ATHENA
Le mag scientifique

337
Mai-Juin 2018

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE

Technologie p.12

Chirurgie 2.0: D'Ambroise Paré à Da Vinci

Dossier p.18

Les chantiers du sommeil

SPW | Éditions

Wallonie

www.athena.wallonie.be · Bureau de dépôt Charleroi X · N° d'agrément : P002218

ÉDITO

Naissance au sein de la rédaction !

TEXTE: GÉRALDINE TRAN - RÉDAC'CHEF • PHOTOS: MYRIAMS-FOTOS/PIXABAY - TITRE, ID PHOTO/VIGNETTE

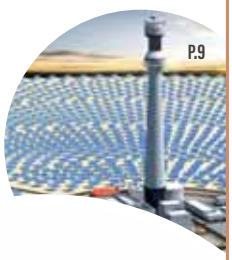
Je pourrais vous parler de la chirurgie de demain parce que nous y serons sans doute tous un jour confrontés. Je pourrais vous parler aussi de l'importance du sommeil parce que lorsque celui-ci n'est pas optimal, il pourrait être le lit de diverses pathologies cérébrales, dont la maladie d'Alzheimer. Je pourrais vous parler encore de la communication végétale (parce que oui, les arbres «communiquent» entre eux), du laser gamma ou vous expliquer comment utiliser *Google* et ses multiples applications. Mais non, je vous laisse découvrir tout ceci au fil des pages et me contenterai de vous annoncer une grande nouvelle. En tous cas pour nous, c'en est une grande. Après de longs mois de construction, le nouveau site d'ATHENA est ouvert ! En parallèle au portail de la DGO6 (**https://recherche-technologie.wallonie.be**), où vous continuerez à retrouver les PDF, ce tout nouveau site est plus responsive, intuitif et coloré. Il s'adaptera à votre mode et à vos supports (smartphone, tablette, desktop) de lecture. Vous y retrouverez l'intégralité du contenu de la version papier et plus encore. Mieux, vous pourrez adapter vos préférences grâce à un compte utilisateur. Rassurez-vous, vos données resteront strictement confidentielles. Ce compte vous permettra simplement de reprendre la lecture d'un article là où vous l'aviez laissé, de recevoir les notifications lorsqu'un article ou un nouveau numéro est en ligne... Merci à l'équipe de *Paf ! Design* (Mathieu, Fabien) pour accompagner les novices en webmastering que nous sommes. Je n'en dirai pas davantage et vous invite plutôt à vous y rendre de suite et à vous faire une idée par vous-mêmes des avantages de ce site.

www.athena-magazine.be

SOMMAIRE

Le mag scientifique

337
Mai-Juin 2018



P.18

4 Actualités
Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe

10 Qui est-ce ?
Emmy Noether

12 Technologie
Chirurgie 2.0 - D'Ambroise Paré à Da Vinci

16 L'ADN de ...
Cécile GERIN ▪ Muséologue

18 Dossier
Les chantiers du sommeil

24 Internet
Google: comment bien l'utiliser ?

28 Société
L'esprit de la forêt

32 Chimie
De l'alchimie à la chimie

34 Biologie
Plongez au coeur des cellules et de la vie

38 Physique
Le laser gamma

40 Astronomie
Petite balade tête dans les étoiles

42 Espace
Pour savoir tout ce qui passe en l'air et sur Terre !

46 À lire avec nos enfants

50 Barje
On est tous Barje, même Athena !

51 Agenda
À voir, à tester, à cliquer, à lire...

ACTUS

TEXTE : JEAN-CLAUDE QUINTART • JC.QUINTART@SKYNET.BE
PHOTOS : © B. HALLET (P.5), © LEUNGCHOPAN (P.6), © DESIGNED BY TOPNTP26/FREEPIK (P.6),
© AGC GLASS EUROPE (P.7), © DESIGNED BY XB100/FREEPIK (P.8),
© FONDATION ARC (P.8), © CMI (P.9), © DESIGNED BY CREATIVEART / FREEPIK (P.9)

Les nanos en toute sécurité

En quelques années, nos économies se sont converties aux nanomatériaux. Formés de particules à peine plus grandes que des cellules, ceux-ci, grâce à leurs propriétés physico-chimiques, doivent apporter à nos produits une plus-value. Ce qui explique l'engouement qu'ils suscitent auprès des industriels. Bonbons au chocolat, peintures, crèmes solaires, voitures, etc. plus de 500 produits de consommation contiennent aujourd'hui des nanomatériaux. Mais ce progrès rime-t-il avec sécurité ? Par exemple, nos peintures sont-elles toxiques ? Un problème auquel s'attaque le *Namur Nanosafety Center*, via le projet *NanoGeCo*, en partenariat avec l'Université de Graz (Autriche), l'Institut de recherches *Fraunhofer* (Allemagne) et l'entreprise wallonne *Dothée* (Assesse), active en peinture industrielle.

«*Nous avons déjà travaillé sur les nanomatériaux dans de multiples projets, mais cette étude-ci a la particularité de s'intéresser à des produits commerciaux et notamment à la toxicité des nanomatériaux présents dans les peintures industrielles*», explique Julie Laloy, co-coordinatrice du projet, avec les professeurs Stéphane Lucas et Jean-Michel Dogné. Il faut savoir que les nanomatériaux procurent aux peintures des caractéristiques innovantes, comme par exemple des propriétés autonettoyantes. Et Julie Laloy de préciser ici que «*Grâce aux nanomatériaux présents dans la peinture, on peut imaginer que la pluie, en ruisselant, nettoierait la surface des murs*».

Parmi les volets de l'étude, l'un vise plus particulièrement les fractions volatiles respirables et les risques qu'elles présentent quant à la santé des salariés, sachant que dans le secteur du bâtiment, les peintures sont généralement pulvérisées au pistolet. Dans la foulée, l'aspect protection à déployer est également envisagé. «*Nous testons 2 formulations à base de nanomatériaux produites par notre partenaire* Dothée*, et nous mettons en place des scénarios plausibles d'expositions accidentelles, tandis qu'en parallèle, nous étudions l'efficacité de divers types de masques comme moyen de protection des voies pulmonaires*», ajoute Julie Laloy.

Avec ce type de projet, financé par le **SPW Recherche** et le programme européen SIINN ERA-NET, qui encourage le transfert des résultats de recherches européennes en nanoscience et nanotechnologie vers des applications industrielles, la Belgique se veut pionnière sur la législation des nanomatériaux. En effet, les tests de toxicité ne sont pas obligatoires, et il n'est même pas exigé d'indiquer si un produit contient ou non des nanomatériaux. Une opacité qui incite les consommateurs à craindre les nanomatériaux. D'où la volonté de la Wallonie d'explorer ce domaine et du fédéral de vouloir légiférer en cette matière car: «*Les nanosciences sont un domaine d'avenir et il est indispensable de connaitre aujourd'hui les effets de ces matériaux novateurs*», conclut Julie Laloy.

Plus d'infos

https://www.unamur.be
https://www.narilis.be

Le drone du cimetière

Il ne s'agit pas ici d'un film macabre et encore moins d'humour noir, mais d'une approche originale de gestion des cimetières, grâce à laquelle la commune de Gerpinnes a remporté un *Agoria Smart City Award Digital* 2018. En clair, cette solution permet aux Gerpinnois d'interagir avec l'État civil ou le fossoyeur via le site *cimetieres-gerpinnes.be*, afin de retrouver des sépultures ou commander le fleurissement et l'entretien de tombes. «*Nos défunts méritent le respect, c'est pourquoi, avec les moyens disponibles, nous mettons tout en œuvre afin de faire de nos cimetières des endroits accueillants et respectueux de l'environnement*», expliquent les Autorités municipales.

Dans ce but, elles ont modernisé la gestion des 10 cimetières de l'entité et lancé, avec la société *D2D3*, le logiciel *CimWeb*, un logiciel permettant aux citoyens et aux services municipaux de gérer efficacement ceux-ci via une cartographie aérienne des cimetières, réalisée par drone. Application presse-bouton, le citoyen trouve sur le site tous les documents utiles, pré-remplis et imprimables et toutes les informations pour la gestion complète des concessions: achats, renouvellement, conversion, etc. Drone, logiciel et applications, soit un déploiement de moyens inattendus au niveau d'une petite commune wallonne, le tout pour 10 000 euros ! D'où les félicitations du jury pour la perspicacité de Gerpinnes qui a su intégrer divers éléments à petite échelle, au moyen de la technologie numérique.

«*Ce projet cadre parfaitement avec l'initiative* Wallonie en poche*, le portail numérique qui offre aux citoyens ou aux visiteurs d'une ville un accès personnalisé à toute une série d'informations et de services. Dans ce cas précis, Gerpinnes et les autres communes de l'entité ont développé ensemble un outil commun et ergonomique qui cadre aussi parfaitement avec la stratégie* Digital Wallonia *soutenue par* Agoria», note Thierry Castagne, directeur général d'*Agoria Wallonie*. Initié par *Agoria*, le concept *Smart City Award* récompense les villes et communes qui investissent dans les innovations technologiques pour faciliter le quotidien de leurs habitants. Les autres lauréats de cette 4e édition sont: Saint-Trond pour son application mobile communale *Sint-Truiden* par laquelle chaque habitant peut relier sa carte d'identité à l'app; Bruxelles pour la gestion du trafic et la réduction de la pollution de l'air grâce à des feux de signalisations intelligents; Musson pour ses compteurs d'eau intelligents et Bruges pour la cartographie de ses parkings de surface par des mobylettes intelligentes.

https://www.agoria.be • http://www.cimetiere-gerpinnes.be

Big is useful !

http://www.uwe.be

Bonne nouvelle pour notre économie, le Gouvernement wallon a approuvé, le 29 mars dernier, l'arrêté autorisant la circulation sur le territoire wallon des camions de masse maximale autorisée (MMA) de 50 tonnes sur 6 essieux. Conseiller en Mobilité à l'*Union Wallonne des Entreprises (UWE)*, Samuël Saelens se réjouit et déclare que «*Cette proposition est importante pour l'amélioration de certains transports routiers, car elle permet d'augmenter la charge utile d'un véhicule de plusieurs tonnes, tout en respectant une série de critères techniques*». En effet, l'impact des MMA sur les infrastructures sera identique à celui des 44 tonnes sur 5 essieux. Notons que la mesure adoptée par la Wallonie est en application depuis de nombreuses années déjà aux Pays-Bas. Aussi, l'*UWE* espère maintenant qu'elle trouve un écho favorable auprès des autorités flamandes, afin que celles-ci emboitent le pas de leurs homologues wallons. Saluant le travail technique mené par les pouvoirs publics wallons et les transporteurs, Olivier de Wasseige, administrateur délégué de l'*UWE* estime que «*La mesure renforcera l'attractivité logistique de la Wallonie et qu'elle permettra à certains acteurs concernés d'améliorer l'efficience et l'impact environnemental de leurs transports*».

Liaisons mortelles

On le pensait mais maintenant, grâce à des chercheurs de l'Université libre de Bruxelles (ULB), on en est certain: la pollution de l'air a bien un impact direct sur l'athérosclérose. Ainsi, dioxyde d'azote, ozone, particules fines etc. détruisent notre santé, notamment en accroissant les risques liés aux maladies cardiovasculaires. Pour comprendre les mécanismes de cette liaison mortelle, une équipe de l'ULB s'est intéressée à la métabolisation de l'acide cyanhydrique (forme volatile du cyanure), l'un des gaz polluants non réglementés et généré par la combustion des matières organiques issues des moteurs thermiques, de la consommation de tabac, etc. Un produit non mesuré dans les évaluations qualitatives de l'air comme le dioxyde, l'azote, etc.

Dans un premier temps, les chercheurs ont prouvé que la myéloperoxydase (MPO), une protéine humaine active dans le développement de l'athérosclérose, était capable d'oxyder le cyanure en cyanate via des mécanismes chimiques, stimulant ainsi la transformation de protéines circulant dans le sang. Avec la participation de collègues américains et autrichiens, ils ont ensuite injecté du cyanure dans un modèle murin (modèle d'expérimentation animale) mimant les maladies cardiovasculaires et exprimant la MPO humaine. «*Cette étape a démontré que l'exposition au cyanure induisait bien l'accumulation de protéines modifiées par ce polluant spécifiquement dans les plaques d'athérome, à la base de certaines maladies cardiovasculaires et montré également que modifiée de cette façon, les protéines sont aussi impliquées dans le déclenchement de mécanismes inflammatoires pouvant devenir chroniques*», notent les chercheurs, dont les travaux ont été publiés dans le *Journal of Biological Chemistry*.

Précisons que si l'implication des transformations de protéines par la MPO dans les pathologies cardiovasculaires était connue, en revanche, les gaz polluants n'avaient, jusqu'à présent, jamais été impliqués. La démonstration par l'ULB d'un lien direct d'un être vivant soumis à un gaz polluant et l'athérosclérose est donc une première !

http://www.ulb.ac.be

Pharma valley

https://pharma.be

Notre secteur pharmaceutique n'a de cesse de repousser indéfiniment ses limites opérationnelles. Ainsi il a investi, l'an dernier, le montant record de 3,5 milliards d'euros en recherche et développement de nouveaux traitements, soit une progression de 21,4% par rapport à 2016. Dans le même temps, l'emploi a augmenté de 1,3% pour atteindre quelque 36 000 salariés, dont 5 098 chercheurs (+14%) tandis que les exportations en médicaments et vaccins dans le monde ont dépassé les 40 milliards d'euros.

Des succès répétés qui, s'additionnant les uns aux autres, font dire à Catherine Rutten, CEO de *pharma.be*: «*Plus que jamais la Belgique est la pharma valley*». Ajoutant: «*Les chiffres 2017 confirment une nouvelle fois l'importance du secteur biopharmaceutique en Belgique. Le montant de 3,5 milliards d'euros d'investissements consentis pour développer de nouveaux traitements démontrent que notre pays joue un rôle mondial dans la découverte de médicaments du futur. L'expertise et la passion de près de 36 000 employés, dont le quotidien est dédié à trouver des solutions pour les patients est une motivation supplémentaire*» et de conclure en soulignant le rôle de leader joué par l'industrie belge en matière d'essais cliniques, faisant de la Belgique un pôle mondial de l'innovation.

Light show en façade

À l'occasion de la dernière édition du salon *Light & Building* de Francfort, *AGC Glass Europe* a levé le voile sur *Glassiled Uni*, sa dernière innovation en matière de solutions verrières à LEDs intégrées permettant l'illumination uniforme des façades. Doté des mêmes caractéristiques qu'un double vitrage classique, *Glassiled Uni* ajoute des LEDs monochromes ou RGB (*Red, Green, Blue*) intégrées dans l'espaceur afin d'offrir une uniformité inégalée à ce jour dans l'illumination des façades, tout en jouissant d'une liberté totale en matière de teinte ou de température de couleur. Plus concrètement, le produit intègre, au sein d'un double vitrage, des LEDs (monochromes ou RGB contrôlées individuellement) collées sur le verre. Cette approche personnalisée est compatible avec la plupart des menuiseries, facile à installer, à entretenir et offre une parfaite transparence une fois le panneau éteint, le tout avec une faible consommation d'énergie.

Dans cette gamme, *AGC Glass Europe* propose également les versions: *Glassiled Motion* et *Glassiled Sign*. Par cette fonctionnalité, une fois la nuit tombée, le support vitré se transforme en un écran géant, media visuel et interactif, permettant la diffusion de tout projet animé. Grâce à un câblage invisible, le verre conserve une transparence de 99%, aucun effet «barres» ne perturbe la vision au travers du verre et les composants sont protégés de l'humidité et des aléas atmosphériques. Cette variante s'adresse en priorité aux façades de centres commerciaux, hôtels, complexes sportifs, etc.

De son côté, *Glassiled Sign* intègre des LEDs monochromes dans un verre feuilleté, pour des applications intérieures et extérieures d'affichage d'éléments permanents, comme des logos, des images, etc. devant se fondre harmonieusement à la façade ou autre support verrier. Une fois encore avec cette nouvelle ligne, *AGC Glass Europe* apporte aux architectes et designers des produits avec lesquels ils peuvent désormais déployer une foule de solutions nouvelles dans l'animation des façades. Ces approches montrent le savoir et la perspicacité des quelque 280 chercheurs de l'*AGC Technovation Center* de Charleroi, centre R&D de référence mondiale pour le secteur au sein du Groupe et dont plus de 50% des projets sont liés au développement de produits, solutions et process durables.

http://www.agc-glass.eu

COUP D'CRAYON

ILLUSTRATION : VINCE · VINCENT_DUBOIS@ME.COM

Le 6e continent comme on nomme tristement l'immense étendue de déchets plastiques qui pollue les océans, serait-il en voie d'être détruit ? Une équipe de chercheurs a en effet découvert, par hasard, une enzyme capable de dévorer le plastique à une vitesse accélérée. Cette découverte fait suite à celle, en 2016, d'une enzyme qui a naturellement évolué dans une décharge japonaise. Appelée PETase, elle se nourrit de plastique PET (celui qui constitue notamment les bouteilles plastique). L'espoir naît ainsi d'une solution de recyclage naturelle et durable et d'un environnement plus propre...

Sus au diabète

Pathologie liée à une mauvaise régulation du taux de sucre dans le sang, le diabète est un fléau mondial qui touche près d'un demi-milliard de personnes dans le monde. Jusqu'à aujourd'hui, nous déclinions la maladie selon 2 types:

- le type 1 caractérisé par une perte progressive des cellules bêta pancréatiques productrices d'insuline suite à réaction du système immunitaire contre ces cellules;
- le type 2 lié à un manque de sécrétion de quantités suffisantes d'insuline et une insensibilité du corps à l'insuline suite à la sédentarité ou à un excès de poids.

Désormais, les chercheurs montrent que d'autres types de diabètes existent, avec des causes bien distinctes. Aller plus loin sur ces découvertes, tel est le but du projet *DiaType*, qui lancera des recherches cliniques sur ces différentes formes avec l'ambition de développer des traitements personnalisés.

À côté des biomarqueurs du type 1 et des tests génétiques liés à 8 mutations associées au diabète aujourd'hui, les recherches de *DiaType* se focaliseront sur la création de nouveaux outils diagnostiques et traitements pharmacologiques. Plus concrètement encore, elles tenteront d'identifier les mécanismes moléculaires de la pathologie et testeront des agents ou stratégies thérapeutiques. Le programme envisage encore de développer des techniques d'imagerie afin de visionner les cellules bêta du pancréas et de proposer ainsi un nouvel outil diagnostique. Doté d'un budget de 2,35 millions d'euros sur 3 ans, *DiaType* fédère 9 partenaires et est coordonné par Miriam Cnop, professeur et chercheuse au *Center for Diabetes Research* de l'Université libre de Bruxelles (ULB) et à l'Hôpital Erasme. Ce projet est soutenu par l'*Institut bruxellois pour la recherche scientifique (Innoviris)* dans le cadre de sa plateforme BRIDGE.

Toujours sur le registre du diabète, les équipes de l'Hôpital Erasme ont concocté une technique de traitement du diabète par eau chaude. «*Il s'agit d'une intervention chirurgicale non invasive par endoscopie qui consiste à brûler, à l'aide d'eau chaude, la partie du duodénum qui intervient dans la résistance à l'insuline*», explique Jacques Devière, chef du Service de Gastroentérologie d'Erasme. Qui précise: «*En pratique, cette intervention, sous anesthésie légère, consiste à passer un ballon par la bouche et à détruire sélectivement, à l'aide d'eau chaude, la muqueuse duodénale qui va se régénérer et être remplacée par une nouvelle muqueuse endéans quelques jours*».

Si la technique semble étrange, elle a néanmoins fait ses preuves lors d'une première étude multicentrique à laquelle a participé Erasme, en démontrant l'efficacité et la sécurité de cette approche dite de resurfaçage muqueux du duodénum, dans des cas de diabète de type 2 non traité par insuline mais dont le diabète n'était pas équilibré. Cette étude, à laquelle ont participé 150 patients, a montré, après un an, que ce seul traitement permettait de rééquilibrer le diabète de manière significative. D'où une nouvelle étude qui devrait permettre de valider cette technique d'ici 2 ans.

«*Si les résultats sont confirmés, ce traitement novateur pourra être proposé à l'ensemble des patients porteurs d'un diabète de type 2 dont le contrôle n'est pas optimal par traitements oraux et pourra éventuellement éviter le passage au traitement par injection d'insuline*», note Jacques Devière. Toutefois, cette technique ne sera commercialisée comme traitement de routine qu'après la démonstration définitive de son efficacité sur un large échantillon de patients. Sachant qu'un diabète mal équilibré est à la base de risques comme la cécité, les affections cardio-vasculaires, l'insuffisance rénale ou encore les artériopathies, la validation de cette technique serait un grand pas en avant en matière de bien-être pour les patients. Et Jacques Devière de conclure en ajoutant que «*Si ce type de traitement pouvait réduire le risque de complication, il pourrait permettre, par ailleurs, d'améliorer d'autres pathologies associées au diabète dans le cadre du syndrome métabolique, comme les altérations hépatiques et notamment, la stéatose hépatique non-alcoolique (foie gras), précurseur potentiel d'une cirrhose du foie*».

https://www.erasme.ulb.ac.be
http://www.essenscia.be

Prix Léopold-Griffuel

Créé en 1970 par la Fondation *ARC* pour la recherche sur le cancer, le prix Fondation ARC Léopold-Griffuel de recherche translationnelle et clinique est l'une des plus prestigieuses récompenses décernées en Europe concernant les travaux ayant suscité une avancée importante en cancérologie. Cette année, le 46e Prix a été attribué à Martine Piccart, professeur à l'Université libre de Bruxelles (ULB), directrice de recherche à l'*Institut Jules Bordet* et co-fondatrice du *Breast International Group*, le plus grand réseau au monde en matière de traitements et outils diagnostiques pour les femmes et les hommes touchés par un cancer du sein.

https://www.fondation-arc.org
Plus d'infos sur
http://athena-magazine.be

Contrat chinois pour CMI Solar

Shandong Electric Power Construction Corporation (SEPCO III), l'une des majors chinoises de l'*Engineering Procurement & Construction* a retenu le récepteur thermo-solaire à sels fondus du wallon *CMI Solar* pour équiper sa tour solaire de 50 MWe de Haixi. Connu sous le nom de son propriétaire Lueng, le projet éponyme s'inscrit dans un ensemble de 23 programmes multi-énergies. Il fédérera un mix unique d'énergies renouvelables (thermo-solaire, panneaux photovoltaïque et éolien) sur un site exceptionnel. Sise dans le cadre désertique et les conditions climatiques extrêmes de la province de Quinghai, cette centrale autorisera un stockage d'énergie thermique de 12h. Installé au sommet d'une tour, le récepteur de *CMI* convertira l'énergie solaire en énergie thermique en chauffant des sels fondus, stockés ensuite dans un réservoir de sels chauds. De la vapeur sera produite via un générateur de vapeur en envoyant les sels chauds qui, après échange thermique, retourneront ensuite dans un réservoir de sels froids, duquel ils seront renvoyés vers le récepteur solaire pour être à nouveau chauffés.

Découvrez les exceptionnelles compétences développées par *CMI Energy*, qui expliquent aisément son succès au Chili, en Afrique du Sud et maintenant en Chine sur notre version digitale.

http://www.cmigroupe.com • http://www.sepco3.com
http://athena-magazine.be

LE CHIFFRE

97

L'information fait peur, mais selon le rapport Sécurité 2018 de *Check Point*, 97% des entreprises ne seraient toujours pas préparées face aux cyberattaques. Spécialiste de solutions dédiées à la cybersécurité, *Check Point Software Technology* a constaté, après avoir passé au crible les menaces dans différents secteurs, que plus de 300 applications mobiles dans les boutiques d'applications dites de confiance étaient infectées de logiciels malveillants et que les périls dans le Cloud, les attaques d'extraction en cryptomonnaie et la vulnérabilité des objets connectés ne cessaient de croître.

Pour Peter Alexander, directeur marketing de *Check Point*, «*Nous assistons à une nouvelle génération de cyberattaques. Reposant sur des technologies dérobées à des états, ces attaques de 5e génération sont multivecteurs, rapides et à grande échelle*». Un tableau qui inquiète au plus haut niveau les responsables informatiques, surtout lorsqu'ils constatent que malgré l'imminence de ces dangers, leurs entreprises manquent de préparation et disposent d'infrastructures obsolètes. Ce que confirme le dernier rapport de sécurité sur la vulnérabilité structurelle des entreprises: pour ce type de menaces, la plupart d'entre-elles a au moins 10 ans de retard ! «*Aucune entreprise publique ou privée n'est immunisée. Hôpitaux, administrations, grandes entreprises encourent des risques et pourtant, 97% ne sont toujours pas armées pour faire face à des méga-attaques de 5e génération. Cela doit absolument changer*», conclut Dough Cahill, directeur de groupe et analyste en cybersécurité chez *Enterprise Strategy Group*.

Rapport complet: https://pages.checkpoint.com/cyber-security-report-2018.html

Qui est-ce ?
Emmy NOETHER

TEXTE : JACQUELINE REMITS • JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : ©BELGAIMAGE (P.10)

CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 23 mars 1882, Erlangen (Allemagne)

DÉCÈS: 14 avril 1935, Princeton (États-Unis)

SITUATION FAMILIALE: Célibataire

DIPLÔME: Mathématiques

CHAMPS DE RECHERCHE: Mathématiques, physique théorique

DISTINCTIONS: Prix Alfred Ackermann-Teubner (avec Emil Artin)

Je suis...

Une grande mathématicienne, considérée comme «la mère de l'algèbre moderne». Née en Bavière, je suis l'aînée de 4 enfants. À la maison, je baigne dans une ambiance matheuse. Mon père Max, professeur de mathématiques à l'Université d'Erlangen, est l'un des grands spécialistes de la géométrie algébrique. Si mon premier prénom est Amalie, très vite on m'appelle par mon deuxième prénom, Emmy. Enfant, comme les filles d'alors, j'apprends le piano, la danse et les travaux domestiques. Douée en français et en anglais, je réussis facilement un examen pour devenir enseignante dans ces matières. Je décide cependant d'entreprendre des études en mathématiques à l'Université d'Erlangen. À l'époque en Allemagne, la place des femmes est définie par le fameux «*Kinder, Küche und Kirche*» (enfants, cuisine et église). Tout un programme, qui ne me convient pas vraiment. Toute ma vie, j'aurai à combattre la misogynie ambiante. Sur le millier d'étudiants que compte l'université, nous ne sommes que 2 filles et à ce titre, nous devons demander la permission aux professeurs pour pouvoir suivre leurs cours ! Je pars ensuite étudier l'astronomie et les mathématiques à l'Université de Göttingen. De retour à Erlangen, j'ai pris la décision de consacrer ma vie aux maths. L'algèbre est mon domaine.

Après ma thèse de doctorat passée en 1907, j'enseigne bénévolement à l'Institut de mathématiques d'Erlangen. En même temps, je complète les travaux de ma thèse avant publication. Le mathématicien Ernst Fischer me fait découvrir les travaux de son confrère David Hilbert, qui s'intéresse à l'algèbre abstraite. Ensemble, nous avons de longues discussions... sur les mathématiques, bien sûr ! Nous échangeons même des cartes postales à ce propos. En 1915, je suis engagée par l'Université de Göttingen malgré les réticences des professeurs, toujours à titre bénévole. Pour être acceptée, je dois donner mes cours sous le nom de Hilbert ou de mon père. Heureusement, ma famille est là pour m'héberger et me nourrir. À l'issue de la Première Guerre mondiale, certains droits s'ouvrent enfin aux femmes. Après 12 ans à enseigner bénévolement, je passe mon agréation pour donner cours. Le titre de *Privatdozent* (maître de conférences) reconnaît mes mérites, mais je n'obtiendrai de salaire qu'en devenant assistante en algèbre, un an plus tard. Professeure passionnée, j'adore discuter avec mes étudiants, dont j'aime mettre les travaux en valeur. Pendant les jours fériés, je donne cours dans des

cafés ou chez moi. Certains apprécient, d'autres sont déroutés par mes méthodes.

Durant l'année 1928, je travaille quelque temps à l'Université d'État de Moscou où je poursuis mes recherches et mon enseignement. De retour en Allemagne, en 1932, je reçois, aux côtés du mathématicien autrichien Emil Artin, le prix Alfred Ackermann-Teubner. Je n'obtiens toujours pas le rang de professeur à part entière, bien que reconnue par mes pairs qui me sollicitent pour une conférence lors du congrès international des mathématiciens à Zurich. Quand Adolf Hitler devient chancelier en 1933, mon poste d'enseignante à l'Université de Göttingen m'est retiré car je suis juive. J'accueille alors mes étudiants chez moi. Rapidement, le Bryn Mawr College, près de Philadelphie aux États-Unis, me propose un poste. J'y entame des cycles de conférences tout en poursuivant mes recherches. En avril 1935, à 53 ans, des médecins me diagnostiquent une tumeur, en fait un kyste ovarien, dont l'opération me sera fatale.

À cette époque…

L'année de ma naissance, en 1882, Robert Koch démontre le caractère contagieux de la tuberculose en découvrant sa cause microbienne. À partir de là, commence une lutte contre ce fléau endémique. En 1921, à l'époque où j'approfondis mes recherches sur l'algèbre abstraite, la découverte du BCG (bacille de Calmette et Guérin) marque le début du déclin de cette maladie. En 1927, un peu avant que je parte travailler à l'Université d'État de Moscou, Hô Chi Minh fonde le parti communiste vietnamien. En 1933, quand Hitler installe la dictature nazie et que je pars aux États-Unis, le Président Franklin D. Roosevelt annonce la politique du New Deal, une série de mesures d'urgence destinées à briser le cercle vicieux de la dépression qui sévissait alors jusque-là.

J'ai découvert…

Le théorème de Noether. En 1915, Einstein énonce sa fameuse théorie de la relativité générale. Avec la contribution de plusieurs mathématiciens, il démontre que la géométrie de l'espace est liée à la masse qu'elle contient. David Hilbert pense que l'énergie due à la gravitation peut créer une force d'attraction, ce qui va à l'encontre du principe de la conservation de l'énergie. En 1918, je démontre ce qui deviendra mon théorème: une symétrie des lois de la nature engendre une conservation d'une certaine quantité physique. Je découvre ce résultat dans le cadre de mes travaux sur la théorie des invariants algébriques. Ce théorème sera encore utilisé plus d'un siècle plus tard en physique théorique. Albert Einstein le qualifie de «monument de la pensée mathématique». Au début des années 1920, je travaille surtout en algèbre abstraite et je développe la théorie des idéaux dans des anneaux commutatifs. Mon article sur le sujet est considéré comme «révolutionnaire» en algèbre. En mon honneur, les anneaux sont qualifiés de «noethériens» s'ils vérifient la condition d'une chaîne ascendante.

Emmy Noether et son frère cadet Fritz, également mathématicien.

SAVIEZ-VOUS QUE…

Sous son influence, le groupe d'algèbre de l'Université de Göttingen acquiert une réputation mondiale. Des étudiants arrivent des 4 coins de l'Europe pour suivre ses cours. Ils sont surnommés les «*Noether's boys*». Ses étudiants russes, les plus pauvres, restent en chemise et sont appelés «la garde noetherienne».

La mathématicienne laisse souvent à ses étudiants de doctorat la paternité de leurs découvertes. «*Complètement altruiste et sans vanité, elle ne demandait jamais rien pour elle-même, mais favorisait, par-dessus tout, les travaux de ses étudiants*», dira d'elle l'un de ses collègues.

L'indifférence d'Emmy à son apparence physique était légendaire. Une algébriste russe se souvient d'un repas au cours duquel Emmy, complètement absorbée dans une discussion mathématique, «*gesticulait comme une folle, renversait sans cesse de la nourriture sur sa robe et l'essuyait, sans que cela ne la perturbe le moins du monde*».

Le mathématicien américain Norbert Wiener considère qu'à son époque, Emmy est «*la plus grande mathématicienne, la plus grande scientifique, tous domaines confondus, et une savante du même niveau au moins que Marie Curie*». À sa mort, le mathématicien soviétique Pavel Alexandrov dira qu'elle était «*la plus grande mathématicienne de tous les temps*». Albert Einstein écrit au *New York Times*: «*Fraülein Noether était le génie mathématique créatif le plus considérable produit depuis que les femmes ont accès aux études supérieures jusqu'à aujourd'hui*».

En son honneur, un cratère de la face cachée de la Lune et un astéroïde portent son nom.

Chirurgie 2.0

D'Ambroise Paré à Da Vinci

La médecine en général et la chirurgie en particulier ont toujours passionné les foules. Il suffit de compter le nombre de séries télévisées traitant du sujet pour le constater. Prenons par exemple *Grey's Anatomy*. Un hôpital dans la ville de Seattle, des aventures ahurissantes, un suivi de patients sur tablette, des chirurgiens plus talentueux les uns que les autres, nombre d'opportunités pour eux d'utiliser les dernières techniques à la mode et de résoudre des cas difficiles, voire désespérés. La technologie est donc bien présente, à divers niveaux, à l'hôpital Grey Sloan Memorial. Mais ça, c'est de la fiction ! Dans la vie réelle, qu'en est-il ? Que se passe-t-il quand un bistouri rencontre le numérique ? Enfilons notre blouse, mettons notre masque et entrons dans le bloc opératoire 2.0. La «cyber chirurgie», c'est par ici !

TEXTE : VIRGINIE CHANTRY • VIRGINIE.CHANTRY@GMAIL.COM
PHOTOS: © LEV DOLGACHOV (P.12), © BELGA/AFP (P.13), © 2009 INTUITIVE SURGICAL, INC. (P.14), © CHR CITADELLE (P.14), © DIGITSOLE (P.15)

Il est loin le temps des chirurgiens-barbiers dépendants des vénérés médecins et d'Ambroise Paré (1509-1590), considéré aujourd'hui comme le père de la chirurgie moderne. L'ère de la technologie et du numérique est bien là et le monde de la médecine n'a pas été oublié. Entre robotisation, réalité virtuelle ou augmentée et imagerie 3D, la très pointue chirurgie est également concernée. L'objectif ? S'approcher autant que possible du risque 0 pour le patient, sans toutefois remplacer l'homme par la machine. Il s'agit plutôt d'augmenter les performances du chirurgien en mettant à sa disposition des outils de nouvelle génération pour l'assister dans les procédures opératoires: sécurité, efficacité et précision sont les maîtres-mots. Bien entendu, le praticien doit être préalablement formé à l'utilisation de ces nouvelles technologies: on ne s'improvise pas chirurgien de demain !

Lors d'une opération, les mains et les yeux du chirurgien sont des outils essentiels. Le médecin peut donc être «augmenté» de 2 façons: grâce à la robotique pour ce qui est de ses mains; au moyen de l'imagerie numérique en ce qui concerne ses yeux.

Chirurgie mini-invasive

À l'heure actuelle, une hospitalisation dure rarement plus de quelques jours, en fonction bien sûr de la pathologie. Certaines opérations sont passées, en 20 ans, d'un mois à un seul petit jour de convalescence hospitalière... Cela grâce,

notamment, à la chirurgie mini-invasive guidée par l'image. Fini le temps où le chirurgien n'avait d'autre choix que d'ouvrir son patient à coups de bistouri et de plonger les mains dans ses entrailles. Bien entendu, cela est déjà connu depuis longtemps avec la chirurgie laparoscopique traditionnelle. Cependant, à l'aide d'outils robotisés, les précisions atteintes sont sans précédent, tout en se contentant d'une mini incision pour atteindre la zone à traiter. Le risque de complications en ressort fortement diminué, ainsi que le temps de convalescence et de cicatrisation. Mais cela ne peut se faire sans une idée extrêmement précise de ce qui se passe à l'intérieur du patient et donc, d'un guidage par l'image à l'aide d'une caméra.

Clonage numérique: réalité virtuelle et réalité augmentée

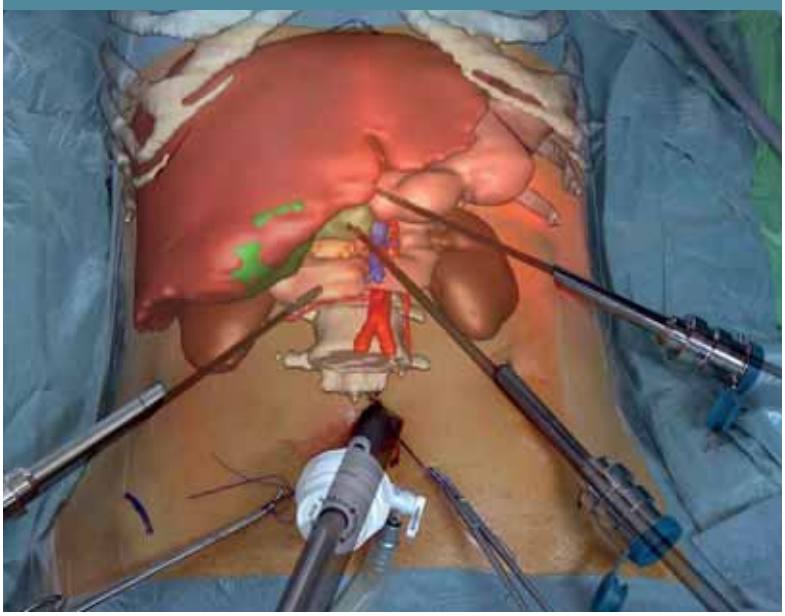
Dans certains hôpitaux et centres de recherche comme l'Institut hospitalo-universitaire de Strasbourg, s'entraîner sur un patient avant l'opération est déjà d'actualité. Au moyen d'outils de modélisation 3D, d'images obtenues par résonance magnétique (IRM - *voir encadré p. 15)* et de scanners *(voir encadré)* qui permettent d'avoir une vue claire et précise de tous les tissus de l'organisme, qu'ils soient durs ou mous, le corps du patient est «numérisé» pour obtenir *in fine* un modèle 3D de son corps, de la peau aux organes en passant par les veines et les os. Le chirurgien peut alors décider de l'approche et de la stratégie chirurgicale à adopter, en fonction de l'anatomie spécifique du patient, et répéter autant de fois que nécessaire les gestes - en réalité virtuelle et au moyen d'outils robotisés - qu'il devra ensuite reproduire sur le corps à soigner. Cette modélisation 3D peut également être montrée au patient afin de l'aider à visualiser sa pathologie et le traitement qui sera appliqué pour y remédier. De plus, durant l'opération, le chirurgien peut être assisté et guidé par réalité augmentée via une superposition de ce clone digital au patient. On parle dans ce cas de «transparence virtuelle».

Il faut cependant avoir conscience que les images médicales standards, c'est-à-dire en 2D et en niveaux de gris obtenues par scanner ou IRM, ne sont pas directement exploitables pour la chirurgie virtuelle ou augmentée. Elles doivent être préalablement traitées et assemblées en images 3D par des logiciels très sophistiqués. Un code de couleur est utilisé pour différencier les organes, les veines ou encore les artères et les images sont colorées coupe par coupe. Elles sont ensuite ajoutées les unes aux autres, couche par couche, afin de (re)constituer un corps virtuel en 3 dimensions.

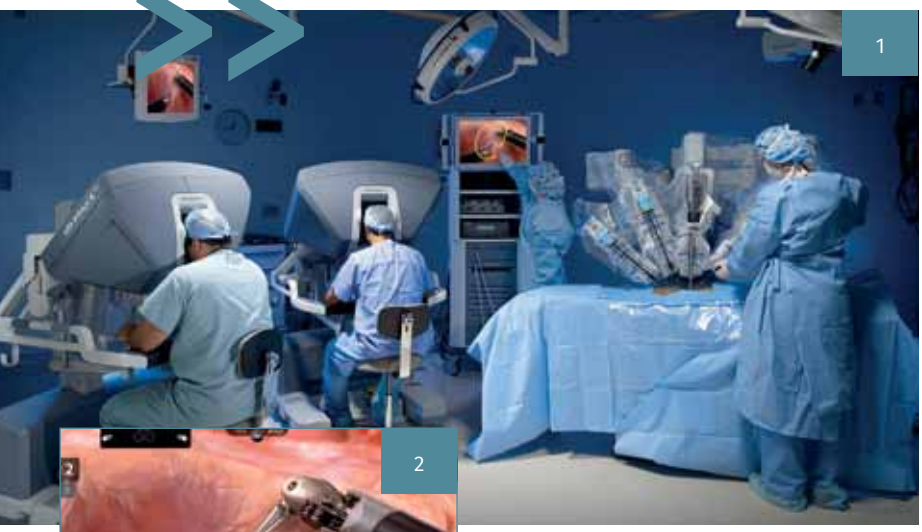
Prenons le cas d'une opération mini-invasive guidée par caméra: le moniteur montre les images enregistrées par la caméra sur lesquelles sont superposées, lorsque c'est nécessaire, des images virtuelles du corps du patient. Cela peut aider, grâce à la transparence virtuelle, à mettre l'accent sur la partie à traiter, les artères proches de la zone et qu'il faut donc éviter, une tumeur à extraire difficilement repérable à l'œil nu, etc. À la clé ? Plus de précision, moins de risque d'erreur et de complication durant la procédure et un gain de temps conséquent, ce qui est bénéfique non seulement pour le chirurgien qui devra rester moins longtemps concentré, mais aussi pour le patient moins longtemps anesthésié.

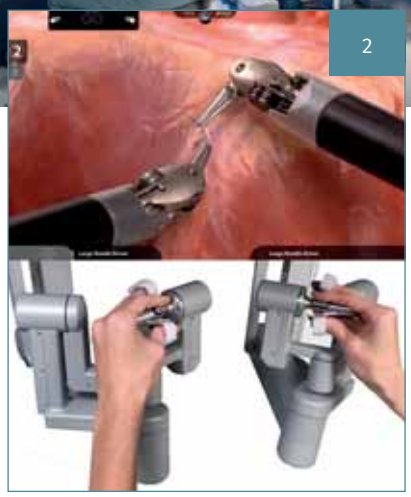
> Le clone numérique du patient peut être utilisé par le chirurgien pour décider de la procédure à suivre et s'exercer, mais aussi comme guide visuel pendant l'opération.

Attention, la superposition du virtuel sur le réel ne se fait pas par magie: des techniciens ou spécialistes doivent être présents en régie pour effectuer ce travail en fonction des mouvements de la caméra et vérifier en temps réel que les images modélisées épousent la réalité.



Opération du foie réalisée à l'Institut hospitalo-universitaire de Strasbourg. Le chirurgien bénéficie d'une assistance robotisée ainsi que de la réalité augmentée: les images virtuelles de certains organes sont superposées aux images acquises en temps réel au cours de la procédure.





1. Bloc opératoire équipé de la technologie *da Vinci*®. La présence de 2 consoles de contrôle permet de travailler en binôme durant une opération, mais aussi de former les chirurgiens en devenir.
2. Les mouvements des mains et poignets du chirurgien aux manettes de la console de contrôle sont reproduits par les instruments robotisés.
3. Deux chirurgiens en action au CHR de la Citadelle de Liège. Les loupes chirurgicales font partie de la panoplie classique du chirurgien. Elles augmentent l'acuité visuelle et donc la précision des gestes.

Cette technique de réalité augmentée a bien entendu ses limites: si un patient doit être ouvert et que par exemple, un rétracteur est utilisé, la position des organes s'en trouve modifiée et la superposition du corps digital ne sera plus possible. Ce problème peut être contourné en utilisant l'imagerie 3D en temps réel pendant l'opération. Des images sont alors obtenues durant l'intervention chirurgicale, directement dans le bloc opératoire, à l'aide d'un matériel de pointe adéquat, comme un scanner robotisé monté sur bras mobile. Et un logiciel de traitement hyper performant assemble les images acquises par le scanner en un modèle 3D et fusionne simultanément ce dernier avec les images réelles obtenues par caméra, malgré les mouvements. Plus besoin de régie vidéo ! Le chirurgien voit alors le corps du patient en transparence virtuelle avec moins d'une seconde de décalage entre la prise d'une image et sa diffusion. Encore de quoi gagner en précision.

Assistance robotisée

Mais de quoi est faite la boîte à outils (robotisés) du parfait chirurgien «augmenté» ? De plusieurs dispositifs indispensables. En premier lieu, une console avec siège ergonomique, écran intégré et système de commande aux pieds, depuis laquelle le chirurgien effectue confortablement ses opérations. Ensuite, comme nous l'avons vu, il doit aussi être équipé d'un système de visualisation d'images pour savoir ce qu'il se passe dans le corps du patient. Dans le cas par exemple de l'outil *da Vinci*®, produit par la compagnie américaine *Intuitive Surgical,* leader mondial sur ce marché, il s'agit d'une caméra endoscopique haute définition donnant des images en couleurs naturelles avec une perception de profondeur du champ opératoire (vision binoculaire). Et le clou du spectacle: 4 bras articulés et robotisés interactifs qui donnent accès à toutes les parties du corps et sur lesquels sont montés des instruments laparoscopiques (donc miniaturisés) multiarticulés à 7 degrés de liberté, ayant donc plus d'amplitude de mouvement qu'une main. Ils servent à inciser, manipuler les tissus, suturer, etc. Le chirurgien les contrôle aux moyens de manettes depuis la console. Ses mouvements de poignets, de mains et de doigts sont «transposés» en temps réel en des mouvements des instruments dans le corps du patient, mouvements plus précis, notamment grâce à un filtre anti-tremblements, et de moindre envergure. L'un des bras est équipé de la caméra endoscopique. Cet outil robotisé permet au chirurgien de réaliser sa procédure au travers de quelques minuscules incisions dans le corps du patient, une seule si cela est faisable. Attention ! Ce type de chirurgie avec assistance robotisée ne doit pas être confondu avec la chirurgie robotisée au cours de laquelle des machines réaliseraient une opération de A à Z de façon autonome après une programmation. La présence d'un chirurgien reste indispensable !

D'ailleurs, sachez que la chirurgie assistée par robots et ordinateurs est déjà arrivée dans nos contrées. Que ce soit aux Cliniques universitaires Saint-Luc à Woluwé-Saint-Lambert, à l'UZ Brussel, au CHU Ambroise Paré à Mons ou encore au CHR de la Citadelle à Liège, robots chirurgicaux, systèmes *da Vinci*® ou encore scanners robotisés sont une réalité. Et vous, accepteriez-vous que votre chirurgien ait recours à ce genre d'outils si vous deviez subir une opération ? Quoi qu'il en soit, tout cela est fascinant. Et l'avenir nous réserve probablement encore de nombreuses avancées et performances inédites. À quand l'impression 3D d'organes ? En attendant, moi je retourne jouer au *Docteur Maboul*... Ma bête noire, c'est l'os de vœux... Vraiment difficile à extraire, vous ne trouvez pas ?

SCANNER, IRM, C'EST QUOI ?

Scanner (tomodensitomètre): Lorsque l'on réalise un scanner, des rayons X sont émis sur le corps entier ou une zone en particulier par une source rotative. Selon la densité des tissus traversés et donc leur nature, les rayons sont plus ou moins absorbés. Le corps ou l'organe est balayé (d'où le nom de «scanner») rapidement sous différents angles, ce qui permet d'obtenir, grâce à des capteurs, de nombreux clichés en coupes fines d'une dizaine de mm tout au plus. Après traitement par ordinateur, une vue en 3D de la zone étudiée peut être reconstituée. Souvent, un produit de contraste à base d'iode est injecté pour améliorer la qualité des clichés.

IRM (Imagerie par Résonance Magnétique), selon Julie Absil, physicienne dans le Service de Radiologie de l'Hôpital Érasme de l'ULB à Bruxelles. Le cylindre à l'intérieur duquel le patient est couché contient une bobine supraconductrice qui génère un champ magnétique intense et permanent. Sous l'effet de ce champ, une aimantation macroscopique apparaît dans les tissus mous du corps, parallèlement au champ appliqué. En effet, les noyaux d'hydrogène (protons) contenus dans les molécules d'eau et de graisse possèdent une propriété magnétique intrinsèque qui leur permet, de manière très simplifiée, d'agir comme de petits aimants qui s'orientent en présence d'un champ magnétique. L'aimantation créée dans les tissus est ensuite perturbée de sa position d'équilibre par l'application d'ondes électromagnétiques dans le domaine des radiofréquences ou RF: c'est le phénomène de résonance magnétique.

À l'arrêt de cette perturbation, l'aimantation revient à son état et sa position d'équilibre plus ou moins rapidement suivant les propriétés dites de «relaxation magnétique» des tissus, tout en tournant à une certaine fréquence autour de la direction du champ magnétique principal. Cela produit une variation de flux magnétique au travers d'un circuit électrique, appelé «antenne réceptrice», aux bornes duquel une tension induite apparaît: c'est la réception du signal. Grâce à l'utilisation de petits champs magnétiques supplémentaires variables, on parvient à rendre ce signal dépendant de la position spatiale, étape nécessaire à la construction de l'image. Ensuite, au moyen d'un traitement informatique et d'outils mathématiques très précis qui permettent d'analyser les diverses composantes du signal, on obtient l'image finale, où chaque pixel possède un niveau de gris qui représente l'intensité de signal à cet endroit. Le niveau de gris - et de ce fait le contraste de l'image - dépend donc de la quantité de protons et des propriétés de relaxation magnétique des différents tissus mais également de nombreux paramètres liés aux ondes RF et aux champs magnétiques variables appliqués. En plus d'une résolution en contraste assez exceptionnelle, il est à noter que la précision des images (résolution spatiale) peut être inférieure au mm^3. Enfin, l'IRM permet d'obtenir des informations tant morphologiques que fonctionnelles.

TECHNO-ZOOM

Dans *Retour vers le futur 2*, Marty McFly, à son arrivée dans la ville de Hill Valley de 2015, enfile des chaussures qui se lacent toutes seules. Une version de ces chaussures intelligentes a été mise au point par la société française *Digitsole*. Leurs «smartshoes» ne possèdent pas de lacets mais sont dites «auto-serrantes» et s'adaptent automatiquement au pied grâce à un petit moteur situé à l'arrière, sur simple commande via une app qui communique par *Bluetooth* avec les chaussures connectées. Ultra légères, composées de cuir et de microfibre et résistantes à l'eau, elles sont équipées de capteurs qui donnent le nombre de pas, les calories dépensées, la distance parcourue, ainsi que des analyses de la posture, de la façon de marcher et de poser son pied au sol, entre autres informations associées à l'activité physique et à la santé. Tout cela est visualisable sur l'application qui donne également un feedback et des conseils. Ces smartshoes sont dotées d'une batterie rechargeable au moyen d'un câble micro USB et de coussins chauffants situés dans la semelle et contrôlables depuis l'app. Dans la gamme de *Digitsole,* on trouve aussi des semelles connectées, soit chauffantes, soit spécialement conçues pour les joggeurs et les cyclistes, pour lesquelles il faut compter entre 100 et 200 euros. Quant aux smartshoes, elles étaient disponibles au moyen d'une contribution d'environ 200 dollars hors livraison sur les plateformes de financement participatif *Kickstarter* et *Indiegogo*. Mais la campagne étant terminée, il faudra attendre leur mise sur le marché.

https://www.digitsole.com/fr/

Toutes les références peuvent être obtenues auprès de **virginie.chantry@gmail.com** ou sur la version digitale

PROPOS RECUEILLIS PAR GÉRALDINE TRAN • PHOTOS: © IRSCNB-KBIN T.HUBIN

L'ADN de… Cécile GERIN

Muséologue

Recto

Muséologue, c'est une vocation que vous avez depuis toute petite ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ?

C'est plutôt un heureux «hasard». En fait, j'avais un contrat de recherche FNRS mais j'avais aussi cette envie de partager avec le public «non expert». J'ai d'ailleurs passé l'agrégation pour enseigner. Mais ma collaboration au Festival Science infuse *m'a permis de me rendre compte que j'avais plus envie de transmettre que d'enseigner. Alors quand le musée m'a proposé 3 mois de contrat pour documenter le contenu scientifique d'une exposition, j'ai dit oui. Je pensais rendre service sans me rendre compte que c'était un «vrai» job ! LE job, celui grâce auquel je suis en contact avec le public et qui me permet de garder un lien avec la science. Ce n'est pas pour rien que 17 ans plus tard, j'y suis encore.*

Comment devient-on muséologue ?

Je suis ingénieure agronome au départ, spécialisée dans les maladies des plantes. J'ai surtout appris «sur le tas». Même si, alors que je travaillais déjà au Museum, je suis allée suivre un cours de muséologie à Paris. En Belgique, il y a une formation à l'Université de Liège, avec stage pratique. Il existe aussi des cursus très pointus à Laval (Canada) ou aux Pays-Bas. De mon expérience, pour travailler dans un musée des sciences naturelles, un bon bagage en sciences est en tous cas idéal. De même qu'une bonne capacité à «simplifier» un contenu scientifique sans en perdre la rigueur et la justesse.

Vous travaillez actuellement comme chargée de projet au Museum des Sciences naturelles, mais quelle est votre journée-type ?

Tout dépend de l'étape du projet. Les journées sont variées et enrichissantes durant tout son développement: choix des thématiques, rencontres avec des scientifiques, lectures, visites dans d'autres musées, écriture du scénario, discussions avec des responsables de collections, des taxidermistes, élaboration du contenu et fabrication, etc. Beaucoup moins variées et créatives sont les journées administratives de rédaction des cahiers des charges pour les marchés publics. Quant aux journées (ou plutôt mois !) d'installation sur site, elles sont plutôt diversifiées, fatigantes mais aussi stimulantes car elles annoncent l'ouverture imminente au public. C'est une étape que j'adore, même si elle est stressante. La date d'ouverture est fixée 1 an à l'avance, il faut être prêt. C'est l'aboutissement d'un long processus: une expo temporaire demande environ 18 mois de préparation; les permanentes, 4 ans…

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

Ce qui est sûr, c'est que je n'ai pas aimé les cours de sciences (chimie, physique) durant mes secondaires. Mais j'ai toujours eu un attrait pour la biologie, le vivant. Mon papa était vétérinaire, je me

souviens des visites dans son labo ou de ses dissections. Il a toujours été curieux de tout et nous a transmis cette curiosité et cette volonté de comprendre le fonctionnement des choses et des êtres. D'ailleurs, sur 6 enfants, 5 sont scientifiques ! Ça ne peut pas être totalement hasardeux…

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

À l'heure actuelle, il s'agit de la lourdeur des démarches administratives. Notamment, comme je le disais, toutes ces procédures relatives aux marchés publics. Ça casse un peu la créativité ! Mais je comprends que des règles et des procédures soient nécessaires.

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

Depuis plus de 10 ans maintenant, le musée est engagé dans un vaste programme de rénovation des salles permanentes. La Galerie des Dinos, la Galerie de l'Évolution ou encore celle de l'Homme… Les espaces sont superbes et les expos sont de qualité. Et ça plaît ! La fréquentation du public est là pour en attester. Nous pouvons être fiers de notre travail. À titre personnel, je suis très heureuse d'avoir réalisé 2 expos temporaires «blockbusters» partout où elles ont été présentées: «Meurtre au musée» (le directeur avait demandé lui-même à être la victime) et «Bébés Animaux» (pour les petits qui ne lisent pas encore).

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

Créer une exposition, c'est un processus long et complexe, faisant appel à de nombreux métiers. Créativité, polyvalence, patience, persévérance, communication, esprit d'équipe, coordination sont très utiles. Et puis … croire à ce qu'on fait !

Cécile Gerin

ÂGE: 49 ans

SITUATION FAMILIALE: Célibataire

PROFESSION: Chargée de projet au Museum des Sciences naturelles

FORMATION: Secondaires générales. Ingénieur agronome (section phytopathologie) et doctorat en sciences agronomiques et ingénierie biologique à l'UCL.

ADRESSE: Rue Vautier, 29 1000 Bruxelles.

TÉL.: + 32 (2) 627 45 30

MAIL: cecile.gerin@sciencesnaturelles.be

Verso

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

J'aurais envie de dire fleuriste car offrir et recevoir des fleurs, c'est du bonheur ! Mais je ne suis pas favorable aux fleurs coupées ni aux conditions de leur production. Sinon, volcanologue m'aurait plu. Ça rassemble mon goût du voyage, la curiosité, la persévérance, l'observation, l'appel aux disciplines scientifiques. Mais les places sont plutôt rares.

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

Voler… pour la liberté de mouvement, l'absence de contraintes, l'espace, la beauté. Ou nager sous l'eau sans bouteille. Pour les mêmes raisons.

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

Si je dois donner un cours, je pense que j'essaierais de partager ma passion pour le vivant. Et idéalement avec des enfants qui sont encore curieux, créatifs et plein d'énergie.

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

La revalorisation des déchets, le recyclage, une production moins polluante.

Je vous transforme en un objet du 21e siècle, ce serait lequel et pourquoi ?

Un crayon… Parce que ce n'est pas un objet connecté, que c'est un outil simple et efficace et aussi, parce qu'il laisse une trace. Je me rends compte d'ailleurs que derrière ce choix, on retrouve une ligne conductrice qui est la transmission.

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

Si le billet le permet: le tour du monde, à la rencontre d'autres manières de vivre et de penser. Sinon, je reviens d'un séjour en Nouvelle Calédonie et j'y retournerais bien…

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

De manière générale, j'aime rencontrer des personnes passionnées, engagées. De manière particulière, j'aurais aimé rencontrer le couple de volcanologues Maurice et Katia Krafft. Ou Alexandra David-Nell, cette grande exploratrice orientale et écrivaine - décédée à 101 ans ! J'admire la liberté qu'elle a prise et qu'on lui a donnée à une époque où les femmes étaient plutôt cantonnées à des rôles domestiques.

La question «*a priori*»: créer une expo, facile ! C'est comme faire de la déco, il suffit de remplir l'espace et que ce soit joli !

Bien sûr: il suffit de choisir un bon décorateur d'intérieur. Plus sérieusement, une exposition permet de présenter une thématique. Elle repose sur un fil conducteur et des choix en découleront. Par exemple, l'ambiance, la scénographie, les collections qui soutiennent le propos. C'est aussi diversifier les moyens d'interactions avec le visiteur, attiser sa curiosité, écrire des textes accessibles à tous et justes scientifiquement. Le tout, dans des salles à l'architecture parfois contraignante et/ou inspirante.

En savoir +

www.naturalsciences.be

www.museolog.ulg.ac.be

LE DOSSIER

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: © JOSEP M SURIA/FREEPIK (P.18),
© SPIRA AP ET AL. JAMA NEUROL (P.22)

Les chantiers du sommeil

Un mauvais sommeil pourrait-il contribuer à l'éclosion de diverses pathologies cérébrales, dont la maladie d'Alzheimer ? La question est posée. Depuis peu, en effet, des équipes de chercheurs semblent avoir découvert une fonction particulière du sommeil, qui consisterait à éliminer les toxines accumulées dans le cerveau: la «fonction glymphatique». Elle n'est évidemment pas la seule et de nombreuses inconnues entourent encore le rôle du sommeil. Aujourd'hui, 6 grandes théories, probablement complémentaires, s'efforcent de décrire en quoi il nous est utile de sombrer dans les bras de Morphée

Pourquoi dormons-nous ? Pour récupérer, dira-t-on. Mais, à ce stade, transparaît déjà une première incertitude: cet effet réparateur concerne-t-il l'organisme tout entier ou uniquement le cerveau ? En fait, le rôle du sommeil demeure mal connu et sujet à controverses scientifiques. Pour l'heure cependant, 6 grandes théories, toutes plausibles et sans doute complémentaires si leur validité se confirme, méritent d'être prises en considération, d'autant qu'elles semblent souligner que le sommeil remplit diverses fonctions essentielles et dès lors, que s'il est déficient en durée ou en qualité, il expose l'individu à des problèmes de santé physique et mentale.

Or, dans nos sociétés, une importante proportion de la population est en proie à différentes formes de dégradation du sommeil. Par exemple, les travailleurs qui exercent leur métier de nuit ou à horaires variables. Ou les jeunes qui passent une partie de la nuit devant leur smartphone, tablette, etc. *«Très préoccupante aussi est l'élévation considérable de la prévalence du syndrome d'apnées et d'hypopnées obstructives du sommeil*, indique le professeur Robert Poirrier, responsable jusqu'en 2015 du Laboratoire du sommeil du CHU de Liège. *Ainsi, une étude épidémiologique suisse baptisée* HypnoLaus *a montré que la prévalence de cette affection au sein d'un vaste échantillon de la population lausannoise n'était pas de 5 à 10% comme on le pensait généralement, mais de 49,7% chez les hommes et de 23,4% chez les femmes !»* Et l'on pourrait évidemment mentionner d'autres catégories de «mauvais dormeurs», telles les personnes dépressives, en burn-out ou victimes d'un stress post-traumatique.

Le coût de l'homéothermie

Quelles sont les 6 théories relatives aux fonctions du sommeil ? James Krueger, du collège des sciences médicales de la Washington State University-Spokane, les a résumées dans un article publié en 2016 par *Sleep Medicine Reviews*. L'une d'elles, nous allons y revenir, a trait à une fonction évoquée depuis peu, la fonction «glymphatique», qui se réfère à l'élimination, durant le sommeil, des toxines générées par le fonctionnement cérébral normal. Notamment la protéine bêta-amyloïde dont on sait que l'accumulation sous la forme de plaques dites amyloïdes ou séniles constitue une des signatures anatomopathologiques de la maladie d'Alzheimer. Y aurait-il donc un lien entre la perte de sommeil ou sa fragmentation et cette démence ?

Le fait que le sommeil puisse remplir plusieurs rôles ne paraît pas étonnant dans la mesure où il n'est pas monolithique, mais se scinde en 3 composantes bien connues: le sommeil lent léger, le sommeil lent profond et le sommeil paradoxal, territoire de nos rêves. «*Il serait logique que chacune de ces composantes joue un ou des rôles*

>>

Un manque de sommeil retentit négativemernt sur le système immunitaire. Ainsi, il est associé à une réduction de l'efficacité de la vaccination.

>>

spécifiques, estime le professeur Poirrier. *D'autant qu'il y a une évolution du sommeil à travers les espèces. Par exemple, le sommeil paradoxal n'a pas cours chez les reptiles.»*

Selon une première théorie, le sommeil renforcerait les défenses immunitaires. D'après plusieurs auteurs, dont Luca Imeri, de l'Université de Milan, ou Lenin Besedosky, de l'Université de Tübingen, il existe des évidences selon lesquelles le sommeil ou l'absence de sommeil influent, respectivement de façon positive ou de façon négative, sur les paramètres du système immunitaire. Ainsi, un manque de sommeil est associé à une réduction de l'efficacité de la vaccination. De même, nombreuses sont les études qui mettent en exergue l'influence du sommeil dans le décours des maladies infectieuses. Comme le mentionne James Krueger, cette première théorie (et d'autres) ne fournit néanmoins aucune explication au fait que le sommeil s'accompagne d'un état d'inconscience.

Lorsque nous dormons, le métabolisme de l'ensemble de notre organisme s'avère plus faible que le métabolisme de base à l'éveil. C'est sur cette réalité que repose la deuxième théorie. Elle postule en effet que le sommeil oblige le corps entier à se placer en usage calorique moindre. L'hypothèse est que, de la sorte, se restaureraient nos réserves énergétiques amoindries par nos activités, notre organisme étant incapable d'assurer son approvisionnement énergétique s'il consommait en permanence la même quantité d'énergie qu'à l'éveil. Selon Krueger, la réduction de la consommation énergétique durant le sommeil a probablement une valeur adaptative. *«La suspension de la conscience est peut-être l'élément qui permet cette économie»*, suggère le professeur Poirrier. Et d'ajouter: *«L'être humain est homéotherme. Cette qualité qu'il partage avec les autres mammifères et les oiseaux lui offre un gain substantiel: la capacité de coloniser la planète. Les animaux poïkilothermes sont dépendants de l'environnement, qui doit leur assurer un minimum thermique. Raison pour laquelle on ne rencontre pas de reptiles, par exemple, dans les latitudes Nord.»*

L'homéothermie a cependant un coût. Alors que, pour se refroidir et économiser ainsi de l'énergie, les animaux poïkilothermes se réfugient dans certains environnements (les eaux froides dans le cas des requins, par exemple), l'être humain, dont la température corporelle gravite en permanence autour de 36,5 °C, trouverait son «salut» dans le sommeil lent profond pour limiter sa consommation énergétique et reconstituer ses réserves.

De grands banquets

Toutefois, le bénéfice métabolique du sommeil pour l'organisme pris dans sa globalité se révèle modeste par rapport au prix à payer: l'inaptitude à interagir avec l'environnement. Aussi certains auteurs avancent-ils - c'est la 3e théorie - que le gain énergétique concernerait essentiellement le cerveau, qui serait doté d'une fonction métabolique spécifique. Cette hypothèse semble corroborée par plusieurs travaux chez l'homme réalisés en tomographie par émission de positons (Pet scan), où il apparaît que la consommation de glucose par le cerveau est environ 2 fois plus importante durant l'éveil que durant le sommeil lent profond et qu'ainsi s'opère probablement un stockage d'énergie sous forme de glycogène. En revanche, la consommation de glucose est plus élevée au cours des phases de sommeil paradoxal que pendant l'éveil. À telle enseigne que la fonction jouée par le sommeil dans l'économie d'énergie cérébrale, si tant est qu'elle soit bien réelle, se circonscrirait dès lors au sommeil lent profond.

Quel serait alors le rôle du sommeil paradoxal ? *«Selon certaines hypothèses, il pourrait traduire une réactivation de l'ensemble du cerveau, laquelle servirait de support, à travers les rêves, à une conscience interne basée sur des souvenirs, fussent-ils fréquemment distordus par nos affects»*, rapporte Robert Poirrier. Il rappelle que,

dans leurs rêves, les prisonniers des camps de concentration nazis se représentaient souvent en train de participer à de grands banquets au cours desquels ils mangeaient énormément. Or, précisément, quand ils se réveillaient, la nourriture faisait défaut. Quel était donc l'intérêt de tels rêves chez des personnes affamées ? *«J'émets une hypothèse assez spéculative*, dit le neurologue liégeois. *Cette conscience interne, mnésique, devait avoir des vertus adaptatives, car on peut penser qu'elle avait pour résultat d'inciter l'individu à se centrer sur ce qui devait être l'objectif principal de son activité diurne: trouver des aliments afin de survivre.»* Quant à l'énergie stockée durant le sommeil lent profond, elle offrirait au cerveau les ressources nécessaires tant à son activité diurne qu'au sommeil paradoxal et partant, à l'élaboration des rêves.

D'après une 4e théorie, une autre fonction du sommeil consisterait à restaurer des performances cognitives et comportementales qui se seraient dégradées durant l'éveil. En 1983, une étude publiée dans *Psychophysiology* et dont le premier auteur était Roger Rosa, de l'Université de Cincinnati, montrait que dormir rétablissait les performances érodées à la suite d'une privation de sommeil. *«En quelque sorte, la mise à l'arrêt des réseaux neuronaux concernés leur permettrait de se réhabiliter dans leur fonctionnement»*, commente Robert Poirrier. En outre, une équipe conduite par Siobhan Banks, de l'Université de Pennsylvanie, arriva en 2010 à la conclusion que la récupération de ces performances était «dose-dépendante», c'est-à-dire fonction de la quantité de sommeil dont a bénéficié l'individu.

Plasticité cérébrale

Une propriété essentielle des cellules neuronales est d'être connectées en réseaux par le biais des synapses **(1)**, zones de jonction entre neurones. Selon différents auteurs, le sommeil favoriserait cette connectivité et la plasticité cérébrale, laquelle orchestre en quelque sorte un grand jeu de construction et de démolition auquel participent nos quelque 100 milliards de neurones et les 10 000 connexions, en moyenne, par lesquelles chacun d'eux est relié à d'autres cellules nerveuses. Notre cerveau est en perpétuel remaniement. Le simple fait de lire un livre ou de voir un voisin traverser la rue y produit des aménagements, renforçant des connexions synaptiques et des réseaux neuronaux, en éliminant d'autres, et cela afin d'assurer des réponses adéquates à des stimuli extérieurs.

«Par les perceptions et les interactions dont il est le théâtre, l'éveil est propice à la création de synapses, explique le professeur Poirrier. *Chez la drosophile, qui est dépourvue de boîte crânienne, on s'aperçoit que le cerveau grossit si l'on maintient l'animal en activité permanente par des moyens techniques, telle la projection incessante de rayons laser. Par contre, dès qu'on laisse l'insecte accéder au repos, la taille de son cerveau diminue. En fait, la drosophile élimine alors les synapses qui ne sont pas utiles à sa survie. De la même manière, le sommeil chez l'être humain contribuerait à la stabilisation des connexions neuronales présentant un intérêt pour sa survie ainsi que pour sa vie sociale, notamment, et à l'élimination des synapses devenues sans intérêt.»* Par exemple, à quoi bon pouvoir se remémorer qu'un inconnu attendant le bus portait un pull bleu ?… Mieux vaut désencombrer sa mémoire.

Le fait que le sommeil puisse remplir plusieurs rôles ne paraît pas étonnant dans la mesure où il n'est pas monolithique, mais se scinde en 3 composantes. Il serait logique que chacune d'elles joue un ou des rôles spécifiques.

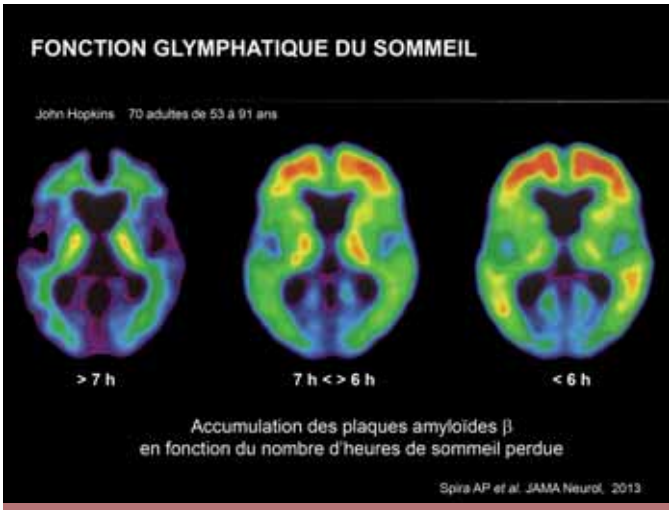
Vidanges neuronales

Mais la théorie qui, pour l'heure, interpelle le plus les chercheurs est assurément celle qui propose l'existence d'une fonction du sommeil restée dans l'ombre jusqu'il y a peu: la fonction dite glymphatique, qui consisterait en l'élimination, durant le sommeil, des substances toxiques accumulées dans le système nerveux central. Dans son article de synthèse, James Krueger se réfère entre autres à des travaux publiés dans *Science* en 2013 et dont le premier auteur est Lulu Xie (Université de Rochester, aux États-Unis). Les chercheurs y montrent que tant chez les rongeurs que chez les humains, il y a accumulation de substances toxiques dans le système nerveux central au cours de l'éveil, en raison de l'accroissement de l'activité cellulaire qui lui est associée. Il peut s'agir entre autres de lactate, d'énolase, de gaz carbonique, mais également de protéines bêta-amyloïde et de protéines tau, dont l'implication dans la maladie d'Alzheimer est bien connue.

L'accumulation de ces produits toxiques entraîne une augmentation de la pression osmotique et du volume cellulaire. Mais comment sont-ils évacués ? Par les fluides interstitiels intercellulaires, lesquels aboutissent dans la circulation sanguine. En 2015, un système lymphatique cérébral a été décrit dans le magazine *Nature* par une équipe dirigée par Antoine Louveau, de l'Université de Virginie. Il pourrait s'agir d'une autre voie pour l'évacuation des fluides chargés en substances neurotoxiques. Quoi qu'il en soit, le groupe de

(1) La synapse est le site de connexion et de transmission d'information entre 2 neurones (ou entre un neurone et une cellule musculaire).

Xie a découvert que l'espace interstitiel entre les neurones augmente durant le sommeil et sous anesthésie, alors que les volumes cellulaires, eux, se réduisent. En d'autres termes, c'est durant le sommeil que les neurones se «vidangeraient» de leurs toxines. Ce qui pourrait signifier qu'un sommeil insuffisant ou de mauvaise qualité participerait à faire le lit de la maladie d'Alzheimer, les protéines toxiques à l'origine des lésions caractéristiques de l'affection n'étant pas adéquatement éliminées.



Le chercheur américain Adam Spira a montré dans une de ses expériences que plus le nombre d'heures de sommeil est faible, plus le cerveau des individus présente des plaques amyloïdes.

Le professeur Poirrier évoque à ce propos plusieurs travaux récents. Ainsi fut publié en 2013, dans *JAMA Neurology*, un article interpellant d'Adam Spira (Université Johns Hopkins) et collaborateurs. Les chercheurs s'intéressèrent à 70 adultes âgés de 53 à 91 ans, qu'ils répartirent

C'est durant le sommeil que les neurones se «vidangeraient» de leurs toxines. Ce qui pourrait signifier qu'un sommeil insuffisant ou de mauvaise qualité participerait à faire le lit de la maladie d'Alzheimer.

en 3 groupes. Dans le 1er figuraient les participants qui rapportaient avoir dormi moins de 6h par nuit au cours des semaines précédentes. Dans le 2e, le nombre d'heures de sommeil était de 6 à 7h et dans le 3e, supérieur à 7h. Lors d'un examen en imagerie par résonance magnétique (IRM), il apparut que plus le nombre d'heures de sommeil était faible, plus le cerveau des individus présentait de plaques amyloïdes. *«Cela ne signifie pas pour autant que le manque de sommeil conduit inévitablement à la maladie d'Alzheimer, mais les observations de Spira soulèvent de légitimes interrogations»,* dit Robert Poirrier.

En février 2018 paraissait, dans le magazine *BMC Psychiatry*, un article d'un groupe de chercheurs de la I-Shou University de Taïwan. Il faisait état d'une étude épidémiologique portant sur 51 734 patients ayant reçu le diagnostic d'insomnie primaire entre 2002 et 2004. Chez eux, le risque de démence était plus de 2 fois supérieur à celui relevé dans une population témoin composée de 258 715 personnes ne souffrant pas d'insomnie chronique.

Toujours en février 2018, des chercheurs de l'Université de Göteborg publièrent cependant un article dans lequel ils aboutissaient à la conclusion que la privation de 5 nuits de sommeil n'influait pas sur la production de plaques amyloïdes. Leurs résultats s'appuyaient sur des données de neuroimagerie et une analyse approfondie de l'ensemble des biomarqueurs pertinents. Les participants à cette étude n'étaient pas des insomniaques chroniques, ce qui constitue une nuance importante si l'on veut se livrer au jeu des comparaisons avec les recherches de Spira.

Le lit de la démence ?

Une étude plus récente encore, publiée dans le magazine *PNAS* le 9 avril 2018, semble contredire radicalement les données émanant du groupe de l'Université de Göteborg. L'équipe d'Ehsan Shokri-Kojori, des *National Institutes of Health* à Bethesda, a testé, chez 20 sujets en bonne santé et sans antécédents de troubles cérébraux, l'impact de la privation de sommeil sur les taux de la protéine bêta-amyloïde. Les participants passèrent 2 nuits au laboratoire, l'une ou ils purent dormir normalement, ensuite une autre où il leur fut impossible de fermer l'œil. Le matin, après chacune de ces nuits, leur taux de bêta-amyloïde fut évalué par neuroimagerie. Il s'avéra significativement plus élevé après la nuit sans sommeil, et ce dans des régions cérébrales primordiales pour la mémoire et la pensée: l'hippocampe, structure très impliquée dans les processus mnésiques, dont on sait qu'elle est souvent affectée précocement dans la maladie d'Alzheimer, et le thalamus, essentiel pour relayer l'information sensorielle au cerveau.

Selon le professeur Andrew Varga, du *Mount Sinai Health System* (New York), les neuroscientifiques soupçonnent que tout neurone actif contribue à la production de la protéine bêta-amyloïde.

Aussi 2 hypothèses non mutuellement exclusives ont-elles été avancées pour expliquer les résultats du groupe d'Ehsan Shokri-Kojori. D'une part, il se pourrait que demeurant actifs, les neurones des individus qui ne dorment pas favorisent l'accumulation de bêta-amyloïde. D'autre part, l'explication pourrait se trouver dans le fait que la protéine ne serait pas éliminée puisque, en l'absence de sommeil, la fonction glymphatique se révélerait inopérante.

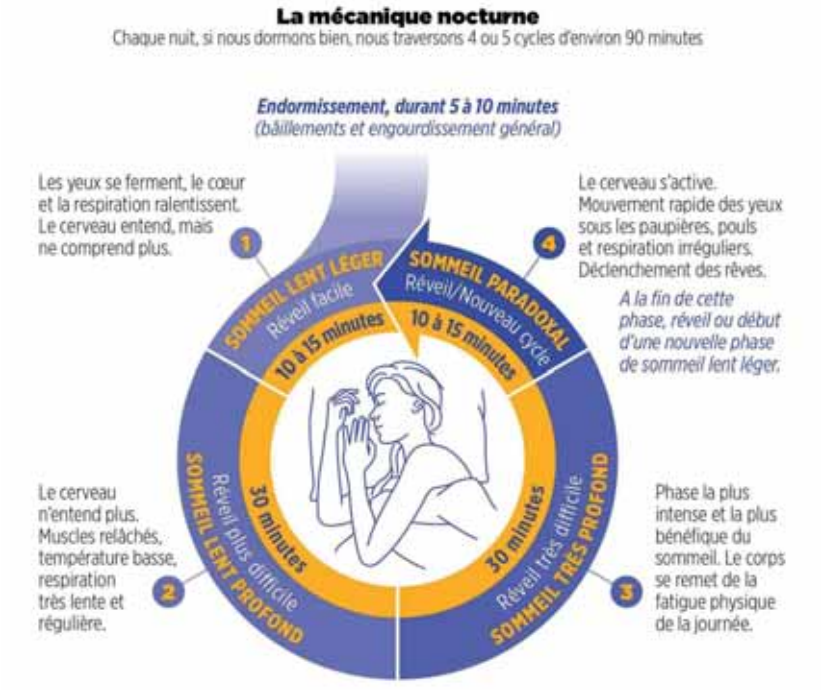
Évidemment, plusieurs questions demeurent en suspens. Primo, un taux élevé de protéine amyloïde augmente-t-il réellement le risque de formation de plaques du même nom et donc la probabilité d'éclosion d'une maladie d'Alzheimer. Secundo, un sommeil réparateur efface-t-il les traces d'une nuit d'insomnie ? Affaire à suivre.

Aujourd'hui, la preuve d'un lien entre un mauvais sommeil et la démence d'Alzheimer n'est pas encore formellement établie, mais à la lumière de l'importance des fonctions remplies par le sommeil, il semble primordial de bien dormir !

LA MÉCANIQUE DU SOMMEIL

Le temps de sommeil chez les humains s'inscrit sur une courbe de Gauss (courbe en cloche), et ce, pour chaque catégorie d'âge. Entre 20 et 25 ans, la majorité des individus dorment 8 h: 5% d'entre eux se contentent cependant de moins de 6 h, tandis que 10 autres pour cent s'abandonnent 9 h par jour dans les bras de Morphée. La moyenne de temps de sommeil diminue avec l'âge, n'atteignant plus que 5 ou 6 h chez les sexagénaires.

Qu'on soit petit ou gros dormeur, on a besoin, quand on est encore jeune, de 100 à 120 min de sommeil lent profond et de 100 min de sommeil paradoxal, chiffres qui s'érodent progressivement avec l'âge. Au rythme circadien veille-sommeil se superpose un rythme ultradien, donc de périodicité plus courte. De l'ordre de 90 à 100 min, il caractérise un cycle de sommeil, c'est-à-dire une succession de phases de sommeil lent et de sommeil paradoxal. Une nuit normale comprendra 4 ou 5 de ces cycles, rarement 6. Au sein de chacun d'eux, la quantité respective de sommeil lent et de sommeil paradoxal pourra fluctuer: 60 min contre 40, 30 contre 70, etc.



Le sommeil lent est lui-même une entité divisible dont on a pu distinguer 4 stades grâce aux études polygraphiques. Ces dernières reposent sur différents paramètres qui représentent autant de marqueurs des différentes étapes du sommeil lent: activité des yeux, des muscles, du cerveau...

Le **premier stade** du sommeil lent est un état de somnolence. Il s'avère essentiel dans la mesure où il permet au système nerveux autonome de vérifier que toutes les fonctions vitales de l'individu sont assurées. Raison pour laquelle le sommeil s'installera difficilement chez une personne asthmatique, par exemple. Le **stade 2**, lui, est le support d'un sommeil léger, auquel correspond un métabolisme cérébral presque aussi intense que celui rencontré à l'éveil. Il consolide un état d'inconscience qui, selon l'expression du professeur Poirrier, permet de tomber dans la grande cuve du sommeil lent profond (**stades 3 et 4**), lequel va se morceler pour s'inscrire dans les cycles évoqués précédemment et y cohabiter avec des épisodes de sommeil paradoxal.

Plus de 85% des personnes que l'on réveille durant ces épisodes sont à même de rapporter un rêve. Et la production onirique se révèle d'autant plus riche que le sujet est entré dans les cycles de sommeil de fin de nuit.

Google: comment bien l'utiliser ?

TEXTE : JULIE FIARD • JFI@EASI-IE.COM
HTTP://WWW.EASI-IE.COM • HTTP://WWW.TWITTER.COM/EASI_IE
HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/EASI.EXPERTSDUWEB
ILLUSTRATIONS : OLIVIER SAIVE/CARTOONBASE

En 2018, nous sommes 4,05 milliards de personnes à utiliser Internet dans le monde (source: *Internet World Stats*). L'an dernier, 26 milliards d'applications ont été téléchargées sur les différents *App Store* et ce chiffre ne cesse d'augmenter d'année en année (source: cabinet analytique *App Annie*). Aujourd'hui, la plupart d'entre nous pratiquent couramment le Web, nous l'utilisons intensément pour certains, au travail ou dans l'organisation de notre vie, plus périodiquement pour d'autres, dans le cadre d'une recherche ou d'un besoin spécifique. Autant d'utilisateurs, et autant de façon d'utiliser les ressources que le Web nous propose. Même si, dans un monde où l'information nous assaille, il n'est pas toujours évident de trouver les bonnes informations nous permettant d'accéder au niveau de connaissances que nous souhaitons acquérir. C'est pour cela qu'en tant qu'utilisateurs professionnels du Web, nous vous présentons ici, en prolongement de notre article *Google, le géant américain* du n° 336 (***https://goo.gl/DSZccx***) les meilleures astuces d'utilisation des principales applications de *Google*.

Google Search

L'application de *Google* que nous utilisons le plus, et le plus utilisé au monde d'ailleurs, est sans aucun doute son moteur de recherche: *Google Search*. Ultra puissant, la façon de l'utiliser peut donner des résultats très différents. Voici quelques astuces permettant d'utiliser le plein potentiel de ce moteur de recherche.

Trouver une définition - DEFINE: -

Dans la barre de recherche, tapez le mot «Define» (les majuscules et/ou les minuscules n'ont pas d'importance), suivi des 2 points «:». Ensuite, tapez le mot pour lequel vous cherchez la définition.

L'astérisque pour remplacer un mot - * -

Utiliser l'astérisque permet de remplacer un mot dans une phrase. Quel intérêt ? Vous ne vous

souvenez plus d'une expression exacte: tapez: *qui vole un *, vole un **. *Google* vous proposera instantanément l'expression exacte: *Qui vole un œuf, vole un bœuf*. Autre exemple: demandez à *Google Albert * génie* et il vous proposera de suite des résultats liés à Albert Einstein.

Faire une recherche par date en tapant 2 points («..») entre les dates

Il n'est pas évident de trouver des informations liées à une période précise. Grâce à cette fonctionnalité, *Google* propose d'inclure des fourchettes de prix ou de dates. Comment procéder ? Tapez votre recherche et précisez une période ou fourchette de prix et ajoutez 2 points entre chaque chiffre.

Ex.: jeux olympiques 2010..2018
billet d'avion Espagne 10€..30€

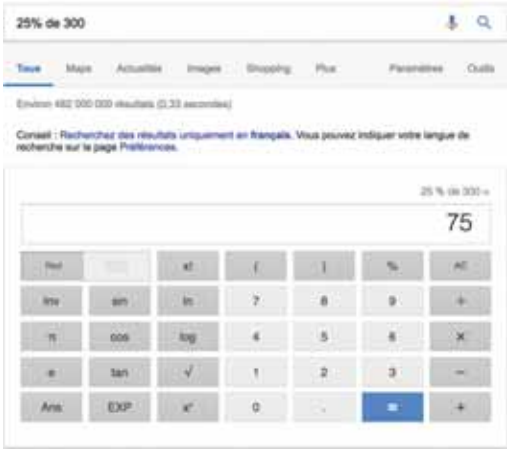
Pratique afin de respecter un budget !

Optimiser au maximum vos recherches

En utilisant le lien suivant: ***https://www.google.fr/advanced_search***, vous accédez à la page de recherche avancée. Sélectionnez tous les critères de recherche dont vous avez besoin.

La calculatrice

Tapez n'importe quelle opération mathématique dans la barre de recherche de *Google* et celui-ci vous ouvrira une calculatrice permettant d'effectuer un grand nombre d'opérations, notamment le calcul de cosinus, sinus, logarithme, etc. *Google Search* vous permet également de calculer un pourcentage instantanément.



EN SAVOIR +

- Sur les bonnes techniques de recherche, en lisant notre article déjà paru à ce sujet: *https://goo.gl/FtbMbH*
- Grâce à un résumé en vidéo de quelques astuces du moteur de recherche *Google Search*: *https://goo.gl/3aULro*
- Le saviez-vous ? Vous pouvez utiliser le moteur de recherche *Google Search* à partir de n'importe quel navigateur. *Google* possède son propre navigateur *Google Chrome* (*https://goo.gl/UwJia2*). Un navigateur Web («browser» en anglais) est un logiciel conçu pour consulter et afficher les données stockées sur le Web. Alors qu'un moteur de recherche est une application Web permettant de trouver des ressources à partir d'une requête sous forme de mots. Certains sites offrent un moteur de recherche comme principale fonctionnalité; c'est le cas du navigateur *Google Chrome* qui permet de naviguer sur le Web en utilisant le moteur de recherche *Google Search*.

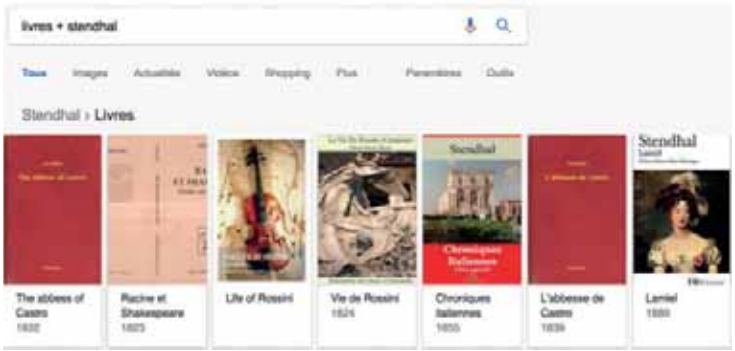
Le super convertisseur

Google convertit bien entendu les monnaies. En tapant votre demande selon l'exemple suivant: 10 € en dollar, vous obtiendrez la réponse, soit 11,89351 $.

Vous pourrez également convertir n'importe quelle unité: température, longueur, poids, vitesse, volume, superficie, consommation de carburant, heure, stockage numérique… Procédez pour ce faire de la même manière que pour les monnaies.

Trouver la bibliographie d'un auteur

En tapant livres + nom de l'auteur, *Google* vous donne la liste complète de ses œuvres littéraires. Ce même type de recherche est possible avec les chansons d'un groupe musical ou artiste, *Google* affichera alors le nom du morceau, ainsi que l'album dans lequel il se trouve.



Trouver toutes les informations disponibles sur un vol

Il est parfois difficile de prévoir les retards annoncés sur un vol en avion. *Google* vous permet de suivre le vol en temps réel de la personne que vous devez aller chercher à l'aéroport et ainsi, adapter votre emploi du temps. Il suffit de taper le numéro de vol dans la barre de recherche.

À quelle heure se lève le soleil ?

Et oui... en tapant juste *lever du soleil + le nom de la ville qui vous intéresse*, *Google* peut vous renseigner sur le lever du soleil. Vous êtes en vacances dans un pays que vous ne connaissez pas et vous envisagez de partir le plus tôt possible en randonnée, cette information peut vous être utile.

Voyager dans l'espace

Grâce à *Google Sky*: ***https://www.google.com/intl/fr/sky/***, naviguez au cœur de l'univers, des planètes et des étoiles.

J'ai de la chance

Vous êtes vous déjà demandé à quoi sert le bouton «j'ai de la chance» sur la page de recherche ? En cliquant dessus, vous accédez à l'historique de tous les *Doodle* produits par *Google*. Qu'est-ce que les *Doodle* ? Ce sont des modifications amusantes, surprenantes et parfois spontanées apportées au logo *Google* sur la page principale des recherches.

Astuces amusantes et pas vraiment utiles

À vous de tester ! Voici des expressions à taper dans *Google Search*. Découvrez par vous-même ses fonctionnalités cachées.

- *Do a barrel roll*
- *Askew*
- *Solitaire*
- *Google Pacman*
- *Zerg rush*
- *Tic tac toe*

Google Drive

Google Drive est un espace sécurisé pour tous types de fichiers. Pour accéder à ces fonctionnalités, il suffit d'avoir ou de créer une adresse gmail (***https://goo.gl/SDoUbH***). Au sein de cet espace, il est possible de créer des documents en différents formats: texte (Docs), feuille de calcul (Sheets) et/ou présentation (Slides).

Dans sa version gratuite, *Google Drive* propose 15 Go d'espace de stockage (ce qui représente environ 5 000 photos de bonne qualité).

Publier n'importe quel document sous forme de page Web

Vous pouvez créer une page Web propre et simple à partir des documents que vous réalisez dans *Drive*. Comment ? Dans n'importe laquelle des applications (Docs, Sheets, Slides), cliquez sur *Fichier* puis *Publiez sur le Web*. Si le document que vous souhaitez publier est un document Slides (de présentation du type PowerPoint), vous pouvez également choisir de lancer le diaporama automatiquement à l'ouverture de la page Web. Deux possibilités s'offrent à vous: éditer un lien, que vous pourrez alors utiliser dans des mails, documents, réseaux sociaux; ou intégrer le code HTML que *Google* vous propose directement dans le code d'un site Web.

L'intérêt non-négligeable de cette astuce est qu'une fois votre fichier en ligne, publié sur votre site ou édité derrière un lien, il vous suffit, pour le modifier, de vous rendre dans votre document qui se trouve dans vos fichiers *Drive* et d'y apporter les modifications qui vous conviennent (des mises à jour par exemple). La mise à jour du fichier en ligne se fait automatiquement sans que vous ayez à modifier quoi que ce soit dans le code de votre site ou dans le lien que vous avez partagé, qui reste le même !

Pour savoir si un fichier est publié sur le net, rendez-vous sur le fichier en question, cliquez sur *Publiez sur le Web*, la phrase «Ce document est publié sur Internet» apparaît tout en haut de la fenêtre des paramètres.

Voici un exemple de présentation publiée en tant que page Web: ***https://goo.gl/Eb1dTH***

Chercher des images sans quitter vos documents de travail

Il est parfois ennuyeux de devoir quitter un document sur lequel on travaille pour chercher des

images dont nous avons besoin pour illustrer nos propos. Il est possible dans n'importe quel format de document (Docs, Sheets, Slides) de faire une recherche d'image à partir du document. Voici comment faire: dans le menu contextuel du haut de page, cliquez sur *Google Image*, qui s'ouvre instantanément et vous propose d'effectuer une recherche. Tapez votre recherche, cliquez sur l'image pour la sélectionner, cliquez sur *Insérer* et elle s'intégrera automatiquement dans votre document.

Vous n'êtes plus obligé de sortir de votre document pour effectuer une recherche et les images proposées dans ce contexte par *Google Images* sont automatiquement sélectionnées dans des banques d'images libres de droit, ce qui veut dire que vous pouvez les utiliser à des fins commerciales et les modifier.

Ouvrir des fichiers en word, excel ou ppt dans *Drive*

Si vous utilisez la suite *Google Drive* et ses principales applications (Docs, Sheets, Slides), vous n'avez plus besoin d'installer sur votre ordinateur des logiciels de la suite *Office* qui coûtent cher, prennent énormément de place et qu'il faut mettre à jour très souvent. Comment faire alors pour ouvrir et travailler sur des fichiers en format word, excel et ppt ? Téléchargez les fichiers en question dans votre espace de stockage *Drive*, l'application vous montre automatiquement les fichiers qu'elle peut ouvrir, peu importe dans quelle version ils ont été enregistrés. Si vous utilisez déjà une boîte mail *Gmail*, il sera d'autant plus facile pour vous d'ouvrir directement un document en pièce jointe, *Drive* le reconnaissant automatiquement. Pour le modifier, cliquez sur le document, une boîte de dialogue vous demande avec quelle application vous souhaitez ouvrir le document, il vous suffit de cliquer sur *Google Docs* si celui-ci est un document texte.

Comment renvoyer ensuite le document au format word ? Dans le menu, cliquez sur *Fichier*, *Télécharger au format*, choisissez word. De nombreux autres formats sont disponibles, notamment .pdf ou .txt.

Nous ne manquons pas une occasion de vous le répéter: les possibilités du Web sont infinies. Nous avons ici sélectionné pour vous les astuces que nous estimons les plus utiles et pratiques. Il en existe des milliers, nous n'aurions pas assez d'une année d'articles dans le magazine pour vous les présenter. Si vous aussi vous connaissez des astuces, n'hésitez pas à nous en faire part à ***contact@easi-ie.com***, nous ne manquerons pas alors de les partager dans un prochain article.

ENCORE QUELQUES ASTUCES

- Ne tapez plus vos documents, dictez-les ! Dans le menu, cliquez sur *Outils*, puis choisissez *Saisie Vocale*, un micro s'affiche, il suffit de cliquer pour parler. Il faut bien entendu que votre ordinateur possède un micro.
- Pour faire des recherches sans sortir de votre document *Drive* précédemment enregistré (comme pour les images), dans le menu, allez dans *Outils*, puis *Explorer*. Une fenêtre s'ouvre alors vous permettant de faire toutes les recherches dont vous avez besoin. Si vous recherchez un document existant dans *Drive*, il vous suffira de le sélectionner afin qu'il s'ouvre dans une nouvelle fenêtre de navigation. Cela vous évitera de jongler avec plusieurs fenêtres ouvertes.
- Pour télécharger et/ou supprimer (si vous le souhaitez) vos données de navigation (telles que vos e-mails, vos données d'agenda et vos photos) dans *Google*, il suffit de les exporter et/ou de les télécharger à partir des produits *Google* que vous utilisez. Accédez à la page *Téléchargez vos données* (*https://takeout.google.com/settings/takeout?pli=*), sélectionnez les données à télécharger et suivez les étapes.
- Pour supprimer vos recherches précédentes, l'historique de navigation et d'autres activités de votre compte, consultez la page *Mon activité* (*https://myactivity.google.com/myactivity*) et la page d'aide pour vous accompagner: *https://support.google.com/websearch/answer/465*
- Si vous souhaitez définitivement supprimer votre compte *Google*, cliquez ici: *https://support.google.com/accounts/answer/32046*

L'esprit de la forêt

Les arbres sont-ils dotés d'une intelligence ? Communiquent-ils au même titre que nous ? Les scientifiques sont aujourd'hui en mesure de prouver qu'il existe des interactions entre les individus. Mais beaucoup d'incertitudes persistent quant à leur importance et leur degré de sophistication. Dans son livre, *La vie secrète des arbres*, le forestier Peter Wohlleben va plus loin: il compare les forêts aux communautés humaines. Les arbres seraient des organismes sociaux munis d'une conscience. Décryptage

TEXTE: ANNE-CATHERINE DE BAST • ANNECATHERINEDEBAST@YAHOO.FR
PHOTOS: © PAWEL PACHOLEC/FLICKR (P.28), © TATIANA BULYONKOVA/FLICKR (P.29), © IAN TURK/FLICKR (P.30), © EMZILY/FLICKR (P.31)

Des centaines de milliers d'exemplaires vendus à travers le monde. Des traductions dans 32 langues. Un documentaire de 45 minutes sur le sujet. Depuis sa publication en 2015, le livre de Peter Wohlleben, *La vie secrète des arbres* (*Das geheime leben der bäume* dans sa version originale), fait un carton. «Livre phénomène», «conte naturaliste», best-seller en Allemagne et aux États-Unis, l'ouvrage entend dévoiler une facette peu connue du grand public: ce que les arbres ressentent et comment ils communiquent. Un constat que dresse l'auteur en tant que forestier. Après 20 ans passés à observer comment s'organise la société des arbres, il compare les forêts à des communautés humaines. Il évoque leur mémoire, leurs moyens de communication, leurs amitiés, leurs émotions.

Les arbres auraient-ils une intelligence comparable à la nôtre, communiqueraient-ils comme nous ? Si le livre est globalement bien accueilli par le lecteur lambda, il titille la communauté scientifique... Qui tient à nuancer le discours du forestier. Absence de sources vérifiables, simplifications abusives, extrapolations et interprétations non justifiables sont régulièrement pointées. Difficile, dans ces conditions, de parler d'«ouvrage de vulgarisation scientifique».

«Pour que ce soit le cas, l'auteur doit s'en tenir aux faits totalement validés par la science, insiste

Caroline Vincke, ingénieure agronome des eaux et forêts et professeure à l'Université catholique de Louvain. *Ici, Peter Wohlleben mêle des théories scientifiques avérées à des visions personnelles et un langage un peu trop anthropomorphique. Il faut contextualiser, tout n'est pas à prendre pour argent comptant. Mais cette manière de raconter les choses, c'est ce qui séduit le public: il utilise un langage poétique, évoquant des émotions, des cris, des douleurs, du plaisir, de l'amour. Les lecteurs sont charmés par cette vision anthropomorphique qui leur permet de se projeter et de s'approprier une partie de la réalité décrite. Il y a beaucoup de vrai, mais tout étant intimement mélangé, les lecteurs ne peuvent pas faire la part des choses entre ce qui est avéré par la science et ce que l'auteur ressent et/ou interprète. La portée émotionnelle d'un langage anthropomorphique déforme parfois le fond du message.»*

Une relation complexe et paradoxale

Loin de rejeter l'ouvrage en bloc, Caroline Vincke se réjouit de ce coup de projecteur sur l'écologie forestière et de l'intérêt du grand public pour le sujet, à l'heure où les pressions croissantes sur les forêts, comme le climat ou la déforestation, croisent les envies de mise au vert et de reconnexion avec la nature. «*La première chose qui me frappe, c'est de constater que si ce livre rencontre un tel succès, c'est parce que l'écologie forestière est mal connue. Il attire l'attention des gens sur ces écosystèmes et génère un dialogue. Avec toutes les menaces qui pèsent sur le monde naturel et semi-naturel, toute sensibilisation est bonne à prendre ! Plus les gens comprennent ce qu'il se passe, plus c'est facile de les encourager à changer leurs pratiques et à avoir plus de respect pour l'environnement. Cela ne peut être que positif. Il s'agit d'un milieu naturel qui touche profondément l'être humain: depuis toujours, il existe une relation particulière entre l'arbre et l'homme. Nous pouvons nous identifier facilement aux arbres: ils sont verticaux, comme nous. Cette posture suggère une connexion entre la terre et le ciel, un peu comme nous entre un monde très organique et le monde de l'esprit, qui autorise des approches spirituelles. Leur longévité est comparable à la nôtre dans le sens où elle n'est pas limitée à quelques semaines ou à une saison. Il y a une question de spiritualité, de croyances. Il y a une part de réel dans* Avatar, *le film de James Cameron: toutes les parties du monde naturel sont connectées, ce qui est l'adage de fond de la pensée environnementaliste. Mais pas seulement, puisque l'on retrouve ce "Tout est lié" dans de nombreuses religions et spiritualités, dans le chamanisme, etc.*»

Cependant, la relation homme-arbre est complexe: l'humain est aussi le meilleur ennemi de la forêt, lorsqu'il les surexploite, les défriche à grande ampleur, avec parfois des conséquences dramatiques pour certaines populations et la qualité de l'environnement au niveau planétaire. «*C'est paradoxal. Mais quand la question de la valorisation entre en compte, l'homme est capable du pire comme du meilleur. C'est le principe de nécessité qui dicte notre rapport à la nature. Il est normal que quelqu'un qui meurt de faim ou ne peut pas se chauffer aille couper des arbres. Cela a du sens.*»

DES RÉSERVES POUR PROTÉGER LES BOIS ?

Pour Caroline Vincke, une chose est sûre, il n'est pas question, comme le suggère Peter Wohlleben dans son livre, de classer la totalité des forêts en réserve de manière à y limiter au maximum l'intervention humaine, et donc de remettre en cause la légitimité d'exploiter les arbres ou de gérer la forêt dans un but de multifonctionnalité. «*Il invite à un rapport à la nature qui prône plus de conscience, de lenteur, de respect. C'est très positif et c'est à encourager. Mais cette fin ne justifie pas tous les moyens. Actuellement, nous vivons dans des sociétés post-industrielles, les gens sont déconnectés des cycles naturels, le langage anthropomorphique les y reconnecte. Mais ils ont tendance à oublier que si on revenait à des sociétés moins développées, on aurait besoin de beaucoup de bois pour se chauffer, pour cuisiner. On ne fait rien sans les produits de la nature. Mettre tout en réserve, et nier notre inter-dépendance, c'est d'une certaine façon accentuer la déconnexion entre les sociétés humaines et leurs besoins de la nature, et risquer d'autres dérives, comme l'exploitation illégale par exemple.*»

Faut-il alors poursuivre l'exploitation forestière telle qu'on la connaît aujourd'hui ? «*Elle n'est pas un problème en soi: ce qui est discuté, c'est son intensité, les pratiques mises en œuvre et les stratégies visant le renouvellement des forêts. On prône désormais une gestion multifonctionnelle de la forêt, en ce compris la production de bois, avec une vision intégrée et à long terme des conséquences sociales, économiques et écologiques. Cette gestion passe par un plus grand respect de la nature, de ses rythmes, de la qualité des sols. On parle d'habitats protégés, de connectivités avec d'autres milieux. Mais certaines forêts restent dévolues à la production en priorité, d'autres à la protection de la nature. Il faut évoluer vers plus de conscience des actes de gestion et d'exploitation forestière, mais certainement pas à leur suppression. Le monde forestier est de plus en plus créatif face à tous les enjeux environnementaux liés aux forêts*».

Un autre exemple flagrant d'interaction végétale concerne la subite mortalité d'antilopes koudous dans des fermes d'élevage en Afrique du Sud. En période de sécheresse, il faut savoir que l'acacia constitue leur unique alimentation. Or, on a observé qu'au-delà d'une certaine pression de broutage, les acacias commençaient à sécréter des toxines. Ainsi, lorsqu'un troupeau d'herbivores commence à ravager un bosquet d'acacias, les arbres voisins se mettent à concentrer les tanins dans leurs feuilles, les rendant impropres à la consommation.

50 ans de recherches

Si les scientifiques se penchent sur la biologie animale depuis des siècles - l'existence de l'intelligence animale n'est plus à démontrer, les recherches sur le monde végétal sont beaucoup plus récentes… Voilà environ un siècle que des analyses sont menées sur les plantes, et une cinquantaine d'années que le fonctionnement des arbres est étudié. «*La recherche est entre autres tributaire des techniques*, précise Caroline Vincke. *Elle dépend aussi du degré de maturation de l'époque par rapport à une thématique, des questions qu'on se pose. Les techniques ont beaucoup évolué ces dernières décennies, notamment au niveau de la capacité d'enregistrer des données ou du développement d'outils statistiques, ce qui a permis de développer la recherche. Autre explication: quand on parle de l'arbre et de son fonctionnement, on est dans un secteur «non-marchand», la recherche est moins facilement finançable car elle ne donne pas lieu à des produits commercialisables, comme des vaccins.*»

Aujourd'hui, les scientifiques sont en mesure d'affirmer qu'il existe des interactions entre les organismes en forêt. À l'image des acacias de la savane africaine cités en exemple par Peter Wohlleben dans son livre: broutés par les girafes, ils augmentent la teneur en substances toxiques de leurs feuilles et libèrent un gaz qui alerte leurs voisins, leur permettant de se prémunir du danger.

«*Mais quelle part prennent réellement ces interactions ? C'est un créneau de recherche fondamentale très actif, mais on a du mal à les quantifier et à définir leur degré de sophistication*, précise Caroline Vincke. *Il y a encore beaucoup d'incertitudes, il faut rester humble. La science ne parle pas de cerveau chez les plantes, et pourtant on parle bien d'intelligence des plantes. Oui, elles apprennent suite à des stimuli répétés. Elles ont une perception de leur environnement et une communication interne et externe qui les rendent capables de survivre et de s'adapter. Mais à l'heure actuelle, rien ne prouve qu'elles aient des intentions ni qu'elles opèrent des choix conscients. Moi-même, j'ai des plantes, je leur parle et elles vont bien. J'aime à penser que c'est lié, mais il n'y a aucune véracité scientifique derrière cette croyance*».

Un langage qui leur est propre

Si elle ne confirme pas les propos anthropomorphiques de Peter Wohlleben, la recherche a néanmoins déjà prouvé que les arbres étaient dotés de capacités qui peuvent être comparées à celles du monde animal, dont les humains font partie. Exemple ? Ils sont munis d'un système immunitaire, bien qu'il ne soit pas organisé comme le nôtre. Ils repoussent les insectes, réparent leurs blessures, secrètent des molécules antibiotiques. Ces particularités, dont sont dotées toutes les plantes, sont propres à chaque espèce.

Les arbres ont une mémoire énergétique: s'ils ne sont pas implantés au bon endroit ou subissent des stress, leurs racines ou leur système foliaire vont s'abîmer. S'ils n'arrivent pas à acquérir

suffisamment de ressources carbonées et à les transformer, ils tombent malades et dépérissent.

Tout ce qui se passe dans le sol fait également l'objet d'études. «*La structuration du sol est la mémoire de la forêt. Quand une forêt se développe, de la litière se dépose par terre. Ce stock de matières organiques s'enrichit au fil des décennies, c'est un héritage structurel. Quand on abat une forêt centenaire, son héritage se marque dans le sol, dans les bois, et donc sur ce qui va se passer ensuite sur les lieux: les nouvelles plantations, les cultures,... On appelle ce phénomène le* legacy effect. *Mais c'est très complexe, il y a encore beaucoup à découvrir.*»

On sait aussi que les plantes, et les arbres, sont des organismes sensibles: ils perçoivent des signaux, se dirigent vers la lumière, vers les ressources en eau et adaptent leur comportement selon les évolutions de leur milieu. Ils interagissent par voie aérienne en émettant des signaux chimiques ou par le réseau mycorhizien souterrain, entremêlant les filaments de champignons et les racines des plantes. De là à envisager qu'ils communiquent, s'avertissent des dangers et s'entraident consciemment ? Peter Wohlleben n'hésite pas à l'affirmer, même s'il faudra sans doute encore des années de recherches avant une éventuelle confirmation.

LES ARBRES RACONTÉS PAR PETER WOHLLEBEN

Peter Wohlleben s'est basé sur les conclusions de recherches scientifiques mêlées à son expérience et ses observations de forestier pour rédiger son livre. *La vie secrète des arbres* alimente la controverse, notamment pour son discours trop anthropomorphique: l'auteur n'hésite pas à comparer les forêts à des communautés humaines, l'arbre à l'homme. Une manière de vulgariser les découvertes des chercheurs ? Chacun jugera, s'appropriant le discours du forestier ou prenant ses distances. L'ouvrage, qui se lit comme un roman plus que comme un ouvrage scientifique, a donné lieu à un documentaire, *L'intelligence des arbres*. Tous deux plaident pour une approche plus respectueuse de la forêt.

ÉMOTIONS

D'après Peter Wohlleben, les arbres communiquent, apprennent, souffrent, s'aiment. Ils ressentent la douleur, les émotions, la peur. Ils sont solidaires, cultivent les amitiés, prennent soin les uns des autres. Les individus d'une même espèce ne sont pas en concurrence. Au contraire: ils s'entraident, s'avertissant mutuellement des dangers qui les menacent.

LES SOUCHES, MÉMOIRE DES ARBRES

Les souches continuent à vivre grâce à leurs racines connectées à celles des arbres voisins. Dans quel but ? Pour le forestier, elles constituent une forme de mémoire de la forêt. Ces souches conserveraient des informations sur des événements anciens, comme l'agression de parasites. Mémoire dans laquelle puiseraient les arbres lorsqu'un phénomène se reproduit.

LES ARBRES-MÈRES ET LEURS PETITS

Autre théorie de Peter Wohlleben: les arbres sont des êtres sociaux. Les mêmes membres d'une famille sont connectés entre eux et s'occupent les uns des autres. Des échanges de sucres entre les arbres d'une forêt montrent une sorte de nourrissage: les plus jeunes arbres reçoivent plus de glucides qu'ils n'en donnent. Pour expliquer ces échanges, Wohlleben compare ce phénomène à l'allaitement d'une mère à ses petits.Les arbres-mères seraient donc de vieux arbres qui vivent avec leurs enfants et les aident à se développer.

WOOD WIDE WEB

C'est prouvé: dans le sous-sol des forêts se développe un réseau de champignons s'entremêlant avec les racines des arbres. Ces filaments fongiques permettent des échanges de molécules entre les organismes, tels que des nutriments. Ce réseau permet de délivrer des signaux chimiques en cas d'agression, de peur ou de stress, et d'avertir ainsi ses voisins. Des signaux chimiques qui se propagent d'un individu aux autres, modifiant ainsi leur comportement. Exemple ? Un arbre attaqué par des parasites émet un signal qui provoque chez ses voisins l'activation d'un mécanisme de défense comme la production d'une substance insecticide.

Pour Peter Wohlleben, ces mycorhizes s'assimilent à un réseau internet végétal, un «*Wood Wide Web*» qui permet aux arbres de communiquer les uns avec les autres. Plus qu'un réseau, le système racinaire serait le cerveau de la forêt...

Scène de distillation dans le laboratoire d'un alchimiste (gravure de P. Galle).

De l'alchimie à la chimie

S'il est bien vrai que la chimie, cette science omniprésente telle qu'on la conçoit aujourd'hui, soit d'origine assez récente, on admet toutefois que déjà à partir du néolithique (5000 à 2500 avant J.-C.), les hommes avaient appris à transformer les matériaux qu'ils connaissaient en des formes leur apportant quelque confort de vie...

TEXTE : PAUL DEPOVERE • DEPOVERE@VOO.BE
PHOTOS : © WELLCOME COLLECTION

Au départ, l'homme préhistorique se servait de simples pierres, notamment de silex, pour façonner les armes et autres outils indispensables à sa survie. Jusqu'au jour où il remarqua la présence, parmi ses cailloux familiers, de quelques «pierres» étranges, brillantes et malléables: ce sera la découverte de divers métaux existant à l'état natif, en l'occurrence l'or, le cuivre et l'argent. Au début, l'homme se contentera de les travailler par simple martelage, à l'instar de ses matériaux lithiques traditionnels. Mais la découverte du feu lui permettra de franchir une étape déterminante, eu égard à la fusibilité de ces matériaux. En outre, nos ancêtres seront peu à peu capables d'atteindre, de maintenir des températures de plus en plus élevées et dès lors d'obtenir - à partir de minerais diversement colorés - de l'étain, du plomb, du mercure et plus tard, du fer. Ils auront ainsi en définitive découvert un ensemble de 7 métaux qui seront associés à des planètes: Saturne [1] pour le plomb, Mars [2] pour le fer, etc.

Quel a dû être l'étonnement de ces métallurgistes amateurs voyant couler un métal liquide tel que le mercure alors qu'ils grillaient du cinabre (HgS), un splendide minerai vermillon, par ailleurs tellement toxique que seuls des condamnés à mort étaient désignés pour l'extraire. Vint aussi, entre-temps, la mise au point d'alliages, par exemple le bronze (cuivre + étain), ouvrant la voie à la confection d'objets mieux adaptés (par leur résistance ou leur dureté) à l'usage recherché. Ce raffinement des technologies correspondra à la succession de périodes classiquement appelées «chalcolithique» (2500 à 1800 avant J.-C.), «âge du bronze» (1800 à 700 avant J.-C.) et enfin, «âge du fer» (700 à 52 avant J.-C.). D'autres artisanats ont également vu le jour, comme la poterie, la verrerie, le tannage des peaux ou encore l'extraction de pigments et la confection de boissons fermentées. Sans le savoir, nos ancêtres effectuaient des manipulations de chimie, c'est-à-dire qu'ils réalisaient des réactions grâce auxquelles la matière était transformée en quelque chose de plus utile.

Le temple de Zeus à Olympie: le premier tour de magie de l'histoire

À côté des 7 métaux précités, il existait une autre matière bien connue se présentant sous la forme d'une poudre jaune: le soufre. Le mot latin *sulphur* dérive lui-même d'un mot arabe signifiant «jaune». Mais, en grec, soufre se dit θειον (*theion*), issu du mot Θεος, Zeus, le dieu suprême. Ceci explique pourquoi le nom de certains dérivés soufrés comprend le préfixe «thio» (thiosulfate,

thioesters, etc.). La question est: pourquoi les Grecs ont-ils associé une substance aussi anodine que le soufre au dieu le plus important de leur panthéon ? La réponse est simple: il existait, au 5e siècle avant J.-C., un temple à Olympie où l'on pouvait admirer une impressionnante statue chryséléphantine de Zeus.

Les pèlerins qui accouraient par milliers à Olympie pour implorer les faveurs de Zeus devaient nécessairement s'adresser aux prêtres. Ceux-ci, pour prouver leur relation privilégiée avec leur dieu et pour montrer que la statue était l'émanation de Zeus, avaient recours à un artifice ingénieux: ils jetaient subrepticement une poignée de soufre dans l'un des brasiers sacrés faisant face à la statue. Ce soufre s'enflammait immédiatement (en formant du SO_2): l'éclair bleu, le bruit soudain et l'odeur âcre avaient tôt fait de convaincre les plus incrédules de la preuve d'une manifestation divine !

L'épopée alchimique

Dès le 4e siècle avant J.-C., les Chinois avaient appris à maîtriser parfaitement la pyrotechnie ainsi que d'autres procédés de laboratoire qui les amenèrent à inventer notamment la poudre à canon. Mais ils cherchaient également à transmuter les vils métaux en or et ce, afin de créer un élixir d'immortalité. Les techniques décrites par les Chinois furent par la suite connues des Égyptiens qui, depuis des millénaires, avaient eux aussi acquis des compétences très spécifiques, comprenant en cela la momification de leurs morts mais également l'obtention de métaux précieux. Le sarcophage de Toutankhamon par exemple, contient plus de 110 kg d'or ! En réalité, les Égyptiens ne comprenaient pas grand-chose aux bases scientifiques de leurs manipulations. Certes, à la même époque, des philosophes grecs tels Leucippe, Démocrite puis Aristote basculèrent d'une timide théorie de l'atome vers un concept à 4 éléments (eau, air, feu, terre) pour rendre compte de la constitution de la matière, mais aucune expérience n'était réalisée pour étayer ces hypothèses.

Vers 400 avant J.-C. en effet, Démocrite se demandait ce qui se passerait si on divisait un bloc de matière en 2, puis encore en 2 et ainsi de suite. Selon lui, cette opération ne peut pas être poursuivie à l'infini: on aboutira toujours à une limite, c'est-à-dire à une entité ultime, indivisible, qu'il appela atome [ατομος (*atomos)* en grec, qui signifie «qu'on ne peut diviser»].

À la mort d'Aristote, la tradition philosophique de la Grèce se déplaça progressivement vers Alexandrie et se mêla aux techniques érudites des Égyptiens: la véritable alchimie [3] était née !

Dès le 7e siècle, les conquérants arabes envahirent l'Égypte et se mirent à traduire la plupart des documents alchimiques, ce qui relança les recherches en vue de réaliser la transmutation des métaux en or grâce, cette fois, à une pierre dite philosophale. Parmi les alchimistes les plus célèbres de l'époque, on se doit de citer Geber, Rhazès ainsi qu'Avicenne. C'est Geber (721-815) qui réfuta le concept grec des 4 éléments pour proposer le soufre et le mercure en guise de constituants fondamentaux de la matière. Soufre et mercure, un peu comme le yang et le yin dans le taoïsme, étaient considérés comme le père et la mère des divers métaux, sous les influences astrales ad hoc. Rhazès (850-932) ajoutera à ce système binaire un 3e constituant, en l'occurrence le sel, censé assurer la cohésion entre le soufre et le mercure. Avicenne, quant à lui, commencera à comprendre intuitivement que la transmutation des métaux devait être impossible, battant ainsi pour la 1e fois en brèche la logique alchimique.

Gravure de l'alchimiste Geber (ou Abu Mūsā Jābir ibn Hayyān).

Dès la fin du 12e siècle, l'alchimie fit cependant son entrée en Europe grâce aux traductions des travaux arabes, en particulier en latin. Albert le Grand (1193-1280), Thomas d'Aquin (1225-1274) et Raymond Lulle (1235-1315) seront des expérimentateurs sanctifiés ou béatifiés par l'Église catholique. Peu à peu toutefois, l'alchimie perdait sa crédibilité. Vers 1500, Paracelce déclarait ouvertement que la vraie tâche d'un alchimiste devrait se limiter à la préparation de remèdes. La chimie pharmaceutique (à l'époque appelée iatrochimie) faisait timidement son apparition. En outre, la large diffusion de livres, grâce à l'invention de l'imprimerie (vers 1450), va peu à peu libérer la chimie de son langage ésotérique et archaïque.

Mais c'est en définitive un médecin bruxellois, Jean-Baptiste van Helmont, qui assura la transition nette entre alchimie et chimie. Celui-ci se servit systématiquement d'une balance et tenta d'établir diverses relations quantitatives au sujet des transformations de la matière. Ce faisant, il découvrit le CO_2 et inventa le terme «gaz» en prononçant le mot «chaos» à la flamande ! Avec van Helmont, la chimie acquerra enfin une respectabilité académique et deviendra une science désormais enseignée dans les universités.

Il faudra cependant encore attendre les travaux de Boyle, Priestley, Scheele et autres pour qu'enfin, Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), avec sa célèbre maxime *«Rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme»*, établisse définitivement les fondements de la chimie moderne, mais ceci constitue le début d'une toute autre histoire !

[1] Voilà pourquoi l'intoxication chronique par les sels de plomb s'appelle «saturnisme».

[2] D'où l'expression «thérapeutique martiale» pour désigner un traitement par du fer.

[3] *Al kimiya* signifierait «l'art égyptien», c'est-à-dire toutes les opérations de laboratoire (distillation, chauffage au bain-marie, cristallisation...).

Bio News

TEXTE : JEAN-MICHEL DEBRY • J.M.DEBRY@SKYNET.BE
PHOTOS : © JEFF LEACH (P. 34), © RICHARDOYORK/FLICKR (P.35), © ALEX PROIMOS/FLICKR (P.38)

De l'intérêt de vivre avec les saisons

Il est aujourd'hui devenu «tendance» d'évoquer le microbiote, cette colonie bactérienne abondante qui peuple notre tube digestif. Ce sont ces germes qui, bien que profitant en première intention de tout ce que nous avalons, le dégrade ensuite en éléments que nous sommes à même de résorber. C'est donnant-donnant. Mais cette belle harmonie apparente est aussi tributaire de ce qui constitue notre base alimentaire, richesse en sucres et graisses comprise.

Nous avons la possibilité aujourd'hui de bénéficier des mêmes aliments tout au long de l'année, quitte à les faire venir de loin. Mais on peut tout aussi bien se sustenter à partir d'aliments bien de chez nous (pain, fruits secs, etc.) sans chercher à les diversifier pour autant…

Ce qui est le cas de populations qui n'ont pas de supermarchés à leur disposition et qui doivent se contenter de ce qu'ils trouvent, au gré des saisons. C'est précisément sur une de ces populations qu'a porté une étude récente dont l'objet était d'en évaluer le microbiote, tout au long de l'année. L'ethnie retenue par les chercheurs de l'Université de Stanford (Californie) est celle des Hadza, des chasseurs-cueilleurs de Tanzanie. Leur alimentation, assez tranchée, est essentiellement faite de viande lors de la saison sèche, de baies et de miel à la saison des pluies. Chacun des groupes de bactéries digestives a été identifié d'abord, quantifié ensuite. Et ce qui apparaît, c'est une fluctuation saisonnière qui, pour certains des groupes de germes, peut varier en densité de 70% d'une saison à l'autre. Puisqu'il existe un lien étroit - bien qu'imparfaitement compris encore - entre la composition du microbiote, le métabolisme et le système immunitaire, on peut imaginer que les Hadza pourraient être plus ou moins aptes à se «défendre» contre les agressions diverses à caractère pathologique, sauf qu'il apparaît que la diversité spécifique de leurs germes intestinaux est bien supérieure à ce qu'elle est dans le tube digestif des occidentaux. Une compensation spontanée et «naturelle» contre les aléas métaboliques de la vie ? C'est possible. C'est en tout cas une différence qu'il semble intéressant de creuser; pour le bien des Hadza peut-être, mais pour le nôtre aussi, sans doute !

***Science*, http://dx.doi.org/10.1126/science.aan4834 (2017)**

Abeilles: le pire n'est-il pas à venir ?

La réalité est connue: des colonies d'abeilles disparaissent à un rythme soutenu depuis de nombreuses années et un peu partout dans le monde. Responsables désignés: les néonicotinoïdes, ces pesticides neurotoxiques prévus pour combattre les insectes nuisibles aux cultures. Ils sont efficaces, mais ils le sont indistinctement puisque les pollinisateurs, plutôt favorables aux mêmes cultures (notamment horticoles), sont eux aussi atteints. On pressent également un effet «rebond» sur le moyen, voire le long terme. En effet, comme ces composés chlorés ou soufrés sont rémanents, ils persistent dans l'environnement où ils s'accumulent. Ils peuvent également être entraînés dans les nappes phréatiques, affecter des invertébrés au passage ou être captés par les racines de plantes sauvages à fleurs, qui sont butinées ensuite par les hyménoptères en général et les abeilles en particulier. Celles-ci en reprennent donc, d'une certaine façon, une seconde dose !

Il va également de soi que, dans la chaîne alimentaire, les prédateurs naturels des insectes et invertébrés puis ceux qui les consomment ensuite, concentrent les toxiques qui peuvent atteindre un seuil dommageable à leur niveau.

Une étude récemment publiée, menée entre 2012 et 2016, précise à ce propos que quelle que soit la région du monde où ils ont été produits, 57 à 86% des miels - destinés aux humains - contiennent des traces au moins de ces neurotoxiques. Et il y a peu de risques que les choses changent, sauf évidemment si les concentrations du poison ont raison de toutes les abeilles. Du coup, il n'y aura plus de miel non plus; une façon radicale de régler le problème qui n'est tout de même pas celle qui est attendue.

On sait que des dispositions relatives à l'utilisation des biocides en général ont été prises dans l'Union européenne et aux États-Unis en particulier. Mais ces produits efficaces sont, au même titre que les néonicotinoïdes, peu biodégradables et risquent donc de s'accumuler ou d'être présents au moins pendant longtemps encore. Ils peuvent aussi, dans de nombreux organismes, se trouver une synergie toxique avec d'autres produits dont notre environnement n'est pas avare.

Bien au-delà du réchauffement climatique dont on fait une lutte écologique prioritaire, il serait, dans nos régions «industrielles» au moins, plus sage ou urgent de s'inquiéter d'abord de cette pollution-là, parfois massive, toxique et souvent cachée, dont on a peu de chances de pouvoir se libérer facilement. Question de choix politique: dans un cas, on peut se contenter de taxer les automobilistes qui émettent du CO_2; dans l'autre, on risque d'hypothéquer quelques productions agricoles à forte dimension économique. Le choix n'est-il donc pas posé d'avance ?

***Science*, 2017; 356: 38-39**

BIO ZOOM

PHOTO: © AUDREY DUSSUTOUR (CNRS)

Physarum polycephalum, alias le «blob» en référence à son manque de forme, est une espèce de myxomycètes de la famille des *Physaraceae*. Il vit dans des zones fraîches et humides telles que les tapis de feuilles des forêts ou le bois mort. Le plus souvent de couleur jaune, il se nourrit des spores de champignons ou de bactéries. Mais le plus étonnant reste que non seulement il aurait des capacités d'apprentissage, mais qu'il pourrait transmettre ses «connaissances» à ses congénères en fusionnant temporairement avec eux...

Que doit-on au professeur Barry J. Marshall depuis 1984 ?

Le fait d'avoir découvert que l'ulcère à l'estomac ou du duodénum n'est pas dû au stress ou à un excès d'acidité, mais simplement (!) et le plus souvent (60 à 85% des cas) à un germe: *Helicobacter pilori*. Comme souvent et à plus de 30 ans de distance, l'information paraît banale; pourtant, pendant des années, de très nombreuses personnes sont mortes d'une perforation de l'estomac (stade avancé de l'ulcération) alors qu'un traitement antibiotique aurait suffi à les guérir. Marshall, persuadé du bien-fondé de sa théorie, a eu le courage d'en faire la démonstration sur lui-même: il a publiquement avalé une suspension du germe qu'il mettait en cause et moins d'une semaine plus tard, un ulcère était diagnostiqué chez lui. Comme le scientifique le postulait, le mal a pu simplement être traité ensuite par un traitement antibiotique. Non seulement ce médecin offrait-il la démonstration que son hypothèse était fondée, mais aussi que des germes pouvaient vivre, et même très bien, dans l'environnement très acide de l'estomac. Encore fallait-il oser mettre sa propre santé au service de sa cause ! Cette audace, mais surtout l'ensemble de ses travaux, lui a fait obtenir le Prix Nobel de physiologie et médecine en 2005, en partage avec son collègue Robin Warren.

Le même germe est pourtant présent dans le tube digestif d'une fraction importante d'être humains; probablement 50% d'entre eux. Ce n'est que dans des circonstances particulières pas toujours identifiées (la prise de certains anti-inflammatoires en est une) que ce germe pourrait devenir pathogène pour l'organe qui l'héberge. Autant le savoir !

Pingouins vs exploitants miniers: 1 - 0 ?

Même s'il reste énormément à faire en matière environnementale, il est incontestable que les mentalités changent. L'impératif économique, si souvent avancé (création annoncée d'emplois à la clé) n'est plus toujours une priorité fondamentale. Enfin, peut-être. Pour preuve cette décision du Chili de refuser l'exploitation d'un nouveau site d'extraction de minerai de fer. Un filon apparemment, puisqu'il était question d'en retirer des millions de tonnes du métal, dans le cadre d'un projet à hauteur de 2,5 milliards de dollars. La raison de ce refus: la présence à cet endroit d'une colonie de milliers de pingouins, à proximité d'une réserve naturelle de 888 ha; la Réserve nationale de pingouins de Humboldt (*Sphéniscus humboldti*) qui, trop proche, se trouverait menacée.

Est-ce définitivement gagné ? Ce n'est pas sûr puisque la société déboutée fait appel. On ne sait par ailleurs que trop que la seule évocation de milliards fait fleurir quelques idées d'adaptation de lois et de règlements. S'il existe une solution finale qui permet à chacun (pingouins et industriels) d'y trouver son compte, pourquoi pas ? Mais on a malheureusement un peu l'impression que la balance décisionnelle risque de pencher d'un côté de façon préférentielle, la densité du dollar étant plus élevée que celle des animaux littoraux. Est-ce finalement ce qui va se passer ? Mystère. L'espèce concernée - l'oiseau, pas la monnaie - serait considérée vulnérable. À surveiller et à maintenir à un niveau suffisant, par conséquent. Cela sera-t-il pris en compte dans la décision définitive ? C'est ce qu'on attend de voir.

***Nature*, 2017; 548: 505**

L'eau, source de vie ?

L'eau est indispensable à la vie; la nôtre en particulier. On la prélève généralement là où on la croit la plus propre, la plus pure, la plus saine. Sauf que dans certaines régions du monde, en particulier en Asie, même puisée dans la profondeur du sol, elle n'est pas sans risque. Le problème est malheureusement connu, mais faute de moyens ou de réelle volonté, il ne va pas en s'amenuisant. Dans des pays comme le Pakistan et ses voisins, l'accroissement de la population fait que la demande en eau augmente dans une même proportion. Or, dans certaines régions et notamment dans la vallée de l'Indus, les roches profondes où le fluide vital est puisé contiennent de l'arsenic dont on connaît les redoutables propriétés à fortes doses (problèmes cutanés, cancer pulmonaire, affections cardiovasculaires, etc.). Un pompage accru tend en outre à accroître aussi la dissolution rocheuse à la faveur d'un pH (acidité) favorable au relargage minéral. Résultat: la concentration en arsenic de l'eau pompée augmente. Jusqu'ici, on n'a pas encore enregistré de problème aigu, même si la concentration autorisée au Pakistan est 5 fois plus élevée que celle prônée par l'*OMS* (*Organisation mondiale pour la santé*), établie à 10 microgrammes par litre. Cela n'exclut évidemment pas quelques épiphénomènes, la concentration de l'élément pouvant fluctuer dans une large mesure d'un site à l'autre. Il faut aussi parfois compter avec des pollutions locales, elles aussi à haut risque. On pense à ce propos aux hydrocarbures et aux germes divers.

Des mesures sont régulièrement effectuées, mais il est difficile de contrôler en permanence la qualité de l'eau consommée. Or, on évalue à 50-60 millions le nombre d'individus concernés par la présence trop massive d'arsenic dans cette ressource indispensable.

Pour une fois, il s'agit d'un problème sanitaire qui n'est pas lié à une pollution au sens où on l'entend d'habitude, mais bien à une surexploitation des nappes aquifères. Il reste toutefois à tenter de faire comprendre aux populations concernées qu'il faut pomper moins à défaut de trouver une solution alternative. Au-delà du réchauffement climatique qui sature la vue de beaucoup de défenseurs de la planète, existent bien d'autres périls dont on ne risque de prendre la mesure de l'ampleur que trop tard. Les pollutions diverses en font partie. Espérons que ce ne sera tout de même pas le cas.

http://advances.sciencemag.org/content/3/8/e1700935.full

Notre cousin le singe...

Entretenir un lien de parenté n'a pas que des avantages. Pour preuve, cette réalité, sinon mise en évidence, au moins suspectée depuis peu: des Brésiliens auraient contracté la malaria via des singes. Le vecteur est un pathogène qui n'était jusque-là connu que chez le singe: *Plasmodium simium*, qui n'est pas le *P. virax* des humains. La suspicion vient surtout du fait que les cas d'infection se multiplient principalement au pourtour des forêts proches de Rio de Janeiro et que les identifications apportées par les tests de biologie moléculaire semblent accréditer l'information.

Pour les médecins, le doute subsiste néanmoins, puisque les tests sanguins les plus communément pratiqués ne permettraient pas de distinguer une espèce de *Plasmodium* de l'autre. S'agit-il d'une contamination «sporadique» qui a peut-être déjà existé auparavant, mais que, faute d'examen génomique, on a attribuée au pathogène humain ? La question reste momentanément en suspens. Cela ne change évidemment pas grand-chose pour les personnes infectées. Mais on peut tout de même se demander comment le protozoaire pathogène est passé du singe à l'homme, l'hôte simien principal étant le singe hurleur (du genre Alouatta), herbivore et frugivore. Le moustique est-il à mettre en cause aussi ? C'est possible et même vraisemblable car nos cousins, bien que densément velus, ne sont pas à l'abri d'une piqûre. Si la transmission du *Plasmodium* est un phénomène récent, cela veut dire qu'il existe un risque nouveau et peut-être accru de contracter la maladie. Il appartient désormais aux spécialistes locaux de la santé d'en tirer les conclusions les plus opportunes.

▸ ***Science*, 2017; 357: 953**

Éléments optiques utilisés pour séparer et mettre en forme des faisceaux lasers qui permettront de refroidir et d'observer des atomes de dysprosium.

Le laser gamma

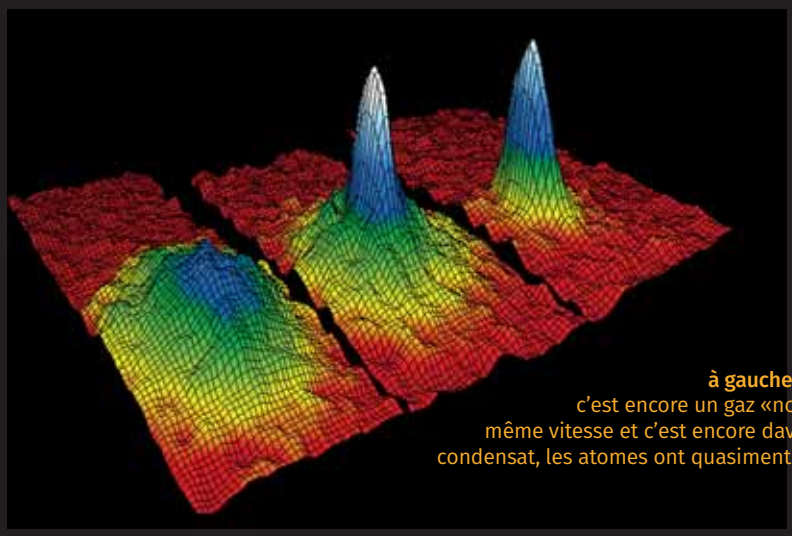
L'Union européenne le cite comme l'un des 30 problèmes les plus importants en physique: la mise au point d'un laser gamma. Des avancées significatives semblent avoir été réalisées grâce à l'utilisation d'atomes froids

TEXTE : HENRI DUPUIS • DUPUIS.H@BELGACOM.NET
PHOTOS : © HUBERT RAGUET/LKB/CNRS PHOTOTHÈQUE (P.38)

Cela nous paraît tellement évident que nous ne nous posons plus la question: le laser est un dispositif qui produit un rayon lumineux cohérent dans le temps et l'espace (les ondes et les photons associés se propagent en phase). Et par lumineux, nous entendons bien sûr lumière visible. Pourtant, il aurait fallu se méfier: le terme laser (*light amplification by stimulated emission of radiation*) ne provient-il pas de son prédécesseur, le maser ? Autrement dit, un même type de dispositif qui ne focalisait pas la lumière visible mais bien des... micro-ondes.

Le spectre électromagnétique s'étendant bien au-delà et en-deçà des longueurs d'onde de la lumière visible, pourquoi en effet ne pas imaginer des «lasers» qui fonctionneraient avec d'autres sources ? Imaginer est facile, réaliser l'est beaucoup moins, ne serait-ce que parce qu'il faut commencer par disposer de sources de ces autres rayonnements et qu'il faut ensuite les manipuler. C'est ainsi qu'il existe déjà des lasers dans l'infrarouge et l'ultraviolet et même aussi, depuis peu, des lasers à rayons X. Mais toujours rien du côté des lasers gamma (γ).

Voici quelques années, l'Union européenne a donc lancé son projet GAMMALAS afin de réaliser un tel appareil. Rappelons que les rayons gamma sont des rayonnements de très petite longueur d'onde (moins d'1 picomètre, 10^{-12} m) et donc de haute fréquence (au-delà de 10^{17} Hz) et très énergétiques. Ils sont d'origine nucléaire, c'est-à-dire dus à des phénomènes se produisant dans les noyaux des atomes (la désexcitation d'un noyau par exemple). Le site de la recherche européenne, *Cordis*, vient de donner quelques précisions sur l'avancement des travaux, citant un article publié en toute fin d'année dernière dans *Physics Letters B* **(1)** mais détaillant des résultats obtenus l'année précédente. Dans l'article, des chercheurs anglais - mais qui collaborent étroitement avec des Finlandais car c'est en Finlande



Imagerie d'un condensat de Bose-Einstein: **à gauche**, les vitesses des atomes sont encore fort variées, c'est encore un gaz «normal». **Au centre,** de plus en plus d'atomes ont la même vitesse et c'est encore davantage le cas pour le pic de **droite**: c'est le cas du condensat, les atomes ont quasiment tous la même vitesse («marchent» d'un seul pas) au même endroit.

[1] Luca Marmugi et al., *Coherent gamma photon generation in a Bose-Einstein condensate of ^{135m}Cs*, Physics letters B, 2018.

que les installations expérimentales sont situées - annoncent avoir imaginé un système pour produire une génération cohérente de photons γ à partir d'un condensat de Bose-Einstein d'atomes isomères de Césium 135.

L'endroit le plus froid de l'univers

L'idée des physiciens est de refroidir des atomes de Césium jusqu'à 100 nanokelvins (10^{-7} K), produisant ainsi un condensat de Bose-Einstein. Cette expression désigne un état très particulier de la matière, prédit par Einstein en 1924 à la suite des travaux du physicien indien Bose. Cet état est caractérisé par le fait que les particules occupent alors le même état quantique à partir d'une température extrêmement basse, proche du zéro absolu. Toutes les particules perdent alors leur individualité et le condensat est donc décrit comme un objet quantique macroscopique. Parmi les propriétés quantiques du système, on peut noter la cohérence spatiale des atomes et l'émission simultanée d'énergie par les noyaux excités en déclenchant une puissante explosion de rayons gamma cohérents. L'idée va être testée en ce printemps 2018 (peut-être l'aura-t-elle été lorsque vous lirez ces lignes !) dans l'installation expérimentale de GAMMALAS située en Finlande. Un accélérateur y produit des noyaux de césium instables qui sont ensuite «neutralisés» par ajout d'un électron puis piégés et refroidis jusqu'à s'approcher du zéro absolu afin d'obtenir un condensat.

Comment créer de tels froids dont on a l'habitude de dire qu'ils sont les points les plus froids de l'univers (bien plus froids que le vide intersidéral dont la température est en général de quelques kelvins) ? La manière traditionnelle de refroidir (mettre l'objet à refroidir en contact avec une source froide comme dans un frigo) ne fonctionne pas ici puisqu'on veut justement obtenir une source la plus froide possible. Qu'à cela ne tienne: la température étant la mesure de l'agitation des atomes, il suffit donc de ralentir ces atomes ! Et pour cela (on se place ici bien entendu dans le cas de gaz d'atomes froids, pas de liquides et encore moins de solides), on les bombarde de photons issus de faisceaux laser. En effet, lorsqu'un photon est émis ou absorbé par un atome, il lui enlève ou transmet une certaine quantité de mouvement (il le freine ou l'accélère). On devine que cela est infime (la vitesse de l'atome n'est modifiée que de quelques centimètres par seconde alors qu'à température ambiante, un atome se déplace à plusieurs centaines de mètres par seconde), mais les lasers sont capables de répéter l'opération plusieurs millions de fois par seconde. Lorsqu'on croise plusieurs rayons lasers de directions opposées dans l'enceinte qui contient le gaz à refroidir, on finit par freiner significativement les atomes et on obtient ce qu'on appelle une mélasse optique. D'autres étapes techniques sont alors encore nécessaires pour atteindre les températures les plus basses, notamment le piégeage spatial des atomes par un champ magnétique afin de les empêcher encore davantage de bouger.

Utile ?

Si l'Union européenne (et bien sûr toutes les autres grandes puissances scientifiques) se lance dans la mise au point du laser gamma, ce n'est pas - seulement - pour le plaisir de la recherche fondamentale. C'est aussi parce que la communauté scientifique et le monde industriel fondent des espoirs sur ce nouvel instrument. C'est d'abord dans le domaine très prometteur de la matière ultra-froide qu'on en attend des avancées, notamment la mise au point de supraconducteurs et de superfluides à... température ambiante. Car c'est là le paradoxe des atomes ultrafroids: pour les produire, point n'est besoin de recourir à des environnements froids comme des bains d'azote liquide ! Le laser gamma devrait aussi permettre une spectroscopie gamma avec des résolutions jamais atteintes. Et des avancées en matière d'imagerie médicale puisqu'il permettrait d'obtenir des images bien plus précises que les actuelles et faciliter, par exemple, les traitements de tumeurs cérébrales. Autre application envisagée: le stockage et la récupération d'énergie, donc révolutionner le secteur des batteries. Mais tout cela n'est pas pour tout de suite.

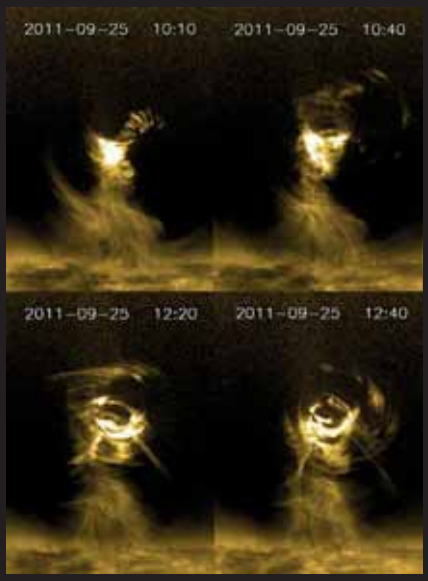
À la Une du cosmos

TEXTE : YAËL NAZÉ • NAZE@ASTRO.ULG.AC.BE • HTTP://WWW.ASTRO.ULG.AC.BE/NEWS

La sonde *Mars Express* avait enregistré un écho radar qui avait fait penser à la présence de glace souterraine, mais en fait, il pourrait s'agir de couche de sable, très poreuse.

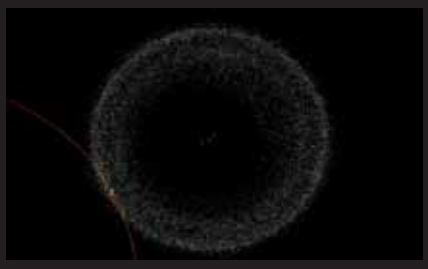
PHOTO: ESA

Le «jupiter chaud» Wasp-104b est très sombre: il réfléchit moins de 3% de la lumière (c'est moins que le charbon !). La raison vient probablement de la proximité à son étoile: elle est si près qu'elle lui présente toujours la même face et avec un côté ultra-chaud et un ultra-froid, les nuages se forment peu, or ceux-ci réfléchissent très bien la lumière.



Les «tornades solaires» sont mal nommées, elles ne tournent pas. Leur apparence, qui nous a trompé, est un simple effet de projection.

PHOTO: SDO

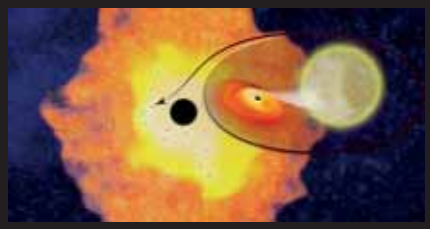


Les orbites hyperboliques de certains objets du Système solaire refléteraient les perturbations dues au passage de l'étoile rouge dite «de Scholz» à moins d'une année-lumière du Soleil il y a 70 000 ans...

PHOTO: SINC (SCHEMA/VUE D'ARTISTE)

Les observations faites par *Juno* montrent que les mouvements de l'atmosphère de Jupiter s'enracinent très profondément et l'on estime l'épaisseur de la couche météorologique à 3 000 km - en-dessous la planète semble tourner rigidement. De plus, les cyclones polaires forment des groupes polygonaux assez particuliers, encore mal compris. Enfin, ça se confirme: la Grande Tache rouge de Jupiter change. Si elle est petite actuellement, elle a aussi connu une épisode d'agrandissement dans les années 1920. Son mouvement et sa hauteur par rapport aux autres nuages changent aussi, ainsi que sa couleur (plus orangée aujourd'hui).

PHOTO: JUNO

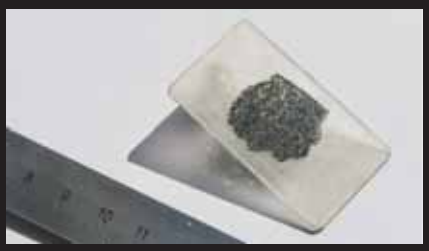


L'analyse des données du télescope spatial *X Chandra* a révélé la présence de 12 trous noirs à moins de 3 années-lumière du centre de notre Galaxie. Ceux-là possèdent un compagnon, dont ils se «nourrissent», ce qui permet de les repérer, mais il en existe d'autres, isolés, non repérables. Partant des 12 repérés et extrapolant la population entière, on arrive à plusieurs milliers de trous noirs de faible masse, un nombre qui confirme les prévisions théoriques. En parallèle, des modèles indiquent que les galaxies comme la nôtre devraient contenir plusieurs trous noirs supermassifs, pas seulement un en leur centre... mais il reste à repérer ces ogres géants !

PHOTO: COLUMBIA (VUE D'ARTISTE)

On l'avait écartée des planètes «habitables» mais de nouvelles analyses indiquent que Vénus a peut-être eu pendant très longtemps un climat favorable à la vie et des conditions propices existent encore aujourd'hui dans l'atmosphère vénusienne, entre 40 et 60 km d'altitude, là où évoluent justement des nuages sombres... Certains imaginent qu'ils pourraient contenir des bactéries.

PHOTO: ESA



L'examen des débris de l'astéroïde 2008 TC3 qui avait explosé au-dessus de la Nubie révèle la présence de micro-diamants particuliers, ne pouvant se former qu'à haute pression. Cela suggère que cette matière provient d'une proto-planète détruite à l'aube du Système solaire. Les météorites de même type (baptisées «uréilites») proviendraient de la même planète.

PHOTO: EPFL

L'analyse des données de la défunte sonde *Cassini* continue, avec de nouveaux résultats:

❶ les nuages s'enfoncent de 3 000 km dans la planète,

❷ des grains de glace tombent des anneaux vers la planète,

❸ les couleurs planétaires pourraient provenir de la matière organique qui lui tombe dessus,

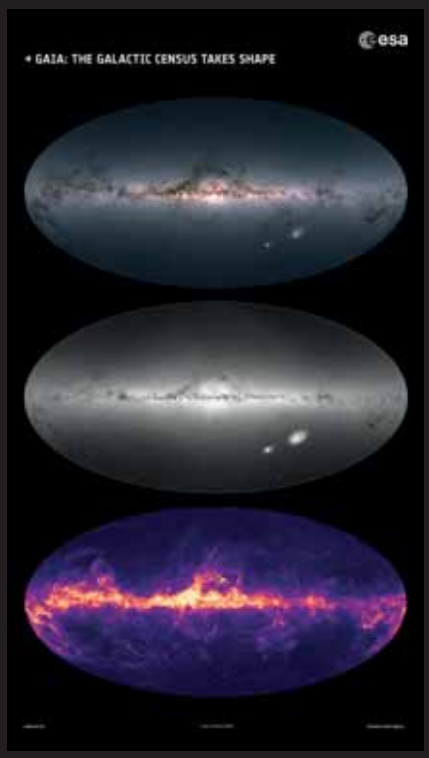
❹ les îles magiques de Titan ne sont ni des îles ni des bulles mais plutôt de grosses vagues sur lesquelles se reflète le Soleil,

❺ et les jets d'Encelade s'allumeraient grâce à l'action d'une autre lune, Dioné.

PHOTO: CASSINI

La dernière décennie a vu la détection de flashs lumineux courts (quelques jours) et mystérieux. Baptisés FELTs, ces phénomènes sont désormais expliqués: ils résultent de l'illumination temporaire d'enveloppes de matière autour d'une étoile en train de mourir en une explosion de supernova.

PHOTO: NASA/ESA/A. FEILD (VUE D'ARTISTE)



Une moisson inestimable ! La mission *Gaia* de l'*ESA* vient de présenter le catalogue stellaire le plus complet à ce jour. Il inclut des mesures de position très précises de près de 1,7 milliard d'étoiles, contre 100 000 environ pour la mission précédente (*Hipparcos*) - ce qui donne une idée du chemin parcouru ! Pour les étoiles brillantes, la précision est en effet de l'ordre de la taille d'une pièce d'un euro qui serait sur la Lune. De plus, pour 10% des étoiles du catalogue, les astronomes ont désormais une distance précise à disposition... sans oublier des mesures de vitesse, de couleur et de variabilité pour de nombreuses étoiles. Bref, cette mine de données va révéler les détails insoupçonnés de notre Galaxie... Rappelons que la Belgique est très impliquée dans cette mission et l'analyse de ses données.

PHOTO: ESA

Avec *Ariane 6.4* (1er vol en 2021), *Arianespace* sera-t-elle en mesure de tenir tête à *SpaceX* et ses *Falcon 9* en partie réutilisables ?

Quoi de neuf dans l'espace ?

Relever le défi des initiatives privées, de plus en plus présentes dans le business de l'accès à l'espace: l'avenir d'*Arianespace* est à ce prix. La société européenne de lancements spatiaux, qui fait partie d'*ArianeGroup* (*Airbus* et *Safran*), a réussi à devenir une référence auprès des opérateurs de satellites de télécommunications dans le monde entier. Il lui faut rivaliser avec de nouveaux venus en développant des outils de lancements moins coûteux dans le cadre d'un partenariat public-privé entre l'*ESA* et *ArianeGroup*: le duo *Ariane* 6 et le *Vega-C* (avec la société italienne *Avio*) doivent permettre à *Arianespace* de préserver un rôle de leader sur un marché fort convoité. Cette réaction n'arrive-t-elle pas trop tard ?

TEXTE: THÉO PIRARD | PHOTO: © ARIANEGROUP

Avec le lanceur français *Ariane*, dont la première version fut conçue et mise au point dans les années 70, l'Europe a dû faire le pari du transport spatial à des fins commerciales. Elle n'avait pas assez de missions institutionnelles - pour l'*ESA* et les gouvernements - pour justifier un planning rentable de lancements depuis le Centre spatial guyanais de Kourou. Elle a su tirer parti de la décision de la *NASA* de renoncer à l'emploi du *Space Shuttle* pour la clientèle privée des opérateurs de satellites commerciaux. Ce qui a permis la belle percée de la famille modulaire des lanceurs *Ariane 4* jusque fin des années 90. La mise en œuvre actuelle du lanceur lourd *Ariane 5* s'est révélée plus risquée et coûteuse. Sa fiabilité et ses performances ont néanmoins sauvegardé la réputation de sérieux d'*Arianespace*. La prochaine décennie sera cruciale pour l'avenir des lancements européens.

L'Europe a-t-elle pris assez au sérieux le phénomène du *NewSpace* - montée en puissance d'acteurs privés - pour des services compétitifs de mise en orbite ?

C'est un fait évident qu'il faut déplorer: l'*ESA* a trop tardé à convaincre ses États membres de l'impérieuse nécessité d'investir dans des lanceurs plus économiques. Il a fallu attendre le Conseil ministériel de l'*ESA* du 2 décembre 2014, réuni à Luxembourg, pour que soit engagé, avec l'entreprise *ArianeGroup*, le programme des *Ariane 6.2* (jusqu'à 5 t en *Gto/Geostationary Transfer Orbit*, de 200 à 36 000 km) et 6.4 (jusqu'à 12 t). Ces lanceurs doivent remplacer *Ariane 5* dès 2023. Alors que la Russie semble perdre pied pour des services compétitifs et fiables et que la Chine n'est pas admise à lancer des satellites avec des composants américains (soumis aux normes *ITAR/International Traffic in Arms Regulations*), on voit proliférer des lanceurs de nouvelle génération qui doivent prendre leur envol en 2020-2021:

- *SpaceX*, l'entreprise d'Elon Musk, continue d'améliorer ses *Falcon 9* (6 t en *Gto*) et *Falcon Heavy* (26 t) pour la propulsion et la réutilisation. Son objectif est de les rentabiliser pour financer son projet de lanceur lourd *BFR* (*Big Falcon Rocket*) devant entrer en scène dès 2023.
- *Blue Origin*, la société de Jeff Bezos, prépare le lanceur *New Glenn* (13 t) pour des vols dès 2020 depuis une nouvelle infrastructure au Cape Canaveral.
- *ULA* (*United Launch Alliance*), filiale de *Boeing* et de *Lockheed Martin*, annonce le remplacement de ses fusées *Delta 4* et *Atlas 5* avec le lanceur *Vulcan* moins coûteux (jusqu'à 13 t).
- *Orbital ATK* projette de tester en 2021 son nouveau lanceur *OmegA*, combinant 2 étages à poudre et un étage supérieur cryogénique (5,5 t).
- *Mitsubishi Heavy Industries* entend réussir une percée commerciale avec son lanceur modulaire *H3* (jusqu'à 6,5 t); développé avec le soutien de la *Jaxa* (*Japan Aerospace Exploration Agency*), il doit effectuer un vol de démonstration en 2020.

Face à une telle concurrence, comment pourront se positionner les lanceurs *Ariane 6* ?

Le système européen de transport spatial, avec *Arianespace*, a démontré une qualité des services, associée à la fiabilité des performances. Il demeure que le critère du prix est le facteur décisif pour séduire un client commercial. Il s'agit dès lors de réduire les coûts, en rationalisant les processus de production au sein d'*ArianeGroup*. Surtout *Ariane 6*, dont le premier lancement est prévu durant l'été 2020, a besoin d'un engagement politique au niveau européen à privilégier son emploi et ce, de préférence à ses compétiteurs principalement américains largement subsidiés par les commandes gouvernementales (de la *NASA* et du Département de la Défense). Les États d'Europe, suivant l'exemple de l'Union, ont à donner la priorité à l'utilisation des moyens d'*Arianespace.*

La réutilisation d'étages de lanceur semble s'imposer… Où en est-on du côté européen ?

L'*ESA* a décidé d'aller de l'avant avec un programme *Ariane 6 Next* d'activités technologiques pour le lanceur européen du futur. Le défi de la réutilisation d'étage est l'objet d'une coopération avec les agences spatiales de France (*Cnes*), d'Allemagne (*Dlr)* et du Japon (*Jaxa*) avec le démonstrateur *Callisto* (*Concept A Launcher Leading to Innovation Space Transportation into Orbit*). Il sera testé durant 2020 lors de bonds à partir du site «fusées-sondes» au Centre spatial guyanais.

MAIS ENCORE…

Constellation pour observer en direct

Airbus Defence & Space s'est lancé dans la réalisation d'une ambitieuse constellation pour un Internet instantané à la portée de tous sur l'ensemble du globe: *OneWeb* doit déployer jusqu'à 900 minisatellites à 1 200 km. Ces relais de données d'environ 200 kg doivent être produits à la chaîne par *OneWeb Satellites* à Toulouse et dans une nouvelle usine au Cape Canaveral. Basé sur la plateforme compacte et modulaire *Arrow*, ce modèle de satellite est proposé pour la constellation *EarthNow*: une centaine d'yeux répartis autour de la Terre suivront, en continu, faits et gestes partout sur la planète. Derrière ce projet de surveillance globale, il y a les principaux actionnaires de *Oneweb*, ainsi que le milliardaire Bill Gates, le «père» de *Microsoft*. L'exploitation ultra-rapide des observations d'*EarthNow* passera par la maîtrise des algorithmes de l'intelligence artificielle pour un tri approprié des données. Décidément, les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) n'ont pas fini de mieux nous contrôler.

Satellite espion grand-ducal

Misant sur son avance pour la gestion de systèmes spatiaux - avec l'opérateur global *SES* -, le Luxembourg propose de mettre à disposition de l'OTAN et de ses États membres des satellites militaires de télécommunications et même de télédétection. Le 31 janvier dernier, une délégation luxembourgeoise assistait au lancement du *GovSat-1* au moyen d'un *Falcon 9* de *SpaceX*. Ce satellite, réalisé par le constructeur américain *Orbital ATK* grâce à un partenariat entre le Gouvernement grand-ducal et *SES*, offre la particularité d'être conçu pour accueillir une charge supplémentaire au cours de sa durée de vie de 15 ans. Le Grand-Duché entend poursuivre cet effort pour doter l'Europe d'une capacité autonome de surveillance globale depuis l'espace. Il vient d'approuver le projet *Naos* (*National Advanced Optical System*) de quelque 175 millions d'euros. C'est ni plus ni moins un satellite d'observation à très haute résolution mis à disposition de l'Union Européenne et de l'OTAN. Il sera intéressant de voir dans quelle mesure le Gouvernement grand-ducal va, pour *Naos*, jouer la carte d'un satellite de fabrication américaine ou européenne… La Belgique sera-t-elle partie prenante dans sa mise en œuvre ?

***Galileo* aux prises avec le Brexit**

Le système européen de navigation globale par satellites est un programme de l'Union Européenne (UE) réalisé par l'*ESA* (*European Space Agency*). Le Royaume-Uni a contribué à son développement et son industrie avec *Sstl* (*Surrey Satellite Technology Ltd*) réalise la charge utile de chaque satellite pour le maître d'œuvre allemand *Ohb*. Son implication dans *Galileo* pèse dans la balance des négociations Brexit de la sortie des Anglais de l'Union. Il est question que Londres n'ait plus accès aux services cryptés gouvernementaux qui sont réservés aux seuls membres de l'UE. Le Gouvernement britannique fait valoir qu'il a déjà beaucoup investi dans *Galileo* et qu'il fait partie de l'*ESA*. Dans le passé, il a toujours marqué une certaine préférence pour le système américain *Gps* (*Global Positioning System*).

Les Indiens se sont dotés de leur propre constellation de satellites *Irnss* de navigation. Voici l'un d'eux durant ses tests à Bengaluru, dans un simulateur spatial qui a vu le jour le jour chez *Amos* (Liège).

L'Inde spatiale: une fierté nationale

Plus de 1,32 milliard d'euros (environ 107 milliards de roupies): c'est le budget 2018-2019 de l'Inde pour ses activités dans l'espace. Ce que le *DOS* (*Department of Space*) a demandé au Parlement indien pour son fonctionnement et son programme de l'année budgétaire en cours (du 1er avril au 31 mars). Pour un État qui compte 1 358 millions d'habitants, cet effort spatial représente un peu moins d'1 euro par citoyen. Il se traduit par une présence réussie dans un secteur high-tech

TEXTE: THÉO PIRARD • THEOPIRARD@YAHOO.FR
PHOTO: ISRO

Dans une nation multi-culturelle qui représente une économie dynamique - en passe de devenir la 5e au monde -, mais dont le niveau élevé de pauvreté est mis en évidence, l'accès aux technologies nouvelles, notamment celles de l'aérospatial et de l'informatique, doit être garanti pour les milliers de jeunes ingénieurs et chercheurs qui sont issus de brillantes universités et écoles polytechniques indiennes. La dimension spatiale fournit des solutions pour organiser un important pays aux ressources limitées et aux nombreux problèmes, ainsi que des occasions d'exalter le sentiment de fierté nationale.

L'*Isro* (*Indian Space Research Organisation*), l'agence spatiale indienne qui emploie environ 17 000 personnes, est chargée par le *DOS* de mener à bien le programme de l'Inde dans l'espace. En ce début d'année, elle a publié son rapport 2017-2018 qui décrit les missions et projets en cours, avec leurs retombées en matière d'applications et d'éducation. Celui-ci reste ambitieux, restant fort axé sur l'emploi des systèmes spatiaux comme outils de gestion avec des satellites nationaux de télécommunications, de télédétection, de navigation, si possible placés sur orbite par les lanceurs indiens *Pslv* et *Gslv*. Il y a un volet scientifique, avec des sondes et observatoires, qui valorise le potentiel de recherche et qui stimule l'innovation des laboratoires. Pour la grande diversité des technologies à mettre en œuvre, Delhi compte sur une multitude de centres et instituts répartis dans plusieurs États régionaux.

Priorité à l'autonomie

La principale part du budget spatial indien - 824 millions d'euros - couvre les grands axes de technologie spatiale indienne. À commencer par la maîtrise de l'accès à l'orbite avec des systèmes autonomes de lancements. Plusieurs centres d'excellence au sein de l'*Isro* ont démontré leur expertise pour leurs activités en propulsion, le développement et les essais de satellites et le contrôle de missions dans l'espace. On trouve à Thiruvananthapuram, le *Vikram Sarabhai Space Centre* (*Vssc*), l'*Isro Inertial Systems Unit* (*Iisu*), l'*Isro Propulsion Complex* (*Iprc*); à Bengaluru (près du siège de l'*Isro*), l'*Isro Satellite Centre* (*Isac*), le *Laboratory for Electro-Optics Systems* (*Leos*), le *Liquid Propulsion Systems Centre* (*Lpsc*); sur l'île de Sriharikota près de Chennai, le complexe de lancements *Satish Dhawan Space Centre* (*Sdsc*); le réseau des stations de l'*Isro Telemetry, Tracking & Command Network* (*Istrack*) contrôlé depuis Bengaluru; le *Master Control Facility* (*Mcf*) à Hassan (avec son back-up à Bhopal).

Aujourd'hui, l'*Isro* met en œuvre 3 lanceurs qui ont fait la démonstration de services fiables en combinant des moteurs à poudre et des propulseurs à liquides:

- Le *Pslv* (*Polar Satellite Launch Vehicle*), capable de placer 1,9 t en *Heo* (orbite héliosynchrone) ou 1,4 t en *Gto* (orbite de transfert géostationnaire), va fêter ses 25 ans. 43 exemplaires ont volé, dont 41 avec succès. Vu le prix peu élevé de ses services, le *Pslv* est devenu le lanceur de référence pour les micro- et nano-satellites du monde entier.
  Le 15 février 2017, le *Pslv C37* établissait un record en déployant sur orbite *Cartosat-2D* et 2 microsats indiens en même temps qu'une centaine de *Cubesats*. Chaque année, jusqu'à 5 *Pslv* peuvent être lancés de Sriharikota.
- Le *Gslv MkII* (*Geoynchronous Satellite Launch Vehicle*) lance avec succès les satellites géostationnaires de l'*Isro* depuis janvier 2014. S'il peut satelliser jusqu'à 2,5 t en *Gto*, il n'est pas encore proposé à une commercialisation. Employé au rythme de 2 par an, il sera remplacé par le modèle suivant, plus performant.
- Le *Gslv MkIII* est le lanceur le plus puissant de l'Inde: offrant une capacité de 4 t en *Gto*, il est destiné à lancer les satellites géostationnaires pour lesquels l'*Isro* recourt aux services d'*Arianespace*. Le 5 juin 2017, il réussissait son vol de démonstration avec l'étage à propulsion cryogénique *C25*. Son exploitation demeure limitée à un exemplaire par an.

Pour la décennie à venir, l'*Isro* travaille sur une version dite *Ulv* (*Unified Launch Vehicle*), dont le premier étage sera propulsé par un moteur-fusée kérolox *SCE-200* (2 000 kN de poussée) en développement. Ce propulseur à oxygène liquide et au kérozène amélioré remplacera la technologie du moteur *Vikas* à ergols toxiques (dérivé du *Viking* des premières versions d'*Ariane*).

Intérêt primordial pour les applications

L'Inde mise sur le développement de systèmes spatiaux qui répondent avant tout aux besoins de sa société, son économie, sa défense. Les applications dans l'espace, qui font appel à des satellites de fabrication nationale, sont mises en œuvre dans des entités spécialisées de l'*Isro*: près d'Ahmedabad, le *Space Applications Centre* (*Sac*) et le *Development & Educational Communication Unit* (*Decu*); à Hyderabad, le *National Remote Sensing Centre* (*Nrsc*); à Dehradun, l'*Indian Institute of Remote Sensing* (*Iirs*); à Bengaluru, le *National Natural Resources Management System* (*Nnrms*)...

Pour les 3 prochaines années, l'*Isro* a planifié la réalisation et les lancements d'une vingtaine de satellites d'applications:

- 6 *Gsat* à positionner sur l'orbite géostationnaire pour le système national *Insat* de télécommunications et de télévision; ils seront lancés au moyen d'une *Ariane 5*, par des *Gslv MkII* et *MkIII*. La panne survenue au récent *Gsat-6A*, lancé le 29 mars dernier - sans doute suite à un problème d'alimentation électrique - vient perturber le calendrier des lancements prévus.
- au moins 12 satellites de télédétection à mettre sur orbite avec des *Pslv*: 3 *Cartosat* à très haute résolution optique (0,25 m), 2 *Resourcesat* pour des observations multispectrales, 2 *Oceansat* à large fauchée, 2 *Risat* avec *Sar* (*Synthetic Aperture Radar*), la constellation *HRsat* (*High Resolution Satellite*) de 3 satellites. En plus des satellites météorologiques en service, il y a le *GISat* (*Geo Imaging Satellite*), observatoire géostationnaire lancé par un *Gslv MkII* pour des prises de vues qui auront une résolution de 50 m depuis 35 800 km !
- des satellites supplémentaires de navigation *Irnss* (*Indian Regional Navigation Satellite System*), évoluant à 35 800 km, pour garantir les services opérationnels du système désormais appelé *NavIC* (*Navigation with Indian Constellation*).

Autour et sur la Lune

La part dévolue aux sciences spatiales, bien que modeste, fait la fierté de la nation indienne. Depuis septembre 2014, l'*Isro* exploite sa sonde *Mom* (*Mars Orbiter Mission*) autour de la Planète Rouge, qui en photographie et analyse la surface; elle prévoit de lui donner un successeur. À la fin de cette année, l'Inde devrait être présente à nouveau autour de la Lune avec l'ambitieuse mission *Chandrayaan-2*: lancée par un *Gslv MkII*, cette sonde fera arriver à la surface lunaire un atterrisseur avec un micro-rover pour des expériences *in situ*. En 2020, il y aura l'observatoire *Aditiya-L1* pour l'étude du Soleil à partir de la position L1 (à 1,5 million de km de la Terre). Les études se poursuivent pour le satellite d'astrophysique *XPoSat* (*X-ray Polarimeter Satellite*). Assurément, la suite de l'odyssée spatiale s'écrira à Delhi grâce à la créativité des Indiens.

À lire avec nos enfants

TEXTE: LUCIE CAUWE · LUCIE.CAUWE@GMAIL.COM
PHOTOS : © DESIGNED BY JANNOON028/FREEPIK (P.46),
© DESIGNED BY PHOTOANGEL/FREEPIK (P.48)

Les Hommes

Au commencement, texte de Henri Meunier, illustrations de Vincent Bergier, *Seuil Jeunesse*, 32 pages, 14,50 euros.

Les jeunes scientifiques qui s'intéressent à la création du monde vont apprécier cet album qui débute il y a 13 milliards d'années et s'achève aujourd'hui, à l'école des fourmis. Les auteurs ayant pris le parti de l'humour, il vaut mieux en avoir quelques notions pour mieux apprécier les trouvailles. Le texte débute par ceci: «*Au commencement, il y avait le vide.*» Il se poursuit, 8 milliards d'années plus tard, par «*Puis boum, il y eut le plein ! Plein de gaz et de poussières. Puis des planètes par-ci par-là. Notre Terre était couverte de pierres. Il y avait aussi de l'électricité dans l'air. De l'eau. Des volcans. Pas encore d'eau dans le gaz, mais c'était un bon début.*» D'autres expressions connues, des allusions au jeu de *Lego* ou aux fêtes d'anniversaire n'empêchent pas de mentionner l'eucaryote, la première cellule à noyau, et tous ses descendants qu'on retrouve à la piscine, au cirque, au *Jurassic Park* et chez les fourmis dont l'ancêtre est *Gerontoformica cretacica* ! De belles illustrations et un texte bien pensé pour un documentaire qui secoue.

Pour tous à partir de 6 ans.

On n'arrête pas le progrès, texte de Pascale Hédelin, illustrations de Félix Rousseau, *Saltimbanque Éditions*, 40 pages, 13,90 euros.

Pensez à un téléphone et selon l'âge que vous avez, vous imaginerez un smartphone, un téléphone sans fil, un téléphone à touches ou un téléphone à cadran. Sans doute pas le téléphone de Graham Bell ou le premier combiné téléphonique datant de 1892. C'est logique. Il est toutefois intéressant de retrouver les grandes étapes par lesquelles sont passés nos objets quotidiens. C'est ce que fait cet album à l'italienne, par le texte et le dessin, pour différents objets: le livre, le téléphone, le train, la musique enregistrée, la montre, l'avion, l'ordinateur et encore une dizaine d'autres. Chaque fois, les étapes sont présentées et expliquées de façon intéressante pour les enfants. Ces derniers découvriront avec surprise que le premier téléphone pesait 4 kg et que l'ampoule LED miniaturisée a pour ancêtre la lampe à huile ! L'histoire des objets qui nous entourent est souvent incroyable et le titre est on ne peut plus vrai: on n'arrête pas le progrès !

À partir de 6 ans.

Les grandes inventions en BD, textes de Sophie Crépon et Pascale Bouché, illustrations de Béatrice Veillon, *Bayard Jeunesse*, collection «Images Doc», 176 pages, 18,90 euros.

Voilà un album bien plus dense qu'il n'en donne l'impression. C'est presqu'une encyclopédie, mais organisée autrement. Ici, ce sont les inventions qui sont au centre des explications, en textes, en images, en photos et en bandes dessinées. Elles sont classées selon 5 grands thèmes. Dans «Vivre mieux», on va du bricolage aux robots en passant par l'électricité et le chocolat. Dans «Communiquer», on parle écriture, chiffres, école, alphabets. «S'amuser» s'intéresse aux jouets, aux cartes à jouer, aux échecs, aux puzzles mais aussi aux ours en peluche, aux *Lego*, aux *Barbies* et aux patins à roulettes, aux sports et aux arts. Dans «Se soigner» sont abordés la médecine et tous ses dérivés, médicaments, lunettes, etc. Enfin, «Voyager, se repérer» traite des moyens de transport mais aussi de la boussole et de l'aventure spatiale. Autant d'inventions qui ont abouti à notre quotidien.

À partir de 8 ans.

Les végétaux

Drôle d'encyclopédie végétale, textes et illustrations d'Adrienne Barman, *La joie de lire*, 200 pages, 24,90 euros.

À première vue, on pourrait dire «Mais il n'y a pas d'explications dans ce livre !» Erreur, car cette superbe encyclopédie originale, entièrement dessinée, abrite des centaines, des milliers d'informations, réparties entre illustrations et légendes - comme l'avait fait, il y a 5 ans, la *Drôle d'encyclopédie* sur les animaux de la même auteure. Ici, le monde des végétaux nous apparaît comme il n'avait jamais été présenté. Par association d'idées, dans une classification très personnelle, riche et inspirante. On commence, sans tambour ni trompette, par «Les acidulées», comprenez citron, orange amère, main de Bouddha, orange et lime. En pages suivantes, 2 autres compositions végétales exquisément mises en scène présentent d'autres cousins. On va ensuite rencontrer les «Amoureuses de l'eau», les «Aromatiques», les «Autochtones», etc. En tout, plus de 50 familles de plantes sont présentées, finalement de manière aussi scientifique que documentaire. Et un index de 6 pages permet de toutes les retrouver. Un magnifique travail artistique qui renouvelle notre regard sur les plantes que l'on connaît ou que l'on découvre.

Pour tous.

Des tomates sur mon balcon, texte de Thierry Heuninck, illustrations d'Aurore Petit, *De La Martinière Jeunesse*, 64 pages, 14,90 euros.

Lire des livres de jardinage, c'est bien. Jardiner pour de vrai, c'est mieux ! Même sur un bout de balcon, un appui de fenêtre ou en jardin partagé. Cet album magnifiquement illustré de dessins commence par les bases: que cultiver, quand et où, tableau des fruits et légumes par mois, mode d'emploi des plantes et panoplie minimale du jardinier. Il présente ensuite en détail 10 plantes à faire facilement pousser chez soi: radis, citron, basilic, fraises, framboises, persil, tomates, avocat, carottes, lavande. Chaque fois, les différentes étapes sont bien expliquées par le texte et les dessins, quel matériel, quand planter, où, comment, quand replanter, combien arroser... Et en supplément, il donne des informations sur la plante et des conseils d'utilisation. On apprend ainsi à sculpter des radis, que le citron est bourré de vitamine C, que le basilic est aussi un monstre, que les fraises se dégustaient déjà il y a 2 000 ans et surprise, pourquoi l'avocat est doté d'un pépin et non d'un noyau. Un livre grand format qui allie informations et travaux pratiques pour s'initier au jardinage.

Pour tous à partir de 5 ans.

Le caca de qui ?, texte de Darrin Lunde, illustrations de Kelsey Oseid, traduit de l'anglais (États-Unis) par Catherine Biros, *Albin Michel Jeunesse*, 32 pages, 11,90 euros.

Amas de tiges et de brindilles, échardes, vieilles feuilles, différents cacas d'animaux sont présentés par un texte et un dessin dans cet album en format à l'italienne avant que la double page suivante ne donne l'identité de l'animal et les raisons pour lesquelles il fait de telles crottes. Beaucoup de végétaux dans les déjections des 7 animaux présentés mais aussi des os, des poils et des plumes. Rien à voir avec l'album de fiction de Wolf Elrbuch où une petite taupe se demandait qui lui avait fait sur la tête. Il s'agit ici d'une approche originale et scientifiquement pertinente pour mieux connaître renard, éléphant, panda, tortue, mouette et paresseux, et ne pas se laisser prendre au piège tendu avec la chouette.

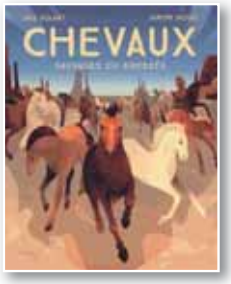
À partir de 5 ans.

Les animaux

Nous, les grands voyageurs, texte de Laura Knowles, illustrations de Chris Madden, traduit de l'anglais par Emmanuel Gros, *Casterman*, 64 pages, 14,95 euros.

Bien sûr, on sait que les oies ou les cigognes changent de pays entre l'été et l'hiver, ainsi qu'entre l'hiver et l'été. Mais en sait-on assez avec cela à propos des animaux migrateurs ? Pourquoi se lancent-ils dans ces longs déplacements ? Ce documentaire remarquablement illustré de dessins bien pensés nous les présente de superbe façon, en autant d'histoires de voyages, une espèce par double page, toujours vraies. Qu'elles se déroulent sous l'eau, sur terre ou dans les airs. En route pour découvrir ce qui se passe chez les tortues luths, les baleines à bosse, les saumons rouges, les langoustes blanches et d'autres animaux de mer, les colibris, les albatros, les grues, les criquets entre autres animaux qui volent, les zèbres, les gnous, les ours polaires, les lemmings et autres espèces pédestres. En tout, ce sont 25 sortes d'animaux migrateurs qui sont largement explicités au fil des pages et en résumé en fin de ce très intéressant album qui accorde aussi un chapitre aux hommes et aux femmes qui bougent.

À partir de 6 ans.



Chevaux sauvages ou dressés, texte d'Iris Volant, illustrations de Jarom Vogel, traduit de l'anglais par Céline Delavaux, *De La Martinière Jeunesse*, 48 pages, 14,90 euros.

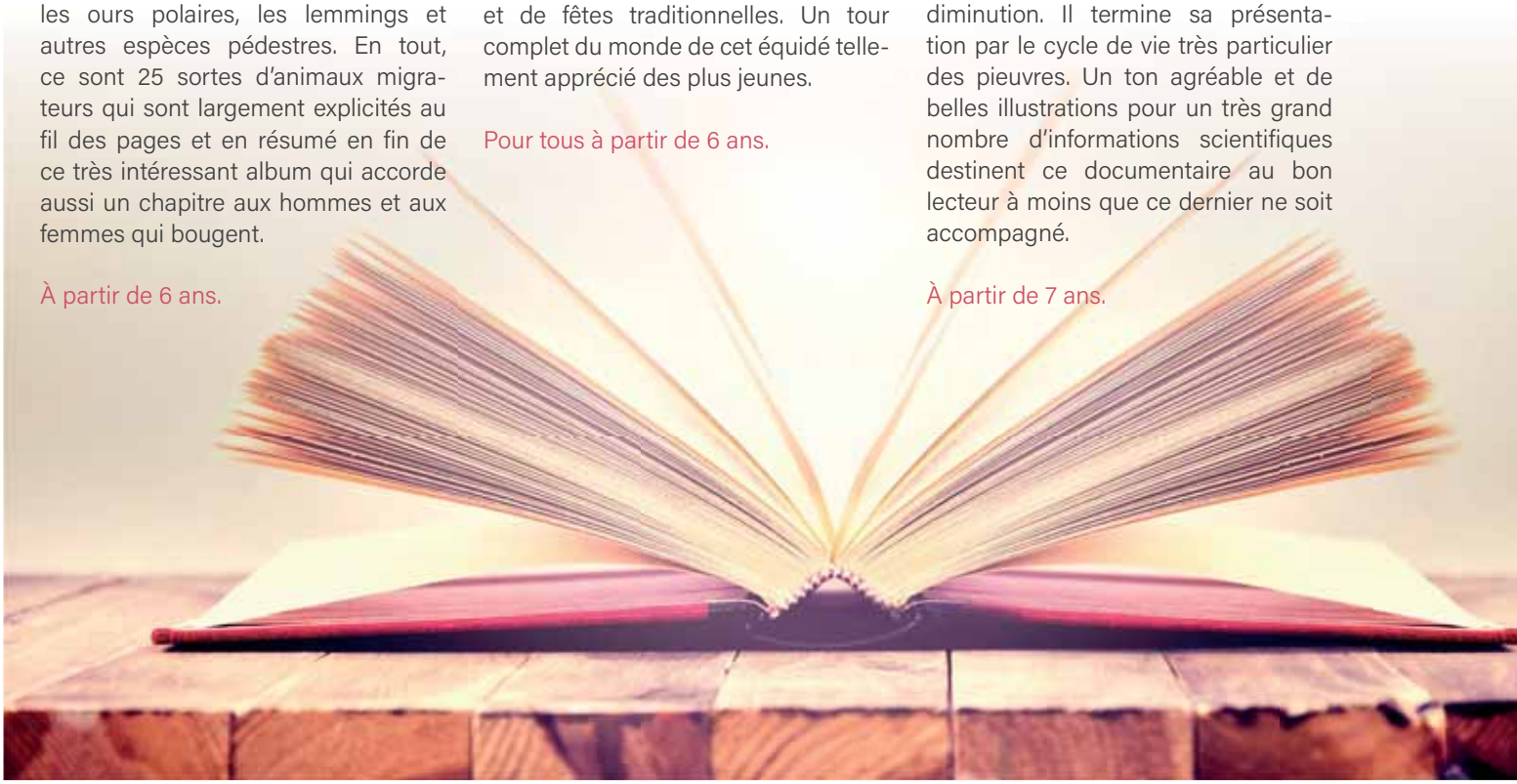
Parmi les animaux qui ne vivent pas à la maison comme le chien ou le chat, le cheval semble bien être le préféré des enfants. Peut-être parce qu'il partage la vie des hommes depuis des milliers d'années ? Cet ouvrage admirablement mis en images rassemble une foule d'informations à son propos. Il montre combien le cheval a toujours été associé aux progrès de l'homme. Pas de planche anatomique du cheval mais la présentation de ses caractéristiques principales, sang chaud ou froid, allures, et de son évolution au fil du temps, de l'époque où il était un cheval sauvage à nos jours. En chemin, on croise aussi Pégase, Bucéphale, Black Beauty et Seabiscuit, les chevaux de guerre et de cavalerie, les chevaux de trait et de chasse, les chevaux de sport et de fêtes traditionnelles. Un tour complet du monde de cet équidé tellement apprécié des plus jeunes.

Pour tous à partir de 6 ans.

Les poulpes, futurs maîtres du monde ?, texte de Claire Lecœuvre, illustrations de Pooya Abbassian, *Actes Sud Junior*, 48 pages, 16 euros.

Des peintures amusantes, en couleurs vives et un texte bien vivant pour tout savoir sur le poulpe, cet invertébré à 8 bras qui est aussi appelé pieuvre. C'est Poulpi qui va nous raconter son monde et pourquoi celui-ci est devenu si important ces 40 dernières années, faute de prédateurs et grâce à une bonne capacité d'adaptation au changement climatique. Poulpi se présente anatomiquement parlant, puis explique le mode de vie des poulpes, en société, par rapport aux éléments extérieurs et dans leurs jeux ! Car les poulpes jouent quand ils ne s'échappent pas des aquariums où les humains les observent. Le narrateur explique encore leurs contacts avec les humains qui les pêchent parfois par accident et leur difficulté à se nourrir, crabes et crevettes étant en diminution. Il termine sa présentation par le cycle de vie très particulier des pieuvres. Un ton agréable et de belles illustrations pour un très grand nombre d'informations scientifiques destinent ce documentaire au bon lecteur à moins que ce dernier ne soit accompagné.

À partir de 7 ans.



Avis de recherche, 50 animaux en danger à retrouver et à protéger, textes et illustrations d'Isabella Bunnell, traduit de l'anglais par Elsa Whyte, *Seuil Jeunesse*, 40 pages, 13,90 euros.

Cet album en format à l'italienne est composé d'une succession de 10 superbes fresques paysagères sur double page dans lesquelles le lecteur est invité à découvrir 50 animaux menacés, 5 par sujet, dont les silhouettes et les noms sont présentés à gauche des habitats choisis: montagnes, forêts tropicales, barrière de corail, déserts, grottes, eau douce, ciel, savane, monde souterrain et océans. Les 10 dernières pages comportent la description des 50 espèces repérées dans les splendides illustrations, de luxuriantes peintures, fiche technique, cause de la destruction... Le fait de placer tous ces animaux, du panda géant à la raie manta, en passant par le tatou géant, le tigre du Bengale ou la roussette de Talaud, dans leurs habitats habituels, donne encore plus de force à la menace qui amènera peut-être à leur disparition. Une manière de réveiller les consciences ?

À partir de 4 ans.

Où êtes-vous ?, texte et illustrations de Barroux, *Seuil Jeunesse*, 40 pages, 12,50 euros.

Voilà un album entre la fiction et le documentaire. Il met en scène un roi, représenté par un lion, qui s'ennuie beaucoup jusqu'au jour où il a l'idée d'organiser un jeu de cache-cache avec tous les animaux de son royaume. C'est parti ! Il compte puis part à la recherche de ceux qui sont cachés. Le petit roi s'amuse beaucoup à identifier les uns et les autres. Il a même retrouvé le sourire. À tel point que ses conseillers décident de ne pas lui parler des animaux qui ont disparu (tortue géante, pic à bec ivoire, grizzli de Californie, crapaud doré, dauphin de Chine, dodo, thylacine) et de ceux qui sont menacés et donc à protéger (requin, gorille, fugu, gavial du Gange, panda, vison, thon rouge et bouquetin des Pyrénées). Le lecteur, lui, peut les découvrir grâce à différentes fiches illustrées. Une bonne façon de sensibiliser les plus jeunes à la protection animale.

À partir de 4 ans.

Les animaux menacés, texte de Harriet Brundle, illustrations de Matt Rumbelow, traduit de l'anglais par Charlotte Grossetête, *Le Pommier*, collection «Pict Doc», 32 pages, 12,90 euros.

Pictogrammes et infographies animent les pages de ce documentaire graphique et coloré qui fait un bon tour de la question qu'il traite. Dix chapitres analysent les menaces qui planent sur les animaux, changement climatique, pollution, déforestation, chasse et braconnage, surpêche, catastrophes naturelles, maladies et pesticides, extinction, en donnant chaque fois des exemples concrets. Les 3 derniers chapitres pointent les animaux sauvés, la manière de les protéger et les actions personnelles possibles. Méfiance par contre pour un titre sorti chez le même éditeur, *Le corps humain*, qui le présente aussi en 10 chapitres mais fait l'impasse sur le système digestif, ce qui le rend incomplet à mes yeux.

À partir de 7 ans.

«Chacune de nos lectures laisse une graine qui germe»

Jules Renard

C'est d'autant plus vrai pour les enfants, à qui la lecture ouvrira les portes d'un monde bien plus grand que celui qu'ils imaginent...

Bonnes lectures !

LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2018 - www.barje.be

L'HOMME DE NÉANDERTAL AVAIT UN GROS NEZ POUR MIEUX SURVIVRE AU FROID, AFIN DE RÉCHAUFFER ET HUMIDIFIER L'AIR FROID ET SEC QU'IL RESPIRAIT EN GRANDE QUANTITÉ.

AGENDA

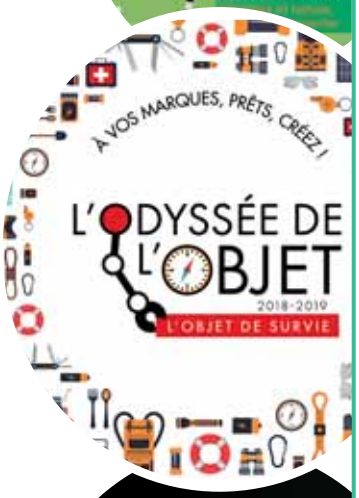
Le mag scientifique

- **EN COURS**
  PASS (Frameries)

NATURE 2.0 / expo

On a tous notre propre vision de la nature: jardin secret, paradis perdu, fascinante diversité d'espèces et d'écosystèmes, mais aussi source presque inépuisable de matières premières que l'Homme a fini par surexploiter… Si on changeait de point de vue pour voir comment les plantes et les animaux peuvent nous inspirer pour réinventer un monde plus durable ? Ou comment les avancées scientifiques et technologiques peuvent améliorer notre rapport à la nature ?

www.pass.be/exposition/nature-2-0/



- **LANCEMENT DE NOTRE CONCOURS**
  L'ODYSSÉE DE L'OBJET 2018-2019

Le thème de cette édition: l'objet de survie

Ce concours est destiné à encourager, au sein de l'enseignement secondaire, la création et l'innovation, à découvrir les matériaux, à promouvoir l'esprit d'entreprendre et à appréhender les processus industriels. Encadrées par un designer industriel et un professeur, les équipes devront trouver l'idée d'un objet innovant avant de le réaliser en taille réelle. À la clé ? La satisfaction d'avoir créé un objet inédit, des chèques pour du matériel pédagogique et même, un voyage pour le vainqueur de chaque degré. Grande nouveauté, le concours est organisé conjointement par la DGO6 et la Direction du Développement de la Relève du Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation du Québec. Professeurs, surveillez vos boîtes aux lettres, vos directeurs recevront un courrier explicatif très bientôt avant l'ouverture des inscriptions dès septembre !

www.lodysseedelobjet.be

- **DISPONIBLE DANS VOS ÉCOLES**

Lévite !

L'atelier «Les mystères de la lévitation» a pour but d'augmenter l'attrait des étudiants pour la physique, en leur présentant des expériences amusantes et étonnantes. Les démonstrations sont réalisées gratuitement dans les établissements scolaires intéressés, dans le souci d'en faciliter l'organisation pour les professeurs de sciences en leur épargnant à la fois les problèmes de logistique et de matériel.

www.levite.be

À LIRE

ASTRONOMIES DU PASSÉ. DE STONEHENGE AUX PYRAMIDES MAYAS
Yaël Nazé - Belin

Dans ce livre magnifiquement illustré, l'auteur mène une passionnante enquête à travers le monde sur les astronomies anciennes, de Stonehenge à Gizeh en passant par Pékin et Mexico, en se fondant sur l'étude des monuments et des sources écrites encore accessibles. Les Savoirs astronomiques passés étaient loin d'être négligeables, et certainement pas limités aux seuls travaux des Grecs !

ATHENA 337
Mai-Juin 2018

Tiré à 22 000 exemplaires, *Athena* est un magazine de vulgarisation scientifique édité par le Département du Développement technologique (Direction générale Économie Emploi Formation Recherche) du Service Public de Wallonie.

Place de la Wallonie 1, Bât. III - 5100 JAMBES
N° Vert du SPW: 1718 ▪ **www.wallonie.be**
Il est consultable en ligne sur
http://athena-magazine.be

Abonnement (gratuit)

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

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

PAR TÉLÉPHONE
au 081 33 44 97

PAR COURRIEL À L'ADRESSE
luc.wiart@spw.wallonie.be

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur:
Facebook.com/magazine.athena

ÉDITEUR RESPONSABLE
Rose DETAILLE
Inspectrice générale
Ligne directe: 081 33 45 10
rose.detaille@spw.wallonie.be

RÉDACTRICE EN CHEF
Géraldine TRAN
Ligne directe: 081 33 44 76
geraldine.tran@spw.wallonie.be

GRAPHISTE
Nathalie BODART
Ligne directe: 081 33 44 91
nathalie.bodart@spw.wallonie.be

IMPRESSION
Imprimerie Bietlot
Rue du Rond-Point, 185 à 6060 Gilly

ISSN 0772 - 4683

COLLABORATEURS
Lucie Cauwe, Virginie Chantry, Anne-Catherine De Bast, Jean-Michel Debry, Paul Depovere, Henri Dupuis, Julie Fiard, Philippe Lambert, Yaël Nazé, Théo Pirard, Jean-Claude Quintart, Jacqueline Remits

DESSINATEURS
Olivier Saive, SKAD, Vince

COUVERTURE
Première
Crédit: © Intuitive Surgical, Inc.

Quatrième
Crédit: © ARIANEGROUP

Toute reproduction totale ou partielle nécessite l'autorisation préalable de la rédaction.

PEFC
PEFC/07-31-81
Certifié PEFC
Ce produit est issu de forêts gérées durablement et de sources contrôlées.
www.pefc.be

Visitez nos sites

http://athena-magazine.be
http://athena.wallonie.be
http://recherche-technologie.wallonie.be
http://difst.wallonie.be

Rejoignez-nous sur

Facebook.com/magazine.athena

Wallonie recherche SPW

Service public de Wallonie
économie emploi formation recherche