



Technologie p.12

Vers des objets connectés plus durables ?

Dossier p.22

Tension nerveuse, anxiété: le stress à la loupe





ÉDITO



À s'en arracher les cheveux !

TEXTE: GÉRALDINE TRAN - RÉDAC'CHEF - PHOTOS: @CREATIVEART/FREEPIK- TITRE, ID PHOTO/VIGNETTE

On le vit tous les jours, parfois même sans tout à fait s'en rendre compte. Il apparaît sous plusieurs formes, à n'importe quel moment, pour différentes raisons. Petit ou grand, aigu ou chronique, physique ou psychique, ses conséquences sont plus ou moins importantes. Il n'est pas seulement l'apanage des êtres humains mais peut tout aussi bien toucher les animaux que les végétaux. Il est lié à une réalité subjective, les organismes ne sont pas tous égaux face à lui. Lui, vous l'aurez sans doute deviné, c'est le stress. On le définirait comme une réaction, une réponse à une situation problématique, ou en tous cas, vécue comme telle. Presqu'un réflexe, il permet à celui qui le subit, de trouver une solution rapide afin de surmonter le «danger». Comment ? Soit en l'éliminant, soit en s'adaptant aux circonstances, soit en prenant la fuite.

Le stress a souvent mauvaise réputation. Comment pourrait-il en être autrement au vu de la pléthore d'ouvrages, de reportages, d'enquêtes et même d'applications qui sortent chaque jour sur le sujet ? On y évoque, il est vrai, essentiellement les effets négatifs: maladies cardiovasculaires, problèmes dermatologiques ou capillaires, perte ou prise de poids, affaiblissement du système immunitaire, insomnies, problèmes digestifs ou reproductifs, pertes de mémoire ou de libido... Si bien que le stress, l'anxiété en sont presque devenus un business (dans les nouvelles technologies, l'hôtellerie, la pharma et parapharmacie, les loisirs...). On en oublierait qu'au départ, le stress est une réaction positive de l'organisme qui se déclenche pour permettre à l'individu de mobiliser ses ressources et faire face efficacement au danger qu'il perçoit.

Dans tous les cas, le stress répond à un mécanisme complexe et implique de nombreux paramètres. Et pour pouvoir le contrôler, avant qu'il ne s'installe insidieusement et de plus en plus profondément, mieux vaut comprendre son fonctionnement. Le dossier rédigé par Valérie Burguière vous aidera dans cette démarche et vous permettra, je l'espère, de voir les choses autrement. Nous vivons à 1 000 à l'heure, dans une société en constante ébullition, sans toujours prendre le temps de se questionner. Plutôt que de devoir parer à un stress, pourquoi ne pas essayer de prendre les choses avec philosophie, en amont, et de parvenir à ne plus considérer comme stressantes certaines situations... 



SOMMAIRE

Le mag scientifique

340
Janvier-Février 2019



- 4** Actualités
Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe
- 10** Qui est-ce ?
Elizabeth Blackburn
- 12** Technologie
Vers des objets connectés plus durables ?
- 16** Société
L'animal au cœur de la thérapie
- 20** L'ADN de ...
Samuel MATTERN • Géomaticien
- 22** Dossier
Tension nerveuse, anxiété :
le stress à la loupe
- 28** Internet
Votre enfant et le Net
- 32** Chimie
À la recherche de la transparence
- 34** Santé
Parlez-vous cerveau ?
- 38** Physique
Bienheureux échec
- 40** Biologie
Plongez au cœur des cellules et de
la vie
- 44** Astronomie
Petite balade tête dans les étoiles
- 46** Espace
Pour savoir tout ce qui passe en l'air et sur
Terre !
- 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 : OLIVIER DAVID/FICKR (P.4), ©ALXSYSTEMS (P.4), ©AGC GLASS EUROPE (P.5), ©TEXERE BIOTECH 2018 (P.8), ©EIB (P.9)

Pommes de terre vaccinées

Après les humains et les animaux, c'est au tour des pommes de terre de passer par la case vaccin. Lancée par *Medinbio*, l'initiative s'inscrit dans la lutte contre le mildiou, principale maladie du tubercule due à des micro-organismes de type oomycète, et capable de décimer un champ en 3 jours ! Un fléau qui ne peut actuellement être contenu que par des solutions à base de néonicotinoïdes ou autres substances toxiques, dont certaines, aux effets rémanents, peuvent persister dans la plante pour une durée variable et affecteraient le système nerveux central des insectes ou l'environnement immédiat des plants. De quoi trouver des solutions alternatives plus «vertes» qui ne mettront pas en péril les récoltes futures tout en étant aussi efficaces que les pesticides chimiques qu'il faut pulvériser jusqu'à 12 fois pour vaincre le mildiou !

C'est en se penchant sur les méthodes des producteurs bio, qui optent pour des plants résistants et des produits naturels pour traiter les maladies, que les chercheurs de *Medinbio* ont lancé leurs investigations. Une voie logique depuis que des travaux agronomiques ont montré que l'on pouvait renforcer une plante par le sol comme l'on renforce un intestin par des probiotiques. Trois années de recherche ont été nécessaires à la mise au point d'*Eucléan*, un cocktail à base d'extraits végétaux riche en huiles essentielles et composants naturels. «*De même que l'on vaccine l'être humain, pulvériser des produits naturels sur les feuilles stimule le système immunitaire de la plante*», expliquent les chercheurs. Les résultats engrangés par l'entreprise namuroise montrent ce qui était impensable il y a quelques années encore: les plantes peuvent être «vaccinées» et possèdent un système de défense complexe. Jusqu'à ce jour, il était utopique de viser les rendements de l'agriculture conventionnelle avec des traitements naturels. «*Tout simplement parce que ces produits agissent en surface et protègent moins profondément la plante, raison pour laquelle on trouve des pommes tavelées et des fruits rarement impeccables dans les gondoles bio*», précise Thierry Picaud, bioingénieur et CEO fondateur de *Medinbio*. Qui ajoute que «*Les molécules naturelles jouant le rôle de vaccins viennent*

souvent de fractions de champignons, d'insectes ou encore d'algues comme la laminarine, ancêtre des vaccins naturels identifiés. Ces substances, dont le nombre ne cesse de grandir, stimulent les défenses naturelles de la plante».

Soutenue par le SPW Recherche (Département de la Recherche et du Développement technologique), *Medinbio* est parvenue à mettre au point des processus pour renforcer la plante par la racine et la feuille via des actifs naturels pertinents afin d'aider celle-ci à passer les caps difficiles avec des dosages et stades d'application optimum. «*Ce qui est vertueux dans cette approche, conclut Thierry Picaud, c'est qu'elle arrive à une puissance d'action plus forte qu'avec les produits de traitement bio, permettant, dans certaines conditions, d'atteindre des rendements proches de ceux enregistrés par l'agriculture conventionnelle*». Des déclarations confirmées par les premières utilisations sur 500 000 barquettes de fraises et plusieurs centaines de milliers de sacs de pommes de terre.

Si l'agriculture conventionnelle nourrit bien la planète, elle se heurte aujourd'hui au problème des pesticides, tandis que planent des doutes sur la capacité de l'agriculture biologique de pouvoir nourrir 9 milliards de personnes, *Medinbio* prône une voie médiane, l'agriculture bio intensive combinant productivité et respect de l'environnement ou plus concrètement, une agriculture plus naturelle et moins chimique. **A**



Plus d'infos

<http://www.medinbio.com>

L'intelligence récompensée

Bravo et félicitations à la société liégeoise *ALX Systems*, qui a remporté le premier prix de l'OTAN et du Ministère allemand de la Défense pour sa solution *SPARTIATH* lors du *NATO Innovation Challenge*. Pour les spécialistes, *SPARTIATH* est une des solutions les plus avancées en matière de lutte contre les systèmes volants automatiques terroristes ou indésirables (UAV - *Unmanned System*) dans leurs configurations les plus complexes. Atout qui a séduit le jury du *NATO Innovation Challenge* et notamment les représentants du Ministère allemand de la Défense, de l'*US Air Force* et de l'OTAN.

ALX Systems s'adresse aux niches spéciales et confidentielles des services secrets, de la surveillance des personnes ou des frontières, de la détection des menaces terroristes, avec des propositions innovantes d'intelligence embarquée sur drones et des programmes taillés sur mesure aux besoins précis de chaque client. Des systèmes de perception et de détection d'intrusions *made in Liège* et toujours sans concurrence. Un succès technologique, fruit d'une approche construite sur l'idée que l'IT permet aux systèmes autonomes d'être davantage que de simples engins radio-contrôlés.

L'originalité, la rupture avec les traditions, est qu'avec cette solution, rien ne se décide à distance. Si la machine échappe au contrôle humain, elle poursuivra sa mission, sachant ce qu'elle a à réaliser. À la grosse louche, on peut dire que cette solution fait du drone un smartphone avec apps. En effet, aux capteurs insérés dans le drone, la société ajoute les applications qu'elle a concoctées en interne et ajustables aux changements d'environnements opérationnels en quelques minutes seulement. Interdiction, inspection, contrôle ou même combat entre drones, la solution affiche la même efficacité. 



Geoffrey Mormal, CEO de *ALX Systems*.

 <http://www.alxsys.com>

Un double qui vaut le triple

A*GC Glass Europe* investira quelque 10 millions d'euros dans son site de Lodelinsart (Charleroi), spécialisé en production de vitrage sous vide à très hautes performances d'isolation. Il s'agit de double vitrage formé de 2 feuilles de verre de 3 mm chacune, dont une revêtue d'une couche isolante, séparées par un vide de 0,1 mm. Cette nouvelle infrastructure de production combinera le savoir-faire de *Panasonic* en matière d'écrans et la maîtrise d'*AGC* en transformation du verre pour offrir des vitrages dont les performances d'isolation thermique et acoustique équivalent, voire dépassent, celles d'un triple vitrage. Mieux encore, à taille identique, leur épaisseur inférieure à 1 cm s'avère 4 fois moindre pour un poids réduit d'un tiers,

tandis que la finesse du verre sous vide assure une meilleure transmission lumineuse. Baptisé *Fineo*, ce produit propose enfin une finition esthétique inégalée.

Décliné dans la ligne des verres multifonctionnels d'*AGC*, *Fineo* vise les constructions nouvelles et la rénovation, marché à haut potentiel. «Avec *Fineo* s'ouvre la perspective de concevoir une nouvelle génération de fenêtres ultraperformantes ou d'introduire, dans un châssis existant, un vitrage recourant à un coût maîtrisé, et aux technologies verrières environnementales les plus efficaces», précise Serge Martin, New Business Development Manager d'*AGC Glass Europe*. 

 <http://www.agc-glass.eu>



De quoi assurer l'avenir

Professionnel des composants mécaniques en acier et alliages par coulée à modèle à la cire perdue, *Precimetal Precision Casting* vient d'investir près de 2 millions d'euros dans un programme de modernisation de ses outils et procédures opérationnelles. Cet investissement comprend notamment 2 nouvelles presses d'injection des modèles de cire, 2 robots d'enrobage de céramique réfractaire, 2 lignes de cuisson, un système de gestion des flux de production robotisé, un nouvel atelier de finition, divers équipements de nouvelle génération pour les contrôles dimensionnels et non destructifs, etc.

Avec cette nouvelle mise de fonds, l'entreprise conforte ses capacités pour affronter les challenges d'une production de pièces plus complexes, répondre aux exigences qualitatives plus sévères et sécuriser des procédures de travail en «just in time» et service à la clientèle de ses marchés de la défense et de l'aéronautique, représentant 70% de son chiffre d'affaires.

Installé à Seneffe et créé en 1953, *Precimetal* fabrique des pièces de 1 à 50 kg en petites, moyennes et grandes séries, dans toutes les nuances d'acier, y compris les inoxydables, et dans la plupart des alliages de cobalt, cuivre et nickel. À ce jour, l'entreprise a livré plus de 10 000 pièces à quelque 600 clients en Europe, États-Unis, Inde, Chine, Australie... Quatre marchés alimentent le plan de charge des 125 salariés: Aéronautique, Défense, Industrie, et Médical. 



 <http://www.precimetal.be>

Joli contrat pour CMI

 <http://cmigroupe.com>

 <http://www.tatasteel.com>

Nouveau succès pour *CMI*, dont la technologie a été retenue par le géant de l'acier indien *Tata Steel*, pour sa nouvelle facilité de laminage à froid de Kalinganagar (Jajpur, Inde). Le contrat porte sur la livraison de 3 lignes de traitement à la pointe de l'Art: 2 lignes de galvanisation en continu et une ligne de recuit également en continu. Ces 3 outils sont les pièces maîtresses de l'extension du site de Kalinganagar qui augmenteront sa production annuelle d'acier galvanisé de 1 million de tonnes. Les technologies les plus récentes de ces 3 nouvelles lignes permettront à *Tata Steel* de produire des revêtements pour les carrosseries de voiture et de conserver sa domination sur les fournisseurs nationaux sur les niches haut de gamme des secteurs de l'automobile et de l'électroménager.

«Kalinganagar sera l'aciérie la plus avancée au monde et nous tirerons le meilleur parti de ces installations», explique le PDG de *Tata Steel*, Thachath Viswanath Narendran. En réponse, Jean-Luc Maurange, PDG de *CMI*, se dit «Honoré de faire partie de ce projet d'expansion d'un partenaire commercial de long terme comme *Tata Steel* et fier d'avoir pu aider ce client à atteindre la plus haute qualité d'acier grâce à laquelle il affirmera son leadership dans les segments haut de gamme». Ce 3^e contrat entre *Tata Steel* et *CMI Industry METALS*

couvre l'ingénierie, les achats, la fourniture et la supervision du montage. Après la modernisation de *Segal*, la ligne automobile haut de gamme de *Tata* en Belgique (Flémalle), la commande pour Kalinganagar est le second contrat que *Tata Steel* a conclu avec *CMI*. 



Recyclage innovant

Coordonné par *Heathland* (Pays-Bas) et soutenu par un financement de 6,6 millions d'euros par l'Union européenne dans le cadre du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020, le projet MMAtwo (prononcez-le «Matou») entend s'attaquer et développer un procédé innovant pour le recyclage des déchets de polyméthacrylate post-industriel (PMMA) et en fin de vie, en méthylmethacrylate (MMA) de 2^e génération. Chaque année, nous produisons en Europe quelque 300 000 tonnes de PMMA, soit une valeur marchande de près d'1 milliard d'euros, et si le PMMA peut être transformé en monomère par dépolymérisation thermique, la majeure partie de l'opération est pour l'instant réalisée par un lit en plomb fondu, ne permettant pas de retraiter toutes les qualités du PMMA. De surcroît, les procédures de recyclage actuelles du PMMA ciblent davantage le PMMA post-industriel que le PMMA en fin de vie, qui représente pourtant la majeure partie des déchets de ce produit exporté, enfoui ou incinéré. Innovant, MMAtwo a de quoi booster l'économie circulaire des polymères, favoriser les économies en ressources précieuses et réduire les émissions de CO₂.

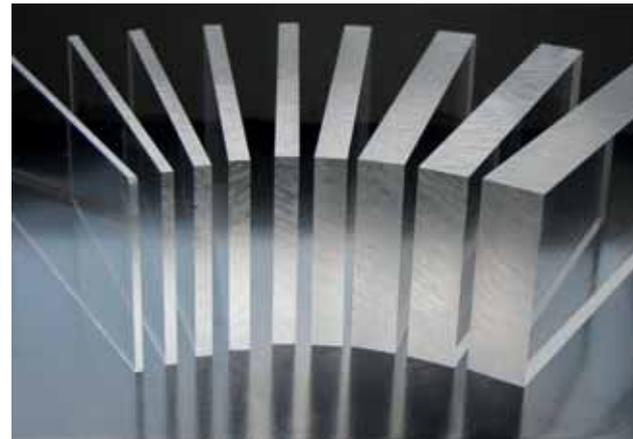
D'une durée de 4 ans avec, en fin de parcours, la création d'une unité commerciale pilote en 2022, MMAtwo fédère 13 partenaires de 6 pays différents. À côté du coordinateur néerlandais *Heathland*, on trouve le français *Arkema* (producteur de PMMA); *Delta glass* (fabricant hollandais de fenêtres en PMMA); *JSW Europe* (division allemande de *Japan Steel Work* et fournisseur de la technologie de base); *Speichim* (leader français du traitement de

déchets et spécialiste de la purification de solvants et de produits chimiques); *Ecologic* (collecteur de déchets d'équipements électriques et électroniques en France); *AKG-Gazbeton* (producteur turc de produits isolants); l'Université de Gand (qui formera des chercheurs au recyclage des polymères); *Quantis* (entreprise suisse spécialisée dans l'analyse du cycle de vie); *Process Design Center* (PME néerlandaise pour le développement, l'intégration et l'optimisation des procédés); *Ayming* (groupe de conseil français en gestion de projets, communication et dissémination); *Comet Traitements* (recycleur belge de véhicules en fin de vie) et le Certech (centre wallon actif en chimie, notamment au niveau des émissions et odeurs de matériaux, et standards pour le recyclage des polymères).

Coordinateur du projet MMAtwo, *Heathland*, fondé en 2006, est actif dans la collecte et

le recyclage des déchets de plastique post-industriel qu'il valorise dans ses facilités d'Utrecht (Pays-Bas), de Varsovie (Pologne) et de Hong Kong (Chine). Quant au wallon Certech, créé en 1996 par l'UCLouvain, il compte 40 salariés hautement spécialisés en matériaux polymères, intensification des procédés pour la chimie, synthèse organique et inorganique, etc. Enfin, spécialisé dans la collecte et le traitement des métaux non ferreux, plastiques, véhicules en fin de vie, etc., le groupe wallon *Comet* est considéré comme pôle d'excellence environnemental sur la scène internationale. 

 <http://www.heathland.com>



COUP D'CRAYON

OLIVIER SAIVE/CARTOONBASE

Une plante aurait poussé sur la Lune. Une graine de coton plus précisément, qui aurait germé dans un caisson étanche emporté par la sonde chinoise *Chang'e 4*. L'expérience a débuté le 3 janvier, jour de l'alunissage, pour un 1^{er} résultat (le cliché d'une petite feuille) rendu public 4 jours plus tard. Si ces données s'avèrent véridiques, il s'agirait d'un événement historique. Ce serait la 1^e fois que l'on parvient à faire pousser un végétal ailleurs que sur la Terre... À vérifier et à suivre donc...

La ligne robotisée la plus avancée du monde est wallonne

<http://www.texerebiotech.com>

Inaugurée à Charleroi dans les installations de *TEXERE Biotech*, elle produit des greffons osseux. Bonne nouvelle car l'os est le deuxième tissu le plus transplanté après le sang et parce qu'en hausse constante, les problèmes musculo-squelettiques sont considérés comme le second facteur handicapant la vie et la productivité. Ces derniers, causés par des accidents, des tumeurs ou des infections sont souvent résolus via des interventions opératoires, pouvant engendrer des difficultés pour le traumatologue ou le chirurgien orthopédiste.

En intervention, les orthopédistes et chirurgiens des os font appel, en première ligne, à des greffons osseux; et en chirurgie maxillo-faciale ou dentaire pour réparer, remplacer, reconsolider et régénérer les os, restaurer leur fonction ou supprimer la douleur. Prélevé sur un donneur humain, le tissu est implanté sur le receveur, c'est ce que l'on appelle dans le jargon médical, une allogreffe. Cette allogreffe osseuse se substitue au matériau de l'autogreffe et s'avère être une approche plus économe par rapport à l'utilisation de tissus d'origine non humaine. Si l'autogreffe est impossible, le chirurgien intervient avec un greffon provenant d'une banque de tissus. Ici entre en jeu la technique de *TEXERE Biotech*, qui automatise la procédure de traitement du tissu osseux en rendant cette matière vivante inerte (décellularisation) et décontaminée (vitro-inactivation et stérilisation) pour être compatible avec le patient.

La ligne comprend 6 robots et fait appel à l'Intelligence artificielle de reconnaissance visuelle, notamment pour l'optimisation de la découpe des tissus. Excluant l'intervention humaine, cette technologie évite la contamination croisée entre

tissus d'origines différentes et assure sécurité et traçabilité du tissu que le chirurgien recevra conditionné pour une efficacité maximale. Bref, un produit d'une qualité inégalée à ce jour, clame *TEXERE Biotech*. Co-fondateur de la société, Denis Dufrane précise: «Le développement de techniques avancées d'automatisation pour la production du meilleur tissu recyclé possible au moindre coût doit bénéficier au plus grand nombre de patients à travers le monde». Pour la mise au point de sa technologie, *TEXERE Biotech* a reçu le support de la Wallonie via le SPW Recherche (DGO6). ^A

Une biodiversité suivie à la trace... ADN !

D'une idée est née, au sein de l'UNamur, *e-biom*, spin-off spécialisée dans le suivi des espèces via une approche génétique. Partant du principe que chaque organisme vivant marque son passage par l'ADN qu'elle relâche dans l'environnement (urine, décomposition de matières organique, fèces, etc.), *e-biom*, sur base d'un échantillon prélevé dans la terre ou l'eau, récupère cet ADN pour déterminer rapidement et précisément la biodiversité d'un écosystème. En filtrant, par exemple, 1 l d'eau d'une rivière, il est possible, avec l'analyse de l'ADN relâché par les différentes espèces aquatiques et après comparaison des résultats obtenus avec des bases de données, de dresser une liste exhaustive des espèces de poissons présentes dans cette rivière.

«Nous avons l'ambition d'offrir de nouveaux outils pour décrire la biodiversité et mettre en place des mesures de gestion et de restauration plus efficaces», explique Jonathan Marescaux, cofondateur et CEO de *e-biom*. Qui ajoute: «Nos partenaires sont très intéressés par notre méthode car elle permet d'avoir une idée précise de la biodiversité tout en comblant les difficultés rencontrées lors des inventaires biologiques traditionnels». Suite à ces atouts, la jeune spin-off a été sélectionnée pour détecter, par l'ADN environnemental, la présence et la répartition de 2 espèces d'amphibiens menacées, l'alyte accoucheur et le triton crêté, dans quelque 1000 mares de Wallonie. Compte tenu des problèmes environnementaux actuels, la spin-off, créée avec l'aide du SPW Recherche (DGO6) via le programme First Spin-Off, ne manquera pas d'activités. ^A



La ligne robotisée de *TEXERE Biotech*.

<https://www.unamur.be>

Enfin remboursé !

Une mutualité intervient dans le financement des tests de diagnostic moléculaire du cancer développés par *OncoDNA*. Cette première en Belgique est un grand pas vers la médecine de précision. Pour les médecins, décrypter les caractéristiques d'une tumeur ouvre des perspectives thérapeutiques inédites. L'analyse complète (ADN, ARN et protéines) des tumeurs permet aux oncologues d'offrir aux patients touchés de cancers métastatiques des traitements adaptés, même en phase d'essais cliniques. L'ambition est d'arriver à des prises en charges thérapeutiques vraiment personnalisées. «*La médecine progresse de jour en jour et sachant que chaque cancer a ses spécificités et que chaque patient est unique, nous voulons soutenir l'accès aux innovations qui ont fait leurs preuves et permettre aux oncologues d'avoir les meilleurs outils d'aide à la décision thérapeutique*», explique le directeur de la mutualité engagée dans le financement des tests. Pour ce profilage, *OncoDNA* met à disposition des oncologues des tests complets et combinés de tous les biomarqueurs du cancer pertinents sur le plan clinique. Grâce à l'analyse de 313 gènes et protéines, la société procure aux médecins un rapport complet des caractéristiques de la

tumeur du patient au départ duquel des suggestions de traitements pourront être échauffées: immunothérapie, thérapies ciblées ou chimiothérapie. Notons que, uniques en leur genre, les analyses d'*OncoDNA* dépassent largement les procédures de routine actuelles, pouvant associer l'analyse de la biopsie solide avec l'analyse de la biopsie liquide.

Si l'intérêt d'une telle méthode est évident, en revanche, son non remboursement en freinait jusqu'à présent l'application. Désormais, chaque personne atteinte d'un cancer de stade 3 ou 4 et affiliée à cette mutualité profitera d'un remboursement de quelque 1 500 euros de son analyse, soit près de la moitié de son coût. Une excellente nouvelle donc pour les malades et les familles. «*Après les assureurs anglais et luxembourgeois, nous sommes ravis de voir enfin cet outil unique mis à la disposition des oncologues belges pour certains de leurs patients, confirmant l'intérêt croissant pour nos solutions et la personnalisation des traitements*», déclare Jean-Pol Detiffe, CEO d'*OncoDNA*. Basée à Charleroi, l'entreprise emploie 55 salariés. 

 <http://www.oncodna.com>



LE CHIFFRE

10⁹

À ce jour, c'est plus d'1 milliard d'euros que le partenariat entre la Banque Européenne d'Investissement (BEI) et *Belfius* a consacré au développement des villes intelligentes en Belgique. Ce montant a permis d'aider concrètement 120 projets au bénéfice de plus de 2 millions de citoyens. Face à ce succès, les compères remettent 400 millions supplémentaires sur la table afin de soutenir plus encore les initiatives de villes intelligentes, à l'économie circulaire et à la lutte contre le changement climatique. Baptisé *Smart Cities, Climate Action & Circular Economy II*, ce programme entend assister les pouvoirs locaux, les intercommunales et organisations non marchandes du secteur social et de l'enseignement à réaliser leurs projets intelligents et durables, avec des financements à des conditions préférentielles.

«*D'ici à 2050, plus de 75% de la population mondiale sera concentrée dans les villes. Transformer les espaces urbains, les rendre plus intelligents et plus durables est un objectif primordial pour la BEI*», explique Jean-Christophe Laloux, son directeur général. Dirk Gyselincx, membre du comité de direction de *Belfius* confirme que son institution entend, par ses financements et son expertise, jouer un rôle moteur dans les projets de villes intelligentes. 

 <http://www.bei.org>
<http://www.belfius.be>





Qui est-ce ? Elizabeth Blackburn

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : © BELGAIMAGE (P.10), © NOBELFOUNDATION (P.10)

pour y enseigner. En 1990, j'intègre le Département de microbiologie et d'immunologie de l'Université de Californie à San Francisco, que je dirige 6 ans durant, de 1993 à 1999. Je fais encore figure d'exception dans un univers scientifique où plus on progresse dans la hiérarchie, moins on rencontre de femmes. En 2004, j'apprends que mon mandat au *President's Council on Bioethics* n'est pas renouvelé. Une sanction pour mes positions affirmées en faveur des recherches sur les cellules souches embryonnaires. Le président de ce comité d'éthique créé en 2001 par George W. Bush, me tance d'un paternaliste «*je pensais que vous étiez gentille*». Jamais il n'aurait dit cela à un homme. Publiquement soutenue par de nombreux scientifiques indignés par cette décision, je n'accepte pas et n'accepterai jamais de voir des conclusions hostiles à ces recherches et au clonage thérapeutique prématurément tirées, alors que le travail scientifique pour en apprécier l'intérêt n'est pas achevé. Comme le disait Marie Curie, pour qui je voue une grande admiration: «*Rien dans la vie n'est à craindre, tout est à être compris*».

Lorsqu'en 2006, avec mon étudiante de 3^e cycle Carol Greider qui travaille aujourd'hui au Département de biologie moléculaire et de génétique à la John Hopkins University School of Medicine de Baltimore, et Jack Szostak qui œuvre à la *Harvard Medical School* et enseigne la génétique au Massachusetts General Hospital de Boston, nous recevons le prestigieux prix Albert Lasker, l'antichambre du Nobel pour les scientifiques,

Je suis...

Née à Hobart, la capitale de la Tasmanie, une île au sud de l'Australie, où mes parents, Harold et Marcia Blackburn, sont tous 2 médecins. Enfant, puis adolescente, je me dis que c'est avec la science que l'on comprend la vie. C'est ce qui me conduira, par la suite, de la biochimie à la biologie moléculaire. Après mes études secondaires à Launceston (Tasmanie) et à Melbourne, j'entre à l'Université de Melbourne où j'obtiens un diplôme en sciences en 1972. Je poursuis mes études en Angleterre, au Darwin College. Je décroche un doctorat à l'Université de Cambridge en 1975 et enchaîne avec un post-doctorat en biologie moléculaire et cellulaire à l'Université de Yale, dans le Connecticut (États-Unis). En 1978, je rejoins le Département de biologie moléculaire de l'Université de Californie à Berkeley



CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 26 novembre 1948, Hobart (Tasmanie, Australie)

NATIONALITÉ: Australienne et américaine

SITUATION FAMILIALE: Mariée, 1 fils

DIPLÔME: Sciences à l'Université de Melbourne, doctorat à l'Université de Cambridge, post-doctorat en biologie moléculaire à l'Université de Yale

CHAMPS DE RECHERCHE: Étude des fonctions des télomères et la télomérase

DISTINCTIONS: Prix Lasker (2006), prix Louisa Gross Horwitz (2007), prix L'Oréal-Unesco pour les femmes et la science (2008), prix Nobel de physiologie ou médecine (2009)

je ne suis précédée que par 4 lauréates, alors que 130 hommes ont été couronnés depuis la création du prix en 1946. Je ne cours pas après les honneurs mais dès que nous recevons ce prix, et avant le Nobel de physiologie ou médecine en 2009, le regard des scientifiques sur moi change. J'accepte de figurer parmi les 100 personnalités les plus influentes choisies par *Time Magazine* en 2007 parce que j'espère alors pouvoir convaincre Al Gore, également sélectionné, de se présenter à l'élection présidentielle américaine. Hélas, il ne le fera pas.

À 70 ans, je suis toujours professeure titulaire de la chaire de biologie et physiologie Morris-Herzstein de l'Université de Californie et membre temporaire du *Salk Institute*.

À cette époque...

Le jour de ma naissance, le 26 novembre 1948, sort le film de Vittorio De Sica, *Le voleur de bicyclette*, devenu depuis un classique du cinéma italien. Le 10 décembre de la même année, l'Assemblée des Nations Unies adopte la *Déclaration universelle des Droits de l'Homme*. Quand j'obtiens mon doctorat à Cambridge, en 1975, Andreï Sakharov, physicien soviétique et militant des droits de l'homme, obtient le prix Nobel de la Paix. Le 3 octobre 1990, l'année où je deviens directrice du Département de microbiologie et d'immunologie de l'Université de Californie, le monde célèbre la disparition de la République démocratique allemande consécutive à la chute du Mur de Berlin en 1989.

J'ai découvert...

La télomérase, une enzyme possédant la propriété de conserver la longueur des télomères (présents à chaque extrémité des chromosomes) lors de la réplication de l'ADN. Elle protège les chromosomes de l'érosion et retarde le vieillissement cellulaire. Cette découverte nous vaudra, ainsi qu'à Jack Szostak, le prix Nobel de physiologie ou médecine en 2009. Nous avons été distingués «pour avoir résolu un problème majeur de la biologie: comment les chromosomes peuvent être copiés de façon complète lors de la division cellulaire et comment ils sont protégés de la dégradation». Nous avons montré que la solution est donc à chercher du côté des télomères et dans l'enzyme qui les forme, la télomérase.

En effet, le vieillissement cellulaire est lié à la réduction progressive de la longueur des chaînes terminales au fil des divisions cellulaires. L'espérance de vie semble dépendre de la taille des télomères. Et la télomérase pourrait être la clé de la jeunesse éternelle ! Les connaissances à son

sujet sont d'une énorme importance pour la compréhension des mécanismes de développement des cancers, du vieillissement et de la mort cellulaire. La découverte de cette enzyme permet de nombreuses applications potentielles dans différents domaines, en biologie cellulaire, bien sûr, mais aussi en médecine. **A**

SAVIEZ-VOUS QUE...

Au début de sa carrière de scientifique, Elizabeth Blackburn a «tout fait pour être un gars parmi les autres», comme elle l'a déclaré au journal *Le Monde* lorsqu'elle a reçu le 10^e prix L'Oréal-Unesco, dont le but est la promotion de la science au féminin, en 2008. «À l'époque, dans les années 1970, c'était la seule manière pour se faire accepter dans ce milieu. J'ai honte de m'être laissée ainsi intimider. J'ai choisi de vivre aux États-Unis, non seulement parce que j'ai épousé un Américain, mais aussi parce que, dans les années 1970, il y avait plus de chance pour une femme de progresser dans sa carrière. Le féminisme émergeait et j'en ai largement profité. On m'a donné ma chance en me confiant un laboratoire à Berkeley, et je l'ai saisie. Lorsque mon fils est né en 1987, j'ai pu constater que j'étais mieux acceptée en tant que personne par mes collègues. Mais, selon moi, si la situation des femmes s'est améliorée, un nouvel élan est nécessaire, car il subsiste encore une pression qui impose de choisir entre être une scientifique ou se consacrer à sa famille.»

Pour la scientifique australo-américaine, le plus important est de savoir comment poser des questions incisives. «Nous étudions le vieillissement, mais une souris vit 2 ou 3 ans et les êtres humains plus de 80. Elle ne peut pas nous apporter toutes les réponses. La bonne question est: comment cela se passe-t-il chez les humains ?» En fin de compte, elle entend continuer à déchiffrer la nature pour mieux contribuer à sauver des vies humaines, sans coupure entre la recherche fondamentale et ses applications pratiques.

Savez-vous également que vous pouvez visiter virtuellement à 360° son laboratoire pour en apprendre plus sur les mécanismes fascinants qui permettent aux télomères de fonctionner dans les cellules ? C'est par ici (en anglais):  <https://www.mediatheque.lindau-nobel.org/nobellabs/29723/laboratory-of-elizabeth-h-blackburn>





Vers des objets connectés plus durables ?

Les objets connectés font partie intégrante de nos vies modernes depuis plusieurs années maintenant. Le smartphone en est l'exemple le plus parlant et probablement le plus courant. Rien qu'en 2017, 403,5 millions s'en sont vendus dans le monde entier. La question que l'on se pose souvent lors de l'acquisition d'un nouveau GSM est la suivante: combien de temps va-t-il fonctionner ? Car nous connaissons tous le concept pernicieux de l'obsolescence programmée, qui n'est au final qu'une stratégie commerciale limitant dans le temps la durée de vie d'un appareil électronique afin que l'on soit amené à le remplacer plus rapidement... Et en plus d'être nuisible pour notre portefeuille, n'est-ce pas néfaste pour notre planète ? Les déchets électroniques n'étant pas ou peu recyclés. Ne serait-il pas temps de se diriger vers du numérique plus durable ? Tentons de savoir où la Wallonie se situe dans ce domaine et prenons le chemin de Louvain-la-Neuve

TEXTE : VIRGINIE CHANTRY - VIRGINIE.CHANTRY@GMAIL.COM

PHOTOS: DARIA SHEVTSOVA / PEXELS (P12), FAIRPHONE (P13), JULIEN HARNEIS/WIKI (P14)

ENCOS signifie *European Nanoelectronics Consortium for Sustainability* ou consortium européen de nanoélectronique pour la durabilité. Fondé en janvier 2017 par le Dr Thomas Ernst, directeur scientifique au *Leti*, Institut de recherche technologique à Grenoble dépendant du *CEA Tech* (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives), et par Jean-Pierre Raskin, ingénieur et professeur au Pôle d'ingénierie électrique de l'Université catholique de Louvain, ce consortium de recherche encourage les acteurs du secteur des objets connectés à avoir une approche globale et collaborative dans la conception de leurs appareils électroniques. Il ne s'agit plus seulement de mettre en balance le coût et les performances techniques et technologiques de l'objet connecté. Il faut également tenir compte d'autres facteurs issus de l'écologie, de la géopolitique et de l'éthique pour n'en citer que quelques-uns. Des chercheurs de différentes disciplines telles que la science et l'ingénierie, mais également la philosophie, l'anthropologie, la sociologie et l'économie font d'ailleurs partie d'ENCOS, qui se veut un relai entre l'industrie, les autorités et les utilisateurs, tous 3 concernés par les procédés de fabrication des objets connectés et leur éventuelle évolution (nous l'espérons !) vers une approche plus globale et plus responsable.

Les objectifs d'ENCOS

ENCOS s'est fixé plusieurs missions, comme détaillé dans son «*white paper*» ou «livre blanc»:

- Réduire la consommation d'électricité ainsi que la quantité de déchets industriels liés à la fabrication des objets connectés. Pour ce faire, plusieurs solutions: adopter des procédés à basse température, réduire et/ou récupérer la chaleur dissipée par les fours utilisés dans la production, réduire et recycler les déchets chimiques de production et les eaux usées au cours des divers processus, entre autres;
- Développer des technologies de fabrication plus respectueuses de l'environnement, notamment au niveau de l'usage de certains matériaux bruts comme les minerais (par exemple le coltan, duquel on extrait le tantale, élément indispensable à la réalisation d'un smartphone), dont certains sont rares et/ou toxiques, ce qui met en danger la vie des travailleurs au tout début de la chaîne de production, à l'extraction de ces minerais, en plus de mettre en péril les réserves de Mère Nature. Car si nous continuons sur notre lancée, c'est vers la pénurie de certains de ces matériaux que l'on se dirige. Sont concernés notamment l'indium, le platine, l'or et l'arsenic. Il faut donc en réduire nettement l'utilisation dans les objets connectés, ou mieux, trouver des substituts plus écoresponsables. Pour d'autres matériaux, c'est de futurs conflits géopolitiques dont il faut se méfier. Prenons par exemple les terres rares (matières minérales métalliques qui sont au nombre de 17 dont le scandium, l'euporium et l'erbium): 95% de la production pour l'occident est assurée par la Chine, monopole qui risque de poser problème dans les années à venir. Un autre exemple parlant est celui des mines de cobalt en Afrique qui posent également beaucoup de questions à propos des conditions sanitaires et éthiques de travail (*voir photo 1 p. 14*);
- Prolonger la durée de vie des appareils connectés avec une conception plus écoresponsable, par exemple en permettant de remplacer la pièce endommagée qui enraie la machine au lieu de devoir, comme c'est souvent le cas de nos jours, jeter carrément l'appareil et en racheter un nouveau... On parle d'«écodesign». Cela modifierait bien entendu le modèle économique du secteur tout entier. Pourquoi pas également envisager de réutiliser des parties d'objets connectés qui ne fonctionnent plus au lieu de les jeter ? En somme, se positionner dans un modèle économique circulaire.
- Apporter davantage de transparence pour le consommateur, notamment au travers d'un étiquetage plus complet des produits faisant partie de la gamme connectée: provenance

des matières premières qui les composent et lieux de manufacture permettraient une traçabilité précise. La durée de vie prévue par le fabricant devrait également figurer sur l'étiquette, toujours selon ENCOS.

En 2022, certaines estimations montrent qu'il y aura 50 milliards d'objets connectés sur notre planète...

- Développer de nouveaux modèles d'entreprise (*business models*) qui ne se baseraient plus sur l'obsolescence programmée. Il serait par exemple possible d'envisager un modèle basé sur le service dans lequel le consommateur n'est pas propriétaire du bien. L'entreprise



UN SMARTPHONE DURABLE

Selon Jean-Pierre Raskin, pour concevoir un smartphone durable, il faut tout repenser depuis le début de la chaîne. Le premier point concerne les matériaux utilisés et la façon dont ils sont extraits qui devrait être éthique et écoresponsable. Ensuite, la fabrication des composants à partir de ces matériaux devrait également être éthique et se passer dans de bonnes conditions de travail. Un autre facteur à prendre en compte est l'énergie utilisée tout au long de la chaîne de production. Sans oublier celle que nécessitera le smartphone pour fonctionner dont il faut aussi tenir compte dans le bilan écologique de l'appareil fabriqué. Un smartphone durable devrait aussi pouvoir être amélioré en cours d'utilisation et réparé en cas de panne.



FairPhone est un bon exemple de smartphone durable et éthique: un

design pensé pour durer dans le temps avec un produit modulaire dont les éventuelles parties endommagées peuvent être réparées ou remplacées (écran, face arrière, batterie, etc.), l'utilisation de matériaux «fair» ou «équitable», moins toxiques et plus écoresponsables avec, dans la mesure du possible, un maximum de matériaux recyclés ou provenant de ressources renouvelables, et de bonnes conditions de travail que ce soit au niveau de la sécurité du travailleur, de sa santé ou du nombre d'heures prestées. Le recyclage et la réduction des déchets électroniques dans le monde entier est également au centre des préoccupations de *FairPhone*. Enfin, le système d'exploitation de leur smartphone est open source, ce qui signifie que le code source est libre d'accès et peut être modifié par qui le souhaite.



1



2



1. Mine de tungstène en République Démocratique du Congo.

2. L'obsolescence programmée limite dans le temps la durée de vie des appareils électroniques et oblige le consommateur à racheter du neuf.

3. Les Repair Cafés sont de plus en plus nombreux en Belgique. Tout le monde y est le bienvenu et tous types d'objets peuvent y être réparés, grâce à des réparateurs volontaires.

aurait alors tout intérêt à proposer des objets connectés ayant une plus longue durée de vie. Comme ENCOS le mentionne si bien, c'est déjà le cas des fameuses «box» que l'on a à la maison pour regarder la télé, ou encore des modems qui nous permettent de surfer sur le Web. Les softwares et leurs mises à jour obligatoires sont également pointés du doigt: ils finissent par ralentir la machine et l'utilisateur se sent alors souvent obligé d'acheter la version plus récente de l'objet connecté.

En résumé, le réseau ENCOS souhaite mettre au point de nouvelles méthodologies et des solutions innovantes pour la recherche fondamentale qui, à l'heure actuelle, est en train de se pencher sur des technologies qui seront utilisées en production dans une dizaine d'années environ. C'est donc maintenant qu'il faut agir pour préserver nos ressources notamment. Une fois qu'ils auront établi une approche systémique, elle sera mise à disposition des chercheurs dans les milieux académique et privé, qui pourront alors en tenir compte pour se diriger vers une approche plus globale et une électronique plus durable.

L'avis d'un expert

Pour déterminer les tenants et aboutissants de ce sujet plus que jamais d'actualité, nous avons interrogé Jean-Pierre Raskin, professeur ordinaire à l'École Polytechnique de l'UCLouvain.

► **Comment en êtes-vous arrivé à vous pencher sur ce problème de durabilité dans le domaine des objets connectés ?**

Je suis co-titulaire et co-fondateur du cours *IngénieursSud* depuis maintenant 6 ans. Je donne ce cours avec Stéphanie Merle de *Louvain Coopération*. Dans le cadre de ce cours-projet à option du Secteur des Sciences et Technologies de l'UCLouvain, nous demandons aux étudiants de collaborer avec leurs homologues du Sud pour travailler sur des questions techniques émanant du terrain et pour lesquelles ils doivent apporter des solutions appropriées et durables. Nous les

encourageons à adopter une approche systémique, holistique et à toujours aller au-delà de leur propre expertise. Moi-même, je me suis posé plusieurs questions concernant mon propre domaine d'expertise qui est celui de la micro et nanoélectronique. J'ai discuté longuement avec des collègues du monde entier lors de conférences internationales et j'ai constaté que malheureusement, pratiquement rien n'est fait pour lutter contre l'obsolescence programmée. Pire: nous participons à renforcer celle-ci à travers nos travaux de recherche. Afin de réduire cette dissonance entre l'enseignement donné dans le cadre du cours *IngénieursSud* notamment et mes recherches, j'ai voulu lancer une réflexion avec mes collègues scientifiques au travers d'ENCOS.

► **L'obsolescence programmée est donc bien un phénomène avéré ?**

Il n'y a aucun doute. Bien évidemment, l'obsolescence programmée a plusieurs origines: hardware (difficulté de réparer, pièces de rechange non disponibles, pas de standard au niveau des connecteurs, etc.), software (obligation d'installer une version plus gourmande en ressource mais pas de réelle amélioration des fonctionnalités), psychologique ou culturelle. Nous vivons dans une société «*technology push*». Et la plupart des fabricants mettent un maximum de barrières entre le consommateur et la technologie de leur produit. [...] Il faut donc recréer un lien fort entre l'utilisateur et la technologie. Cela passera entre autres par une meilleure compréhension de celle-ci. Il faut également rendre la technologie abordable et appropriable. Elle peut tout à fait l'être si la volonté existe au niveau des industriels mais aussi de l'institution universitaire !

► **Pensez-vous que le citoyen puisse réellement agir par ses choix dans la vie de tous les jours ? Encore faut-il que des offres différentes en matière d'objets connectés soient proposées sur le marché.**

En effet, difficile aujourd'hui d'accéder à des objets électroniques connectés durables. Les



exemples ne sont pas nombreux, mais des initiatives industrielles existent comme le cas bien connu du *FairPhone*. Le citoyen peut cependant agir de diverses manières dès aujourd'hui : à travers la sobriété évidemment, mais aussi grâce à l'achat de seconde main, le partage, l'échange, les «repair cafés» ou encore en étant actif dans des collectifs de consommateurs comme *HOP (Halte à l'Obsolescence Programmée)*.

► **N'est-il donc pas déterminant de former dès maintenant les ingénieurs et autres scientifiques à ce mode de pensée plus global ?**

Si, c'est primordial ! Nous ne pouvons pas rêver d'une société plus consciente, plus responsable et plus durable si les acteurs de demain sont toujours formés uniquement de manière très disciplinaire. Nous devons former des experts, il n'y a aucun doute là-dessus, mais des experts capables de dialoguer et désireux de co-construire les technologies de demain. Il faut que les étudiants embrassent la complexité de notre monde et pour cela, nous devons leur donner des outils. Ils doivent pouvoir utiliser leur expertise dans une démarche commune holistique.

► **Quel conseil pouvez-vous donner à nos lecteurs pour leurs prochains achats d'objets connectés ?**

N'achetez un objet que si celui-ci est strictement nécessaire. Il faut qu'il apporte une vraie plus-value à votre quotidien. S'il est vraiment indispensable, assurez-vous de pouvoir le réparer s'il tombe en panne. Et faites des recherches sur Internet pour avoir un maximum d'informations sur le produit : sa durabilité, sa robustesse, ses plans, sa garantie, l'accès aux pièces de rechange, etc... 

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

TECHNO-ZOOM

«**V**otre arrosage intelligent et connecté, piloté du bout des doigts». Tel est le slogan adopté par la compagnie *Poolse* qui a développé l'objet connecté «*poolse:arrosage*». Comme ce slogan l'indique, il s'agit d'un système d'arrosage intelligent pour votre jardin. Contrôlé depuis un smartphone, une tablette ou un ordinateur grâce à une interface de gestion, ce système est doté d'un boîtier à placer sur votre modem (servant de relais radio) et d'un module de contrôle de l'arrosage. L'équipement d'arrosage (tuyaux, etc.) n'est pas inclus. Il est possible de définir 9 zones différentes dans votre jardin. Vous pouvez programmer manuellement l'arrosage en choisissant l'horaire, la durée en fonction de ces zones et des saisons, mais aussi le déclencher où que vous soyez ou le stopper si vous constatez que la pluie commence à tomber. Grâce à ce qu'ils appellent une «intelligence artificielle», l'arrosage peut être entièrement géré par *Poolse* en fonction de données météorologiques provenant notamment de *METEO France* ou *AccuWeather* et être par exemple retardé si de la pluie est prévue. Par la suite, l'arrosage est adapté en fonction de la quantité de pluie réellement tombée. L'intelligence *Poolse* a également pour but de calculer la compensation nécessaire à la perte d'eau due à l'évapotranspiration dans l'atmosphère (évaporation de l'eau du sol et transpiration des plantes), en fonction de tous les paramètres dont il dispose. Développé et fabriqué en France, ce système peut être utilisé avec une station météo *Netatmo* dotée d'un pluviomètre à placer dans votre jardin pour plus de précision. L'objectif de *Poolse* ? Vous rendre la vie plus facile certes mais surtout optimiser l'arrosage de votre jardin pour s'assurer de ne pas gaspiller de l'eau. Couplé à une citerne de récupération d'eau de pluie, ce système semble idéal et écoresponsable. Et c'est bien ! Mais cet objet connecté en lui-même est-il pensé de façon durable ? Grâce à l'article de cette rubrique, je me pose la question ! Et vous ?

 <https://www.poolse.io/arrosage/>





L'animal au cœur de la thérapie

Les bienfaits de la zoothérapie ne sont plus à démontrer... Au contact des animaux, les personnes souffrant de troubles mentaux, physiques ou sociaux atteignent naturellement des objectifs cognitifs, relationnels ou psychomoteurs. Au centre *Izis*, à Limelette, chiens, lapins et canards accompagnent les personnes en thérapie

TEXTE: ANNE-CATHERINE DE BAST • ANNECATHERINEDEBAST@YAHOO.FR
PHOTOS: ©THOMAS COUCQ/IZIS (P.18), ©IZIS (P.19)

«**B**ienvenue, prenez place au soleil sur le banc ou à l'abri dans votre voiture, nous vous rejoindrons dans quelques instants», indique le panneau affiché sur la barrière. À quelques mètres de là, derrière la clôture, 2 chiens s'agitent pour vous accueillir. «Ici, pas besoin de sonnette !», sourit Daphné Stadnik, la responsable du centre *Izis*, arrivant quelques instants plus tard.

Izis est un centre de zoothérapie ouvert en 2014 à Limelette pour proposer des thérapies par la médiation animale aux personnes en difficulté. L'objectif: accueillir des enfants, adolescents et adultes en souffrance, attirés par les animaux, et leur permettre, par la rencontre, de développer psychomotricité, concentration, mémoire, orientation spatio-temporelle, sensorialité, communication ou encore relationnel.

«J'ai toujours eu beaucoup d'affinités avec les animaux», confie la responsable, psychologue de formation. J'avais l'intuition qu'ils pouvaient apporter quelque chose de particulier, de novateur pour dynamiser la rencontre avec une personne en souffrance. Ils attirent facilement les enfants, des personnes qui ont beaucoup de mal à parler d'elles. Avec l'animal, tout devient plus simple... La zoothérapie étant un milieu thérapeutique plein de créativité, mon intuition s'est révélée totalement confirmée. Je travaille aussi dans un cabinet classique et je peux voir que l'évolution des personnes est différente ici, parfois plus rapide.»



<https://www.centredezootherapie.be>

Elvis, Scofield, Yuki et les autres

Sur les lieux, un cheminement invite les visiteurs à pénétrer dans l'univers des animaux. «*Isis est une déesse égyptienne puissante et protectrice, indique Daphné Stadnik, expliquant l'origine du nom choisi pour le centre. Symboliquement, elle fait le lien entre les animaux et les humains. Isis avec un Z, c'est pour mettre l'accent sur le Z de zoothérapie. Et puis... un chat qui a eu un impact important dans ma vie personnelle s'appelait Isis.*

Un peu plus loin se trouve l'enclos du premier résident: Elvis, un lapin géant. «*Il est énorme, mais c'est le plus doux ! Il est exceptionnel en douceur et en gentillesse. Par sa taille, il inspire le respect...*» Juste à-côté, Scofield, un lapin nain, est plutôt curieux. «*On a envie de le cajoler, mais il a son caractère ! Dans les thérapies, le fait que les animaux aient leur propre personnalité est une ressource. Cela permet aux personnes de s'investir, de s'identifier, de travailler avec ceux qui les intéressent.*» À l'image des 2 chiens déjà croisés à l'arrivée, 2 femelles. «*Yuki est un berger blanc suisse. Il a un tempérament nerveux, agité, joueur. Avec lui, on va dynamiser la rencontre par des jeux actifs autour de la balle. Il va falloir se faire respecter pour obtenir ce qu'on veut. Truffe*

est un border Collie Golden. Il est plus doux, plus réservé. Il est motivé par les câlins. Il va y avoir une accroche avec l'un ou l'autre en fonction de la personne. Les plus réservés, introvertis, dépressifs, vont être plus attirés par Truffe car il respecte leur bulle. Les plus nerveux, les hyperactifs, iront plutôt vers Yuki.»

Une vingtaine d'animaux vit actuellement au centre. Essentiellement des chiens, chats, lapins, poules et canards, mais des rats et des boucs ont également intégré «l'équipe» à une époque, tandis que des cobayes sont annoncés. «*Nous pouvons travailler avec tous les animaux familiers, les animaux domestiques avec qui l'homme peut développer un lien. L'idée est d'intégrer des animaux sans foyer. Les trois quarts de ceux qui sont ici ont été sauvés et réhabilités. Ils sont habitués au contact, ils montrent des qualités sociales, et en aucun cas de l'agressivité ou de la méfiance.*»

À 2 pas de là, quelques cages sont vides. «*Un couple de lapins est en intervention dans une maison de repos avec des personnes âgées souffrant notamment de démence, signale Daphné Stadnik. Notre projet, c'est d'accueillir des personnes en thérapie ici, mais nous nous déplaçons aussi dans des services spécifiques qui intègrent les animaux durant quelques heures. Cela permet au personnel soignant de faire le lien entre les*



LE CHEVAL, LA PERSONNE ET LE THÉRAPEUTE

Si la zoothérapie en général n'est pas encore très connue en Wallonie, une application spécifique tend à se répandre davantage: l'hippothérapie. Autrement dit: la thérapie assistée par le cheval. Et contrairement aux idées reçues, nul besoin de savoir monter ! L'hippothérapie se base sur le principe de la rencontre avec l'animal, dans une relation triangulaire avec le thérapeute. Les séances sont proposées dans le respect des capacités de chacun.

Ce type de thérapie se caractérise par les spécificités du cheval, qui peut interagir avec les personnes et permettre des stimulations sensorielles et émotionnelles. Elle permet l'amélioration des fonctions motrices et psychomotrices en permettant aux personnes de prendre conscience de leur corps, en stimulant le sens de l'équilibre, la coordination, les capacités fonctionnelles. Mais le cheval est aussi un moyen d'entrer en contact. Un jeu d'interactions se crée avec l'animal, il permet une ouverture sur l'extérieur, une plus grande confiance en soi, une meilleure gestion des émotions.

Comme la zoothérapie, l'hippothérapie se décline de différentes façons puisque induite par la spécialité du thérapeute: logopède, kiné, psychologue, ergothérapeute... Elle s'adresse à toute personne en difficulté, en souffrance ou en recherche d'un nouvel épanouissement, qui peut profiter d'une rencontre avec le cheval.

Ici non plus, pas d'accès réglementé à la profession, qui n'est donc pas reconnue au sens légal du terme. Mais les bénéfices de l'hippothérapie sont quant à eux bel et bien reconnus par les bénéficiaires et leur entourage, les institutions ou encore le personnel soignant.



Certains monteront à cru, d'autres avec une selle. Et d'autres encore... pas du tout. La thérapie n'en sera pas moins efficace, tant que le contact est créé, induisant des stimulations et du bien-être enrichissant l'expérience de vie de la personne.



effets de la médiation animale et le travail quotidien avec ces personnes».

Le cheminement aboutit à un chalet. Un lieu protégé, chauffé, où peut se dérouler la thérapie en cas de mauvais temps. Un lieu où Daphné Stadnik et ses collègues, psychologues et zoothérapeutes, peuvent accueillir les personnes en toute intimité.

Plus de confiance, moins de stress

La visiteuse suivante, cet après-midi-là, est Florence (prénom d'emprunt), 11 ans, qui éprouve des difficultés de concentration et souffre de dysphasie et d'hyperactivité. Et pas question pour elle de rester au chalet: il fait bon, elle part en promenade. «*Je viens pour me calmer, pour raconter à Daphné les histoires qui m'arrivent*, précise-t-elle, alors qu'elle fréquente le centre régulièrement depuis quelques mois. *Ce que je préfère, c'est m'occuper des chiens. Cela me calme, cela me fait du bien.*»

Une évolution que constate aussi sa maman. «*On dit que travailler avec les animaux permet d'être moins nerveux. Je le vois parfois dans son comportement. Elle adore venir ici, il y a de l'espace, la nature, les bois. Ma fille apprend à se concentrer, elle sait comment prendre soin des animaux, comment on les promène. Elle sait gérer les chiens, les retenir, etc. Cela lui fait un bien fou d'être avec eux. Elle sait qu'elle doit être calme quand elle vient, pour pouvoir s'occuper des animaux, mais elle est toujours excitée comme une puce à l'idée de venir.*» La maman de Florence garde un épisode précis en mémoire: «*un jour, alors qu'elle a du mal à s'exprimer, elle a raconté une histoire avec des*

Playmobil. Elle a reproduit des colères, des crises, des choses enfouies. Elle est revenue avec des choses qui étaient très loin et elle a trouvé les bons mots. Je n'en avais pas idée, j'ai été étonnée. Cela lui a fait du bien, je n'en reviens toujours pas...»

Sur le site Internet du centre, les témoignages vont dans le même sens. Comme celui de Louise, 13 ans, qui précise avoir pris confiance en elle. Les parents de Vincent, 6 ans, ont de leur côté noté une évolution positive de leur fils face à diverses situations, désormais moins agressif et moins anxieux. Pour Chloé, 18 ans, «*le centre de zoothérapie Izis est un endroit où je peux parler de mes difficultés, recevoir de bons conseils et construire une relation avec différents animaux domestiques. J'apprécie tout particulièrement leur joie de vivre, leur tendresse envers les humains et leur absence de jugement. Entrer en contact avec les animaux lors d'une séance chez Izis est pour moi un vrai bonheur et une pause dans une vie au rythme parfois trop rapide.*»

Du côté des professionnels aussi, le constat est positif. Au home Guérin, où se rendent régulièrement les intervenantes du centre, le personnel remarque que «*la zoothérapie permet d'ouvrir l'échange avec les résidents en parlant des animaux, d'en savoir plus sur eux, de réveiller certains souvenirs. Les résidents montrent du plaisir à venir et aiment toucher et caresser les animaux.*» Des moments qui permettent de diminuer leur isolement, créer des contacts avec les autres résidents, stimuler leur mémoire, maintenir les acquis, réduire le stress et stimuler le corps. Tout cela en se centrant sur le moment présent. En profitant de la proximité avec l'animal. 



PROFESSIONNALISER LA MÉDIATION ANIMALE

► *Daphné Stadnik, vous êtes la fondatrice du centre de zoothérapie Izis. À quel type de public vous adressez-vous ?*

Aux enfants, adolescents et adultes en difficulté ayant une affinité avec l'animal. Il peut s'agir de personnes dépressives, hyperactives, autistes, handicapées,... Nous leur proposons un suivi individuel ou en groupe. Par exemple, dans le cas d'un enfant qui présente un trouble, il y a toujours une première séance avec les parents, durant laquelle ils visitent le centre. On analyse la demande et on construit un début de travail avec l'enfant. On propose 10 séances de thérapie, puis on fait un retour aux parents et on prend une décision pour la suite.

► *Que faites-vous avec ces personnes ?*

Les animaux sont un média thérapeutique qui permet de faire progresser les gens, d'atteindre des objectifs psychomoteurs, relationnels, cognitifs,... à travers des activités telles que jouer avec un chien, porter un lapin ou prendre soin d'un rat. Cela paraît simple, mais les objectifs se remplissent naturellement, sans que la personne s'en rende compte. On essaie d'orienter les séances avec des objectifs de groupe et individuels. Par exemple, on va les aider les personnes âgées démentes à rester centrées sur la réalité du moment, à réduire leur anxiété. Une personne handicapée peu autonome, on l'aide à prendre des initiatives, bouger avec son corps, être stimulée. Un enfant hyperactif pourra se centrer, patienter, se poser. Les autistes vont s'ouvrir vers le monde extérieur. Naturellement, avec les animaux, on travaille plein de choses au niveau psychomoteur. C'est aussi un contexte agréable qui permet par exemple aux enfants malades de s'ouvrir, de parler d'eux et de leurs difficultés.

► *Vous travaillez également à l'extérieur, avec des services spécialisés.*

Oui, nous collaborons avec des services comme des centres d'hébergement pour personnes handicapées, des maisons de repos, des centres de jour pour personnes ayant un handicap mental ou pour enfants autistes,... Nous mettons des projets de collaborations en place. L'idée est d'abord de récolter des informations pour voir quels sont les objectifs de ces services, afin de mettre en place un programme thérapeutique de 10 séances, qui seront suivies d'un débriefing avec le personnel pour transmettre les observations.

► *Vous avez également travaillé avec un service d'oncologie pédiatrique. Comment ce projet pilote s'est-il passé ?*

Nous avons organisé 10 séances de thérapie avec des enfants de 3,5 à 8 ans soignés au service d'oncologie pédiatrique des Cliniques universitaires Saint-Luc. Les enfants ont pu s'occuper des animaux pendant leur chimio. Ils s'amusaient, ils parlaient d'eux, ils pensaient à autre chose. Le personnel soignant était étonné d'entendre la voix de certains d'entre eux pour la première fois ! Les professionnels commencent à voir l'intérêt de la présence d'un animal dans un contexte de soins.

Ce projet était une proposition de notre part, nous avons travaillé en tant que bénévoles. Pour arriver à le mettre en place, nous avons dû passer par le comité éthique de l'hôpital. Cela a pris 2 ans ! Et au niveau pratique, cela n'a pas été simple non plus... Nous avons dû respecter un grand protocole de contrôle sanitaire pour être sûrs qu'un animal ne transmette pas de maladie à des enfants en déficit immunitaire. Nous sommes passés par l'école pour éviter d'aller directement dans le service. Nous devions aussi préparer les animaux: laver les dents et les poils des chiens, les promener pour qu'ils ne soient pas agités,... Cela demandait 1 à 2h de préparation pour 1h d'intervention. Mais cela en valait la peine ! Les résultats sont tels que le projet sera probablement prolongé, les enfants sont en tout cas demandeurs. Nous attendons l'accord de l'hôpital.



► *Être zoothérapeute ne s'improvise pas...*

Non, mais la profession n'est malheureusement pas protégée. Il existe beaucoup de médiations animales menées par des personnes qui ne sont pas formées à la relation d'aide, ni même au bien-être animal. Certaines associations proposent parfois des animations menées par des bénévoles qui permettent le bien-être des personnes, cela peut avoir sa place. Mais il y a toujours le danger d'avoir une activité animale qui n'est pas contrôlée. Nos publics sont fragiles. Il faut être sûr de son animal, être soi-même à l'aise. Ce que nous proposons au centre Izis, c'est de la médiation par l'animal orientée par des professionnels, qui ont pensé l'animation des séances dans le cadre d'une thérapie. Ce n'est pas la même chose...

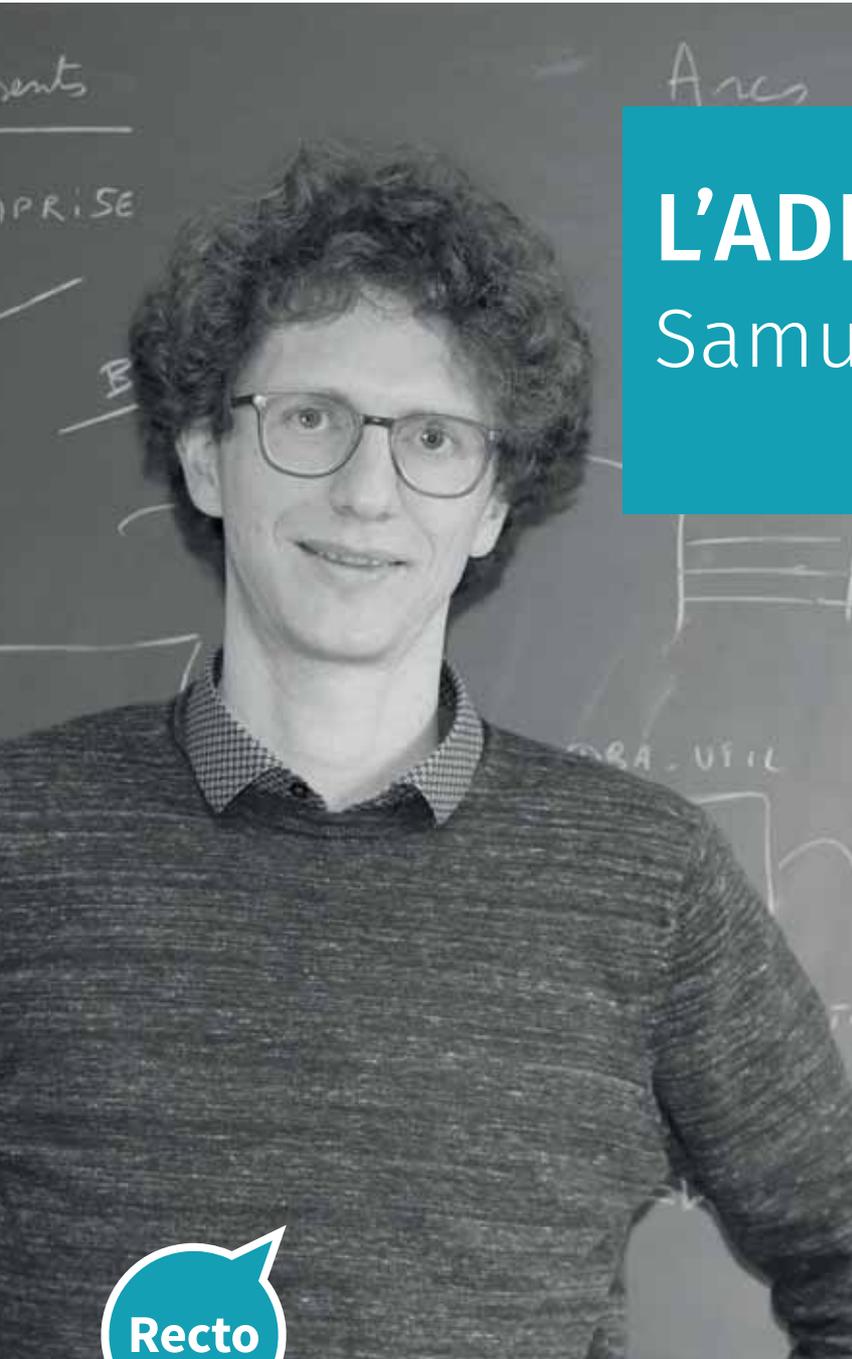
Je suis moi-même psychologue et psychothérapeute, j'ai suivi des formations, notamment à l'*Institut français de zoothérapie*. Mes collègues sont toutes les 2 psychologues et spécialisées dans la médiation animale. Nous offrons une garantie professionnelle, une confidentialité, une déontologie. Les personnes qui viennent ici reçoivent une attestation pour la mutuelle comme dans un cabinet de psychologie classique.

► *L'intérêt pour la zoothérapie grandit, mais il y a peu de formations.*

Nous faisons partie d'un mouvement qui essaie de professionnaliser la médiation animale. La zoothérapie est un domaine novateur. Il y a peu de modèles de référence en Belgique. Il y a 2 ans, nous avons lancé une formation pour les professionnels qui veulent travailler différemment avec leur public, comme des psychologues, des kinés ou des logopèdes. Les participants à ces formations lancent aussi leurs propres projets, en intégrant par exemple des animaux à leurs services. Les initiatives commencent à fleurir, mais en Belgique, on est moins avancé qu'en France ou au Canada. Chez nous, il y a beaucoup de demandes, beaucoup d'intérêt mais peu de soutien.

► *Pas de reconnaissance officielle, cela signifie que vous ne recevez pas de subsides ?*

Le centre Izis est une asbl qui fonctionne effectivement sans subside. Et c'est très difficile de tenir le coup par rapport aux frais, aux soins des animaux, aux services demandeurs qui n'ont pas toujours de moyens. On se retrouve face à des personnes en souffrance, à des publics très lourds. Il y a beaucoup de demandes. Nous devons aussi nous occuper des soins aux animaux, prendre en charge les promenades, les litières, les visites chez le vétérinaire. C'est très énergivore ! On fait beaucoup de bénévolat.



L'ADN de... Samuel MATTERN

Géomaticien

Ce domaine regroupe donc plusieurs disciplines et différents types de profils peuvent intervenir comme les bioingénieurs, les géographes, mais aussi les informaticiens orientés «Géo ICT», les géomètres, etc.

Vous travaillez actuellement au Département de la Géomatique du Service public de Wallonie, mais quelle est votre journée-type ?

Il n'y a pas vraiment de journée-type dans ce domaine. Mais il y a quand même des éléments qui reviennent chaque jour, notamment, la résolution de problèmes qui demandent des réponses rapides. Il y a aussi la gestion et le suivi de projets sur le long terme pour améliorer notre infrastructure. J'essaie de consacrer quelques heures chaque jour à faire quelque chose de nouveau comme une analyse, un développement, un rapport.

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

Vaste question... (Rires). Durant mes études, j'ai eu la chance de recevoir une formation scientifique très complète et pluridisciplinaire: biologie, physique, chimie, science de la terre, etc. La science me passionne et elle m'a apporté une façon de réfléchir, d'analyser des phénomènes complexes et de comprendre le monde. Cette approche scientifique est fort présente dans mon travail. La science est, pour moi, un bel outil permettant de décrire le monde d'une part et d'autre part, un poète qui décrit un beau coucher de soleil permettra probablement d'approcher de plus près l'essence même du phénomène observé. Il parlera au cœur tandis que la science parle à la raison. Les deux sont complémentaires ! Il est important de ne pas mystifier la science, de ne pas lui donner plus de valeur que ce qu'elle en a.

Recto

Géomaticien, c'est une vocation que vous avez depuis tout petit ?

Non. C'est venu à la fin de mes études lorsque j'ai commencé à me demander exactement ce que j'avais envie de faire comme boulot. J'ai eu envie de travailler dans le domaine de l'information géographique. J'avais eu des cours liés à ça pendant mes études de bioingénieur. Ça a été comme un coup de foudre à la fin de mes études. Cependant, je n'ai pas trouvé directement de l'emploi dans ce domaine-là. À l'époque, j'ai eu l'occasion de faire une thèse de doctorat à l'UCL, où j'ai pu approfondir mes connaissances en géomatique, avant de rejoindre le Service public de Wallonie.

Comment devient-on géomaticien ?

Il importe de souligner que la géomatique vient de la contraction des termes «géographie» et «informatique».

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

C'est l'ampleur de la tâche ! Une de nos missions consiste à diffuser les données géographiques produites par toutes les autorités publiques wallones, c'est-à-dire le SPW, les provinces, les communes, etc. Chaque autorité publique produit donc de l'information géographique d'abord pour elle-même, dans le cadre de ses missions. L'objectif de notre département est de rendre ces données réutilisables par des tiers. En fait, on est assis sur une véritable mine d'or dont on a très peu conscience. Une des tâches les plus difficiles, c'est de donner envie à tous ces producteurs de données de partager leur production afin que d'autres puissent en bénéficier et qu'une saine réutilisation de celles-ci apportera de la plus-value à notre société.

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

C'est une réussite plutôt collective, fruit d'un travail d'équipe, avec des collègues passionnés

et très compétents. Ce qui est le plus visible, en terme de produits, c'est le Géoportail de la Wallonie, une plateforme qui permet d'accéder aux données géographiques issues des autorités publiques wallonnes.

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

La première chose, ce serait de développer sa curiosité et sa soif d'apprendre. On n'a jamais fini d'apprendre, il faut toujours continuer à se former. Il faut étudier beaucoup et dans des disciplines variées, s'ouvrir au monde et à d'autres cultures, apprendre plusieurs langues, élargir son esprit. Et enfin, et c'est très important pour moi, il faut découvrir son chemin. N'étant pas tous faits pour la même chose, chacun doit pouvoir trouver la voie qui lui convient et qui donnera un sens profond à sa vie. 



Samuel Mattern

ÂGE : 37 ans

SITUATION FAMILIALE :
Marié, 4 enfants

PROFESSION : Géomaticien
au Département de la
Géomatique du Service public
de Wallonie (SPW).

FORMATION : Bioingénieur
et Docteur en sciences
agronomiques et ingénierie
biologique (UCL).

TÉL. : + 32 81 71 59 49
MAIL : samuel.mattern@spw.
wallonie.be

Verso

Je vous offre une seconde vie pour un second métier...

Sans hésiter, je serais compositeur de musique de films. Je suis passionné de musique depuis que j'ai 7 ans, et je passe une partie de mon temps libre à composer de la musique...

Je vous offre un super pouvoir...

Ralentir la course du monde. Ralentir nos rythmes de vie ! En 2018, c'était au 1^{er} aout que l'humanité avait consommé l'ensemble des ressources que la planète est capable de régénérer en un an. L'humanité a donc vécu à crédit pendant 5 mois l'année passée. Il devient donc plus qu'urgent de ralentir et de retrouver un rythme qui soit plus en phase avec le rythme naturel.

Je vous offre un auditoire...

Un cours sur les nombreuses applications de la géomatique. J'aimerais éveiller les étudiants à l'utilisation des données géographiques afin de contribuer à répondre aux grands défis actuels tels que la mobilité, le dérèglement climatique, la sauvegarde de la nature, le bien-être des gens...

Je vous offre un laboratoire...

La recherche de nouvelles technologies pour mieux se nourrir, se soigner, se déplacer, communiquer,... c'est bien sûr indispensable mais je pense qu'aujourd'hui, plus que jamais, c'est notre rapport à la nature et aux autres qu'il faut réinventer. Si seulement un laboratoire pouvait faire cela.

Je vous transforme en un objet du 21^e siècle...

L'idée de me transformer en un objet ne m'inspire pas vraiment. Peut-être me transformer en un livre car il symbolise la culture, la transmission du savoir.

Pour son côté artistique aussi ou pour pouvoir raconter la vie d'autres personnes.

Je vous offre un billet d'avion...

Offrez-moi plutôt un billet de train (Rires) ! C'est plus écologique et je pourrais profiter du paysage pendant le voyage.

Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde...

Ce n'est peut-être pas une grande personnalité, mais j'ai envie de dire Slash, un grand guitariste qui a fait partie du groupe Guns N'Roses. J'adore sa façon de jouer de la guitare et... ses cheveux.

La question «a priori»: la géomatique, c'est simplement afficher une carte sur l'ordinateur ?

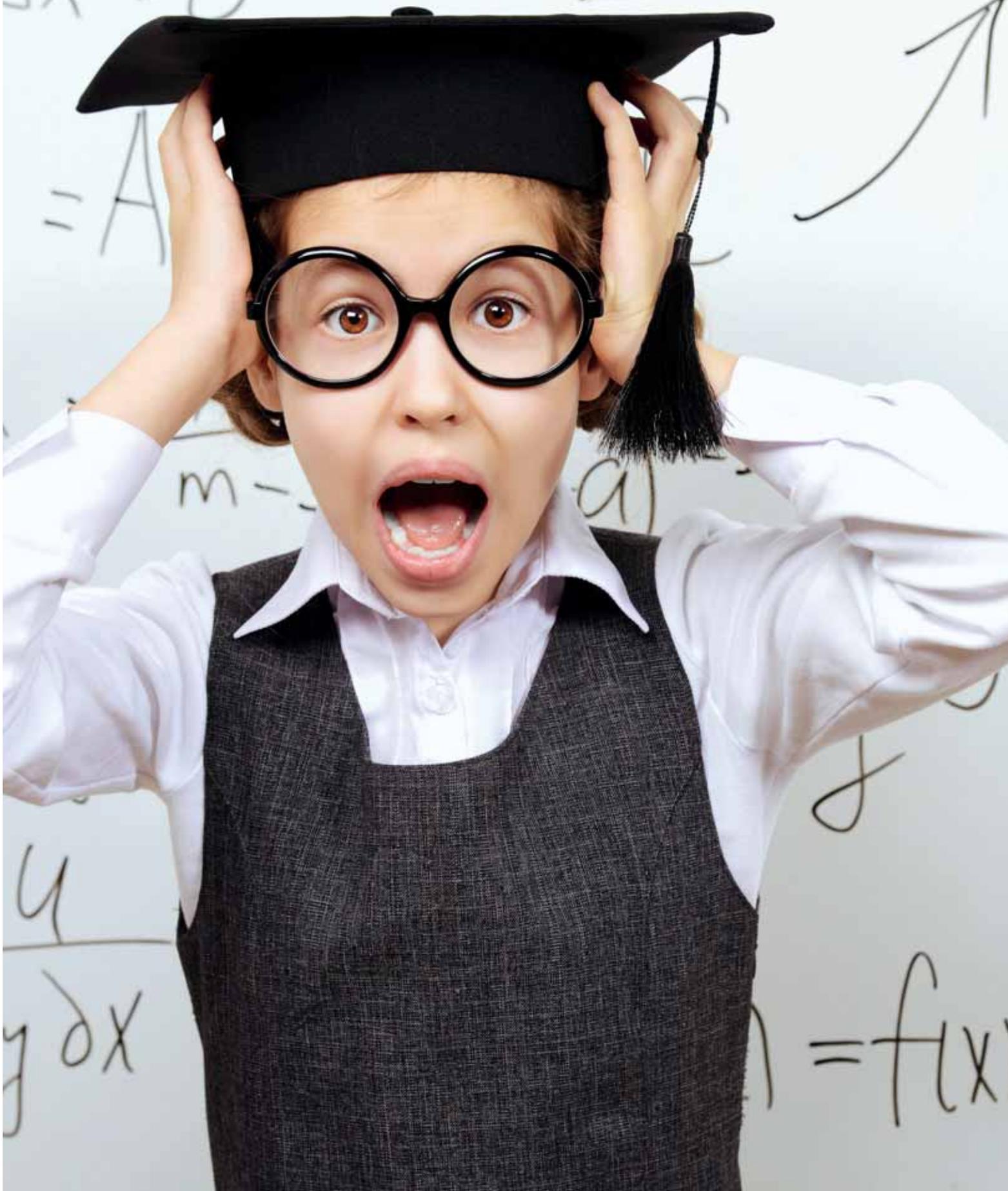
Non, absolument pas ! En fait, avec la géomatique, on est passé de la carte imprimée, à afficher sur un mur par exemple, à la notion de donnée géographique au sens informatique du terme. À partir du moment où la donnée est informatique, numérique, on peut en tirer énormément d'applications différentes. Cela offre beaucoup plus de possibilités que la simple visualisation d'une carte imprimée. Par exemple, un moteur de recherche tel que Google utilise l'information géographique pour afficher uniquement les résultats pertinents provenant de votre région. Le GPS de votre voiture est aussi basé sur l'information géographique et calcule l'itinéraire optimal en temps réel. De nombreuses questions dans le domaine de l'aménagement du territoire ou de l'environnement trouvent une réponse grâce à la géomatique. Bref, la géomatique fournit des informations et des méthodes qui ouvrent un nouveau champ des possibles...

 <http://geoportail.wallonie.be/home.html>

LE DOSSIER

TEXTE: VALÉRIE BURGUIÈRE - VALERIE.BURGUIERE@DBMAIL.COM

PHOTOS: ©PROMETEUS (P.22), ©MARK2121 (P.25)



Tension nerveuse, anxiété: le stress à la loupe

Bien que l'usage du mot «stress» soit courant dans le public pour évoquer tantôt une situation désagréable et contraignante, tantôt la tension nerveuse ou la petite dose d'anxiété qui lui est associée, nous ne savons pas toujours ce que recouvre ce terme sous l'angle de la physiologie et/ou de la psychologie

Palpitations, gorge serrée ou estomac noué, nous avons tous éprouvé ces sensations dans des situations déplaisantes, nous informant que des tensions apparaissent dans notre corps et notre psyché. Un événement s'est produit dans notre environnement et nous met soudainement mal à l'aise, menace notre bien-être voire même notre survie. Un accident de voiture a lieu devant nous et nous devons maîtriser notre véhicule pour l'éviter à tout prix. Des petits tracassés exaspérants de la vie de tous les jours (des voisins bruyants, les embouteillages quotidiens...) aux mises en danger et/ou aux menaces pour notre intégrité, les sources de stress avec lesquelles il nous faut composer chaque jour sont innombrables.

Le stress peut se définir comme la tension interne générée par des modifications soudaines dans l'environnement, auxquelles l'individu va devoir s'adapter, par le biais de réactions physiologiques, nerveuses et hormonales, selon un timing qui leur est propre: les réactions nerveuses sont immédiates et brèves, tandis que les hormones libérées dans le sang, sous la dépendance des premières, interviennent avec un délai de quelques secondes à plusieurs minutes, et ont des effets qui peuvent durer plusieurs heures.

Les agents stressants purement physiques, tels que les conditions météorologiques extrêmes, une chaleur excessive, un froid intense, vont mobiliser notre organisme afin d'évacuer davantage de chaleur, ou *a contrario*, d'en produire plus. Ce surcroît de travail pour notre métabolisme s'accompagne d'une production accrue de déchets, ou toxines, qu'il faudra éliminer. Le sport, surtout si l'effort physique est intense, ou si la personne n'est pas entraînée, a les mêmes effets de surcharge, ou stress métabolique. À côté des stress physiques, les agressions de notre monde moderne agissent davantage sur le plan psychologique. Un déménagement, véhiculant son cortège de changements, un collègue de travail avec qui on ne s'entend pas sont des situations banales.

Deux caractéristiques déterminent les stress psychologiques. Ce sont d'une part, la nouveauté et/ou l'imprévisibilité, impliquant une perte du contrôle pour l'individu, et d'autre part, les atteintes à l'ego, comme le fait, par exemple, de ne pas être reconnu à sa juste valeur. Cette distinction entre stress physique et stress

psychologique a toutefois ses limites, car nombre de stress ont en réalité les deux composantes, le ressenti d'un événement stressant s'avérant subjectif et variant en fonction de l'interprétation que nous en faisons, elle-même liée à notre vécu, ou histoire personnelle.

Sous cet angle, les spécialistes partagent les stress en stress absolus et stress relatifs. Les premiers sont représentés par des conditions intenses provoquant des remous chez tous les individus (l'actualité n'en manque pas, mais aussi les deuils au sein de la famille...), les seconds ayant des effets variables selon les personnes. Ainsi par exemple, tout le monde ne se présente pas à son examen de passage la boule au ventre et la gorge serrée, même si c'est assez commun. Sur des échelles d'intensité, les deuils dans la famille se placent tout en haut, suivis par le divorce, la maladie ou la perte d'emploi.

Syndrome d'adaptation physiologique

L'origine du stress se perd dans l'évolution des espèces. Sa signification biologique en est la survie des individus dans leur environnement. Face à un danger, l'organisme riposte en mobilisant ses ressources dans le but d'accroître ses performances. Tout prend naissance dans le cerveau, au moment où le danger est perçu, parfois même inconsciemment. La perception du danger déclenche instantanément une réponse du système nerveux autonome en direction des glandes surrénales, et provoque en quelques secondes la sécrétion d'adrénaline, une hormone du stress qui stimule des fonctions vitales telles que la contraction cardiaque ou la respiration.





⁽¹⁾ Hans Selye, *The stress of life*, 1956

⁽²⁾ Henri Laborit, *L'inhibition de l'action*, 1979

⁽³⁾ Bechara et al., 1999

⁽⁴⁾ Smith et al., 2014

Quelques minutes plus tard, le cortisol, une autre hormone surrénalienne, se lie à son tour à ses récepteurs, disséminés un peu partout dans le corps, et soutient la réaction adrénérge initiale. De façon intéressante, les zones cérébrales les plus riches en récepteurs à l'adrénaline et au cortisol sont les régions liées à la formation des souvenirs, de telle sorte qu'une expérience stressante ayant menacé la survie d'un individu est directement mémorisée, lui conférant un certain avantage sélectif. En conditions basales, dans la vie de tous les jours, les taux sanguins du cortisol présentent des fluctuations circadiennes, passant par un maximum le matin au réveil, nous donnant l'énergie de nous lever, et des valeurs minimales en fin de journée, ou peu avant le coucher, nous laissant la possibilité de nous détendre avant le sommeil.

Tout organisme ne peut survivre que si ses valeurs biologiques internes, les taux de cortisol ou de glucose dans le sang par exemple, varient dans des limites bien définies. La constance des valeurs biologiques internes est appelée «homéostasie». La mobilisation des ressources face à un danger implique le maintien de l'homéostasie de l'organisme, qui met tout en œuvre afin de contrebalancer les perturbations, et rétablir son équilibre interne. Hans Selye ⁽¹⁾, a décrit les 3 phases du stress, ou «*syndrome d'adaptation*»: après l'alerte face au danger, survient une phase de résistance où l'organisme puise dans ses réserves, qui, lorsqu'elle se prolonge, conduit à l'épuisement de l'individu.

Face au danger, la réaction orthosympathique initiée dans le cerveau limbique déclenche la sécrétion d'adrénaline au niveau des glandes surrénales, par la mise en jeu de l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien. L'adrénaline active les fonctions vitales: le rythme cardiaque et la fréquence respiratoire s'accroissent, la tension artérielle augmente. Il en résulte une meilleure oxygénation des muscles, dont la puissance est ainsi développée. Sur le plan neurologique, le niveau de vigilance est à son maximum, l'individu est en état d'alerte. Ces modifications physiologiques préparent à l'action en facilitant un comportement moteur de fuite ou d'attaque (le «*fight or flight*» des anglo-saxons).

Lorsque la phase d'alerte a permis la résolution de la situation, ou que les conditions externes s'inversent, les fonctions vitales reviennent à leur niveau antérieur, au cours de la phase de détente, durant laquelle l'organisme met en jeu une activation parasympathique, qui inverse les effets orthosympathiques accélérateurs: le cœur ralentit, la respiration revient progressivement à un niveau basal, la tension artérielle baisse. Si inversement le stress se prolonge, les glandes surrénales

relâchent des glucocorticoïdes, principalement du cortisol. L'organisme entre en phase de résistance, durant laquelle il puise dans ses réserves. Le cortisol accroît la disponibilité du glucose dans le sang, à partir des réserves hépatiques et musculaires en glycogène, afin de répondre aux besoins énergétiques à plus longue échéance. À ce stade, l'organisme est encore en mesure d'éliminer ses déchets toxiques, à l'origine d'un stress oxydatif important, et se régénère rapidement lorsque les stimuli agressifs viennent à s'éteindre.

Ses réserves toutefois ne sont pas inépuisables, et si les agressions persistent, l'individu s'épuise. L'activation orthosympathique prolongée et l'entrée dans la phase d'épuisement détermineront la susceptibilité aux pathologies caractéristiques du stress: l'hypersécrétion du cortisol maintient des taux élevés de glucose et d'insuline, avec évolution possible vers une insulino-résistance et un diabète de type 2, tandis que l'élévation persistante de la tension artérielle favorise l'artériosclérose et les maladies cardiovasculaires.

La mobilisation occasionnelle et limitée dans le temps du syndrome d'adaptation est un mécanisme sain, une dose de stress modéré pouvant même être favorable, puisqu'elle soutient l'action. Pour certaines personnes, la tension interne éprouvée au stade de la phase d'alerte peut même constituer une motivation en soi, voire une véritable drogue pour quelques individus «accros» à l'adrénaline. Nous présentons cependant des seuils de tolérance variables à notre niveau de stress, vraisemblablement en rapport avec nos expériences antérieures. Toutefois les caractéristiques de la situation stressante, telles que son intensité, sa durée, son caractère imprévisible ou la nouveauté qu'elle suscite, interviennent également. Des stress répétés sans résolution, sans pouvoir agir, fuir ou combattre la situation, induisent un état prolongé de passivité contrainte appelée «inhibition de l'action».

Stress psycho-social et inhibition de l'action

À l'origine, l'inhibition de l'action est un mécanisme adaptatif mis en place par l'évolution en parallèle du «*fight or flight*», pour les situations où une immobilisation pourrait s'avérer salutaire, par exemple lorsqu'une proie potentielle a détecté un prédateur dans son environnement. Ces situations d'immobilisation restent toutefois limitées dans le temps. Dans notre société moderne, nombre de situations impliquant des tensions psychologiques n'offrent la possibilité ni de fuir ni de combattre. Ces contraintes d'ordre psycho-social sans échappatoire peuvent induire une inhibition de l'action



chez les individus qui y sont soumis (2). L'organisme sollicite le mécanisme originel et trouve un nouveau compromis dans une passivité contrainte, en inhibant ses propres circuits de l'action. Toutefois, s'il est trop longtemps sollicité, ce mécanisme est source de mal-être, d'anxiété, à l'origine de maladies psychosomatiques et de dépression.

Ainsi, les réseaux de neurones qui récompensent habituellement les actions réussies, et qui sont source de motivation, restent silencieux. L'individu est démotivé et n'éprouve plus le plaisir des actions gratifiantes. Des dysfonctionnements immunitaires peuvent apparaître, sensibilisant l'organisme notamment aux infections et aux maladies auto-immunes. Les travaux de Laborit ont ainsi ouvert la voie à une discipline nouvelle: la neuro-immuno-psychologie. Laborit avait entre autres observé qu'une baisse chronique des défenses immunitaires rendait l'organisme plus susceptible aux cancers. En effet, le système immunitaire joue un rôle protecteur décisif dans l'élimination des premières cellules cancéreuses, quand elles font leur apparition.

D'un point de vue comportemental, le stress psychosocial suscite un intérêt évident dans la communauté neuroscientifique, car il est en mesure d'altérer les facultés cognitives d'un individu. En effet, des pressions sociales contraignantes peuvent interférer avec nos fonctions mentales supérieures, et nous empêcher de prendre les bonnes décisions nous concernant. De façon générale, le choix d'une action appropriée implique de traiter des émotions dans notre cerveau (3). Les pressions sociales générant des émotions négatives fortes ont, dès lors, tout lieu de perturber les processus décisionnels (voir encadré ci-dessus). De nombreuses études ont ainsi montré que les individus hautement anxieux réalisent des performances faibles dans différents

MÉCANISMES DÉCISIONNELS EN CONTEXTE SOCIAL

Dans un monde moderne complexe, nos activités quotidiennes nécessitent des choix très élaborés, impliquant des processus cognitifs également complexes, depuis la réception sensorielle jusqu'à l'action, en passant, de façon très simplificatrice, par un traitement multiple des informations. Jusqu'à la fin du 20^e siècle, les aspects émotionnels de nos choix n'intéressaient pas la communauté scientifique, sur la base de l'idée, classiquement admise, selon laquelle nos décisions devaient être logiques, rationnelles, «cartésiennes». À partir des années 1990, les émotions se sont invitées dans les processus cognitifs décisionnels, devant les choix complexes que nous devons faire quotidiennement sur les plans notamment professionnel, familial et financier. Il a été ainsi admis que le choix de nos actions dans notre environnement social est influencé par nos expériences émotionnelles passées.

Nous anticipons en effet automatiquement les conséquences positives ou néfastes d'une prise de décision en lui associant le souvenir d'un état de bien-être, ou de malaise, éprouvé lors d'une expérience antérieure. Ce souvenir joue un rôle d'incitation ou au contraire de pression sur les processus de décision, en prévenant les choix indésirables et en privilégiant les orientations avantageuses. Nos émotions nous prédisent en quelque sorte la façon dont les événements vont se produire lorsque nous sommes amenés à faire un choix. Berthon résume ainsi ces notions dans «La décision» (2003): les émotions «*prédisent le futur et ne se contentent pas d'exprimer le présent ou la valeur des expériences passées.*»

tests de laboratoire simulant des prises de décisions en conditions réelles. La nature imprévisible et incontrôlable des contraintes psychosociales est un puissant facteur anxiogène, activant fortement l'amygdale cérébrale. Le stress psychosocial mobilise les circuits liés à la peur en condition de survie, et nous rend moins performants dans nos tâches quotidiennes.

Contextes social et environnemental

Afin de caractériser plus spécifiquement le stress social, Smith et al. (4) pointent des différences contextuelles avec le stress environnemental. Dans leur étude, 100% des souris placées dans un environnement imprévisible, matérialisé par une cage ouverte, fuient à travers un trou aménagé à cet effet, tandis qu'en présence d'un congénère agressif dans le même dispositif ouvert, 50% choisissent pourtant de rester. Le fait de fuir et d'échapper à l'agresseur diminue la réponse au stress, mesurée par des taux bas de cortisol dans le





Une activité physique régulière reste un facteur déterminant qui a un effet protecteur de première ligne contre les stress relationnels ou d'origine sociétale.



⁽⁵⁾ Byron et al., 2010

⁽⁶⁾ Taylor et al., 2000

⁽⁷⁾ Barik et al., 2013

⁽⁸⁾ Wolf et al., 2015

sang des fuyards, en comparaison aux soumis. De plus, la soumission provoque une élévation d'un neuromédiateur anxiolytique, chargé de diminuer les comportements anxieux, et une diminution du facteur de plasticité neuronale dans l'amygdale, mémorisant la peur. Ces paramètres, qui restent inchangés chez ceux qui ont fui, tendent à maîtriser l'hyper-anxiété et la peur chez ceux qui se soumettent.

Les auteurs expliquent ces résultats par le fait que certains individus montrent une plasticité précoce et apprennent rapidement à fuir, tandis que d'autres choisissent plutôt la stabilité dans la relation sociale, au prix d'une soumission totale et de modifications dans leur neurochimie. Cette préférence pour une interaction à tout prix est troublante, d'autant qu'elle se produit en dehors d'une quelconque tendance à l'anxiété chez les souris qui se soumettent. De plus, les auteurs avaient noté que 7% des individus dans le groupe des soumis hésitaient initialement à fuir en se dirigeant vers le trou, mais finissaient par se ranger, tandis qu'inversement 9% des fuyards initiaient un comportement de soumission avant de prendre la fuite. Ce constat laisse les chercheurs supposer que les sujets de l'expérience auraient en fait des aptitudes aux 2 réponses adaptatives.

D'un autre côté, la fuite assure un comportement de protection vital. En effet, notre survie en tant qu'individu, et celle de notre espèce avec, dépendent de notre capacité à initier des

comportements vitaux tels que se nourrir, se reproduire ou encore se protéger en réagissant aux agressions. L'évolution a mis en place un système neurochimique complexe, en mesure de récompenser ces comportements instinctifs par une sensation agréable, un sentiment de satisfaction. La dopamine, un neuromédiateur cérébral peu abondant, puisqu'il ne représente que quelques % des neuromédiateurs totaux dans le cerveau, occupe une place centrale dans les circuits neuraux de la récompense.

L'activation de ces réseaux détermine un renforcement positif dans le cerveau. Une action gratifiante sera renforcée et aura plus de chances d'être mémorisée durablement, empêchant les phénomènes d'extinction, par lesquels un comportement n'est pas retenu, de se produire. À tel point que la dopamine est vue comme le neuromédiateur du plaisir dans le cerveau, responsable de notre bonne humeur. L'Homme étant un animal hautement sociable recherche les contacts, les interactions entre individus représentant une source de gratification importante et valorisée dans toutes les sociétés humaines.

Cerveau social et aversion

Une bonne humeur générale favoriserait le besoin de contacts et d'échanges en société, tandis qu'inversement, des interactions conflictuelles,

des grosses pressions sociales, mettant en berne nos circuits de la récompense, nous pousseraient dans nos derniers retranchements et nous inciteraient à éviter les autres (*voir encadré ci-contre*). Sans rentrer dans les détails des nombreux ravaux cherchant à établir l'existence d'une prédisposition à l'anxiété ou à la dépression dans les situations de stress psychosocial, ou *a contrario* à en pondérer le rôle, mentionnons que des scientifiques rappellent toutefois que l'évitement social, tout comme l'agression ou un comportement de soumission, souvent considérés comme des traits de caractère anxieux et dépressif, sont, avant tout, des réactions adaptatives au stress.

Prenant une direction toute autre, des auteurs postulent l'existence d'une voie salutaire supplémentaire au *fight-flight* anglo-saxon, qui consisterait à user de sa créativité propre pour «sauver sa peau» face aux pressions sociales. La littérature semble toutefois assez disparate sur le sujet, certaines études mentionnant un effet positif du stress social sur la créativité des participants, d'autres montrant le contraire. Reprenant plus de 75 études, une méta analyse (5) indique que les faibles pressions boosteraient les facultés créatrices des individus, tandis que les pressions importantes auraient un effet contraire. De plus, la nature imprévisible de certains types de stress les rendrait plus à même d'avoir un impact négatif sur les capacités à créer.

Par ailleurs, il semblerait que l'entourage relationnel constitue une protection contre le stress. Des enquêtes épidémiologiques sur des populations cliniques indiquent que le fait d'être entouré socialement favorisait la guérison de diverses pathologies, même graves. Des scientifiques ont essayé de comprendre les mécanismes impliqués. Leurs travaux montrent que les individus ayant bénéficié d'un soutien social avant une exposition à un stress en laboratoire présentent des taux de cortisol atténués et accusent des réponses cardiovasculaires moindres. Le soutien social serait donc un facteur de contrôle de la réactivité au stress. De plus, des observations suggèrent qu'un comportement pro social marqué chez certains individus les pousserait à opter pour le maintien des relations à tout prix lorsque surviendrait un stress social aigu. De la même façon, adopter une attitude pro sociale pourrait également constituer une réponse protectrice en cas d'exposition au stress. Avec un double bénéfice à la clé.

Les humains ont une tendance à l'affiliation en général, c'est à dire à rechercher des groupes dans lesquels ils peuvent partager une protection rapprochée dans les moments menaçants. Sensibles à cette tendance, Taylor et ses collègues (6) ont inventé le concept de «*tend and befriend*» pour

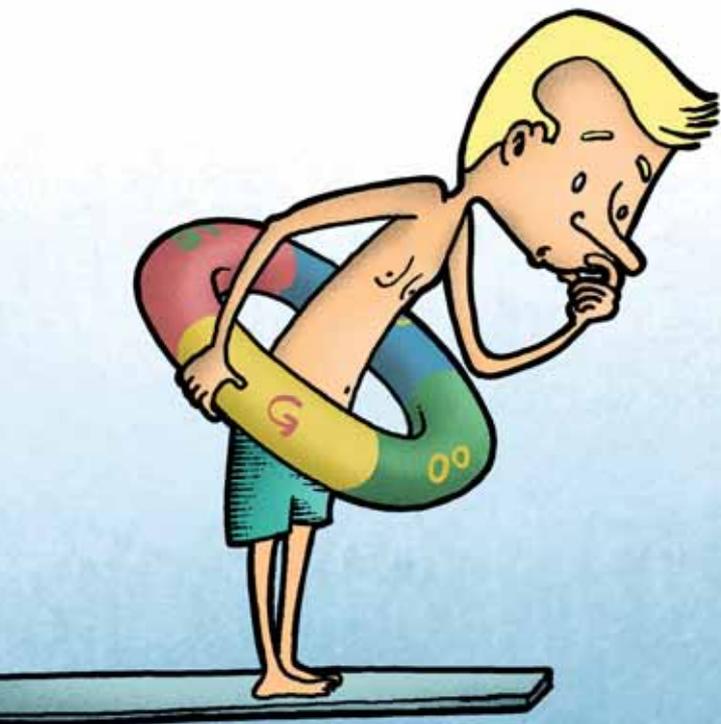
CERVEAU SOCIAL ET AVERSION

Un stress d'origine psychosociale, excessif ou répété, peut conduire à des troubles du comportement social tels qu'une aversion et un évitement social, voire à des maladies psychiatriques, comme la dépression ou l'anxiété pathologique. Barik et al. (7) se sont penchés sur les mécanismes impliqués dans l'apparition de la dépression suite à des stress répétés. Leurs travaux sur des petits rongeurs ont mis en évidence un lien entre le stress et la dopamine, au centre des phénomènes de l'humeur, dans le développement d'une aversion sociale, considérée comme un marqueur de la dépression. Un groupe de souris subissait des stress quotidiens par un congénère agressif, en comparaison à un groupe témoin. Rapidement, les petits rongeurs agressés se montraient peu intéressés par la nouveauté, et même néophobiques, ce qui se mesurait par une moindre locomotion dans un territoire inconnu à explorer, et montraient des signes d'anxiété, en comparaison au groupe témoin.

Puis les chercheurs ont évalué les réactions sociales dans les 2 groupes. Comme on peut s'y attendre, les souris stressées montraient des réactions d'évitement devant un congénère nouveau, non agressif, apparaissant dans leur environnement, au contraire des témoins qui cherchaient à établir des contacts. En reproduisant l'expérience avec des souris dépourvues de récepteurs au cortisol dans les neurones contrôlant la dopamine, celles-ci ne développaient pas d'aversion sociale, bien qu'elles éprouvaient toujours de l'anxiété, due à l'action du cortisol sur d'autres régions cérébrales, notamment l'amygdale. Ces résultats indiquent que le cortisol inhibe la sécrétion de dopamine, à l'origine des modifications de l'humeur et des troubles du comportement relationnel. Les auteurs espèrent que leurs travaux permettront plus généralement d'envisager des alternatives médicamenteuses, ciblant la dopamine, aux traitements déjà existants dans la dépression.

caractériser spécifiquement les réponses féminines au stress. Tandis que le «*tending*» implique des activités destinées à se protéger soi-même ainsi que sa progéniture, s'assurant ainsi stabilité et sécurité, le «*befriending*» correspondrait pour ses inventeurs à la création et au maintien de réseaux sociaux pouvant s'avérer bénéfiques dans les situations de stress. Des apports plus récents semblent indiquer que cette tendance ne serait pas seulement féminine mais ait été rapportée dans la population masculine également (8).

Ainsi, au fil des expériences individuelles et des apprentissages qui en résultent, des différences viennent caractériser le stress social en comparaison au stress environnemental. On n'insistera toutefois jamais assez sur le fait que, d'une façon générale, un esprit sain dans un corps sain constitueraient un premier rempart aux agressions modernes diverses. C'est pourquoi notre alimentation, l'activité physique que nous pratiquons, mais également notre état mental, notre bonne humeur, restent des facteurs déterminants, ayant un effet protecteur de première ligne contre les stress relationnels, ou d'origine sociale. 



VOTRE ENFANT ET LE NET

TEXTE : JULIE FIARD • JFI@EASI-IE.COM

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

ILLUSTRATIONS : VINCE • CONTACT@CARTOONBASE.COM

À l'ère du tout numérique, quand les 3/4 de la population belge possèdent désormais un téléphone portable, en majorité des smartphones, et que le nombre d'internautes en 2018 s'élève à 10,20 millions (soit 98% de la population), que font nos enfants sur le net ? Comment l'utilisent-ils ? Comment les accompagner vers une utilisation responsable et sécurisée ? Grâce aux outils numériques, aux tablettes et smartphones ainsi qu'aux nombreux objets connectés, les portes d'accès à Internet sont nombreuses ! Votre enfant, tout comme vous, a la possibilité d'accéder à de nombreux contenus, lui permettant de communiquer, d'apprendre, de se divertir et de se cultiver. Où

et comment trouver des outils adaptés à chaque enfant en fonction de son âge et de ses besoins spécifiques parmi la masse plus que croissante d'informations et de possibilités qu'offre le Web ?

Alors que nous entendons régulièrement, dans les médias, de grands spécialistes nous mettre en garde contre les dangers que représentent les écrans pour nos tout-petits, comment ne pas se sentir désarmé face un bambin tenant à peine sur ses jambes et pourtant capable de déverrouiller un smartphone avec une facilité déconcertante, quasi-intuitive, et de visionner à son aise les photos s'y trouvant ? Faisons un point sur cette génération Z afin de mieux la comprendre.

Représentant toutes les personnes nées après 1995, la génération Z est la première génération à être littéralement née dans le digital. Contrairement à la croyance collective, elle ne détient pas plus de connaissances pour comprendre et évoluer dans l'ère numérique que la génération Y, celle des *Digital Natives*, sa grande sœur.

Les Z sont nés et ont grandi dans l'univers du numérique, là où les Y ont été obligés de se l'approprier pour le connaître. Ils ont certes de meilleures capacités d'appropriation des outils comme les réseaux sociaux, mais ils ne sont pas mieux lotis en ce qui concerne la sécurité, par exemple. Ils ne se posent souvent même pas la question. C'est à disposition sur le net, ils peuvent se l'approprier facilement et par conséquent, l'aspect sécurité des données personnelles et vie privée ne les effleure pas. Nous pouvons d'ailleurs nous poser la question du devenir de la vie privée: que représente-t-elle encore pour la génération Z ?

En savoir



En savoir plus sur la génération Z: un papa et ses 2 filles, issues de la génération Z, nous en parlent en discours croisés, dans une émission *Youtube* qu'ils ont créée ensemble afin de mieux comprendre cette génération:

 <https://goo.gl/aHJKyx>

Des navigateurs adaptés

Rappel: un navigateur Web est un programme conçu pour consulter des sites et faire des recherches sur Internet. Les plus connus sont *Firefox*, *Internet Explorer*, *Chrome*, *Safari*,...

QWANT JUNIOR ( www.qwantjunior.com)

est un navigateur destiné aux enfants de 8 à 13 ans appartenant à la société *Qwant*, du navigateur du même nom ( www.qwant.com), conçu dans le respect de la vie privée des internautes. L'historique des recherches n'est pas consigné, la neutralité des résultats est respectée, il n'y a pas de traçage, ni publicité. Et le plus important, ce navigateur est conçu pour une utilisation sans risque de tomber sur des contenus inadaptés. Voici la liste noire des contenus que le moteur n'indexe pas: la violence, la pornographie, la drogue, l'incitation à la haine raciale.

Lors d'une recherche dans *Qwant Junior*, l'onglet «Éducation» propose des résultats provenant essentiellement de sites éducatifs et pédagogiques (voir exemple ci-contre).

KIDDLE ( www.kiddle.co)

est le moteur de recherche pour enfants proposé par *Google*. Il n'existe pas encore de version française, ce qui n'empêche pas pour autant de faire des recherches en français.

Si *Kiddle* fonctionne de la même façon que *Qwant Junior*, son interface est cependant moins visuelle et attractive, mais les résultats de recherche sont tout autant sécurisés. Aucun risque de contenu inapproprié. Et contrairement à son papa, le géant *Google*, aucune donnée de navigation n'est collectée. Néanmoins, *Google* n'a pas su se résoudre à tout abandonner, les publicités sont bel et bien présentes sur *Kiddle*.

SAFE SEARCH KIDS

( www.safesearchkids.com)

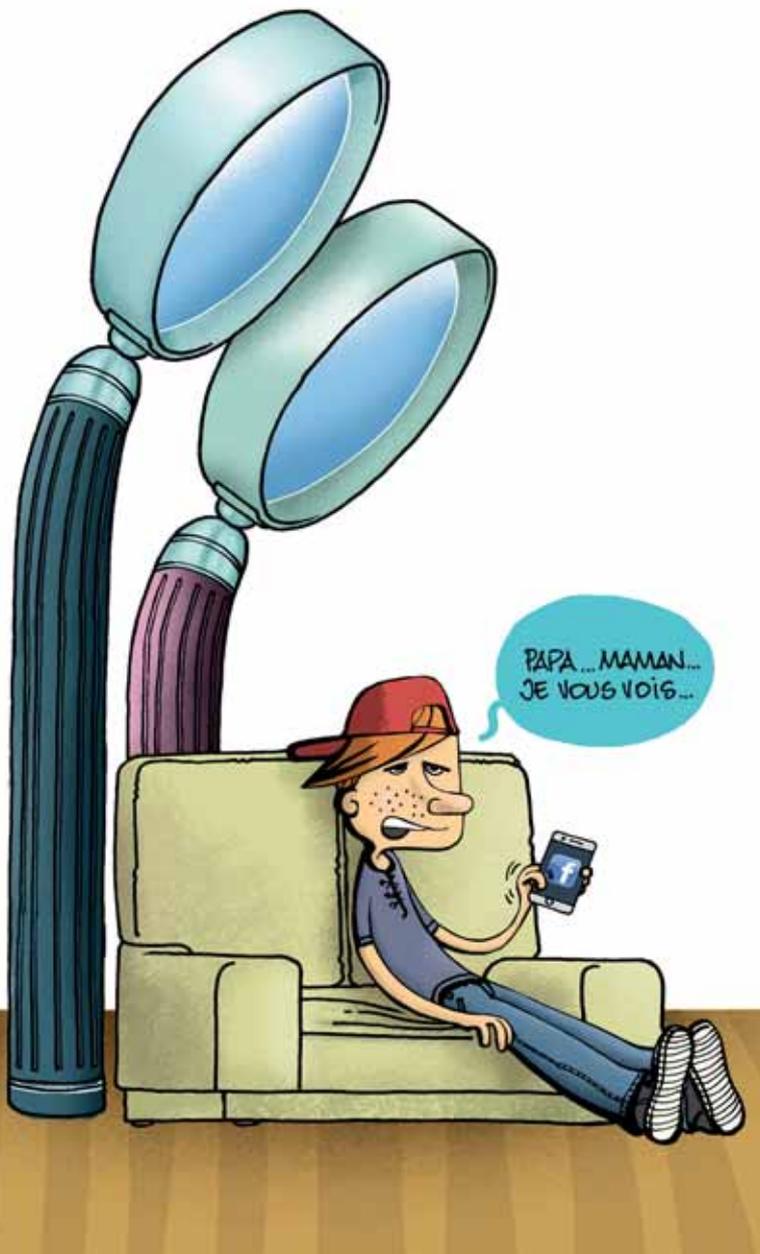
en anglais, il utilise également la technologie *Google Safe Search* (permettant de bloquer les résultats explicites sur *Google*). Grâce à ce moteur, vos enfants peuvent faire des recherches par images, par wiki, par vidéos... Vous trouverez également de nombreux articles sur la navigation des enfants sur le net, des astuces pour les parents, etc.

Le contrôle parental

Les logiciels de contrôle parental sont là pour vous seconder et sécuriser la navigation des plus jeunes sur les navigateurs habituels. Voici ce que propose la majorité des contrôles parentaux:

- Le contrôle du temps de connexion: au bout d'une durée que vous déterminez, la connexion s'interrompt ! Pratique pour définir des temps de navigation sur le net;
- La possibilité de filtrer les sites que vous jugez inappropriés, quel que soit l'âge de vos enfants





Il existe beaucoup de logiciels de contrôle parental, la plupart sont malheureusement payants. En voici quelques-uns (attention, vous pouvez tester ces logiciels gratuitement mais leur utilisation est payante au delà de la période d'essai):

www.spyzie.com
www.qustodio.com
www.netnanny.com
www.uknowkids.com

Il existe cependant un moyen d'activer un contrôle parental gratuitement via votre fournisseur d'accès Internet.

Voici par exemple les conseils de *Proximus* en ce qui concerne la sécurité des enfants sur le Web:

<https://goo.gl/gZwxSC>

Astuce: savez-vous que vous pouvez programmer votre box Internet (le modem) afin que le Wifi ne soit pas disponible à certaines heures, la nuit par exemple, pour les ados qui disposent d'un smartphone.

Voici également une page d'aide vous permettant de paramétrer des contrôles parentaux sur *Youtube, Netflix, Iphone, Nintendo Switch, Xbox,...*

www.e-enfance.org/assistance-contrôle-parental

Le contrôle parental, c'est bien mais cela vous demande de faire pas mal de paramétrages et vous n'êtes pas à l'abri que vos ados, aidés par leurs capacités d'appropriation, soient capables de déjouer les contrôles que vous mettez en place. Pour les logiciels payants, c'est quand même moins évident ! Plutôt que d'interdire, pourquoi ne pas éduquer ?



(la plupart du temps, plusieurs profils sont paramétrables). Vous pouvez également filtrer des sites dont vous connaissez les URL et des contenus en listant des mots-clés;

- Le blocage d'applications ou de jeux auxquels vous ne souhaitez pas que vos enfants aient accès. Comme par exemple, les fameux réseaux sociaux. Cela peut également concerner des protocoles Web comme le paiement en ligne;
- L'accès à des statistiques sur l'utilisation que vos enfants font du net vous permettant de surveiller leurs habitudes de navigation: historique de navigation, tentatives de contournement des filtres mis en place, etc...

Pour les aider à appréhender le Web

LA WEBSÉRIE «DANS LA TOILE»

est une série animée d'éducation au Web diffusée sur *OUFtivi*. Elle est née d'une envie commune des 5 pays de la commission Jeunesse des *Médias Francophones Publics (MFP)*.

Sous la forme d'un dessin animé, *Dans la toile* reprend tous les sujets qui concernent les enfants sur le Web comme par exemple, le téléchargement, les virus, les réseaux sociaux, etc. Un excellent moyen d'apprendre à vos enfants ce qu'il faut faire et ne pas faire sur le Net et de pouvoir débattre ensuite avec eux, autour des nombreux sujets proposés par la série. La dernière

vidéo mise en ligne, parle de contrôle parental:

 https://www.rtf.be/ouftivi/heros/detail_dans-la-toile?id=1291

CLICKSAFE: INTERNET SÉCURISÉ

est le site dédié à la sécurité sur Internet de *Child Focus* pour un usage sûr et responsable par les enfants et les adolescents ( <http://www.childfocus.be/fr/prevention/clicksafe-tout-sur-la-securite-en-ligne>). Sur ce site, les informations sont classées par catégorie, à destination des enfants, des adolescents, des parents et des professionnels (écoles). Basé sur un jeu de questionnement, le site répond par du contenu accessible à tous en apportant un maximum d'informations autour des réseaux sociaux, de la perception que l'on peut avoir des communautés en ligne, de l'importance ou non du nombre d'amis sur Facebook, de l'accès interdit avant 13 ans aux réseaux sociaux, etc.

Voici un document, proposé par *Proximus* à donner aux enfants:  <https://goo.gl/FL5YuB>. Il s'agit de règles simples permettant de surfer en toute connaissance de cause. Vous pouvez l'imprimer et l'afficher bien en évidence, près de l'ordinateur que les enfants utilisent.

Pour s'amuser en toute sécurité

VIKIDIA ( <https://fr.vikidia.org>): l'encyclopédie libre et participative pour les enfants. Tout est là pour les aider à préparer des exposés et pour le plaisir de la découverte.



SLICE FRACTIONS

( https://ululab.com/fr/slice_fractions): une application pour s'entraîner et faire des fractions.

UNE APPLICATION MONTESSORI

( <https://goo.gl/zDG9mJ>): pour apprendre les nombres.

TOKE'MOTS

(pour Android -  <https://goo.gl/ThPaJp>): une application pour faire des progrès en français.

APP-ENFANT.FR (<https://app-enfant.fr>):

réunit toutes les applications ludiques pour «apprendre», dédiées à l'éducation scolaire des enfants.

EDUPAD (www.edupad.com/fr/itooch/applications-educatives-tablettes-mobiles):

est un annuaire qui regroupe 160 applications éducatives pour le primaire et le secondaire. On y trouve également une grande base de données d'exercices, des cours, des indices et des réponses détaillées.

LASOURIS-WEB

( <https://www.lasouris-web.org>) vous propose des liens vers des sites, des exercices en ligne et des jeux éducatifs gratuits pour les élèves du préscolaire, du primaire et du secondaire. Ce site canadien recense des ressources dans l'ensemble du monde francophone.

Pour rappel: l'âge minimum pour avoir un compte sur les réseaux sociaux est 13 ans. Cette mesure de protection est incluse dans le *Règlement Général sur la Protection des Données (GDPR en anglais)* mis en œuvre dans l'Union européenne depuis mai 2018. Le Règlement européen précise que l'objectif n'est pas d'empêcher les jeunes d'utiliser le Web pour obtenir des informations mais de les protéger contre la pression des entreprises qui veulent obtenir des données de leur part. Il prévoit que les enfants «méritent une protection spécifique de leurs données personnelles». D'autant qu'ils sont «moins conscients» des risques et conséquences du traitement qui peut être fait de leurs données. Selon le *GDPR*, le consentement à l'accès aux données d'un enfant doit être fourni par les responsables parentaux.

Et vous, comment parlez-vous d'Internet à vos enfants ? N'hésitez pas à partager vos astuces, que nous pourrions partager dans un prochain article. contact@easi-ie.com. 



À la recherche de la transparence

Alors que les mécanismes des polymérisations étaient de mieux en mieux connus, bon nombre de chimistes tentèrent d'accrocher toutes sortes de molécules entre elles, exactement comme si on assemblait des wagons pour former des convois ferroviaires. De surprenants résultats allaient être au rendez-vous !

TEXTE : PAUL DEPOVERE - DEPOVERE@VOO.BE

PHOTOS : US ARMY (P.32), © DAIMLER AG (P.33), JAKOB FANNAR/FLICKR (P.33)

Exemple de verrière avant en Plexiglas® sur un avion de chasse américain P-61 Black Widow durant la Seconde Guerre mondiale.

né. Cet extraordinaire matériau servira à fabriquer les pare-brise et autres carénages pour les bombardiers allemands. Les avions employés durant la Seconde Guerre mondiale volaient en effet trop vite et à des altitudes telles qu'il fallait nécessairement les pourvoir de cockpits fermés. Le Plexiglas® offrait des avantages multiples: pouvant être modelé sous des formes diverses et étant plus léger que le verre, ce plastique dur et transparent ne se fendillait pas, même lorsqu'il était percé par des balles ou des éclats d'obus.

Entre-temps, aux États-Unis, un certain Otto Haas eut l'idée d'injecter beaucoup d'argent dans ce qui allait devenir la *Röhm & Haas Company*, appelée à produire des millions de tonnes de polyméthacrylate de méthyle. Il fallait en effet des quantités énormes de Plexiglas® pour parachever les avions de chasse et autres bombardiers américains (voir photo ci-dessus), construits à raison de 80 000 exemplaires rien qu'en 1943 !

En 1901, un certain Otto Röhm, pharmacien et chimiste, avait défendu sa thèse de doctorat à l'Université de Tübingen sur la polymérisation de l'acide acrylique ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$). Après avoir déposé un brevet à ce sujet et créé sa propre compagnie (*Röhm AG*), il poursuivit ses travaux avec l'aide de Walter Bauer.

Les polyacrylates obtenus étaient des polymères transparents, ne jaunissant pas à la lumière, ce qui justifiait leur emploi pour préparer les verres de sécurité utilisés dans l'industrie automobile. Par la suite, des travaux du même type seront entrepris par William Chalmers à l'Université McGill à Montréal avec, cette fois, l'acide méthacrylique [$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$] en guise de monomère. Walter Bauer s'en inspira et tenta la polymérisation du méthacrylate de méthyle. Il obtint ainsi, en 1931, une matière parfaitement transparente que l'on pouvait couler de manière à obtenir des plaques. Le Plexiglas®, sorte de verre organique, était

Cerise sur le gâteau, les chercheurs de la *Röhm & Haas Company* remarquèrent que la polymérisation des méthacrylates d'alkyles à longues chaînes (octadécylique, par exemple) aboutissait à une sorte de fluide visqueux, capable de se dissoudre dans l'huile des moteurs et d'empêcher que celle-ci ne se fige aux très basses températures. Ceci fut mis à profit par les Soviétiques lors de l'offensive allemande de septembre 1942 aux alentours de Stalingrad. Grâce à ce polyméthacrylate spécial fourni par les Américains, les moteurs de leurs chars de combat fonctionnaient à merveille durant l'extrême



Plexiglas® dans l'automobile



Casque en polycarbonate



Revêtement de sol en résine époxy

froideur de cet hiver 42-43, alors que ceux des chars allemands étaient gelés. Les Soviétiques purent ainsi gagner cette rude bataille contre la 6^e armée allemande, laquelle capitula finalement le 2 février 1943. La victoire de Stalingrad marqua le tournant décisif de la guerre sur le front russe.

L'acide méthacrylique est une molécule de toute première importance. La très classique transformation industrielle de l'isopropylbenzène (cumène) en son hydroperoxyde, suivie d'un réarrangement, fournit à la fois de l'acétone et du phénol par milliers de tonnes chaque année. L'acétone peut notamment subir l'addition d'acide cyanhydrique, ce qui en fait une cyanhydrine, assez aisément convertie en acide méthacrylique moyennant une hydrolyse suivie de déshydratation. Le phénol, quant à lui, peut être transformé en bisphénol A, ce qui ouvre la voie vers les polycarbonates et les résines époxy (*lire ci-après*).

Les choses n'en restèrent en effet pas là: Daniel Fox, un chercheur des laboratoires *General Electric* à Schenectady (États-Unis), avait été chargé, en 1953, de synthétiser un polyester qui ne se décomposait pas sous l'action de l'eau et ce, en vue d'obtenir un matériau isolant. Fox se souvint de ses recherches postdoctorales, qui concernaient notamment un ester carbonique du gaïacol, résistant à l'humidité. Il imagina donc de faire réagir des carbonates avec du bis-gaïacol, dans la logique des composés bifonctionnels conçus par Wallace H. Carothers (1). Malheureusement, il n'y avait pas de bis-gaïacol dans la réserve de produits chimiques. Par contre, il s'y trouvait du bisphénol A. Pour ne pas perdre de temps, Fox entreprit de faire réagir ce composé, bref le chauffa à reflux en présence de divers carbonates. Après plusieurs essais infructueux avec des carbonates aliphatiques, il tenta de condenser le bisphénol A avec du carbonate de diphénylé. Cette fois, il observa une réaction. Selon ses propres dires, il vit apparaître, là, dans le fond du ballon, un «*machin compact et résistant*» qu'il ne

réussit à récupérer qu'en brisant le verre. Ce produit était un polycarbonate aromatique. Ce genre de résine, très robuste et parfaitement transparente, servira par la suite à des fins diverses et notamment, comme boucliers de protection pour les forces de l'ordre, guichets de sécurité pour les banques, etc. Les astronautes qui ont débarqué sur la Lune en 1969 portaient des casques en polycarbonate *voir photo 2*.

La colle époxy: une molécule géante qui s'accroche à tout

Les oxygènes nucléophiles du bisphénol A réalisent aussi très facilement des réactions de substitution nucléophile avec l'épichlorhydrine (chlorométhylloxacyclopropane). Le produit obtenu est ce que l'on appelle une résine époxy *voir photo 3*, c'est-à-dire une macromolécule pourvue d'une multitude de cycles oxacyclopropane, triangulaires et forts tendus, et donc très réactifs.

Ces résines époxy, lorsqu'elles sont employées en guise de colle, sont contenues dans un tube. Un autre tube y est adjoint, lequel contient de l'éthylène-diamine ($H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$). Au moment de l'emploi, on mélange le contenu des 2 tubes: la diamine, avec ses 2 azotes nucléophiles, attaque au hasard une multitude de cycles oxacyclopropane, aboutissant ainsi à la formation de liaisons covalentes dans toutes les directions (réticulation). Le tout devient ainsi une énorme molécule, avec des liaisons entrecroisées et porteuses des autres cycles oxacyclopropane restés intacts. Ces derniers vont alors réagir avec des fonctions chimiques appropriées du matériau à coller, formant ainsi d'autres liaisons covalentes responsables d'une parfaite adhérence.

Des matériaux composites intéressants peuvent aussi être obtenus à partir des résines époxy. Ainsi, en y mêlant des fibres de carbone, on obtient l'équivalent microscopique du béton armé. Ce matériau, bien plus léger et flexible que l'acier tout en étant beaucoup plus résistant, sert notamment à confectonner les manches des clubs de golf. A

(1) Dans les années 1930, celui-ci avait en effet polymérisé chez *DuPont* l'analogue chloré de l'isoprène, ce qui aboutit à un élastomère (le Néoprène) qui allait remplacer plus efficacement le caoutchouc. Ensuite, il imagina de polycondenser des diamines avec des diacides pour obtenir des polyamides (du Nylon), qui imitaient parfaitement la soie. La vie de ce brillant chimiste, qui mit fin à ses jours à l'âge de 41 ans tout en assurant la prospérité de la société *DuPont*, est un véritable roman !



Parlez-vous cerveau ?

Les sciences du cerveau ont leur propre langue, qui sonne souvent comme une langue étrangère aux oreilles des profanes. Dans un ouvrage publié récemment aux Éditions *Odile Jacob*, le neurologue français Lionel Naccache et son épouse Karine Naccache, romancière, font œuvre utile en permettant au lecteur non-spécialiste d'apprendre à «parler cerveau»...

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT • PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: © S. T. YIAP (P.34)

Karine et Lionel Naccache conçoivent donc de briser ce mur, de «faire en sorte que la langue des sciences du cerveau ne sonne plus comme une langue étrangère aux oreilles des non-initiés». En effet, est-il finalement si différent, dans la démarche, de découvrir le fonctionnement du cerveau et de se livrer à l'apprentissage d'une langue étrangère ? D'une certaine manière, le langage des neurosciences possède, lui aussi, son vocabulaire, sa syntaxe, sa grammaire... C'est sur ce constat que les 2 auteurs ont fondé leur projet, en ont déroulé le fil d'Ariane: «Et si l'on apprenait à "parler cerveau" comme on apprend à parler anglais, chinois ou italien !»

Leur livre s'inscrit dans la continuité de courtes chroniques quotidiennes que Lionel Naccache a tenu sur *France Inter* du 15 juillet au 30 août 2017. Elles se voulaient à la fois rigoureuses, instructives et ludiques. C'est la même veine qu'a exploitée *Parlez-vous cerveau ?* Dans l'introduction de leur livre, les auteurs écrivent: «*Il nous tenait à cœur de tisser dans chaque chapitre des liens de familiarité originaux et ludiques entre les mots du cerveau, (...), et notre imaginaire collectif. Les faire sortir en somme de leur contexte scientifique souvent intimidant pour leur faire vivre des aventures mémorables qui vous reviendront à l'esprit et vous éclaireront chaque fois que vous les recroiserez dans leur univers usuel: dans un article, une émission ou un essai, mais également lors des débats de société auxquels ils sont aujourd'hui si souvent conviés, par exemple sur l'école, la santé, la justice,*



⁽¹⁾ Lionel Naccache et Karine Naccache, *Parlez-vous cerveau ?* Éditions Odile Jacob, 2018.

Nombreux sont les livres sur le cerveau. Souvent cependant, ils échappent largement à la compréhension des non-spécialistes, lesquels se noient généralement dans des développements farcis de mots qu'ils ne peuvent juger qu'abscons: glie, ganglions de la base, synapses, mémoire épisodique, hippocampe, neurotransmetteurs... Secondé par son épouse Karine Naccache, auteur de romans, le neurologue Lionel Naccache, qui codirige l'unité de neuroimagerie et neuropsychologie à l'*Institut du cerveau et de la moelle épinière (ICM - Paris)*, s'est donné pour objectif, à travers un livre intitulé *Parlez-vous cerveau ?* ⁽¹⁾, de permettre à tous ceux qui le désirent d'assimiler des connaissances sur le cerveau sans se heurter au mur du jargon.

le vivre-ensemble, l'intelligence artificielle ou le monde du travail.»

Karine et Lionel Naccache s'attachent d'abord à présenter les briques élémentaires de cet objet biologique qu'est le cerveau: les neurones, les cellules gliales, les neurotransmetteurs, les synapses, les récepteurs..., mais toujours de façon à leur conférer une familiarité qui subsistera par la suite dans l'esprit du lecteur. Ensuite s'opère une montée dans la complexité, non que la difficulté de compréhension s'accroisse au fil des pages, mais parce que les briques élémentaires forment des régions qui dialoguent entre elles, donnant vie aux réseaux de neurones et à leurs interactions avec le corps et le monde extérieur. Un cheminement progressif conduira donc du neurone à la pensée, avec des arrêts dans les grandes gares - la mémoire, la conscience, les émotions, la cognition sociale, la prise de décision, etc. S'ensuivra un questionnement sur les lieux visités, selon des perspectives qui font référence à la médecine, à l'éthique, aux avancées futures des neurosciences, voire au «cerveau de demain».

La pari est réussi. Tel le neurone qui annonce la pensée, ce livre didactique et ludique balise pas à pas, pour le non-spécialiste, un accès privilégié à la compréhension du fonctionnement cérébral et à une prise en considération éclairée des enjeux personnels (la connaissance de soi) et sociétaux des neurosciences.

Un mythe tenace

Lionel Naccache, sur quel fondement repose l'analogie que vous établissez, pour les non-experts, entre les neurosciences et une langue étrangère ?

Nous pensons, Karine et moi, que le rapport que les non-experts ont avec les neurosciences s'apparente à celui qu'ils entretiennent avec une langue étrangère: l'envie d'accéder à une civilisation, à une culture, tout en étant initialement bloqué ou freiné par la barrière de la langue. Chez beaucoup, en effet, le désir est fort d'avoir accès à une meilleure connaissance de soi par les neurosciences et d'être mieux armé pour agir en tant que citoyen éclairé. D'où le besoin d'un apprentissage qui suggère ceux que reçoivent les lycéens via les cours d'histoire, de mathématiques, de langues, de biologie... Selon nous, une culture générale cérébrale devient nécessaire aujourd'hui pour chacune et chacun.

Il me semble important que le citoyen se familiarise avec le vocabulaire, les connaissances et les enjeux des neurosciences. Sans ces acquis, il s'avère impossible d'émettre une opinion

circonstanciée face aux nombreux débats qui s'invitent dans notre société, notamment lorsqu'ils impliquent, par exemple, les concepts de libre arbitre, de responsabilité ou de morale.

Parmi les fausses croyances relatives au fonctionnement cérébral, la plus célèbre et la plus irréductible n'est-elle pas celle qu'Einstein lui-même tenait pour vraie, à savoir l'idée que nous n'utiliserions que 10% de notre cerveau ?

Absolument. Le mythe des 10% est teinté de culpabilité, mais surtout d'espoir, car il sous-entend que nous disposons d'une réserve conséquente qui nous permettrait d'être nettement plus performants. La réalité est autre: c'est 100% de notre cerveau que nous utilisons à chaque instant.

"Le mythe que l'homme n'utiliserait que 10% de son cerveau est teinté de culpabilité mais surtout d'espoir d'une réserve nous permettant d'être plus performant. La réalité est autre: c'est 100% que nous utilisons à chaque instant !"

D'où vient le malentendu ? Principalement de la méthode qui, depuis la naissance de la neurologie au 17^e siècle, fut longtemps la seule à être employée pour appréhender le fonctionnement cérébral. Une approche causale qui consistait à observer les conséquences fonctionnelles d'une lésion ayant affecté une région du cerveau. Par exemple, si à la suite d'une telle lésion, un patient souffrait d'une hémiplégie, on en déduisait que la région endommagée était une région motrice à laquelle on a recours lorsqu'on n'est pas hémiplégique. La même logique valait pour le langage, la vision, l'odorat, la mémoire et ainsi de suite. Dès lors, quand on procédait à la sommation des régions impliquées dans les différentes fonctions répertoriées, on arrivait à la conclusion que leur volume total ne représentait qu'environ 10% du volume cérébral. Avec pour corollaire que 90% de ce dernier n'était pas utilisé.

De nombreuses observations de lésions touchant notamment le lobe frontal, qui est le plus volumineux du cerveau humain, semblaient corroborer ce résultat, car des dommages parfois importants à ce niveau ne se traduisaient par aucune conséquence manifeste dans la vie des patients. Aussi parla-t-on longtemps de lésions cérébrales muettes ou silencieuses. Entre autres à la suite des travaux d'Alexandre Luria, de François Lhermitte ou plus récemment d'Antonio Damasio, on a compris qu'en fait, les patients concernés étaient atteints dans les dimensions les plus humaines de leur existence, celles qui constituent le sel de notre personnalité: agir et penser par soi-même,





être imaginatif, faire preuve d'esprit critique, saisir l'intelligence d'une interaction sociale, etc. Toutes les régions du cerveau remplissent donc une fonction, ce que confirme d'ailleurs la neuroimagerie. Bref, nous utilisons notre cerveau à 100%.

La sculpture d'une vie

Dans votre livre, vous soulignez que grâce à la plasticité cérébrale, il est néanmoins possible de faire un meilleur usage de son cerveau. Ce dernier, écrivez-vous en outre, «est une sculpture vivante ininterrompue» ?

Du début à la fin de notre vie, notre cerveau se transforme en raison des traces qu'y laissent nos actions (apprendre une langue, écrire une lettre...), nos interactions sociales et ce que nous vivons au sein de notre environnement, indépendamment de tout contexte d'apprentissage. Le simple fait de lire un livre ou de converser avec un voisin y produit des aménagements, renforçant des connexions synaptiques et des réseaux de neurones, en éliminant d'autres, etc. En ce sens, notre cerveau est la sculpture d'une vie.

La plasticité cérébrale doit toutefois être considérée avec mesure: il n'y a là rien de magique ni de tout-puissant. En effet, si l'expérience vécue affecte la structure du cerveau, son architecture fondamentale ne change évidemment pas - il comportera toujours 2 hémisphères, les mêmes régions, le même nombre de lobes... Les transformations incessantes dont il est le théâtre concernent essentiellement la micro-architecture des connexions cérébrales et s'opèrent à différents niveaux d'organisation du système nerveux, tels les synapses, les récepteurs membranaires, les neurones ou les réseaux de neurones.

La plasticité cérébrale se révèle de façon patente lorsque, par exemple, des patients qu'un AVC a rendus hémiparétiques ou aphasiques recouvrent tout ou partie de leurs capacités perdues. Des stimulations, des protocoles de rééducation favorisent un fonctionnement différent de leur cerveau pourtant irrémédiablement endommagé. De même, toutes les activités que nous réalisons dans notre vie contribueraient à nous doter d'une «réserve cognitive», de circuits cérébraux alternatifs qui nous permettraient de limiter, dans une certaine mesure, l'expression d'une maladie cérébrale. Toutefois, ce sujet est complexe et débattu.

La fin d'une hiérarchie

Peut-on considérer que l'avancée des connaissances sur le cerveau a modifié notre rapport à la psychologie ?

Assurément. Les êtres humains se distinguent des espèces animales par leur volonté de comprendre

le pourquoi des choses, de leur donner du sens, la quête ultime étant la connaissance de soi. Qui suis-je ? C'est le «*Connais-toi toi-même*» de Socrate. Ce questionnement, qui fait partie de la condition humaine, préexiste aux neurosciences, mais ces dernières lui confèrent une autre coloration.

La mise en évidence des mécanismes biologiques, matériels, qui sous-tendent les mécanismes psychologiques nous a amenés à comprendre différemment la psychologie. Il ne s'agit pas d'une simple question de localisation cérébrale, c'est-à-dire de savoir quelles régions et quels réseaux cérébraux président à l'état conscient, au fonctionnement de la mémoire, à la manifestation de telle ou telle émotion, etc. Non, le plus important n'est pas «où ça se passe», mais comment. Cela change fondamentalement la conception que nous avons de notre vécu psychologique et en retour, nous permet de réinterpréter le fonctionnement matériel de notre cerveau à la lumière de nos actes et de nos pensées. Se forment ainsi des boucles dialectiques.

À titre d'exemple, en découvrant que la mémoire consciente des épisodes de notre vie repose sur un système cérébral intimement lié au codage de la position spatiale des objets et de nous-mêmes, nous transformons la conception même de cette mémoire épisodique en lui découvrant une assise spatiale: la mémoire du temps vécu passe par un codage spatial des endroits où nous avons connu ces moments d'existence. Avec à la clé, des leçons à en tirer pour la conception des lieux de vie, pour l'urbanisation contemporaine, etc.

Par ailleurs, la seule certitude que nous ayons est que nous possédons une vie mentale. C'est le cogito cartésien - «*Je pense, donc je suis.*» Grâce aux neurosciences contemporaines et à leurs outils de neuroimagerie, on s'est rendu compte que n'importe quelle région du cortex peut fonctionner de manière consciente ou inconsciente et donc que d'un point de vue cérébral, conscient et inconscient sont étroitement mélangés. Voilà qui nous change du modèle psychologique traditionnel, où transparait une hiérarchie entre un état «supérieur» et un état «inférieur» enfoui dans les profondeurs.

La conscience ne possédant pas une localisation qui lui est dédiée en propre dans le cerveau, est-ce sous l'angle d'un mode de fonctionnement, d'un dialogue particulier entre régions cérébrales qu'il faut l'envisager ?

À l'ICM, nous avons montré que des représentations mentales complexes, comme par exemple le sens d'un mot, peuvent être codées de façon inconsciente dans le cerveau. En fait, une myriade

Lionel Naccache, neurologue à l'Institut du cerveau et de la moelle épinière de Paris. *Parlez-vous cerveau ?* est son 6^e ouvrage édité chez Odile Jacob.



de circuits cérébraux très spécialisés travaillant en parallèle sont voués à l'élaboration continue de multiples représentations mentales inconscientes qui sont en compétition. Mais lorsque nous prenons conscience d'une de ces représentation, qui était sous-tendue au départ par un réseau cérébral spécialisé, elle accède à un vaste ensemble d'autres régions du cerveau que nous avons rassemblées, avec Stanislas Dehaene et Jean-Pierre Changeux, sous le nom d'«espace de travail global conscient» - formulation due initialement au psychologue américain Bernard Baars. La conscience émerge donc d'un «dialogue» entre les régions constitutives de cet espace.

Toutefois, dans des travaux assez récents, nous avons mis en évidence que si le traitement sémantique inconscient d'un mot est une réalité incontestable, cette «mécanique» inconsciente est soumise à de fortes influences conscientes. À chaque instant, notre posture consciente déteint sur la nature des opérations mentales qui se déroulent en nous inconsciemment, de sorte que nos préoccupations du moment, nos émotions, nos projets, etc. influent sur les traitements sémantiques inconscients auxquels notre esprit/cerveau se livre à notre insu.

Sommes-nous aux commandes ?

Ces considérations ravivent le vieux débat sur le libre arbitre et le déterminisme. Quelle est votre position à cet égard ?

Les résultats expérimentaux nous éloignent d'une vision naïve du libre arbitre, où tous nos actes et toutes nos pensées résulteraient de notre volonté propre, mais il n'empêche que l'on comprend encore mal tous les aspects de la prise de décision. La question du libre arbitre demeure très spéculative. Aussi me semble-t-il plus fécond de s'intéresser à un concept qui a l'avantage d'être opérationnel, notamment dans le champ de l'éthique et de la morale: l'agentivité.

Il existe des comportements dont nous ne sommes pas les agents volontaires. C'est généralement le cas, par exemple, lorsque nous clignons des yeux.

Mais il y a en revanche des décisions et des actions dont nous nous sentons subjectivement les agents. Que nous soyons déterminés ou non à les prendre ou à les accomplir importe peu; ce qui compte, c'est notre vécu, le sentiment que nous éprouvons d'être ou non «aux commandes». De ce concept d'agentivité peut dériver une notion de responsabilité face à nos propres décisions et actions et par là même, une éthique et une morale.

C'est une position qui est lucide sur cette espèce de cécité qui est la nôtre quant aux vraies déterminations de nos pensées et de nos actions, mais qui a aussi le mérite d'être applicable. D'ailleurs, quand un tribunal essaie d'établir si un meurtrier est pénalement responsable ou non, la question est finalement celle de l'agentivité de ses actes.

L'avancée des neurosciences semble avoir sonné le glas du dualisme cartésien. Tout en adhérant pleinement à l'idée qu'il n'y a pas de pensée sans activité cérébrale pour la produire, vous évoquez néanmoins des propriétés immatérielles du cerveau en fonctionnement ?

Dire qu'un objet matériel a des propriétés immatérielles n'a rien de révolutionnaire, c'est même banal. J'aime citer cet exemple simple et éclairant formulé par le philosophe américain Daniel Dennett. Considérons un objet tel qu'un stylo. Il possède un centre de gravité que l'on peut calculer. Or, un centre de gravité est un point mathématique - il n'occupe ni volume ni surface, n'a ni masse ni poids. C'est donc déjà un attribut immatériel d'un objet matériel. Sans que cela pose le moindre problème pour le matérialisme ni ne constitue une démonstration du dualisme, d'une dissociation entre le corps et l'esprit. On peut donc attribuer des propriétés immatérielles à un objet qui n'a aucune vie mentale. Ces propriétés immatérielles du cerveau en fonctionnement pourraient ainsi inclure la subjectivité, la conscience et la pensée sans faire appel au dualisme. **A**



Bienheureux échec

En 2014, 2 satellites du système Galileo ratent leur orbite... Un échec que les scientifiques viennent de transformer en une belle réussite: mesurer avec une précision jusqu'ici inégalée la théorie de la relativité générale d'Einstein ! Et une autre expérience vient également de confirmer cette théorie que rien, pour l'instant, ne semble pouvoir prendre en défaut

TEXTE : HENRI DUPUIS • DUPUIS.H@BELGACOM.NET

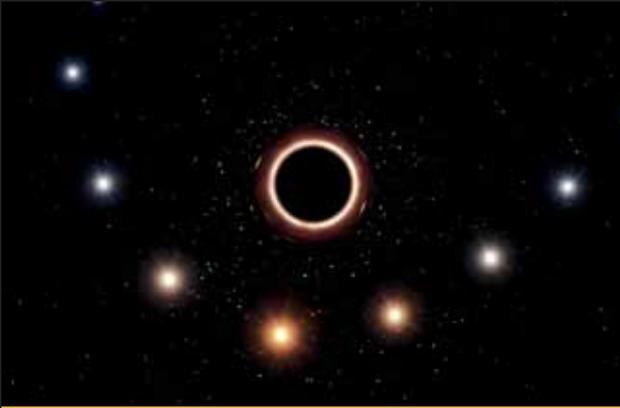
PHOTOS : ©ESA-P. CARRIL/WIKIMEDIA COMMONS/G. PORTER (P.38), ESO/M. KORNMESSER (P.39)

En ce 22 août 2014, l'Europe a du retard: le système américain de positionnement (le célèbre GPS) fonctionne depuis longtemps, est connu et apprécié de tous à travers le monde. Côté européen, on en est seulement au lancement des satellites 5 et 6 du système Galileo (il y en a 26 aujourd'hui) qui doit, sinon remplacer, du moins compléter le système GPS. Mais le lancement ne se passe pas comme prévu et les 2 satellites ratent leur orbite circulaire autour de

la Terre. Décentrés, ils s'installent sur une orbite très étirée, excentrique, qui les fait évoluer entre 25 900 et 13 700 km de la Terre (l'un des 2 sera finalement remis sur son orbite correcte). Que faire ? Des chercheurs français du SYRTE (Systèmes de référence temps-espace; CNRS et observatoire de Paris) proposent alors de profiter de cette «aubaine» pour tester la relativité générale d'Einstein en comparant le temps donné par les horloges atomiques placées dans les satellites avec celui des horloges situées sur Terre.

Le temps varie

Le temps, en effet, ne s'écoule pas partout de la même manière, plus vite en altitude, plus lentement au niveau de la mer. Même si nous ne nous en rendons pas compte, cette différence est cependant mesurable avec des horloges de grande précision. Ainsi, en 2010, des chercheurs du NIST (l'institut américain des normes et de la technologie) étaient parvenus à mesurer la différence d'écoulement du temps entre 2 marches d'escalier (33 cm). Verdict: 90 milliardièmes de seconde de différence sur une vie de 79 ans ! Cette variation du temps est une intuition géniale (une de plus) que l'on doit à Einstein lorsqu'il s'est mis à étudier la gravité. Et a imaginé que 2 masses s'attirent en agissant graduellement l'une l'autre sur ce qui existe entre elles. Et qu'y-a-t-il entre une étoile et



Vue d'artiste représentant l'étoile S2 orbitant autour du trou noir central de notre galaxie. Plus l'étoile est proche du trou noir, plus son rayonnement nous apparaît décalé vers le rouge.

une de ses planètes par exemple ? L'espace et le temps. Donc la gravitation agit sur l'un comme sur l'autre. Chaque corps modifie l'espace et le temps autour de lui (il courbe l'espace-temps); chaque masse ralentit le temps dans son voisinage, phénomène qui dépend notamment de la distance qui sépare les 2 masses. Et lorsque ce «corps» est une étoile ou une planète, cela compte. La terre ralentit donc le temps davantage en plaine qu'en montagne puisque les sommets sont «plus loin» du centre de notre planète que le bord de mer. Et davantage au rez-de-chaussée qu'au dernier étage d'un immeuble. Pour vieillir moins vite, il faut vivre en bord de mer !

Notons aussi que le ralentissement du temps influe sur le mouvement des corps; c'est même ce qui les fait tomber les uns vers les autres (et nous maintient à la surface de la Terre !). Là où le temps s'écoule uniformément (dans l'espace loin de toute attraction d'un corps ou d'un autre), les objets ne «tombent» pas.

Problème d'horloges

On voit de suite que la vérification expérimentale de l'intuition d'Einstein demande de franchir 2 obstacles: il faut mesurer le temps de manière très précise (il faut des horloges d'une grande précision) et il faut arriver à synchroniser au moins 2 de ces horloges de manière la plus parfaite possible. Deux obstacles franchis aujourd'hui, notamment grâce à la précision des horloges atomiques. Et, tout aussi intuitivement, on se dit que si on veut obtenir une mesure de la différence de temps la plus précise possible, il est sans doute plus simple de le faire avec des horloges très éloignées l'une de l'autre (même si, on l'a vu, il est aujourd'hui possible d'établir une différence d'une marche d'escalier à une autre). En physique, on dit que chaque horloge a son «temps propre»; on

ne décrit pas comment les choses évoluent «dans le temps» mais bien comment elles évoluent dans leur temps (propre) et comment ces temps évoluent les uns par rapport aux autres.

Les chercheurs français ont donc comparé le temps donné par les horloges embarquées sur les satellites et celles situées dans leur laboratoire (1). Un tel test avait déjà été réalisé auparavant, en 1976 avec une sonde de la NASA, *Gravity Probe*, lancée à 10 000 km d'altitude. Tests qui avaient confirmé la théorie d'Einstein, comme d'ailleurs tous les autres dans la suite. Ici, l'expérience est encore plus fine car la distance des satellites à la Terre varie puisqu'ils ne sont pas sur une orbite circulaire. Donc, lorsque le satellite s'éloigne, on doit constater que le temps s'écoule plus vite et à l'inverse, lorsqu'il se rapproche de la Terre, le temps ralentit. Faut-il préciser que c'est bien ce que les scientifiques ont observé, avec une précision 5 fois supérieure au test de *Probe* ?

Les longueurs aussi

Si un objet massif déforme l'espace-temps dans son voisinage, il déforme donc le temps comme on vient de le voir... mais aussi l'espace: les longueurs sont dilatées du point de vue de l'observateur. Par conséquent, les longueurs d'onde des rayonnements émis par un objet soumis à une telle déformation sont également modifiées, augmentées. C'est-à-dire décalées vers le rouge. Précisons bien cependant que ce décalage n'a rien à voir avec le décalage vers le rouge qu'on rencontre dans l'effet Doppler: il s'agit là d'un décalage dû à un mouvement relatif entre source et observateur (la modification du son d'une sirène par exemple selon que l'ambulance qui l'émet se rapproche ou s'éloigne de vous). Dans le cas qui nous occupe, il s'agit d'un décalage dit gravitationnel, dû à la présence d'un objet supermassif, en l'occurrence *Sagittarius A**, le trou noir d'environ 4 millions de masses solaires qui occupe le centre de notre galaxie. Depuis 2003, des astrophysiciens observent le rayonnement émis par l'étoile S2 qui orbite autour du trou noir de manière très elliptique, ce qui fait que lorsqu'elle est au plus près de celui-ci, elle n'en est éloignée que de 120 distances moyennes Terre-Soleil (soit environ 20 milliards de km), distance minimale que S2 a atteint en 2018. Une étoile aussi proche d'un objet aussi massif est une occasion en or pour observer le décalage vers le rouge du rayonnement émis par l'étoile, ce que les chercheurs n'ont pas manqué de faire (2). Ici aussi, on devine le résultat: les observations sont compatibles avec un effet relativiste dû au champ gravitationnel du trou noir. Une fois de plus, la théorie générale de la relativité résiste à tous les tests. 📌

(1) P. Delva et al., *A gravitational redshift test using eccentric Galileo satellites*, *Physical Reviews Letters*, 4 dec 2018.

(2) R. Abuter et al., *Detection of the gravitational redshift in the orbit of the star S2 near the Galactic centre massive black hole*, *Astronomy & Astrophysics*, vol. 615, july 2018.



Bio News

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

PHOTOS : © KURAPY (P. 40), SILKE BARON/FLICKR (P.42), TAMBAKO THE JAGUAR/FLICKR (P.43)

Toc, toc !?

Les plantes carnivores ont leurs amateurs et les multiples «foires aux plantes» savent leur faire honneur. Il est vrai qu'il est surprenant de voir des végétaux se nourrir d'insectes et se comporter en «carnivores», optant de manière exclusive pour les protéines animales.

Les processus métaboliques impliqués sont de mieux en mieux étudiés. Pour preuve, cet article qui porte sur la Dionnée attrape-mouche (*Dionaea muscipula*), une des plus communes. Ce qui a motivé les chercheurs était découvrir quels stimuli sont nécessaires pour actionner le mouvement de fermeture des valves d'abord, pour sécréter les sucs digestifs ensuite. Pour le savoir, ils ont «mimé» les impulsions apportées par des insectes quand ils se posent sur la plante

et quand ils se débattent ensuite pour s'échapper de ce piège qui leur colle aux pattes. De telles impulsions sont ressenties par des mécanorécepteurs qui déclenchent un potentiel d'action dès la seconde stimulation, permettant la fermeture des valves. La mobilisation mécanique des poils sensoriels par l'insecte qui se débat pendant les heures qui suivent ne fait que renforcer cette fermeture.

Dès la 5^e vibration induite, une chaîne réactionnelle impliquant l'acide jasmonique active les gènes qui codent pour des hydrolases, les enzymes appelées à dégrader les tissus de la proie. Cette activation est d'autant plus importante que le nombre des secousses est grand et leur magnitude élevée. Normal: plus un insecte est gros, plus sa cuticule est épaisse et plus elle est difficile à digérer. La suite implique des voies de dégradation activées par l'ion sodium contenu par les tissus de l'insecte. C'est net, efficace, «chirurgical». Et c'est surtout la seule solution que la plante, qui pousse sur des sols pauvres, a trouvé pour pouvoir se nourrir et survivre ! ^A

► **Current biology.**
[http://www.cell.com/current-biology/
fulltext/S0960-9822\(15\)01501-8](http://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(15)01501-8)

Ce sucre qui dérange

S'il est un produit de consommation courante qui dérange nombre de nutritionnistes, c'est bien le sucre; parce qu'il est abondant dans l'alimentation - généralement de manière cachée - et qu'il n'est pas forcément «consommé», faute d'une dépense physique adaptée. Or, le sucre alimentaire est le plus souvent du saccharose, un dimère constitué d'une molécule de glucose et d'une autre de fructose. Si la première citée suit une métabolisation assez directe, la seconde n'est pas catabolisée de la même façon par le foie et peut se retrouver sur une voie de stockage. L'option à prendre est donc en principe simple: réduire son apport alimentaire de sucre et/ou l'utiliser comme carburant immédiat d'une dépense physique adaptée.

Le procès fait aujourd'hui au produit «sucre» amène à oublier 2 choses: qu'il est naturellement présent dans nombre d'aliments «naturels» d'abord et qu'après assimilation, il est source dans notre organisme des ATP (adénosine triphosphate), notre carburant cellulaire.

Tout le sucre alimentaire ne tient évidemment pas au seul saccharose. À ce titre, on peut évoquer la présence du tréhalose, qui attire l'attention de nombreux chercheurs depuis quelque temps déjà. Comme le saccharose, il est fait de 2 molécules (c'est donc un dimère), mais il associe cette fois 2 molécules de glucose et non un glucose et un fructose. Cela change un certain nombre de paramètres et en particulier, le fait qu'il est nettement moins calorique. D'où l'idée de l'utiliser comme produit sucrant dans des aliments préparés. Deux réserves sont toutefois à faire à son propos dans cet usage: il reste un sucre et à cet égard, doit attirer l'attention des diabétiques et il peut aussi, comme le lactose, provoquer des intolérances.

S'il trouve sa place dans cette chronique, c'est surtout en raison d'une autre propriété qui en



fait un sujet intéressant pour la recherche. Par simple effet de concentration cellulaire, il permet à des micro-organismes ou à des cellules isolées dans l'environnement de résister au stress d'une dessiccation (suppression de l'humidité) très poussée ou d'une salinité élevée. Le thème est intéressant en matière de biologie fondamentale ou dans le registre de la résistance cellulaire au froid, mais ça l'est moins dans un registre biomédical. On attribue en effet au tréhalose la faculté qu'ont certains pathogènes de résister à des traitements normalement prévus pour les éradiquer. En première ligne: Clostridium difficile, un germe nosocomial qui provoque des diarrhées chez des patients sous antibiotiques et qui tire son énergie du tréhalose, précisément.

Le saccharose dont on fait, par raccourci, un «poison» alimentaire est d'abord un produit naturel qui ne devient poison que par l'effet conjugué d'une surconsommation et d'une non métabolisation. Vouloir le remplacer, dans les aliments préparés, par un substitut moins énergétique comme le tréhalose n'est pas forcément une mauvaise idée en soi, mais ne fait que déplacer le problème dans d'autres registres. Autant le savoir et y être attentif. 

► **Environ.Microbiol. 2018; 10.1111/1462-2920.13987**



BIO ZOOM

Le quokka est un petit mammifère d'Australie appartenant à la famille des macropodidés, tout comme les kangourous. Il est cependant beaucoup plus petit que son cousin puisqu'il mesure une cinquantaine de centimètres (sans la queue) pour 3 à 5 kg. Herbivore, il se met en quête de nourriture essentiellement la nuit. La journée, il se repose en compagnie de son groupe, qui peut compter jusqu'à 100 individus et est mené par quelques mâles dominants. Les extrémités de sa bouche forment naturellement une sorte de sourire, ce qui lui a valu le titre «d'animal le plus heureux du monde».



Avons-nous vraiment besoin de dormir ?

Même si nous n'en maîtrisons pas encore toutes les raisons, nous savons que nous avons tous besoin de sommeil. C'est une nécessité physiologique qui supporte quelques variations individuelles mais qui semble incontournable, y compris pour l'ensemble des mammifères. Le meilleur moyen de faire mourir une souris «en bonne santé» est par exemple de l'empêcher de dormir plus de 3 jours (l'animal est nocturne). Mais une question se pose: quand ce besoin est-il apparu dans l'échelle évolutive ?

Pour prendre de la marge avec les mammifères, des chercheurs se sont intéressés à un groupe animal qui en est bien éloigné: celui des méduses. Ils ont enregistré, de façon longitudinale, les contractions rythmiques de 23 espèces du genre *Cassiopea* et ont constaté que si le jour, la fréquence est de 60 par minute, elle chute à 39 pendant la nuit. Il y aurait donc, pour ce groupe animal-là aussi, un besoin de ralentir l'activité à défaut de l'arrêter complètement. Pour s'en convaincre, les scientifiques ont, pendant la nuit, agité toutes les 20 min l'eau des bassins d'élevage, pendant 6 à 12 h. Résultat: les méduses se sont montrées nettement moins fringantes le lendemain, à en juger par la fréquence moindre de leurs contractions. Cette observation assez surprenante tend à montrer que cette période de «récupération» est une nécessité déjà objectivable dans un groupe taxonomique placé assez bas dans l'échelle évolutive. Raison de plus, pour les humains qui en doutaient encore, de respecter autant que possible ce nécessaire ressourcement physiologique. ^A

► Science, 2017; 357: 1333

Du plastique encore et encore

La problématique des déchets plastiques dans les mers et océans est aujourd'hui bien connue et fait naître depuis quelques années des projets de traitement qui visent à la réduire, sinon à l'éradiquer. Encore qu'il restera à déterminer les pays qui vont en assurer la prise en charge financière.

Dans l'intervalle, les recherches sur le sujet se multiplient et alimentent les pages de revues scientifiques. Une des plus récentes a visé à établir la présence de fibres de matière plastique dans les matières fécales de poissons (le maquereau *Scomber scombrus*) et celles d'un de ses prédateurs, le phoque gris (*Halichoerus grypus*). Le résultat de ce dénombrement porte à 1 à 4 le nombre de fibres de polyéthylène (surtout) présentes dans les rejets digestifs de 1/3 des poissons et de la moitié des prédateurs. Passer d'un 1/3 à un 1/2 prouve qu'il y a une réelle concentration des polluants à mesure qu'on s'élève dans l'échelle trophique. Logique d'une certaine façon. Si le constat n'a déjà rien de réjouissant en soi, il peut alarmer avec raison. Mais il faut toutefois - pour le moment et sur base de cette seule information - en relativiser la portée. D'abord, les fibres polluantes sont (encore) en nombre réduit et elles sont en voie d'élimination par les animaux qui les ont ingérées. Ce qui est déjà un peu rassurant dans l'état actuel des choses.

L'information permet également de fournir une valeur de référence. Si des efforts objectifs sont faits dans un avenir proche pour réduire l'émission et la dispersion des matières plastiques dans l'environnement - dans les mers et océans en particulier - on pourra, en usant du même type d'évaluation, mesurer l'impact des mesures prises. Pour les consommateurs du haut de l'échelle alimentaire, en tout cas. Reste à voir l'impact du même type de pollution sur les oiseaux et sur les groupes animaux moins mobiles. Tiens ! A-t-on eu l'idée de rechercher la présence des mêmes fibres de matière plastique dans les matières fécales d'humains, qu'ils habitent chez nous ou sur les décharges du Caire, de New Delhi ou d'ailleurs ? On serait peut-être surpris du résultat. Mais cela ne justifie en aucun cas que cette pollution s'amplifie ou même se poursuive, surtout que ses effets métaboliques sont aujourd'hui de plus en plus évidents et documentés. ^A

 Environ. Pollut. 2018; <http://doi.org/ck27>

Le crotale jardinier

Tous les amateurs de westerns ou d'émotions fortes connaissent le redoutable crotale, plus communément appelé serpent à sonnette; une «sonnette» constituée d'une succession d'anneaux à l'extrémité du corps et qui, sous l'effet d'une agitation, rendent un son spécifique qui signale la présence de l'animal à d'éventuels prédateurs, sinon à l'une ou l'autre victime. C'est plutôt une bonne disposition pour l'homme car le venin de ce vipéridé, très toxique et douloureux, s'avère mortel si le sujet mordu ne reçoit pas rapidement l'antidote.

Voilà pour le rappel des caractéristiques pas très réjouissantes de l'animal. Si elles peuvent mordre une cheville humaine indélicate qui a malencontreusement dérangé leur sommeil, les espèces du genre *Crotalus* font plutôt leur ordinaire de ce qu'elles trouvent dans les zones désertiques qu'elles fréquentent, et en particulier des petits rongeurs comme la souris. Or, ces rongeurs consomment des éléments végétaux en tous genres, tels que des graines diverses qui sont normalement dégradées au cours du transit digestif. Sauf lorsque ce transit ne peut pas être finalisé; quand, par exemple, la souris qui les a consommées est avalée par un crotale, qui en fait de la chair à bouillie. Ce qui présente une particularité sans doute marginale dans ce contexte de prédation tient à ce qui suit: des graines présentes dans le tube digestif du rongeur se retrouvent dans celui du serpent qui n'est pas équipé des enzymes permettant de les dégrader. Résultat: elles sont éliminées

par le prédateur avec les autres reliefs qu'il ne peut également digérer. Et c'est comme ça que le redoutable serpent, qui n'a évidemment pas conscience de son rôle environnemental, participe à la dissémination d'espèces végétales dans un espace désertique qui en a sans doute bien besoin.

Il s'agit, on l'aura compris, d'une contribution bien modeste; les auteurs de l'étude qui a mis en lumière cette fonction particulière du crotale, ont retrouvé 971 graines dans l'intestin de 50 spécimens de l'animal, détenus dans des musées. Cela fait donc près de mille possibilités potentielles de germination ensuite et on sait à quel point les graminées - si les graines en sont issues - ont la possibilité de se multiplier quand les conditions leurs sont favorables. Toute contribution, aussi modeste qu'elle soit, est donc appréciable. Et celle du crotale, ignorée jusqu'ici en est une. On s'en souviendra, dorénavant, tout en tenant ce disséminateur occasionnel à bonne distance ! ⁴



► Proc. R. Soc. 2018; B 285, 20172755

Les bruits étranges de la savane

On connaît bien l'hyène, ce carnivore prédateur et charognard, grand nettoyeur de la savane africaine. On connaît moins le lycaon, qui occupe pourtant la même niche écologique. C'est un canidé, cousin du chien par conséquent, dont il a l'allure générale. Au titre de signes particuliers, on le reconnaît à sa robe tachetée multicolore (jaune, brune, blanche et noire), ses grandes oreilles arrondies et son cri discret plutôt plaintif. Comme la hyène, il vit en bandes structurées menées par un couple dominant, le couple alpha. Cette structuration sociale est importante; la meute peut atteindre plusieurs dizaines d'individus dont la survie tient à la réussite des opérations de groupe, tant dans la recherche de nourriture que dans l'absence de guerres intestines.

La cohésion est assurée par des signes assez classiques; outre la soumission au couple dominant, on sait que l'odeur assez forte (et pas très agréable) de l'animal y contribue, de même, pense-t-on, que le dessin formé par les taches apparemment aléatoires du pelage. Dans ce contexte, l'observation attentive de quelques-uns de ces groupes très sociaux a permis de mettre en évidence une réalité qui avait jusqu'ici échappé aux spécialistes du comportement. Il apparaît qu'avant de se lancer dans l'attaque d'une proie, une forme de consentement du groupe est demandée. Comment la question est posée reste évidemment du domaine du comportement animal. Mais on sait comment les lycaons donnent leur aval: il est manifesté par un éternuement. Et c'est l'avis d'une majorité qui l'emporte. Étonnant ? Sans doute, et apparemment efficace pour la cohésion du groupe. De plus, ce genre de manifestation est plutôt discrète dans l'espace ouvert qu'est la savane et où les ouïes sont en général bien affûtées.

Le comportement animal est, à bien des égards, singulier. Le vote par éternuement du lycaon en fait partie. Mais qu'on n'y voie pas une idée à mettre en pratique chez les humains. La main levée ou le bulletin dans l'urne, ça marche tout aussi bien ! ⁴

► Proc. R. Soc B10.1098/rspb.20170347 (2018)



À la Une du cosmos

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



L'objet 2018 VG18 est le plus lointain découvert dans le Système solaire, à 120 fois la distance Terre-Soleil - il a été nommé «*Farout*» (*très loin*, en anglais).

PHOTO: CARNEGIE



Du nouveau sur les trous noirs. Le télescope spatial européen *XMM-Newton* a observé un trou noir, ASASSN-14li, en train d'avaler une étoile. La lumière émise par la mourante permet de conclure que le trou noir tourne à la moitié de la vitesse de la lumière. En parallèle, l'étude d'une éruption de rayons X (et ses échos) en provenance du trou noir MAXI J1820+070 ont permis de comprendre leur origine: une couronne de matière ultra-chaude entourant le trou noir.

PHOTO: XMM



Arrivée pour de nombreuses sondes !
 ❶ La sonde *Osiris-Rex* s'est mise en orbite autour de l'astéroïde Bennu et y révèle la présence de radicaux hydroxyles, ce qui suggère que l'astéroïde parent, beaucoup plus grand, a contenu de l'eau. ❷ La sonde martienne *InSight* est arrivée sans encombre et enregistre pour la première fois le bruit du vent martien. ❸ Après sa balade près de Pluton, la sonde *New Horizons* a survolé la lointaine Ultima Thule, en forme de bonhomme de neige... ❹ On en avait des photos depuis 1959, mais on ne s'y était jamais posé: la sonde *Chang'e-4* a atterri sur la face cachée de la Lune !

PHOTO: NEW HORIZONS



À seulement 6 années-lumière, l'étoile de Barnard est une voisine. Vingt ans d'observations ont permis d'y découvrir une super-terre, 3 fois plus massive que notre planète et avec une «année» de 233 jours. Reste à déterminer ses propriétés. Il ne faut cependant pas s'emballer et se préparer à déménager. L'étude du disque protoplanétaire autour d'une autre naine rouge, AU Mic, ne donne pas de très bonnes nouvelles pour l'habitabilité exoplanétaire autour de ce genre d'étoile: le disque s'érode trop vite, laissant les planètes rocheuses sans eau, et en plus l'activité de l'étoile est trop forte...

PHOTO: ESO - VUE D'ARTISTE



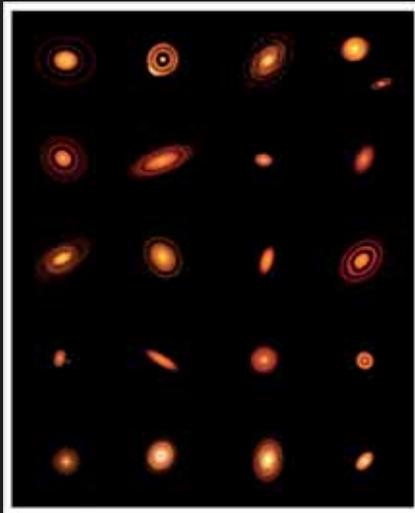
Le vent violent émis par une étoile massive jeune dans la nébuleuse d'Orion entrave à court terme la formation stellaire dans la région, mais en poussant la matière, il prépare aussi le terrain pour une future génération d'étoiles...

PHOTO: SOFIA



Beaucoup de composés ont été détectés sur Mars, mais deux ont beaucoup fait parler d'eux récemment, en raison de leur lien avec une activité biologique (ou pas). Il y avait la détection de perchlorates... mais en fait une nouvelle analyse montre que ces détections seraient dues à une correction imparfaite des données. De même, l'aventure de la détection controversée du méthane connaît un rebondissement: un instrument en partie belge à bord de la sonde *TGO* n'a rien trouvé - l'émission serait-elle intermittente ?

PHOTO: ESA



Le radiotélescope *ALMA* a étudié des étoiles jeunes dans la constellation du Taureau: un peu moins de la moitié d'entre elles présentent un disque protoplanétaire avec des anneaux et des trous suggérant la présence de planètes (probablement des Neptune ou super-Terre). En plus, d'autres observations suggèrent que les planètes se forment rapidement et une analyse du néon terrestre semble corroborer la chose.

PHOTO: ALMA



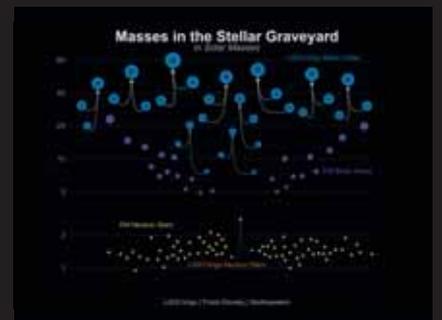
Saturne détruit ses anneaux à un rythme qui conduira à leur disparition en moins de 100 millions d'années.

PHOTO: CASSINI



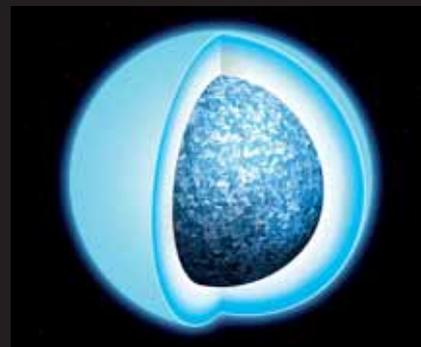
Des rainures strient la surface de Phobos, une des lunes martiennes: ce serait dû à des rochers en balade.

PHOTO: MRO



Quatre nouvelles détections d'ondes gravitationnelles ont été annoncées, portant leur nombre à 10. Neuf d'entre elles correspondent à la fusion de trous noirs stellaires et la dixième à la fusion d'étoiles à neutrons.

PHOTO: LIGO/VIRGO



La sonde européenne *GAIA* fournit de nombreux résultats. Ainsi, elle montre que la Voie Lactée a fusionné avec une autre grande galaxie il y a une dizaine de milliards d'années. Elle découvre une nouvelle galaxie satellite de la Voie lactée, Antlia 2, un objet aussi grand mais 10 000 fois moins lumineux que le Grand Nuage de Magellan. Enfin, elle a trouvé de nombreux cadavres de soleils, des naines blanches, avec des caractéristiques particulières: ces objets sont en fait en train... de cristalliser !

PHOTO: ESA - VUE D'ARTISTE



La comète 46P/Wirtanen est passée à moins de 12 millions de kilomètres de la Terre en début décembre, ce qui a permis de l'étudier en détail. Son noyau fait seulement 1,4 km de diamètre et de nombreux gros grains se trouvent autour de lui.

PHOTO: NASA



Quoi de neuf dans l'espace ?

La navigation par satellites, initiée il y a 4 décennies par le Département américain de la Défense, constitue l'activité la plus lucrative de la conquête spatiale. Elle fait appel au déploiement, avec mise à jour régulière, de constellations de navsats (navigation satellites) équipés d'horloges atomiques ultra-précises. Désormais, elle est bien présente dans notre quotidien et a donné lieu à une multitude d'applications sous la forme de services à valeur ajoutée sur l'ensemble de la planète. Les retombées commerciales du GPS sont chiffrées à des dizaines de milliards d'euros, rentabilisant aisément l'investissement public dans les systèmes de navigation spatiale

TEXTE: THÉO PIRARD | PHOTO: ©ESA-P. CARRIL

À 3 reprises, 4 satellites européens de navigation *Galileo* ont été lancés ensemble par *Ariane 5* avec succès.

Les signaux émis en permanence par les navsats permettent en permanence de se positionner instantanément, de mesurer les mouvements de la surface terrestre, de rentabiliser l'exploitation des sols, d'évaluer la dégradation de l'environnement, de contrôler la sécurité des infrastructures...

Les Américains n'ont pas le monopole du Gps, même s'ils se réservent l'emploi exclusif, à des fins militaires, de signaux cryptés. Qu'en est-il des concurrents dans le monde ?

On a une demi-douzaine de systèmes qui totalisent une centaine de navsats opérationnels, la majorité évoluant en orbite moyenne entre 19 000 et 24 000 km.

- Le *Gps* américain met en œuvre une flotte de 31 satellites, dont le plus ancien sert depuis 25 ans !
- Le *Glonass* russe compte 26 satellites en service, qui sont régulièrement remplacés par des modèles améliorés.
- Le système chinois *Beidou/Bds* mise sur la dimension globale pour 2020 avec une constellation d'au moins 30 satellites.
- Le *Galileo* européen, géré depuis Prague par la *GSA (European Gns/Global navigation satellite system Agency)*, est financé par la Commission européenne et réalisé par l'*ESA (European Space Agency)* avec l'industrie européenne.

22 satellites sont opérationnels et 8 autres sont en développement pour achever une constellation complète offrant des services de haute précision.

Il existe 2 systèmes régionaux avec des satellites opérationnels de navigation à quelque 36 000 km:

- Le Qzss (*Quasi-Zenith Satellite System*) japonais consiste en 4 satellites qui permettent une localisation de moins d'1 m sur l'Océan Pacifique.
- Le Navic indien comprend 7 satellites pour des services de géo-positionnement en Inde.

Galileo est un programme innovant de l'Union européenne. Mais quid de son avenir avec le Brexit du Royaume-Uni ?

L'industrie britannique se trouve fort impliquée dans la production des charges utiles des satellites *Galileo*. Avec leur retrait de l'Union, les Anglais ne pourront plus avoir accès au système européen pour les signaux gouvernementaux sécurisés. La Commission, dans son budget 2021-2027, doit prévoir le financement des navsats de nouvelle génération. Ce sont 9,7 milliards d'euros qui sont envisagés dans une première proposition. Mais sans la contribution du Royaume-Uni, l'investissement européen dans *Galileo* va faire l'objet de débats difficiles.

La géo-localisation ne peut plus se passer des satellites. Leur exploitation efficace repose sur une importante infrastructure terrestre. Quel rôle joue la Belgique pour *Galileo* ?

À l'échelle globale, la mobilité va devenir de plus en plus autonome. À bord des véhicules au sol, avec les avions dans les airs, les bateaux sur les mers. Désormais incontournable, le géo-positionnement depuis l'espace doit être garanti «on ne peut plus fiable». Ce qui nécessite des moyens au sol pour, en permanence, surveiller la qualité des signaux et calibrer les mesures de temps. La commune de Libin (province de Luxembourg) joue un rôle essentiel avec 2 implantations:

- L'ESEC (*European Space Security & Education Centre*) de l'ESA près du village de Redu est équipé pour les tests sur orbite de chaque satellite *Galileo* après son lancement;
- Avec le *Galileo ILS (Integrated Logistics Support) Centre*, dans le parc d'activités industrielles de Transinne en bordure de l'autoroute E411, la société *Vitrociset Belgium* est chargée de la logistique des stations qui, dans le monde, veillent au parfait fonctionnement de la constellation. 

MAIS ENCORE...

L'UCL à la mode des Cubesats du futur.

Louvain4Space, sous l'impulsion de la professeure Véronique Dehant, a pour but de fédérer académiques, scientifiques et étudiants de l'Université autour d'une activité dans le domaine spatial. Ses membres prônent des activités transversales dans la réalisation d'une mission de nano-satellite. *Luna (Louvain University Nanosat)* a pour objectif, dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire et à des fins éducatives, de réaliser une très petite plateforme multi-mission avec plusieurs instruments à bord. Il permettra de transférer aux étudiants la passion du spatial, de les attirer vers des métiers à la pointe de la technologie. Ce sera l'occasion pour les chercheurs de donner vie à des expériences innovantes de façon économique. Les entreprises sont invitées à s'investir dans *Louvain4Space* dans le cadre d'un partenariat pour des nano-satellites peu coûteux qui donnent accès à l'espace.

Prélever des échantillons sur les astéroïdes.

Deux missions sont actuellement en cours près de 2 astéroïdes, ces témoins rocheux des origines du système solaire:

- La sonde japonaise *Hayabusa-2* évolue autour de l'astéroïde Ryugu depuis juin 2018. Elle a fait arriver sur son sol 2 nano-rovers et le micro-atteigneur franco-allemand *Mascot* qui ont transmis des vues d'un paysage accidenté. Au début de 2019, elle va recueillir des spécimens de sa surface lors de 2 approches délicates. Son retour vers la Terre est prévu en décembre 2020: une capsule avec les précieux échantillons doit revenir dans le désert australien.
- La sonde américaine *Osiris-Rex* est arrivée le 3 décembre 2018 près de l'astéroïde Bennu (qui se rapproche tous les 6 ans de la Terre). Elle vient d'y faire la découverte de traces d'eau. En juillet 2020, elle doit procéder à 3 tentatives de prélèvements du sol - entre 60 g et 2 kg - qui seront stockés dans une capsule. Celle-ci doit atterrir dans le désert de l'Utah en septembre 2023.

La LSA, vous connaissez ?

Le 12 septembre 2018, le Grand Duché s'est doté de son agence spatiale ou LSA (*Luxembourg Space Agency*). Elle a pour but de gérer la participation aux activités de l'ESA (*European Space Agency*). Surtout, elle doit soutenir l'action du gouvernement dans le cadre de l'initiative *SpaceResources.lu*, qui entend être à l'avant-garde de la créativité. Le Luxembourg, faisant preuve d'originalité en Europe, a décidé de s'engager financièrement, via un effort public-privé, dans le mouvement du *NewSpace*, qui vise la privatisation du domaine spatial. Il s'agit d'attirer sur son territoire de nouvelles entreprises qui se lancent dans l'exploitation de l'espace avec des systèmes innovants. Il est notamment question d'aller prospecter les richesses minières sur les astéroïdes. Plusieurs sociétés ont manifesté leur intérêt en créant des filiales luxembourgeoises.



Préparation du lanceur *Longue Marche-7/CZ-7* sur le complexe de l'île de Hainan.

LE MADE IN CHINA, bientôt n°1 spatial ?

L'actualité spatiale de 2018 est marquée par un nombre record de lancements chinois de satellites. Ce sont 38 succès - en moyenne, plus d'1 tous les 10 jours - qui sont à l'actif des lanceurs de la Chine, ce qui démontre le rôle influent, désormais incontournable, de Pékin dans le nouveau monde de l'espace. Rien d'étonnant: nous vivons sous l'emprise chinoise au sein d'une société globale de plus en plus à la mode du «*Made in China*»...

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

qui a pris, depuis mars 2013, la tête d'un Parti Communiste autoritaire et prône un sentiment nationaliste exacerbé.

Il y a 50 ans, Moscou et Washington se disputaient la Lune comme enjeu d'une guerre froide. Noël 1968 fut marqué par l'historique réveillon, autour de notre satellite naturel, de 3 astronautes de la NASA. La Chine de Mao Zedong (1893-1976) subissait alors une guerre civile, dite «révolution culturelle prolétarienne», qui aurait fait 3 millions de morts (chiffre non officiel). Cet épisode dramatique d'anarchie consacre la puissance de l'Armée Populaire de Libération, qui remet de l'ordre dans le pays. C'est elle qui, le 24 avril 1970, réussit avec l'un de ses missiles le lancement du premier satellite chinois, le *Dong Fang Hong-1*. Si bien que chaque 24 avril, Pékin célèbre la journée annuelle de l'astronautique en Chine.

Un apprentissage éclair

De cette période trouble, qui prend fin au décès de Mao en 1976, émerge une élite de dirigeants communistes favorable à l'économie de marché et une ouverture sur le monde capitaliste. C'est Deng Xiaoping (1904-1997) qui place la Chine communiste sur l'orbite du business global. Avec le bilan surprenant que l'on enregistre aujourd'hui pour les produits «*Made in China*». Le virage initié voici 30 ans va se poursuivre à l'ère de Xi Jinping. La

Une métamorphose qui a pris à peine 3 décennies pour s'imposer. Et ce n'est pas fini: l'Empire du Milieu, avec plus de 1,4 milliard d'habitants, entend bien être leader mondial en 2049 pour le centenaire de la République populaire de Chine. C'est l'objectif de l'actuel Président Xi Jinping

présence chinoise au-dessus de nos têtes pour les systèmes et services spatiaux est en train de se renforcer par le biais d'entrepreneurs privés compétitifs. En tirant parti du potentiel scientifique et technologique des instances gouvernementales, les acteurs du spatial chinois vont faire preuve d'efficacité et user de perspicacité. Surtout qu'ils sont des milliers d'ingénieurs, chercheurs et étudiants à se montrer réactifs et innovants dans la technologie des lanceurs et des satellites.

Au départ, le programme spatial de la Chine était plutôt modeste, sous le contrôle d'institutions à caractère militaire et sous l'autorité du Parti Communiste. La puissante société d'État CASIC (*China Aerospace Science & Technology Corporation*) gère, via des académies, instituts et entreprises de haut niveau, les activités de développement aérospatial en Chine. Et ce, sous le joug de la *Sastind* (*State Administration of Science, Technology & Industry for National Defence*). Par ailleurs, le CASIC (*China Aerospace Science & Industry Corporation*), fort de ses activités militaires, démontre un savoir-faire pour l'espace. Rapidement et sous l'impulsion de Deng Xiaoping, le programme spatial chinois a pris de l'importance pour les systèmes d'applications, en étant à la fois outil de prestige national et tremplin de business global.

L'appareil militaro-industriel centré sur Pékin avec la CAST (*China Academy of Space Technology*) et sur Shanghai avec la SAST (*Shanghai Academy of Spaceflight Technology*) s'est lancé dans le développement des satellites pour les télécommunications et la télévision (plateformes DFH), pour la télédétection, la météorologie, l'océanographie pour la navigation (constellation *Beidou*). Ces satellites poursuivaient un objectif national. Mais le monde des affaires n'est jamais loin: la CGWIC (*China Great Wall Industry Corporation*) était chargée de commercialiser les satellites dans le monde. Avec la livraison sur orbite de systèmes clés en mains pour le Brésil, le Venezuela, le Nigéria, le Pakistan, la Bolivie, le Laos, le Bélarus, l'Algérie... Le constat est là: la Chine s'affirme comme la 2^e puissance dans l'espace, après les États-Unis, mais avant l'Europe et la Russie.

Un acteur qui compte

Pour faire face à une demande croissante de lancements, la CALT et la SAST ont mis en œuvre une 1^{re} génération de fusées *Longue Marche* ou CZ (*Chang Zheng*) basées sur la technologie des premiers missiles intercontinentaux chinois. Les variantes CZ-2, CZ-3 et CZ-4 utilisent 2 ou 3 étages propulsés par des moteurs employant des ergols toxiques (péroxyde d'azote, diméthylhydrazine). Les CZ-3, dont le concept rappelle celui des

Ariane 4 européennes, sont équipées d'un étage à propulsion cryogénique (oxygène et hydrogène liquides). Leur exploitation se fait à partir d'infrastructures sous contrôle militaire sur les sites de Jiuquan, de Xichang et de Taiyuan.

Avec la commercialisation des systèmes spatiaux voulue par Deng Xiaoping, la Chine a cherché à mettre un pied sur le marché du transport spatial avec des lanceurs bon marché. Mais les États-Unis l'ont freinée dans son élan en imposant les restrictions *Itar* (*International Traffic in Arms Regulations*): pas question que puisse transiter sur le territoire chinois un satellite doté du moindre composant de conception américaine ! Cette interdiction a permis d'empêcher la montée en puissance d'une concurrence sérieuse pour les *Delta* et *Atlas* américains, les *Ariane* d'Europe, les *Soyouz* et *Proton* de Russie. Qu'en sera-t-il à l'avenir ?

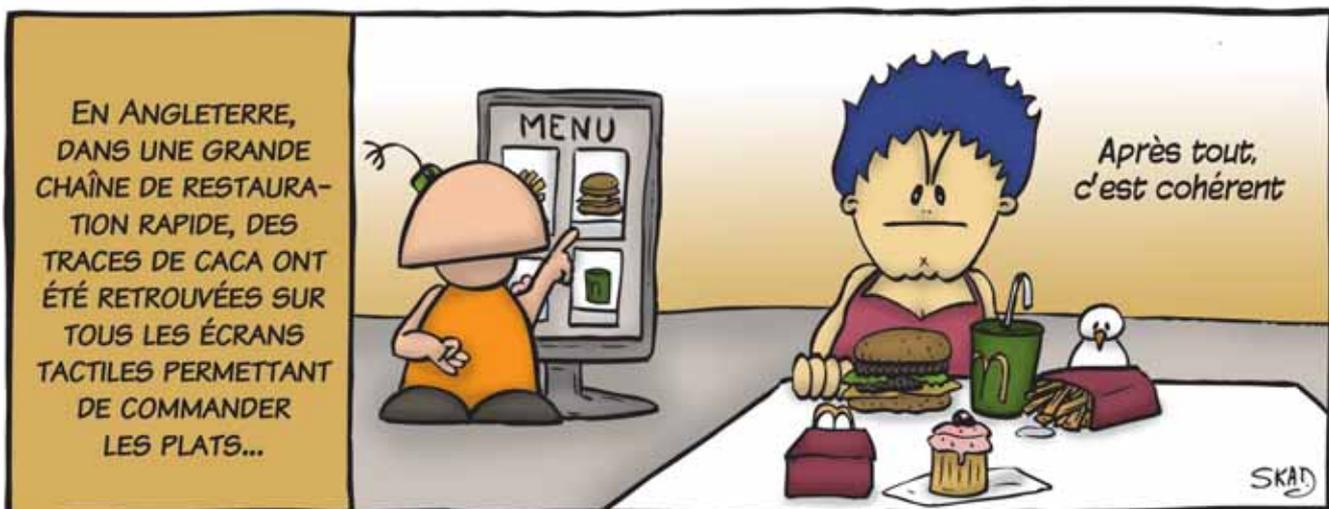
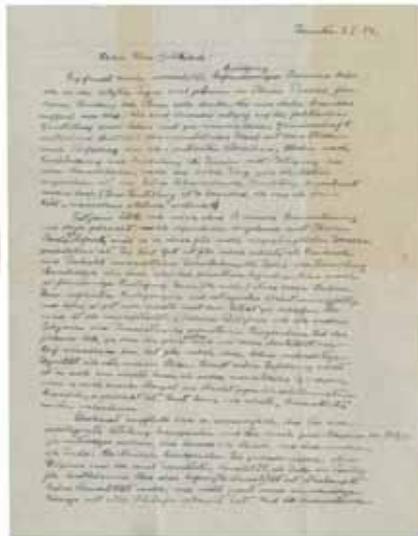
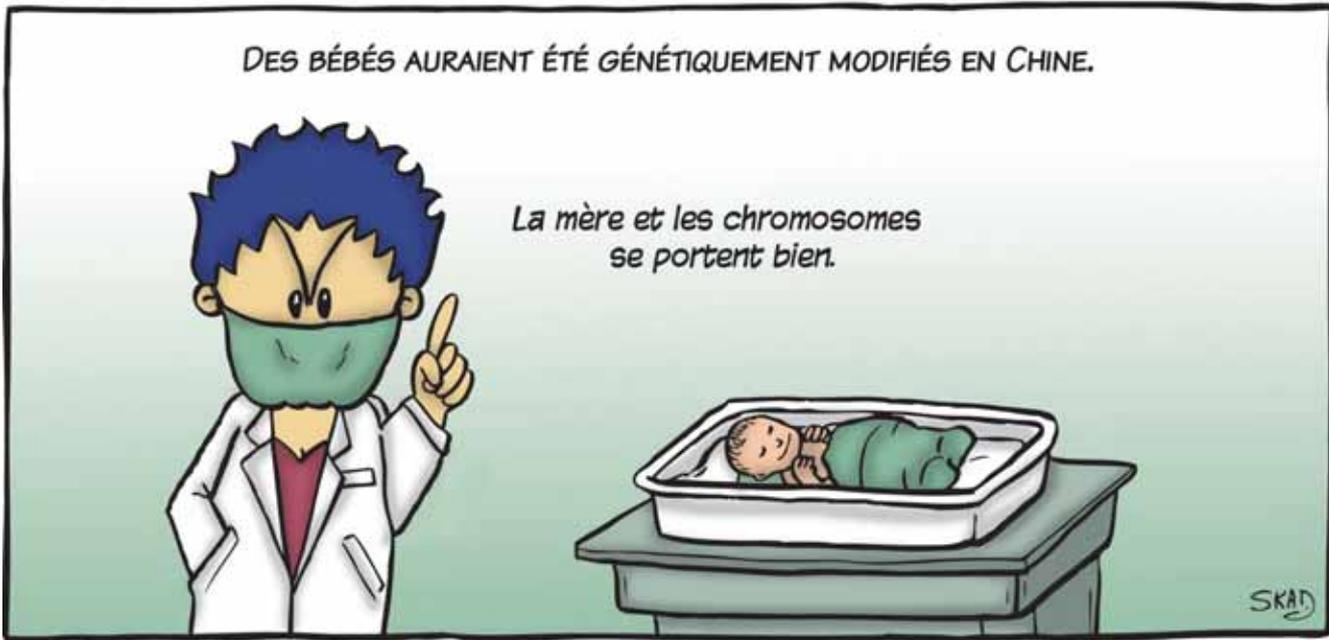
Une pléthore de lanceurs

Il y a 10 ans, la CASIC pour la CALT (*China Academy of Launchers Technology*) obtenait le financement d'une nouvelle génération de lanceurs autour de modules propulsifs fonctionnant avec des propergols écologiquement propres (kérozène, oxygène et hydrogène liquides). Le premier objectif est de donner à la Chine des lanceurs lourds, capables de satelliser en orbite basse jusqu'à 13,5 t (avec CZ-7) et 25 t (avec CZ-5). Leur production est réalisée dans une nouvelle usine à Tianjin, non loin de Pékin. Un important ensemble pour leurs lancements était aménagé à Wenchang (Île de Hainan). Inauguré en 2016, ce centre n'a cependant servi qu'à 4 reprises. Le programme fonctionne donc au ralenti alors que les CZ-7 et CZ-5 sont des outils essentiels pour que la Chine soit en mesure de relever les défis spatiaux de demain: la construction et l'exploitation de la station spatiale chinoise, la présence permanente de taïkonautes autour de la Terre, l'exploration de la Lune et de Mars avec le retour d'échantillons, la préparation du lanceur lourd CZ-9 en vue d'une base lunaire... Nous aurons l'occasion de revenir sur ces grandes ambitions dans un prochain numéro.

Depuis son arrivée au pouvoir, le président Xi Jinping encourage les jeunes entrepreneurs à mettre sur pied des sociétés compétitives de technologie spatiale. Ainsi le transport sur orbite fait naître des initiatives concurrentes telles que *Expacé*, *i-Space*, *LandSpace*, *LinkSpace*, *OneSpace*... La plus ambitieuse étant *LandSpace*, qui a présenté en octobre 2018 son expertise à l'exposition du Congrès international d'astronautique à Brême (Allemagne). Elle propose la famille *Zhuque-2* de lanceurs avec des propulseurs lox-méthane et annonce un 1^{er} lancement dès 2020. Il est même question de faire voler des lanceurs depuis un navire ou à partir d'un territoire hors de Chine: une manière de contourner la réglementation américaine *Itar*... Désormais, il faudra compter sur les lancements chinois et sur la présence de plus en plus performante du «*Made in China*» au-dessus de nos têtes. Surtout que l'Empire du Milieu est bien décidé de jouer la carte *NewSpace* de la privatisation de l'espace pour des applications d'envergure globale. A

LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2019 - www.barje.be





AGENDA

Le mag scientifique

• 25 AU 31 MARS 2019

Partout en Wallonie

Le Printemps des Sciences: Élémentaire !

Des mondes par milliards. Des éléments inertes qui s'assemblent en êtres vivants. Une biodiversité et des écosystèmes qui dépassent l'entendement. Et pourtant, tout ce que l'on voit, tout ce que l'on découvre jour après jour n'est construit qu'à partir d'une centaine d'éléments microscopiques différents, tous forgés au cœur des fournaies stellaires ! Certains sont omniprésents, d'autres rares et recherchés, voire convoités. Ils donnent lieu au meilleur et au pire, depuis toujours. Comment les a-t-on découverts ? Les connaît-on vraiment ? Comment les agencer au mieux pour améliorer notre monde ? Et ces éléments, sont-ils si «élémentaires» que cela ? De nombreuses activités culturelles gratuites attendent petits et grands curieux !

 www.sciences.be

• DU 30 MARS AU 1^{ER} AVRIL 2019

Université de Namur

L'expo de l'Odysée de l'Objet (de survie)

Ce concours, organisé par le SPW Recherche (Direction de la Sensibilisation), a pour objet de stimuler la créativité et l'esprit d'innovation chez les jeunes et doit aboutir à la conception et la réalisation d'un objet tridimensionnel par la mise en œuvre d'un ou plusieurs matériaux préalablement sélectionnés dans le respect d'un thème imposé. Pour cette édition 2018-2019, la thématique retenue est celle de «l'objet de survie». L'optique du concours est de renforcer l'attractivité des sciences et des techniques vis-à-vis des élèves du secondaire et de leurs enseignants, en proposant un projet à fortes valeurs pédagogiques. Les objets réalisés, véritables pépites d'inventivité, seront exposés à l'UNamur durant 3 jours.

 www.lodyseedelobjet.be

À LIRE

APPRENDRE. LES TALENTS DU CERVEAU, LE DÉFI DES MACHINES Stanislas DEHAENE - Odile Jacob

Notre cerveau possède, dès la naissance, un talent que les meilleurs logiciels d'intelligence artificielle ne parviennent pas encore à imiter: la faculté d'apprendre. Même le cerveau d'un bébé apprend déjà plus vite et plus profondément que la plus puissante des machines actuelles. Et cette remarquable capacité d'apprentissage, l'humanité a découvert qu'elle pouvait encore l'augmenter grâce à une institution: l'école. Au cours des 30 dernières années, d'importants progrès ont été réalisés dans la compréhension des principes fondamentaux de la plasticité cérébrale et de l'apprentissage. Il est temps que chaque enfant, chaque adulte prenne la pleine mesure du potentiel énorme de son propre cerveau, comme de ses limites. L'auteur évoque, dans son ouvrage, des idées très simples sur le jeu, le plaisir, la curiosité, la socialisation, la concentration ou le sommeil, qui peuvent augmenter encore ce qui est déjà le plus grand talent de notre cerveau: apprendre !

ATHENA 340 Janvier-Février 2019

Tiré à 22 000 exemplaires, *Athena* est un magazine de vulgarisation scientifique édité par le Département de la Recherche et 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

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

 www.athena-magazine.be

 <http://athena.wallonie.be>

 Facebook.com/magazine.athena

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

Valérie Burguière, 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, Nadine Sahabo

DESSINATEURS

Olivier Saive, SKAD, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT

Rose DETAÏLLE

Inspectrice générale

ÉDITRICE RESPONSABLE

Isabelle QUOILIN

Directrice générale

COUVERTURE

Première

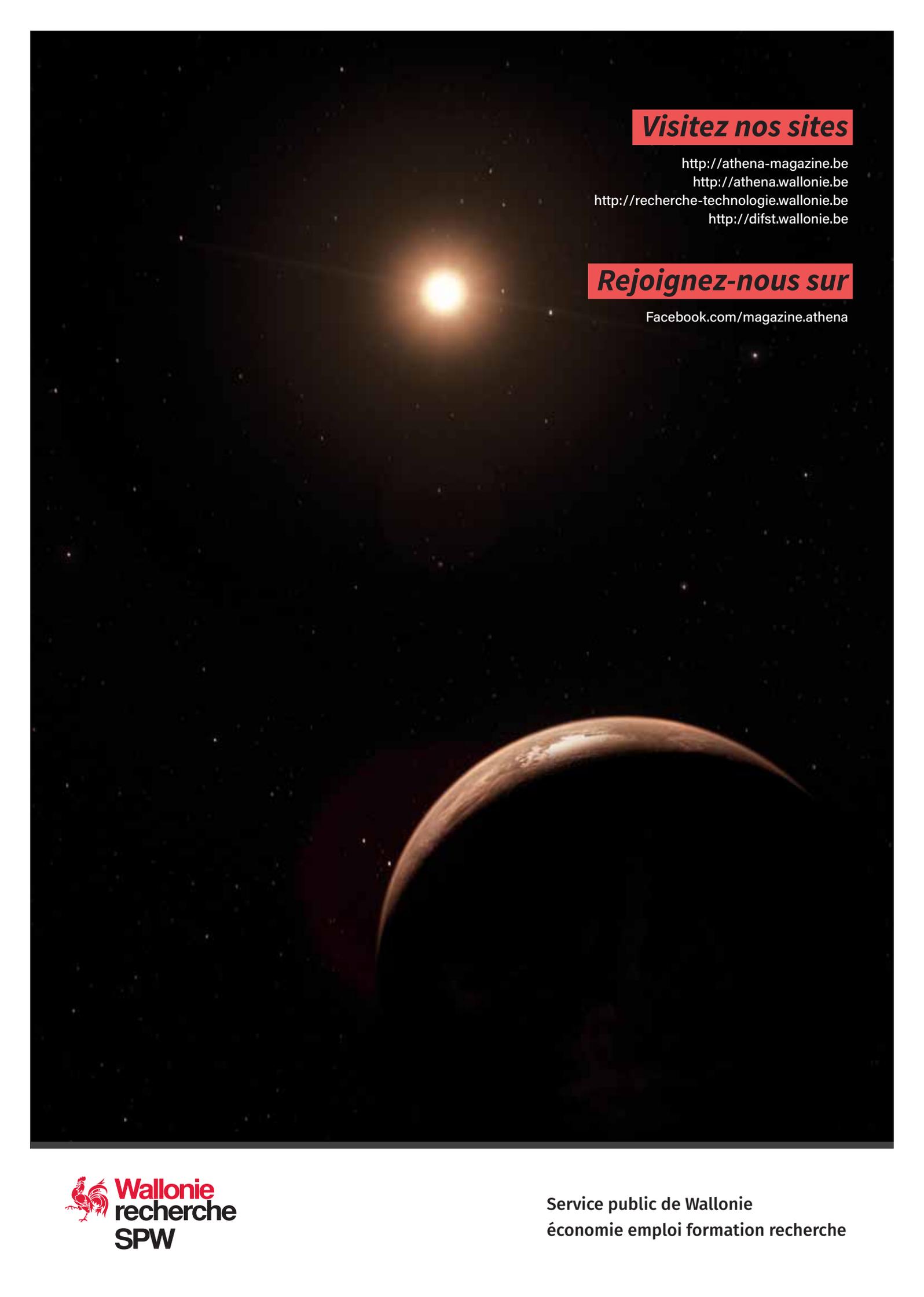
Crédit: © CSP_alphaspirit

Quatrième

Crédit: ESO/M. Kormmesser

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





Visitez nos sites

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

Rejoignez-nous sur

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