compagnie en particulier, éventuellement les chevaux aussi, étaient en besoin de traitements innovants. Avec les compétences que j'avais acquises durant toutes ces années avec mon équipe, je pouvais en offrir pour améliorer la qualité de vie, la prise en charge d'animaux de compagnie. C'est ainsi qu'ils sont sortis de cette réflexion.»



# Démystifier les IA génératives

**Certains pensent qu'elles vont révolutionner le cours de l'humanité, d'autres qu'elles vont en précipiter la chute... Le moins que l'on puisse dire, c'est que les Intelligences Artificielles Génératives comme *Midjourney*, *DALL-E* ou *ChatGPT* déchaînent les passions technologiques. Mais derrière le buzz, que cachent ces drôles d'outils à portée de clavier ?**

TEXTE : THIBAUT GRANDJEAN - GRANDJEAN.THIBAUT@GMAIL.COM

PHOTOS : © ODIN AI - STOCK.ADOBE.COM (P.12), © PARINPIX - STOCK.ADOBE.COM (P.13),

© JING - STOCK.ADOBE.COM (P.14), © APPLE (P.15)

**V**ous pouvez demander à *ChatGPT* la date de naissance de Napoléon Bonaparte, de vous fournir une recette à partir de ce qu'il vous reste dans le frigo ou un programme de remise en forme suite à une maladie, il le fera. Sans jamais rechigner, à toute heure du jour ou de la nuit, et dans un français impeccable, sans faute d'orthographe. Vous pouvez aussi demander à *Dall-E* (prononcez Dali) ou *Midjourney* la photo apaisante d'un ruisseau forestier bordé de rochers et de mousse, et là encore, quelques secondes plus tard, s'affichera sous vos yeux l'image demandée. La facilité déconcertante avec laquelle ces nouveaux outils dénommés «Intelligences Artificielles Génératives» répondent à nos demandes est bluffante. Tellement bluffante qu'elle fait penser aux propos de l'écrivain de science-fiction Arthur C. Clarke, l'auteur de *2001: L'Odyssée de l'espace*, qui disait que «*toute technologie suffisamment avancée est indiscernable de la magie*».

De magie il n'en est bien sûr pas question, car les réseaux de neurones sur lesquels sont basées ces technologies ont été imaginés il y a plus de 70 ans. «*Dès les débuts de l'intelligence artificielle dans les années 1950, 2 traditions se sont opposées*, raconte Hugues Bersini, Professeur d'informatique et co-directeur du Laboratoire de recherche sur l'IA de l'ULB, *IRIDIA. L'IA symbolique et logique, basée sur des règles, et l'IA basée sur une architecture dite en réseaux de neurones. La première a longtemps prédominé. Pour trouver une solution à un problème, elle se basait sur les règles édictées par le programmeur. Par exemple, pour*

*qu'une IA conduise un véhicule, il s'agissait avant tout de modéliser l'environnement, de formaliser la conduite en langage mathématique, etc. Mais cette sorte d'IA, même si elle a eu quelques succès, comme pour la conception des correcteurs orthographiques ou du meilleur itinéraire possible sur une carte, s'est heurtée à des obstacles comme la reconnaissance des formes ou la perception visuelle.»*

L'IA en réseaux de neurones, nommée ainsi parce que son mode de fonctionnement s'inspire de la façon dont fonctionnent nos propres neurones, est donc petit à petit revenue à la mode dans les laboratoires dans les années 2000, aidée par le développement technologique. *«Les réseaux de neurones ont eu soudain accès à la fois à une puissance de calcul et à une quantité de données issues d'Internet, que ce soient des textes ou des images, inimaginables dans les années 1950»,* indique Hugues Bersini.

## Des as des probabilités

Les réseaux de neurones, contrairement aux IA symboliques, n'obéissent pas à des règles préétablies et doivent trouver la solution à un problème par leurs propres moyens. Mais alors, comment sont-elles capables de rédiger un texte cohérent et sensé ou de créer de toute pièce une photo du Pape François en doudoune blanche ? *«Les IA génératives sont des outils probabilistes, dont le but est de créer des données qui ressemblent à ce qu'elles ont vu avant, explique Jérôme Fink, doctorant à l'UNamur et spécialiste des réseaux de neurones. Par exemple, si l'on souhaite créer un nouveau visage humain, on donne à la machine 3 000 visages, pour qu'elle s'entraîne ensuite elle-même à en reconnaître les caractéristiques et ainsi en créer un nouveau.»*

Et que ce soit pour une image ou pour un texte, la méthode est sensiblement la même. *«Dans le cas de ChatGPT par exemple, la société OpenAI a récolté sur Internet tous les textes possibles et en a masqué certains mots, développe Jérôme Fink. L'IA avait alors pour objectif de les retrouver, comme dans un exercice de texte à trous. Elle a donc dû apprendre des concepts et tirer profit du contexte. Par exemple, s'il est écrit que mélanger de la farine, des œufs et du lait en telles proportions donne une pâte à crêpes, mais que l'on masque le mot "crêpes", elle a appris, en s'inspirant des autres textes qu'elle a ingurgité, comment est composée une pâte à crêpes. Mais bien sûr, sans avoir aucune notion de ce qu'est une crêpe ou de la farine.»*

Cependant, si cette technique se révèle extrêmement puissante pour générer de nouveaux

textes et images, elle n'est pas sans rencontrer quelques limites. La première tient à la manière dont les réseaux de neurones se nourrissent de ces données. *«Combiner des textes ne signifie pas pour autant en combiner la véracité, avertit le Pr Bersini. Le savoir contenu dans Wikipedia a beaucoup nourri ChatGPT et sur de nombreux sujets généraux comme les sciences, il s'agit d'un savoir stabilisé. Mais on ne peut pas en dire autant de sujets plus sensibles ou en évolution, comme la politique ou l'histoire. Et les IA n'ont aucune conscience de ce qui est vrai ou non.»*

## ChatGPT a été entraîné pour modéliser le langage avant tout. Il a donc été conçu pour générer du contenu non pas vrai ou faux, mais simplement plausible

Ainsi, selon un exemple qui a fait le tour d'Internet il y a quelques mois, et suite à la question d'un utilisateur, *ChatGPT* expliquait très sérieusement comment trouver des œufs de vaches. *«Cela est lié au fait d'essayer de tirer de nouvelles données à partir des données existantes, sourit Jérôme Fink. Autrement dit, si on demande à la machine quelque chose qu'elle n'a jamais vu, alors elle va commencer à avoir des comportements erratiques.»*

## Produire des faits

Selon Benoît Frenay, Professeur d'informatique à l'UNamur, qui intervient régulièrement auprès d'étudiants pour donner des cours sur *ChatGPT*, il faut insister sur le fait que ces modèles sont entraînés pour modéliser le langage avant tout, et non répondre à des questions. *«ChatGPT est un produit dérivé qui est presque un accident de parcours, insiste-t-il. Il a donc été conçu pour générer du contenu non pas vrai ou faux, mais simplement plausible. Ainsi, en interrogeant l'IA*





sur une théorie conspirationniste, celle-ci m'a cité comme preuve un reportage de la RTBF. Une source convaincante... sauf que ce reportage n'a jamais existé ! Autrement dit, si on cherche à produire des faits, il faut se méfier de ces outils. D'autant que nous, les êtres humains, avons tendance à faire confiance à quelqu'un qui parle bien et qui a l'air sûr de ce qu'il dit.»

L'autre limite majeure de ces machines réside dans la nature même des données qui ont servi à les entraîner. «Une partie du succès de ces algorithmes réside dans le fait qu'ils sont capables de s'entraîner tout seuls, poursuit Benoît Frenay. Donc, cela pose d'abord la question dont elles se représentent les choses. Si pour nous, un visage est composé de 2 yeux, un nez, une bouche, etc., nous n'avons aucune idée des critères qui, pour elles, sont constitutifs de ce visage. Ensuite, puisque toutes les images d'Internet peuvent servir de données, on va retrouver dedans une quantité non négligeable d'images pornographiques, avec des corps et des visages répondant à des critères esthétiques bien spécifiques.» Avec pour conséquence, selon le chercheur, une représentation biaisée du corps des femmes.

Et ce problème se pose également dans le corpus de textes utilisé pour l'entraînement de ChatGPT. «L'une des grandes accusations menées à l'encontre de ces IA est d'amplifier les inégalités dont souffre la société, reproche Hugues Bersini. Si vous demandez à ChatGPT un texte comprenant un médecin, il y a 9 chances sur 10 que ce médecin soit un homme blanc, alors même qu'il y a plus de femmes que d'hommes sur les bancs des facultés de médecine.»

## Une question de société

Ainsi, au-delà de la technique qui se cache derrière ces outils, il faut également pouvoir questionner leur utilité et les usages qui peuvent en être faits par les utilisateurs. «Je pense que nous devons questionner le prix à payer pour pouvoir utiliser ces outils au niveau sociétal, songe Benoît Frenay. Car en permettant avant tout à des Occidentaux de

catégories socio-professionnelles supérieures de produire plus, ces technologies aggravent en réalité les fractures actuelles que sont la fracture numérique, la fracture Nord-Sud, et celle de l'accès au capital.» Une fracture d'autant plus nette que la dématérialisation d'une tâche signifie souvent en réalité l'invisibilisation d'un travail toujours effectué par des mains humaines. En effet, pour améliorer les réponses de l'algorithme suite à sa première phase d'entraînement, les textes produits par ChatGPT ont été annotés par des personnes recrutées au Kenya. Texte après texte, ces travailleurs ont été exposés des mois durant à des documents particulièrement durs, décrivant des propos haineux, violents et dégradants. L'affaire est actuellement débattue au Parlement kényan.

Enfin, il faut souligner que l'impact des IA génératives est également énergétique. À lui seul, le réseau de neurones à la base de ChatGPT a été entraîné à l'aide de 10 000 unités de traitement graphique. «Or, la phase d'entraînement du modèle LaMDA de Google, qui a servi de base pour l'IA d'OpenAI, avait consommé à lui seul l'équivalent de 400 ménages pendant un an, retrace Benoît Frenay. Autrement dit, pour ChatGPT, on est sûrement à plus d'1 million d'euros d'électricité rien que pour son entraînement. Mais il faut ajouter à cela le coût d'utilisation. Sajjad Moazeni, professeur à la University of Washington, estime par exemple que les centaines de millions de requêtes faites chaque jour à ChatGPT consomment environ 1 million de kWh, soit l'équivalent de 33 000 ménages américains sur la même journée ! Sans oublier toute l'énergie nécessaire en amont pour construire les data centers et les ressources matérielles pour le faire fonctionner et le refroidir. Malheureusement, il est très difficile d'obtenir des chiffres officiels de la part d'OpenAI sur ces questions.»

## Ouvrir le capot

En raison de l'impact que ces outils peuvent avoir sur la société, un certain nombre de

chercheurs plaident pour que le code source qui régit l'algorithme soit accessible à tous. «À l'heure actuelle, ni le modèle de ChatGPT, ni les données utilisées pour son entraînement ne sont en libre accès, ce qui signifie que nous sommes incapables d'identifier les biais présents dans la machine, ce qui est extrêmement grave», alerte Benoît Frenay. Ouvrir le code et les données d'entraînement permettrait donc à minima à la communauté scientifique d'auditer la machine. «Il faut avant tout rappeler que personne, pas même ses concepteurs, ne comprennent véritablement comment et pourquoi ChatGPT est aussi performant, remarque Hugues Bersini. Dans un premier temps, les académiciens devraient donc avoir accès au code pour participer à la correction des biais et petit à petit permettre à l'algorithme de mieux fonctionner. Car si rien n'est fait, les données produites par l'IA d'aujourd'hui risquent de nourrir l'IA de demain. Cela formerait un cercle vicieux où l'on risque d'amplifier les biais au lieu de les corriger.»

Pour autant, cette ouverture des données n'est en aucun cas une solution miracle. «ChatGPT comporte 175 milliards de paramètres, rappelle Jérôme Fink. En dehors de Microsoft, propriétaire d'OpenAI, et des GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon) de manière générale, personne n'a de machine assez puissante pour faire tourner ce réseau de neurones. Par exemple, Meta, la maison-mère de Facebook, a mis en libre accès son propre modèle de langage, LLaMA, destiné à concurrencer chatGPT. Moi-même, j'ai téléchargé LaMa sur mon ordinateur. Mais il me faut une demi-heure pour générer un mot ! Le mouvement open source gagne donc des adeptes, mais on ne peut pas uniquement compter sur la bonne volonté de la communauté pour résoudre tous les problèmes.»

En dépit de toutes les questions soulevées par ces machines, une course à la taille s'est engagée dans le monde. Sidérée par le succès de ChatGPT, chaque multinationale s'efforce de développer son propre agent conversationnel. «Il y a une sorte de pensée magique qui consiste à croire que rendre ces systèmes plus gros va, comme par magie, faire disparaître tous les problèmes, regrette Benoît Frenay. Mais ce n'est guère scientifique, voire même, d'après certaines recherches, contre-productif.»

Et Jérôme Fink de conclure: «Il faut se rendre compte que ces systèmes sont très nouveaux et nous n'avons pas assez de recul pour les évaluer. Pour l'instant, l'intelligence artificielle est encore largement du domaine de l'alchimie et il serait bon que cela devienne de la chimie, c'est-à-dire une discipline rigoureuse.» 

## TECHNO-ZOOM

En Janvier 2024 sortira la dernière création d'Apple, le *Vision Pro*. Présenté comme un «ordinateur spatial», il s'agit d'un casque que l'on chausse comme des lunettes de ski et qui projette, devant vos yeux, vos applications, vos pages web, vos photos et vos films. Mais contrairement à un casque de réalité virtuelle qui vous aspire tout entier dans un monde qui n'existe pas, le *Vision Pro* n'occulte pas votre environnement et vous pouvez continuer à vous déplacer à votre guise. L'ordinateur lui-même a été compacté pour se glisser derrière les yeux de l'utilisateur, une prouesse rendue possible par les nouvelles puces M1 et M2 et qui équipent déjà les nouveaux *MacBook*. Et pour naviguer entre les différents programmes et sur Internet ? Il vous suffit de regarder et bouger les doigts, comme sur un smartphone.

Sur le papier, comme dans les vidéos de promotion de la firme, l'objet est impressionnant, une sorte d'aboutissement de ce que nous promet la science-fiction depuis des années: des écrans qu'on ne verrait même plus, des images projetées devant nous comme si nous y étions et la possibilité d'effacer complètement le monde autour de soi pour plonger dans une bulle de zénitude, faite de grands espaces désertiques ou de mers infinies, bercées par le ressac. La firme à la pomme a même prévu de projeter sur votre casque une simulation de votre regard, afin de pouvoir continuer à interagir avec vos proches, sans enlever le casque. Un avantage mais également un risque, car alors même qu'il nous est parfois difficile de lever le nez de nos smartphones pour se confronter à la vie réelle, que restera-t-il de nous lorsque nous pourrions littéralement vivre à l'intérieur ? Comment s'inquiéter de la déforestation amazonienne alors que l'on peut vivre toute la journée dans une simulation de forêt vierge de toute présence humaine ? *Apple Vision* promet «d'étendre notre monde». On s'inquiète aussi qu'il ne le réduise un peu plus...



POUR EN SAVOIR PLUS



# L'ADN de...

## Laurent Maréchal

### Prof de maths

master est requis. Beaucoup de profs de maths ont une formation d'ingénieur ou bio-ingénieur, informatique, physique... Il faut encore ensuite obtenir une agrégation pour l'enseignement (AESI pour l'enseignement secondaire inférieur, AESS pour le secondaire supérieur, CAPAES pour l'enseignement supérieur ou doctorat pour enseigner à l'université).

#### **Vous travaillez actuellement au Collège Saint-Quirin de Huy, mais quelle est votre journée-type ?**

J'arrive à l'école 10 minutes avant le début de mon premier cours. Si besoin, je passe par mon casier à la salle des profs récupérer des copies pour les cours de la journée. Ensuite, je me rends en classe. Les cours s'enchaînent et je profite des éventuelles heures de fourche pour préparer les cours à venir ou les prochaines interrogations. Un horaire complet dans le degré supérieur compte 20 périodes de 50 min (22-24 dans le degré inférieur). À cela, il faut parfois rajouter quelques heures (bénévolat) de remédiation ou de cours de préparation à l'enseignement supérieur.

#### **Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs « scientifiques » ?**

C'est avec mon papa que j'ai découvert les sciences. Il était ingénieur en aéronautique et aimait beaucoup nous parler de son métier. Il avait à cœur d'expliquer le fonctionnement des choses et de nous transmettre sa curiosité scientifique. C'est ce qui m'a poussé à m'inscrire dans l'option « Math-sciences » en secondaire. Ma maman est infirmière et j'ai une sœur qui est médecin oncologue. Nous sommes donc tous les 4 dans le domaine scientifique !

#### **Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ?**

Pour moi, il y en a 2: d'une part, réussir à donner un cours collectif en tenant compte du rythme



**Recto**

#### **Professeur de mathématiques, c'est une vocation que vous avez depuis tout petit ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ?**

Non, mais j'ai toujours su que je m'orienterais vers un secteur scientifique. J'ai entamé mon bachelier en sciences mathématiques parce que j'aimais les maths mais sans trop savoir où ça me mènerait. C'est au cours d'un stage, lors de mon master en didactique, que j'ai découvert l'enseignement et que j'ai su que j'en ferais mon métier.

#### **Comment devient-on professeur de mathématiques ?**

Il y a plusieurs parcours possibles en fonction du niveau dans lequel on veut enseigner. Dans le cas de l'enseignement secondaire supérieur, un diplôme universitaire de niveau

d'apprentissage et des difficultés de chacun. D'autre part, réussir à vulgariser un sujet pour qu'il soit compréhensible par tous. Pour cela, il faut parvenir à se mettre à la place des élèves qui découvrent une matière qui nous paraît, personnellement, évidente.

### Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ?

Je n'ai pas un grand objectif de carrière. Ma réussite professionnelle, je la ressens chaque année sous différentes formes. Soit dans l'accompagnement d'un élève en difficulté dans le but de l'aider à surmonter ses difficultés, soit dans la transmission de ma curiosité mathématique, lorsqu'un élève me pose une question qui va plus loin que la matière. À ce moment-là, on sent qu'on

est arrivé à ce qu'on voulait avec l'élève, créer de l'intérêt, chercher à comprendre la logique des étapes.

### Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ?

De ne pas se décourager malgré les commentaires souvent négatifs que l'on entend au sujet de l'enseignement. C'est un métier prenant, qui demande de l'investissement personnel et beaucoup de patience mais qui est extrêmement gratifiant. 



Laurent Maréchal

ÂGE: 33 ans

SITUATION FAMILIALE:  
Marié

PROFESSION: Professeur de mathématiques secondaire supérieur au Collège Saint-Quirin de Huy (Province de Liège)

FORMATION: Bachelier en licence mathématiques, Master à finalité gestion, master à finalité didactique

MAIL: l.marechal@st-quirin.be

Verso

### Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ?

Je ferais sûrement un métier manuel mais je ne sais pas trop lequel exactement. Une chose est sûre, j'aime savoir comment une chose fonctionne et je trouve extrêmement gratifiant de la construire de A à Z. J'ai pu l'expérimenter dans la rénovation de notre maison. C'est toujours chouette de découvrir de nouvelles choses...

### Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et qu'en feriez-vous ?

L'omniscience: je suis très curieux et j'adore tout comprendre, tout savoir.

### Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ?

J'en ai déjà un ahah ! Mais je continuerais à faire ce que je fais: partager au mieux mes connaissances mathématiques à ceux qui ont soif d'apprendre.

### Je vous offre un laboratoire, vous plancheriez sur quoi en priorité ?

Ce serait plutôt une micro-brasserie alors. Développer ma propre bière, ce serait sympa !

### Je vous transforme en un objet du 21<sup>e</sup> siècle, ce serait lequel et pourquoi ?

Un vélo. À côté des maths, je suis assez sportif et c'est un moyen simple et efficace de voir du pays.

### Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ?

J'adorerais faire une croisière dans les fjords norvégiens. La Scandinavie m'a toujours beaucoup attiré.

### Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde, qui rencontreriez-vous et pourquoi ?

Ma femme me dit souvent que je ressemble à Harry Kane (un footballeur anglais). En bon fan de football, ça me plairait de le rencontrer.

### La question «a priori»: à l'heure où les technologies peuvent tout faire, les maths ne sont peut-être plus aussi essentielles ?

Les mathématiques ne sont peut-être pas essentielles à tout le monde mais n'oublions pas que, derrière toute cette technologie, ce sont souvent des mathématiques qui sont cachées. Pensons par exemple aux cryptages des données, ce sont des mathématiques. Elles sont également utiles au développement de la curiosité et de la logique qui sont par contre essentielles pour tous. 

En savoir



 <https://metiers.siep.be/metier/professeure-de-mathematiques/>



# Inégalités de genre : une question d'économie

En novembre 2023, le prix Nobel d'économie 2023 a récompensé l'Américaine Claudia Goldin pour ses recherches sur les inégalités de genre dans le monde du travail. Depuis les années 70, les recherches des économistes féministes montrent pour leur part que le système capitaliste se perpétue grâce au travail mal rétribué et/ou gratuit des femmes

TEXTE: JULIE LUONG - JULUONG@YAHOO.FR

PHOTOS: © THAPANA\_STUDIO - STOCK.ADOBE.COM (P.18), © ASIER - STOCK.ADOBE.COM (P.20),

© ADRIAN\_ILIE825 - STOCK.ADOBE.COM (P.21)

Selon une étude de l'ONU (1), l'une des conséquences de la mondialisation est la féminisation de la pauvreté. Sur le 1,3 milliard de personnes vivant dans des conditions de pauvreté, 70% sont des femmes (2). Ce constat vaut aussi au niveau belge: «*l'homme le plus pauvre de Wallonie est (toujours) une femme*» (3), rappelait une étude de 2020. Mais pourquoi les femmes qui ont aujourd'hui accès au monde du travail restent-elles si vulnérables sur le plan économique ? C'est une question sur laquelle l'économie féministe se penche depuis les années 70. «*Le socle du capitalisme hétéropatriarcal, c'est la dévalorisation systématique du travail reproductif quasi exclusivement assigné aux femmes*», explique Christine Vanden Daelen, chercheuse en sciences politiques et co-auteurice, avec Camille Bruneau, sociologue, de l'essai *Nos vies valent plus que leurs crédits. Face aux dettes, des réponses féministes* (Éditions *Le passager clandestin*, 2022). Par travail reproductif, il faut entendre - par opposition au travail «productif» qui engendre de la valeur marchande - l'ensemble des tâches qui permettent de régénérer la force de travail de la population: élever les enfants, préparer les repas, maintenir un environnement sain et propre, soigner, veiller sur les aînés. «*Tout le travail de reproduction sociale est soit gratuit soit sous-rémunéré*», poursuit Christine Vanden Daelen. Ceci vaut encore aujourd'hui pour les femmes de ménage, les nounous, les aide-soignantes: des métiers «essentiels» mais mal payés, peu valorisés sur le plan social et occupés essentiellement par femmes. «*Cette assignation n'est rien moins que vitale au*

capitalisme car de un, s'il devait réaliser ce travail, ses marges bénéficiaires tomberaient, et de deux, cela permet de produire une force de travail qui lui permet de se reproduire et se perpétuer», poursuit la chercheuse.

## Économie féministe

Autrement dit, sans les femmes qui ont assuré - et assurent encore - une grande part du travail reproductif, le capitalisme s'effondrerait. «Je pense que les mouvements anticapitalistes ne peuvent plus faire l'impasse sur cette analyse, explique Christine Vanden Daelen, notamment en raison de la formidable dynamique féministe de ces 10 dernières années qui a impulsé des analyses assez innovantes. Il y a malheureusement encore une tendance à hiérarchiser les luttes et les enjeux alors que je défends avec d'autres une posture "imbricationnelle": face aux systèmes de domination en place, nous avons l'obligation de montrer qu'on ne peut pas être anticapitaliste sans être féministe, anticolonial et antiraciste car ces systèmes se nourrissent l'un l'autre.»

La prise en compte du travail gratuit et mal rémunéré des femmes est pourtant encore aujourd'hui l'exception dans les sciences économiques. Or, oublier une donnée de telle importance peut fausser l'équation... C'est l'un des constats de *Rethinking Economics* (4), un réseau international d'étudiants en économie qui prône une vision pluraliste de l'économie et intègre les apports de l'économie féministe, écologique ou marxiste pour mieux affronter les défis contemporains du changement climatique et des inégalités. «Au lendemain de la crise de 2008, on s'est rendu compte que les prévisions des économistes étaient basées sur certaines hypothèses au détriment d'autres», commente Aurore Migeotte, présidente du cercle étudiant *Rethinking Economics* de l'ULB. Car aujourd'hui, c'est l'économie dite néoclassique qui prédomine dans les enseignements du monde académique. «C'est une vision très libérale, dominée par l'objectif de "faire de l'argent", du profit et où l'on s'intéresse très peu aux inégalités, notamment à la question de savoir pourquoi nos pays ont pris tant de place par rapport aux pays du sud», poursuit Aurore Migeotte. Or, non seulement on nous apprend cette économie-là, mais on ne nous dit même pas qu'il existe d'autres économies... On a l'impression qu'il n'y a pas d'autres choix.» L'économie féministe, avec des autrices comme l'Italienne Mariarosa Dalla Costa (*Le pouvoir des femmes et la subversion sociale*, 1974), la Néo-Zélandaise Marilyn Waring (*Si les femmes comptaient*, 1988), les Américaines Diana Strassmann et Nancy Folbre ou encore la Française Hélène Périvier (*L'économie féministe*, 2020), ont ainsi ouvert un

champ de réflexion pertinent pour comprendre les impasses de la croissance et de la mondialisation. «Pour moi l'économie féministe englobe un peu toutes les questions d'inégalités, résume Aurore Migeotte. Elle est très transversale. Elle est en lien avec les inégalités entre pays du nord et du sud mais aussi avec la question écologique puisque le changement climatique impacte davantage les femmes.»

## Violences économiques

L'ONU (5) rappelle ainsi que «les femmes représentent un pourcentage important des communautés pauvres qui dépendent des ressources naturelles locales pour assurer leurs moyens de subsistance, en particulier dans les régions rurales où elles portent le fardeau des responsabilités familiales comme l'approvisionnement en eau et la collecte de combustibles pour la cuisson des aliments et le chauffage, ainsi que la sécurité alimentaire.» Au Proche-Orient, elles contribuent jusqu'à 50% à la main-d'œuvre agricole. En Amérique latine et aux Caraïbes, les femmes s'occupent principalement de l'agriculture de subsistance, en particulier de l'horticulture, de l'élevage de poulets et du petit élevage pour la consommation familiale, mais sont exclues des projets de gestion de l'environnement. «Dans des conditions climatiques extrêmes, comme les périodes de sécheresse et les inondations, elles tendent à travailler plus pour garantir leurs moyens de subsistance, ce qui leur laisse moins de temps pour se consacrer à la formation et à l'éducation, au développement des compétences ou pour



Camille Bruneau et Christine Vanden Daelen, *Nos vies valent plus que leurs crédits. Face aux dettes, des réponses féministes*, Éditions Le passager clandestin, 2022.



## CLAUDIA GOLDIN, PRIX NOBEL D'ÉCONOMIE

«Les recherches de Claudia Goldin nous ont donné un aperçu nouveau et souvent surprenant du rôle historique et contemporain des femmes sur le marché du travail», a salué le jury Nobel en novembre 2023. La lauréate est la troisième femme à remporter le Nobel d'économie et la première à ne pas le partager avec un homme. Née en 1946 dans le Bronx, Claudia Goldin s'est spécialisée dans l'économie de la famille. En 1990, elle est devenue la première femme à prendre la tête du département économique de Harvard. Dans son dernier ouvrage paru en 2021 aux États-Unis, *Career and family: women's century-long journey towards equity*, Claudia Goldin explique la persistance des disparités économiques entre hommes et femmes par le «travail vorace» («greedy work»), c'est-à-dire le fait que de nombreuses professions rémunèrent de façon disproportionnée la disponibilité du salarié, notamment le week-end, ce qui pénalise les femmes. Elle a fondé en 2014 un programme pour aider les jeunes étudiantes à poursuivre leurs études en économie.

*percevoir un revenu. En Afrique, les taux d'analphabétisation des femmes étaient de 55% contre 41% pour les hommes, relèvent encore les Nations Unies. Leur manque d'accès aux ressources et aux processus de prise de décision conjugués à leur mobilité limitée les contraignent à vivre dans des lieux où elles sont touchées de manière disproportionnée par les changements climatiques.»*

Par ailleurs, il est démontré que la vulnérabilité financière des femmes les expose aux violences économiques dans le couple, prélude à d'autres formes de violence: verbale, psychologique et physique. Ces violences économiques surviennent lorsque le conjoint cherche à exercer un contrôle sur les finances de sa partenaire. Il peut s'agir de voler directement de l'argent, de limiter ses possibilités de gagner de l'argent (en imposant un statut de «femme au foyer» ou en lui attribuant des tâches non rémunérées au sein de l'entreprise familiale) ou de surveiller ses dépenses. Or, selon une récente étude de l'Institut français d'opinion publique pour *Les Glorieuses* (6)(7), une femme a 2 fois plus de risques d'être victime de violences économiques conjugales si elle gagne beaucoup moins que son conjoint. 27% des femmes avec un conjoint qui gagne beaucoup plus qu'elles ont déjà été victimes d'au moins une violence économique de la part de leur partenaire actuel, contre 14% des femmes aux revenus équivalents à leur conjoint. Inégalités salariales et violences conjugales ont donc partie liée. L'étude estime par ailleurs que 41% des femmes connaîtront dans leur vie des violences économiques conjugales. *«La violence socioéconomique dans la sphère publique est à la fois la cause et l'effet d'une relation de pouvoir déséquilibrée entre les femmes et les hommes, explique de son côté le rapport de l'ONU sur la féminisation de la pauvreté. Certaines formes de violence socioéconomique fondées sur le genre contribuent à placer les femmes dans une situation de dépendance économique à l'égard de leur partenaire (bas salaires, allocations familiales très faibles, voire inexistantes, ou encore liées à l'impôt sur le revenu du partenaire masculin rémunéré). Cette dépendance offre alors à une personne qui a tendance à être violente dans ses relations la possibilité d'agir sans craindre de perdre son partenaire.»*

## On annule tout ?

Christine Vanden Daelen et Camille Bruneau se sont penchées pour leur part sur une autre forme de «violence»: les dettes que nous contractons collectivement ou individuellement, mais qui ne sont en réalité que la conséquence d'une dette dont les femmes sont... les créancières. *«C'est ce que nous appelons la dette du care: c'est un outil politique super important pour se demander qui doit à qui et inverser la logique»,* explique Camille Bruneau. Alors même que les femmes prennent en charge gratuitement le soin depuis des siècles, ce sont elles qui paient de manière disproportionnée le coût de la crise, constatent les autrices qui considèrent les politiques d'austérité comme profondément sexistes. *«La destruction de la protection sociale, la perte des allocations, la destruction de services publics dont elles étaient les travailleuses ou les bénéficiaires majoritaires, leurs contributions fiscales disproportionnées puisque, avec un revenu inférieur, ce sont elles qui payent en général les produits de consommation courante, les frais médicaux et scolaires: tout cela est suffisant pour demander la fin des mesures d'austérité et, encore mieux, l'annulation de la dette.»*

Une option le plus souvent considérée comme déraisonnable ou irréaliste par les tenants du *There is no alternative*. Selon Camille Bruneau, nous avons au contraire le choix. *«Il y a déjà eu plusieurs cas d'annulation et non, les banques ne s'effondrent pas. Mais bien sûr, cela doit se faire en parallèle avec d'autres mesures politiques et économiques et d'autres sources de financement: taxer les riches, les profits, mettre fin aux subsides pour les grosses entreprises, imposer des emprunts aux banques centrales à taux zéro, lutter contre fraude fiscale, réduire les dépenses militaires, interdire certains comportements spéculatifs, privilégier certains enjeux sociaux*





## INÉGALITÉS SALARIALES : DE QUOI PARLE-T-ON ?

La question des inégalités salariales est régulièrement évoquée dans les médias, sans que l'on sache toujours très bien de quoi on parle... Les femmes sont-elles moins bien payées que les hommes à poste égal, à poste égal ET chez le même employeur, ou de manière générale ? Les 3 mon capitaine ! Selon Eurostat, il existe ainsi un écart de salaire de 15,4% entre les hommes et les femmes pour un équivalent temps plein secteur public et privé confondus, pour les entreprises de plus de 10 salariés. L'Institut national (français) de la statistique et des études économiques (Insee) a par ailleurs montré qu'à poste comparable, pour la même profession exercée chez le même employeur à temps plein, il existe tout de même un écart de salaire de 4%. Enfin, toujours selon l'Insee, si l'on intègre tous les secteurs et tous les temps de travail, le salaire des femmes est 24% inférieur à celui des hommes.

Selon Claudia Goldin, «pour près des 500 professions répertoriées dans le recensement américain, les deux tiers de la différence de revenus fondée sur le sexe proviennent de facteurs au sein même de chaque profession. Même si les professions des femmes suivaient la répartition des hommes - si les femmes étaient médecins et les hommes infirmiers - cela n'effacerait, au maximum, qu'un tiers de la différence de revenus entre les hommes et les femmes. Ainsi, nous savons empiriquement que la part du lion de l'écart salarial vient d'autre chose.» Notamment du «travail vorace» et du fait que les femmes, en raison des attentes sociétales dont elles sont l'objet, ont moins de flexibilité dans le monde du travail.

et climatiques, notamment en imposant des amendes sur la grande pollution. L'argent, il est là et il faut aller le chercher là où il est. Cette annulation devrait passer par un audit citoyen qui serait aussi féministe...»

Les économistes féministes montrent par ailleurs que même nos dettes individuelles ne devraient pas être un sujet de honte ou de culpabilité, sentiments qui prospèrent sur fond de stéréotypes sexistes intériorisés (les femmes seraient vénales, cupides, dépensières...). «Pourquoi enfermer les femmes dans la culpabilisation individuelle alors que si elles se sont endettées, c'est justement pour parer aux destructions générées par la dette publique, par l'austérité qui les a dépossédées de biens communs auxquels elles avaient autrefois accès ?», interroge Christine Vanden Daelen. Après une séparation, si les femmes se précarisent et doivent avoir recours au crédit - simplement pour subvenir à leurs besoins quotidiens -, c'est notamment parce que dans un couple, les femmes assurent en général les dépenses quotidiennes alors que les hommes investissent dans une voiture, un bien immobilier, des tableaux, etc. (voir à ce sujet *Le couple et l'argent*, de Titiou Lecoq, 2022). En Espagne, cette année, une femme au foyer a obtenu

200 000 euros d'indemnisation devant la justice à titre de réparation pour l'inégalité dans laquelle elle a vécu au sein de son couple durant 25 ans. Pendant qu'il faisait prospérer son entreprise de salles de sport, elle s'occupait de la maison, élevait leurs 2 filles, donnait cours gratuitement dans lesdites salles. Mais il est facile à chacune de faire le compte: aujourd'hui encore, selon les chiffres de l'Institut national (français) de la statistique et des études économiques, les femmes d'âge actif passent en moyenne chaque jour 3h aux tâches domestiques quand les hommes y consacrent 1h45. Si cette 1h15 leur était payée chaque jour pendant 30 ans de vie commune, elles auraient de quoi s'acheter une petite maison. 

<sup>(1)</sup> ONU-Femmes, *The Feminisation of Poverty Fact Sheet No 1*

 <https://bit.ly/488rSIY>

<sup>(2)</sup>  <https://bit.ly/46X1ctE>

<sup>(3)</sup> Cherenti Ricardo, «L'homme le plus pauvre de Wallonie est (toujours) une femme», CeRIS, UMon, juin 2020

 <https://bit.ly/4817yJF>

<sup>(4)</sup>  [www.rethinkeconomics.org](http://www.rethinkeconomics.org)

<sup>(5)</sup>  <https://bit.ly/46X1ctE>

<sup>(6)</sup> Newsletter hebdomadaire féministe et culturelle lancée en octobre 2015 et produite par le groupe français *Gloria Media*

<sup>(7)</sup>  <https://bit.ly/47WeMia>

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE  
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE  
PHOTOS: ©LUCKYBUSINESS - STOCK.ADOBE.COM (P.22),  
©NICHOLAS FELIX/PEOPLEIMAGES.COM - STOCK.ADOBE.COM (P.24),  
©TATYANA GLADSKIH - STOCK.ADOBE.COM (P.26)

# LE DOSSIER SEXUALITÉ

# S'échapper du carcan des mauvais scripts

**Érosion ou perte du désir, éjaculation précoce ou retardée, anorgasmie, anéjaculation, dyspareunie, vaginisme, problèmes érectiles..., les troubles sexuels sont divers et fréquents. Ils ont habituellement une causalité biopsychosociale, mais un facteur clé présent dans la plupart d'entre eux est, du moins en Occident, l'adhésion à des scripts sexuels dominants, culturellement déterminés, qui érigent l'orgasme coïtal en finalité du rapport sexuel**

**E**n sexologie, la tendance est de diviser les réactions sexuelles en plusieurs phases qui sont communes aux femmes et aux hommes, à quelques variantes près. Dans les années 1960, les Américains William Masters et Virginia Johnson, père et mère de la sexologie contemporaine, établirent un modèle linéaire, en 4 étapes, du comportement sexuel. *«Ils réalisèrent une série d'observations objectives, notamment à partir de capteurs dont ils équipaient les participants à leurs expériences, lesquels étaient invités à se masturber ou à avoir des rapports sexuels. Ils déterminèrent ainsi l'évolution, d'étape en étape, de la réaction sexuelle»*, rapporte Philippe Kempeneers, psychologue clinicien et sexologue, ancien président de la Société des sexologues universitaires de Belgique (1).

Quelles sont les 4 étapes postulées par Masters et Johnson ? D'abord, une phase d'excitation, au cours de laquelle on observe, en réponse à des stimulations sexuelles, une vasocongestion des parties génitales et d'autres réactions physiologiques telles qu'une augmentation des rythmes cardiaque et respiratoire. Vient ensuite un plateau, où tous les signes physiologiques de la phase d'excitation se stabilisent. Y succède un léger accroissement des paramètres susmentionnés: c'est l'orgasme, à la suite duquel, quatrième étape, l'excitation sexuelle retombe et les paramètres qui

la caractérisent reprennent progressivement leurs valeurs initiales. On parle de phase de résolution.

*«Si l'on interroge les gens sur leur vécu subjectif, leur ressenti correspond assez bien au modèle de Masters et Johnson»*, précise Philippe Kempeneers. Dans les années 1970, certains auteurs se sont cependant demandé s'il ne conviendrait pas d'ajouter une phase à ce modèle. La psychiatre et sexothérapeute Helen Singer Kaplan proposa l'adjonction d'une phase initiale qualifiée de phase de désir. Celle-ci se caractérisait, selon elle, par des productions fantasmatiques et verbales témoignant d'un certain appétit pour la chose et précédait la courbe d'excitation proprement dite - il n'y avait pas encore de vasocongestion locale ni d'autres manifestations physiologiques décrites par Masters et Johnson. En d'autres termes, cette phase n'était pas objectivable biologiquement. *«Dans la foulée, la plupart des cliniciens ont estimé que les troubles des patients - hommes ou femmes - pouvaient être en lien direct avec certaines phases du comportement sexuel, tantôt le désir, tantôt l'excitation, tantôt l'orgasme. L'identification des dysfonctions sexuelles s'est alors opérée pour chacune sur la base de la phase qui semblait objectivement la plus impliquée»*, précise Philippe Kempeneers. Par exemple, les troubles du désir correspondaient dans cette approche à une absence d'intérêt spontané pour



Dans la sphère des troubles sexuels, tous les chemins, ou presque, mènent à des scripts fermés à la diversité des pratiques. Ils peuvent se révéler mortifères pour l'épanouissement de la sexualité d'un ou des partenaires engagés dans une relation intime.

excitation procure. Éprouver peu de désir spontané s'avère néanmoins beaucoup plus fréquent chez les femmes que chez les hommes. Pourquoi ? Probablement faut-il y voir en partie la résultante des concentrations de testostérone moins élevées chez les premières que chez les seconds.

## L'angoisse de performance

De nombreux facteurs causaux biologiques, psychologiques et relationnels peuvent être à l'origine des dysfonctions et des souffrances sexuelles. Mais un élément cardinal doit souvent être pointé du doigt: les «scripts sexuels». De quoi s'agit-il ? De représentations normatives, de scénarios de référence plus ou moins rigides culturellement déterminés. En Occident, un script classique dans l'hétérosexualité pourrait se résumer comme suit: l'homme ou la femme ressent l'envie d'une relation sexuelle, il ou elle s'approche de sa ou de son partenaire, des préliminaires avec des attouchements génitaux ont lieu, l'excitation est suffisante pour qu'il y ait pénétration, l'homme y procède, atteint l'orgasme et le rapport est terminé. *«Il existe de multiples manières de faire l'amour, mais seuls certains types d'échanges seront sélectionnés car considérés comme normaux, moralement acceptables, sains, non pathologiques, etc.,* souligne Philippe Kempeneers. *Dans ces conditions, les scripts peuvent imposer aux partenaires d'une rencontre sexuelle des comportements relativement peu propices au plaisir, à l'excitation, à la stimulation du ressenti érotique d'un des 2.»*

Face à l'ensemble des troubles sexuels (absence de désir, éjaculation précoce, vaginisme...), un des défis majeurs de la sexologie et de la sexothérapie est de réussir à relativiser les scripts dominants afin de mettre de la diversité là où il y a une restriction du champ de la pensée. *«Dans toutes les dysfonctions sexuelles, la prise en charge doit toujours commencer par l'élucidation des problèmes liés à des représentations normatives qui amènent à faire l'impasse sur la sensibilité d'un des partenaires»,* déclare Philippe Kempeneers.

le sexe; les troubles de l'excitation, à un manque de lubrification chez la femme et d'érection chez l'homme; les troubles de l'orgasme, à son apparition prématurée, son apparition trop tardive ou son absence.

Depuis lors, les conceptions ont évolué. Les sexologues se sont rendu compte que, chez les femmes en tout cas, la distinction entre les phases de désir et d'excitation n'était pas nécessairement valide. Et à l'orée des années 2000, Rosemary Basson, de l'Université de Colombie britannique, au Canada, remet en cause l'idée qu'un manque de désir spontané chez les femmes devait être considéré comme un critère de morbidité. De fait, en telle occurrence, 30 à 40% d'entre elles pourraient alors être déclarées en proie à un trouble du désir. *«Ce qui n'a pas de sens»,* dit Philippe Kempeneers. *«Selon Rosemary Besson, la définition du désir était trop restrictive, ajoute-t-il. S'il y a un désir spontané, qui naît ex nihilo, il y a également un "désir répondant", un désir qui se déclenche à la suite de stimulations effectives.»* Certaines femmes qui se plaignent d'un manque de désir spontané rapportent avoir du plaisir et même des orgasmes lorsqu'elles ont des rapports sexuels. *«C'est un peu comme si elles ne voulaient siroter un verre que quand elles ont soif. Elles aiment faire l'amour mais n'en ont pas envie spontanément»,* fait encore remarquer notre interlocuteur. Le désir peut donc être préalable à l'excitation, mais aussi en être la conséquence et ce, en lien avec le plaisir que cette

Restreignant la représentation de l'érotisme par des normes comportementales, d'apparence et de ressenti, les scripts sexuels dominants en vigueur dans nos sociétés occidentales exercent un impact anxiogène. Ils drainent chez certains ce qu'il est convenu d'appeler l'angoisse de performance, également qualifiée d'angoisse d'échec. Leurs pensées sont accaparées par l'obligation qu'ils s'imposent d'accomplir le script qu'ils ont intériorisé et de ne pas être défaillant dans son exécution. Chez l'homme, il s'agit par exemple d'atteindre l'érection et de la maintenir suffisamment longtemps pour amener sa partenaire à l'orgasme. Et chez la femme, à éprouver du désir et du plaisir et, in fine, à accéder à l'orgasme. Le respect des critères des scripts suscite chez d'aucuns, hommes ou femmes, une vive anxiété liée notamment à la crainte de voir se détériorer leur relation avec leur partenaire, d'être abandonnés, etc. En arrière-plan s'agit donc des enjeux fantasmés qui occupent l'esprit de l'individu, lequel va souvent se mettre à guetter ses réactions génitales avec inquiétude - Vais-je parvenir à l'érection ? Mon pénis est-il assez dur ? Vais-je arriver à éprouver du plaisir ?... L'attention de la personne est alors totalement mobilisée par l'objet de son anxiété au détriment de sa réceptivité érotique. *«Dans ces conditions, le système orthosympathique est fortement activé, ce qui est antagoniste de l'activation du système parasympathique sous-tendant l'état de détente qui conditionne l'excitation sexuelle»*, explique Philippe Kempeneers. Il fait remarquer en outre que ce qui vaut pour les relations hétérosexuelles vaut globalement pour les relations homosexuelles, avec cependant des niveaux de prévalence différents. Ainsi, l'éjaculation précoce est une plainte relativement rare dans les milieux homosexuels masculins, parce que le coït n'y occupe pas la même place centrale que chez les hommes hétérosexuels où elle structure une éventuelle frustration. De même, les troubles du désir spontané touchent principalement les femmes.

## La variable interférente

La dyspareunie, caractérisée par des douleurs d'origine organique ou psychologique lors des rapports sexuels, et le vaginisme, où la femme contracte de façon réflexe, donc involontaire, les muscles constricteurs du vagin au moment de la pénétration, rendant celle-ci impossible si ce n'est éventuellement au prix de beaucoup de difficultés et de douleurs, sont des troubles qui peuvent conduire à la continence. De nature psychosexuelle, le vaginisme touche environ 6% des femmes et explique pourquoi certaines d'entre elles demeurent vierges après plusieurs années de mariage. Dans de tels cas comme

dans les autres troubles sexuels, même lorsque leur connotation psychologique fait suite à un problème organique, les «mauvais scripts» constituent, selon Philippe Kempeneers, la variable interférente. À côté de la prise en charge d'éventuels problèmes de santé par un médecin, la première tâche du sexologue sera de les détricoter.

Une difficulté commune à nombre d'hommes est de perdre l'érection au moment de la pose d'un préservatif. Cette manœuvre parfois un peu laborieuse, casse le rythme de la relation en cours car, ici encore, l'attention est détournée des stimuli érotiques. Sous l'empire de scripts «coïtcentrés», l'anxiété d'échec peut à nouveau être au rendez-vous, en réponse à l'idée qu'il est interdit de perdre l'érection, et enclencher un cercle vicieux qui scellera un trouble érectile qui deviendra récurrent. L'anxiété liée aux scripts dominants est également au cœur du «syndrome de la madone et de la putain», par exemple. Terminologie qui désigne le fait que sacrifiant la femme aimée, l'homme rencontre des troubles érectiles en sa présence, alors qu'il lui arrive d'accéder à l'érection rien qu'en

## UN CERCLE VICIEUX

Les explications qui ont la cote actuellement pour rendre compte du lien fort entre l'anxiété de performance et les difficultés sexuelles s'énoncent en termes d'interférence cognitive. Celle-ci ne laisserait pas assez de ressources pour traiter les stimuli érotiques. *«Cela fait penser à une situation de double tâche, où les stimuli anxiogènes sont traités prioritairement, ce qui entrave l'élaboration par l'organisme d'une réaction sexuelle»*, souligne Philippe Kempeneers. En fait, 2 problèmes s'additionnent généralement. D'une part, le script que l'on a intériorisé peut ne pas répondre à notre propre sensibilité; d'autre part, il est générateur d'angoisse en raison de sa focalisation coïtale et orgasmique. L'anxiété favorise l'échec qui, lui-même, dope l'anxiété. Un cercle vicieux s'instaure. *«L'inhibition des réactions sexuelles vient confirmer les appréhensions initiales du sujet et l'accroissement de l'anxiété qui en découle renforce et pérennise le problème»*, dit notre interlocuteur. Le risque d'une perte d'estime de soi et de confiance en soi est alors bien réel. L'homme sera centré sur son déficit de performance, tandis que la femme s'inquiétera plutôt de son image (suis-je suffisamment jolie ?), de son attractivité et de ses compétences sexuelles. En cas de facteurs de stress surajoutés, relatifs à la vie familiale ou professionnelle par exemple, l'écllosion d'une symptomatologie anxiodépressive est à redouter, ainsi que des tensions dans le couple. *«Plus que les difficultés sexuelles proprement dites, c'est la détresse des gens qui amène le sexologue à considérer qu'il y a un problème, car connaître des moments où l'on est incapable d'avoir une érection ou d'avoir un orgasme est banal en soi»*, insiste Philippe Kempeneers.



pensant à elle et qu'il n'a éprouvé auparavant aucune difficulté particulière avec d'autres femmes moins importantes à ses yeux, voire des prostituées. À l'inverse, la peur de ne pas être à la hauteur ou un conflit de loyauté peuvent conduire également au cercle vicieux de l'angoisse, cette fois lors de la fréquentation d'une professionnelle, d'une nouvelle partenaire ou d'une conquête d'un soir.

Bref, dans la sphère des troubles sexuels, tous les chemins, ou presque, mènent à des scripts fermés à la diversité des pratiques. Faisant fi de la sensibilité, des fantasmes et des aspirations de chacun, ces représentations normatives peuvent se révéler mortifères pour l'épanouissement de la sexualité d'un ou des partenaires engagés dans une relation intime. «Comme le préconisaient William Masters et Virginia Johnson dans les années 1960, il faut permettre aux patients, par la formation et la pédagogie, c'est-à-dire par un travail sur les scripts, de faire l'amour autrement, de développer une sensibilité alternative», insiste Philippe Kempeneers.

## Une extinction inéluctable ?

Un trouble sexuel a habituellement une coloration biopsychosociale. Sur le plan organique, le diabète,

par exemple, peut endommager les vaisseaux sanguins et nuire ainsi, chez l'homme, à l'afflux de sang dans les corps caverneux de la verge. Il peut également affecter la production de testostérone et certains nerfs impliqués dans l'érection. Chez la femme, l'endométriose conduit parfois à une dyspareunie profonde caractérisée par des douleurs résultant du contact de la verge avec le fond du vagin lors d'un rapport sexuel avec pénétration. Deux illustrations parmi d'autres de problèmes organiques susceptibles de contrarier la vie sexuelle. Dans ce domaine, le vieillissement n'arrange rien; avec l'âge, le corps ne répond plus avec la même efficacité. Comme le souligne Philippe Kempeneers, «l'incidence grandissante des problèmes vasculaires, hormonaux, neurologiques et autres se reflète par exemple dans les taux de dysfonctionnement érectile qui croissent de manière importante en fonction de l'âge». La ménopause, elle, peut infliger à un pourcentage important des femmes une baisse de la libido et une sécheresse vaginale, notamment.

Les troubles organiques s'accompagnent presque invariablement de difficultés psychologiques, telle une baisse de la confiance en soi, en ses capacités de mener à bien une relation sexuelle «réussie». D'autant que les scripts dominants dictent en quelque sorte la voie à suivre vers le «succès», présenté comme indissociable de la performance. Le poids de bouleversements psychosociaux n'est pas négligeable non plus. Dans le vieillissement, par exemple, la retraite professionnelle et le sentiment d'inutilité qu'elle engendre souvent ou la présence accrue du ou de la partenaire à ses côtés. «L'équilibre existentiel antérieur est remis en question, ce qui peut être source de malaises plus ou moins anxieux, plus ou moins dépressifs de nature à entraîner une chute de la libido», dit Philippe Kempeneers. Face à un couple vieillissant entre également en ligne de compte les affres des routines et habitudes, les outrages que les ans infligent au corps ou encore le stéréotype du «vieillard asexué». «La modification du fonctionnement érectile est souvent prise à tort pour le premier signe de dégradation du potentiel sexuel dans son ensemble, explique le sexologue. L'homme âgé y voit fréquemment l'amorce d'une extinction inéluctable de sa sexualité, de sorte qu'il tend à ne pas consulter et, de ce fait, se prive des conseils qui lui permettraient d'adapter son comportement sexuel aux nouvelles contingences organiques.»

L'homme est généralement considéré comme responsable de l'arrêt des activités sexuelles dans un couple. Toutefois, il s'agit d'une approche réductrice, nombre de femmes étant enclines à s'y résigner aussi, quelquefois à le souhaiter. C'est ici qu'il convient à nouveau de détricoter les

scripts dominants qui érigent l'orgasme coïtal en finalité du rapport sexuel. En ouvrant le champ des représentations et des gestes érotiques, il existe de nombreuses possibilités de répondre au défi adaptatif nécessité par un corps modifié et de connaître (encore) un épanouissement sexuel. L'arsenal pharmaco-chirurgical peut en outre venir en soutien d'une sexothérapie pour restaurer des facultés érectiles mortes ou essouffées. Parfois, en raison de dysfonctions organiques, la sexothérapie et les médicaments tels que le *Viagra*®, le *Cialis*® ou le *Levitra*® ne peuvent suffire à venir à bout des troubles de l'érection. Par exemple, en cas de non-conservation des bandelettes neurovasculaires au cours d'une prostatectomie totale, la personne doit se résoudre à continuer de profiter des plaisirs de l'intimité dans les limites physiologiques qui lui sont imposées. Cependant, l'érection lui reste quand même accessible moyennant le recours à des injections intracaverneuses de prostaglandines, à une pompe à pénis ou encore à un implant pénien. Ce dernier est composé de cylindres gonflables disposés dans la verge, d'un réservoir rempli de liquide physiologique situé dans l'abdomen et d'une pompe avec une valve de désactivation, implantée dans le scrotum. Évidemment, encore faut-il désirer recourir à ces «artifices».

## Focalisation sensorielle

Quoi qu'il en soit, la prise en charge de la plupart des dysfonctions sexuelles ne peut faire l'économie d'un travail sur les scripts afin de rendre des lettres de noblesse à l'érotisme non coïtal. Dans le cas d'une perte du désir d'un ou des 2 partenaires au sein d'un couple, par exemple, il faut certes s'interroger dans un premier temps sur la présence de facteurs impactants étrangers à la sphère purement érotique et des pratiques sexuelles, qu'ils soient biomédicaux, comme une déficience hormonale, psychobiologiques, comme une dépression et le traitement médicamenteux associé, ou encore ancrés dans des conflits conjugaux, des vécus traumatiques d'abus, la routine, etc. Ils méritent une prise en charge préalable ou parallèle à la sexothérapie.

La voie que suivra cette dernière sera généralement celle préconisée dans les années 1960 par les sexologues américains William Masters et Virginia Johnson. «*L'idée est de permettre au couple d'essayer de faire l'amour autrement, de développer une sensibilité alternative*». Une technique très prisée dans ce cadre consiste à lui proposer des exercices de focalisation sensorielle (*sensate focus*, en anglais). Sa mise en œuvre est centrée sur le principe de «l'interdit génital». Il s'agit pour les partenaires de se prodiguer des «caresses désintéressées» avec les mains, les fesses, les

## REVIGORER LES FANTASMES

**L'**héritage d'une société patriarcale, où les représentations normatives gravitaient largement autour de la séquence copulatoire, avec un faible intérêt pour d'autres types de stimulations, demeure encore très présent de nos jours. Comme le rappelle Philippe Kempeneers, les assignations de rôles au sein des couples hétérosexuels restent fréquemment axées sur une vision du plaisir érotique plutôt masculine que féminine. «*Dans ce cadre, l'homme pourra se limiter à un comportement sexuel dénué de préliminaires, ou presque, et sa partenaire, qui aura peut-être intériorisé elle-même cette représentation, pourra y souscrire implicitement et considérer qu'il est anormal, voire culpabilisant, qu'elle ne ressente ni désir ni plaisir*», commente le sexologue. Cette obsession coïtale est aujourd'hui légèrement en recul, petit pas en arrière qui a réinstauré une certaine flexibilité comportementale de nature à replacer quelque peu les fantasmes sur le devant de la scène. La libération des mœurs y a contribué, y compris certains aspects de la pornographie, pour autant qu'ils ne conduisent pas à une autre forme d'aliénation émanant de nouvelles obligations imposées culturellement à la femme au-delà de ses propres aspirations.

seins, etc., mais en évitant la région génitale, leur but étant de promouvoir une exploration sensorielle plutôt que de provoquer des réactions spécifiques d'excitation. Les partenaires doivent se réapproprier du plaisir dans un contexte non anxigène, c'est-à-dire sans aucun but de performance. Cette libération de l'esprit favorise corrélativement le retour progressif de sensations génitales. Alors, dans un deuxième temps et à un pas de sénateur, les organes sexuels seront inclus dans les caresses, attouchements, massages. «*On attend du couple qu'il soit capable d'optimiser son rapport au plaisir*», commente Philippe Kempeneers. Viendra ensuite le retour à la possibilité d'une sexualité pénétrative, mais une sexualité exempte d'anxiété de la performance, parce que devenue ouverte à la multiplicité des facettes de l'érotisme et donc à un éventail élargi de sensations. **A**

<sup>1</sup> Philippe Kempeneers enseigne la sexologie à l'UCLouvain et à l'ULB dans différentes formations certifiées.

# Colombe

©Alsy 2023

Voici Jipiti, une colombe dotée d'un logiciel d'intelligence artificielle.

On peut lui demander tout ce qu'on veut?

Oui. Par exemple, Jipiti, c'est possible de trouver UNE CHUTE pour ce strip?

Oui, c'est possible.

Voilà.

HAAAA!



Cette année, j'ai pris la résolution d'arrêter de te faire subir des expériences.

Jipiti, quelle est la probabilité qu'elle la respecte?

Selon un sondage récent, 12% tiennent leurs résolutions...

Pas mal, ça fait une chance sur dix environ.

Cependant, la marge d'erreur du sondage est de 30%.



Tu m'avais dit que tu ne me ferais plus subir d'expériences scientifiques!

Ceci N'EST PAS une expérience scientifique...

C'est seulement pour le fun.

DWOING!



Alsy



CurioKids

## Matou, minou, minet...

Parfois mystérieux, parfois jouettes, les chats nous surprennent avec leurs drôles de comportements. Gros dormeurs, chasseurs cruels de souris, grimpeurs cascadeurs, ronronneurs... ils sont devenus des membres à part entière de la famille. Perce avec nous tous leurs secrets et ne donne plus jamais ta langue au chat !

TEXTE: LAETITIA MESPOUILLE - INFO@CURIOKIDS.NET  
PHOTOS: © FANTOM\_RD - STOCK.ADOBE.COM (P.29), © STOCK.ADOBE.COM (P.30),  
© SLOWMOTIONGLI - STOCK.ADOBE.COM (P.31)  
ILLUSTRATIONS: PETER ELLIOTT

### De sauvage à domestique

Les chats ont pris leur temps avant de devenir nos amis. Pour savoir pourquoi, des scientifiques de Louvain-la-Neuve ont étudié l'ADN de plus de 200 chats du passé, depuis l'époque de l'Égypte ancienne jusqu'à nos jours en passant par l'Antiquité, soit une période de 9 000 ans. Ils ont notamment découvert que nos chats domestiques descendent de 2 groupes de chats sauvages différents.

Il y a très longtemps, les ancêtres de nos chats actuels vivaient sur un large territoire allant de l'Asie à l'Europe. Vers 8 000 ans avant Jésus-Christ, ils ont commencé à se rapprocher des villages. En effet, les activités agricoles attiraient toutes sortes de rongeurs comme les souris et les

Il est difficile de passer une journée sans en croiser, les chats se faufilent dans nos vies avec souplesse et élégance et inondent même nos écrans. Certains sont devenus des stars sur TikTok ou YouTube grâce à leurs comportements parfois bizarres mais toujours très drôles. Cependant, les chats sont bien plus que des clowns poilus sur les réseaux sociaux. Leur histoire avec les êtres humains est fascinante, ils possèdent de «supers pouvoirs» et ont encore bien des mystères à dévoiler. Dans ce dossier, nous allons explorer ce que la science nous apprend sur ces petits félins. Nous parlerons de leur incroyable vision nocturne, de leur façon unique de communiquer et de pourquoi la «ronron thérapie» nous fait tant de bien. Alors, prépare-toi à plonger dans le monde des chats et à découvrir ce qui les rend si spéciaux.



rats. Un vrai cauchemar pour les paysans car ils mangeaient les récoltes destinées aux villageois. Excellents chasseurs, les félins ont repéré ces garde-manger à portée de pattes ! C'est ainsi que les chats et les humains se sont rencontrés. Avec le temps, les humains ont réalisé les avantages de les avoir près d'eux: il y a moins de rongeurs, moins de maladies et les récoltes de céréales sont protégées. Certaines études expliquent que les chats ont même suivi les humains le long des anciennes routes commerciales pour les aider à éloigner les rongeurs de leurs cargaisons. Plus tard, vers 1 500 avant notre ère, des chats venus d'Égypte se sont répandus dans d'autres parties du monde, dont l'Europe. Ces chats égyptiens avaient l'avantage d'être très sociables, ce qui les rendait encore plus attirants. Aujourd'hui, nos chats **domestiques** sont issus de ces 2 lignées.

Longtemps, les gens ont cru que c'était l'homme qui avait domestiqué les chats. Aujourd'hui, cette étude scientifique démontre aussi que nos petits compagnons à 4 pattes ont choisi de se rapprocher de l'homme, au point de se laisser caresser. Comment le savent-ils ? C'est un peu compliqué mais pour faire simple, l'ADN du chat domestique est pratiquement identique à celui du chat sauvage. S'il avait été domestiqué par l'homme, son ADN aurait subi plus de modifications.

## Une variété de races

Si la nuit, tous les chats sont gris, le jour, nous voyons des pelages de toutes les couleurs. Blancs, bruns, roux, noirs, tachetés, tigrés... étaient-ils tous comme ça dans le passé ? Pas vraiment. Tous les chats se ressemblaient. C'est après le Moyen Âge, au 15<sup>e</sup> siècle, que les variations de couleur de leur fourrure se font plus présentes. Les scientifiques et les historiens ont identifié que l'élevage des chats était seulement apparu à cette période de notre histoire. Pour favoriser certaines couleurs, les éleveurs isolaient les chats qui présentaient des caractéristiques différentes. Par exemple, si une chatte grise donnait naissance à 4 chatons gris et un chaton blanc, le blanc était isolé et encouragé ensuite à se reproduire avec un autre chat blanc pour



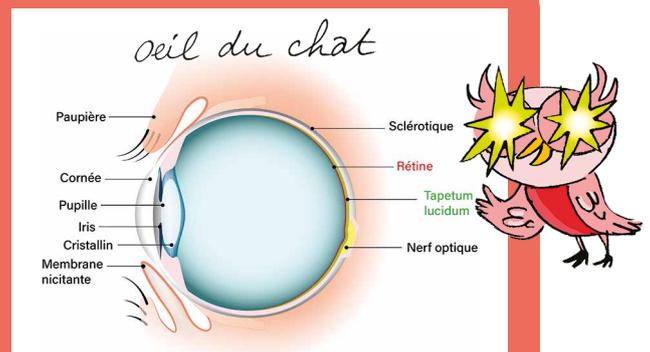
obtenir des chatons blancs... et ainsi de suite. On peut appliquer ce procédé pour la longueur des poils, les motifs ou même les traits de caractère. Voilà comment sont apparues les races de chats. Sacré de Birmanie, Bengal, Siamois, Abyssin ou encore Maine Coon, environ 90 races de chats proviennent de ces procédés de sélection.

## Examen médical du chat

Même s'il adore les croquettes, le chat est un animal carnivore. Autrement dit, il se nourrit de viande. Avec le lion, le tigre, le léopard ou encore le lynx, il appartient à la famille des félinidés. Leur tête est ronde, leur mâchoire puissante et dotée d'une trentaine de dents. Particularité intéressante, ils possèdent tous de superbes griffes rétractiles, capables de rentrer et sortir sur demande, ce que les chiens ne peuvent pas faire. Les félinidés se divisent en 3 sous-familles: les panthères (les grands félinidés), les petits félinidés et les félinidés à dents de sabre qui, eux, ont disparu. Les espèces appartenant à la famille des grands félinidés sont ceux qui peuvent rugir. On y trouve bien sûr le lion, mais aussi le tigre, le jaguar et les panthères. Quant aux chats, ils appartiennent à la famille des petits félinidés, comme le guépard et le lynx, même si ces 2 derniers sont beaucoup plus grands. Leur point commun: ils ronronnent.

### Le truc de ouf !

Tu as peut-être déjà été surpris par 2 yeux lumineux qui te fixent dans le noir ? Avant de te rendre compte qu'il s'agit juste d'un chat ! Il faut savoir que leurs yeux ne brillent pas dans le noir comme par magie. Cette lueur vient de la réflexion de la lumière extérieure. Par exemple, celle des lampadaires dans la rue ou des phares d'une voiture. Les chats, comme d'autres animaux nocturnes d'ailleurs, possèdent une couche de cellules réfléchissantes en forme de bâtonnets à l'arrière de leurs yeux, un peu comme un miroir. On appelle cette couche le *tapetum lucidum*. C'est elle qui réfléchit la lumière à l'intérieur de l'œil du chat. Cette particularité permet de renvoyer le peu de lumière présente la nuit vers ces fameuses cellules en bâtonnet. Les chats, grâce à leur *tapetum lucidum* placé juste après la rétine, peuvent mieux voir dans l'obscurité. Cependant, une partie de la lumière réfléchi sur cette couche n'est pas dirigée vers les cellules en bâtonnets. Elle ressort de l'œil. C'est pourquoi tu as l'impression que les yeux du chat brillent dans le noir. Cette adaptation est présente chez diverses espèces actives la nuit. Les singes, comme le lépilémur, possèdent également cette couche réfléchissante. Malheureusement, nous, humains, ainsi que nos cousins primates diurnes, en sommes dépourvus.



Sous ses pattes, le chat possède 3 coussinets. Des petites boursoufflures sans poil qui lui permettent de ne pas glisser et de rester très discret. Enfin, si tu observes bien ton chat, tu verras qu'il se déplace sur les «doigts». On dit qu'il est digitigrade. Tandis que nous, humains, nous marchons sur la plante des pieds. C'est pourquoi nous sommes des plantigrades.

## Des supers pouvoirs

Comme tu l'as lu dans «*Le truc de ouf*», les chats se débrouillent très bien dans le noir. Une prouesse que nous sommes incapables d'accomplir, nous humains. Pour comprendre cette différence, explorons les yeux. Sur la rétine se trouve ce qu'on appelle des photorécepteurs, des cellules en forme de cônes ou de bâtonnets capables de capter la lumière. Le chat en possède beaucoup plus que nous. Grâce à eux, il peut exploiter à fond le peu de lumière présente dans l'obscurité pour «voir» son environnement. Mais pourquoi les chats ont-ils développé ces superpouvoirs de vision nocturne et pas les humains ? La raison est simple: ils chassent de nuit car leurs proies sont actives la nuit. C'est la «magie» de l'évolution. Cependant, sache que si les chats se débrouillent mieux que nous la nuit, la journée, leur vision est plus faible que la nôtre. C'est un peu comme s'ils mettaient des lunettes floues le jour. Les experts expliquent que leur **acuité visuelle** est 7 fois plus petite que la nôtre. Enfin, ils ne voient pas si bien les couleurs que nous car ils ont bien moins de récepteurs. Heureusement pour eux, leur ouïe et leur odorat très puissants viennent à la rescousse.



Sur les réseaux sociaux, tu as certainement vu des chats prenant la forme d'un lavabo, d'un aquarium ou d'un verre de vin. Ils ont la capacité de se faufiler dans des endroits très étroits grâce à leur corps super flexible. Et ça, ils le doivent à leurs épaules un peu spéciales. Tu sais que nos épaules sont constituées d'une clavicule et d'une omoplate reliées à la colonne vertébrale et au sternum. C'est ce qu'on appelle la ceinture scapulaire. Chez le chat, les omoplates sont reliées au reste du corps par des muscles, ce qui lui permet de devenir aussi souple qu'un squichy (balle anti-stress) et de se plier facilement. Pour savoir si l'espace est suffisant, le chat ne se contente pas de «regarder» l'espace, il utilise un autre atout: ses moustaches, des poils spéciaux aussi appelés **vibrisses**, qui fonctionnent comme des antennes. Ces poils l'aident à «sentir» la taille des espaces et à décider s'ils peuvent y passer. Pourquoi les chats ont-ils développé cette compétence géniale ? S'ils n'ont pas de croquettes, les chats doivent chasser leurs proies. Se cacher dans des petits espaces leur permet de surgir soudainement pour les attraper par surprise. De même, ils peuvent eux-mêmes devenir la proie de prédateurs. Aussi, se cacher est une stratégie moins fatigante que la course-poursuite ou si le prédateur en question est trop petit pour entrer dans la cachette.

## BIG DATA

**100 km/h**

C'est la vitesse maximale du jaguar.

**90**

C'est le nombre de races de chats existantes.

**5**

Les chats possèdent 5x plus de cônes sur la rétine, ce qui leur offre cette supervision nocturne.

**3%**

C'est le pourcentage des gens qui ont peur des chats.

## Le selfie du jour



## Le chat à pieds noirs

**V**oici le plus petit félin d'Afrique, le chat à pieds noirs, aussi appelé Sebala. N'est-il pas mignon ? De son nom scientifique *Felis nigripes*, ce petit chat tacheté aux grands yeux oranges mesure seulement 25 cm. Pour le rencontrer, il te faut aller en Afrique du Sud, en Namibie ou au Botswana, des régions très arides. Cet animal sauvage se nourrit principalement de rongeurs, d'oiseaux, d'insectes et de petits reptiles. On est loin du menu croquettes-pâté ! Si sa petite taille le rend vulnérable aux hiboux, serpents et chacals, il n'hésite cependant pas à entrer dans les terriers creusés par les rongeurs pour s'abriter et se cacher des prédateurs. Ce chat solitaire marque son territoire avec de l'urine, une manière d'informer les autres chats à pattes noires qu'ils sont sur son terrain de chasse. Les femelles donnent naissance à 1 ou 2 chatons après une gestation de 63 à 68 jours. Bien

qu'indépendants à 3 mois, les chatons restent avec leur mère. Dans le monde sauvage, ils ne vivent que 5 ans alors qu'en captivité, ils peuvent atteindre 16 ans. Malheureusement, il ne reste que 9 à 10 000 chats à pieds noirs capables de se reproduire. L'espèce, classée «vulnérable», est menacée par les pièges destinés aux chats sauvages, le poison utilisé contre les chacals et le surpâturage qui détruit leur habitat, c'est à dire les terriers de lapins. Bien que protégés dans ces pays d'Afrique, ils sont chassés illégalement. Des associations mettent en place des solutions pour le protéger comme leur mettre un collier GPS ou protéger leur territoire...

## LE P'TIT DICO



Chatgacement!

**L'ADN** : c'est comme un livre de recettes présent dans chaque cellule de notre corps. Il contient toutes les instructions pour indiquer à notre corps la couleur de cheveux, de nos yeux, comment il doit grandir...

Quand on naît, on reçoit «ces recettes» de nos parents, c'est pourquoi on leur ressemble tout en étant unique.

La **domestication** : c'est de faire en sorte qu'une espèce sauvage se soumette à l'homme de sorte à lui fournir des produits (le lait ou les œufs) ou des services (le cheval pour se déplacer, le chien pour monter la garde).

Les **vibrisses** sont les longs poils composant la moustache et les sourcils des chats. Ce ne sont pas des poils à proprement parler mais un organe qui lui transmet les vibrations de l'air.

L'**acuité visuelle** est l'angle le plus petit sous lequel 2 points doivent être vus pour pouvoir être distingués l'un de l'autre.

## LE COMPORTEMENT DES CHATS: DÉCRYPTAGE

### 1 Le ronronnement

Que se passe-t-il quand tu caresses ton chat ? Il ronronne ! Autrement dit, il émet un son de gorge qui témoigne de son bien-être. Il faut savoir que les cordes vocales des chats sont courtes. Or, le son reçu est assez grave. En physique, on parle de basses fréquences. Leur ronronnement a une fréquence comprise entre 25 et 30 Hz. De nombreuses théories ont été avancées pour expliquer l'origine de ce son. L'une d'elle disait que le ronronnement était lié à une activité musculaire au niveau de la gorge (du larynx) du chat. Et que ces mouvements étaient coordonnés par le cerveau. Mais une nouvelle étude scientifique démonte complètement cette idée. Les expériences menées montrent que les chats domestiques ont comme des «tampons» dans la gorge. Des tissus gras qui permettent de faire vibrer leurs cordes vocales lentement, à des basses fréquences. Et la partie étonnante, c'est que leur cerveau n'a même pas besoin de dire à leur gorge de ronronner ! Pour le prouver, les scientifiques ont retiré la gorge de 8 chats décédés (ne t'inquiète pas, ils étaient malades et les propriétaires étaient d'accord) et ont découvert que leurs cordes vocales pouvaient faire ce son toutes seules, sans l'aide de muscles, ni du cerveau. Il faut juste que de l'air passe dedans... Et chez les chats, l'air qui circule dans leur gorge vient de leur respiration. Ceci explique cela.

### 2 Le bondissement

Tu as sans doute déjà observé ton chat qui se préparait à bondir tout en remuant son popotin. Pourquoi fait-il ce truc bizarre ? Eh bien, un chercheur, John Hutchinson, s'est aussi posé la question ! Est-ce une danse secrète de chat avant d'attaquer ? En vérité, les scientifiques n'ont pas encore fait d'expériences officielles sur ce sujet. Mais le professeur

Hutchinson a quelques idées de réponse. Il pense que ce petit «twerk» les aide à avoir plus de grip sur le sol et ainsi se lancer plus rapidement sur leur proie. Pour ce vétérinaire de Londres, c'est comme un échauffement, comme s'ils faisaient des étirements avant un grand saut en somme. Mais peut-être que dans l'excitation de la chasse, les chats trouvent ça tout bêtement amusant ! Sauf que dans le règne animal, ce comportement a aussi été observé chez le lion, le tigre et le jaguar. C'est qu'il y a donc bien une raison à cette attitude. Hutchinson aimerait faire une expérience avec des chats pour voir comment ça se passe quand ils bougent leur derrière et quand ils ne le font pas. À suivre donc !

### 3 Le frottement

Autre bizarrerie chez les chats: ils se frottent contre une table, les pieds d'une chaine, sur vos jambes, au bas des meubles... partout ! Contrairement à ce que nous pourrions penser, ils ne le font pas par plaisir ou pour se gratter. Le but est de déposer leur odeur, un message à l'attention d'autres animaux. Tout comme le miaulement et le ronronnement, ces odeurs sont donc un outil de communication. On parle de phéromones, que les chats peuvent détecter avec leur palais. Figure-toi que dans leur gueule se trouve un organe présentant 2 petits trous. Les phéromones s'y infiltrent et remontent jusqu'au cerveau qui les décrypte. Mais quels messages délivrent-elles ? Ils varient suivant leur origine. Les phéromones émises au départ de la queue peuvent indiquer que le chat entre dans la période des amours. Celles émises au niveau des coussinets préviennent du danger; celles produites par les joues servent à marquer leur territoire; celles émanant des mamelles de la mère allaitante à rassurer les petits. Comme tu l'as deviné, ce comportement de frotti frotta a pour objectif principal de «communiquer» plutôt que de se gratter ! 🐾



## TON P'TIT LABO

Une expérience à faire avec *Curiokids*:  
«Gonfle un ballon avec du citron»

SCANNE-MOI



13<sup>ème</sup> édition  
**18 > 24**  
**Mars**  
**March**  
**2024**

# Festival du Film Scientifique de Bruxelles



FR / EN  
**GRATUIT**  
**FREE**

[www.ffsbxl.be](http://www.ffsbxl.be)

# RESEARCHERS' CAREERS: MULTIPLE PATHWAYS

MARIE SKŁODOWSKA-CURIE ACTIONS CONFERENCE  
under the Belgian Presidency of the Council of the European Union



WORKSHOPS | TESTIMONIES | NETWORKING | MSCA AWARDS | POSTER SESSION

**MSCA2024.eu**

**April 18th - 19th, 2024**  
Mons, Belgium





# Qui est-ce ? Dorothy VAUGHAN

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE  
PHOTOS : NASA/COURTESY OF BEVERLY GOLEMBA (P.35)

Dorothy Vaughan (à gauche) a été la première superviseuse noire du NACA.

Mais le krach boursier de 1929 entraîne une grave crise économique. Mes parents n'étant pas riches, j'opte alors pour un diplôme en éducation et une carrière dans l'enseignement, la profession la plus stable pour une femme «noire» titulaire d'un diplôme universitaire. J'enseigne les mathématiques à la Robert Russa Moton High School de Farmville, en Virginie, un établissement ouvert aux jeunes afro-américains car en vertu des lois dites *Jim Crow*, la ségrégation raciale est instaurée dans les écoles publiques et autres établissements de Virginie. Pendant 11 ans, je partage ma vie entre mes rôles de mère et d'épouse et ma carrière dans l'enseignement.

En 1943, nous déménageons à Newport News. Et c'est là qu'une opportunité se présente à moi. Dans le *Norfolk Journal and Guide*, je lis un article intitulé «Ouvrir la voie aux femmes ingénieurs». Cela résonne en moi et je réponds à des demandes d'emploi. La même année, je quitte mon poste de professeur pour occuper, au plus fort de la Seconde Guerre mondiale, ce que je crois être un poste temporaire, au NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*). En 1935, celui-ci a créé une section de femmes mathématiciennes qui effectuent des calculs complexes pour le programme aéronautique de l'armée américaine, la *NACA's West Area Computing Unit*, dont les membres sont appelés les *West Computers*. Je suis affectée à la *West Area Computers* (Unité de calcul de la zone ouest) du Centre de recherche Langley de Hampton, en Virginie. Deux ans après que le président Roosevelt ait signé un décret

## Je suis...

**L'**une de ces femmes de l'ombre. Ces afro-américaines méconnues de l'histoire spatiale de mon pays. Je suis née en 1910 à Kansas City, dans le Missouri, fille d'Annie et Leonard Johnson. En 1917, nous déménageons à Morgantown, en Virginie-Occidentale. Mes études secondaires terminées et passionnée de mathématiques, je bénéficie d'une bourse pour pouvoir suivre des cours à l'Université de Wilberforce à Xenia, dans l'Ohio. C'est à la suite des lois ségrégationnistes dans cet État que cette université a été fondée par des «Noirs» pour les «Noirs». À 19 ans, j'obtiens un *Bachelor of Science* en mathématiques. Je suis aussi membre de la sororité *Alpha Kappa Alpha*, la première société universitaire créée en 1908 à l'Université Howard par et pour les femmes afro-américaines. Un de mes professeurs de Wilberforce me recommande de poursuivre des études supérieures à Howard.



### CARTE D'IDENTITÉ

**NAISSANCE:** 20 septembre 1910, Kansas City (Missouri, États-Unis)

**DÉCÈS:** 10 novembre 2008, Hampton (Virginie, États-Unis)

**NATIONALITÉ:** Américaine

**SITUATION FAMILIALE:** Mariée, 6 enfants

**DIPLÔME:** Mathématiques à l'Université de Wilberforce

**CHAMPS DE RECHERCHE:** Mathématiques, informatique

**DISTINCTIONS:** Médaille d'or du Congrès (à titre posthume)

interdisant la discrimination raciale, religieuse et ethnique dans l'industrie de la défense du pays, le laboratoire commence à embaucher des femmes «noires» pour répondre à la demande croissante de traitement des données de recherche aéronautique. Celles-ci sont obligées d'utiliser des salles à manger et des toilettes séparées. En revanche, les chefs sont blancs. Au fil du temps, nous nous distinguerons par des contributions à quasiment tous les domaines de recherche à Langley.

## À cette époque...

Au moment où j'entame des études pour me préparer à l'enseignement, en octobre 1929, le krach boursier à la Bourse de New York entraîne la plus grande crise économique du 20<sup>e</sup> siècle, appelée la Grande Dépression. En 1943, quand je suis engagée à la NACA, les 3 grands chefs alliés, Franklin Roosevelt, Winston Churchill et Joseph Staline, se réunissent en novembre à Téhéran, capitale de l'Iran. Roosevelt, qui cherche à mettre fin à la guerre le plus rapidement possible, se retrouve isolé. En 1961, je poursuis ma carrière dans l'informatique avec les premiers ordinateurs, tandis que le nouveau président des États-Unis, John F. Kennedy, touche le monde entier lors de son discours d'investiture, déclarant notamment cette phrase restée célèbre: «Ne vous demandez pas ce que votre pays doit faire pour vous. Demandez-vous ce que vous pouvez faire pour votre pays».

## SAVIEZ-VOUS QUE...

En 1932, Dorothy Johnson (de son nom de naissance) a épousé Howard Semoure Vaughan. Ils auront 6 enfants (Ann, Maida, Leonard, Kenneth, Michael et Donald), 10 petits-enfants et 14 arrière-petits-enfants. Un de ses fils suivra ses traces en entrant également au siège de la NASA à Langley.

Un jour, pour avoir demandé à emprunter un livre sur l'informatique, elle et ses fils ont été forcés de quitter la bibliothèque. Pour apprendre les connaissances nécessaires, elle a été obligée de dérober un ouvrage à la bibliothèque municipale, les Afro-Américains n'étant pas autorisés à lire les mêmes livres que les Blancs.

Membre active de la paroisse Saint-Paul de Newport News rattachée à l'Église épiscopale méthodiste africaine, elle a participé au département de musique de la *Dora Brown Missionary Society* de l'église méthodiste et à son programme de secours alimentaire. Elle était également membre active de la *Phyllis Wheatley YWCA (Young Women's Christian Association)* et de son organisation, les *Silver Bells*.

Dorothy Vaughan décèdera le 10 novembre 2008 à 98 ans chez elle, à Hampton. Elle repose au *Hampton Memorial Gardens*.

Le 15 novembre 2018, une loi a été votée au Congrès afin de lui décerner la Médaille d'or du Congrès à titre posthume pour son travail à la NASA, ainsi qu'à 2 de ses anciennes collègues, Katherine Johnson et Mary Jackson. Toutes 3 sont les héroïnes du livre *Les Figures de l'ombre*, de Margot Lee Shetterly, adapté au cinéma en 2017 sous le titre éponyme. C'est l'actrice Octavia Spencer qui interprète Dorothy. En 2019, un cratère lunaire a été baptisé à son nom.

Bande-annonce:

 <https://www.youtube.com/watch?v=548FICcem58>



## J'ai découvert...

Quand on défend les droits des femmes, on obtient des résultats. En 1949, promue à la tête du groupe des *West Area Computers*, je deviens la première superviseuse noire du NACA. La mathématicienne Katherine Johnson (*voir Athena n° 336 de mars-avril 2018*) a travaillé dans mon équipe avant d'être transférée à la Division de la recherche de Langley. Si je suis une ardente défenseuse de la cause féminine au sein de *West Computing*, j'interviens également dans d'autres groupes de femmes qui méritent des promotions ou des augmentations de salaire. Les ingénieurs apprécient mes recommandations quant aux meilleures collaboratrices pour tel ou tel projet. Et pour les tâches les plus difficiles, ils me demandent souvent de m'en occuper personnellement. En 1958, lorsque la NACA devient la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), les installations séparées, y compris le bureau de *West Computing*, sont abolies. Nous, les mathématiciennes, sommes affectées à la division d'analyse et de calcul, un groupe de travail intégré. En 1961, quand la NASA acquiert son premier ordinateur IBM, je m'oriente vers le calcul numérique. Plusieurs ordinateurs étant en mesure de résoudre d'importants calculs dans un temps bien plus court que les cerveaux humains, les femmes de *West Computing* deviennent inutiles et perdent leur emploi. C'en est trop pour moi. Je décide de me former afin de pouvoir enseigner aux femmes de mon secteur le codage et la programmation nécessaires au fonctionnement de ces ordinateurs. D'autant plus qu'il y a pénurie de main d'œuvre pour les faire fonctionner. Je commence l'écriture d'un ouvrage compilant les calculs d'algèbre utiles. Dans le même temps, je me spécialise dans l'électronique, l'informatique et la programmation *Fortran*. Je deviens experte de ce langage informatique et j'apprends à mes collègues comment traduire les formules mathématiques en code. Mon poste me permet de collaborer à la course à la Lune. Je contribue également au programme spatial dédié au lanceur *SCOUT (Solid Controlled Orbital Utility Test System)*, un système à combustible solide à 4 étages en fusée utilisé pour lancer les premiers satellites américains en orbite autour de la Terre. Au total, 118 lancements *SCOUT* au taux de réussite global de 96% vaudront une place au *National Air and Space Museum*. En 1971, à 61 ans, je prends ma retraite sans avoir obtenu un autre poste de direction à Langley. Mais je suis fière de n'avoir jamais cessé de lutter pour l'égalité salariale entre les femmes et les hommes. 



# Google Maps: ses fonctionnalités cachées

TEXTE : JULIE FIARD · JFI@EASI-IE.COM

[HTTP://WWW.EASI-IE.COM](http://www.easi-ie.com) · [HTTP://WWW.TWITTER.COM/EASI\\_IE](http://www.twitter.com/easi_ie) · [HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/EASI.EXPERTSDUWEB](https://www.facebook.com/easi.expertsduweb)

PHOTOS: THOSE ICONS, KERISMAKER, FREEPIK, JUICY\_FISH, SURANG/FLATICON.COM · ILLUSTRATIONS : OLIVIER SAIVE

La technologie numérique nous aide à naviguer avec fluidité dans presque toutes les sphères de notre quotidien. Certaines applications agissent comme des guides incontournables, simplifiant la façon de se déplacer de millions d'individus sur l'ensemble de la planète. Il s'agit des applications de cartographie et de géolocalisation, comme *Google Maps* et autres *Waze*, *Plans*,... Ces outils numériques redéfinissent notre manière d'explorer, de planifier nos voyages et d'interagir avec notre environnement. Aujourd'hui, ce sont les fonctionnalités de *Google Maps* que nous allons explorer car derrière son interface conviviale se cache une complexité technologique et des outils

insoupçonnés. Plongeons dans ses méandres et explorons son histoire. En octobre 2004, *Google* rachète la société danoise *Where 2 Technologies*, spécialisée dans la cartographie interactive. *Google Maps* est lancé en février 2005 en Amérique du Nord et bouleverse le marché, jusqu'alors réservé aux spécialistes, en offrant une navigation fluide aux utilisateurs lambdas.

C'est ce que l'on appelle un système de cartographie participative, conçu à partir de sources cartographiques publiques et privées, de données satellites et des contributions de ses utilisateurs. Les utilisateurs sont encouragés à enrichir les cartes de nouvelles données, telles que des adresses, des lieux, des routes,... tout en corrigeant des informations incorrectes comme des tracés de route ou des adresses inexactes.

## POUR ACCÉDER À GOOGLE MAPS EN LIGNE:

 <https://maps.google.com>

Pour installer l'application Google Maps sur un smartphone ou une tablette:

▶   <https://apps.apple.com/be/app/google-maps/id585027354?l=fr-FR>

▶   [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps&pcampaignid=web\\_share](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps&pcampaignid=web_share)

## Une boîte outils indispensable avant de prendre la route

### Comparer les prix des stations-essence

En tapant les mots-clés «carburant» ou «station-service», une liste des stations les plus proches vous sera proposée par l'application. En cliquant sur les fiches, vous accéderez aux prix pour chaque type de carburant, ainsi qu'aux informations de la station-service (horaires, distance/temps, bouton d'accès à l'itinéraire).

Astuce: en spécifiant la marque d'une station en particulier après le mot-clé, vous aurez accès à la liste des stations de la même marque et également la comparaison des prix.

Pour les utilisateurs de voitures électriques, *Google Maps* a tout prévu ! Il est possible d'afficher les stations de recharge qui se trouvent à proximité, de la même façon que pour les stations essence. Pour cela, il suffit d'informer l'application que vous possédez une voiture électrique. Rendez-vous dans les paramètres de votre profil (votre photo ou la première lettre de votre prénom en haut à droite), renseignez dans l'onglet «Paramètres de mon VE» le type de prise dont votre véhicule est équipé. Vous pouvez ainsi planifier les longs voyages en ajoutant automatiquement les arrêts aux bornes de recharge.

### Partager votre position en temps réel

Dans certaines situations (randonnées, balades en forêt, à cheval,...), il peut être utile de pouvoir communiquer facilement l'endroit où nous nous trouvons. Pour activer cette fonctionnalité, cliquez sur votre profil en haut à droite dans l'application et sélectionnez «Partage de position».

Vous avez la possibilité ensuite de:

- choisir pendant combien de temps vous partagez votre position;
- de l'envoyer via tous types de messagerie disponibles sur votre smartphone (*Messenger*, *WhatsApp*, mail,...) à un ou plusieurs de vos contacts. Votre position s'affichera directement sur une carte et vos proches pourront également suivre vos déplacements en temps réel, ainsi que le pourcentage de batterie restant sur votre smartphone, ce qui permettra à la personne d'évaluer le temps restant pendant lequel vous êtes géolocalisé.

### Faire des listes de vos lieux préférés et à visiter

Dans l'application, il est possible d'enregistrer des adresses ainsi que des lieux pré-existants sur *Google Maps*, afin de les retrouver plus facilement par la suite. Comment les sauvegarder ? Faites votre recherche et trouver le lieu en question, ouvrez la fiche du lieu en question en cliquant dessus. Par exemple, je tape «Citadelle de Namur» dans la barre de recherche puis je clique sur la fiche proposée pour ce lieu. Plusieurs choix s'offrent alors à moi: itinéraire, démarrer, appeler, liste,... et le bouton suivant «Enregistrer». Lorsque l'on clique dessus, les listes apparaissent. Je peux alors enregistrer le lieu, ses informations (itinéraire, etc...) ainsi que des commentaires personnalisés en créant une nouvelle liste que je nomme à ma guise («Lieux à visiter» par exemple) ou dans une liste prédéfinie. Il en existe 4 par défaut: «Favoris», «À visiter», «Projet de voyages» et «Adresses



enregistrées». Pour ensuite retrouver facilement les listes de favoris, il suffit de cliquer sur votre profil en haut à droite puis sur «Vos adresses». Toutes les listes s'affichent, ainsi que la carte des lieux. Il est également possible de gérer vos favoris en les supprimant ou en ajoutant des commentaires en fonction de l'expérience de vos visites. Ces listes sont privées.

Pour retrouver vos adresses préférées sans avoir à scroller dans votre liste de favoris, vous avez également la possibilité de leur donner des noms personnalisés. *Google Maps* vous propose déjà d'ajouter les adresses de votre domicile et de votre travail. Vous pouvez également le faire pour d'autres adresses. Pour cela, il vous suffit de taper l'adresse dans la barre de recherche puis de cliquer sur l'adresse en question en sélectionnant le point rouge caractéristique qui s'affiche sur la carte. Puis cliquez sur «Ajouter un libellé» et donnez le libellé de votre choix à cette adresse. À partir de maintenant, si vous tapez le libellé directement dans la barre de recherche, il vous suffira de cliquer dessus pour que *Google Maps* vous emmène à cette adresse.

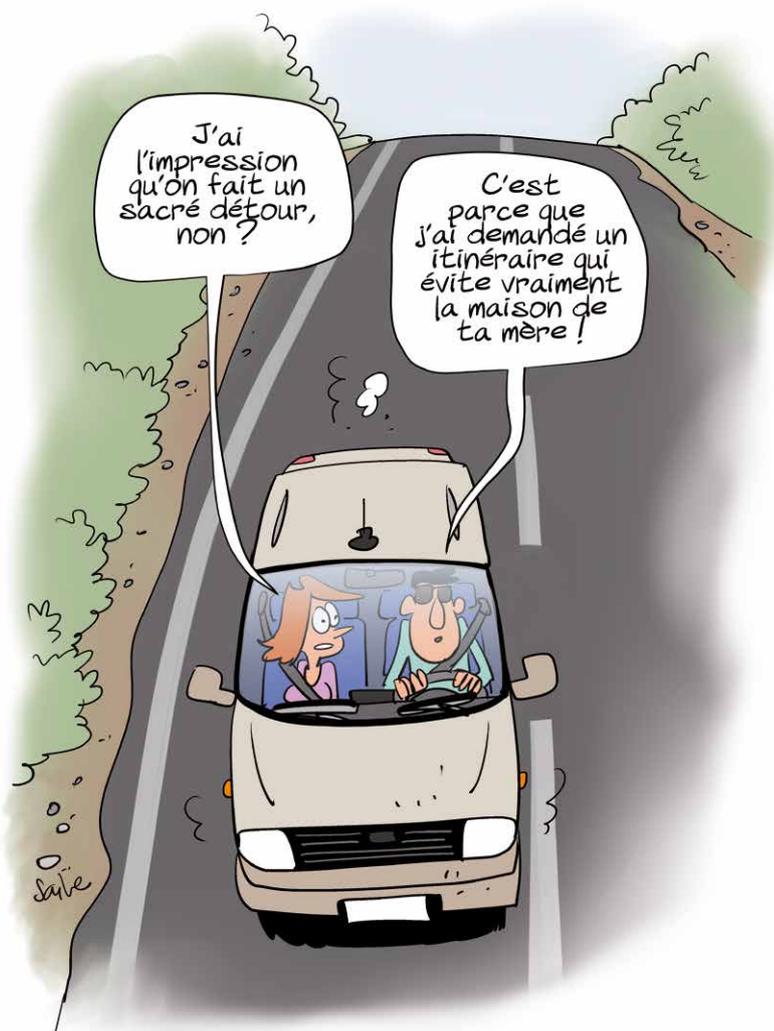
### Préparer un itinéraire à plusieurs étapes

Suivre un trajet d'un point A à un point B, c'est très pratique ! Et pouvoir préparer un itinéraire avec plusieurs étapes facilite également grandement la vie. Voici comment procéder :

- Tout d'abord, tapez l'adresse de votre destination finale dans la recherche puis cliquez sur itinéraire. Les 2 champs départ et arrivée apparaissent sur votre écran ainsi que la carte du trajet proposé.
- À partir de cet écran, cliquez sur les 3 petits points tout en haut à droite puis sur «Ajouter une étape».
- Taper l'adresse de l'étape ou faites une recherche sur le lieu qui constitue votre étape. Votre itinéraire s'affiche alors en ajoutant les 3 points A, B et C. Votre étape s'affiche en dessous de votre point d'arrivée. Cliquez sur l'étape et faites-la glisser entre l'adresse de départ et celle d'arrivée. La carte affiche alors l'itinéraire et son étape dans le bon ordre. Vous avez la possibilité d'ajouter plusieurs étapes. Il ne vous reste plus qu'à appuyer sur «OK» pour démarrer l'itinéraire.

Pour modifier un itinéraire en cours il vous suffit de cliquer sur «Quitter». Vous retrouvez alors la liste de vos différentes étapes, que vous pouvez modifier, supprimer ou ajouter.

Et si je me trouve dans un endroit sans réseau ? Ou dans un pays où vous n'avez pas d'itinérance de données ? *Google Maps* s'utilise aussi hors



ligne. Comment ? Tapez votre recherche d'adresse puis fermez-la. Le plan s'affiche autour du lieu sélectionné. Cliquez ensuite sur votre compte en haut à droite, puis sur «Plans hors connexion», «Sélectionner votre propre plan». Vous pouvez ici déplacer la carte. Une fois l'espace qui vous convient sélectionné sur la carte, cliquez sur «Télécharger». *Google Maps* va alors télécharger tous les éléments de navigation qui se trouvent dans la sélection choisie. Ensuite, utilisez l'application comme si vous étiez en ligne.

### Accéder à votre historique de navigation

Ceci n'est possible que si vous autorisez *Google Maps* à utiliser vos données. Pour consulter tous vos trajets, vos voyages, les lieux que vous avez visités smartphone en poche, il suffit d'aller dans votre profil et de cliquer sur «Vos trajets».

### S'informer sur la qualité de l'air

Depuis une mise à jour récente, *Google Maps* donne des indications sur la qualité de l'air. Pour consulter

cette information il vous suffit de vous rendre sur l'application et de cliquer sur la petite icône qui s'affiche en dessous de «Restaurants». En cliquant dessus, vous aurez accès à la météo locale, la température actuelle et celle des prochaines heures et la qualité de l'air à l'endroit où vous vous trouvez. Voici comment *Google* calcule cet indice de qualité de l'air: <https://support.google.com/maps/answer/11270845?hl=fr>



### Utiliser son smartphone pour repérer des lieux

Depuis peu de temps, l'application a également intégré à *Google Maps* son système de réalité augmentée: *Lens*.

Sur la barre de recherche, à gauche de votre profil, vous allez trouver un petit appareil photo. En cliquant dessus, vous avez la possibilité d'utiliser l'appareil photo de votre smartphone pour repérer des endroits. Tout simplement en dirigeant votre appareil photo vers des bâtiments ou des panneaux, l'application va vous proposer les fiches de ces lieux, dans lesquelles vous retrouverez le nom du bâtiment, la nature du lieu (restaurant, lieu public, site touristique,...) ainsi que toutes les informations pratiques telles que les horaires d'ouverture, les avis clients, etc... Un bon moyen pour découvrir un endroit que l'on ne connaît pas !

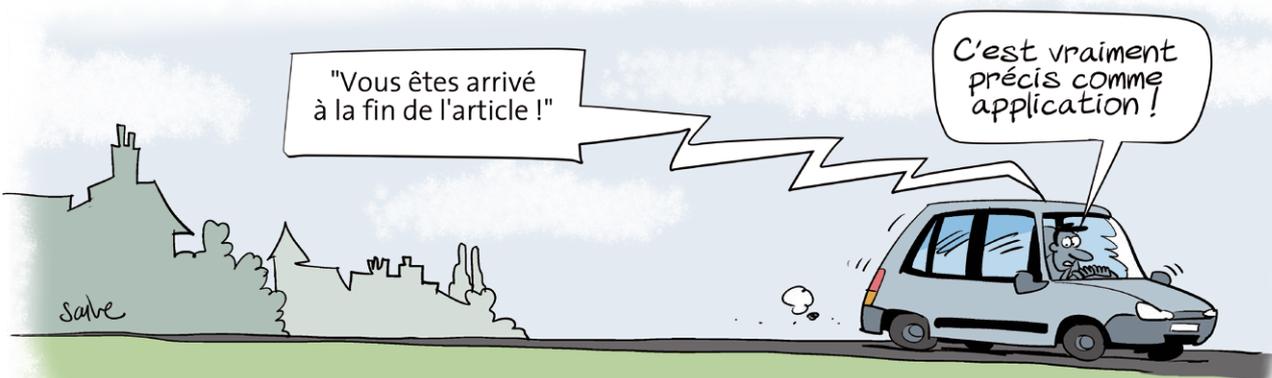
Il est des applications dont nous ne saurions plus nous passer, *Google Maps* en fait partie. Depuis son lancement, elle a évolué pour devenir un compagnon incontournable, simplifiant notre quotidien et nos déplacements. Toutes ces fonctionnalités en font un outil polyvalent. Avec le développement fulgurant de l'intelligence artificielle, cet outil pratique n'a certainement pas dit son dernier mot. **a**



Si vous ne deviez retenir qu'une seule astuce:

### Comment toujours retrouver votre voiture avec *Google Maps* ?

Lorsque vous vous garez, ouvrez l'application et cliquez sur le point bleu qui détermine votre position actuelle. Choisissez ensuite l'option «Enregistrez le lieu de stationnement», un P apparaît alors sur la carte, c'est l'emplacement de votre véhicule. Vous pouvez le retrouver à chaque instant sur la carte et en cliquant dessus, afficher l'itinéraire pour rejoindre votre voiture. Pratique pour les têtes en l'air ou pour visiter un endroit que vous ne connaissez pas sans vous demander à chaque instant où vous vous êtes garé.



# Le procédé Merrifield

En cette fin d'année 2023, on se doit de signaler l'attribution du prix Nobel de physiologie ou médecine à Katalin Karikó (Hongrie) et Drew Weissman (États-Unis). Ces 2 chercheurs ont découvert des moyens permettant le développement de vaccins ARN messager (ARN-m) efficaces contre la Covid-19. C'est dire l'importance de ce secteur de recherches... qui ne date pas d'hier !

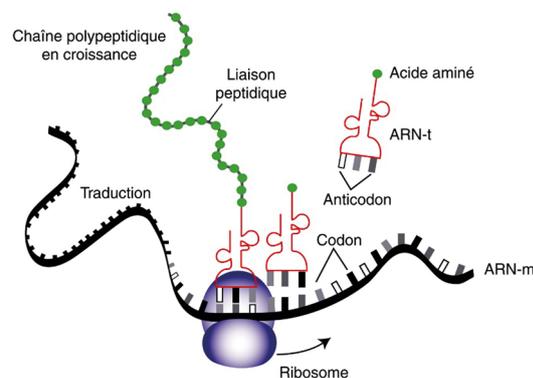
TEXTE : PAUL DEPOVERE • DEPOVERE@VOO.BE

PHOTOS : © ARTEMISDIANA - STOCK.ADOBE.COM (P.41)

© MICHELLE PARISI, MOEX, UCL-BRUXELLES ADAPTÉE D'UN SCHÉMA DÙ À L'OBLIGEANCE DU NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE, BETHESDA, ÉTATS-UNIS (P.42)

Les cellules vivantes synthétisent continuellement des milliers de protéines, alors que nous-mêmes, en laboratoire, sommes incapables d'accrocher aussi vite des acides aminés à la suite l'un de l'autre et selon un ordre précis. Voici, en 2 mots pour les puristes, ce qui se passe au niveau cellulaire. Les protéines sont assemblées dans le cytoplasme grâce à des organites appelés ribosomes, comprenant 2 sous-unités qui ne se réunissent qu'après s'être fixées à un ARN messager. Dès cet instant, ce ribosome devient fonctionnel, c'est-à-dire qu'il est apte à assurer une phase de traduction aboutissant à la synthèse d'une protéine déterminée. Ainsi, les ARN-m, agissant en quelque sorte sous l'ordre de l'ADN, transmettent leur message aux ribosomes. L'ARN-t, dit de transfert, agit ensuite comme un véritable exécutant qui, en déchiffrant les codons (association de 3 bases nucléotidiques) de l'ARN-m, apporte les divers acides aminés ad hoc (en faisant correspondre leurs anticodons aux codons de l'ARN-m) afin que la chaîne polypeptidique, la future protéine, puisse croître. Cela va très vite : à chaque seconde, un nouvel acide aminé s'accroche au polypeptide

en croissance ! Les diverses protéines naissantes sont ensuite larguées via ce que l'on appelle le réticulum endoplasmique, le temps d'acquiescer leur conformation définitive.



C'est dans ce contexte particulier et novateur que le biochimiste américain Robert Bruce Merrifield fit preuve d'une perspicacité remarquable quant à la façon de faciliter ces réactions à l'échelle de la paillasse. Ce professeur de l'Université Rockefeller à New York a reçu le prix Nobel de chimie en 1984 pour la mise au point d'un procédé ingénieux permettant de synthétiser des peptides sur support solide, en l'occurrence une résine en polystyrène. Le polystyrène, inerte à l'état sec, présente la particularité de gonfler considérablement - par un facteur de 5 à 6 - dans certains solvants organiques tels que le

dichlorométhane (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>). Ce matériau ainsi expansé permet à des molécules de réactifs d'y entrer et d'en sortir facilement.

Merrifield eut donc l'idée de fonctionnaliser, ou plus précisément de chlorométhyle, certains groupes phényle de la matrice polymérique afin de pouvoir y ancrer par sa fonction carboxylique un premier acide aminé dont l'azote est protégé (*N*-protégé). La déprotection de ce dernier est alors suivie d'un couplage avec la fonction acide carboxylique d'un 2<sup>e</sup> acide aminé *N*-protégé. L'opération - réalisée en pratique par un appareil automatique - peut se répéter de la sorte autant qu'il le faut pour obtenir le polypeptide voulu, par exemple l'ocytocine, un nonapeptide favorisant les contractions de l'utérus lors de l'accouchement. À la fin de ces opérations d'assemblage d'acides aminés, l'azote terminal est à nouveau déprotégé, puis l'ensemble du polypeptide est déconnecté du polystyrène.

Le principal avantage d'un tel procédé impliquant l'immobilisation des intermédiaires sur une phase solide est la possibilité de les purifier par simple filtration suivie d'un lavage. En outre, du moment que le rendement moyen de chaque étape (couplage du nouvel acide aminé, puis déprotection de celui-ci) restait élevé, on pouvait synthétiser des molécules étonnamment grandes. C'est ainsi que la synthèse totale de l'insuline, l'hormone hypoglycémisante constituée de 51 acides aminés (dont la séquence avait été établie dès 1955 par Frederick Sanger, prix Nobel 1958 et 1980), a pu être réussie selon le procédé Merrifield et publiée en 1966 dans le *Journal of the American Chemical Society*.

La synthèse automatisée des polypeptides et autres protéines ouvre la voie à de nouvelles applications passionnantes. Rien n'empêche notamment de construire de nouvelles enzymes, artificielles, qui pourraient s'avérer plus spécifiques et donc plus actives que les naturelles. Dans la foulée, il a pu être démontré que c'est bien la séquence des acides aminés dans la protéine, c'est-à-dire sa structure primaire, qui conditionne les repliements de la chaîne polypeptidique aboutissant à la structure tertiaire active de la molécule.

## La synthèse combinatoire

La technique de Merrifield en inspira une autre, en l'occurrence la synthèse combinatoire. Dans l'industrie pharmaceutique, l'obstacle majeur qui limite la découverte de nouveaux médicaments est bien souvent le temps requis pour synthétiser et purifier les molécules organiques destinées au criblage pharmacologique. De surcroît,

le nombre de composés différents (mais souvent apparentés) qui doivent être testés pour découvrir une seule molécule intéressante s'avère souvent énorme. C'est pourquoi les chimistes ont cherché à remplacer les stratégies de synthèse au coup par coup par des procédés automatisés et rapides où diverses réactions sont réalisées simultanément. Comme dans le cas de la synthèse peptidique, les substrats appelés à réagir sont fixés par covalence à des billes de résine (un polymère insoluble), lesquelles sont disposées dans de petits récipients. Un appareil robotisé, commandé par un ordinateur, distribue alors les réactifs voulus là où il sied. Le substrat est ainsi transformé en une série de produits qui, à ce stade, sont toujours ancrés au polymère. À la fin de chaque étape, un simple filtrage automatisé permet d'écartier les substances non liées au polymère solide. Après l'achèvement des séquences programmées de transformations chimiques, on rompt la liaison qui unit chacun des produits au polymère, de sorte que l'on obtient ainsi un ensemble de substances - une échantillothèque - qui pourront être testées quant à leurs propriétés pharmacologiques. Ce procédé a été appelé «synthèse combinatoire» car les produits dérivent en définitive de combinaisons multiples résultant des diverses permutations possibles entre les substrats et les réactifs (1). Imaginons que nous désirions synthétiser tous les produits de condensation possibles entre 5 substrats (S<sub>1</sub> à S<sub>5</sub>, par exemple des cétones) et 5 réactifs (R<sub>1</sub> à R<sub>5</sub>, des amines). On peut ainsi obtenir 25 imines différentes. En chimie organique classique, 25 manipulations séparées devraient être réalisées les unes après les autres. Par contre, si les 5 substrats différents sont fixés séparément à des billes en polymère, il sera possible d'obtenir bien plus aisément ces mêmes 25 produits. Il suffit en effet de mélanger lesdites billes dans un même récipient et d'y ajouter le premier réactif R<sub>1</sub>; de la sorte, on obtiendrait, en une seule manipulation, un mélange de 5 parmi les 25 produits à synthétiser, soit S<sub>1</sub>-R<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>-R<sub>1</sub>, S<sub>3</sub>-R<sub>1</sub>, S<sub>4</sub>-R<sub>1</sub> et S<sub>5</sub>-R<sub>1</sub>. En répétant ce procédé 4 fois, c'est-à-dire en ajoutant successivement les réactifs R<sub>2</sub> à R<sub>5</sub>, on obtiendra finalement les 25 produits. Ces 5 mélanges distincts seront alors soumis au criblage pharmacologique. Si un résultat intéressant émerge pour l'un d'eux, les recherches se focaliseront sur l'identification du produit responsable de l'activité (2). Dans l'exemple précité, 25 produits ont été synthétisés sous forme de 5 mélanges. Actuellement, grâce à l'automatisation, il est possible de créer des milliers de molécules différentes en un temps relativement court.

Les échantillothèques ainsi obtenues sont donc essentiellement mises à profit pour découvrir des molécules têtes de série (aussi appelées «touches») dans des domaines thérapeutiques peu exploités. Dans certains cas, elles servent simplement à optimiser le profil pharmacologique de principes actifs déjà connus. Quoi qu'il en soit, la chimie combinatoire semble peu à peu délaissée ces techniques de synthèse menant à des mélanges de produits. Grâce à une automatisation plus poussée, il est actuellement possible de synthétiser, en parallèle, près d'une centaine de molécules organiques différentes à la fois, lesquelles se présentent cette fois à l'état individuel dans de petits puits séparés. **A**

<sup>(1)</sup> Ces substrats et ces réactifs sont appelés des synthons.

<sup>(2)</sup> C'est ce qu'on appelle la déconvolution.



# BIO NEWS

TEXTE : JEAN-MICHEL DEBRY • J.M.DEBRY@SKYNET.BE

PHOTOS : © ELEANOR - STOCK.ADOBE.COM (P43), © CHRISTOPHE FOUQUIN - STOCK.ADOBE.COM (P44), © YOULIA20 - STOCK.ADOBE.COM (P44), © R. J. LOPES (P44), NASA (P45), © PLANCTONVIDEO - STOCK.ADOBE.COM (P45), © NENKO LAZAROV/WIKI (P46)

Un majestueux pygargue à tête blanche, l'emblème national des États-Unis. Son envergure maximale varie de 179 cm pour le mâle à 243 cm pour la femelle !

## Du plomb dans l'aigle

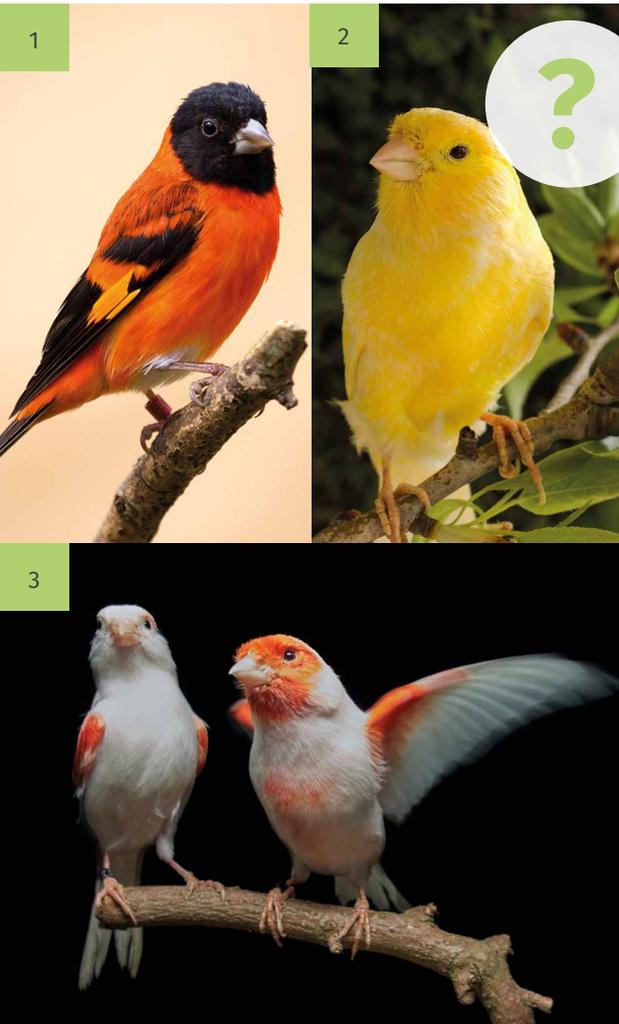
Comme dans beaucoup d'autres pays, l'aigle est protégé aux États-Unis d'autant plus volontiers qu'il fait figure d'emblème national et politique. Cela n'empêche pas l'animal de « profiter » lui aussi des pollutions diverses. Il s'agit d'un prédateur exclusif qui se trouve au sommet de la pyramide alimentaire, ce qui signifie qu'il peut concentrer les polluants stables qui se sont déjà un peu accumulés dans les tissus de ses victimes, mais aussi à des niveaux inférieurs, notamment végétaux.

Les métaux sont à ranger parmi les polluants accumulés et des chercheurs ont voulu savoir ce qu'il en était pour le plomb. Ils ont fait porter leur étude sur les 2 espèces d'aigles les plus majestueux et représentatifs: l'aigle royal et le pygargue à tête blanche, l'emblème national. Des prélèvements de sang et de plumes ont été effectués sur 620 spécimens vivants, ainsi que sur des tissus additionnels (foie, os) d'animaux morts. Les résultats semblent sans appel, puisqu'on note

un empoisonnement chronique chez 46% des spécimens étudiés, un empoisonnement aigu pour 27 à 33% des pygargues et 7 à 35% des aigles royaux, les variations étant imputables à la région habitée et à la saison. Une évaluation statistique de ces valeurs, couplée à d'autres observations de terrain, laisse à penser que le taux de croissance des populations de pygargues pourrait s'infléchir de 3,8% lors de chaque année à venir. Pour l'aigle royal, apparemment moins affecté, la réduction pourrait n'être que de 0,8%.

On aura compris que cela ne compromet pas l'augmentation souhaitée des populations de ces 2 icônes américaines. Elle les réduit simplement. Mais c'est tout de même une réduction et cela ne vaut encore que pour le seul plomb. Qu'en est-il pour les pesticides et les autres polluants anthropogéniques ? C'est ce qui reste à préciser, pour les aigles mais aussi pour tant d'autres prédateurs, soumis à la même concentration pyramidale de poisons potentiels... 

► **Science, 2022. 375: 779-782**



## Tous les canaris sont-ils jaunes ?

Les oiseaux séduisent par au moins 2 de leurs qualités: le chant et la robe. Celle du mâle surtout. On sait que ce sont des arguments auxquels la femelle ne se montre pas insensible en période de rapprochements amoureux. Elle sait aussi faire la part des choses, pour certaines espèces (comme l'hirondelle), entre la taille des plumes de la queue et les aptitudes reproductives. Les canaris, eux, sont plutôt connus pour leur chant. Même si leur robe peut aussi revêtir des couleurs vives, dont le jaune semble être dominant. Mais la sélection très orientée des espèces peut mener à des hybrides aux couleurs nouvelles. Parmi les obtentions des éleveurs figurent des canaris blancs et rouges, le mâle étant davantage coloré que la femelle. Ils sont issus du croisement du chardonneret rouge du Venezuela (en réalité un tarin, comme le canari jaune) et du canari commun, uniformément jaune. C'est donc *Spinus cucullatus* x *Serinus canaria*. Le premier nommé est rouge foncé avec des marques noires sur les ailes, la tête et la queue (photo 1). Chez le mâle en tout cas; la femelle étant davantage dans des nuances de gris. Si on croise ce bel animal avec le canari jaune (celui des amateurs) (photo 2), on obtient en première génération (ce que les généticiens appelle la F1) des animaux hétérozygotes à la robe très largement rouge foncé, le caractère étant dominant. On peut ensuite croiser ce premier hybride un certain nombre de fois avec des canaris jaunes pour obtenir, après quelques générations, des individus «en mosaïque» blancs et rouges (photo 3); dont les couleurs sont plus marquées chez le mâle. Cette suprématie masculine en matière de coloration des plumes tient donc à une seul gène et plus précisément à son expression plus importante que celle de la femelle. A

► Science 368: 1270-1274

## L'avenir dans la rascasse ?

Une des théories actuelles en lien avec l'évolution veut que c'est parce que nous sommes aptes à nous reproduire que nous sommes engagés dans un lent processus de vieillissement qui nous mène inexorablement à la mort. Le bénéfice principal de cet étonnant lien vaut pour l'espèce, on l'a compris, qui y trouve son compte et surtout sa survie. Ce n'est pas une idée sans fondement: elle aurait trouvé une validation au moins partielle grâce à des expériences menées chez la souris. La cause ? La pléiotropie antagoniste. Certes, mais encore ? La pléiotropie est ici cette réalité qui veut qu'un même gène soit impliqué dans plusieurs processus métaboliques différents. Ce n'est pas rare. Ce qui l'est davantage, c'est que pour certains de ces gènes, les processus en question ont des effets opposés; antagonistes pour tout dire.

Plusieurs d'entre eux auraient été identifiés. Ils favorisent notamment l'aptitude accrue à se reproduire mais - comme évoqué - nous poussent à cette usure cellulaire qu'on appelle la sénescence. Sénescence ne veut pas dire mort, mais on sait qu'elle est généralement au bout. Que faire ? Rien. La mort est apparemment inscrite dans l'évolution des espèces, y compris

les plus évoluées, et mène à une forme de recyclage des corps physiques quand la fonction reproductive a été menée à bien. Vu comme ça, c'est tout de même assez peu réjouissant. Sauf que... On sait que l'espèce humaine est dotée de raison et même d'intelligence, ce qui mène des chercheurs depuis longtemps à identifier un ou plusieurs moyens d'échapper au moins un temps à cette fatalité. Et un de ces moyens tient peut-être à la rascasse...

Inutile de se ruer d'emblée chez son poissonnier pour commander ce poisson en masse et le réduire en bouillabaisse. L'espoir ne tient pas à la saveur de sa chair, mais bien à son génome. La rascasse ou sébaste est un genre de poisson comptant de nombreuses espèces qui peuplent les mers et océans du globe. C'est un habitant des profondeurs qui a cette particularité enviable de vivre longtemps (on parle de 100 à 150 ans) tout en restant vigoureux. Sa croissance est longue mais lente, et les pêcheurs en prélèvent chaque année quelques dizaines de milliers de tonnes. Il y a une nécessaire compensation: on dit que certaines espèces peuvent générer chaque année jusqu'à un million d'alevins, y compris au-delà de l'âge de 100 ans !

## Permafrost - Carbone: 1 partout !

Undessous associés au réchauffement climatique est le solde « carbone » associé à la fonte de la glace qui donne au permafrost sa structure multi-millénaire. En se réchauffant, les sols du grand nord perdent en effet à la fois leur structure stable (ce qui ne va pas sans poser de problème pour les bâtiments qui s'appuient dessus) mais libèrent aussi du carbone lié, désormais rendu à une température plus élevée. En contrepartie, il va de soi que la même élévation thermique devrait permettre le développement en surface de plantes qui pourraient constituer autant de pièges pour ce même carbone libéré à proximité immédiate sous forme de CO<sub>2</sub>.

Afin de savoir ce qu'il en est, des chercheurs Tibétains ont étudié 32 sites du haut plateau de leur pays, région qui constitue la plus grande zone de permafrost de type alpin du monde. Celle-ci a récemment connu un réchauffement moyen de 0,3 °C par décennie. Cette élévation - la recherche menée de 2002 à 2020 l'a confirmé - favorise une libération prévisible de dioxyde de carbone, mais favorise aussi le développement de plantes, le tout sur base saisonnière et avec une variation liée à l'altitude. Ce qui ressort de l'ensemble, c'est que le résultat global donne un feedback négatif à l'élévation climatique. En d'autres termes, la végétation croissante capte davantage de CO<sub>2</sub> que ce que le sol n'en libère. Une bonne nouvelle à connotation climatique par conséquent.



Le plateau tibétain s'étend entre la chaîne himalayenne au sud et le désert du Taklamakan au nord. (Image composite)

Cela vaut donc pour les hauts plateaux du Tibet. Est-ce généralisable à toutes les régions eurasiennes qui connaissent la même évolution ? Rien ne permet pour le moment de l'affirmer, mais il a y fort à parier que les mesures du même type seront réalisées ailleurs; en Sibérie, par exemple, pour confirmer ou infirmer.

Comme souvent, ceci ramène à une réalité que connaissent bien ceux qui s'attaquent à l'étude de systèmes ouverts et complexes: la variation d'un paramètre, aussi déterminant qu'il soit, n'a jamais que des conséquences négatives ou positives. La résultante qu'on en retire tient alors de l'éternelle question du verre à moitié plein ou à moitié vide... A

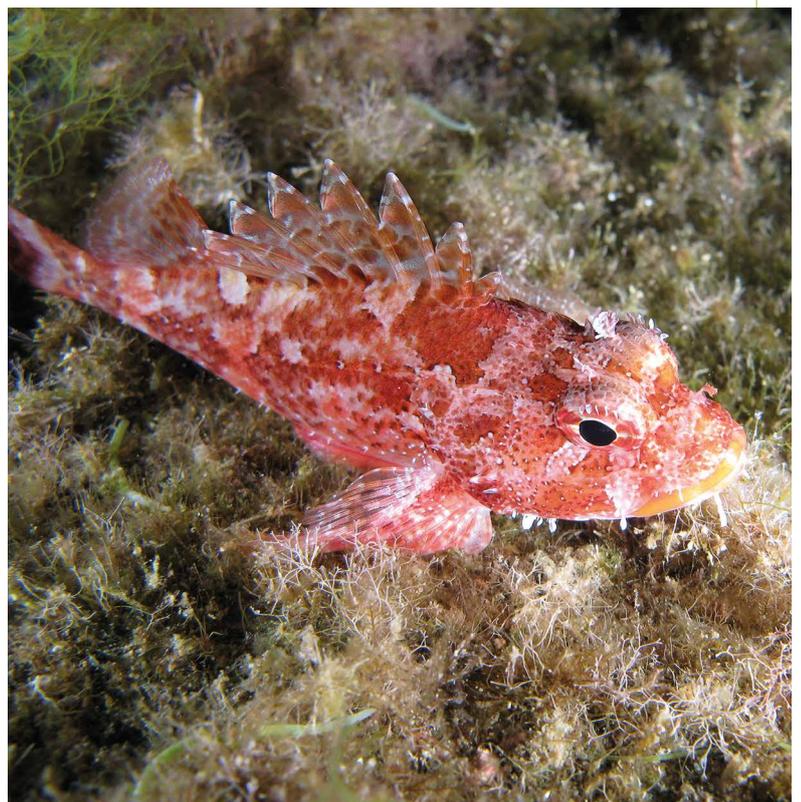
► *PNAS August 17, 2021 118 (33) e2015283118;*  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2015283118>

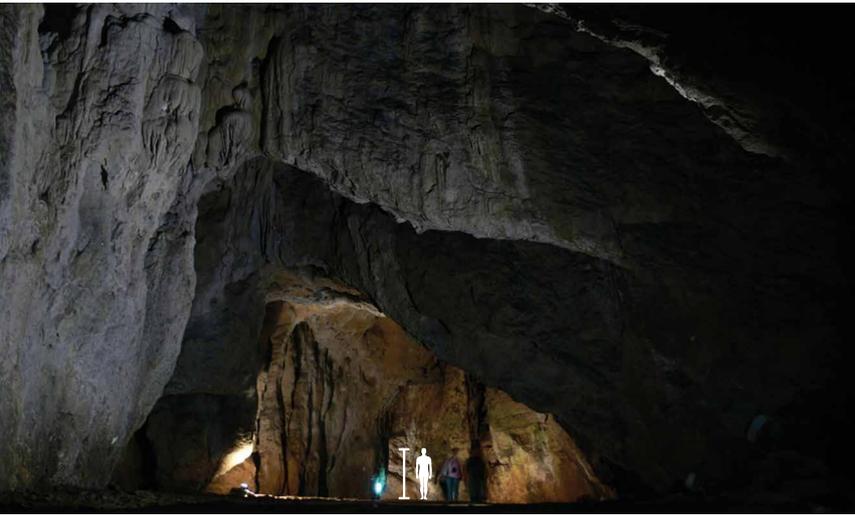


Ce que les chercheurs ont d'ores et déjà constaté, c'est que ces poissons disposent d'un système de réparation de leur ADN particulièrement efficace. Or, c'est là que dans notre espèce les ennuis commencent avec l'âge. Un ADN cassé ou mal réparé et c'est la porte ouverte à des dérèglements et autres dysfonctionnements qui n'arrangent rien en terme de survie. De plus, ce grand chanceux qu'est le sébaste semble à l'abri des processus inflammatoires; ceux-là même qui minent, par articulations interposées, la vie de bien des humains qui prennent de l'âge.

Alors ? Notre avenir tiendrait-il aux aptitudes à identifier chez la rascasse ? Peut-être, mais on n'en est pas encore là. Patience, patience... A

► *Science, 2021; 374: 824-825 et 842-847*





## Des ancêtres européens ?

**D**epuis la moitié du 19<sup>e</sup> siècle surtout, nombre de grottes européennes ont été explorées, ce qui a permis d'identifier non seulement des traces de présence humaine mais aussi des outils, voire des objets divers, témoins d'une connaissance grandissante. Le tout a été ramené à des «cultures» bien identifiées, menant à une identification de plus en plus fiable de tout ce qui est retrouvé.

En parallèle, les connaissances se sont affinées en même temps que les moyens de datation, ce qui a poussé les paléo-anthropologues à reprendre l'une ou l'autre exploration avec un regard plus neuf et plus affûté. C'est le cas de la grotte Bacho Kiro située sur le sol de l'actuelle Bulgarie. Ce site est connu depuis longtemps pour avoir hébergé des Néandertaliens, nos cousins évolutifs. Pour rappel, cette espèce d'humains proches aurait émergé il y a près de 400 000 ans pour disparaître il y a 40 000 ans environ, non sans s'être, au préalable, «hybridé» avec quelques représentants de notre espèce, ce qui vaut à notre génome d'être enrichi de gènes néandertaliens à raison de 3 à 5%. Merci les cousins !

Alors que tout semblait acquis pour cette grotte bulgare, quelques chercheurs ont souhaité y revenir nantis des moyens d'exploration les plus contemporains. Et il semble qu'ils aient

bien fait. Ils ont d'abord fouillé avec plus de détail et de précision ce qui avait déjà été abordé, ne laissant rien au hasard. C'est de cette façon qu'une dent a été retrouvée ainsi que des fragments osseux qui ont pu être attribués sans aucun doute possible à Homo sapiens, grâce à l'étude du tissu conjonctif qui en a été dégagé.

La datation du même tissu a également pu être effectuée avec une remarquable précision. Et c'est de là que la surprise est venue: les membres de notre espèce auraient occupé la grotte il y a 47 000 ans, ce qui en fait - dans l'état actuel des connaissances et jusqu'à la découverte de traces plus anciennes encore - les Homo sapiens les plus anciens identifiés sur le territoire de l'Europe actuelle. Sans doute l'amélioration des conditions climatiques est ce qui a constitué la raison de leur avancée vers le nord jusqu'à ce site. Il n'y a aucun doute quant à l'origine de l'espèce: l'étude de l'ADN mitochondrial des cellules identifiées et étudiées a établi qu'il s'agissait bien d'individus de notre espèce.

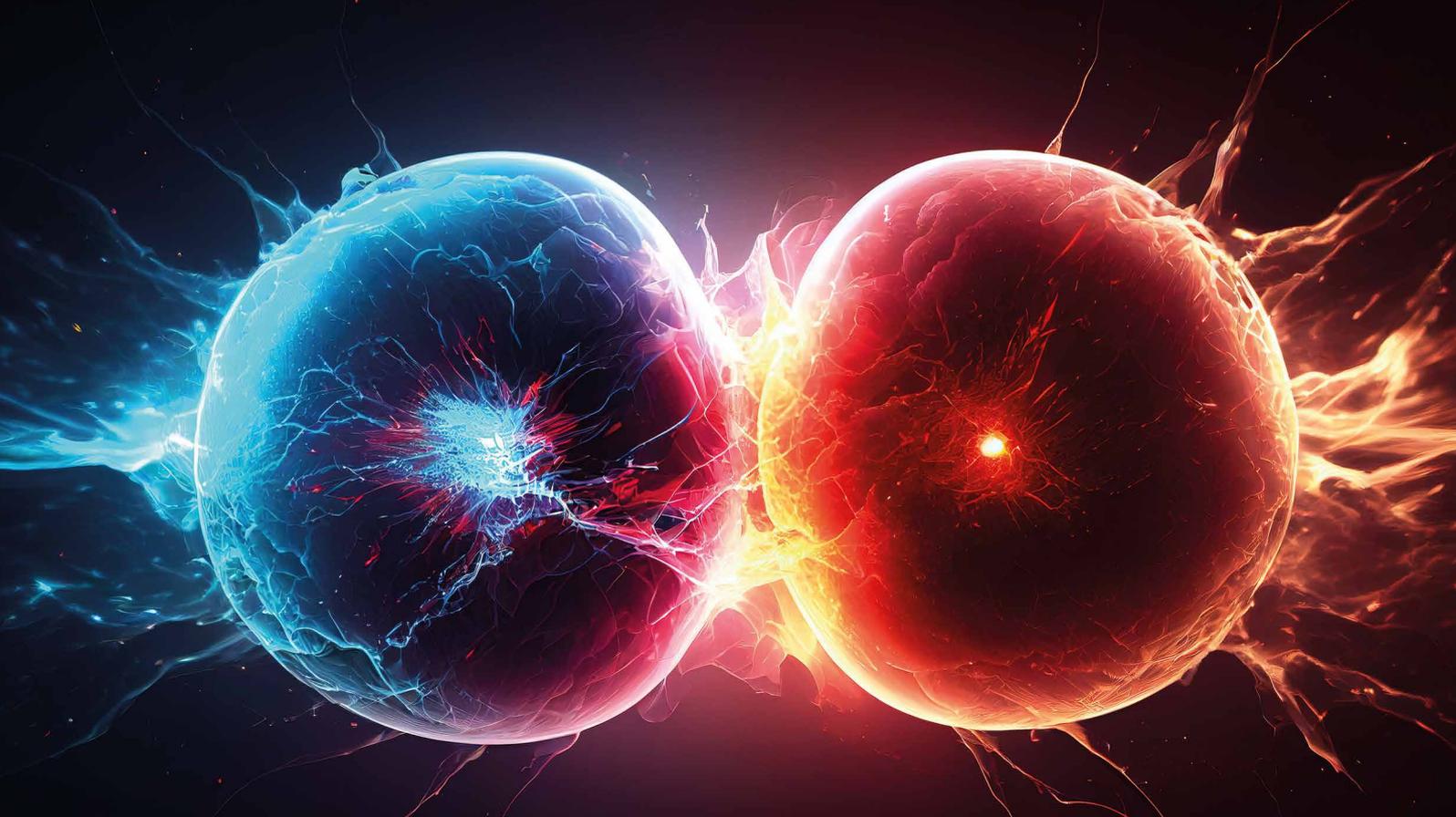
Si Neandertal a disparu il y a 40 000 ans et que sapiens était présent 7 000 ans plus tôt, y compris dans le même abri rocheux, on a une preuve de plus de la cohabitation plus que vraisemblable et surtout de possibles rencontres «(re)productives» entre les 2 espèces proches. Reste à démêler maintenant ce qui, dans un registre culturel, a été produit par les uns et par les autres. S'ils ont connu une période de proximité prolongée, les plus anciens ont pu profiter de ce que leurs jeunes cousins sapiens ont pu développer en matière d'outils, de parures, de sculptures, d'instruments de musique. Il va donc revenir aux spécialistes de démêler ce qui a été réellement apporté par les uns et par les autres. Et sans trop m'avancer, je crois voir venir quelques chauds débats de spécialistes ! 

► **Science, 3678: 697**



## BIO ZOOM

Ce joli volatile ne vous ferait-il pas penser à quelqu'un ? Et oui, à Krokmo, le petit dragon sympathique du film d'animation *Dragons* ! Sauf que le l'engouevent oreillard ou *Lyncornis macrotis* n'est évidemment pas un dragon mais un oiseau nocturne de la famille des Caprimulgidés. Et ce qui ressemble à des oreilles au sommet de sa tête sont en fait des plumes érectiles. Pouvant mesurer jusqu'à 40 cm, il est le plus grand de sa famille. Malgré sa taille, il ne se nourrit que d'insectes (moustiques, cigales, termites, punaises...). En Thaïlande, on l'appelle d'ailleurs «l'oiseau géant qui attrape les moustiques». Vous le trouverez dans les forêts tropicales d'Asie mais pas dans un nid, il n'en construit pas.



# Vers le haut ou vers le bas ?

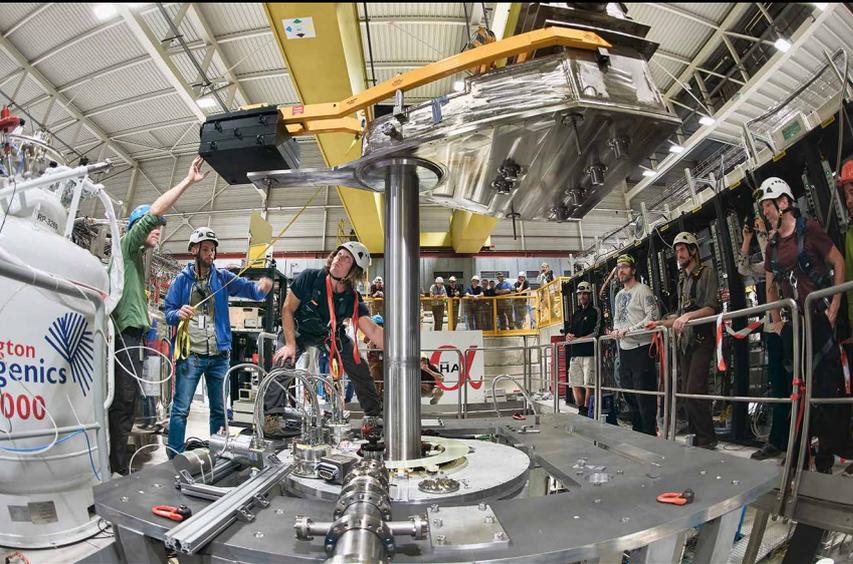
**La question taraude le monde de la physique depuis les années 1950: l'antimatière tombe-t-elle vers le haut ? Une expérience réalisée au CERN semble ne plus laisser aucun doute: elle «tombe vers le bas» !**

TEXTE : HENRI DUPUIS - DUPUIS.H@BELGACOM.NET  
PHOTOS : ©STUDIO LIGHT & SHADE - STOCK.ADOBE.COM (P.47), ©CERN (P.48)

L'expression «tomber vers le bas» résonne comme un pléonasme aux oreilles de tout un chacun. Mais pas nécessairement à celles des physiciens. Dès les années 1950 en effet, ils se sont posés une drôle de question: comment se comporte l'antimatière face à la gravitation ? Fait-elle dans ce domaine-là aussi le contraire de la matière, donc tombe-t-elle vers le haut ? Ce qui, pour eux, ôterait tout caractère pléonastique à l'expression tomber vers le bas puisqu'il conviendrait alors de bien préciser chaque fois si l'on tombe vers le haut ou vers le bas ! Il faut dire que si l'antimatière avait été découverte théoriquement dans les années 1920, ce n'est qu'en 1955 par exemple que les premiers antiprotons ont été observés. On pouvait donc alors raisonnablement imaginer disposer un jour d'antiatomes, autrement dit, de «morceaux» d'antimatière. Et étudier son comportement.

Deux catégories de gens n'ont pas attendu pour se lancer dans de tels programmes. Les militaires bien sûr et, moins sérieusement, les auteurs de récits et scénarios de science-fiction. Les uns comme les autres ont en effet vite vu l'intérêt de la question: disposer de l'antigravité, moyen permettant à des objets - surtout des engins spatiaux... - de léviter et d'être propulsés. Précisons tout de suite qu'il ne s'agit pas ici de contrer la force de gravitation (la gravitation est la force qui attire 2 masses l'une vers l'autre; le terme de gravité étant plutôt réservé au cas spécifique de l'attraction terrestre) par une force opposée de nature différente (ce que nous réalisons tous les jours du ballon à l'hélium jusqu'à la fusée *Ariane*). Mais bien de disposer d'un objet (ou d'un espace) qui ne serait pas soumis à la gravité, sur lesquels la gravité n'a pas d'effet, ne s'applique pas. Comme semble-t-il, dans des films tels que *Retour vers le futur* ou *Star Trek*.

L'antimatière a vite été le seul candidat sérieux pour occuper ce rôle. Malgré de sévères doutes émis dès le départ. Rappelons en effet, en simplifiant, que celle-ci est composée des mêmes particules que la matière mais avec des charges électriques opposées tandis que les masses sont identiques. À cause de cette égalité de masses, selon la théorie, les particules d'antimatière devraient subir la même accélération due à la



Installation de l'expérience ALPHA-g au CERN

gravitation. C'est dire que peu «y croyaient». Mais s'il s'avérait que le comportement de l'antimatière diffère, notamment par le sens dans lequel la force s'exerce, alors cela aurait signifié qu'il aurait fallu mettre une croix sur certaines lois fondamentales dont la relativité générale d'Einstein qui décrit le mieux la gravitation et postule un même comportement de l'antimatière et de la matière face à cette force. Vérifier cette «croyance» était donc indispensable.

Encore fallait-il pouvoir démontrer que c'était - ou pas - le cas. Et c'est ici que l'expérience réalisée par la collaboration ALPHA-g du CERN sous la conduite d'Emma Anderson et dont les résultats ont été publiés le 27 septembre dernier <sup>(1)</sup> prend valeur d'exploit.

## Enlever le haut et le bas...

Parmi d'autres, 2 difficultés majeures attendaient les expérimentateurs. Tout d'abord produire de l'antimatière et la conserver suffisamment longtemps pour pouvoir l'étudier. Ensuite séparer les effets de la force de gravité sur cette antimatière des effets des autres forces qui s'y exercent en laboratoire.

La production d'antimatière est aujourd'hui un processus bien contrôlé, notamment au CERN où s'est déroulée l'expérience relatée ici. Les particules produites lors des collisions dans les grands accélérateurs le sont en effet en général par paires, particule et antiparticule ensemble, mais ces dernières ne résistent pas longtemps puisqu'elles s'annihilent dès qu'elles rencontrent de la matière. Or pour disposer d'un peu d'antimatière, il faut d'abord agglomérer des antiparticules (antiprotons et antiélectrons) pour former des antiatomes puis arriver à les conserver avant qu'ils ne disparaissent. Le CERN

est actuellement le seul endroit au monde où cela est possible. Lors de collisions, des antiprotons sont récupérés puis décélérés pour pouvoir être utilisés dans des expériences ultérieures, notamment ALPHA-g (g est le symbole de la gravité). Cette collaboration a réussi à piéger de l'antihydrogène (le plus simple des antiatomes, composés d'un antiproton et d'un antiélectron ou positron) pendant quelques secondes puis quelques minutes dès 2010. En 2016, elle était parvenue à étudier plus profondément cet anti-atome, notamment la façon dont il absorbe la lumière.

Aujourd'hui, c'est au tour de la gravitation d'être testée sur ces antiatomes. En évitant tout d'abord l'écueil de la faiblesse de la force de gravité par rapport à d'autres comme la force électrostatique ou la force magnétique. Pour y parvenir, les expérimentateurs d'ALPHA-g ont conçu un dispositif spécial. Ils ont enfermé un gaz composé de quelques milliers d'atomes d'antihydrogène dans un tube vertical de 3 m de haut entouré d'un champ électromagnétique élevé, nécessaire pour que les antiatomes ne s'annihilent pas au contact des parois du tube (certes ils sont électriquement neutres mais sont légèrement magnétiques, ce qui permet au piège de fonctionner). Le gaz a ensuite été refroidi presque jusqu'au zéro absolu, ce qui permet de ralentir, de pratiquement figer les antiatomes. Car à température ambiante, un gaz se dissipe dans toutes les directions et il aurait donc été impossible de déterminer l'effet de la gravité. Puis les chercheurs ont enlevé les couvercles (les champs magnétiques) en haut et en bas du dispositif. Ils ont observé ce qui se passe et calculé le nombre d'antiatomes qui s'échappent par la haut et par le bas. Et cela à de nombreuses reprises en faisant varier différents paramètres afin d'éliminer tous les biais possibles. Résultat: la plupart des antiatomes (les 3/4) sortent du dispositif par le bas, exactement comme ce qui se passe avec des atomes d'hydrogène conventionnels. Un gaz d'antiatomes d'hydrogène se comporte donc comme son homologue d'atomes.

En montrant que l'antimatière n'est pas repoussée par la matière mais qu'elle «tombe vers le bas», l'équipe d'Emma Anderson n'a pas seulement porté un coup dur à *Star Trek*. Elle a aussi détruit une hypothèse permettant d'expliquer pourquoi, alors que les lois de la physique demandent qu'autant de matière que d'antimatière aient été créées lors du Big Bang, la dernière a disparu de l'univers: certains avaient en effet imaginé que les 2 univers s'étaient «repoussés», s'éloignant alors l'un de l'autre en 2 univers distincts. Une explication qui semble pouvoir être écartée, matière et antimatière ne se repoussent pas ! 

<sup>(1)</sup> *Observation of the effect of gravity on the motion of antimatter.* Emma Anderson et al. *Nature* volume 621 (27 septembre 2023)

# Quoi de neuf dans l'espace ?

**Amazon a envoyé ses premiers satellites dans l'espace début octobre. La société de Jeff Bezos ambitionne de concurrencer la constellation d'Elon Musk baptisée Starlink ainsi que la Chine, afin de prodiguer un accès à Internet aux 4 coins du monde**

TEXTE: FLEUR OLAGNIER - FLEUR.OLAGNIER@GMAIL.COM  
PHOTO: © TATIANA SHEPELEVA - STOCK.ADOBE.COM



## Où en est le projet Kuiper ?

Le géant de l'e-commerce *Amazon* vient de donner le coup d'envoi de sa future constellation de satellites destinée à fournir internet partout sur Terre. Deux premiers engins, *KuiperSat-1* et *KuiperSat-2*, encore à l'état de prototypes, ont été lancés début octobre par la société de Jeff Bezos à bord d'une fusée *Atlas V* de l'Américain *United Launch Alliance* depuis Cap Canaveral (Floride). Les 2 appareils désormais en orbite font partie de ce qu'*Amazon* appelle la mission *Protoflight* pour Kuiper. «C'est la première fois qu'*Amazon* envoie des satellites dans l'espace, et nous allons apprendre énormément de choses, quel que soit le déroulement de la mission», a déclaré Rajeev Badyal, vice-président de la technologie du projet *Kuiper*.

## Quels objectifs pour la constellation d'Amazon ?

La constellation *Kuiper* devrait à terme concurrencer directement le système *Starlink* de *SpaceX*. Au total, si la mission s'avère concluante, *Amazon* ambitionne de construire un réseau de 3 236 engins qui fonctionneront en tandem pour transmettre une connectivité internet au sol. Pour comparaison, la société d'Elon Musk *SpaceX* a déjà lancé plus de 4 500 satellites *Starlink* actifs

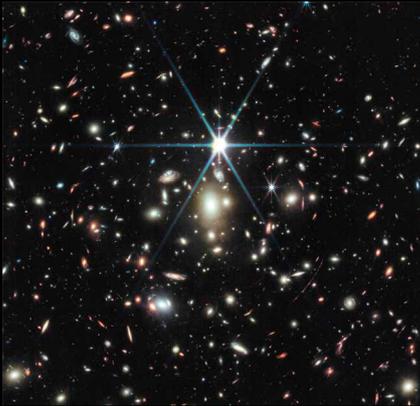
en orbite. Elle offre des services commerciaux et résidentiels à plus de 60 pays en Amérique, en Europe et en Australie. Avec la constellation *Kuiper*, le but d'*Amazon* est aussi de tenir tête à la Chine. L'empire du Milieu prévoit en effet d'envoyer 13 000 satellites pour son programme *Guo Wang* («Réseau national»), auxquels vont s'ajouter 12 000 appareils dans le cadre d'un nouveau plan de conquête de la basse orbite terrestre baptisé *G60* et dévoilé récemment. En Europe, les opérateurs de satellites *Eutelsat* et *OneWeb* ont fusionné fin septembre pour donner naissance à un géant européen. Afin de rester dans la course, les premiers satellites opérationnels du projet *Kuiper* devraient être lancés début 2024, selon *Amazon*, qui espère de premiers tests avec des clients à la fin de l'année prochaine.

## Pourquoi des satellites en orbite basse ?

L'orbite terrestre basse est une orbite relativement proche de la surface de la Terre, généralement située à moins de 1 000 km d'altitude mais au-dessus de 160 km afin d'éviter les effets néfastes du frottement atmosphérique qui précipiterait la rentrée des satellites. Les services historiques de l'internet par satellite passent eux par des engins en orbite géostationnaire à plus de 35 000 km d'altitude. Mais leur éloignement fait qu'ils ne peuvent pas atteindre les performances d'une connexion à très haut débit, en raison notamment du délai entre la commande et l'exécution de la requête. Les satellites en orbite terrestre basse ont donc le gros avantage de permettre des communications plus rapides. **A**

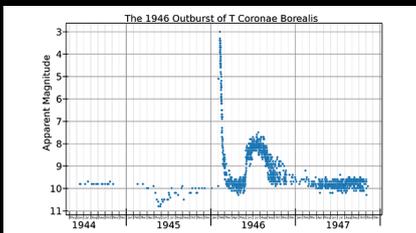
# À la Une du cosmos

TEXTE : YAËL NAZÉ · YNAZE@ULIEGE.BE ·  
HTTP://WWW.ASTRO.ULG.AC.BE/NEWS



Les premières annonces liées au JWST parlaient d'abondantes galaxies primitives étonnamment très massives et très brillantes. Il faut revoir la copie: en fait, pas besoin de jeter la cosmologie standard. On avait juste raté de nombreuses petites galaxies et en plus les «grosses» galaxies sont en réalité moins massives, mais plus actives - il y a une intense activité de formation d'étoiles dans ces objets (comme prévu à cet âge).

CRÉDITS: JWST



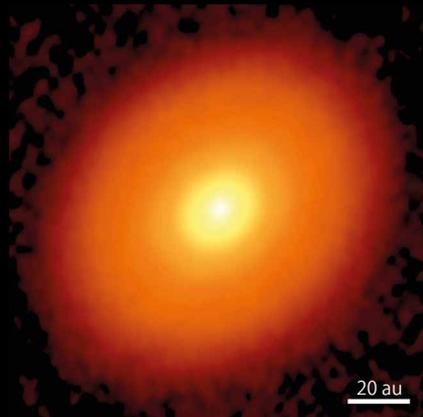
Historique... En analysant de vieux manuscrits, on aurait trouvé la trace d'éruptions probables de la nova récurrente T CrB en 1217 et 1787. Les archives coréennes suggèrent aussi un cycle solaire plus court, 8 ans au lieu de 11, durant le minimum de Maunder.

CRÉDITS: AAVSO



Pour la première fois, un télescope terrestre, le VLT de l'ESO, révèle une grande tache sombre dans l'atmosphère de Neptune, ainsi qu'une petite tache brillante. Ces structures occasionnelles restent un mystère pour les astronomes.

CRÉDITS: ESO

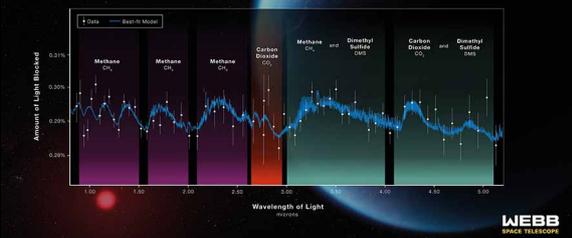


L'étoile en formation DG Tau possède un disque protoplanétaire, mais on n'y trouve pas d'anneaux et les gros grains se trouvent loin: contrairement aux idées habituelles, il semblerait que la formation des planètes commence ici dans la partie externe.

CRÉDITS: ALMA

## EXOPLANET K2-18 b ATMOSPHERE COMPOSITION

NIRISS and NIRSpec (3385H)



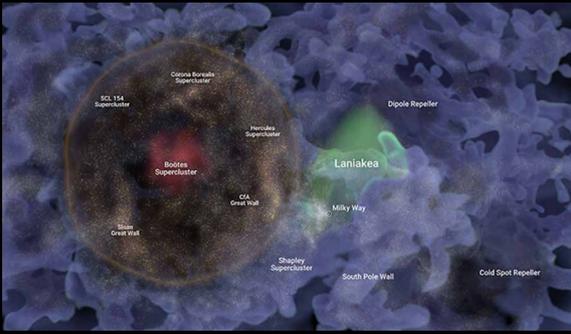
Exoplanètes à gogo ! ❶ Une planète de la taille de Jupiter orbite autour de la naine rouge TOI-4860... sauf qu'une étoile aussi légère ne devrait pas héberger une planète aussi massive ! ❷ Des molécules contenant du carbone ( $\text{CO}_2$ , méthane...) ont été découvertes dans l'atmosphère d'une exoplanète se trouvant dans la zone «dite habitable» de l'étoile K2-18: ces résultats suggèrent la présence d'un océan sous une atmosphère riche en hydrogène mais pas qu'il s'agit d'une deuxième terre. ❸ L'exoplanète G 367 b est 2 fois plus dense que la Terre. Il s'agit peut-être du noyau d'une planète dont le manteau rocheux a été arraché lors d'une collision. ❹ Une augmentation d'éclat infrarouge, baptisée ASASSN-21qj, correspond en fait à la collision de 2 planètes glacées géantes. Cela a produit un nuage de débris qui a ensuite éclipsé l'étoile-hôte. ❺ Le JWST a trouvé des planètes dans Orion non attachées à une étoile mais... en couple !

CRÉDITS: JWST + MARK GARLICK, VUE D'ARTISTE



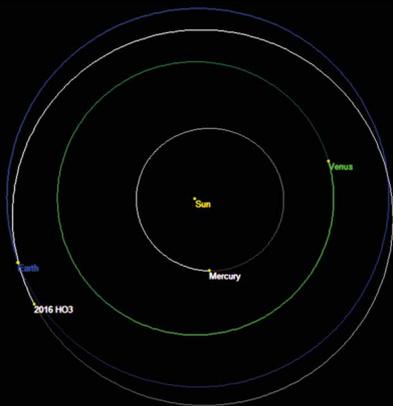
Jupiter possède un jet stream équatorial s'étendant sur une largeur de plus de 4 800 kilomètres et voguant à 515 km/h. Il se trouve à 40 km d'altitude au-dessus de la couche de nuages habituels.

CRÉDITS: JWST



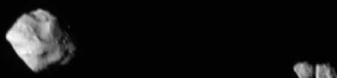
Il y a eu des oscillations dans l'univers primitif, et l'on en retrouve la trace dans l'orientation de certaines galaxies. Par contre, la gigantesque concentration de galaxies Ho'oleilana découverte en 2016 s'avère plus énorme que prévu, trop pour être expliquée par ces oscillations, à moins de réviser à la hausse la vitesse d'expansion de l'univers.

CRÉDITS: CEA/IRFU/DURILLON-POMARÈDE, VUE D'ARTISTE



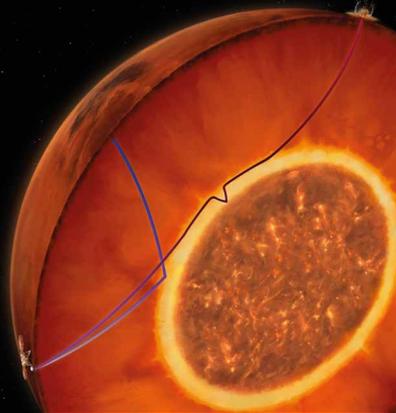
Se baladant autour de Soleil dans les mêmes parages que la Terre, l'astéroïde Kamo'oaewa serait un morceau de la Lune éjecté lors d'un impact, selon de nouvelles simulations.

CRÉDITS: WIKIPEDIA



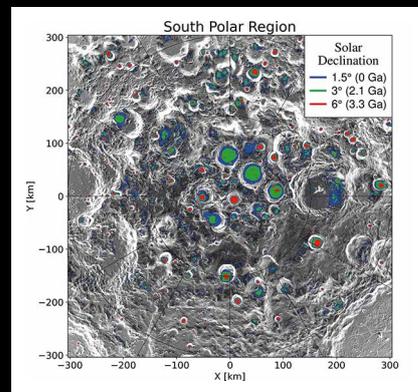
La sonde *Lucy* vient de survoler Dinkinesh, un petit astéroïde. Surprise: il est accompagné d'une lune et celle-ci a une forme de cacahuète !

CRÉDITS: LUCY



Les observations faites avec l'atterrisseur martien *InSight* indiquent la présence d'un manteau liquide de silicates autour du noyau de Mars, noyau qui se révèle plus petit qu'on ne le pensait. Cette configuration provient de l'évolution géologique, avec initialement un océan magmatique.

CRÉDITS: CNES/IPGP VUE D'ARTISTE



Lune ! ❶ Certains rêvent d'aller exploiter l'eau lunaire - mauvaise nouvelle: il y en aurait moins que prévu ! ❷ Alors que la sonde russe vient de s'écraser et qu'une sonde indienne a bien atterri, l'atterrisseur chinois a pu sonder l'intérieur de notre satellite: il détecte les diverses couches de poussières, coulées de lave, cratères enterrés - et leur évolution dans le temps, au fur et à mesure qu'on s'approche de la surface.

CRÉDITS: SHORGHOFER/RUFU



Le JWST a repéré de récentes traces de CO<sub>2</sub> à la surface d'Europe, une des lunes de Jupiter. Il provient probablement de l'océan sous-jacent et suggère un environnement océanique plutôt favorable pour la vie (à voir si elle s'y trouve...). Une autre lune jovienne, Ganymède, présente elle divers sels minéraux et composés organiques en surface, ce qui donne là aussi des indices sur la composition de son océan souterrain.

CRÉDITS: JUNO



Y a-t-il de la foudre sur Vénus ? Probablement pas, selon de nouvelles analyses: les éclairs observés seraient principalement dus à la chute de météorites et des signaux radios généralement associés à la foudre sont en fait expliqués par des perturbations du (faible) champ magnétique.

CRÉDITS: MARINER 10



La fin de vie des étoiles n'est pas de tout repos: l'analyse de la supernova proche SN 2023ixf montre que l'étoile a éjecté l'équivalent d'une masse solaire au cours de l'année précédant son explosion !

CRÉDITS: CFA, M. WEISS, VUE D'ARTISTE



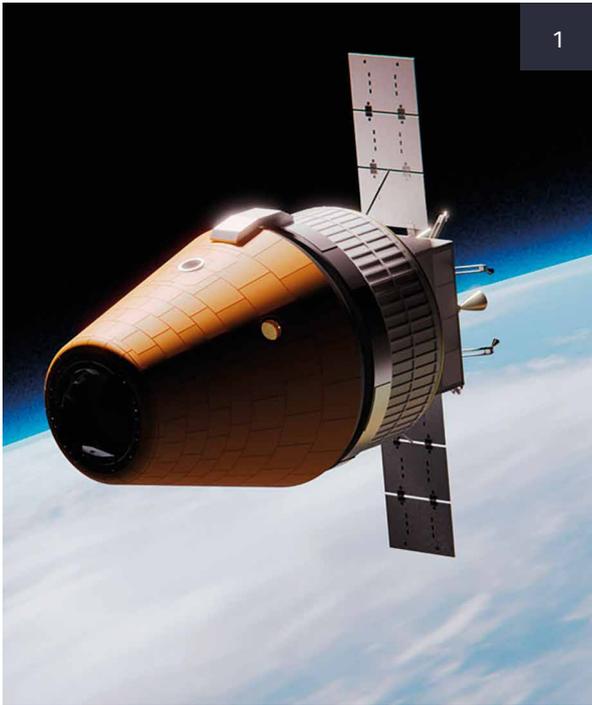
# L'Inde, bientôt 4<sup>e</sup> puissance mondiale du spatial ?

Ce mois d'octobre, l'agence spatiale indienne a clairement affiché son ambition d'envoyer un homme sur la Lune et de posséder une station spatiale d'ici 2040. L'Inde poursuit en effet son petit bonhomme de chemin en matière de flottes satellitaires et d'exploration spatiale. La Lune, Mars et maintenant les vols habités... Voici comment le pays le plus peuplé du monde pourrait bien égaler les États-Unis, la Chine et l'Europe

TEXTE: FLEUR OLAGNIER • FLEUR.OLAGNIER@GMAIL.COM  
PHOTOS: NASA/ISRO/ROBERT LEA (P.54), JAXA (P.54)

**C'**est sans filtre que le Premier Ministre indien Narendra Modi vient de donner un solide coup d'accélérateur au programme spatial de l'Inde. Création de la Station orbitale *Bharatiya Antariksha* d'ici 2035, envoi du premier Indien sur la Lune avant 2040... Les objectifs nouveaux et ambitieux du pays le plus peuplé du monde ont été dévoilés quelques jours avant un test clef dans le cadre de la première mission habitée indienne. Cette mission de 3 jours baptisée *Gaganyaan* devrait envoyer l'année prochaine 3 membres d'équipage sur l'orbite terrestre pour un coût d'un peu plus d'un milliard de dollars. Le 21 octobre, la tour de sauvetage - système d'éjection d'urgence de la capsule spatiale - a été validée avec succès.

*«L'Inde réalise des progrès très spectaculaires en ce moment et depuis quelques années, analyse Christian Barbier, ex-chef de projet au Centre spatial de Liège. Trois sondes ont déjà été envoyées dans le cadre du programme*



1



2

spatial lunaire, dont Chandrayaan-3 qui a réussi un atterrissage automatique près du pôle Sud de la Lune, le premier depuis 1976. Ce n'est pas banal d'atterrir et de réussir à déposer un petit lander seulement au deuxième essai (après Chandrayaan-2, NdlR); et tout cela seulement quelques jours après que la sonde russe Luna 25 ait échoué en s'écrasant à la surface de notre satellite naturel.» Le 23 août, l'atterrissage indien du lander Vikram - nommé après le physicien créateur de l'agence spatiale indienne, Indian Space Research Organisation ou ISRO - a été retransmis en direct à la télévision nationale et ce jour est désormais déclaré National Space Day.

## «Performances remarquables»

«Ce n'est pas banal non plus de lancer une sonde martienne et de parvenir à la mettre en orbite dès le premier essai, poursuit Christian Barbier. C'était lors de la mission Mangalayaan, qui a placé un orbiteur autour de Mars en 2014.» L'Inde était alors devenu le premier pays asiatique à mettre un satellite en orbite autour de la planète rouge. La sonde, prévue pour fonctionner 6 mois, s'est éteinte en 2022. Mais l'agence spatiale indienne (Indian Space Research Organisation ou ISRO) prévoit déjà d'en lancer une autre d'ici 2 ans, Mangalayaan-2, notamment dans le but d'étudier l'atmosphère de Mars, son environnement et la poussière interplanétaire. «L'Inde accumule des performances remarquables pour de premiers essais, notamment car les missions d'exploration spatiale sont beaucoup plus complexes que l'envoi de satellites autour de la Terre, pointe Christian

Barbier. Les succès font effet boule de neige et stimulent la préparation des nouveaux projets.»

Début septembre, l'Inde a lancé sa toute première sonde dédiée à l'observation du Soleil, Aditya-L1, qui doit permettre d'observer les couches externes de notre étoile. L'ISRO compte aussi envoyer, en collaboration avec le Japon, un nouvel engin sur la Lune d'ici 2025. La mission baptisée Lupex (Lunar Polar Exploration Mission) devra atterrir au pôle Sud lunaire et déployer un rover. «On assiste à une nouvelle course à la Lune, avec un intérêt particulier pour le pôle Sud et ses potentielles ressources scientifiques et énergétiques. L'Inde s'insère dans cet élan mondial piloté par les États-Unis et la Chine», commente Christian Barbier. En outre, l'ISRO compte envoyer une mission orbitale vers Vénus dans les 2 ans, organiser une mission de retour d'échantillons et enfin une mission axée sur l'hélium-3.

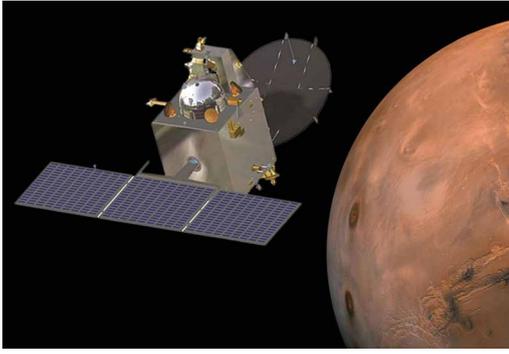
Aujourd'hui, l'Inde dispose d'une flotte de satellites scientifiques (observation de la Terre, météo, exploration spatiale), de télécommunications, de géopositionnement (Indian Regional Navigation Satellite System ou IRNSS, le GPS indien), militaires et ont parallèlement développé des lanceurs de classe «Ariane 5» et en dessous. «Le programme spatial habité est un prolongement naturel de tous ces développements», note le spécialiste.

## Une grande autonomie

Pourtant, le programme aérospatial indien est doté d'un budget relativement modeste, même s'il a considérablement augmenté depuis la

1. La mission Gaganyaan sans équipage sert de préparation à une future mission habitée sur la Lune !

2. La réussite de la mission Chandrayaan-3 sur la Lune: le rover Pragyan se déploie du lander Vikram (vue d'artiste).

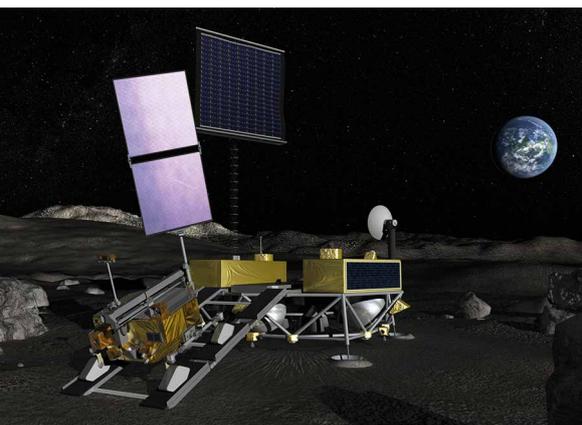


La mission indienne *Mars Orbiter* (MOM - également appelée *Mangalyaan*) en orbite autour de Mars (vue d'artiste)

mission *Chandrayaan-1* en 2008. Il s'élève à 1,6 milliard en 2023, contre 25,4 milliards pour la *Nasa* par exemple. «*L'Inde est le pays le plus peuplé du monde depuis le mois d'avril, décrypte l'ex-chef de projet au CSL. Il y a donc chaque année un vivier très important d'ingénieurs qui sortent des universités. Ils sont très nombreux à être hautement qualifiés et en raison du niveau de vie moyen, ils sont moins bien payés que leurs confrères étrangers.*»

Contrairement à d'autres nations «émergentes» du spatial, l'Inde a le plus fort développement autonome. Les Émirats arabes unis par exemple, travaillent beaucoup avec les agences américaine et européenne mais ne possèdent pas de véritable programme spatial. Le Japon quant à lui, prend part à de multiples collaborations internationales. «*Finalement, l'Inde est en retard du point de vue du nombre de lancements, mais pas du point de vue technologique, conclut Christian Barbier. D'ici 5 ou 10 ans, j'en suis convaincu, le pays fera partie des 4 grandes puissances spatiales mondiales avec les États-Unis, la Chine et l'Europe.*» A

La mission en collaboration avec le Japon, *Lunar Polar Exploration (LUPEX)*, devra atterrir au pôle Sud lunaire et déployer un rover (vue d'artiste)



## MAIS ENCORE...

### L'astrophysicien Hubert Reeves a rejoint les étoiles

Le Français d'origine québécoise Hubert Reeves est décédé le 13 octobre dernier à Paris à l'âge de 91 ans. Très médiatique, l'astrophysicien nucléaire était docteur *honoris causa* dans un très grand nombre d'universités (Ottawa, Québec, Berne, Bruxelles, Le Havre...). Grand officier de la Légion d'honneur et de l'Ordre national du Québec, Hubert Reeves a rédigé de nombreux articles scientifiques et son étude de l'astrophysique est plus que saluée dans le milieu de la recherche. Il était particulièrement reconnu pour ses ouvrages de vulgarisation des sciences et a beaucoup milité pour la défense de l'environnement.

### Les échantillons de l'astéroïde Bénou coincés dans leur boîte !

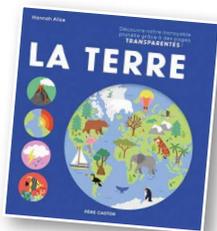
La capsule d'échantillons de l'astéroïde Bénou, avec plus d'une centaine de grammes de roches et de poussières collectées par la mission *Osiris-Rex* il y a 3 ans, a atterri dans le désert de l'Utah fin septembre. Les scientifiques ne sont toutefois pas encore au bout de leur peine... Tout doit être manipulé dans une boîte hermétique remplie d'azote pour éviter une contamination par des éléments terrestres, et avec des outils *ad hoc* présents dans la boîte. Les chercheurs ont récupéré sans problème des échantillons à l'extérieur du container central appelé TAGSAM et qui conserve le reste des roches et de la poussière. Mais voilà, le TAGSAM est fermé par 35 vis, et 2 d'entre elles ne peuvent pas être retirées par les outils de la boîte. La *Nasa* va donc devoir être astucieuse et trouver un outil dont l'utilisation pourra être approuvée dans la boîte hermétique.

### Mercure serait en train de rétrécir

La plus petite planète du Système et la plus proche du Soleil aurait rétréci il y a plusieurs milliards d'années... et continuerait à le faire. D'après les recherches d'une équipe européenne de planétologues publiées dans la revue *Nature Geoscience*, le phénomène serait dû au refroidissement du noyau de la planète. La surface de Mercure peut avoisiner les 430 °C. Pourtant, son gigantesque noyau interne (61% du volume de Mercure contre 17% pour la Terre) refroidit peu à peu, la croûte réémettant une bonne partie des rayonnements du Soleil et ne constituant pas un très bon conducteur thermique. Or, le refroidissement du noyau a entraîné mécaniquement une diminution du volume, et donc un rétrécissement de la planète entière. Un phénomène qui a commencé très tôt dans l'histoire géologique de Mercure, et qui serait toujours en cours.

# À lire avec nos enfants

TEXTE: LUCIE CAUWE · LUCIE.CAUWE@GMAIL.COM  
PHOTOS : © CHOKNITI - STOCK.ADOBE.COM (P.55),  
DESIGNED BY JCOMP/FREEPIK (PP.56-57)



*La Terre*, textes et illustrations de Hannah Alice, traduction de l'anglais par Catherine Tron-Mulder, *Flammarion Jeunesse/Père Castor*, 18 p. avec transparents, 13,90 euros.

Les pages cartonnées peuvent suggérer un documentaire destiné aux plus jeunes. Ce n'est pas le cas. L'usage du carton est sans doute plutôt en lien avec les 5 transparents qui y sont fixés afin de bien faire comprendre les thèmes traités. Le vaste programme se complète d'une incitation à protéger notre pauvre Terre. Il comporte: espace, atmosphère et météo, milieux de vie, animaux, êtres humains, eau, sol, intérieur de la Terre. Chacune des pages articule son sujet autour de la découpe transparente représentant notre planète, tandis que textes et autres illustrations détaillent les propos. Un ouvrage plus complet qu'il n'y paraît au premier abord.

À partir de 5 ans.



*La forêt racontée aux enfants*, textes et illustrations de Philippe Godard, *La Martinière jeunesse*, 72 p., 14,90 euros.

Un format presque carré pour ce documentaire richement illustré présentant la forêt sous un angle contemporain. C'est-à-dire avec toutes les menaces qui pèsent actuellement sur ce milieu historique indispensable à notre survie. En une trentaine de thèmes, traités par doubles pages, l'auteur aborde tout ce qui touche aux arbres et aux forêts. Leurs habitants, humains ou animaux, l'évolution dans le temps jusqu'aux changements actuels, les particularités, les usages aussi bien pratiques qu'artistiques, les métiers, l'utilité en matière de carbone. C'est passionnant de bout en bout, avec une approche pédagogique et engagée, splendidement illustré de photos bien choisies, souvent époustouflantes. Une mine d'informations documentaires et un véritable hommage au poumon vert de la planète. Si les illustrations sont d'abord des tableaux célèbres, une des premières photos de l'ouvrage montre la forêt bruxelloise de Soignes, une hêtraie classée au patrimoine mondial de l'Unesco depuis 2017, ce qui fait évidemment plaisir.

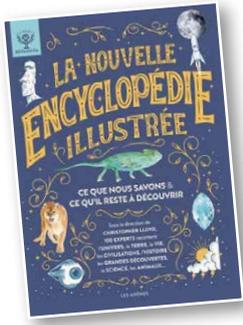
À partir de 8 ans.



*Singes*, textes et illustrations d'Eva Horská, traduction du tchèque par Eurydice Antolin, *La Martinière Jeunesse*, 64 p., 14,90 euros.

On nous dit que l'autrice-illustratrice tchèque est passionnée par le monde des singes. En effet ! On en a la magnifique preuve dans le splendide album documentaire qu'elle leur consacre. De formidables images usant à foison de trames diverses, un texte percutant et accrocheur, une approche thématique originale dévoilant bien des choses qu'on ignorait sur les singes. Les généralités nous montrent combien ces mammifères sont proches de nous. Les études des espèces présentées dans un fort réussi *Atlas des primates*, une centaine quand même, permettent d'apprendre une foule de choses, dont l'importance des menaces qui pèsent sur elles. Portraits en images et en textes accrochent le lecteur tout en lui fournissant mille informations. Un ouvrage aussi original que ludique et réussi.

À partir de 7 ans.



*La nouvelle encyclopédie illustrée*, textes d'un collectif placé sous la direction de Christopher Lloyd, illustrations de Mark Ruffle et Jack Tite, traduction de l'anglais non attribuée, *Les Arènes Jeunesse*, 424 p., 29,90 euros.

Célébrissime et synonyme de sérieux car remise à jour annuellement, l'encyclopédie *Britannica* affiche crânement ses 2 siècles et demi d'existence. L'occasion pour elle de créer une version destinée à la jeunesse, orchestrée par une centaine d'experts. Une bibliographie, un glossaire et un index terminent l'épais ouvrage partagé classiquement en 8 chapitres: l'univers, la Terre, la matière, la vie, les humains, les temps anciens, les temps modernes, aujourd'hui et demain. Chaque thème est décliné de manière dynamique en entrées multiples, abondamment illustrées de dessins et de photos. Explications générales, paroles d'experts, résumés, particularités, questions sans réponse, lignes du temps, images largement légendées et exemples pratiques présentent une foule de données dans un esprit moderne. Ainsi, les célèbres émoticônes jaunes côtoient l'énigmatique sourire de la Joconde dans la double page dédiée aux émotions. Cette formidable promenade dans un monde inouï de connaissances peut se lire de la première à la dernière page tant sa présentation est attrayante ou bien selon les intérêts de chacun.

Pour tous, enfants et parents.



*4 m² de nature*, textes, photos et conception graphique de Stéphane et Cathy Hette, illustrations de Marcello Pettineo, *Plume de carotte*, 192 p., 24 euros.

Quatre mètres carrés, cela représente quoi ? Les forts en maths diront une surface de 2 m sur 2, les forts en lettres aligneront l'ensemble des pages de cet abécédaire naturaliste, tout juste réédité avec une nouvelle couverture. Quatre mètres carrés, c'est aussi la taille de la plaque blanche qui a servi de cadre aux photos de ce moyen format bien épais, illustré de clichés présentés à l'ancienne. Les auteurs ont en effet souhaité faire un inventaire en images, complété de textes informatifs, drôles ou poétiques, de la faune et de la flore du coin de campagne où ils vivent. Ce lieu au climat océanique européen, en Champagne-Ardenne, réunit un cours d'eau, un arbre, des fleurs, une pierre, de la terre bien entendu. Y vivent une multitude d'insectes, au sol ou dans les airs, ainsi que quelques mammifères. S'y épanouissent aussi tout au long de l'année une abondance de plantes. De l'«ablette», poisson grégaire aimant les eaux calmes, à la «zygène de la filipendule», petit papillon posé sur une tige de délicate scabieuse, on croise plusieurs centaines d'espèces. Un mélémélo enchanteur, à portée d'yeux dans la réalité, présenté avec originalité et humour tout en étant pédagogique.

Pour tous à partir de 6 ans.



*Un dinosaure par jour*, textes de Miranda Smith, illustrations de Jenni Wren, Juan Calle et d'autres, traduction de l'anglais par Emmanuel Gros, *Casterman*, 224 p., 19,90 euros.

Avait-on déjà tout écrit sur les dinosaures ? On pensait que oui. Et bien non. La preuve avec ce grand format illustré de très nombreux dessins et muni d'un signet soyeux qui propose un dinosaure par jour de calendrier. Surprenant et réussi. La couverture affiche clairement: «365 dinos à découvrir au fil de l'année». Sauf que la bonne idée de l'auteure est d'inclure le 29 février qui présente le Kol, théropode à plumes de bon format. Le compte exact est donc 366 dinosaures réunis par catégorie selon les mois de l'année: les plus petits et les dinosaures autruches en janvier, les plus gros dinosaures et les dinosaures à bec en juin, les stégosaures et les premiers oiseaux en septembre... S'il est rigolo de rechercher quel dinosaure ce calendrier associe à une date d'anniversaire par exemple - pour moi, il s'agit de l'Elaphrosaurus -, on se trouve toutefois devant un documentaire sérieux. Chaque dino est dessiné en couleurs dans son milieu naturel. Sa fiche comporte une notice, son époque, sa famille, son alimentation, sa longueur, son poids et son lieu de vie. Cette approche par familles crée bien des étonnements. Ainsi la page sur les dinosaures piscivores, du 25 au 30 avril, réunit des individus allant de 1,5 kg (la taille d'un canard) à 7 t !

Pour tous à partir de 6 ans.



*Mes saisons*, textes et illustrations de Bernadette Gervais, *Les Grandes Personnes*, 56 p., 22,50 euros.

Dans ce nouveau grand format, l'auteure célèbre la Nature au fil des saisons, rendant grâce de façon personnelle à la faune et à la flore. Une véritable balade que cet imagier des saisons très richement illustré. Les dessins d'une beauté totale et d'une précision inouïe sont au pochoir comme toujours chez elle. Ils se complètent de très jolies photographies en noir et blanc, assemblées au fil de ses promenades dans la nature. L'imagier est composé sur le mode narratif. Et artistique. Le contraste entre les photographies en noir et blanc et dessins en couleurs fonctionne très bien. Un imagier est-il un documentaire ? Bernadette Gervais pense que non, car elle ne fait que nommer les choses. Mais à voir son travail, moi, je dis oui. Non seulement, la façon dont elle assemble les concepts est une invitation à regarder autour de nous et à se documenter, mais surtout, chacune de ses illustrations est légendée, parfois par des mots compliqués. Ces mots qui rebutent plus souvent les adultes que les enfants. Elle donne ainsi les noms des arbres dont elle présente les bourgeons, elle nomme les 7 insectes rouges qu'elle a réunis, elle dessine avec une foule de détails les insectes jaunes et noirs pour que le lecteur fasse bien la différence entre abeille, guêpe, syrphé, bourdon et frelon. Une formidable incitation à mettre le nez dehors et à ouvrir ses yeux et ses oreilles.

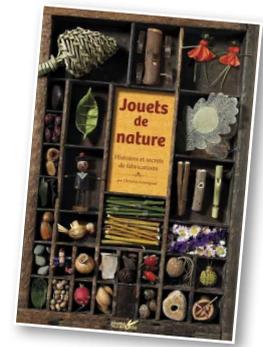
Pour tous.



*Ces trésors qui t'attendent dehors*, textes de Craig Caudill, illustrations de Carrie Shryock, traduction de l'anglais par Laetitia Agostino, *Glénat Jeunesse*, 64 p., 15,90 euros.

À découvrir les multiples expéditions dans la nature que propose cet ouvrage, on comprend l'avertissement liminaire des 2 auteurs américains, enjoignant les jeunes lecteurs à se faire accompagner d'adultes lors de leurs explorations. Il est en effet question ici de découvrir la nature en décryptant les signes qu'elle nous envoie. Pour cela, il faut exercer ses sens, regarder, écouter, respirer, sentir, toucher. De formidables découvertes sont au rendez-vous. Chaque double page illustrée d'un paysage propose un trésor à découvrir, assorti d'une foule d'autres observations à faire à la même occasion. Par exemple, «observer un arc-en-ciel et déchiffrer son message secret» permet évidemment de comprendre le phénomène mais aussi de repérer les points cardinaux, de prévoir la météo et de deviner l'heure, tout en égrenant quelques informations sur la pluie ou la perception des couleurs. Tout aussi décoiffants, «Trouve ton chemin grâce à une flaque d'eau», «Imagine une carte dans les feuilles de lierre» ou «Apprends à aimer les nuits de pleine lune». En fin d'ouvrage figurent un glossaire et la liste des paysages arpentés au fil des pages.

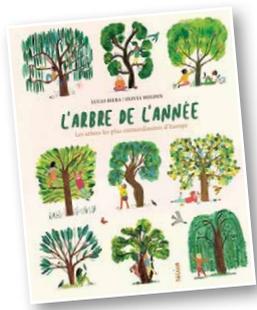
Pour tous à partir de 5 ans.



*Jouets de nature - Histoires et secrets de fabrications*, textes et illustrations de Christine Armengaud, prises de vue de Yannick Fourié, *Plume de carotte*, 192 p., 34,50 euros.

Marre du plastique ? Optons en cette fin d'année pour les jouets naturels comme ceux présentés dans cette réédition enrichie et modernisée d'un ouvrage datant de 2009 et vendu à plus de 35 000 exemplaires. Cinq chapitres articulent ce beau livre aux photos aussi magnifiques que leurs objets, «Jouets éphémères», «Jouets secs», «Tressages», «Musiques vertes» et «Jouets des 4 éléments». Entre une dizaine et une vingtaine de réalisations sont proposées chaque fois. En face de la photo en pleine page de droite, apparaissent à gauche la photo de l'élément de départ, la liste des plantes à utiliser, l'histoire du jouet présenté et les étapes de sa fabrication. Inouï de retrouver ces jouets naturels confectionnés à tour de bras hier et tombés dans l'oubli aujourd'hui. Sifflets, bateaux, couronnes, poupées ne demandaient que quelques minutes à être assemblés. Pourquoi ne pas recommencer ? Les textes fourmillent d'informations scientifiques tout en invitant à s'occuper les doigts. Parure en vigne vierge, casse-tête en cerise, toupies en glands, oiseaux en branches, canards tressés, hochets, chevaux en tiges de saule, instruments de musique n'attendent que vous. Il y en a plusieurs centaines et pour tous les goûts. Un index des plantes utilisées clôture cet épatant grand format entre le beau livre, le livre pratique et le documentaire.

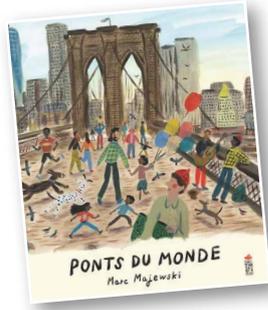
Pour tous.



*L'arbre de l'année - Les arbres les plus extraordinaires d'Europe*, textes de Lucas Reira, illustrations d'Olivia Holden, traduction et adaptation du catalan par Anne Cohen Beucher, *hélium*, 48 p., 16,90 euros.

C'est en 2011 qu'a été lancé à Bruxelles le *Concours de l'arbre européen de l'année*, inspiré de ce qui se faisait déjà en République tchèque, et nous n'en savions rien. Il s'agit tout simplement de voter chaque année pour une série d'arbres remarquables proposés sur le site multilingue *Tree of the year* (<https://www.treeoftheyear.org>). À noter que les votes pour 2024 seront ouverts en février. Si le lauréat 2023 est le Chêne Fabrykant, en Pologne, avec 45 718 votes, on trouve un arbre belge à la 15<sup>e</sup> place, le Poirier de Klerken, en Flandre occidentale. Cette belle initiative a donné lieu à un album réunissant plusieurs arbres sélectionnés dans le cadre du concours européen. Chacun est présenté dans une illustration-paysage sur double page mentionnant ses particularités et son histoire ainsi qu'une mini-carte d'identité. On découvre ainsi un arbre gardien d'un village inondé, un ginkgo amoureux, un peuplier solitaire, l'arbre d'une sorcière... De quoi aiguïser les appétits de découvertes des jeunes lecteurs. Un mini-bémol, si l'auteur mentionne l'année quand l'arbre de la page a eu le premier prix, il ne le fait pas pour ses autres choix. Dommage même s'il est évidemment possible de trouver les informations sur le site du concours.

À partir de 6 ans.



*Ponts du monde*, textes et illustrations de Marc Majewski, traduit de l'anglais par Nadja Belhadj, *Saltimbanque éditions*, 48 p., 15,90 euros.

En route pour un tour du monde en 21 étapes, une par pont qui apparaît dans une très belle illustration sur double page, remarquablement composée, mentionnant sa particularité. Des notices en fin d'ouvrage en disent davantage au sujet de chacun. Le point commun de ces édifices est qu'ils nous racontent tous une histoire et qu'ils unissent des mondes naturels et artificiels sans oublier qu'ils permettent aux humains de se réunir. Pas de mention du romantique *Pont des soupirs* vénitien, la notion étant portée par le *Bow Bridge* new-yorkais. Parmi les 20 autres ponts choisis, le très haut *viaduc de Millau* (France), le très long pont (54,71 km) reliant Hong Kong, Zhuhai et Macao, le mini *El Marco* (3,2 m) entre l'Espagne et le Portugal, le coloré *Golden Gate* (USA), le suspendu *Charles Kuonen* en Suisse et le submergé *pont de Moïse* aux Pays-Bas, sans oublier l'historique *Edmund Petbus Bridge* (USA), le millénaire *Pont du Gard* (France) ou l'inspirant *Pont japonais* à Giverny. Une superbe promenade poético-documentaire.

À partir de 6 ans.



*Où te caches-tu ?*, textes de Raphaël Martin, illustrations de Marine Giacomi, *La Martinière Jeunesse*, 48 p., 21 euros.

Un grand format pour découvrir, comprendre et protéger les animaux qui vivent incognito aux côtés des humains. Que ce soit sous terre comme le blaireau, sous un caillou comme la lithobie, derrière l'écorce des arbres comme la sittelle torchepot, orthographiée ici avec un seul t. Tout en haut du ciel comme le colibri cubain ou dans les profondeurs des abysses comme la baudroie épineuse. Qu'ils se camouflent comme le phasme ou voyagent discrètement comme les graines que transportent les animaux. Qu'ils se nourrissent la nuit comme la fouine ou fassent des orgies le jour comme la coccinelle qui peut ingurgiter jusqu'à 100 pucerons par jour. Sans compter ceux qui se cachent dans les grottes ou même dans les maisons, dont les célèbres punaises de lit. Ou encore dans le corps humain. Ou encore... La Nature recèle de nombreux mystères, habitudes secrètes, cachettes, qui sont ici dévoilés par le texte et l'image et au travers des 20 volets à soulever - attention en les refermant à ne pas les plier. On apprend ainsi que la sittelle torchepot est le seul oiseau européen capable de se promener sur un tronc d'arbre la tête en bas.

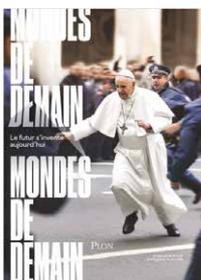
À partir de 6 ans.

*Un enfant qui lit  
sera un adulte qui pense*

Flore Vasseur, écrivain



## À LIRE



# AGENDA

Le mag scientifique

### • ANDENNE

#### Les as de la jungle

Dès le 1<sup>er</sup> décembre, venez découvrir à l'EMA (Espace muséal d'Andenne) cette expo interactive pour les enfants (6-12 ans). Une première en Belgique ! Créée par le *Muséum de Toulouse* et *Tat Productions*, *Les as de la Jungle L'EXPO* propose aux enfants de partir en mission avec leurs héros préférés, tout en les sensibilisant à la protection des écosystèmes, de la biodiversité et de l'environnement. Au programme: des énigmes, des défis, des manip originales, un babyfoot multijoueurs, un livret de visite ou encore, un bestiaire d'animaux naturalisés.

<https://www.expoandenne.be/>

### • BRUXELLES

#### Giants

Il y a 66 millions d'années, l'impact d'une météorite provoquait l'extinction d'innombrables espèces animales: dinosaures, plésiosaures, mosasaures, etc. Une chance pour certains petits animaux qui, jusqu'alors, avaient vécu dans l'ombre des grands ! Ils se diversifient et certains d'entre eux grandissent parfois jusqu'à atteindre des tailles gigantesques. Le Musée des Sciences naturelles vous invite à un voyage dans le temps, du Paléogène au Quaternaire. Rencontrez-y 11 animaux aux dimensions spectaculaires, 6 représentations animales 3D à taille réelle et 5 squelettes (presque) complets, et tel un paléontologue, menez vos propres recherches avec les interactifs et images multimédias.

<https://bit.ly/3tqIXQz>

### • COUILLET

#### L'or bleu

Partez à toute vapeur à la découverte du cycle naturel de l'eau, des ruisseaux aux nuages. Expérimentez la poussée d'Archimède et les vases communicants et découvrez le potentiel de l'énergie hydraulique. Cette expo fera aussi la lumière sur les aspects les plus sombres de cet «or bleu», indispensable à la vie mais menacé par l'être humain. Naviguez dans les eaux troubles de la pollution et de la surconsommation causées par l'agriculture et l'industrie et mesurez la puissance des tsunamis et des inondations.

<https://bit.ly/3GPamNW>

### MONDES DE DEMAIN

Julien Civange - Plon Éditions

Comment les nouvelles technologies imprègnent-elles notre quotidien et tous les aspects de notre activité ? L'humain restera-t-il maître des machines ? Quelle est la part du futur dans le présent ? Entre IA, réalités virtuelles, internet des objets, robots sapis, SexBot ou humains augmentés, à quoi ressemblera notre réalité dans 10 ou 30 ans ? 150 exemples de progrès scientifiques, technologiques, de récentes inventions et d'innovations révèlent des perspectives surprenantes et des futurs parfois sidérants. Les auteurs ont interrogé des pionniers faisant autorité: la scientifique et spatonaute Claudie Haigneré; Gérard Le Lann, l'un des créateurs d'Internet; le musicien Jean-Michel Jarre; l'infectiologue Anne-Claude Crémieux; l'aventurier et inventeur Bertrand Piccard; l'ancien directeur de l'ESA Jean-Jacques Dordain...

### ATHENA 364 Novembre-Décembre 2023

Tiré à 22 250 exemplaires, *Athena* est un magazine de vulgarisation scientifique édité par le Département de la Recherche et du Développement technologique du SPW Recherche.

Place de la Wallonie 1, Bât. III - 5100 JAMBES  
N° Vert du SPW: 1718 - [www.wallonie.be](http://www.wallonie.be)

#### Abonnement (gratuit)

Vous souhaitez vous inscrire, obtenir gratuitement plusieurs exemplaires ou modifier vos coordonnées, contactez-nous !

PAR COURRIER  
Place de la Wallonie 1, Bât.III - 5100 JAMBES

PAR TÉLÉPHONE  
au 081 33 44 93

PAR COURRIEL À L'ADRESSE  
[athena@spw.wallonie.be](mailto:athena@spw.wallonie.be)

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur  
[www.athena-magazine.be](http://www.athena-magazine.be)

<http://athena.wallonie.be>

[Facebook.com/magazine.athena](https://Facebook.com/magazine.athena)

RÉDACTRICE EN CHEF  
Géraldine TRAN  
Ligne directe: 081 33 44 76  
[geraldine.tran@spw.wallonie.be](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)

GRAPHISTE  
Nathalie BODART  
Ligne directe: 081 33 44 91  
[nathalie.bodart@spw.wallonie.be](mailto:nathalie.bodart@spw.wallonie.be)

IMPRESSION  
db Group.be  
Boulevard Paepsem, 11A à 1070 Bruxelles

ISSN 0772-4683 (P) - 2736-5875 (N)

COLLABORATEURS  
Lucie Cauwe, Jean-Michel Debry, Paul Depovere, Henri Dupuis, Julie Fiard, Thibault Grandjean, Philippe Lambert, Julie Luong, Laetitia Mespouille, Yaël Nazé, Fleur Olgagnier, Jacqueline Remits

DESSINATEURS  
Alsy, Peter Elliott, Olivier Saive, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT  
Jean-François HEUSE  
Inspecteur général

ÉDITEUR RESPONSABLE  
Lionel BONJEAN  
Directeur général

COUVERTURE  
Première  
Crédit: ©Urupong - stock.adobe.com

Quatrième  
Crédit: Juno

Toute reproduction totale ou partielle nécessite l'autorisation préalable de la rédactrice en chef.





## **Visitez nos sites**

<http://athena-magazine.be>  
<http://athena.wallonie.be>  
<http://recherche.wallonie.be>  
<http://difst.wallonie.be>

## **Rejoignez-nous sur**

[Facebook.com/magazine.athena](https://www.facebook.com/magazine.athena)