

Dossier p.24

JO: quid des athlètes intersexuées et transgenres ?

IA p.41

L'IA au service des soins de santé



EDIWALL





ÉDITO

Hommes, femmes: naissance d'un 3^e «genre» ?

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



INCLUSION: c'est un terme que vous avez certainement déjà entendu, lu, vu. De manière générale, l'on pourrait le définir par son contraire, l'exclusion. Il s'agit donc de garantir une place à chacun dans la société. Cela va de soi me direz-vous ! Aujourd'hui peut-être mais le processus a mis des siècles, des millénaires même à s'enclencher. La pointe de l'iceberg est sortie de l'eau mais la partie immergée est encore immense, poussée vers la surface par différents acteurs. Le monde du travail, de l'enseignement, de la santé, de la mobilité... Le regard sur les personnes jadis mises au ban de la société est indéniablement en train de changer. Quid du sport ? À l'aube des JO de Paris, la question rejaillit dans les débats publics et les médias. Elle est extrêmement complexe dans la mesure où elle implique des performances physiques classées dans 2 catégories ancestralement uniques: les femmes et les hommes. Quelle est la place des athlètes intersexuées et transgenres dans cette bilatérale ? Qu'il ne me paraît pas inutile de redéfinir. Tout d'abord, selon l'Organisation mondiale de la santé, «le mot +sexe+ se réfère aux caractéristiques biologiques et physiologiques qui différencient les hommes des femmes», tandis que «le mot +genre+ sert à évoquer les rôles déterminés socialement, les comportements, activités et attributs qu'une société considère comme appropriés pour les hommes et femmes». Homme dans la peau d'une femme ou femme dans la peau d'un homme: le terme «**transgenre**» désigne

une personne qui ne s'identifie pas à son «*genre d'assignation à la naissance*», à son état civil. À ne pas confondre donc avec «**intersexe**», qui désigne une personne qui n'est ni homme ni femme, qui présente des caractéristiques anatomiques, chromosomiques ou hormonales ne relevant pas strictement de l'un ou l'autre sexe. Laurel Hubbard, Lexy Rodgers, Alexia Cérény, Austin Phillips, Halba Diouf (voir photo de couverture) ont ouvert les portes (et les esprits) d'un nouveau débat (combat ?) où inclusion et équité sportive se répondent. Le Comité international olympique botte actuellement en touche, laissant la main aux fédérations nationales. Cela donne lieu à une situation tout sauf homogène. Aux JO, il y aura donc 2 poids 2 mesures. Mais quelle instance serait à même de trancher ? À quels niveaux (régional, national, international) ? Et surtout, sur base de quels critères ? La Ministre française des sports, Amélie Oudéa-Castéra, a lancé une piste de réflexion: «*Le progrès scientifique va éclairer la décision de ces acteurs*», a-t-elle dit, alors que les études sur le sujet, en particulier sur le rôle de la testostérone dans la performance sportive de haut niveau, s'étoffent mais se contredisent souvent. La science, censée être la plus objective possible, est-elle la clé de voûte de ce débat ? C'est à découvrir dans le dossier de ce numéro. Une chose est sûre, c'est une course de fond au finish dont on ignore qui sortira «vainqueur»... **A**



SOMMAIRE

366

Mars-Avril 2024

Le mag scientifique



- 4 **Actualités** • Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe
- 10 **Wall'Innove Tour** • Elysia
- 12 **Technologie** • Transformation digitale: l'exemple TOKU
- 16 **L'ADN de...** • Diane BOUCHER, Technicienne en électroménagers
- 18 **Société** • Créativité: au commencement étaient les contraires
- 22 **Mathématiques** • Vote électronique: solution sûre ?
- 24 **Dossier** • JO: quid des athlètes intersexuées et transgenres ?
- 30 **Colombe** • Aussi barje que *Barje*, elle nous partage son regard acéré sur l'actu scientifique
- 31 **Curiokids** • Comment refroidir la Terre
- 35 **Santé** • Notre ressenti est-il l'initiateur de nos actions ?
- 39 **Qui est-ce ?** • Sandrine GARBAY
- 41 **IA** • L'IA au service des soins de santé
- 45 **Internet** • Empreinte numérique et sobriété électronique: conseils pratiques
- 49 **Chimie** • La chimie dans la presse: perles, erreurs et anecdotes
- 51 **Biologie** • Plongez au cœur des cellules et de la vie
- 55 **Physique** • Et de trois !
- 57 **Tania nous parle de l'Espace** • - Le New Space
- 59 **Mais qui est Tania ?** • Les vols spatiaux de Tania - partie 1
- 60 **Espace** • À quoi pourraient-ils ressembler ?
- 63 **Agenda** • À voir, à tester, à cliquer, à lire...

ACTUS

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

PHOTOS : © BOJAN - STOCK.ADOBE.COM (P.4), © ALDONA - STOCK.ADOBE.COM (P.5), © ERANICLE - STOCK.ADOBE.COM (P.5),
© DR_MICROBE - STOCK.ADOBE.COM (P.5), © ILOLAB - STOCK.ADOBE.COM (P.6), © IM IMAGERY - STOCK.ADOBE.COM (P.6),
© STARFAB (P.7), © TIDARAT - STOCK.ADOBE.COM (P.7), © REPROCOVER (P.7), © NOVBOIM (P.8), S. BOXHO (P.9)

Génération Z : un fossé idéologique

De quelle génération êtes-vous ? Les Boomers, nés entre 1945 et 1964, sont réputés réfractaires aux nouvelles idées, et ne se soucient pas de l'avenir de la planète. La génération X, née entre 1965 et 1980 est soi-disant individualiste et obnubilée par la performance. La génération Y, quant à elle, née entre 1981 et 1995, a grandi en même temps qu'Internet. Elle est dite craintive et ayant du mal à gérer ses émotions. Enfin, la Gen Z, née entre 1996 et 2010, n'a pas connu de monde sans Internet. On les dit exigeants, refusant le monde du travail conventionnel et anxieux à propos du climat.

Vous ne vous reconnaissez pas dans ces clichés ? C'est sans doute normal. La notion de génération sociale a été inventée par la sociologie, et en particulier par Auguste Comte, au milieu du 19^e siècle. Elle postule que des personnes ayant grandi au même moment sont le produit d'un contexte socio-historique spécifique, qu'ils sont marqués par les mêmes événements du monde, et donc qu'ils partagent une mentalité, des goûts et des pratiques sociales communes.

Ce concept a bien sûr ses limites. Au sein d'une même génération, il existe des disparités entre les différents groupes sociaux, et un enfant de nantier n'aura pas du tout vécu la même expérience sociale que celui d'un travailleur précaire. Pourtant et jusqu'à présent, la notion de génération faisait peu de distinctions entre homme et femme car, au sein d'un même groupe socioculturel, ils exprimaient à peu près les mêmes idées. Tout du moins, jusqu'à maintenant.

Selon les travaux d'Alice Evans, professeur invitée à l'Université de Toronto, il semblerait qu'un fossé se creuse entre les jeunes hommes et les jeunes femmes, qui ont entre 14 et 28 ans. Ces dernières exprimeraient des idées bien plus progressistes, tandis que les garçons seraient de plus en plus conservateurs. Ainsi, selon les données de plusieurs instituts de sondage, il y aurait entre eux plus de 30 points d'écart sur les questions de société, dans des pays comme les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Allemagne ou encore la Corée du Sud. Par exemple, en

Pologne l'an dernier, la moitié des hommes de 18 à 21 ans ont voté pour le parti d'extrême-droite, contre seulement 1 femme sur 6 du même âge.

En France aussi, le Haut Conseil à l'Égalité entre les femmes et les hommes, lors de son rapport annuel de 2023, a tiré la sonnette d'alarme. Par exemple, 20% des 25-34 ans «*considèrent que pour être respecté en tant qu'homme dans la société, il faut vanter ses exploits sexuels auprès de ses amis (contre 8% en moyenne)*». Plus inquiétant, «*21% considèrent qu'il faut rouler vite (9% en moyenne) et 23% qu'il faut parfois être violent pour se faire respecter (11% en moyenne)*».

Cette divergence serait au moins en partie due aux bulles de filtres. Les plus connectés d'entre nous ont sans doute constaté qu'en raison des algorithmes des réseaux sociaux, nous suivons et entretenons des relations avec des personnes aux idées similaires aux nôtres. En conséquence de quoi, nous sommes bien plus exposés à des contenus proches de nos valeurs, ou au contraire à leur opposé total, ce qui ne laisse guère de place pour une vision du monde plus nuancée.

Avec le phénomène #MeToo, les jeunes femmes ont eu accès à beaucoup plus de contenus féministes, et qui mettent l'accent sur les inégalités engendrées par le patriarcat. A contrario, et en réaction à cette nouvelle vague, des contenus masculinistes, véhiculant des concepts sexistes et rétrogrades, ont commencé à circuler. Ainsi, de nombreux professeurs et directeurs d'école ont récemment alerté les pouvoirs publics à propos de l'impact sur leurs élèves d'influenceurs stars comme Andrew Tate, qui considère, entre autres, que la place des femmes est à la maison.

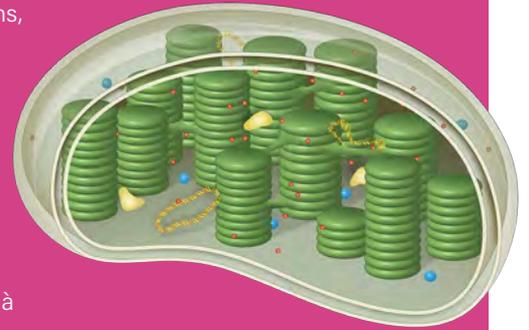
Une génération, 2 visions. Et alors qu'en 2024, près de la moitié du monde vote ou ira voter pour ses futurs dirigeants, un tel fossé ne manquera pas de se retrouver dans les urnes. **A**

 www.daliceevans.com

L'ACTU DES LABOS

Aux origines de la grande oxygénation

Il y a environ 2,4 milliards d'années, alors que la vie sur Terre n'était composée que de microorganismes unicellulaires, un phénomène majeur a débuté : la grande oxygénation. Jusqu'à cette date, l'oxygène libre n'est pas ou peu présent, dans les océans comme dans l'atmosphère. Progressivement, un changement s'opère alors, avec l'apparition des premiers organismes photosynthétiques. Ceux-ci arrachent au CO₂ le carbone nécessaire à leur croissance et libèrent du dioxygène. Pendant plus d'un milliard d'années, il va s'accumuler progressivement dans les océans et le sol puis, une fois ces puits d'oxygène pleins, dans l'atmosphère, permettant ainsi l'apparition de formes de vie plus complexes. Mais si les chercheurs s'accordent sur ce scénario, personne n'en est réellement sûr... Peut-être jusqu'à aujourd'hui. Une équipe de l'Université de Liège a mis en évidence des thylakoïdes, les premières structures intracellulaires responsables de la photosynthèse, dans des fossiles de cyanobactéries originaires de République Démocratique du Congo et d'Australie, et vieux de 1,75 milliard d'années. Cette découverte laisse entrevoir la possibilité de découvrir des thylakoïdes dans des cyanobactéries fossiles plus anciennes encore, et de tester l'hypothèse selon laquelle le développement de thylakoïdes serait bien à l'origine de la grande oxygénation. ^A



Les thylakoïdes sont des structures en forme de disque contenues dans les chloroplastes des cellules végétales.

► Demoulin et al. *Nature*, 2024

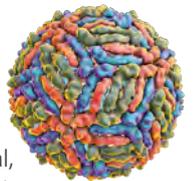
Le sens du toucher des cellules

Dans notre corps, les cellules ne flottent pas dans un liquide. En plus d'être constamment en contact les unes avec les autres, elles adhèrent à un support dénommé la matrice extracellulaire. Pour cette raison, elles doivent sans cesse s'adapter à des contraintes mécaniques : leur membrane est en permanence tirillée, comprimée, étirée... Et on sait aujourd'hui que les cellules peuvent réagir à ces stimuli. Mais comment font-elles ? Et sont-elles capables de les distinguer ? Autrement dit, comment fonctionne le sens du toucher à l'échelle d'une seule cellule ? Une équipe multidisciplinaire de chercheurs de l'UNamur ainsi que de l'UCLouvain, en partenariat avec d'autres universités comme à Jinju en Corée du Sud et à Genève en Suisse, a pu démontrer qu'il existe dans les membranes des cellules des protéines capables de réagir à de petites déformations, et à induire une modification du cytosquelette de la cellule en conséquence. Une découverte importante alors que le développement d'implants bien tolérés par l'organisme fait l'objet de nombreuses recherches. ^A



► Ledoux et al. *Science Advances*, 2023

Le changement climatique vecteur de virus



Le virus du Nil occidental, qui provoque la fièvre du Nil, est un virus transmis par les moustiques, à l'instar des virus de la fièvre jaune, de la dengue ou encore le virus Zika, qui proviennent de la même famille. Depuis peu, alors que ces maladies sévissaient dans les climats plus tropicaux, le virus du Nil commence à proliférer en Europe, posant de nouvelles menaces pour la santé publique. Plusieurs chercheurs avaient alors émis l'hypothèse que le réchauffement climatique était responsable de l'extension de ce pathogène. Mais le lien de causalité n'avait, jusque-là, pas été formellement démontré. Dans un article publié dans *Nature Communications*, des chercheurs de l'ULB ont montré que les niches écologiques propices au développement des moustiques porteurs de ce virus sont en nette augmentation, en raison de la hausse des températures. Toutefois, les chercheurs notent également que l'augmentation de la densité des populations au cours des années joue également un rôle important dans la diffusion du virus du Nil. ^A

► Erazo et al. *Nature Communications*, 2024

Des steaks de protéines pourpres

Les couvertures de survie, les airbags, les pneus radiaux, les poêles antiadhésives ou encore les appareils photos numériques... Tous ces outils du quotidien ont comme point commun de dériver de la recherche spatiale, et la liste est encore longue. Et aujourd'hui, l'Agence Spatiale Européenne (ESA) soutient toujours la création d'innovations basées sur la technologie de l'espace: elle vient de récompenser 2 chercheurs de l'UMons pour leur projet *Proteboost*, dans lequel sont également impliqués de nombreux laboratoires en Wallonie. À l'origine, l'ESA effectuait des recherches sur des bactéries pourpres: ces dernières utilisent le dihydrogène rejeté lors de la production d'oxygène dans l'espace, ainsi que des déchets alimentaires, pour produire des protéines destinées à l'alimentation des astronautes (voir *Athena* n°365, p.9). Les chercheurs de l'UMons ont alors remplacé les déchets alimentaires par des sous-produits industriels comme la mélasse de betterave à sucre ou du lactosérum, un résidu obtenu lors de la fabrication de fromage. Cette recherche permet de produire des protéines alimentaires de haute qualité, bien plus respectueuses pour l'environnement que l'élevage de bovins pour la consommation de viande. ^A



De la friture au lithium

Il n'y a pas de déchets, il n'y a que des ressources. Cet adage de l'économie circulaire se vérifie un peu plus chaque jour. Le glycérol, par exemple, est un élément abondant, considéré comme un déchet issu de l'industrie du biodiesel et du recyclage de l'huile de friture. Le dioxyde de carbone, bien connu, n'est autre qu'un déchet lié à la combustion, car actuellement sans valeur économique. Mais en combinant ces 2 molécules, on obtient du carbonate de glycérol, une molécule à haute valeur ajoutée qui peut servir d'électrolyte transportant les ions lithium dans une batterie, nettement moins inflammable que ses alternatives actuelles. Cependant, la production de carbonate de glycérol est pour l'heure prohibitive. Des chercheurs de l'ULiège ont trouvé un moyen de changer la donne grâce à un processus innovant qui accomplit la tâche en 30 secondes, et ce, grâce à une étude fine de la mécanique quantique du procédé. ^A

► Muzyka et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2024



En Bref

Le risque de développer une dépendance à la drogue est fortement influencé par des modifications épigénétiques, et un remodellement de la chromatine, ces molécules autour desquelles s'enroule l'ADN. Et ce, au sein de ce qui est nommé le circuit de la récompense, situé dans le cerveau. Or, des chercheurs de l'ULB ont montré que la prise de cocaïne entraînait des modifications au sein de gènes en dehors de ce circuit. Cela ouvre la voie à de potentiels nouveaux traitements car en ce qui concerne la dépendance à la cocaïne, il n'existe aucune approche thérapeutique efficace à l'heure actuelle.

► Cheron et al. *Nature Communications*, 2024

Le loup est de retour en Belgique depuis 2016, après en avoir été chassé au 19^e siècle. Mais quelle est son histoire ? Une chercheuse de l'UNamur a décidé de remonter la piste. Elle espère ainsi comprendre les facteurs qui ont mené à l'extinction du loup et fournir aux éthologues qui encadrent le retour du loup aujourd'hui de précieuses informations sur les meutes qui peuplaient nos contrées il y a 200 ans. Cette recherche est soutenue par une campagne de crowdfunding, accessible sur <https://soutenir.unamur.be/fr-FR/project/loup-qui-es-tu?>

L'ACTU DES ENTREPRISES

Voyage autour de la terre

L'espace est infini, mais celui autour de la Terre semble bien en train de se rétrécir. En cause, les déchets spatiaux qui s'accumulent. L'Agence spatiale européenne a ainsi recensé 36 000 débris de plus de 10 cm, dont 5 000 sont des satellites inactifs. Pour remédier à ce problème, qui pourrait bien interdire à tout jamais tout voyage hors de la Terre, l'Union européenne a décidé de financer le programme *Starfab*, auquel participent les entreprises belges *Sonaca*, leader mondial dans l'aéronautique, et *Space Application Services*, initiatrice et coordinatrice du projet. Ce projet consistera en un entrepôt automatisé en apesanteur, capable à la fois de réparer et recycler les satellites actifs, et de récupérer et traiter directement les déchets spatiaux. Un défi, tant la manipulation robotique en apesanteur comporte nombre de difficultés. À terme, les concepteurs du projet espèrent que cette usine spatiale pourra assembler directement les satellites sur place, au lieu de les envoyer depuis la Terre, et même concevoir une centrale énergétique solaire, capable de générer plus de 200 fois plus d'énergie qu'un équivalent au sol. **A**

 www.esa.int



Wings donne des ailes à la Wallonie

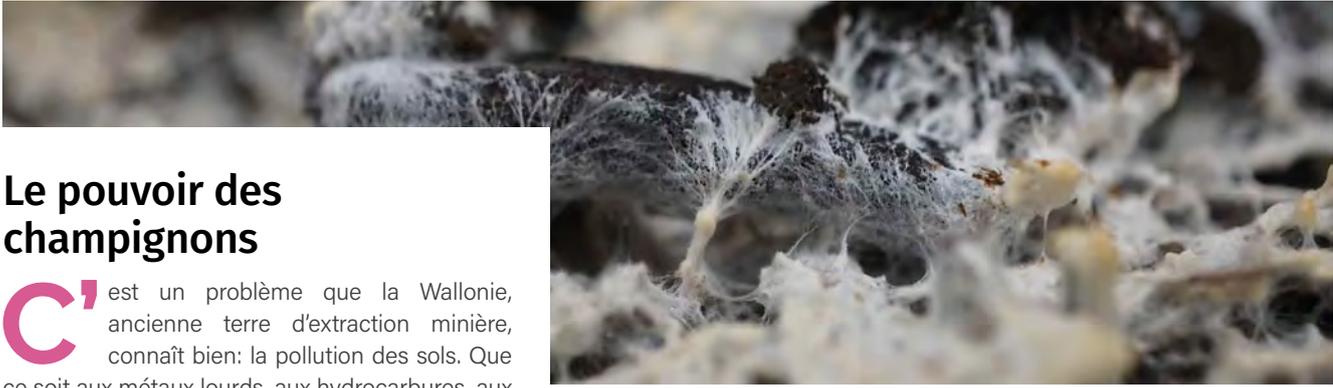
Alors que le trafic aérien continue de croître, jusqu'à tripler d'ici 2050, et que la combustion de carburant des avions représente à elle seule, en une année, l'équivalent des émissions d'un pays comme le Japon, l'industrie aéronautique tente de prendre le virage de la transition écologique. À ce titre, le Gouvernement wallon vient de signer la phase 3 du programme *Wings, Wallonia INnovation for Green Skies*, pour un budget total de 200 millions d'euros. Grâce à différentes innovations et en attendant l'avion du futur prévu pour après 2035, *Wings* ambitionne de rendre les avions plus frugaux: jusqu'à -30% de kérosène brûlé par passager au km en 2035, et même une aviation 0 carbone en 2050, grâce entre autres aux fuels durables. Et s'il implique notamment les grandes entreprises comme *Sonaca* et *Safran Aeroboosters*, le programme *Wings* fait également la part belle aux PME, comme *Coexpair*, qui produit des pièces pour *Airbus* directement par moulage, en résine et fibres de carbone. Une technique qui a l'avantage de rendre l'avion plus léger, et surtout de diviser par 10 les coûts énergétiques de construction. **A**

Reprocover, plastiwinner 2023

Tout le monde aujourd'hui connaît les déchets plastiques provenant des emballages à usage unique comme les bouteilles et les sachets. Mais peu d'entre nous connaissent les plastiques composites: ces derniers entrent dans la composition des automobiles, des prises électriques ou encore des pales d'éoliennes. Ce sont des matériaux particulièrement résistants à la chaleur comme aux produits chimiques, et aux propriétés mécaniques élevées. Ils sont par conséquent difficiles à broyer et donc à recycler. La société *Reprocover*, installée à Verviers, et qui a obtenu le prix *Plastiwinner 2023* décerné par les professionnels du secteur, a fait de ces déchets une ressource. Grâce à un procédé innovant et dans une logique d'économie circulaire, elle est capable de les transformer en granules qui sont ensuite valorisés en nouveaux produits tels que des passages à niveaux, des caniveaux d'évacuation tels qu'on les trouve le long des voies de chemins de fer, ou encore du mobilier urbain. Ces nouveaux produits présentent en outre l'avantage de conserver les propriétés mécaniques des plastiques composites. Créée en 2009, la société utilise 98% de matériaux recyclés, et a pour objectif de revaloriser 5 000 t de déchets d'ici 3 ans. **A**

 <https://reprocover.eu>





Le pouvoir des champignons

C'est un problème que la Wallonie, ancienne terre d'extraction minière, connaît bien: la pollution des sols. Que ce soit aux métaux lourds, aux hydrocarbures, aux organochlorés, ou encore récemment au PFAS, on estime à 2,5 millions le nombre de sites contaminés en Europe. Mais à l'heure actuelle, la décontamination des sols consiste encore trop souvent en une excavation pure et simple de la terre. La start-up *Novobiom*, installée à Louvain-la-Neuve, a reçu il y a peu le bien nommé *The Future is Fungi (L'avenir est aux champignons) Award 2023*. Elle pratique une technique alternative et plus douce pour les sols, la mycoremédiation. Concrètement, cela consiste à utiliser les propriétés naturelles de nombreux champignons à absorber les polluants du sol pour ensuite les traiter grâce à leur propre métabolisme. Les fondateurs de *Novobiom* s'appuient sur des travaux scientifiques qui ont montré que les champignons responsables de la décomposition du bois produisent des enzymes capables de dégrader les polluants les plus persistants, comme les hydrocarbures polycycliques aromatiques ou les huiles minérales. De plus, la société, qui travaille également sur des solutions de bioremédiation pour les métaux lourds, compte s'attaquer dans le futur aux PCB, aux dioxines et aux pollutions dues aux explosifs. **A**

 www.novobiom.com

L'image du mois

Détail d'une fresque, représentant Hélène et Pâris, les célèbres amants de la guerre de Troie, découverte intacte à Pompéi. Les ruines de Pompéi s'étendent sur 22 ha, dont encore tout un tiers reste à découvrir ! **A**



En Bref

Le Gouvernement wallon lance un partenariat d'innovation dédié aux médicaments de thérapies innovantes, les *ATMP (Advanced Therapy Medicinal Products)*, avec un budget de 81 millions d'euros sur 3 ans. Les *ATMP* sont des biomédicaments de nouvelle génération, qui devraient permettre de pallier les manques liés aux thérapies existantes. On trouve par exemple les thérapies géniques, destinées à remplacer un gène défectueux, ou encore les phages, ces virus combattant les bactéries résistantes aux antibiotiques.

En 2019, 432 jeunes de moins de 18 ans se sont vu prescrire des bloqueurs de puberté, un nombre qui est passé à 684 en 2022. Ces médicaments empêchent le développement des hormones sexuelles, et peuvent permettre aux adolescent.e.s une transition de genre. Si l'augmentation peut sembler importante, en réalité seul 8% des personnes qui en font initialement la demande finissent par prendre des bloqueurs de puberté. Un chiffre similaire aux pays ayant adopté une législation plus stricte.

La Belgique a signé en janvier dernier les accords *Artémis*. Par ces accords (juridiquement non-contraignants), la Belgique s'engage à une coopération pacifique dans l'exploration civile de la Lune, de Mars, ou encore des comètes et des astéroïdes. Ces accords prévoient par exemple une assistance mutuelle dans l'espace, la préservation du patrimoine spatial ou la lutte contre les débris orbitaux. 34 pays sont actuellement signataires de ces accords, initialement ratifiés en 2020 par les agences spatiales de 8 pays, dont le Japon et les États-Unis.

Connaissez-vous *ROSA* ? Ce robot d'assistance médical, acquis en 2023 par les hôpitaux *Iris-Sud* de Bruxelles et le premier du genre en Fédération Wallonie-Bruxelles, vient d'installer sa 500^e prothèse du genou. Le but de ces prothèses est de remplacer les articulations détruites, pour réduire la douleur et stabiliser le genou. Et comme chaque genou présente une usure différente, *ROSA* permet au chirurgien de prendre de meilleures mesures, et de planifier ses gestes de façon beaucoup plus précise.

INTERVIEW

Les poussières de l'Antarctique

Sibylle Boxho, doctorante en géologie à l'ULB, revient de la station antarctique belge Princesse Elisabeth (PEA), où elle a passé 2 mois dans le cadre de sa thèse. Un voyage au bout du monde aussi scientifique qu'onirique, financé grâce à la politique scientifique fédérale *Belspo* dans le cadre du programme *Paspartout*.



Quel était l'objectif de votre voyage ?

Je suis géologue, et dans le cadre de ma thèse, je m'intéresse en particulier aux poussières de roches. Celles qui se déposent en Antarctique sur la neige apportent de précieux renseignements, et une partie de ma mission consistait à installer un nouveau collecteur d'échantillons à 160 km de la station Princesse Elisabeth. Cette machine est capable de prélever et stocker des échantillons durant toute une année, sans intervention humaine.

Vous êtes également partie récolter des poussières, que vous analyserez ici en Belgique ?

Absolument. Ces poussières vont subir plusieurs analyses, mais celles qui m'intéressent le plus dans le cadre de ma thèse sont les terres rares. En comparant leur composition à celles qu'on trouve dans d'autres endroits du globe, on peut déterminer leur origine : Afrique, Amérique du Sud... Cela nous permettra de mieux comprendre les circulations atmosphériques dans l'hémisphère sud qui les apportent.

De plus, nous allons comparer leur composition chimique dans l'air et au niveau du sol. Les poussières, en se déposant sur la glace, diminuent son pouvoir réfléchissant, ce qui peut jouer un rôle dans le réchauffement climatique. En revanche, elles bloquent les rayons du Soleil lorsqu'on les trouve dans l'air sous forme d'aérosol.

Quelles ont été vos conditions de vie dans la station Princesse Elisabeth ?

Malgré d'inévitables contraintes dues à l'hostilité de l'environnement, la station PEA est très confortable, et nous avons été accueillis très chaleureusement. Bien sûr, lorsqu'on sort sur le terrain pendant plusieurs semaines, cela peut être un peu dur, surtout au début. Mais lorsqu'il n'y a pas de vent, il n'y a pas un bruit, pas une odeur... C'est une plénitude extraordinaire ! J'avoue m'être sentie presque désorientée lors de mon retour en Europe. 

DATA

Statbel Junior 2.0

Les chiffres, c'est l'essence du monde moderne. Les statistiques, qu'elles soient économiques, médicales ou démographiques nourrissent les prédictions des scientifiques et celles de l'intelligence artificielle. Mais trop souvent, pour le commun des mortels, ces chiffres sont difficilement accessibles... sans parler de les interpréter ! L'office belge de statistique, Statbel, vient justement de refondre son site Statbel Junior, à destination des enfants et des enseignants. Cette version 2.0 permet par exemple, sur base de sa commune, de découvrir des chiffres sur l'évolution de la population, les nationalités, les accidents de la route ou les activités agricoles. Des concepts et définitions couramment utilisés en statistique sont également expliqués. Des outils sont aussi disponibles pour les enseignants, comme des quiz et des exercices.

 statbeljunior.be



COUP D'CRAYON

VINCE · VINCENT_DUBOIS@ME.COM

Vos parents ou grands-parents vous l'ont sans doute répété encore et encore: se curer le nez est très malpoli. Mais saviez-vous que cette mauvaise habitude peut également provoquer la maladie d'Alzheimer ? En effet, selon des chercheurs, le nez est une réelle porte d'entrée vers le cerveau: le toit de la cavité nasale donne directement sur des zones liées aux capacités de mémorisation et de repérage dans l'espace. En pratiquant la rhinotillexomanie, c'est-à-dire en vous curant le nez, vous retirez tout d'abord du mucus et perturbez le microbiote nasal qui combat les intrus. Mais surtout, vous apportez avec votre doigt bactéries et virus qui peuvent être néfastes pour votre cerveau ! Donc, Alzheimer ou non, si vous n'arrivez pas à vous défaire de cette sale habitude, n'oubliez pas de vous laver les mains régulièrement !

► Xian Zhou et al. *Biomolécules*, 2023

WALL'INNOVE TOUR: arrêt sur Elysia

TEXTE : JACQUELINE REMITS • JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE
PHOTOS : JANNOON028/FREEPIK + PHOTOMONTAGE (P.10), © ELYSIA (P.11)



CARTE D'IDENTITÉ

CRÉATION: 2014

SIÈGE SOCIAL:

Liege Science Park,
Rue du Sart Tilman 375,
4031 Angleur

**SECTEUR
D'ACTIVITÉS:**

Systèmes de production
et de contrôle
qualité de produits
radio-pharmaceutiques

**MEMBRES
DE L'ÉQUIPE:**

55

CONTACT:

04 243 43 50

info@elysia-raytest.com

elysia-raytest.com

Il était une fois...

Elysia, une start-up mise sur les rails grâce à une bourse de pré-activité de la Région wallonne. Au départ, l'un des 2 porteurs du projet, Daniel Bartholemy, entendait tirer profit de son expérience dans la production de radio-pharmaceutiques pour développer une solution complète et innovante. Si l'autre porteur du projet, François Moonen, ingénieur chimiste de formation, a entamé sa carrière dans différentes sociétés, il a toujours voulu avoir sa propre entreprise. Ensemble, ils ont développé leur idée de contrôle qualité pour des produits radioactifs. Mais d'où leur est venue cette idée ? «Avec le vieillissement de la population, les cas de cancers détectés par an sont de plus en plus nombreux, répond François Moonen, cofondateur d'Elysia. Lors des examens, les traceurs sont injectés aux patients et visibles dans les PET-scans (tomographie par émission de positrons). Grâce à nos solutions, les hôpitaux peuvent garantir la qualité de ces produits, évidemment capitale, avec leur injection chez les patients cancéreux.»

Créée en 2014 à Liège, Elysia est un fournisseur de radio-chromatographie et de systèmes de contrôle de la qualité dans les secteurs radio-pharmaceutiques, agrochimiques et les départements de médecine nucléaire. «Nous concevons, fabriquons et vendons des instruments de mesure de radioactivité, développe François Moonen. Nous travaillons en étroite collaboration avec les producteurs de radio-pharmaceutiques et de cyclotrons pour développer de nouveaux produits afin d'améliorer les solutions existantes. Nous voulons faciliter, accélérer et rendre plus sécurisée le contrôle qualité des produits radio-pharmaceutiques, comme la mesure de la pureté nucléaire. Nous aidons nos clients à accélérer leurs recherches et développements et à valider leurs méthodes de contrôle qualité pour leurs molécules existantes ou futures. Les radio-pharmaceutiques doivent devenir accessibles au plus grand nombre et à un coût abordable.»

En 2015, la start-up liégeoise fait l'acquisition de Raytest, son principal concurrent et fournisseur allemand, connu dans l'industrie de la médecine nucléaire et mis sous protection judiciaire allemande. Âgée alors d'un an, la jeune entreprise a ainsi eu l'audace de racheter ce concurrent, pourtant bien plus gros et plus expérimenté qu'elle, pour doper son chiffre d'affaires. Un fait inédit dans le monde des affaires qui lui vaudra le prix Technology Fast 50 de Deloitte en 2019 pour avoir été la société wallonne avec la plus grande croissance du chiffre d'affaires sur les 4 dernières années. L'opération, rendue possible

grâce à un soutien financier public-privé de la Sofinex, de Meusinvest (aujourd'hui Noshag) et de la plateforme de crowdfunding MyMicroinvest (aujourd'hui Spreds), permet au petit poucet de devenir grand tout d'un coup. Sa petite structure l'a aidée à réagir plus vite que d'autres sociétés également intéressées. L'entreprise passe alors de 8 à 35 personnes. Par cette acquisition, Elysia devient, de fait, leader sur le marché du contrôle de qualité des produits radio-pharmaceutiques. «La fusion d'Elysia et de Raytest a engendré une synergie solide et nous a permis d'unir les forces des 2 compagnies. Nous comptons sur l'expérience de Raytest tant au niveau du développement que de la production. L'entièreté de la production et l'équipe technique restent basés en Allemagne en garantissant ainsi la qualité made in Germany.»

Aujourd'hui, Elysia-Raytest emploie 55 personnes. Avec ce rachat, la société, qui réalise plus de 90% de son chiffre d'affaires à l'exportation, est présente dans le monde entier avec des distributeurs, notamment au Japon, aux États-Unis, au Canada, en Chine, en Corée du Sud, en Inde... Au total dans plus de 50 pays. «Nous avons vécu une croissance extraordinaire ! Pour notre 2^e exercice, nous étions passés à plus de 4,5 millions d'euros de chiffre d'affaires. En 2021, nous avons enregistré ce qui était alors le meilleur chiffre de notre histoire, avec 6,5 millions d'euros.» Pour 2023, l'entreprise est passée à 9,2 millions d'euros de chiffre d'affaires. «Pour 2024, nous visons les 10 millions d'euros de chiffre d'affaires. Nous venons de gagner un important contrat, suite à un appel d'offres, au CHU du Québec pour 1,4 million d'euros.» La start-up liégeoise est l'entreprise belge qui a connu la plus forte croissance ces dernières années, mettant ainsi à l'honneur le secteur de la radio-pharmacie. Si la recherche, les ventes, le département services se trouvent au Sart-Tilman, la production logistique est réalisée en Allemagne.

...l'envie d'innover

Elysia vend donc des solutions pour le contrôle de qualité des produits radio-pharmaceutiques, créneau pour lequel elle est 3^e dans le top mondial. «Nous visons à améliorer la convivialité et l'efficacité du flux de travail dans les laboratoires de contrôle de qualité pour la médecine nucléaire et les producteurs de radio-pharmaceutiques, en mettant l'accent sur les nouvelles technologies de détection et les systèmes LIMS conçus pour une utilisation intuitive.» La cellule chaude d'Elysia et le laboratoire de démonstration à Liège permettent un développement plus rapide et plus performant du produit. En plus de solutions de matériels et de logiciels, la société propose également une large gamme de services comprenant le

training et le développement de méthodes analytiques. Avec le système de contrôle de qualité clé en main, l'entreprise a franchi une nouvelle étape importante en devenant un fournisseur de premier plan de solutions intégrées.

«En matière d'innovation, parmi les derniers développements importants, on commence à développer des détecteurs pour mesurer de nouveaux types d'isotopes liés à la thérapie des cancers. Un gros projet. Ce système permet d'automatiser l'ensemble des mesures réalisées dans un laboratoire pour valider le batch de production avant l'injection au patient. Deuxième innovation, à la demande de clients, nous avons développé de nouveaux détecteurs qui permettent de mesurer des rayonnements alpha utilisés aujourd'hui pour le traitement des cancers. En plus d'être dans le diagnostic, avec ces machines, nous sommes aussi dans le thérapeutique avec des isotopes qui tuent des cellules cancéreuses.» 



QUI EST FRANÇOIS MOONEN, CEO ?

Titulaire d'un diplôme d'ingénieur civil chimiste de l'Université de Liège, François Moonen possède aujourd'hui 20 ans d'expérience en gestion de projets innovants, ressources humaines, ventes et administration d'entreprises. Il entame sa carrière chez L'Oréal à Libramont où il reste 3 ans comme ingénieur de projet. Il est ensuite engagé par AGC Automotive à Fleurus pour coordonner des projets de recherche et développement et des transferts de technologie aux États-Unis et en Asie. Six ans plus tard, fin 2005, il rejoint Arlenda en tant que directeur général, actionnaire et membre du conseil d'administration, au travers de sa société de management Xovelis. Début 2012, il intègre l'équipe de recherche et développement de la société Uteron pour travailler sur de nouveaux projets de médicaments combinés. En créant Elysia en 2014, il détenait donc une solide expérience en gestion de projets innovants. Côté jardin, François Moonen est un golfeur passionné qui choisit ses vacances en fonction des plus beaux greens du monde et, last but not least, l'heureux père de 3 merveilleux enfants.



Transformation digitale: l'exemple TOKU

Transformation digitale, expérience client, communications cloud... Ces expressions s'immiscent plus ou moins fortement dans nos quotidiens, que ce soit dans le cadre de notre vie privée ou professionnelle. Difficile parfois de s'y retrouver dans ce jargon qui semble évoluer à vitesse grand V. Et puis, concrètement, en quoi cela nous concerne-t-il ? C'est ce que nous vous proposons de découvrir grâce à Thomas Laboulle, entrepreneur belge expatrié à Singapour depuis presque 10 ans et dont le parcours professionnel l'a mené à la tête d'une entreprise spécialisée dans ces domaines

TEXTE : VIRGINIE CHANTRY - VIRGINIE@MARKETTROTTERS.COM
PHOTOS : ©SUMMIT ART CREATIONS - STOCK.ADOBE.COM (P12), GORODENKOFF - STOCK.ADOBE.COM (P14),
©DODOW (P15), ©TOKU (P15)

Commençons par le commencement... la transformation digitale. Tout le monde en parle, tout le monde la vit (même sans le savoir), certains la subissent alors que d'autres sont dans leur élément. Il s'agit de l'évolution, plus ou moins rapide, des anciens modèles opérationnels manuels vers des processus numériques et donc de l'intégration des nouvelles technologies dans les modes de fonctionnement. Cela a bien entendu des répercussions sur notre quotidien comme les e-guichets des communes, les portails en ligne pour la santé ou la pension... Encore accélérée par la crise sanitaire du Covid, plus rien ne semble pouvoir arrêter cette transition numérique. Et si l'on souhaite «rester dans le coup», mieux vaut prendre le train en marche avant qu'il ne soit trop tard.

Quant à l'expérience client, *Customer Experience* en anglais (CX en abrégé), elle englobe le vécu d'un client lorsqu'il interagit avec une entreprise, que ce soit avant, pendant ou après l'achat d'un service ou d'un produit. Si l'on prend l'exemple d'un site de vente en ligne, cela va de l'utilisation du site Web, à celle de l'application éventuelle de la marque, en passant par les échanges avec les services client et après-vente, la présentation des produits, la facilité d'achat... Dans le contexte actuel de notre société de consommation, l'expérience client est devenue un enjeu majeur pour les entreprises. Les attentes des consommateurs ont atteint un niveau extrêmement élevé, notamment

sous l'influence des géants du numérique comme *Amazon* qui ont révolutionné le secteur en proposant des standards de service inégalés. Ils ont fait de la réactivité (rapidité de réponse) et de la personnalisation (pertinence de la réponse) un argument de vente, de différenciation et de loyauté des clients. Les entreprises et les marques plus traditionnelles doivent désormais accélérer leur transformation digitale pour répondre instantanément aux demandes des clients et proposer des interactions personnalisées afin de rester compétitives.

Or, assurer une expérience client de qualité s'avère complexe pour ces entreprises qui doivent faire face à plusieurs défis. D'une part, la gestion de nombreux canaux de communication apporte son lot de complexité technique et opérationnelle: téléphone, SMS, messageries instantanées (*chat*, *Viber*, etc.) - synchrones et asynchrones, réseaux sociaux, applications mobiles et messageries «in-app» qui y sont intégrées... Tous ces moyens d'échange nécessitent une orchestration centralisée qui assure fluidité et cohérence, autant en externe avec les clients, qu'en interne au sein même de l'entreprise. D'autre part, la personnalisation requiert de tenir compte des données clients (nom, historique d'achat, préférences...) afin de fournir des réponses pertinentes. Pour ce faire, il est souvent nécessaire d'intégrer des systèmes informatiques et des bases de données hérités du passé et/ou développés en interne, et donc parfois peu exportables. Cela ne peut se faire en un claquement de doigt: une transformation digitale progressive est indispensable. Enfin, les entreprises doivent faire face à une complexité croissante avec l'émergence de canaux comme *WhatsApp* qui les rend dépendantes de fournisseurs tiers, en l'occurrence du groupe *Meta* (ex- *Facebook*).

Cloud Communications

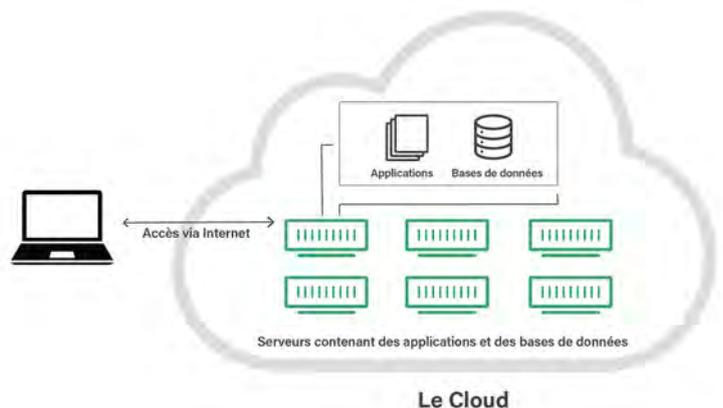
Afin d'aider les entreprises à relever ces défis, des plateformes d'expérience client ont vu le jour. C'est pour accompagner activement les entreprises de la région Asie-Pacifique (APAC) dans leur transformation digitale que Thomas Laboulle, entrepreneur belge, fonde *Toku* en 2018. Basée à Singapour, cette société a pour mission de réinventer l'expérience client, en rapprochant les entreprises de leurs clients et en fluidifiant la communication tant interne qu'externe. D'ailleurs, *Toku* signifie «résoudre», «répondre» ou encore «dénouer» en japonais.

Toku propose aux entreprises, quel que soit leur secteur d'activité, une solution leur permettant de gérer l'ensemble des canaux de communication utilisés au quotidien pour interagir avec

leurs clients, qu'il s'agisse des départements marketing, vente ou assistance (service client). Sous une interface utilisateur unique se cache une plateforme développée en interne qui a été conçue spécifiquement pour l'environnement *cloud* (nuage en français). Cela signifie que les logiciels et applications auxquels fait appel la plateforme ne sont pas exécutés chez l'utilisateur, tout comme les données n'y sont pas stockées. Ces derniers sont accessibles via un réseau comme Internet sur des serveurs interconnectés et hébergés dans des centres spécialisés répartis autour du globe.

Dans un monde connecté et axé sur la satisfaction instantanée, l'expérience client est devenue primordiale pour de nombreuses entreprises qui souhaitent rester compétitives dans leur secteur. Une expérience positive permet de fidéliser les clients et d'en attirer de nouveaux par le bouche-à-oreille notamment.

Sur le plan technique, *Toku* s'appuie sur une architecture virtualisée entièrement basée sur le Web, c'est-à-dire accessible depuis un navigateur Web: aucun téléchargement d'app ou de logiciel n'est requis. Grâce à des APIs (*Application Programming Interfaces* pour interfaces de programmation d'application), qui consistent en des lignes de code permettant à 2 applications différentes de communiquer, la solution mise au point par *Toku* peut être rapidement intégrée aux bases de données, logiciels et applications utilisés par les entreprises clientes. Les développeurs de l'entreprise cliente disposent aussi d'une boîte à outils permettant de résoudre des problématiques spécifiques en interne en toute autonomie. En résumé, le fonctionnement fluide et flexible de la plateforme incombe à *Toku* et les clients en bénéficient en tant que service. Aucun matériel n'est requis: tout se fait à travers le cloud. C'est en cela que l'on parle de *Cloud Communications*.





Contrairement à de nombreux géants historiques du secteur, *Toku* n'est pas lié à des contraintes techniques héritées. Sa plateforme est récente et repose sur une architecture modulaire lui permettant de s'adapter en continu aux évolutions technologiques comme aux exigences réglementaires qui varient selon les pays. Cette agilité est d'autant plus précieuse en Asie que les législations nationales en matière de traitement ou d'hébergement des données y sont parfois très restrictives et les infrastructures variables d'un pays à l'autre.

Machine learning & IA

Dans ce monde digitalisé qui est le nôtre, un autre concept a le vent en poupe tant dans notre vie quotidienne que dans le monde des entreprises: l'Intelligence Artificielle (IA). En conséquence, le *machine learning*, apprentissage automatique grâce à l'IA, est également en pleine expansion. Cette technologie permet aux logiciels d'apprendre et de s'améliorer en analysant de grands volumes de données afin de détecter des tendances statistiquement significatives. Dans le contexte de l'expérience client, il est possible de tirer parti du *machine learning* en exploitant et en analysant l'intégralité des données issues des interactions sur une plateforme centralisant les interactions avec les clients: métadonnées ⁽¹⁾, textes, voix, actions et comptes-rendus des agents de vente ou du service client, enquêtes de satisfaction... L'objectif est d'identifier les meilleures pratiques des agents en contact avec les clients, ou encore de parvenir à une personnalisation en temps réel des parcours clients en fonction de leurs préférences, de leur profil et de leurs expériences passées. Le Graal serait de prédire en amont les besoins des clients pour proposer une assistance proactive. Pour Thomas Laboulle d'ailleurs, CEO de *Toku*: l'avenir de l'expérience client réside du côté des plateformes expertes en IA.

⁽¹⁾ Informations de description des données, par opposition au contenu en lui-même de ces dernières. Prenons l'exemple d'un CD: le **contenu** = les chansons; les **métadonnées** = le nom de l'album, les titres des chansons, le numéro des pistes, la durée de chaque piste, etc.

Si le *machine learning* peut être utilisé à différentes fins, *Toku* y a recours dans un domaine particulier: le traitement automatisé des interactions vocales ou textuelles grâce à la transcription et à l'analyse sémantique. Cette dernière se focalise sur les intentions et les émotions cachées derrière les mots utilisés, en tenant compte par exemple du volume et du ton de la voix. Sans cesse en recherche d'innovation technologique, la société développe en interne ses propres modèles linguistiques entraînés spécifiquement pour prendre en charge des langues comme l'indonésien, peu couvertes par les modèles *mainstreams* du secteur.

Toku, acteur d'innovation

Si *Toku* se positionne aujourd'hui comme une plateforme d'expérience client globale, ses débuts sont en réalité liés à une opportunité identifiée dans le secteur des télécommunications. En Asie, le marché des télécoms se caractérise par une forte fragmentation, contrairement à l'Union Européenne qui a homogénéisé les législations et obligé les opérateurs nationaux à ouvrir la connectivité à la compétition. Chaque pays de la région Asie-Pacifique dispose de son propre opérateur national et de règles spécifiques en matière d'accès au réseau. C'est le cas de marchés que l'on peut qualifier d'émergents comme l'Indonésie, la Thaïlande, le Bangladesh ou le Pakistan. Cette situation constitue une véritable «barrière à l'entrée» pour les concurrents, même les poids lourds comme *Cisco*, géant américain de l'informatique, peu enclins à investir dans des infrastructures aussi morcelées.

En investissant dans la connectivité mobile et l'acquisition de licences télécoms, *Toku* a pu développer une présence forte et une notoriété dans nombre de pays et devenir, de la sorte, un acteur incontournable du secteur. Cependant, l'avenir de l'entreprise se situe ailleurs: dans la communication via le cloud au niveau de l'expérience client. Grâce à sa plateforme innovante, *Toku* connaît une croissance soutenue depuis sa création. L'entreprise compte aujourd'hui plus de 130 employés. Forte de son avance technologique et de sa connaissance intime des marchés asiatiques, la start-up devenue scale-up se donne les moyens de se rapprocher de son objectif: devenir le leader incontesté de l'expérience client dématérialisée pour les entreprises de la région APAC. ^A

TECHNO-ZOOM

Vous paniquez peut-être à la simple idée de trouver le sommeil le soir ? *Dodow*, petit boîtier à poser sur la table de nuit, pourrait susciter votre intérêt. Il s'agit d'un métronome qui projette un faible halo de lumière bleue au plafond. Lorsqu'il s'étend, inspirez. Lorsqu'il se rétracte, expirez. Vous l'aurez compris: il s'agit de cohérence cardiaque, outil qui a fait ses preuves dans la gestion du stress et de l'anxiété. La couleur bleue a été choisie pour son effet apaisant et est d'intensité trop faible pour retarder l'endormissement comme pourrait le faire un écran de télévision. *Dodow* possède 2 modes différents: l'un de 8 minutes qui s'active en touchant une fois la surface tactile du boîtier, l'autre de 20 minutes que l'on sélectionne en la touchant 2 fois. Synchronisez votre respiration avec la lumière qui varie lentement au rythme optimal de 6 pulsations par minute jusqu'à l'extinction automatique du boîtier. Vous voilà prêt.e à trouver le sommeil !



SCANNEZ-MOI



QUI EST THOMAS LABOULLE ?

Ce jeune entrepreneur belge fait ses études à l'École Royale Militaire (ERM) avant de devenir Officier dans l'Infanterie de la Défense Belge. Cela lui donne l'opportunité de partir en mission au Liban avec l'ONU et en Afghanistan avec l'OTAN. Après ces missions, il souhaite mettre à profit les études en IT Management qu'il a réalisées à la *Business Solvay School* après l'ERM. Il devient alors consultant et travaille sur des projets de transformation digitale et de déploiement d'outils informatiques, notamment pour l'entreprise liégeoise *Magotteaux*. Cela comprend pas mal de mandats sur le terrain: Thaïlande, Québec, États-Unis... Ces missions lui laissent cependant un petit goût de trop peu et l'amènent à vouloir s'expatrier. En 2014, il opte alors pour Singapour où il se rend d'abord 2 semaines pour analyser le marché de la consultance. Il y trouve rapidement une première mission en gestion de projets internes au sein d'une startup fintech.

Il travaille ensuite pour un bureau suisse de gestion de patrimoine qui lui permet de rencontrer son mentor. Ce dernier l'encourage à reprendre et à restructurer une entreprise technologique singapourienne active dans la communication cloud B2C. Cela constitue un énorme challenge car l'entreprise est alors en grande difficulté, étant notamment en concurrence directe avec des solutions gratuites comme *Viber* et *WhatsApp*. Après 18 mois, la meilleure option se révèle être de mettre la société en liquidation. Voyant une opportunité dans le secteur B2B en utilisant la fragmentation telco en Asie, l'idée de Thomas est alors de récupérer certains actifs intéressants de l'entreprise, comme les licences télécom. Il défend cette position devant un fonds d'investissements privés qu'il convainc. C'est là que *Toku* voit le jour.

Plus d'infos: investor.relations@toku.co

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



Recto

L'ADN de...

Diane BOUCHER

Technicienne en électroménagers

Comment devient-on technicien.ne en électroménagers ?

Il y a plusieurs possibilités mais personnellement, je suis passée par Le Hublot, à Saint-Servais (Namur) qui est à la fois un centre de réparation et de formation en électricité, en secrétariat, en informatique et en réparation d'électros. On peut aussi y suivre des cours pour le permis de conduire. La formation en réparation d'électros dure maximum 18 mois. On a quelques cours théoriques (électricité, électronique, informatique) mais principalement des cours pratiques en atelier. On commence par démanteler des machines «rebus» afin d'identifier toutes les pièces et se familiariser avec les outils. On travaille ensuite sur des machines à reconditionner (test, nettoyage, démontage, remontage, réparation), qui redeviennent des produits finis fonctionnels. La dernière étape se passe au Centre de réparation, où l'on apprend à poser un diagnostic sur les machines des clients qui nous sollicitent et à les réparer. Parallèlement, j'ai choisi de faire un stage sur le terrain, qui est facultatif. J'accompagne un réparateur professionnel chez ses clients. Cela complète bien ma formation, au niveau de l'organisation, des devis, des réparations elles-mêmes, du contact commercial, de la facturation.... Le certificat délivré à l'issue de la formation permet d'être employé. Pour se lancer comme indépendant, il faut un diplôme de gestion mais aussi une validation de connaissances en électricité car l'on travaille au dessus de 2 000 watts. Je vais donc suivre cette formation au Hublot en 6 mois (3 mois de théorie et 3 mois de pratique). Ensuite, je compte créer ma propre société.

Vous êtes actuellement en formation au Hublot et stagiaire auprès de SOS Dépannages Électroménagers, mais quelle est votre journée-type ?

Pour l'instant, je suis en stage 4 jours sur 5. Sur le terrain, on prépare la camionnette et les pièces

Technicienne en électroménagers, c'est une vocation que vous avez depuis toute petite ?

Pas du tout. En revanche, ce que je sais depuis toujours, c'est que j'étais faite pour être sur le terrain. Je n'aurais pas pu faire un métier assise derrière un bureau ou même enfermée dans une pièce. J'ai suivi des études secondaires techniques en gestion, puis j'ai travaillé dans une écurie pendant 13 ans. Jusqu'à ce que je me dise qu'il me restait 25 ans à travailler et que j'avais envie d'exercer un métier que j'aime. Sauf que je ne savais pas vers quoi me ré-orienter. C'est le hasard qui a bien fait les choses: je suis tombée sur un reportage télé de Canal Zoom qui faisait la promotion des Portes Ouvertes du Centre de formation professionnelle Le Hublot. J'y suis allée et ça m'a plu tout de suite. Je me suis inscrite et quelques mois plus tard, j'y entamais ma formation. Je me suis directement sentie à ma place.

les plus courantes et nous nous déplaçons chez les clients pour réparer leurs machines à laver, séchoirs, lave-vaisselle ou fours. Nos journées sont très chargées avec entre 6 et 9 dépannages quotidiens. Le boulot ne manque pas ! Le vendredi, je suis au Hublot en formation.

Quels sont vos rapports avec la science ?

La science... À vrai dire, ce n'était pas trop mon truc à l'école. Donc pas de mauvais rapports mais seulement la base donnée à l'école. Après, l'électricité, c'est de la science mais je la vois plus comme une discipline technique finalement.

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

Ce qui est le plus compliqué, c'est de faire le bon diagnostic en un minimum de temps. Car parfois, une panne peut avoir plusieurs explications. Ce n'est pas pour autant qu'on peut se permettre de tout démonter et tout contrôler chez le client. En

gros, il faut voir très clair et très vite et ce, sur tous types d'appareils.

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

Ma plus grande satisfaction est d'avoir toujours fait ce qui me plaisait. Malgré les a priori. Une fille qui répare des électros, il n'y en a pas beaucoup dans ce milieu essentiellement masculin. Ça ne m'a pas fait peur. J'ai toujours préféré aller à contre-courant plutôt qu'à contre-cœur.

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

C'est comme tout, il faut aimer ce que l'on fait. Ça passe par le travail et la pratique. Il ne faut rien lâcher. Il y a toujours moyen de rebondir. Si tu es fait pour ça, que tu aimes ce que tu fais et que tu te donnes à fond, tu y arriveras ! J'en suis la preuve vivante ! 



Diane BOUCHER

ÂGE : 40 ans

SITUATION FAMILIALE :
Maman d'un petit garçon, Jules.

PROFESSION :
Technicienne en réparation d'électroménagers.

FORMATION : CESS en gestion au Collège technique Saint-Guibert de Gembloux.

TÉL. : +32 473 35 49 47

MAIL :
diane9boucher@gmail.com

SITE INTERNET :
www.lehublot.be

Verso

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

La médecine peut-être... Mais il aurait fallu que je sois plus appliquée dans mes cours. Puis la science n'était pas ma tasse de thé. Remarquez, en tant que technicien en réparation, on soigne aussi. Sauf que les patients sont des machines. Et nous devons nous aussi établir un diagnostic pour pouvoir soigner/réparer. ☺

Je vous offre un super pouvoir...

Pouvoir voir à travers les gens et les choses. Connaître le fond de leurs pensées pourrait nous faire gagner du temps. Même si parfois, il ne vaudrait mieux pas ! Idem pour les machines à réparer, ça pourrait permettre de voir directement ce qui ne va pas. On manque tellement de temps...

Je vous offre un auditoire...

J'ouvrirais des débats avec les Ministres et hommes politiques pour donner la parole aux citoyens, qui ne sont pas toujours écoutés. Beaucoup ne comprennent pas certaines décisions, lois, taxes etc.

Je vous offre un laboratoire...

Ce serait sur quelque chose de pratique en lien avec mon métier. Je pense aux boîtes à outils, qui sont très lourdes à porter, déplacer. Un manche universel par exemple qui permettrait d'avoir plusieurs outils en un. Un peu comme un couteau suisse finalement !

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

C'est une question difficile... Pourquoi pas un piano ! C'est d'abord un bel objet qui offre du plaisir

et de la joie aux gens. Il fonctionne dans un esprit positif. On dit que la musique adoucit les mœurs... Un autre objet auquel j'ai pensé, ce serait un pantalon de travail à poches, très pratique pour notre boulot. Ou encore un avion pour visiter le monde.

Je vous offre un billet d'avion...

Je m'envolerais vers l'Australie pour la diversité de ses paysages, de sa faune et de sa flore !

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

J'adorerais rencontrer Thomas Pesquet. Je lui demanderais comme est la vue d'en haut et ce que ça fait de ne pas être sur la Terre mais de la voir de loin.

La question «a priori»: L'obsolescence programmée des appareils électriques/électroniques et la démocratisation de leurs prix nous poussent à jeter et à racheter. Y a-t-il un avenir pour ce métier ?

Effectivement, l'obsolescence programmée existe bel et bien et c'est dommage ! Ceci dit, la qualité et la durée de vie des appareils ne sont pas équivalentes en fonction des marques. Comme pour beaucoup de choses, on en a souvent pour son prix. Un bon appareil a un certain coût, c'est vrai, et il est donc parfois plus intéressant de le faire réparer et de changer l'une ou l'autre pièce dite «d'usure» pour qu'il fonctionne encore plusieurs années. Cela évite aussi la surconsommation. C'est une mentalité à avoir. Mon grand-père disait toujours: «Pour acheter bon marché, il faut être riche !». Il y a un avenir, c'est sûr. En tous cas, à court et moyen terme. Dans plusieurs dizaines d'années, qui sait ? 



Créativité : au commence- ment étaient les contraires

La créativité est aujourd'hui considérée comme un levier essentiel pour relever les défis auxquels sont confrontées nos sociétés. Mais comment fonctionne la créativité ? Si elle recèle une part de magie, cette «*capacité à réaliser une production qui soit à la fois nouvelle et adaptée au contexte dans lequel elle se manifeste*», comme définie par le psychologue Todd Lubart, présente un aspect intrinsèquement dynamique, activé par la rencontre des contraires

TEXTE: JULIE LUONG · JULUONG@YAHOO.FR

PHOTOS: © SUTADIMAGES - STOCK.ADOBE.COM (P.18), © GOOGLE (P.19), © GURUXOX - STOCK.ADOBE.COM (P.21)

«**Au** 20^e siècle, l'économie mondiale s'est déplacée d'une économie industrielle à une économie de la connaissance», rappelle Véronique Dethier, chercheuse en sciences économiques et de gestion à l'UNamur et autrice d'une thèse sur la créativité (1). Avec la révolution numérique - définie par le philosophe Michel Serres comme la troisième grande révolution humaine après l'invention de l'écriture et de l'imprimerie -, ce déplacement s'est encore renforcé: «*la valeur ajoutée d'un professionnel n'est plus de posséder des connaissances, mais d'être en mesure de les utiliser, de les combiner et de les intégrer*», détaille Véronique Dethier. Le psychologue spécialiste de la créativité Todd Lubart, professeur à l'Université Paris-Descartes, parle même de l'émergence d'un «*Homo Creativus*», dont la marque de fabrique serait la «*capacité à imaginer, inventer, construire, mettre en œuvre un concept inhabituel, un nouvel objet ou à découvrir une solution originale à un problème*».

Il en résulte que la créativité n'est plus perçue aujourd'hui comme une qualité nécessaire à la production artistique, réservée à certains êtres d'exception, mais comme une ressource indispensable au développement et à la survie des sociétés. Selon la Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement (CNUCED), nous sommes entrés dans l'ère de l'«*économie créative*», 2 termes traditionnellement considérés

comme antagonistes. En 2013, un rapport de l'UNESCO (2) estimait que «la créativité humaine et l'innovation, à l'échelle des groupes comme des individus, représentent, au 20^e siècle, la véritable richesse des nations».

«Aujourd'hui, le cycle de vie des produits, des services est de plus en plus rapide, explique Véronique Dethier. Tout défile, les business models sont obsolètes de plus en plus vite, donc les entreprises ont besoin d'innovation en continu. Par ailleurs, dans le cadre de la transition que l'on vit, que ce soit du point de vue de la lutte contre le réchauffement climatique ou du vivre-ensemble, on ne peut pas trouver des solutions avec les mêmes modes de pensée que par le passé... Il faut penser les choses sous un autre angle. L'innovation est là pour répondre à ces défis, pas pour inventer des gadgets en plastique qui ne servent à rien.» La créativité est une forme de jeu, oui, mais de jeu sérieux.

Entre l'artiste et l'entrepreneur

Mais qui sont les créatifs ? «Les créatifs se situent entre les entrepreneurs et les artistes, précise Véronique Dethier, car ils ont des clients. Là où les artistes se créent leur propre question de recherche, la demande vient au créatif depuis l'extérieur.» Dans le cadre de sa thèse, Véronique Dethier s'est intéressée aux profils de 16 professionnels de la création au sein du TRAKK, un hub créatif namurois lancé par le BEP (Bureau économique de la Province), le KIKK (Association de promotion des cultures numériques et créatives) et l'UNamur. Ceux-ci étaient actifs dans des domaines comme l'architecture, le design graphique et digital, le design interactif, le développement personnel, les solutions hardware, les installations interactives et l'artisanat. Les entretiens menés avec ces créatifs d'horizons divers ont permis à la chercheuse d'analyser les étapes de la génération d'idées, souvent impensées par les créatifs eux-mêmes. «La créativité est très peu verbalisée, commente Véronique Dethier. On s'assied rarement à un bar en demandant à son interlocuteur "c'est quoi ton processus créatif ?" Mais les créatifs étaient ensuite contents d'avoir pu réaliser ce travail d'analyse, les retours étaient très positifs.» Penser son mode de fonctionnement, objectiver les facteurs qui favorisent la créativité ou qui au contraire la brident permettent en effet de gagner du temps et de renforcer sa confiance en soi.

En s'appuyant sur la pensée de François Jullien, philosophe et helléniste français spécialiste de

la pensée chinoise, Véronique Dethier a ainsi tenté de conceptualiser comment certains espaces - tels les hubs créatifs et les tiers-lieux qui émergent aujourd'hui dans toutes les villes de Wallonie - favorisent la créativité grâce à la mise en présence de pôles contraires. Jullien a montré que la pensée et la langue chinoises conçoivent toute chose comme «une corrélation de facteurs, entrant en interaction et se constituant en polarité». Ainsi, en Chine, «chose» se dit «est-ouest» et «paysage» se dit «montagne(s)-eau(x)». Dans cette perspective, «l'écart» est donc ce qui fait advenir le réel. De telles polarités, observe Véronique Dethier, se retrouvent au niveau de l'architecture du TRAKK qui articule des espaces ouverts et fermés, l'ombre et la lumière, des zones isolées et d'autres dédiées à la collectivité et aux interactions.

«Les polarités sont un activateur de créativité que l'on retrouve dans ces tiers-lieux. Pourtant, ces polarités ne sont pas pensées: quand on conçoit ce type d'espace, on reprend des codes, des images qu'on a en tête, comme la table de ping-pong ou le kicker, observe Véronique Dethier. Pourtant, les recherches montrent qu'en soi, le ping-pong ou le kicker n'apportent rien au niveau de la créativité. Mais aujourd'hui, dans l'imaginaire collectif, ces éléments sont ce qu'on trouve chez Google ou Facebook, indissociables des "entreprises créatives".» Si cela fonctionne, c'est donc aussi parce que ces polarités se retrouvent à d'autres niveaux, par exemple celui des sphères de compétences avec d'un côté, les compétences qui relèvent de l'économie et du management et de l'autre, celles qui relèvent de l'expérimentation

(1) *L'expérience spatio-temporelle de la créativité: les impensés du processus créatif*, 2022,

<https://bit.ly/4bWzX55>

(2) *Rapport sur l'économie créative, 2013, édition spéciale: élargir les voies du développement local*,

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



L'espace détente des bureaux de Google à Kuala Lumpur, en Malaisie.

⁽³⁾ Csikszentmihalyi M. (1996). *Flow and the psychology of discovery and invention*. HarperPerennial, New York, 39

⁽⁴⁾ Lubart T., Mouchiroud C., Tordjman S., & Zenasni, F. (2015). *Psychologie de la créativité* - 2^e édition. Armand Colin.

et de la création. «*La littérature sur les tiers-lieux les définit comme des espaces d'entre-deux, de transition, liminaux ou de tiers*, explique la chercheuse. *Tous ces termes traduisent assez bien cette idée d'un "ailleurs" encore incertain, qui n'appartient pas au monde connu.*» Plusieurs auteurs décrivent les espaces de coworking comme des espaces paradoxaux, en tension, pris entre différentes polarités organisationnelles: «*la nature des activités observées (ni strictement professionnelles, ni exclusivement relationnelles), la pratique de travail (ni exclusivement seuls ni totalement en collaboration), le profil des coworkers (ni expertises semblables ni profils très variés) ou leurs relations (entre formelles et informelles)*».

Des personnalités complexes

L'idée que la créativité résulte de la rencontre d'énergies contraires se retrouve dans de nombreux travaux de psychologie. Pour le psychologue spécialiste de la créativité Mihaly Csikszentmihalyi, les individus créatifs se caractérisent avant tout par leur complexité. Difficile de dire d'un individu créatif qu'il est «ceci» sans avoir immédiatement envie d'ajouter qu'il est aussi - à force égale - «cela». Csikszentmihalyi ⁽³⁾ a ainsi relevé 10 polarités dans la personnalité créative:



Les 10 polarités des personnalités créatives relevées par Csikszentmihalyi

Pour Todd Lubart ⁽⁴⁾, on retrouve chez les personnes créatives au moins 5 caractéristiques: la prise de risques, la persévérance, la tolérance à l'ambiguïté, l'ouverture aux nouvelles expériences et l'individualisme. Les gens créatifs ne sont pas dominés par la peur; ils ne se laissent pas décourager par l'échec; ils accueillent et provoquent le changement; ils croient en l'importance de leur expérience propre et de leur regard; ils acceptent de demeurer dans le doute et l'irrésolution à propos des événements et des personnes.

«*Essayer encore. Rater encore. Rater mieux*», écrivait Samuel Beckett. «*Les créatifs sont des gens orientés "solutions"*, résume Véronique Dethier. *Face à une impasse, il y a les gens qui ne voient que les obstacles et ceux qui contournent les problèmes, qui rebondissent. On l'observe au niveau individuel, mais il reste encore à étudier ces mécanismes au niveau collectif.*» Par ailleurs, comme le montrent les recherches en sociologie, la créativité dépend aussi de certaines conditions matérielles. Parce qu'elles nécessitent du temps et une certaine disponibilité d'esprit, les activités créatives trouvent difficilement un aboutissement dans un contexte de précarité économique ou de stress aigu. De même, les penseuses féministes ont souligné combien les charges domestiques et la dépendance économique ont longtemps été un frein à la créativité des femmes. En 1928, Virginia Woolf insistait déjà sur le fait que pour produire une œuvre romanesque, une femme devait avant tout disposer de 500 livres de rente et d'une «chambre à soi», à l'écart des obligations familiales...

Imiter pour mieux innover

«*Jusqu'à présent, la créativité a surtout été étudiée du point de vue de la psychologie*, poursuit Véronique Dethier, *beaucoup moins en sciences de gestion... Or cette approche est intéressante car elle permet d'apporter un point de vue plus global, plus holistique sur le processus créatif.*» Aujourd'hui, les neurosciences apportent aussi leur pierre à l'édifice pour mieux comprendre ce qu'est la créativité et sortir des mythes qui l'entourent... et qui peuvent eux-mêmes la brider ! Ainsi de l'idée selon laquelle la créativité serait un don tombé du ciel, progressivement brimé par la société et l'éducation. «*Les enfants ont bien sûr quelque chose de spécial*, commente Véronique Dethier, *qui est leur côté naïf, qui s'intéresse à tout, sans tabou. Mais il semblerait qu'on ne puisse être véritablement créatif qu'à partir de 25 ans, au moment où le cerveau préfrontal est mature.*»

Les recherches en neurosciences montrent en effet que le processus créatif est lié à la pensée



LA TOLÉRANCE À L'AMBIGUÏTÉ

Les personnalités créatives présentent une «tolérance à l'ambiguïté» particulière. En effet, pour la majorité des gens, l'ambiguïté - les hypothèses multiples, les fins ouvertes - est une expérience déplaisante. «Comme notre cerveau préfère la prudence, son paramètre par défaut est de traiter tout ce qui est nouveau, ambigu, incertain, comme intrinsèquement désagréable», explique la neuroscientifique Samah Karaki (5). Vous préférez donc la configuration la plus sûre, la plus familière plutôt que l'inconnu. Un manque de clarté, de visibilité déclenche une réponse au stress qui est traitée de la même manière qu'un conflit ou une douleur physique.» Au cours de leur développement, les personnes créatives apprennent au contraire à tolérer l'incertitude, à adopter une multitude de points de vue et à laisser de côté les stéréotypes (qui sont une manière pour le cerveau de se rassurer). Une capacité qui peut être développée et encouragée socialement. «Des études montrent que l'appréciation de l'art peut permettre de développer cette compétence précieuse de la tolérance à l'ambiguïté», explique encore Samah Karaki. À partir de la poésie japonaise haïku (petit poème de 17 syllabes, en 3 vers, l'un des genres poétiques privilégiés de la littérature japonaise classique), des chercheurs ont montré que la tolérance à l'ambiguïté pouvait augmenter et que l'effet pouvait persister dans le temps. Des changements cognitifs comme l'acceptation de l'ambiguïté peuvent se produire grâce à la création, la discussion collective et l'échange autour de l'art.»

neurodivergente, c'est-à-dire à cette capacité de «penser contre soi-même» mais aussi à faire des liens entre des choses éloignées. Or cette pensée neurodivergente mobilise des régions cérébrales impliquées dans le cortex préfrontal... «Par ailleurs, pour être créatif, il faut d'abord maîtriser très bien une discipline, poursuit Véronique Dethier. On le voit avec des artistes comme Picasso ou encore avec Hervé This, l'inventeur de la cuisine moléculaire, qui a d'abord étudié tous les aspects de la cuisine, des ingrédients aux instruments, avant de proposer cette approche novatrice.»

Le génie est donc rarement «précoce». Pour créer - et contrairement à ce que voudraient faire croire certains coachs qui promettent de «libérer votre créativité» en 3 semaines -, il faut avoir beaucoup assimilé, imité... et vécu. Ce que le poète Rainer Maria Rilke exprimait en ces termes: «Pour écrire un seul vers, il faut avoir vu beaucoup de villes, d'hommes et de choses, il faut connaître les animaux, il faut sentir comment volent les oiseaux et savoir quel mouvement font les petites fleurs en s'ouvrant le matin. Il faut pouvoir repenser à des chemins dans des régions inconnues, à des rencontres inattendues, à des départs que l'on voyait longtemps approcher, à des jours d'enfance dont le mystère ne s'est pas encore éclairci (...) - et il ne suffit même pas de savoir penser à tout cela.

*Il faut avoir des souvenirs de beaucoup de nuits d'amour, dont aucune ne ressemblait à l'autre (...)
Et il ne suffit même pas d'avoir des souvenirs. Il faut savoir les oublier quand ils sont nombreux, et il faut avoir la grande patience d'attendre qu'ils reviennent.» (Les Cahiers de Malte Laurids Brigge, 1910).*

(5)  <https://bit.ly/4bYG9cQ>

S'ils ne se produisent que sur un terrain soigneusement labouré, les «moments de grâce», bien sûr, existent. Et arrivent souvent au moment où l'on s'y attendait le moins. «On a frappé à toutes les portes qui ne donnent sur rien, et la seule par où on peut entrer et qu'on aurait cherchée en vain pendant cent ans, on y heurte sans le savoir, et elle s'ouvre», écrivait Proust. La créativité s'entraîne, se cultive, se préserve. Elle est une question d'espace, d'argent et de temps. Mais il y a en elle «une part de magie qu'on doit lui conserver», conclut Véronique Dethier. A

Vote électronique : solution sûre ?

Véronique Cortier est une chercheuse française en sécurité informatique, spécialiste du vote par Internet. Directrice de recherche au Centre national de Recherche Scientifique (CNRS), elle travaille au laboratoire LORIA, à Nancy. En collaboration avec d'autres chercheurs, elle développe le logiciel de vote électronique *Belenios*. Elle est également co-auteur, avec Pierrick Gaudry, de l'ouvrage *Le Vote électronique*, paru en 2022 aux Éditions Odile Jacob, destiné au grand public et aux preneurs de décisions

TEXTE : CLÉMENTINE LAURENS • TWITTER: @CLEMLAURENS
PHOTO : ALIAKSANDR MARKO - STOCK.ADOBE.COM (P.22)

INTERVIEW
DE VÉRONIQUE
CORTIER

► Qu'est-ce que le vote électronique ?

Cette appellation recouvre 2 réalités distinctes : les machines à voter d'une part, et le vote par Internet d'autre part. Avec les machines à voter, les électeurs se déplacent dans les bureaux de vote, s'identifient par les moyens habituels (en présentant leur carte d'électeur par exemple), puis utilisent une machine pour voter. Le vote par Internet, lui, se fait à distance, et les électeurs utilisent leur propre matériel (ordinateur, smartphone...). Pour ma part, je suis plutôt spécialiste de vote par Internet, mais les 2 concepts présentent des défis techniques similaires.



► Quels défis ?

On voudrait avoir les mêmes garanties de sécurité dans le vote électronique que dans le vote papier à l'urne. Et pour le moment, on n'y arrive pas tout à fait - c'est une des raisons pour lesquelles le vote électronique n'est pas très répandu. Pour qu'un vote soit considéré comme sécurisé, il doit avoir 2 propriétés fondamentales : il doit être **secret** et **vérifiable**. On a souvent tendance à oublier ce deuxième aspect, pourtant il est essentiel ! Il faut que chacune et chacun s'assure que le résultat proclamé correspond bien au vote émis par les électeurs.

► Qu'est-ce qui offre de telles garanties dans le vote papier à l'urne ?

Dans le cas d'un vote papier à l'urne, le secret est garanti parce que les bulletins de vote sont placés dans des enveloppes opaques et que l'urne est mélangée avant le dépouillement, ce qui fait que les enveloppes sont ouvertes dans un ordre différent de celui dans lequel elles ont été déposées. Côté vérifiabilité, l'électeur sait ce qu'il a placé dans l'enveloppe, qu'il apporte lui-même jusqu'à l'urne : il sait donc que son vote est pris en compte, et qu'il n'y a pas eu d'échange. Par ailleurs, l'urne est transparente, ce qui permet de vérifier qu'elle est initialement vide. Enfin, tout le monde peut surveiller le bureau de vote tout au long d'une journée d'élection, et assister au dépouillement.

► **Comment fait-on pour transposer ces garanties dans un système de vote par Internet ?**

C'est difficile ! Et c'est là que les mathématiques sont nécessaires: on utilise de la cryptographie, la science qui permet de chiffrer des informations pour les rendre illisibles par quiconque n'a pas la bonne clé de déchiffrement. Pour garantir le secret d'un vote par exemple, on va chiffrer les bulletins à l'aide d'un «système de chiffrement à clé publique»: on verrouille chaque bulletin avec un cadenas que tout le monde peut avoir, mais dont personne n'a intégralement la clé. Pour déverrouiller le cadenas, il faut que plusieurs personnes se mettent ensemble pour assembler les morceaux de clé qu'elles ont. On utilise par ailleurs plusieurs mécanismes pour éviter qu'au moment du déchiffrement, on puisse remonter à l'émetteur d'un vote en particulier. Par exemple, on va mélanger les bulletins électroniques, et en déchiffrer plusieurs simultanément pour ne pas pouvoir retrouver un à un les émetteurs des votes.

► **Et côté vérifiabilité ?**

On exploite une brique moins connue en cryptographie: les preuves à divulgation nulle de connaissance, ou «zero-knowledge proofs» en anglais. Ce sont des méthodes qui permettent de démontrer quelque chose sans rien révéler d'autre que le strict énoncé qu'on démontre. Ici, cela consiste à démontrer que l'autorité qui déchiffre le vote ne ment pas, mais sans rien révéler du vote lui-même !

► **Cela paraît impossible...**

Pourtant, il existe des techniques pour le faire. Imaginez, par exemple, que j'aie réussi à faire un Sudoku très difficile et que je veuille vous démontrer que j'ai la solution... mais sans vous la donner. On peut faire une preuve zero-knowledge de ma réussite de la manière suivante: j'utilise des cartes numérotées de 1 à 9 pour représenter devant moi ma solution du Sudoku, puis je les retourne pour les positionner faces cachées. Vous pouvez alors me demander de vérifier la ligne, la colonne ou le carré de votre choix. Je prends les cartes correspondantes - toujours faces cachées - et je les mélange avant de vous les donner. Vous pouvez alors vérifier que la main contient bien une fois (et une seule) chaque numéro de 1 à 9... sans pour autant connaître l'ordre dans lequel je les avais placés. Ensuite, vous vous retournez, je replace les cartes faces cachées dans le bon ordre, et on peut répéter l'opération jusqu'à avoir vérifié toute la grille. Ce sont des procédés similaires qu'on utilise pour vérifier que le résultat d'un vote est exact sans avoir à révéler qui a voté quoi.

FONCTIONS À SENS UNIQUE

Quand Véronique Cortier explique que «la cryptographie elle-même repose sur certaines hypothèses», elle fait référence à ce que l'on appelle les «fonctions mathématiques à sens unique»: des opérations faciles à faire dans un sens, mais difficiles à inverser. Il est, par exemple, facile de calculer le produit de 2 très grands nombres premiers - on dispose pour cela d'algorithmes très efficaces. Mais à l'inverse, étant donné un nombre dont on sait qu'il est le produit de 2 très grands nombres premiers, il est difficile de retrouver ces facteurs. On ne connaît pas aujourd'hui d'algorithme capable de faire ce travail de factorisation de manière systématique et efficace. Or, ce problème de la factorisation est au cœur du protocole de chiffrement RSA, qui sécurise aujourd'hui une grande partie de la navigation sur Internet: comme on ne sait pas factoriser les grands entiers, on ne sait pas déchiffrer les informations codées avec RSA. Autrement dit, RSA est sécurisé sous l'hypothèse qu'on ne sache pas résoudre facilement le problème de la factorisation. Mais rien ne garantit qu'un jour, quelqu'un ne parviendra pas à trouver un tel algorithme de factorisation ! Les cryptologues travaillent à contrôler ce type de risque, en améliorant les protocoles existants, cherchant les éventuelles failles, développant des techniques toujours plus robustes. Pour le vote électronique comme pour le reste de la cryptographie.

► **Qu'est-ce qui empêche, alors, d'avoir les garanties de sécurité nécessaires pour un vote électronique ?**

En fait, toutes ces démonstrations reposent quand même sur certaines hypothèses de confiance. Par exemple, dans le système de vote en ligne que je développe avec mes collègues, Belenios, on fait l'hypothèse que les ordinateurs sur lesquels votent les électeurs sont dignes de confiance: on considère qu'ils ne modifient pas les votes sous l'influence de virus informatiques, qu'ils ne transmettent pas d'informations sur le vote à l'extérieur etc. Et à vrai dire, la cryptographie elle-même repose sur certaines hypothèses (voir encadré ci-dessus) ! C'est normal de faire des hypothèses de ce genre-là, on ne peut pas vraiment s'en passer. En revanche, il est très important que les législateurs expriment clairement quelles hypothèses sont acceptables ou non, et que cela soit bien compris et accepté des citoyennes et citoyens ! Cette question d'acceptabilité du résultat d'un vote est un facteur très important en démocratie: il faut pouvoir convaincre les perdants qu'ils ont bel et bien perdu, sans contestation possible. Et cela passe par une législation exigeante et transparente. 

LE DOSSIER

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT - PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE

WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE

PHOTOS: © AFP/BELGAIMAGE (P.24),

© JUSTIN CASTERLINE (P.26),

© AFP/BELGAIMAGE (P.28)



Laurel Hubbard, athlète néo-zélandaise et première athlète trans à concourir aux Jeux olympiques, à Tokyo en 2020.

JO: quid des athlètes intersexuées et transgenres ?

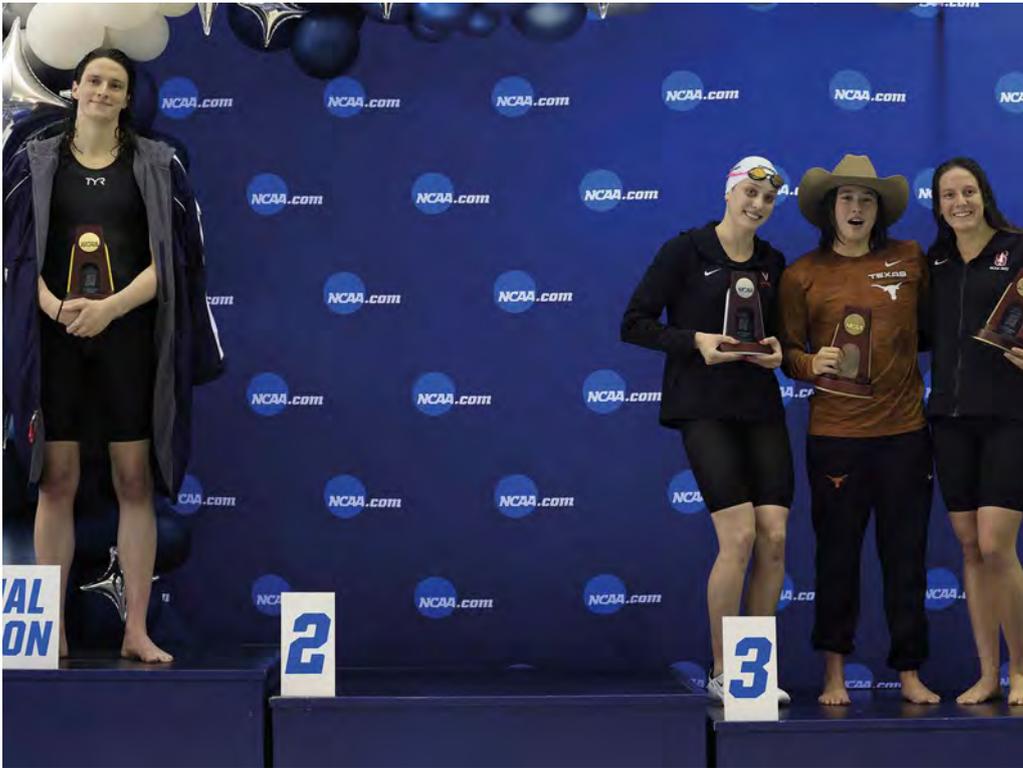
Les performances des athlètes intersexuées et transgenres font vaciller tout le sport féminin. Devant cette situation face à laquelle les athlètes nées femmes se sentent dépourvues, y a-t-il une autre solution que la création d'une «troisième catégorie» sportive à côté de celle des femmes et de celle des hommes ? Plusieurs fédérations ont formulé ce projet et la *World Aquatics* a même franchi le pas le 16 août 2023. Aux JO de Paris, la participation des athlètes transgenres et intersexuées aux compétitions féminines dépendra des règles en vigueur dans chaque fédération

Quatre nouvelles disciplines sportives feront leur entrée aux Jeux Olympiques qui se tiendront à Paris du vendredi 26 juillet au dimanche 11 août: le breaking (ou breakdance), danse acrobatique issue de la culture hip hop, l'escalade, le skateboard et le surf, dont les épreuves éliront domicile loin de la ville Lumière, à Tahiti. Mais la principale nouveauté est peut-être que, pour la première fois, les Jeux accueilleront un nombre égal d'athlètes féminines et d'athlètes masculins - quelque 10 500 au total pour les 2 sexes. L'histoire et le hasard veulent que ce soit précisément à Paris, à l'occasion des JO de 1900, que les femmes furent enfin invitées à participer à des épreuves olympiques. À l'époque, on en dénombra 22... contre 975 hommes.

Mais aujourd'hui, c'est une autre question qui se pose avec insistance: celle de la participation d'athlètes intersexuées (1) - en particulier hyperandrogènes (2) - ou transgenres aux épreuves sportives féminines. Elle n'est pas neuve, loin s'en faut, mais à une époque où le débat sur les identités de genre s'est profondément ancré dans la société, suscitant de vives polémiques, elle revêt une acuité particulière et pousse certaines instances sportives à sortir du bois et à réglementer l'accès aux épreuves féminines avec pour objectif de faire obstacle à ce que beaucoup

de sportives cisgenres (3) et d'observateurs considèrent comme une concurrence déloyale. En 2021, une affaire a enflammé les États-Unis, la mèche ayant été allumée par un nageur devenu nageuse, Will Thomas devenu Lia Thomas. Will a concouru durant 3 ans pour l'équipe masculine de natation de l'Université de Pennsylvanie. Sur la distance de 500 yards, il était classé 65^e au ranking de la *National Collegiate Athletic Association* (NCAA), l'association nationale américaine des sports universitaires. Après une hormonothérapie entamée en 2019, Will s'effaça au profit de Lia qui, elle, devint numéro un des nageuses universitaires sur la même distance.

Entre le 3 décembre et le 5 décembre 2021, elle s'adjugea, à 22 ans, le 200, le 500 et le 1 650 yards nage libre lors d'une compétition importante dans l'Ohio, en surclassant ses adversaires. Le jeudi 17 mars 2022, elle fut la première nageuse transgenre à décrocher un titre NCAA - 500 yards nage libre - lors des championnats universitaires américains de natation à Atlanta. Avant la compétition, plusieurs athlètes féminines de l'Université de Pennsylvanie, celle-là même à laquelle appartient Lia Thomas, avaient demandé à la NCAA que la sportive transgenre ne puisse y participer. Dans leur lettre de revendication, ces femmes ont soutenu l'idée que l'identité de genre et le sexe



Lia Thomas (à gauche), de l'Université de Pennsylvanie, monte sur le podium après avoir remporté le 500 yards libre tandis que les autres médaillées (de gauche à droite) Emma Weyant, Erica Sullivan et Brooke Forde, posent ensemble en signe de protestation.

biologique constituent 2 réalités différentes. En l'occurrence, elles tiraient argument de l'avis des experts qui soulignent que les athlètes nés hommes mais devenus femmes conservent des avantages physiologiques par rapport aux femmes cisgenres en matière de performances sportives potentielles. Autrement dit, un traitement hormonal ne peut gommer totalement l'écart qui les sépare et, peut-on ajouter, surtout dans un cas comme celui de Lia Thomas chez qui un tel traitement a été initié après la puberté. Au début des compétitions, des drapeaux ont été déployés autour de la piscine avec pour slogan qu'il fallait sauver le sport féminin. À l'inverse, la nageuse transgenre a reçu le soutien de militants des droits humains ainsi que des mouvements féministes et pro-LGBTQIA+, tous résolument favorables à l'inclusion des personnes transgenres (hommes devenus femmes), hyperandrogènes et intersexuées dans les compétitions féminines.

Avantages structurels

Une photo, qui a fait le tour du monde, montre Lia Thomas seule sur le podium après son titre sur 500 yards à Atlanta le 17 mars 2022. Les 2 autres médaillées posaient avec la nageuse classée quatrième. «*Cette photo en évoque une autre où l'on voit les athlètes classées quatrième, cinquième et sixième du 800 mètres féminin des JO de 2016 à Rio de Janeiro, en athlétisme, se congratuler à l'arrivée de l'épreuve, s'en considérant comme les vainqueurs morales*», indique le docteur Jean-Pierre de Mondenard, médecin français du sport, responsable des contrôles antidopage sur le Tour

de France de 1973 à 1975 et auteur de nombreux livres et articles de revue. Lors de ce 800 m remporté par Caster Semenya, championne sud-africaine présentant une hyperandrogénie, qui régna sans partage sur les courses de demi-fond féminin de 2008 à 2018, les médaillées d'argent et de bronze, Francine Niyonsaba (Burundi) et Margaret Wambui (Kenya), possédaient également des taux de testostérone anormalement élevés pour des femmes (voir *Athena* n°345, p. 23).

La question des sportives intersexuées, hyperandrogènes ou transgenres s'alignant dans des compétitions féminines ne date pas d'hier. Ainsi, Jean-Pierre de Mondenard cite un chiffre édifiant: en 1967, 60% des records du monde féminins en athlétisme étaient détenus par de telles athlètes. Ces dernières années, c'est l'affaire Semenya qui a suscité le plus de remous, mais l'affaire Thomas s'est inscrite dans son sillage. À telle enseigne que *World Aquatics*, la fédération internationale de natation, qui tenait un congrès extraordinaire à Budapest lors des championnats du monde, a annoncé en juin 2022 interdire aux athlètes transgenres de participer aux épreuves féminines à moins que le changement de sexe soit antérieur à l'âge de 12 ans. En outre, elle fit état de sa décision de faire de la natation le premier sport qui mettrait sur pied une «*catégorie ouverte*» destinée aux nageurs de tous les sexes et de toutes les identités de genre, ce qui inclut les transgenres, les hyperandrogènes et les intersexuées. Fondée sur un projet élaboré par un groupe composé de sportifs, de médecins, de scientifiques et de défenseurs des droits humains, cette proposition

(1) Nées avec des caractéristiques sexuelles qui ne correspondent pas aux définitions typiques du sexe masculin ou du sexe féminin.

(2) Qui présentent un excès d'hormones masculines. L'hyperandrogénie entre dans le spectre de l'intersexualité.

(3) Une personne est dite cisgenre lorsque son identité de genre correspond à son sexe biologique.

(4) Le VO_2 max exprime le volume (V), mesuré par minute, d'oxygène (O_2) consommé par l'organisme en effort maximal (max) soutenu pendant un laps de temps déterminé.

a recueilli 71,5% des votes des congressistes. Membre de ce groupe de travail, Sandra Hunter, directrice du Centre de recherche sur la performance sportive et humaine à l'Université Marquette de Milwaukee, aux États-Unis, insista sur les avantages structurels que les hommes acquièrent à la puberté et qui ne disparaissent pas après un traitement hormonal axé sur une baisse drastique de leur taux de testostérone. Le 16 août 2023, *World Aquatics* annonçait la création effective d'une catégorie ouverte. Celle-ci devait être officiellement inaugurée en octobre de la même année au meeting de Berlin. Coup dans l'eau, puisque l'on ne recensa aucun inscrit pour la première de cette catégorie. Ce qui n'a pas désamorcé pour autant la volonté de la fédération internationale de poursuivre dans la voie qu'elle s'est tracée.

Critères à préciser

La décision de juin 2022 de *World Aquatics* a rapidement fait florès. Ainsi, 2 jours à peine après l'annonce de son intention de créer une troisième catégorie, l'*International Rugby League* (IRL), qui dirige le rugby à XIII au niveau international, décréta l'interdiction pour les personnes transgenres de prendre part aux matches internationaux féminins tant que n'aura pas été définie une «politique d'inclusion complète». Saisissant le ballon ovale au bond, les fédérations anglaises de rugby à XIII et à XV ont annoncé le 29 juillet 2022 que sur la base d'éléments scientifiques ainsi que pour des raisons de sécurité, elles fermaient la porte des compétitions féminines aux joueuses transgenres. Dans un communiqué, la *Fédération du jeu à XV* (RFU) a souligné que «la recherche a fourni des preuves que les différences physiques entre joueurs nés de sexe masculin et féminin et que les avantages en termes de force, d'endurance et de physique apportés par la testostérone et la puberté masculine sont "significatifs" et conservés même après suppression de la testostérone». Par ailleurs, dans une dépêche de l'AFP, on pouvait lire: «Début juillet, la Fédération britannique de triathlon avait elle aussi annoncé que les femmes transgenres nées hommes ne seraient pas en mesure de concourir face à des athlètes nées femmes mais pourraient participer à une nouvelle catégorie ouverte.»

Le 23 mars 2023, ce fut au tour de *World Athletics*, la fédération internationale d'athlétisme, d'exclure des compétitions féminines les athlètes transgenres ayant connu une puberté masculine. Application de la mesure à partir du 31 mars 2023. Parallèlement, elle a durci ses exigences à l'égard des athlètes intersexuées en leur imposant de maintenir désormais leur taux de testostérone sous le seuil de 2,5 nanomoles par litre de sang

LES DIVIDENDES D'UNE PUBERTÉ MASCULINE

Après une puberté masculine, quels sont les avantages, pour la performance sportive, dont continuent à bénéficier les sportives transgenres malgré un traitement hormonal de transformation par rapport aux femmes cisgenres ? Illustrons le propos en nous référant au cas de Lia Thomas, anciennement Will Thomas. Les avantages dont jouit la nageuse transgenre américaine se situent principalement à 3 niveaux: anthropométrie, composition corporelle, appareil cardiovasculaire. Premier avantage: une plus grande force musculaire, en particulier au niveau du train supérieur. «Or, chez les nageurs de crawl de haut niveau, 70% de la force de propulsion totale provient des bras, alors que 30% se situe dans les jambes», écrit sur son blog le docteur Jean-Pierre de Mondenard. Autre avantage: les bras, spécialement les avant-bras, sont plus longs, ce qui procure un effet de levier plus important, donc un bénéfice sur le plan biomécanique. Troisième élément: un pourcentage de graisse corporelle plus faible – il varie entre 10 à 14% du poids du corps chez les nageurs, entre 14 et 18% chez les ondines. Toutefois, cela ne constitue un atout que dans les épreuves de sprint; sur les longues distances, la meilleure flottabilité qu'assure la graisse réduit la traînée hydrodynamique – les nageuses occupent une position horizontale plus haute sur l'eau – et, par conséquent, est favorable à la performance. Chez Lia Thomas, les glandes mammaires sont très peu développées. Voilà qui influe positivement sur l'hydrodynamisme. Dans un tout autre registre, le cœur des personnes ayant eu une puberté masculine est plus gros que celui des femmes. «Le volume du cœur féminin est inférieur de 25% à celui des hommes et le débit cardiaque maximal est moindre (27,5 l/mn versus 35 l/mn). Chez la femme, la capacité à transporter l'oxygène du sang n'atteint que 80% de celle relevée chez l'homme», commente Jean-Pierre de Mondenard. Or, une des composantes essentielles du VO_2 max (4) réside dans la capacité du système cardiovasculaire à fournir de l'oxygène aux muscles. Le taux d'hémoglobine, plus élevé chez l'homme, est un parfait indicateur de cette réalité.

Enfin, en comparant les chronos que Lia Thomas a réalisés par rapport à ceux qui étaient les siens lorsqu'elle s'appelait Will, un homme, il semble ressortir que malgré le traitement hormonal auquel elle s'est soumise pour changer de sexe, sa sécrétion de testostérone dépasserait celle d'une femme cisgenre. «Sans compter la conservation d'un nombre de récepteurs aux androgènes nettement supérieur», insiste le docteur de Mondenard. Ainsi, sur 200 m nage libre, la différence entre les records mondiaux masculin et féminin est de 10,76% et, sur 400 m, de 7,44%. Sur les distances avoisinantes de 200 et 500 yards, les écarts entre Will et Lia étaient nettement plus faibles. Respectivement 2,6% et 5,76%. Des chiffres qui pourraient en dire long.

(2,5 nmol/l) durant 24 mois avant une compétition féminine, au lieu de 5 nmol pendant 6 mois (voir *infra*). Toutes les disciplines relevant de sa compétence sont concernées. Le 9 avril 2024, on apprenait d'autre part qu'aux États-Unis, la *National Association of Intercollegiate Athletics*, qui chapeaute 241 petits collèges et universités



Caster Semenya, d'Afrique du Sud, célèbre sa victoire dans la finale féminine du 800 m des Championnats du monde d'athlétisme de l'IAAF 2009, le 19 août 2009 à Berlin.

(83 000 athlètes) interdisait aux femmes transgenres la participation aux épreuves sportives féminines. Cette mesure sera-t-elle bientôt adoptée aussi par la NCAA, dont les membres sont de grandes écoles et des universités ? La réponse demeure en suspens.

Il y a longtemps que le docteur de Mondenard préconise la création d'une troisième catégorie à côté du sport masculin et du sport féminin. Il redoute qu'on voie ce dernier partir en déliquescence si ses palmarès ne sont plus ornés que des noms de sportives transgenres, hyperandrogènes ou intersexuées. Selon lui, «ce sera difficile de contenter tout le monde, mais il n'y a d'autre issue que de créer une troisième catégorie». Il reproche cependant au monde sportif de ne pas avoir anticipé ce qui est devenu un problème criant, mais qui a toujours existé. Par exemple, on estime que 26,7% des athlètes féminines médaillées d'or aux JO de Tokyo en 1964 n'étaient pas des femmes cisgenres, mais des personnes intersexuées, hyperandrogènes ou transgenres - à l'époque, aucun contrôle n'était effectué en la matière. Anticiper aurait été de commanditer des études scientifiques destinées à déterminer précisément l'impact de l'intersexualité, de l'hyperandrogénie et du transgendérisme sur les performances sportives ainsi que les mécanismes mis en jeu. Des travaux récents ont fourni certaines réponses, mais d'autres sont nécessaires pour élucider des questions qui restent coiffées d'incertitude. La crédibilité des critères qui doivent permettre d'établir de façon efficiente et irréfutable le contour

de la troisième catégorie en dépend. «Prenons un exemple, suggère Jean-Pierre de Mondenard. Malgré les évidences, d'aucuns contestent le taux de testostérone comme critère déterminant. Pourquoi ? Parce que certains hommes chez qui ce taux est bas réalisent malgré tout des performances exceptionnelles. Tout semble indiquer que c'est parce qu'ils ont davantage de récepteurs à la testostérone, mais personne ne l'a démontré formellement jusqu'à présent.»

L'effet Obélix

A priori, le taux de testostérone est probablement le meilleur paramètre pour décider de l'inclusion de sportives intersexuées, hyperandrogènes ou transgenres dans une catégorie qui leur serait réservée ou dans une catégorie ouverte. En effet, l'hormone mâle semble être, dans leur cas, l'élément clé qui leur apporte un avantage au niveau des performances. Toutefois, son dosage ne suffit probablement pas à faire le tour de la question. Quelques études éparses (2014, 2017, 2021) relativisent d'ailleurs l'impact de la testostérone sur les performances sportives. Toutefois, il est communément admis que l'hormone mâle et ses dérivés synthétiques intéressent les sportifs pour plusieurs raisons: en particulier, ils agissent comme des «engrais du muscle», augmentent l'érythropoïèse et, partant, le transport de l'oxygène, influent sur le psychisme en rendant l'individu plus pugnace, plus volontaire, capable d'accepter des charges d'entraînement plus lourdes. Avec la testostérone, ce n'est pas un élément qui se trouve bonifié, mais un ensemble de facteurs. «C'est comme si vous aviez un autre moteur», insiste le docteur de Mondenard. «Nier cette réalité n'est pas une solution», déclare pour sa part le professeur Jacques Balthazard, professeur émérite de l'Université de Liège, où il dirigeait le Laboratoire de biologie du comportement. Et d'ajouter que certains pays cherchent assidûment à identifier et à recruter des personnes transgenres, hyperandrogènes ou intersexuées pour gagner des titres dans les catégories féminines. À cela se greffe le risque que les femmes cisgenres soient poussées encore un peu plus dans les bras du dopage et utilisent des molécules artificielles indétectables produites par des «stéroïdes designers», la testostérone exogène, elle, pouvant être mise en évidence par le biais d'un test isotopique applicable depuis 1999.

Même si les athlètes intersexuées, hyperandrogènes et transgenres se plient à un traitement hormonal pour réduire drastiquement leur taux de testostérone, voire également à un éventuel traitement chirurgical dans le cas des sportives transgenres, les unes et les autres continuent à bénéficier de ce que d'aucuns ont appelé l'«effet Obélix», du nom du célèbre Gaulois des BD tombé tout petit dans la marmite contenant la potion d'invincibilité préparée par le druide Panoramix. Autrement dit, leur «histoire physiologique» nimbée de testostérone ne peut être effacée. Plus précisément, elles conservent, après la puberté, des avantages sportifs discriminants par rapport aux femmes cisgenres (*voir encadré*).

Éthique médicale bafouée

Avant le cas Thomas, c'est celui de la coureuse à pied de demi-fond Caster Semenya qui avait fait couler beaucoup d'encre depuis les championnats du monde de 2009 à Berlin – hyperandrogène, Semenya y avait survolé la concurrence. En 2018, la *Fédération internationale d'athlétisme* (IAAF), rebaptisée *World Athletics* en octobre 2019, en vint finalement à interdire la participation aux épreuves féminine allant du 400 m au mile aux athlètes dont le taux de testostérone ne serait pas inférieur à 5 nanomoles par litre de sang (5 nmol/l) pendant les 6 mois précédant une telle épreuve. Cette réglementation apparut comme ayant été faite sur mesure pour évincer Caster Semenya des compétitions qu'elle dominait de la tête et des épaules. En effet, il est évident qu'un taux de testostérone élevé constitue un atout important dans bien d'autres disciplines sportives, tant pour les hommes que pour les femmes. Le 23 mars 2023, *World Athletics* a interdit, nous l'avons signalé, les compétitions féminines aux athlètes transgenres ayant connu une puberté masculine, mais a également durci son règlement à l'égard des athlètes intersexuées et hyperandrogènes. D'une part, l'interdiction visant la participation aux épreuves féminines allant du 400 m au mile a été étendue à l'ensemble des disciplines de l'athlétisme. D'autre part, pour prendre part à ces compétitions, il s'agira désormais pour les femmes non cisgenres de maintenir leur taux de testostérone sous le seuil de 2,5 nmol par litre de sang pendant 24 mois.

Par ailleurs, dès 2018, l'IAAF a suggéré aux athlètes concernées par un taux d'hormone mâle dépassant la limite réglementaire de le faire baisser par voie médicamenteuse, notamment par la prise de pilules contraceptives. Ce qui bafoue l'éthique médicale et a conduit l'*Association médicale mondiale* (AMM) à s'insurger contre cette idée. Sans doute est-ce une des raisons de la décision prise en 2023 par *World Athletics* de

bannir les personnes transgenres des compétitions féminines d'athlétisme.

Dans une directive de 2015, le Comité international olympique (CIO) recommandait aux fédérations internationales, mais sans les y contraindre, de ne laisser participer aux compétitions féminines que des athlètes dont le taux de testostérone ne dépassait pas 10 nmol/l de sang. Il a revu sa position en novembre 2022 en abandonnant cette norme facultative et en laissant à chaque fédération le soin de gérer la situation. Aux JO de Paris, il appartiendra donc à chaque fédération de faire (ou non) la «police du genre et de l'intersexualité».

La question des sportives intersexuées, hyperandrogènes ou transgenres s'alignant dans des compétitions féminines ne date pas d'hier. Ainsi, Jean-Pierre de Mondenard cite un chiffre édifiant: en 1967, 60% des records du monde féminins en athlétisme étaient détenus par de telles athlètes. Aujourd'hui, les affaires Semenya et Thomas ne font que s'inscrire dans la même logique.

«Le CIO reconnaît qu'il doit être du ressort de chaque sport et de son organe directeur de déterminer comment un(e) athlète peut être avantagé(e) de manière disproportionnée par rapport à ses pairs, en tenant compte de la nature de chaque sport », a communiqué l'instance internationale. Pourquoi ce changement d'attitude ? Probablement en raison du manque de consensus scientifique relatif aux effets (directs) de la testostérone sur les performances sportives, mais aussi pour couper l'herbe sous le pied des traitements hormonaux dégradants destinés à «manipuler» le taux de testostérone de certaines athlètes au mépris des conséquences préjudiciables et non encore connues (cardio-vasculaires, carcinologiques...) qu'elles pourraient avoir à en subir. La mise sur pied effective d'une catégorie ouverte ou réservée aux sportives transsexuelles, hyperandrogènes ou intersexuées contournerait cet écueil tout en gommant l'impact des avantages structurels issus d'une puberté masculine. **A**

Colombe

©Alsy 2024

Salut.
Tu fais quoi?
Je fais une expérience
avec mon assistant.



Ça a l'air amusant...
Je peux aussi être
ton assistant?



Tu es sourd?
C'est MOI, son assistant.

Ne vous disputez pas.
Tu peux être mon adjoint,
si tu veux.



C'est mieux que
d'être assistant?



C'est pareil.

Si c'est pareil,
il doit aussi être
en cage alors...

Ne dis pas de bêtise.
C'est un pigeon!



Le seul pigeon,
ici, c'est moi.

C'est faux, tu n'es pas un pigeon:
tu n'es qu'un volatile stupide!



Ah oui? Eh bien, en tant qu'adjoint,
je te rappelle que tu as le même
niveau de stupidité que moi,
qui suis assistant!



Je suis peut-être aussi
stupide que toi, mais moi,
je ne suis pas en cage!



Alons, allons, du calme...
Au fond, peu importe notre fonction.
Notre but est le même: servir
et faire progresser la science.



La science?
Qu'est-ce que
c'est que ça?



Salut.
Vous faites quoi?

Alsy



curiokids

Comment refroidir la Terre ?

Lutter contre le réchauffement climatique, un sujet chaud patate !

TEXTE: LAETITIA MESPOUILLE - INFO@CURIOKIDS.NET
PHOTOS: ©NOTPLA LIMITED (P.33)
ILLUSTRATIONS: PETER ELLIOTT

Dans le numéro précédent de ton magazine *Athena*, on t'expliquait ce qu'était l'effet de serre naturel et le réchauffement climatique. Tu as découvert que les activités humaines du siècle dernier avait libéré beaucoup de gaz à effet de serre dans l'air. Ces gaz réchauffent notre planète plus que nécessaire. On t'a aussi parlé des conséquences graves de ce réchauffement, comme la fonte des glaciers, la montée des océans, les migrations forcées des animaux et des populations, la destruction des habitats naturels et les phénomènes météorologiques extrêmes.

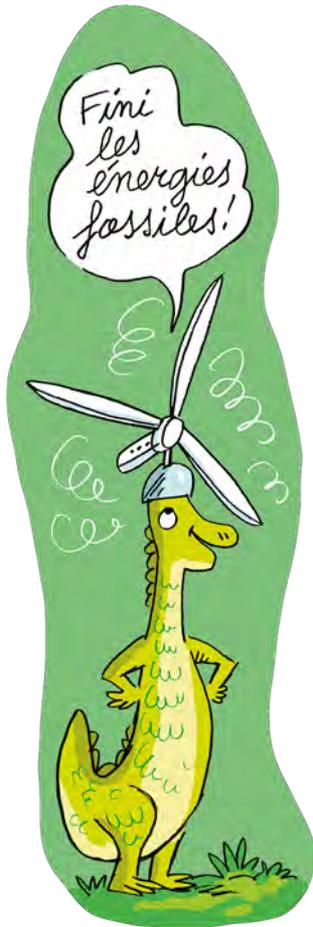
Mais ne t'inquiète pas, nous ne restons pas les bras croisés. Le monde entier se mobilise. Les êtres humains sont intelligents, créatifs et inventifs. Ils réfléchissent activement à des solutions à mettre en place. Dans ce numéro, nous allons te les décrire afin que toi aussi, tu puisses agir !

Des énergies plus propres

Une des principales causes du réchauffement climatique est l'utilisation de sources d'énergies super polluantes pour produire de l'électricité, de la chaleur ou faire fonctionner les moyens de transport. Ces énergies font aussi tourner les machines dans les usines qui fabriquent tes consoles de jeu, les voitures, des jouets et des tas de trucs cools.

Ces sources d'énergie sont le pétrole, le gaz naturel et le charbon. Quand on les brûle, elles libèrent du gaz carbonique - le fameux CO₂ - dans l'air. Ce gaz retient la chaleur émise par le soleil, ce qui fait que notre planète chauffe comme une casserole sur le feu. On appelle ces énergies des





ressources fossiles, car elles sont issues de la décomposition de plantes et d'animaux vivant il y a plusieurs millions d'années. C'est comme si on utilisait des restes de dinosaures pour faire rouler nos voitures. Mais pas de panique, des solutions existent pour réduire ces énergies: les énergies vertes et **renouvelables**.

Pour répondre à notre besoin quotidien d'énergie, sans polluer, il nous faut une source d'énergie non seulement propre mais aussi en quantité suffisante car les habitants de la planète consomment de plus en plus d'énergie pour se déplacer, voyager, recharger les téléphones et faire mille autres choses encore ! Tu as peut-être déjà entendu parler des énergies renouvelables ? Une énergie renouvelable est aussi dite **durable** car elle peut produire de l'énergie pendant très longtemps sans polluer ou abîmer notre planète pour les générations futures. Les énergies renouvelables sont donc des sources d'énergie presque infinies.

L'une des plus connues est l'énergie solaire, que l'on peut capter grâce aux panneaux solaires pour produire de l'électricité. Il y a aussi l'énergie hydraulique qui utilise la force de l'eau en mouvement, comme celle des marées ou l'écoulement des rivières. Ou encore les éoliennes, dont les pales tournent grâce à la force du vent, et la géothermie qui libère la chaleur du sous-sol terrestre. Ces sources d'énergie sont supers cools parce qu'elles ne s'épuisent pas, contrairement au pétrole dont les réserves sont limitées.

Le truc de ouf !

Technologie + écologie = baskets

Chaque année, environ 22 milliards de chaussures finissent dans des décharges. Leur recyclage est problématique à cause des nombreux matériaux et produits chimiques qu'elles contiennent. Quelle galère ! Heureusement, les créateurs de chaussures sont passés à l'impression 3D. Une imprimante qui fabrique des baskets de toutes les formes et de toutes les couleurs. Depuis 2010, des marques comme *Nike*, *Adidas*, *Reebok* et *New Balance* utilisent cette technologie pour créer des chaussures plus éco-responsables et personnalisées. Cependant, il est important d'utiliser des matériaux durables car tous les matériaux d'impression 3D ne sont pas biodégradables ni recyclables. Des entreprises innovantes se concentrent sur la création de chaussures sans colles chimiques et entièrement recyclables. Les efforts sont partout, même dans la mode, grâce à l'ingéniosité des designers. L'avenir de la chaussure semble plus vert et plus respectueux de l'environnement.

Des bâtiments plus verts

Savais-tu que les bâtiments étaient responsables de 37% des émissions de gaz à effet de serre ? Incroyable, non ?! Ça veut dire que pour lutter contre le réchauffement climatique, il faut s'occuper des énergies mais aussi des bâtiments. Mais comment libèrent-ils des gaz à effet de serre ? Cela se passe à 2 niveaux:

- D'abord, il y a les matériaux utilisés pour les construire comme le béton, l'acier, l'aluminium, les composés électriques, les isolants, etc... Leur production et leur transport génère énormément de gaz à effet de serre.
- Ensuite, il y a ce qu'on appelle les émissions opérationnelles. Quand tu allumes le chauffage en hiver, la climatisation en été, ou même juste la lumière, ça consomme de l'énergie et ça libère des gaz à effet de serre.

Comment pouvons-nous changer tout cela ? Construire un bâtiment moins polluant, ce n'est pas juste mettre des panneaux solaires sur le toit ou planter une éolienne dans le jardin ! C'est un grand projet. Aujourd'hui, la plupart des ingénieurs et architectes dessinent les plans en essayant de penser à tout pour le rendre le plus écologique possible. En pratique, ça veut dire qu'ils imaginent déjà comment chauffer et refroidir le bâtiment sans gaspiller d'énergie. Ils trouvent des moyens d'améliorer l'isolation pour que la chaleur reste bien à l'intérieur en hiver et en dehors en été. Ils choisissent aussi des matériaux éco-responsables issus du recyclage par exemple, et pensent même à comment recycler chaque morceau du bâtiment quand il sera trop vieux. C'est comme si tu démontais ta maison *Lego* pour construire un château ou une cabane avec les mêmes briques.

Les spécialistes parlent de «cycle de vie» du bâtiment. Ça veut dire qu'ils réfléchissent à comment on le construit, comment on vit dedans et ce qu'on en fait quand il est trop vieux ! Certains bâtiments récoltent même les eaux de pluie pour



les chasses d'eau des toilettes ou le nettoyage de certaines machines ! Pas bête n'est-ce pas ! 😊

Pour faire simple, un bâtiment écologique est pensé pour avoir le plus faible impact négatif possible sur la nature. Partout dans le monde, il y a des bâtiments «bas carbone» supers célèbres. Par exemple: le *Crystal* à Londres, *The Edge* à Amsterdam, le *Green Station* en France, *The Cor* à Miami, et bientôt le *Clearpoint Residences* au Sri Lanka. On n'arrête pas le progrès.

Des déchets mieux recyclés

Savais-tu que le recyclage est une stratégie de choix pour lutter contre le réchauffement climatique ? Le recyclage consiste à collecter, traiter et transformer les déchets pour leur donner une nouvelle de vie. En gros, c'est comme si tu déconstruisais un jeu et qu'avec les éléments, tu pouvais recréer de nouveaux objets.

Recycler, c'est important car ça permet d'éviter l'épuisement de nos ressources naturelles. Par exemple, au lieu de couper plus d'arbres pour fabriquer du papier, on peut recycler le papier déjà utilisé. D'autres matériaux comme le plastique, le verre, le métal, les textiles et plus encore, peuvent être recyclés.

Recycler, c'est aussi diminuer les déchets. Par exemple, au lieu de brûler les emballages plastiques et de polluer l'air, ils peuvent être réutilisés pour fabriquer de nouveaux produits comme des bouteilles de shampoing, ou tout autres objets utiles en plastique. Reste à faire le tri des déchets ! Si tu regardes *Toy Story 3*, tu auras un aperçu de comment les déchets sont triés.

BIG DATA

830 L

C'est la quantité de pétrole économisée pour 1 tonne de plastique recyclé

23 x

Le Wifi consomme 23 fois moins d'énergie que la 4G

2T

C'est la quantité maximum d'émissions de CO₂ par an et par citoyen que l'on vise pour 2050

25

C'est le nombre de bouteilles en plastique nécessaires pour fabriquer un sweat à capuche

30 %

C'est l'augmentation des émissions en gaz à effet de serre si 1/3 des joueurs remplaçaient leur console par les jeux en ligne sur smartphone.

ACTU science:

De bonnes nouvelles pour la planète

De bonnes nouvelles arrivent grâce à nos efforts ! En matière d'alimentation, les Européens consomment moins de viande (- 8%) et plus de végétaux (+ 22%). On privilégie maintenant la qualité à la quantité, et c'est génial ! Car on sait que l'élevage du bétail nuit à l'environnement.

La biodiversité enregistre aussi des victoires. Dans les Pyrénées, 76 ours bruns ont été recensés en 2022, alors qu'au milieu des années 90, il n'en restait que 5. C'est un grand pas en avant pour ces **plantigrades** !

En Australie, l'engagement envers la nature est devenu une habitude. Résultat: 26 espèces animales qui étaient menacées d'extinction ont été retirées de la liste rouge.

Côté mobilité, des mesures étonnantes sont mises en place. À Amsterdam, les vols de nuit et les jets privés sont interdits. Des entreprises offrent même des jours de congé aux employés qui voyagent en train, à vélo ou en covoiturage. À Paris, 64 km de pistes cyclables ont été créées pour favoriser la mobilité durable.



Le selfie du jour



Les algues, le nouvel or vert

Savais-tu que ces plantes marines pouvaient servir à fabriquer des plastiques ? C'est une solution qui a de nombreux avantages. Ces plantes, qui poussent dans la mer, se développent très rapidement, 30 à 60 fois plus vite que les plantes terrestres, en consommant du CO₂ de l'atmosphère. Peu importe la **salinité** de l'eau, elles prospèrent partout. Mais ce n'est pas tout: elles contiennent des molécules extraordinaires qui, après extraction, sont utilisées pour créer de nouveaux emballages plastiques, totalement naturels. Par exemple, les algues brunes renferment une molécule comestible, appelée alginate, qui peut être transformée en films plastiques. En plus, ces plastiques sont compostables ! L'entreprise anglaise *Notpla* a aussi créé la première cuillère à glace que tu peux jeter dans ton jardin pour qu'elle se décompose naturellement ! Aujourd'hui, de plus en plus d'entreprises se lancent dans la production de ces «bioplastiques» fournis par la nature. Ils représentent une solution essentielle pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, éviter de polluer l'environnement et protéger les animaux.

LE P'TIT DICO



(DÉVELOPPEMENT)

DURABLE : C'est une manière de vivre et de grandir tout en s'assurant que les gens puissent vivre bien, aujourd'hui et dans le futur. Ça veut dire que nous construisons des choses aujourd'hui, de façon à ne pas abîmer notre planète. Ça implique de faire attention au gaspillage, de protéger la nature et de penser aux autres.

RENOUVELABLE : c'est quand tu peux utiliser quelques chose encore et encore, sans jamais l'épuiser. Par exemple, le soleil est une source d'énergie renouvelable.

PLANTIGRADE : Qualifie les mammifères qui marchent sur la plante des pieds et non sur les seuls doigts ou ongles.

SALINITÉ : Taux en sel.

DES EXEMPLES À SUIVRE

1 DES VILLES VERTES

As-tu déjà vu ces bâtiments recouverts de plantes, avec des façades fleuries, des palmiers à certains étages et même des potagers sur les toits ? Les architectes ne sont pas devenus fous, ils ont juste trouvé des solutions super astucieuses pour rendre nos villes plus écologiques car les végétaux :

- Ils améliorent la qualité de l'air** : en ville, il y a plus de véhicules qui rejettent des gaz (comme l'ozone) et des particules polluantes. Les plantes filtrent ces gaz, piègent ces particules et rendent l'air plus propre.
- Ils font bon usage des eaux de pluies** : les plantes sur les toits absorbent ces eaux gratuites et les conservent, jusqu'à 80% en été et 40% en hiver. Une belle manière d'économiser l'or bleu.
- Ils gardent la fraîcheur des bâtiments** : le béton chauffe vite au soleil et les toits noirs absorbent la chaleur, ce qui rend les villes très chaudes en été. Les plantes gardent la fraîcheur grâce à l'évaporation de l'eau contenue dans les feuilles et le sol. Avec des parcs, des jardins et des plantes sur les immeubles, les villes restent plus fraîches.
- Ils isolent** en contribuant à garder la chaleur en hiver et la fraîcheur en été, ce qui réduit l'utilisation du chauffage et de la climatisation. Résultat : on économise de l'énergie.
- Ils deviennent un refuge** pour les oiseaux, les insectes et d'autres animaux. Ils offrent aussi des pauses bien méritées pour les oiseaux migrateurs.



2 DES VÊTEMENTS ÉCO-RESPONSABLES

Peut-être que tu aides déjà à trier les déchets à la maison et à l'école. Mais savais-tu qu'une simple bouteille en plastique pouvait devenir un T-shirt ? Les bouteilles sont faites d'un matériau appelé PET ou polyéthylène téréphtalate pour les chimistes. C'est un plastique très utilisé car il est facile à transformer en bouteilles, entre autres. Quand tes bouteilles sont vides, tu les jettes dans une poubelle particulière : les sacs PMC bleus. De la sortie de l'usine au magasin de vêtements, voici le voyage de la bouteille :

- Collecte** : les sacs bleus sont collectés par des camions qui les amènent à une entreprise de recyclage.
- Nettoyage** : les bouteilles sont débarrassées des étiquettes et lavées pour éliminer les impuretés.
- Tri** : les bouteilles en PET sont triées et séparées des autres matériaux et des plastiques. C'est une étape très importante.
- Découpage** : les bouteilles en PET sont ensuite découpées et déchiquetées en petits morceaux pour obtenir des granulés de plastiques. On parle de recyclage mécanique.
- Transformation** : les granulés sont fondus et transformés en fil.
- Fabrication** : les bobines de fil sont colorées et utilisées par les entreprises textiles pour fabriquer des T-shirts en polyester.

Voilà ! La prochaine fois que tu liras polyester sur l'étiquette d'un vêtement, tu sauras que c'est fait du même matériau que les bouteilles en plastique. Ils sont forts les scientifiques ! 🧪

TON P'TIT LABO

Une expérience à faire avec Curiokids :
«Une pluie multicolore dans un verre d'eau»



SCANNE-MOI





Notre ressenti est-il l'initiateur de nos actions ?

Pour de nombreux neuroscientifiques et philosophes, la conscience n'est qu'un épiphénomène n'exerçant aucune influence sur nos actions. Ont-ils raison ou, au contraire, notre expérience subjective est-elle le moteur de toutes nos actions intentionnelles ?

C'est la thèse du professeur Axel Cleeremans, de l'Université libre de Bruxelles. Il ambitionne de la démontrer à travers un vaste projet de recherche d'une durée de 5 ans, dont il est le responsable

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT · PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE
PHOTOS: © PIXEL-SHOT · STOCK.ADOBE.COM (PP.35-38)

actes. Pour sa part, la conscience phénoménale serait focalisée sur nos sensations, notre ressenti, l'«effet que cela nous fait» selon les termes du philosophe Thomas Nagel, de l'Université de New York. Sur la base de la scission proposée par Ned Block, les fonctions de la conscience peuvent être totalement dissociées de ses aspects phénoménaux. Prenant le plus souvent le parti de cette assertion, les recherches sur les soubassements neuronaux de la conscience éludèrent largement un pan de la réalité: les expériences conscientes ne peuvent exister indépendamment du sujet qui les vit.

Alliée aux performances remarquables des systèmes d'intelligence artificielle, la mise entre parenthèses de la subjectivité individuelle dans la plupart des travaux relatifs aux substrats neuro-anatomiques de la conscience a conduit nombre d'auteurs - neuroscientifiques et philosophes - à considérer que celle-ci est un épiphénomène et que ses aspects phénoménaux n'ont aucune utilité sur le plan fonctionnel. Ce à quoi Axel Cleeremans, professeur de sciences cognitives à l'Université libre de Bruxelles (ULB) et directeur de recherches au FNRS, répond: «*Pourquoi ferions-nous quoi que ce soit si ce que nous faisons ne nous faisait pas quelque chose ?*» - bref, si nous étions en définitive des espèces de zombies. Il réfute d'ailleurs la pertinence de la distinction entre conscience d'accès et conscience phénoménale, estimant qu'il s'agit probablement des 2 faces d'une même pièce et que la conscience phénoménale représente la

En 1995, le philosophe américain Ned Block opérait une distinction entre 2 aspects de la conscience, la conscience d'accès et la conscience phénoménale, qui allait profondément imprégner la recherche sur la conscience. La conscience d'accès se caractérise par ses effets fonctionnels associés: elle permettrait l'expression des processus exécutifs qui, tels le raisonnement, l'inhibition, la planification, sous-tendent nos

base même sur laquelle nous fondons tout ce que nous entreprenons. Il prône donc une réhabilitation de l'expérience subjective comme moteur de nos actions intentionnelles.

Et de citer *chatGPT* tout comme le logiciel de *go* *AlphaGo* produit par l'entreprise *DeepMind*. Le *go* est un jeu de stratégie d'origine chinoise nettement plus complexe que le jeu d'échecs. *AlphaGo* a bénéficié d'un apprentissage automatique de type *Deep Learning*, au cours duquel il s'affrontait lui-même de façon récurrente. Il ne disposait initialement d'autres informations que les règles du jeu et ne pouvait donc compter sur l'apport de données issues de parties jouées entre humains. En 2016, le logiciel n'en a pas moins battu le Coréen Lee Sedol, alors l'un des meilleurs joueurs de *go* au monde, sur le score sans appel de 4 victoires à une. C'est dans ce contexte de performances stupéfiantes des systèmes d'intelligence artificielle et de la mise entre parenthèses de la subjectivité individuelle des participants dans les travaux visant à identifier les corrélats neuronaux de la conscience que s'est imposée l'idée que cette dernière ne «servirait à rien». Baptisé *EXPERIENCE*, un projet *Advanced Grand ERC* financé par le Conseil européen de la recherche et conduit par le professeur Cleeremans dénonce cette position philosophique. «*Les machines basées sur l'intelligence artificielle ne sont que des algorithmes, ce qui n'a rien à voir avec le champ des motivations qui nous poussent à agir. AlphaGO n'était pas conscient qu'il était engagé dans une compétition et qu'il l'avait gagnée. Ce n'est pas lui, mais ses concepteurs qui ont bu le champagne !*», souligne Axel Cleeremans.

Accepteriez-vous d'être zombifié ?

Via *EXPERIENCE*, Axel Cleeremans et une équipe pluridisciplinaire composée de spécialistes en neurosciences cognitives computationnelles, d'une part, et en philosophie de l'esprit, d'autre part, ont pour objectif de tester des hypothèses ayant trait au rôle fonctionnel de la conscience phénoménale. Le projet, qui s'étendra sur 5 ans, a débuté en janvier 2023. Il pose donc la question clé du pourquoi de la conscience phénoménale et, si cette dernière et la conscience d'accès ne font qu'une, sous des habits théoriques différents, tout simplement la question du pourquoi de la conscience, alors assimilée aux sensations et émotions que nous éprouvons. Les chercheurs formulent l'hypothèse que la conscience phénoménale est omniprésente et obligatoirement impliquée dans tout épisode de traitement de l'information, perspective qu'ils qualifient de thèse de la primauté phénoménale. «*Malgré tous les efforts des chercheurs en cognition inconsciente, les participants à leurs recherches ne peuvent être transformés en zombies*», commente Axel Cleeremans. Il se réfère également

aux travaux du philosophe Charles Siewert, de l'Université Rice à Houston. «*Dans son ouvrage The significance of consciousness, publié en 1988, il propose l'expérience de pensée suivante: si vous étiez subitement zombifié, c'est-à-dire toujours capable de parler, de raisonner, etc., mais sans plus rien ressentir, l'accepteriez-vous ? La réponse intuitive est évidemment non. À quoi rimerait une vie où nous n'aurions plus accès à aucun plaisir. Ce serait comme avoir de l'argent qu'on ne pourrait pas utiliser.*»

Toutefois, la démarche des chercheurs de l'ULB n'implique pas pour autant la négation de l'importance des processus inconscients qui participent à l'émergence de nos pensées et de nos actions. En ce sens, elle n'est pas incompatible avec la théorie phare de l'espace de travail neuronal global développée par les neuroscientifiques français Stanislas Dehaene, Lionel Naccache et Jean-Pierre Changeux dans la foulée des travaux du psychologue américain Bernard Baars. Dans cette théorie, une myriade de circuits cérébraux très spécialisés travaillant en parallèle élaborent de multiples représentations mentales inconscientes de façon continue. Un second «compartiment», l'espace neuronal de travail global, présiderait à tout moment à l'accession d'une de ces représentations mentales dans le champ de la conscience. Néanmoins, dans un article publié en août 2016 dans la revue *Neuroscience of Consciousness*, Benjamin Rohaut et Lionel Naccache ont montré que si le traitement sémantique (signification) 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*», souligne Lionel Naccache. En d'autres termes, nos préoccupations du moment, nos émotions, nos projets, etc. influent sur les traitements sémantiques inconscients auxquels notre cerveau se livre à notre insu. «*Le puzzle devient donc vertigineux*, dit le neuroscientifique parisien: *la première couche de nos interprétations est inconsciente, mais elle œuvre sous l'influence de notre posture consciente, sans que nous le sachions !*»

La récompense recherchée

EXPERIENCE est articulé autour de 4 modules de travail. Le premier ambitionne de montrer que l'expérience subjective à une valeur intrinsèque. Autrement dit, que nous attribuons une valeur à chacune de nos représentations mentales conscientes, ce qui correspond à l'intuition que nous avons que tous les choix que nous effectuons sont motivés par ce que nous souhaitons ressentir et ce que nous désirons éviter de ressentir.

La récompense serait indissociable de l'expérience subjective, car en l'absence de cette dernière, elle n'aurait aucune signification pour le sujet. Le professeur Cleeremans prend un exemple: «Notre principale motivation pour manger est de ressentir le plaisir qui y est associé et non d'assurer la fonction biologique d'alimenter notre corps, bien que la première motivation serve indubitablement la seconde.» Il cite un autre exemple: le saut en parachute, lequel se justifie généralement par la quête du «frisson». Cette activité ne remplit aucune fonction biologique et nous expose même à des risques pour notre propre existence. Voilà donc 2 exemples qui soutiennent l'idée que, dans notre vécu, l'expérience phénoménale constituerait en soi la récompense recherchée. S'invite alors une question plus générale: quelle différence cela fait-il de ressentir les choses ? Dans ce premier module de travail, l'argumentation ne sera pas scientifique, mais ressortira au champ de la philosophie de l'esprit. «Nous procédons à une analyse minutieuse des positions philosophiques existantes à la lumière de la littérature empirique», précise Axel Cleeremans.

Dans un deuxième module de travail, les chercheurs s'efforceront d'établir que toute perception consciente est intrinsèquement associée à une valence, c'est-à-dire à l'attribution d'un caractère agréable (valence positive) ou désagréable (valence négative) à l'objet de cette perception. Axel Cleeremans cite le psychologue américain Robert Zajonc, décédé en 2008: «Nous ne voyons pas simplement "une maison": nous voyons une belle maison, une maison laide ou une maison prétentieuse.» Une série d'études viseront à démontrer que des objets considérés comme neutres dans les études de neurosciences affectives - des théières ou des parapluies, par exemple - sont en réalité «microvalencés». La conclusion attendue est que dès qu'il est perçu, tout objet (ou toute situation) suscite automatiquement un jugement affectif. Dans la perception consciente, rien ne relèverait donc de la pure cognition.

Un outil de nouvelle génération

Une seconde facette de ce module de travail a pour objectif de prouver que seule la perception consciente est associée à une valence. Cette affirmation va à l'encontre des résultats de différentes études selon lesquelles le traitement des émotions peut s'effectuer de façon inconsciente. Le professeur Cleeremans et son équipe manipuleront la visibilité d'images présentées expérimentalement à des volontaires afin de mettre en évidence que l'attribution d'une

valence est toujours postérieure à la reconnaissance d'un objet, d'une situation, etc. «L'ensemble des études qui utilisent des présentations subliminales n'ont pas mesuré correctement la conscience et partant, sont arrivées à des conclusions erronées quant à la possibilité d'un traitement des émotions en l'absence de conscience», estime le directeur de recherches du FNRS. Le problème serait méthodologique. Son groupe se propose d'en apporter la preuve en s'appuyant sur un tachistoscope de nouvelle génération conçu par l'équipe de Michael Herzog, de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, et doté d'une unité de traitement développée par la société belge Bot4You. Composé principalement de 2 écrans LCD avec rétroéclairage à angle droit, cet équipement permet de contrôler le temps de présentation d'un stimulus à la microseconde près (un millionième de seconde).

Alliée aux performances des systèmes d'intelligence artificielle, la mise entre parenthèses de la subjectivité individuelle dans la plupart des travaux relatifs aux substrats neuroanatomiques de la conscience a conduit nombre d'auteurs à considérer que celle-ci est un épiphénomène

Traditionnellement, les travaux de psychologie expérimentale consacrés aux effets des perceptions subliminales font appel à la technique dite du masquage. En clair, un stimulus (l'amorce) est projeté très brièvement (en général, 16 millisecondes) sur un écran; immédiatement après apparaît durant un temps plus long (environ 100 millisecondes) un «masque visuel», habituellement formé d'éléments rappelant ceux qui composent l'amorce. Si celle-ci est un mot, le masque pourra être, par exemple, un ensemble de lettres enchevêtrées ou de traits qui y ressemblent. «L'impression qu'a le sujet dans de telles conditions est de ne voir que le masque», rapporte Axel Cleeremans. D'où l'idée que l'amorce ressortirait dès lors au monde subliminal. C'est pourtant ce que le neuroscientifique conteste à la suite du psychologue Daniel Holender, aujourd'hui professeur émérite de l'ULB. En 1986, ce dernier avait postulé qu'au moins dans certaines circonstances, le sujet prenait conscience, fût-ce à un degré minimal, de la présence des amorces lorsque les chercheurs recouraient à la technique du masquage. Méthode que le tachistoscope de nouvelle génération permet d'éviter grâce à sa précision extrême.

Une première expérience a livré des résultats plaçant en faveur de l'impossibilité d'un traitement



des informations en l'absence de conscience - sauf dans des cas particuliers (voir *infra*). C'est en utilisant le tachistoscope que Renzo Lanfranco, chercheur postdoctoral au sein de l'équipe du professeur Cleeremans, a démontré, en collaboration avec David Carmel, professeur à l'Université Victoria de Wellington en Nouvelle-Zélande et à l'Université d'Édimbourg en Écosse, que notre capacité d'interpréter l'émotion exprimée par un visage suit systématiquement la capacité que nous avons de décider si un visage est présent ou non. L'instrument rend en effet possible une méthode baptisée «durée minimale d'exposition» grâce à laquelle on cherche à déterminer le seuil (la durée pendant laquelle un stimulus est affiché) à partir duquel la discrimination d'une propriété d'un stimulus devient possible. Les chercheurs ont ainsi constaté que les mesures neuronales et psychophysiques convergent pour révéler une séquence d'expositions minimales distinctes requises pour la détection de la présence d'un objet (1 à 2 millisecondes), le traitement spécifique au visage (3 à 4 millisecondes) et le traitement spécifique à l'émotion (4 à 5 millisecondes). Ces résultats remettent en cause l'idée que le traitement de l'émotion peut prendre place sans conscience.

Failles méthodologiques

Axel Cleeremans ne réfute toutefois pas de façon absolue la possibilité de traitements inconscients des émotions, mais ils n'auraient cours que dans le cas où des traitements conscients antérieurs auraient abouti à l'émergence de processus automatisés lors de la manifestation de stimuli affectifs fréquemment traités consciemment auparavant. S'il pense que dans les autres occurrences, le traitement des émotions exige la conscience du stimulus, il ambitionne également de démontrer dans un troisième module de travail que l'action intentionnelle ne peut être motivée que par l'expérience subjective. «Je propose 3 études visant à revoir de manière critique le concept selon lequel la motivation et le traitement de la récompense peuvent avoir lieu en dehors de la conscience, dit-il. Cela ne veut pas dire que des influences inconscientes ne peuvent pas influencer sur nos décisions, mais je soutiens alors plutôt que les influences pertinentes sont

préconscientes et non véritablement inconscientes et qu'une incitation inconsciente ne peut jamais déclencher une action intentionnelle.» Plus prosaïquement, il ajoute un argument de bon sens: «Quel serait l'intérêt d'une incitation gratifiante que l'individu ne percevrait pas ?»

C'est dans cette optique que son équipe reproduira 2 études emblématiques publiées dans le magazine *Science* respectivement en 2007 et 2008, la première réalisée par le groupe de Mathias Pessiglione, de l'Institut du Cerveau (ICM) à Paris, la seconde par Henk Aarts, directeur de laboratoire à l'Université d'Utrecht. Toutes 2 arrivaient à la conclusion qu'une personne peut être motivée par des facteurs dont elle n'a pas conscience. Par exemple, dans l'expérience conduite par Mathias Pessiglione, les participants devaient exercer une pression de la main sur une pince dynamométrique pour gagner des sommes d'argent. D'après les résultats de ces travaux, ils déployaient de plus gros efforts lorsque les enjeux, présentés sous la forme d'images subliminales, étaient élevés. Aux yeux du professeur Cleeremans, les expériences de Pessiglione et de Aarts étaient entachées de failles méthodologiques remettant en question le caractère subliminal de la présentation des stimuli. Ce qu'il espère réussir à prouver en mettant à profit la précision du tachistoscope précédemment évoqué.

Dans le dernier module de travail qu'il a défini, le groupe d'Axel Cleeremans se penchera sur une affirmation qu'il considère comme une évidence: l'expérience subjective a des effets fonctionnels. Afin de souligner d'un trait gras le bien-fondé de cette assertion, les chercheurs s'intéresseront à des cas particuliers tels que l'état hypnotique, l'effet placebo ou la suggestion. Ainsi, lors d'une intervention chirurgicale réalisée sous hypnosédation, technique qui allie l'hypnose à une anesthésie locale et à une sédation intraveineuse consciente, les patients réceptifs interprètent de façon totalement différente les sensations qu'ils ressentent, en particulier la douleur, en réponse aux suggestions de l'anesthésiste qui se double d'un hypnothérapeute pour la circonstance. «Un phénomène de ce type tend à cautionner que l'expérience subjective d'une situation prime sur l'appréhension objective de celle-ci», commente le professeur Cleeremans. Et finalement, comme pour boucler la boucle, que la conscience phénoménale prime sur la conscience d'accès, si tant est que les 2 ne soient pas les 2 faces d'une même pièce. La démonstration de l'impact de la conscience phénoménale sur nos décisions et actions ne clorait cependant pas pour autant le débat relatif au libre arbitre et au déterminisme. Ce n'est d'ailleurs pas l'objectif des neuroscientifiques impliqués dans le projet *EXPERIENCE*. A



Qui est-ce ? Sandrine GARBAY

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

doute ma voie. À la sortie du baccalauréat, je m'inscris en fac de biologie. Diplômée œnologue en 1989, j'effectue des recherches en vue de ma thèse de doctorat en sciences biologiques et médicales en recherche sur le vin à l'*Institut des sciences de la vigne et du vin* (ISVV) de l'Université de Bordeaux. Ma thèse, que je passe en 1994, porte sur la fermentation malolactique des vins rouges. Un double diplôme pas si courant. Après 5 ans de recherche, ma volonté est d'être sur le terrain. Le Château d'Yquem me recrute à la sortie de ma thèse. Je peux encore faire des manip de labo tout en étant au sein d'une propriété et en contact avec le produit. Quatre ans après mon arrivée, en 1998, le maître de chai part à la retraite, à qui je succède, à 31 ans seulement. Je ne fais plus que du terrain. Comme je suis l'une des premières femmes maîtres de chai dans un grand cru de Bordeaux, cela fait pas mal de bruit. À l'époque, c'est avant-gardiste. Aujourd'hui, il y en a beaucoup plus, des directrices techniques et, depuis quelques années, des cheffes de culture, très rares à mon époque. Des petites remarques de la part de visiteurs qui me prennent pour une guide touristique, j'en ai eues !

En 2022, je tourne cette page importante. En devenant directrice générale de Château Guiraud, je prends des responsabilités transversales, de la vigne au chai, en passant par la gestion globale du cru. Un superbe défi. Parmi les objectifs, il y a la production de grands liquoreux, bien sûr, mais aussi la valorisation de grands blancs secs. Cela nous permet de continuer à produire nos grands

Je suis...

Aujourd'hui directrice générale du Château Guiraud depuis mai 2022. Auparavant et pendant 24 ans, j'ai été maître de chai au Château d'Yquem. Née à Bordeaux, je suis tombée toute petite dans l'univers viticole. Mes parents aiment le vin, mais ne sont pas issus de ce milieu. Un jour, en me promenant sur les quais de Bordeaux avec mon père, je découvre le mot «œnologue» sur une plaque professionnelle. Il m'explique ce que c'est et immédiatement, je pense que c'est un métier qui m'intéresserait beaucoup. Il y a l'aspect chimie, biologie du vin, des matières que j'adore au lycée, et un côté terrain et produits nobles qui m'attirent terriblement. Mais je ne bois alors pas une goutte de vin ! Ce n'est donc pas pour l'amour du vin, mais plutôt pour celui de ma région, Bordeaux. Je me dis que c'est sans



CARTE D'IDENTITÉ

NAISSANCE: 6 août 1967
à Bordeaux (France)

NATIONALITÉ: Française

SITUATION FAMILIALE:
Mariée, 2 enfants
(un fils et une fille)

DIPLÔME: Doctorat en sciences biologiques et médicales, diplôme national d'œnologie à l'Université de Bordeaux

CHAMPS DE RECHERCHE:
Microbiologie, bactéries lactiques

DISTINCTIONS: Major de promotion et prix pour son mémoire pour ses études d'œnologie de la Liberté (2015)

vins liquoreux qui restent notre priorité. Mon but est de faire de mieux en mieux en qualité et de valoriser un peu plus les vins. Et, évidemment, nous allons poursuivre notre engagement bio. Avec le propriétaire, nous continuons de développer l'activité œno-touristique et l'hôtellerie haut de gamme. Par ailleurs, je trouve aussi une satisfaction intense dans l'enseignement en donnant une formation aux professionnels du vin à mon ancien Institut.

À cette époque...

Le 14 juillet 1989, année où je suis diplômée œnologue, Paris célèbre avec faste le bicentenaire de la Révolution avec un spectacle hors du commun. En 1998, quand je deviens maître de chai, encore un 14 juillet à Paris sur les Champs-Élysées, les Français font à nouveau la fête, mais cette fois pour leur Coupe du monde de foot. Cette année-là, le fameux Château Pétrus, un Pomerol dans le Bordelais, a été noté 98 sur 100 par Robert Parker, critique en œnologie américain de référence, connu pour ses guides sur le vin. L'année 2022, quand je suis nommée directrice générale de Château Guiraud, a été idéale pour les vins de garde, ce que sont, par excellence, les sauternes.

J'ai découvert...

La recherche en œnologie progresse sans cesse, que ce soit sur les raisins ou la vinification. Aujourd'hui, on fait de plus en plus de la viticulture de précision et on s'appuie sur la science pour faire un travail plus précis, pour raisonner nos pratiques agricoles, mais aussi au niveau du chai et de la vinification. De gros progrès ont été faits, notamment sur la typicité des vins, une meilleure maîtrise du fruité. Cela a beaucoup aidé les œnologues que nous sommes à mieux exprimer nos terroirs, nos identités et le fruité de nos vins.

SAVIEZ-VOUS QUE...

Le Château d'Yquem, une propriété de plus de 400 ans d'histoire sur une centaine d'hectares, produit un premier cru supérieur de Sauternes, l'un des vins liquoreux les plus célèbres au monde. Sa production est d'environ 80 000 bouteilles par an. Ce vin ne se boit pas lors de ses jeunes années. Il doit patienter pendant 4 années avant d'être sur le marché. Il faut une dizaine d'années pour développer la palette aromatique. La conversion du Château d'Yquem à l'agriculture biologique est officielle avec certification depuis 2022. Mais le processus était déjà engagé depuis des années.

À une centaine de mètres de là, Château Guiraud est un domaine viticole d'une centaine d'hectares aussi et situé également à Sauternes, à 45 km au sud de Bordeaux. Il est classé premier grand cru dans la classification officielle des vins de Bordeaux de 1855. Sa production est d'environ 300 000 bouteilles par an, dont 200 000 de blancs secs. Implanté dans un écrien de biodiversité, engagé depuis 1996 dans une démarche de viticulture biologique, il a été le premier des premiers grands crus à obtenir le label AB en 2011. Situé sur la Route des Vins de Bordeaux, il est ouvert au public 7 jours sur 7, accueillant en moyenne 10 000 visiteurs par an.

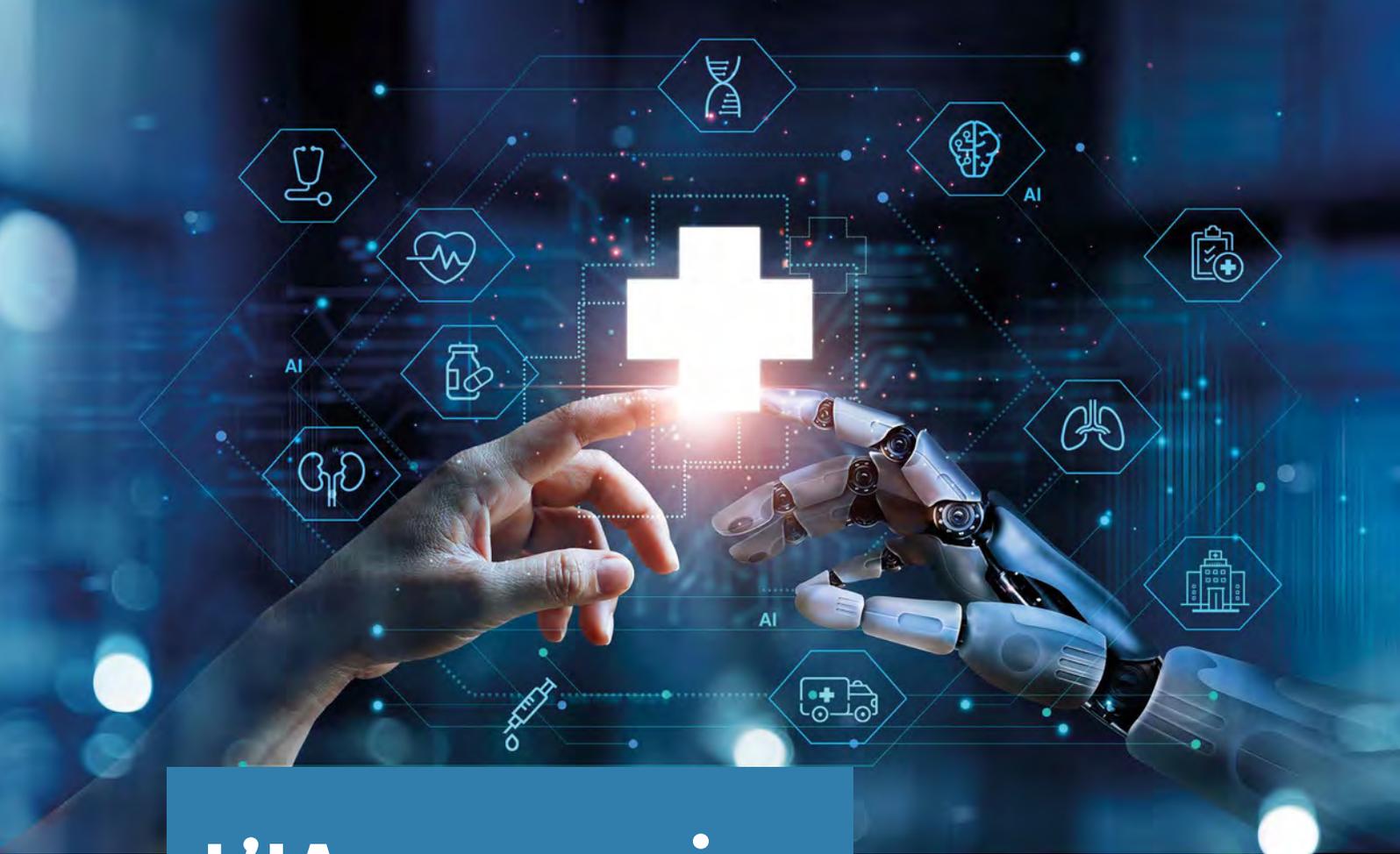
Ce qui caractérise l'assemblage et l'élevage du Château d'Yquem, c'est le terroir exceptionnel avec ce savoir-faire de vins liquoreux ancré dans l'équipe. Le vignoble couvre une mosaïque de sols différents avec de l'argile magnifique qui donne une complexité particulière. Être situé sur un des points culminants de Sauternes lui vaut des températures légèrement supérieures, d'où un mûrissement plus précoce, des courants d'air permanents garantissant un bon séchage des raisins, point important pour un développement équilibré du botrytis. Ce petit champignon donne des misères dans la plupart des vignobles, mais il est sublimé quand on produit de grands vins liquoreux. Pour la vinification, nous sommes très rigoureux sur la sélection des raisins. Nos vendangeurs sont expérimentés pour choisir les plus belles grappes. Une vendange par tri successive. Pour les vins liquoreux, on coupe des morceaux de grappes, jamais des grappes entières. En moyenne, on passe 4 à 5 fois sur chaque pied de vigne pour aller ramasser cette vendange botrytisée au fur et à mesure du développement du champignon. Le gros travail pour nos vins liquoreux, c'est cette vendange particulière avec ce savoir-faire de tri. Elle démarre, en général, mi-septembre pour se terminer début novembre. Une fois le raisin ramassé, il est pressé le plus vite possible pour extraire le jus. Le moût de raisin est mis à fermenter en barriques de chêne français neuves, avec les levures naturelles pendant 3 semaines environ. Ensuite, le vin va être élevé dans ces mêmes barriques pendant 2 ans. On fait un soutirage de temps en temps pour clarifier le vin. Après, il est mis en bouteille. Classique et naturel. On procède à l'assemblage des 2 cépages, sémillon et sauvignon blanc, en sélectionnant les meilleurs lots du millésime et uniquement ceux-là. Certaines années, il arrive que nous ne sortions pas de millésime, quand la pourriture noble ne se développe pas comme on veut et qu'on n'arrive pas à faire des vins de qualité. Vu les exigences de sélection, le rendement du vignoble est petit: un pied de vigne de Château d'Yquem ne produit qu'un verre contre une bouteille ailleurs, généralement.

Au Château Guiraud, les terroirs sont assez différents, un peu plus légers, des sables, des graves et des veines argileuses. Cela donne des vins avec une identité plus légère, plus délicate aussi. La particularité de Guiraud est d'avoir une forte proportion de sauvignon. L'assemblage se fait avec 65% de sémillon et 35% de sauvignon. On est un des seuls à Sauternes à avoir cette proportion. Ce qui fait son identité. 



Plus d'infos

 chateauguiraud.com



L'IA au service des soins de santé

Si la plupart des données médicales, depuis les scanners jusqu'aux bilans sanguins, sont aujourd'hui informatisées, cela ne signifie pas pour autant qu'elles soient automatisées. Et de plus en plus, le corps médical se trouve dans l'incapacité de traiter ce déluge d'informations. Une situation qui pourrait bien changer, avec l'arrivée de l'intelligence artificielle.

THIBAUT GRANDJEAN - GRANDJEAN.THIBAUT@GMAIL.COM

PHOTOS: © IPOBBA - STOCK.ADOBE.COM (P.41), WIKI (P.43), © VLADIMIRCARIBB - STOCK.ADOBE.COM (P.44), © ULIÈGE (P.44), © MICROSOFT (P.44)

Lors de la crise du Covid, le Pr Zouaoui Boudjeltia, directeur du laboratoire de médecine expérimentale de la faculté de médecine de l'ULB implanté au CHU de Charleroi-Chimay, a participé à plusieurs études. «Cela m'a frappé alors que je devais rentrer manuellement des données de patients dans un tableau Excel, se souvient-il. Je trouvais malheureux, en Europe au 21^e siècle, de ne pas disposer d'outils informatiques capables, ni de créer des bases de données de patients, ni d'exploiter ces données de façon à avoir, avec des outils modernes, une analyse des résultats qui guiderait les médecins dans la prise en charge de ces patients.»

Le cas du Pr Zouaoui Boudjeltia n'est pas isolé. Les médecins sont nombreux à se plaindre de la lourdeur de leurs tâches administratives. «Préparer des formulaires de soins, rédiger des rapports, structurer des données médicales, tout cela prend du temps, confirme le Pr Briganti, titulaire de la chaire IA et Médecine Digitale à l'Université de Mons et chargé de cours en santé digitale à l'ULiège. Certaines études estiment même que le travail administratif compte entre 60 et 80% du temps de travail d'un médecin.»

Or, il s'agit d'une charge que les algorithmes d'intelligence artificielle (IA) seraient tout à fait à même d'alléger. Et selon le Pr Briganti, c'est déjà un peu le cas. «On considère qu'à l'heure actuelle, la plupart des hôpitaux déploient au moins un algorithme, jauge le Pr Briganti, que ce soit au

niveau organisationnel, comme dans la gestion des agendas, ou au niveau clinique, dans le domaine de la radiologie. Mais la plupart des médecins ne sont pas ou peu au courant de ces déploiements, et ne connaissent pas réellement les différentes applications disponibles pour leur pratique.»

L'IA aux soins intensifs

À l'heure où toutes les grandes compagnies, de Meta à Apple en passant par Samsung cherchent à doper leurs produits à l'IA, l'Union européenne se lance également dans l'aventure. Le 1^{er} janvier dernier, la Commission européenne a lancé 4 grands programmes dénommés TEF, dont un dédié à la santé: le TEF-Health, pour *Testing and Experimentation Facility for Health AI and Robotics*. Il s'agit d'un consortium de 51 hôpitaux, centres de recherches et entreprises privées, piloté par l'Hôpital de la Charité à Berlin, qui a pour but de «*permettre à des PME et TPE de tester des outils d'IA et de robotique directement au sein des hôpitaux, avant de les commercialiser*», résume le Pr Zouaoui Boudjeltia.

En Belgique, le TEF-Health implique notamment des centres de recherche actifs en IA comme MULTITEL et le CETIC, et qui s'appuient sur l'institut TRAIL. Il inclut également l'UNamur (CRIDS) pour les aspects éthique et légaux ainsi que le CHU de Charleroi-Chimay. «*Au sein de l'hôpital, ce programme de test prendra place au niveau des soins intensifs, développe le Pr Zouaoui Boudjeltia qui coordonne le programme au CHU. Il s'agit d'un lieu privilégié où, pour un seul patient, on peut enregistrer jusqu'à 200 paramètres. Or, en pratique, seulement 5 à 10% de ces informations sont utilisées par les médecins pour prendre une décision. Aucun cerveau humain ne peut gérer tous ces paramètres, mais un algorithme, si. Ils pourraient donc permettre au médecin d'avoir une vue globale, et ainsi prévenir par exemple l'insuffisance rénale, ou une défaillance cardiaque.*»

Ouvrir les portes de l'hôpital aux entreprises

Pas question pour autant de mettre la charrue avant les bœufs. Avant de profiter au corps médical, le TEF-Health est avant tout un programme de test à destination des entreprises spécialisées dans la conception de solutions IA dédiées au secteur de la santé. «*Grâce à ce programme, elles auront accès aussi bien aux données des patients qu'aux équipements médicaux et à l'expertise clinique des médecins, qui leur est d'ordinaire fermée, explique Anne-Sophie Bridoux, responsable du groupe Vision par ordinateur au sein du centre de recherche Multitel, impliqué dans le programme. L'idée est réellement de rapprocher ces deux corps, médical et technologique, beaucoup plus tôt dans la chaîne que ce qui est fait à l'heure actuelle.*»

Ainsi, le centre Multitel viendra en aide aux entreprises qui souhaitent tester leurs solutions. «*Grâce à notre expertise en tests d'évaluation des solutions IA, nous allons nous assurer, par exemple, de la qualité des données utilisées lors de l'entraînement des algorithmes, ainsi que de la robustesse des modèles utilisés*», avance Anne-Sophie Bridoux. En d'autres termes, tester ces algorithmes dans la vraie vie, avec tout ce qu'elle comporte de complexité et de situations imprévues.

Plus largement, l'un des buts du TEF-Health est de construire un réseau paneuropéen d'infrastructures de tests et de validation, qui utilisent les mêmes protocoles et les mêmes standards. «*Cela signifie qu'en pratique, nous allons chercher à harmoniser tout ce qui relève de l'administratif et des méthodes propres à chaque hôpital, continue Anne-Sophie Bridoux. Et cela permettra aussi que, une fois une solution validée ici en Belgique, elle puisse également l'être pour le reste de l'Europe, avec tous les enjeux législatifs et éthiques que cela comporte. Et ce, en respectant également les exigences en matière de transparence et d'explicabilité des algorithmes.*»

Dialoguer avec la machine

L'explicabilité, ou comment l'algorithme est-il arrivé à une solution, est un des enjeux importants de l'IA. «*Les ingénieurs ne peuvent pas nécessairement expliquer le chemin qu'a suivi l'algorithme, avance le Pr Zouaoui Boudjeltia. En revanche, sur base du résultat, et grâce à ses connaissances en physiopathologie, le médecin peut construire une étude clinique pour tenter d'en chercher la cause. C'est le fondement même de la médecine: chercher la causalité d'un dysfonctionnement pour pouvoir intervenir. Or, l'algorithme, lui, n'a aucune connaissance de la physiopathologie ! Il ne peut être qu'une aide à la décision, rien de plus. Et pour que cette aide soit efficace, il doit y avoir au sein de ce programme un réel dialogue entre les ingénieurs et les médecins.*»

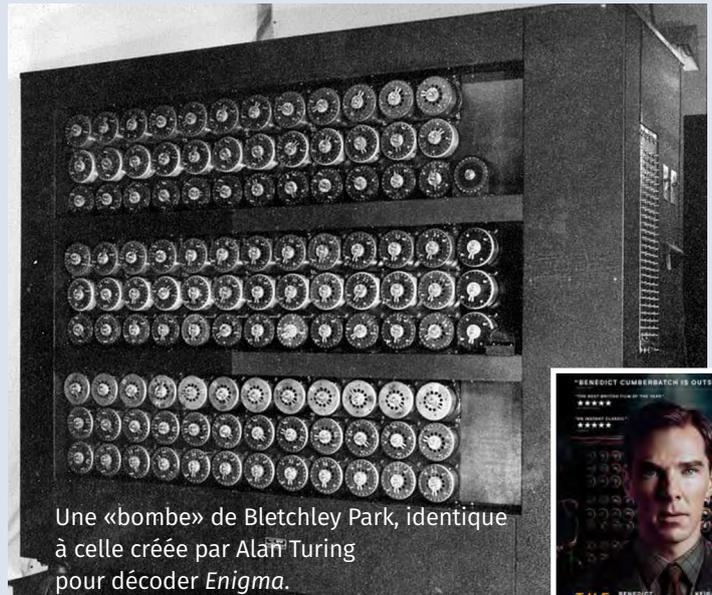
Ce dialogue est l'un des points les plus importants de ce programme TEF-Health. «*Je pense que nous allons mener, vis-à-vis des ingénieurs, une éducation par rapport à la méthodologie médicale qui est une manière de fonctionner différente des autres problèmes qu'ils peuvent rencontrer, estime le Pr Zouaoui Boudjeltia. Car quand on effectue une étude clinique, on questionne la nature, et la façon dont on pose la question influence la méthodologie.*»

Mais du point de vue du médecin, les ingénieurs ne seront pas les seuls à se former: «*Il va également y avoir une forme d'alphabétisation à l'IA de la part du corps médical. Ils vont se confronter à ces technologies, leur efficacité, leur jargon... Cette familiarisation est très importante pour l'avenir.*»

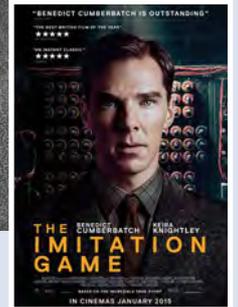
De fait, d'après le Pr Briganti, qui a mené une enquête auprès des médecins en Belgique, si la plupart voient d'un bon œil l'arrivée de l'IA, il existe une frange qui lui est totalement réfractaire. «*Cela vient de personnes qui ne connaissent absolument pas ces outils, et qui n'en perçoivent que ce qu'en dit la presse généraliste, estime-t-il. Or, il y a trop souvent eu des articles qui présentent les IA comme plus ou moins fortes que les médecins pour détecter une tumeur ou une embolie pulmonaire sur base d'une radio. Mais il ne s'agit jamais que d'études faites pour évaluer les IA ! En aucune façon, ces outils ne seront un jour déployés de façon à se substituer aux médecins, car cela ne fonctionne pas de cette manière.*» **A**

UN PEU D'HISTOIRE

Impossible de parler d'intelligence artificielle sans évoquer le nom d'Alan Turing. Ce mathématicien anglais est d'abord connu pour avoir déchiffré le code d'*Enigma*, la machine que les Nazis utilisaient pour communiquer durant la Seconde Guerre mondiale. Condamné à la castration chimique en raison de son homosexualité, il meurt en 1954 dans des circonstances non élucidées et il n'a été gracié qu'en 2013, à titre posthume, par la reine Elisabeth II. Mais si le nom d'Alan Turing est resté dans l'histoire, c'est aussi en raison du test qui porte son nom et qui, en dépit des controverses, fait encore autorité. En 1950, dans la revue *Mind*, le mathématicien britannique publie un article au nom évocateur: «*Computing Machinery and Intelligence*». Il y évoque la difficulté de définir l'intelligence, avant de proposer un test: si, par télécrypteur interposé, une machine peut entretenir une conversation avec un humain, sans que celui-ci soit capable de déterminer s'il discute avec une machine ou un être humain, alors il en déduit que cette machine est probablement capable de penser. À l'heure des chatbots comme *chatGPT*, ce test peut parfois sembler dépassé. Pourtant, il pose la question de l'importance du langage dans l'établissement de la conscience: aussi improbable que cela puisse être, si d'aventure une machine venait à accéder à la conscience, comment le saurions-nous, autrement qu'en la croyant sur parole ? 



Une «bombe» de Bletchley Park, identique à celle créée par Alan Turing pour décoder *Enigma*.



The Imitation Game, 2014, avec Benedict Cumberbatch et Keira Knightley.



BANDE-ANNONCE

PETIT LEXIQUE

Il y a tant de termes obscurs qu'il est parfois difficile de s'y retrouver lorsqu'on parle de l'intelligence artificielle. Voici un petit lexique pour vous aider à vous y retrouver dans cette jungle qu'est l'IA.

ALGORITHME: C'est le premier composant d'une IA. Il s'agit d'une suite d'instructions qui permet de résoudre un problème. Pour le comprendre, il faut l'imaginer comme une recette de cuisine, qui décrit les étapes pas à pas pour transformer les ingrédients (farine, œufs, laits) en de délicieuses crêpes, sans oublier un retour d'expérience du goûteur pour améliorer les résultats.

ENTRAÎNEMENT: Comme un sportif de haut niveau, chaque algorithme a préalablement répété une tâche précise encore et encore avant d'être mis sur le marché. Une IA de reconnaissance d'images aura vu auparavant des centaines de milliers de chats avant de pouvoir vous dire: ceci est un chat. Mais contrairement au sportif, une IA entraînée pour une tâche sera incapable d'en effectuer une autre. Ainsi, inutile de demander à chatGPT de reconnaître

une chanson, ou de traduire une conversation: il n'est pas capable de traiter un mp3.

EXPLICABILITÉ: La plupart des algorithmes d'intelligence artificielle sont actuellement formés d'un réseau de plusieurs couches successives de neurones artificiels. Si les résultats obtenus sont impressionnants, personne ne sait avec précision quel a été le processus de traitement de l'information. Un peu comme si une machine fabriquait une superbe pièce montée, mais qu'il était incapable de vous expliquer les étapes qu'elle a suivies: quantité, gestes techniques, température du four...

QUALITÉ DES DONNÉES: Si l'entraînement est crucial, la qualité des données utilisées pour cela est primordiale. Elles doivent refléter la diversité des situations que l'algorithme rencontrera dans la vie réelle. En médecine, la biologie d'un homme n'est pas exactement la même que celle d'une femme. Les origines ethniques, l'âge, des pathologies préexistantes, tout cela est déterminant pour prévenir les futures maladies.

L'IA, forte consommatrice d'énergie

Alors que l'implémentation de l'IA dans tous les domaines ressemble de plus en plus à une course à l'armement, une telle frénésie n'est pas sans conséquence sur la demande en énergie. Dans un rapport sorti en janvier 2024, l'Agence Internationale de l'Énergie s'est penchée sur les besoins de l'Europe en électricité jusqu'en 2026. Elle estime que les 1 240 Data Centers européens, si cruciaux pour cette technologie, ont consommé 100 TWh en 2023, soit 4% de la consommation totale d'électricité. Et compte tenu de la demande effrénée, cette consommation devrait continuer à croître de façon significative, pour atteindre 150 TWh en 2026. À l'échelle globale, cela équivaldrait à une nouvelle Suède, voire une nouvelle Allemagne sur la carte énergétique du monde ! En cause, les cryptomonnaies, qui ont consommé autant que les Pays-Bas en 2022, mais aussi l'IA. Alors qu'une recherche *Google* consomme 0,3 Wh, une requête à *chatGPT* en consomme 2,9. Cela semble peu, mais rapporté aux 9 milliards de requêtes quotidiennes, rien que le célèbre chatbot fait croître la consommation de 10 TWh chaque année. Pour faire face à une augmentation de ces besoins, la recherche se focalise actuellement sur de nouveaux systèmes de refroidissement à haute efficacité: en effet, 40% de l'électricité consommée par les Data Centers sert uniquement à... leur refroidissement !



www.iea.org



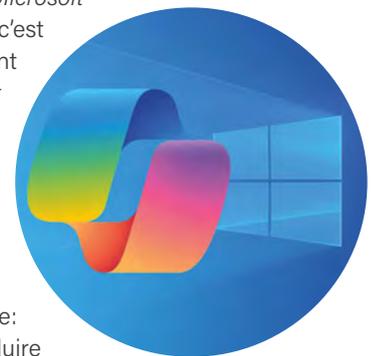
Le code e(s)t la loi

L'intelligence artificielle semble parfois un peu éloignée de notre vie de tous les jours, alors qu'en réalité, elle est déjà présente. Voitures semi-autonomes, logiciel judiciaire destiné à prévenir la récidive, tri des candidatures reçues par une entreprise ou encore algorithme permettant ou non à des futurs étudiants de s'inscrire dans la filière de leur choix. Si tous ces systèmes sont capables de prendre des décisions de façon autonome, ces dernières ne sont pas toujours explicables par les ingénieurs. Or, cela pose de nombreux problèmes aux juristes du monde entier. Car notre système juridique est à la fois basé sur l'accès aux preuves, la désignation d'un responsable du dommage causé, et la réparation de ce dommage. Mais si une voiture autonome renverse un piéton, qui peut être tenu pour responsable ? L'utilisateur de la voiture ? Son concepteur ? Pour répondre à ces questions, l'Université de Liège va héberger pour les années à venir le centre d'excellence Jean Monnet «Just AI». Ce dispositif de recherche permettra non seulement à des juristes, mais également des chercheurs d'autres disciplines ainsi que des artistes, de s'interroger sur les conséquences légales des IA, et des réponses à y apporter.

<https://www.just-ai-jmce.uliege.be>

Windows vous a trouvé un copilote

Si vous utilisez *Windows 10* ou *11* sur votre ordinateur, peut-être avez-vous remarqué la nouvelle icône bleue et rouge apparue à droite de votre barre des tâches. Il s'agit de *Copilot*, un outil d'intelligence artificielle qui intègre à la fois *chatGPT 4* et *Dall-E*. Concrètement, il s'agit d'un assistant de recherche doublé d'un agent conversationnel et d'un générateur d'image. Connecté à Internet, il est associé au navigateur *Edge*: vous pouvez donc lui demander un itinéraire de vacances, ou de résumer la dernière série en vogue. Et grâce à *Dall-E*, vous pouvez aussi lui demander de générer une illustration à partir de quelques mots. Mais là où *Microsoft* espère vous convaincre, c'est dans l'intégration, moyennant un abonnement, de *Copilot* à votre suite *Office* comme *Excel* ou *Word*, tout comme à votre boîte mail, et aux visioconférences *Teams*. Étant basé sur *chatGPT*, sa grande force réside dans ses capacités à traiter du texte: il peut faire des résumés, traduire des paragraphes, mettre en page facilement vos rapports d'entreprise ou de réunion, et également écrire du code informatique. Attention cependant: les IA comme *chatGPT* ont rapidement tendance à utiliser des formulations impersonnelles et dénuées de toute aspérité. Il est important de s'en servir comme d'un outil, sous peine d'une totale déshumanisation de votre créativité...



<https://copilot.microsoft.com>



Empreinte numérique et sobriété électronique: conseils pratiques

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.EXPERTS DUWEB](https://www.facebook.com/easi.expertsduweb)

ILLUSTRATIONS : OLIVIER SAIVE

Dans notre monde ultra numérique, chaque clic, chaque *like*, chaque partage, chaque action en ligne laisse, souvent malgré nous, une empreinte invisible mais avec un impact bien réel. De la quantité de données personnelles divulguées en ligne à la consommation énergétique associée à nos activités numériques et à nos appareils connectés, tout laisse une trace. C'est que l'on appelle l'**empreinte numérique**.

En parallèle, dans un environnement où la technologie progresse à un rythme effréné, il

est essentiel d'adopter une approche éco-responsable en matière d'électronique. La **sobriété électronique** nous incite à utiliser les technologies numériques de manière consciente et responsable, réduisant ainsi leur impact sur l'environnement et la consommation d'énergie. Il faut savoir que chaque année, l'empreinte environnementale du numérique augmente. En 2021, il était responsable de 6 à 10% de la consommation mondiale d'électricité et était responsable de 4% des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Cet article vise à explorer ces 2 concepts clés: nous analyserons leur signification, leur importance dans notre quotidien connecté et vous proposerons des conseils pratiques.

QUELQUES CHIFFRES CLÉS

Internet dans le monde aujourd'hui, c'est :

- 43 milliards d'appareils connectés, selon les prévisions du marché de l'IOT (Internet Of Things: L'internet des objets) en 2023. Les secteurs de la santé et de la production industrielle seraient les plus gros contributeurs à cette croissance.
- Dont 8,59 milliards de smartphones en circulation dans le monde, plus que d'humains...
- Dont 6,2 milliards d'ordinateurs (chiffres de 2021)
- 67 millions de serveurs, et 1,1 milliard d'équipements réseaux (box, routeurs, etc.)

Des chiffres qui donnent le tournis... surtout lorsque l'on considère qu'une grande partie des impacts environnementaux liée aux technologies numériques résulte de la fabrication et de la gestion de la fin de vie de nos appareils électroniques. Par exemple, la fabrication d'un seul ordinateur nécessite jusqu'à 240 kg de combustibles fossiles, 22 kg de produits chimiques et 1,5 tonne d'eau.

SOURCES:

- www.3za.fr, www.phonandroid.com,
- hardware.developpez.com, www.wwf.fr,
- <https://greenly.earth>

y compris la consommation d'énergie des serveurs et les émissions de CO₂.

Voici quelques exemples concrets d'actions qui impactent notre empreinte numérique :

- **La recherche en ligne:** et donc chaque requête effectuée sur des moteurs de recherche car les données sont conservées sur leurs serveurs.
- **L'Intelligence artificielle:** d'après les estimations de *Dessa*, une entreprise spécialisée dans l'IA, une conversation de 30 min avec *Chat GPT* génère environ 1,4 kg de CO₂, équivalant à la production d'une bouteille standard en plastique de 1,5 l.
- **Réseaux sociaux:** l'usage régulier des réseaux sociaux, comme la publication de messages, le partage de photos et de vidéos, ainsi que les interactions avec d'autres utilisateurs.
- **Courriers électroniques:** les e-mails que vous envoyez et recevez. Les pièces jointes volumineuses augmentent également notre empreinte.
- **Diffusion en continu:** les services de streaming vidéo et de musique en ligne, surtout si nous optons pour une qualité vidéo élevée ou une écoute prolongée de musique en continu.
- **Stockage en ligne de fichiers:** le stockage en ligne a également une empreinte numérique considérable. Les données conservées dans des services comme *Google Drive*, *Dropbox* et *iCloud* sont hébergées dans des Data Centers qui consomment une quantité importante d'énergie en fonctionnement continu. De plus, la fabrication de disques durs et de serveurs informatiques nécessite des matériaux rares comme le platine, le nickel et l'or, ayant un impact environnemental lors de leur extraction et de leur transport.

L'empreinte numérique

L'empreinte numérique fait référence à l'ensemble des données laissées en ligne lors de l'utilisation d'Internet, comme les données personnelles partagées, les historiques de navigation, les sites visités, les e-mails envoyés, les achats en ligne, l'utilisation des réseaux sociaux, la lecture de l'actualité en ligne et la gestion de la santé et du fitness via des appareils comme les montres connectées, etc... Cette empreinte peut être active lorsque l'utilisateur partage délibérément des informations sur les réseaux sociaux, ou passive lorsqu'elle est collectée sans son consentement, par exemple par les sites Web.

L'empreinte numérique peut également désigner l'impact environnemental global de l'utilisation des technologies numériques,



La sobriété électronique

La sobriété électronique est un concept visant à réduire l'impact environnemental et énergétique de notre utilisation du numérique sans forcément y renoncer. Il s'agit simplement d'apprendre à l'utiliser de manière raisonnable pour répondre à nos besoins. Ce concept nous invite à prendre conscience de notre empreinte carbone numérique et à agir en conséquence. Chaque interaction avec un appareil électronique, chaque recherche sur un moteur de recherche, chaque e-mail envoyé contribue aux émissions de gaz à effet de serre.

En résumé, l'empreinte numérique se rapporte principalement aux traces laissées par l'utilisation des technologies numériques, tandis que la sobriété électronique se concentre sur l'utilisation responsable de ces technologies pour minimiser leur impact sur l'environnement.

Maintenant que nous avons défini les 2 concepts, il est temps de passer à l'action. Nous découvrirons un peu plus loin une série d'astuces pratiques pour réduire notre empreinte numérique et adopter des habitudes plus responsables dans l'utilisation quotidienne des technologies numériques, en tenant compte de la préservation de l'environnement mais tout en restant connectés.

Voici quelques conseils pour entretenir ses appareils et prolonger significativement leur durée de vie. Vous pourrez de cette façon les utiliser aussi longtemps que possible, réduisant ainsi l'impact environnemental lié à leur remplacement fréquent:

- **Privilégiez les mises à jour essentielles** pour des raisons de sécurité plutôt que d'accepter toutes les mises à jour systématiques de votre



système d'exploitation. Vous éviterez ainsi les fonctionnalités superflues qui pourraient ralentir vos appareils.

- **Évitez la surchauffe** en évitant d'exposer vos appareils à des températures élevées pendant de longues périodes, car cela peut entraîner une surchauffe et des dommages internes. Assurez-vous également de ne pas bloquer les événements de ventilation.

ENCORE PLUS D'ASTUCES :

- Optez autant que possible pour des appareils labellisés pour leur performance environnementale, leur efficacité énergétique et leur faible impact sur l'environnement. Dans cet article du site www.ecoconso.be, vous trouverez les différents labels disponibles en Belgique (<https://bit.ly/3UtPQKA>)
- Maximisez la durée de vie de ses appareils électroniques: l'obsolescence programmée ou non des appareils numériques n'est pas inévitable. Limitez la fréquence à laquelle nous remplaçons nos terminaux tels que les PC, les tablettes, les smartphones et les objets connectés est essentiel d'un point de vue écologique. Actuellement, la durée de vie moyenne de ces machines est estimée à seulement 23 mois. Selon l'Ademe (Agence de la transition écologique), le simple fait de conserver un smartphone ou un ordinateur pendant 4 ans au lieu de 2 pourrait améliorer de 50% son bilan environnemental.

- **Utilisez des chargeurs et des câbles certifiés** et de haute qualité pour éviter les problèmes de charge et de compatibilité qui pourraient endommager vos appareils.
- **Préférez l'achat de seconde main ou de produits reconditionnés et la réparation:** lorsque vos appareils électroniques rencontrent des pannes, il est important de ne pas céder à l'impulsion d'acheter un nouvel appareil immédiatement. En effet, seules 40% des pannes électroniques donnent lieu à une réparation, alors que 60% d'entre elles sont réparables. Si vous n'êtes pas un grand bricoleur, il peut être difficile de réparer soi-même des appareils comme un *iPhone* ou un ordinateur. Dans ce cas, il est préférable de faire appel à un professionnel ou de se rendre dans un Repair Café. Opter pour l'achat d'un appareil facilement réparable peut aussi être une solution judicieuse.

L'achat de produits électroniques reconditionnés est également une alternative écologique et économique. Ces appareils, qui ont été nettoyés, révisés et vérifiés, offrent des performances similaires à celles des appareils neufs à un coût réduit. Si vous n'utilisez plus un appareil, pensez à le revendre sur des sites spécialisés tels que *BackMarket* (<https://www.backmarket.be>), *Smaart* (<https://smaart.fr>) ou *Recommerce* (<https://www.recommerce.com/fr>), pour lui donner une seconde vie.

BON À SAVOIR:

Des entreprises comme *Fairphone* (shop.fairphone.com/fr) proposent des smartphones «durables» et «modulaires», permettant à l'utilisateur de remplacer facilement des composants comme la batterie ou l'écran.

De plus, des services tels que *iFixIt* (<https://fr.ifixit.com>) et *SOSav* (<https://www.sosav.fr>) évaluent la réparabilité des produits électroniques, ce qui peut vous aider dans vos choix d'achat.

- **Débranchez ses appareils:** éteignez complètement vos appareils électroniques lorsque vous ne les utilisez pas plutôt que de les laisser en veille. Cela réduit leur consommation d'énergie inutile.
- **Optez pour un stockage minimum des données:** limitez le stockage de données sur vos appareils électroniques en supprimant régulièrement les fichiers et les applications dont vous n'avez plus besoin. Cela permet de libérer de l'espace de stockage et de réduire la consommation d'énergie.

Et quelques astuces pour entamer votre sobriété numérique en ce qui concerne **l'utilisation des données numériques:**

- **Limitez son stockage dans le cloud:** faites le ménage dans vos données déjà stockées en ligne. Supprimez les fichiers inutiles pour réduire la consommation énergétique des Data Centers. Stockez et utilisez le maximum de données localement, sur un disque dur.
- **Réduisez l'usage du cloud en 4G:** évitez de surfer avec la 4G car cela entraîne d'incessants allers-retours entre les serveurs et votre terminal, générant ainsi plus d'impacts environnementaux. Privilégiez le Wifi et le réseau local filaire.
- **Freinez votre usage du streaming:** limitez la visualisation de vidéos en HD et privilégiez les résolutions plus basses pour réduire la bande passante mobilisée. Préférez le téléchargement des vidéos et musiques pour une utilisation *offline* afin de limiter la consommation de données.
- **Éteignez vos appareils en veille:** éteignez complètement vos appareils et débranchez-les lorsque vous ne les utilisez pas. Cela permet non seulement d'économiser de l'énergie mais aussi de préserver l'environnement.

Et vous, qu'en pensez-vous ? Quelles sont vos astuces, vos habitudes d'utilisation raisonnée des outils numériques ? N'hésitez pas à nous partager vos expérimentations par mail à contact@easi-ie.com. **A**





La chimie dans la presse: perles, erreurs et anecdotes

TEXTE : PAUL DEPOVERE • DEPOVERE@VOO.BE
PHOTO : © LUISMOLINERO - STOCK.ADOBE.COM

Force est de constater que les journalistes se préoccupent généralement très peu de la chimie et de la nomenclature en particulier. Il est clair que certains feraient mieux de consulter un chimiste avant de publier leurs articles ! Un petit éclairage de la part de ces derniers s'avérerait parfois judicieux. À l'instar des désormais célèbres perles annuelles du «BAC» français, voici un petit florilège des plus belles «bourdes» (totalement authentiques) repérées dans la presse et qui ne pourront que vous faire bondir ou sourire.

- Lu dans un journal français, en rapport avec la résistance d'une montre pour plongeurs: «*Résiste aux chocs jusqu'à 20 **barres.***» Là, les journalistes ont mis la barre bien bas en ce qui concerne l'orthographe ! Une pression de 1 atmosphère (atm) correspond très exactement à 1,01325 bar, ou encore à 1 013,25 millibars (mbar), actuellement appelés hectopascals (hPa). Il est cependant courant, en plongée sous-marine d'assimiler l'atmosphère au bar.
- Lu dans un article décrivant le nouveau style d'une voiture allemande: «*Les **bulbes allogènes** sont remplacés par des feux de jour type barrette de LED.*» Rien à voir avec des bulbes végétaux ! Comprenez: les **lampes à halogène** sont remplacées par des feux de jour type barrette, constitués de diodes électroluminescentes (LED pour *Light Emitting Diode*).

- Dans une publicité en rapport avec la bonne manière de servir le vin, j'ai pu lire dans un quotidien français: «*N'oubliez pas de déboucher le vin quinze minutes avant le dîner afin que le **gaz carbonique** s'en échappe.*» S'il s'agit de champagne, c'est bien du dioxyde de carbone qui s'échappe, mais il est préférable de n'ouvrir la bouteille qu'au moment de servir, afin que le breuvage ne s'évente pas ! Par contre, dans le cas d'un vin rouge, il est opportun d'ouvrir la bouteille à l'avance pour aérer et donc *oxygéner* le vin afin de l'assouplir. On recommande même de retirer un premier verre de la bouteille en vue d'augmenter la surface de contact du liquide avec l'air qui, autrement, se limite à l'aire du goulot.
- Un hebdomadaire belge bien connu avait publié un article au sujet de l'existence possible de formes de vie sur la planète Mars. Dans ce contexte, la composition chimique de l'atmosphère martienne était comparée à celle de la Terre. On pouvait y lire: «*(...) l'atmosphère terrestre est essentiellement constituée de 20,6% d'oxygène et de 78% d'azote. À titre de comparaison, l'atmosphère martienne contient surtout du dioxyde (sic) de carbone (95,3%), avec seulement 0,1% d'oxygène et 2,7% de **nitrogène.***» Comment s'y retrouver ? En anglais, *nitrogen* signifie azote, ce qui rend à présent le texte compréhensible. Ce gaz est peu présent dans l'atmosphère martienne, alors qu'il est majoritaire sur Terre. En outre,

il y a pratiquement 200 fois moins d'oxygène sur Mars par rapport à la Terre, le gaz majoritaire y étant en réalité le CO₂ (en français, **dioxyde** - et non *dioxyde* - de carbone).

- Dans un quotidien belge, j'ai pu lire il y a quelque temps: «*Catastrophe écologique: un chimiquier s'est abîmé dans la mer du Nord. Il transportait des fûts remplis de **cyanide de natrium** !*» Mauvaise traduction de l'anglais: il s'agit bien entendu de cyanure de sodium (NaCN), par ailleurs extrêmement toxique !
- En consultant le célèbre *Merck Index*, on peut lire, dans la monographie 4865 (14th Edition) consacrée à l'acide hypochloreux, que la solution aqueuse du sel potassique de cet acide s'appelle l'**eau de Javelle**, au lieu de Javel ! C'est le chimiste français Claude Berthollet (1748-1822) qui découvrit les hypochlorites et les appliqua au blanchiment des toiles de lin et chanvre. La première usine de production de la fameuse solution de Berthollet était située... quai de Javel à Paris.
- Dans la littérature scientifique, l'usage abusif d'acronymes mène à des situations équivoques ! Ainsi, un même acronyme peut désigner 2 composés chimiques totalement différents: **TEA** est, pour les uns, de la triéthanolamine et, pour d'autres, du triéthylaluminium. À l'inverse, une même molécule peut être décrite par 2 acronymes différents: ainsi, la triéthylène-diamine (**TED**) s'appelle aussi 1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane (DABCO). Même un chimiste s'y perdrait ! Dans le même ordre d'idée, une péniche transportant du cyanure de vinyle, CH₂=CH-CN, une substance intervenant dans l'industrie des polymères - se voyait bloquée à la frontière belge en raison de la toxicité de cette substance. Le problème fut résolu par les industriels en étiquetant leurs fûts avec l'appellation «acrylonitrile».
- Un livre ayant pour titre *The Chemistry of Silicon* a trait aux propriétés chimiques du **silicium** et non des **silicones** (idem en anglais). Le silicium est l'élément chimique (Si) de numéro atomique 14 qui est situé juste en dessous du carbone dans le tableau périodique des éléments. À l'état très pur, mais dopé en vue d'être transformé en semi-conducteur, c'est le matériau par excellence de l'électronique. Les silicones sont des composés du silicium (R₂SiO), analogues des cétones (R₂CO) de la chimie organique, d'où la désinence -one. Leurs dérivés issus de polymérisations, également appelés silicones, sont adaptés, en fonction de la longueur des chaînes et du taux de réticulation, pour des usages très divers. Le même type de piège se rencontre dans le mot *Chlorofluorocarbons*, qui désigne les chlorofluorocarbures, c'est-à-dire les Fréons, alors que le mot isolé *Carbon* se traduit bien par carbone. Et, d'autre part, les carbures, tels le carbure de calcium, se disent *carbide*.
- *Empirical formula* est la formule brute (*Journal officiel* du 18 avril 2001) et non une **formule empirique**. Il s'agit de la formule obtenue par la juxtaposition des symboles atomiques, pour donner l'expression la plus simple possible de la composition stœchiométrique du composé considéré compatible avec les résultats de l'analyse élémentaire quantitative. Ainsi, la formule brute du glucose est CH₂O, alors que sa *formule*

moléculaire, qui tient compte de la masse molaire effective de cet ose est C₆H₁₂O₆.

- *Proton* est, strictement parlant, un *hydron* (*Journal officiel*) et non un **proton**. Le nom *hydron* désigne le mélange des cations ¹H⁺, ²H⁺ et ³H⁺, dans les proportions naturelles des isotopes de l'hydrogène. Par ailleurs, le terme *proton* ne devrait être réservé qu'à la dénomination du cation ¹H⁺ correspondant au seul isotope ¹H (protium), tout comme les noms de *deutéron* et de *tritron* correspondent aux cations ²H⁺ et ³H⁺. Ce terme *hydron* passe apparemment mal dans les écrits scientifiques - peut-être parce qu'il semble plus aisé de «protonner» que d'«hydronner» -, alors que le nom *hydrure*, correspondant à l'anion H⁻, est tout à fait accepté.
- Dans un journal régional français, l'auteur de l'article suivant mentionnait par ces mots l'existence d'un laboratoire rénové dans un lycée: «*Fioles, ballons et **becs-benzène** étaient à l'honneur hier dans le laboratoire du lycée.*» Ah, les fameux becs-bunsen...
- Plus fort encore: «*le site Ucatex à Bangui est pollué par "...des hydrocarbures **aromatisés** (cancérigènes)..."* Comprenez *aromatiques*. Pour être aromatiques, ces molécules doivent être planes, conjuguées et posséder des électrons délocalisables répondant à la règle 4n + 2 de Hückel. Il n'est donc aucunement question de parfum !
- Dans un journal du midi de la France: «*Des diplômés ont été remis aux **réceptifs d'air**.*» Sans commentaire pour les récipiendaires !

Aucun doute: pour certains, la chimie n'est pas une science exacte ! A

Une dernière anecdote qui vaut la peine d'être racontée: Einstein avait été invité dans les années 1920 à présenter une conférence sur ses travaux dans les plus importantes villes des États-Unis. Pour mener à bien ce programme, les autorités américaines avaient mis à sa disposition une voiture avec chauffeur. Après quelques semaines, lors d'un retour à l'hôtel, le chauffeur dit à Einstein: «*À force d'écouter votre conférence, je pense que je serais capable de la donner à votre place !*» Einstein, dont peu de gens connaissaient à l'époque la tête, le prit au mot... C'est ainsi que le lendemain, dans la salle des fêtes de Baltimore, le chauffeur entama la conférence d'Einstein devant un public nombreux et fort attentif. Einstein, quant à lui, était assis tout au fond, près de la porte de sortie. Mais au moment où le chauffeur termina son exposé, assez valablement paraît-il, un des auditeurs se leva et posa une question très pointue au conférencier. Décontenancé mais sans perdre son sang-froid, le conférencier imposteur posa un regard compatissant sur cet homme, tout en pointant son index vers Einstein: «*Monsieur, votre question est tellement banale que c'est mon chauffeur qui va vous répondre !*»



BIO NEWS

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

PHOTOS : © BURITORA - STOCK.ADOBE.COM (P.51), © KATYA - STOCK.ADOBE.COM (P.52), RUSHENB/WIKI (P.53), TEXAS-STATE (P.53), JULIO LACERDA (P.54), © BOB NICHOLLS (P.54), © EMMELI - STOCK.ADOBE.COM - BIO ZOOM, © ANDREY - STOCK.ADOBE.COM - BIO ZOOM (P.54)

Les bienfaits de l'activité physique

Il est désormais avéré que l'activité physique est bénéfique pour la santé. Tous les sportifs, les ultras comme ceux «du dimanche», vous le confirmeront. Pour convaincre les réfractaires, l'on peut aujourd'hui tracer les voies métaboliques qui permettent d'objectiver les bienfaits évoqués. Ceux-ci sont globaux et concernent autant la fonction intellectuelle, grâce à une oxygénation accrue, que musculaire. Sans entrer trop dans les détails métaboliques, un effort d'endurance permet de faire passer les muscles sollicités d'un métabolisme glycolytique à une version oxydative, soit celle qui permet d'exploiter les acides gras stockés comme source énergétique avec, à la clé et en fonction de la durée de l'effort, une réduction des graisses et un retour à une morphologie plus en relation avec la pratique sportive.

On a récemment remarqué que les cellules impliquées dans la défense immunitaire n'étaient pas laissées pour compte dans ce processus. En témoigne le taux d'interleukine 13 (Il-13) circulant dans le sang. Pour

mémoire, les interleukines sont des substances dont le mode d'action est proche de celui des hormones, mais qui sont réservées à la défense immunitaire. L'Il-13 est, de façon plus spécifique, produite par les lymphocytes T (des cellules de défense présentes dans le sang) et fonctionne comme régulatrice de l'inflammation. Mais elle intervient à l'évidence dans l'activité musculaire également. Si on inhibe son action chez des souris, ces dernières ne sont en effet plus capables d'effectuer des efforts de la même intensité, mesurés par le temps de course dans les cylindres rotatifs. Dans le même temps, on observe chez ces souris délétées une moindre sollicitation des mitochondries (qui produisent l'énergie nécessaires à l'effort) et des graisses. L'Il-13 agit sur les fibres musculaires via un récepteur qui lui est spécifique (Il-13 alpha 1), une fixation qui déclenche l'activation du gène Stat3, impliqué dans le conditionnement métabolique de la fibre musculaire concernée. La chaîne d'activation n'est pas encore terminée: elle implique encore d'autres gènes et protéines. Mais, au final, on observe une biogenèse de mitochondries, une oxydation des acides gras et une augmentation des capacités d'endurance entre autres; soit tous les effets bénéfiques, au niveau musculaire, de l'activité physique. On aura compris que le système de défense immunitaire est clairement impliqué et mis en œuvre. C'est peut-être une chose à ne pas négliger en période d'épidémie. 

► **Nature, 368: 470-471 et 488**



Comment faire arriver les fruits et légumes exotiques chez nous juste «à point» et intacts ?

La richesse et la diversité de notre alimentation sont arrivées à un niveau jamais atteint jusqu'ici. En toutes saisons, fruits et légumes «locaux» sont disponibles mais aussi ceux qui viennent de loin (bananes, avocats, etc.). Ce que l'on perçoit moins, c'est qu'entre le moment de la récolte et l'arrivée dans nos rayons s'écoule un temps certain qui, dans leurs conditions précaires de transport et de conservation, force les fruits et légumes traités à échapper complètement à l'usage alimentaire attendu. Des méthodes diverses ont été mises en œuvre comme cueillir les bananes immatures et les mûrir artificiellement dans les cales des navires. On peut aussi diminuer le taux d'oxygène et la température dans les containers afin de réduire le développement bactérien, la dessiccation, voire le pourrissement. Cela ne résout néanmoins pas tout, comme la présence de mygales dans les cales de bateaux où le stockage est effectué. Une autre technique est de vaporiser une couche de cire (végétale) sur les fruits et légumes stockés, mais ce n'est pas toujours réalisable dans la pratique et cela a aussi un coût. Le tri et le rejet de ce qui ne correspond plus à un produit consommable est alors LA méthode la plus simple et efficace. Sauf que dans un registre écologique et économique, cela correspond à une perte sèche. Une alternative a récemment été proposée par des chercheurs qui repose sur un traitement préventif des fruits par de l'albumine extraite d'œufs, additionnée de cellulose nanocrystalline récupérée de déchets de bois ou de papier; le tout, à la réception, pouvant être éliminé à l'eau et n'a rien de toxique en cas de persistance. À l'évidence, la problématique alimentaire (c'est le cas de le dire !) la recherche. Si elle permet de consommer toute une gamme de fruits exotiques peu importe la saison, elle n'empêchera toutefois jamais la perte d'une partie significative de la production, quel que soit le traitement en amont. Avez-vous conscience de ce «détail» quand vous faites vos courses ? 

► *Adv. Mater.* 10.1002/adma.201908291 et *Science* 368: 1077

Croisement malheureux

Quelques espèces proches peuvent former des hybrides: tout le monde sait ça. Le lion et le tigre donnent naissance au tigrion, l'ânesse et le cheval, l'âne et la jument forment aussi des hybrides, respectivement mule et bardot. La règle générale est que si les hybrides sont viables, ils sont généralement stériles.

Mais il n'y pas d'hybrides que chez les grands mammifères. D'autres espèces animales, sans doute plus discrètes ou d'un abord plus difficile, peuvent également se «croiser» et former des jeunes qui possèdent des caractères propres aux 2 lignées parentales. Normal, pensera-t-on: les lignées concernées ont forcément eu, dans un passé plus ou moins lointain, un ancêtre identique et ont donc suffisamment de gènes en commun pour que l'hybridation fonctionne. C'est certain. Sauf qu'entre cet aïeul lointain et les espèces actuelles, l'évolution a fait son œuvre et que des mutations ont pu affecter l'un ou l'autre gène, rendant leur présence commune impossible chez les produits du croisement. C'est précisément ce que l'on a observé chez 2 espèces proches d'un petit poisson que les aquariophiles connaissent bien: le *Xiphophorus*. C'est le porte-épée, un nom vernaculaire qui tient, pour quelques espèces du genre, à un allongement de quelques rayons de la nageoire caudale chez

le mâle. Deux espèces au moins ont fait l'objet de croisements: il s'agit de *malinche* et *birchmanii*. Le croisement peut opérer et donne des individus qui portent des caractéristiques propres aux 2 espèces parentales, notamment visibles au niveau de la robe, marquée de stries ou de taches noires. Mais c'est après que les choses se gâtent. Un gène en particulier, qualifié d'oncogène (il s'appelle *xmrk* et est la tyrosine-protéine kinase liée au récepteur de la mélanine), est lié à la répartition de ces taches pigmentées. Et ce gène, qui a muté au cours de l'évolution d'une des 2 espèces, est devenu incompatible avec son équivalent de l'autre. Résultat: les jeunes hybrides présentent une forte prévalence d'apparition de mélanome - le cancer de la peau - qui peut leur être fatal. On ne le sait que trop, l'évolution procède du hasard. Celui-ci fait parfois bien les choses, mais aussi parfois moins bien. Le *Xiphophorus* en est un exemple.

On peut aussi imaginer que les éleveurs qui ont permis l'apparition de l'une des 400 espèces de chiens au départ de l'espèce originelle unique ont dû rencontrer ce genre de



Une association de malfaiteurs ?

Nombre d'espèces animales (notamment) sont connues pour produire dans la peau ou dans des glandes spécialisées, des venins ou autres toxiques destinés à décourager les prédateurs. Grenouilles tropicales et crapauds en font partie au même titre que serpents et scorpions. Ce que l'on sait moins, c'est que certains prédateurs n'hésitent cependant pas à les consommer pour s'en approprier le poison, contre lequel ils semblent immunisés. L'évolution les a en effet dotés d'un système de récupération qui leur permet un recyclage sélectif de la toxine qui se retrouve donc chez un hôte qui en assure la réutilisation si l'occasion se présente. C'est en quelque sorte de la redistribution en cycle court, garantie 100% naturelle, mise au point bien avant que les humains ne pensent à le faire pour leurs produits alimentaires d'utilisation courante.

Les serpents du genre *Rhabdophis* figurent parmi ces recycleurs spontanés, ce qui leur permet de faire « profiter » leurs propres proies habituelles d'un produit synthétisé par un autre producteur. Sauf qu'une espèce de ce genre de serpent a modifié son comportement alimentaire et a préféré s'alimenter de bien inoffensifs vers de terre dénués de toute glande à venin. Et pourtant, lui aussi dispose d'une toxine létale pour ses proies. C'est donc qu'il y a un « truc » quelque part: ou ce serpent a trouvé le moyen de synthétiser lui-même le poison, ou il a trouvé une autre source alimentaire (végétale peut-être ?) qui lui offre le même avantage.



Titillés par cette apparente anomalie, des biologistes ont bien entendu cherché à trouver la clé de ce mystère et ils l'ont trouvée dans... son tube digestif. Ils y ont bien entendu identifié des restes de vers de terre récemment avalés, mais aussi des larves de lucioles tout à fait vivantes, larves qui produisent les mêmes toxines que les crapauds, les bufadiénolides ! Le cycle de production/utilisation du produit utile est à ce point court qu'il a été totalement intégré dans le tube digestif, sans doute à bénéfice mutuel: les larves hébergées profitent des résidus alimentaires du serpent qui leur assure de surcroît le gîte et le couvert, et lui cèdent à titre de participation, la toxine qu'elles produisent. Qu'advient-il ensuite de ces larves lorsqu'elles arrivent au terme de leur développement ? Elles sont éliminées sans doute dans les matières fécales et se reproduisent à l'air libre, avant que leurs œufs ou leurs jeunes larves ne retrouvent un tube digestif ophidien accueillant pour la suite de leur développement. S'agit-il d'un cas de commensalisme, de symbiose ou... d'association de malfaiteurs ? ^A

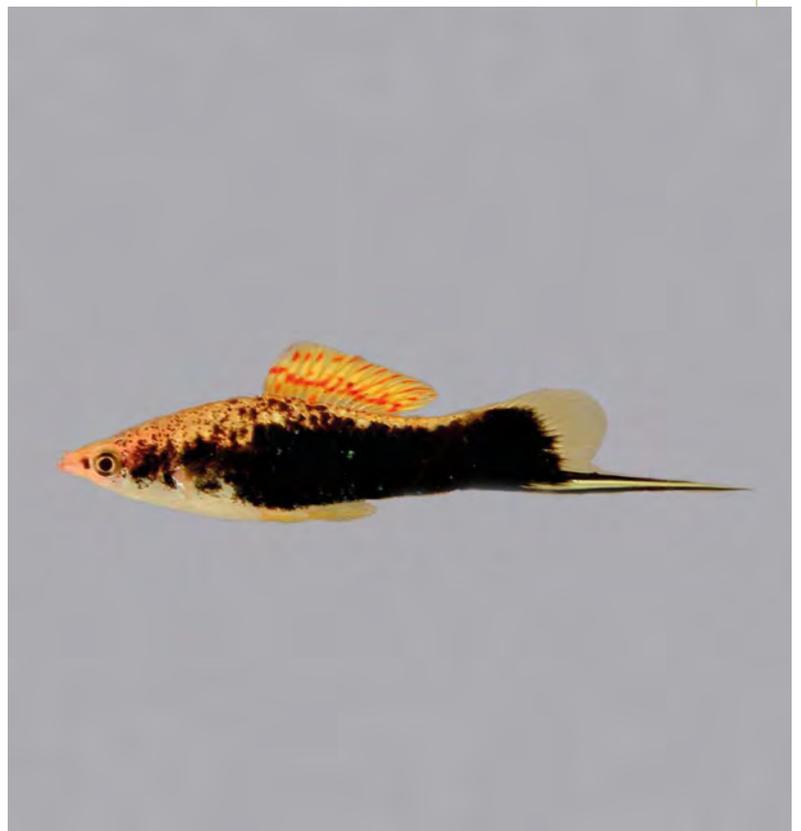
► *Proc. Natl Acad. Sci, USA, 117(11): 5964-5969*



déboires. Tous ne sont pas forcément létaux; pour preuve, chez le bouledogue et espèces apparentées, cette anomalie osseuse qui raccourcit le museau de manière significative. Ce n'est à l'évidence pas mortel dans ce cas, mais cela reste une anomalie probablement liée, comme pour le poisson évoqué, à un « conflit » entre 2 gènes associés de près ou de loin au développement osseux.

Mais que l'on se rassure, toute loi ayant droit à son contraire, certains de ces conflits peuvent tout aussi bien faire émerger des caractéristiques nouvelles dont l'hybride peut tirer profit. La règle reste cependant la stérilité presque à tous les coups: les caractéristiques acquises, favorables ou non, passent donc rarement le cap de la première génération... ^A

► *Science, 368: 710-711 et 731*



Ci-contre:
Reconstruction
du *Tupandactylus*
imperator montrant la
répartition de 2 types
de plumes le long de
l'apophyse occipitale
(les couleurs ne sont
pas reconstituées
contrairement à
l'illustration
ci-dessous).



De l'émergence des plumes

Un des problèmes fondamentaux en matière d'évolution est celui de l'origine. Quand, par exemple, peut-on dire qu'un éclat de silex n'est pas naturel mais a subi une modification intentionnelle par l'homme ? Dans un même ordre d'idées, quand situer l'apparition des plumes chez les oiseaux... ou leurs prédécesseurs ? Pour l'*Archéoptéryx*, premier «oiseau» reconnu comme tel et descendant des dinosaures il y a 150 millions d'années, le doute n'est pas permis; les fossiles présentent des structures qui sont proches des plumes d'aujourd'hui. Que l'oiseau en question s'en soit servi pour voler ou seulement planer est une autre affaire. Mais n'y avait-il pas déjà des plumes avant ?

C'est tout l'objet d'un débat contemporain qui anime les paléontologues. Sur un fossile de ptérosaure, un de ces vertébrés volants qui ont existé bien avant l'apogée des dinosaures, l'examen en microscopie

électronique a révélé des structures que l'on tend à apparenter à des plumes. Et c'est là que se situe le débat, car d'autres spécialistes ne veulent y voir qu'une sorte de duvet. Où en effet situer le moment où ce qui ressemble à un poil se spécialise en «quelque chose» qui tend à s'apparenter à une plume rudimentaire ?

Le ptérosaure en question, un *Tupandactylus imperator* dont le fossile a un temps été détenu à l'Institut des sciences naturelles à Bruxelles, est en soi un animal particulier. S'il ressemble par sa forme globale et sa taille aux autres ptérosaures, il portait sur la tête une sorte de grand voile que l'on représente souvent très coloré. Il s'agissait d'un voile souple, tendu d'avant en arrière entre 2 arêtes osseuses. Et c'est de ce voile que ce qui est considéré comme des plumes primitives a été extrait puis identifié par microscopie électronique.

Ce qui est tout aussi intéressant, c'est que l'examen a également permis de mettre en évidence des mélanosomes (1), ces inclusions cellulaires de formes variées que l'on retrouve toujours aujourd'hui dans la structure des plumes, ce qui leur permet d'exhiber des formes, des dessins. Pour le camouflage ? Pour la parade sexuelle ? Tantôt l'un, tantôt l'autre sans doute.

Et si la découverte récente est validée par l'identification de structures du même genre sur d'autres fossiles, cela voudrait dire que la «plume» serait apparue avant le pic d'émergence des ptérosaures et des dinosaures, soit il y a 250 millions d'années; bien avant ce que l'on croyait jusqu'ici. Cela reste donc à prouver. Mais il a quand même bien fallu qu'elles apparaissent à un moment, ces plumes là ! A

► **Science, 2022; 376: 335**

(1) c'est également ce qui nous donne un teint sans égal après un bronzage estival !



BIO ZOOM

On dirait à s'y méprendre que ce sont des "crop circles", ces motifs dessinés par la flexion des épis de blés dans les champs. C'est presque ça sauf que ce sont en réalité des boulettes de sable rejetées par les crabs de sable (ou barboteur de sable). Ce petit crustacé de la taille d'un ongle vit sur les plages de l'Indo-Pacifique tropical. Les "Bubbler Sand" sortent de leurs trous à marée basse à la recherche de nourriture microscopique. Pour la trouver, ils tamisent le sable grâce à leur bouche avant de le régurgiter sous forme de micro-boulettes, créant de beaux dessins sur les plages.



Réaction de la poussière de fer à un champ magnétique. Une manière de visualiser ce champ.

Et de trois !

Un article publié dans *Nature* apporte la preuve expérimentale de l'existence d'une nouvelle classe de matériaux magnétiques. Si cela ne va pas vous permettre de compléter votre collection de magnets collés sur la porte de votre frigo, cela pourrait changer la donne en matière de traitement de l'information

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

PHOTOS : © DENIS • STOCK.ADOBE.COM (P.55), © LIBOR ŠMEJKAL ET ANNA BIRK-HELLENES (CZECH ACAD. OF SCI.) (P.56)

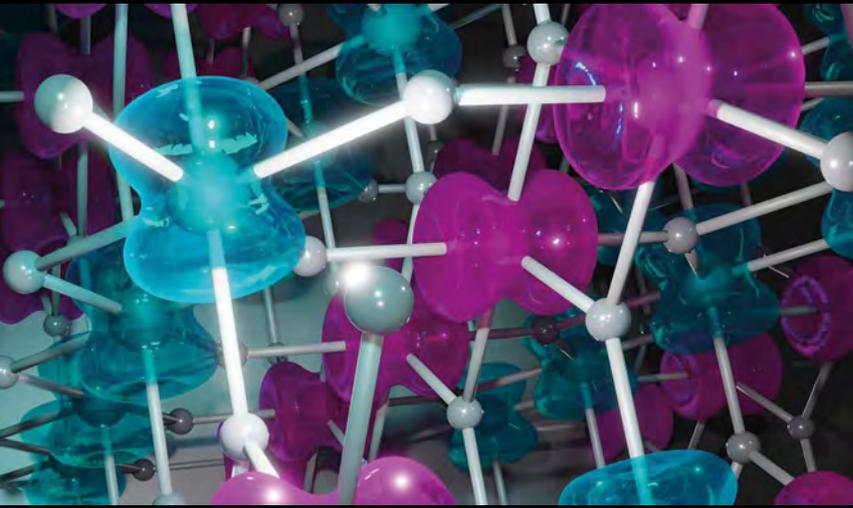
Il est peu de dire que le magnétisme a toujours fasciné et continue à le faire. Comment, en effet, des objets peuvent-ils exercer des forces attractives ou répulsives sur d'autres objets, à distance, sans lien physique apparent entre les deux ? Depuis l'Antiquité jusqu'au 19^e siècle, les plus brillants esprits se sont essayés à imaginer des explications à ce phénomène. Il a fallu la découverte et l'étude du monde atomique pour comprendre que dans certains matériaux (rares, comme le fer ou le nickel), les électrons, en tournant sur eux-mêmes (mouvement de spin) créent un champ magnétique élémentaire (comme le fait une bobine traversée par un courant électrique). Lorsque les électrons tournent dans le même sens,

les champs s'additionnent et on a un aimant permanent: c'est le magnet qui reste accroché sur la porte du frigo grâce au champ magnétique externe ainsi produit. C'est une propriété qui peut cependant disparaître, par exemple en le chauffant ou à la suite d'un choc très violent. Ces matériaux sont appelés ferromagnétiques. Plus tard, une autre classe a été découverte: il y a bien aussi une rotation non négligeable des électrons mais elles sont alternées (l'un dans un sens, le suivant en sens opposé) et s'annulent entre elles. Dans ce cas, rien n'est perceptible au niveau macroscopique et le matériau n'est pas aimanté; inutile d'essayer de le faire tenir sur la porte du frigo. Il est dit antiferromagnétique.

Notons encore pour être complet qu'il existe d'autres formes de magnétisme mais elles sont consécutives à l'application d'un champ magnétique et à leur réaction à celui-ci (paramagnétisme, diamagnétisme, etc.) et que, bien sûr, la plupart des substances ne sont pas affectées par les champs magnétiques (amagnétisme).

Altermagnétisme

En résumé, jusqu'à ces dernières années, les substances magnétiques se répartissaient entre 2 catégories: elles étaient soit ferromagnétiques, soit antiferromagnétiques. En 2019 cependant,



Visualisation des densités de spin dans un matériau altermagnétique, différentes couleurs indiquant différentes orientations du spin.

Spintronique

Fort bien, mais quel intérêt hormis le plaisir de la connaissance ? C'est ici que la découverte prend tout son sens. Cela fait maintenant des décennies (depuis les années 1980) qu'on parle de spintronique comme prolongement de l'actuelle et si performante électronique. Les mots disent ce qu'il en est. L'électronique est basée sur le déplacement des électrons (charge négative) dans la matière, formant ainsi le courant électrique. Mais, nous l'avons vu, les électrons ont une autre propriété intéressante appelée spin. Ce dernier est une grandeur quantique (donc sans équivalent à notre échelle), assimilable à un moment magnétique intrinsèque à la particule, qui caractérise l'électron comme un minuscule aimant tournant sur lui-même. Et ce spin possède une orientation, soit vers le haut (*up*) soit vers le bas (*down*). On voit venir la suite: l'informatique n'aime rien de plus que «quelque chose» qui peut prendre 2 valeurs, ou 2 positions, ou 2 orientations, etc. Bref, l'un ou l'autre, fermé ou ouvert ! Tentation a donc été grande de manipuler le spin des électrons (spintronique) plutôt que leur charge (électronique). D'autant qu'il semble que cette manipulation du spin consommerait moins d'énergie.

En autant d'années, la technologie a évidemment connu de beaux succès. On en veut pour preuve les mémoires MRAM (*Magnetic Random Access Memory*), mémoires non volatiles c-à-d qui conservent les données sans alimentation électrique. L'information y est écrite en utilisant le spin des électrons. Mais elle intervient aussi dans les capteurs de champ magnétique, la cybersécurité ou l'IA.

Succès donc ? Oui, incontestable, mais limité. Limité à cause d'une propriété «embêtante». La spintronique utilise en effet des matériaux ferrimagnétiques qui permettent une exploitation facile de l'état des spins. Mais leur magnétisation macroscopique est un frein au transfert de données. Une difficulté qui n'existe évidemment pas avec des antiferromagnétiques mais cette fois les effets du spin font défaut. On a immédiatement compris l'intérêt porté aux matériaux altermagnétiques: pouvoir exploiter des effets de spin sans magnétisation macroscopique: ces matériaux réunissent les qualités des 2 classes de matériaux magnétiques sans en avoir les défauts ! Voilà qui pourrait accélérer la mise au point d'ordinateurs spintroniques. **A**

des théoriciens ont postulé qu'une troisième catégorie devait exister, matériaux qu'ils ont qualifiés d'altermagnétiques. Qu'est-ce qui les distingue des 2 autres catégories ? Pour tenter de le comprendre, il faut ajouter une précision: si le phénomène du magnétisme dépend du spin des particules, la symétrie des cristaux (arrangement des atomes) où il se produit entre aussi en ligne de compte. Et dans cette troisième classe de matériaux magnétiques, les spins alternent (donc pas d'aimantation macroscopique et pas de place sur la porte du frigo !) mais il y a tout de même un alignement cher au système ferromagnétique, mais ici, c'est celui de la direction de la vitesse de déplacement des électrons à l'intérieur du matériau. Et cela dépend bien sûr du type de matériau. Petit à petit, et grâce à l'IA, les théoriciens avaient ainsi établi une liste d'environ 200 substances dans lesquelles un tel phénomène se produirait, parmi lesquelles le dioxyde de ruthénium ou le tellure de manganèse. De telles substances seraient donc macroscopiquement antiferromagnétiques mais ferromagnétiques au niveau microscopique. Il restait à apporter la preuve expérimentale de leur existence.

C'est donc chose faite aujourd'hui avec l'article **(1)** publié dans *Nature* le jour de la Saint-Valentin. Grâce à des expériences menées à la Source de Lumière Suisse (SLS), des scientifiques suisses et tchèques ont pu apporter cette preuve. Pour ce faire, ils ont éclairé un cristal de tellure de manganèse (MnTe), traditionnellement considéré comme antiferromagnétique, à l'aide de lumière synchrotron, lumière émise par des électrons lorsqu'ils se meuvent à une vitesse très proche de celle de la lumière. Ils ont alors constaté la division alternée des bandes d'énergie des électrons dans le cristal, correspondant à différents états de spin mais sans qu'il y ait de magnétisation macroscopique. Une division qui pour les théoriciens signe en quelque sorte le matériau en tant qu'alter-aimant.

⁽¹⁾ *Altermagnetic lifting of Kramers spin degeneracy*. J.Krepasky et al. *Nature* 626, 2024.

Tania nous parle de l'Espace

Le New Space

PAR
PIERRE-EMMANUEL PAULIS
ET OLIVIER SAIVE



Ces compagnies font tout pour que le vol spatial devienne aussi facile et commercial que le voyage en avion.

CHÉRIE, JE PRENDS TA FUSÉE POUR ALLER AU BRICO SUR MARS !



Les vols seront destinés non seulement aux astronautes professionnels qui travaillent dans l'espace et la station spatiale internationale, mais aussi à "monsieur tout le monde"... Enfin pas tout de suite car pour le moment, un vol coûte très, très cher !

Hello les amis ! Alors aujourd'hui, on parle de l'ère du "New Space", un bouleversement dans la conquête spatiale !...

Cela concerne le développement de l'industrie de l'exploration spatiale par des compagnies non gouvernementales, comme par exemple Space X, Blue Origin ou Virgin Galactic.

TROP CHER POUR JUSTE ALLER PROMENER KIKI !



Tania nous parle de l'Espace

Le New Space

PAR
PIERRE-EMMANUEL PAULIS
ET OLIVIER SAIVE

Il y a deux catégories de vol spatiaux privés...

Les vols sub-orbitaux (100 km)

Les vols orbitaux (400 km)

ON DOIT ATTEINDRE 28000 KMH POUR ARRIVER À L'ISS ET SE METTRE EN ORBITE AUTOUR DE LA TERRE À 400KM D'ALTITUDE.

C'EST ALLER À 120KM, JUSTE AU DESSUS DE LA LIGNE VON KARMAN : LA LIMITE DE PORTANCE DES AVIONS !

Il y a le New Shepard de Blue Origin et le Space Ship de Virgin Galactic pour le sub-orbital... Puis Space X avec la capsule Crew Dragon pour l'orbital.

On attend avec impatience la mission POLARIS qui doit emporter 4 touristes de l'espace dans la plus haute orbite jamais atteinte !... Les seuls humains qui ont été plus loin sont ceux qui sont allés sur la lune !

Cette mission leur prévoit une sortie extra véhiculaire !

ET EN MÊME TEMPS, C'EST MIEUX POUR LA PLANÈTE !

Et à bientôt pour la suite, les amis !

- Le Paulis - Saive

Bien entendu, les hôtels ou les clubs de vacances ne sont pas vraiment l'objectif dans l'immédiat... Mais admirer la terre depuis là haut est un rêve que beaucoup de gens partagent.

WAAAAH! C'EST BEAU !

T'AS VU CHÉRIE, ON VOIT LA MAISON !

JE VOIS QUE TU AS OUBLIÉ DE RENTRER LE LINGE ! ET SI IL PLEUT ?

C'EST ALLER À 120KM, JUSTE AU DESSUS DE LA LIGNE VON KARMAN : LA LIMITE DE PORTANCE DES AVIONS !

ON DOIT ATTEINDRE 28000 KMH POUR ARRIVER À L'ISS ET SE METTRE EN ORBITE AUTOUR DE LA TERRE À 400KM D'ALTITUDE.

Il y a le **New Shepard** de Blue Origin et le **Space Ship** de Virgin Galactic pour le sub-orbital...

Puis Space X avec la capsule **Crew Dragon** pour l'orbital.

On attend avec impatience la mission **POLARIS** qui doit emporter **4 touristes** de l'espace dans la plus haute orbite jamais atteinte !... Les seuls humains qui ont été plus loin sont ceux qui sont allés sur la lune !

Cette mission leur prévoit une sortie extra véhiculaire !

J'AI L'IMPRESSION DE RENAITRE !

Actuellement, les compagnies du "New Space" mettent au point des lanceurs et des capsules récupérables. Le recyclage, c'est bien mieux pour les coûts du voyage...

ET EN MÊME TEMPS, C'EST MIEUX POUR LA PLANÈTE !

Et à bientôt pour la suite, les amis !

Mais qui est Tania ?

Les vols spatiaux de Tania - partie 1

Photos: Collection Pierre-Emmanuel Paulis
Illustration fond: Olivier Saive

À ce jour, l'héroïne de Pierre-Emmanuel Paulis a été embarquée à 13 reprises dans l'espace ou à la frontière de l'espace. Tania dépasse ainsi largement le record établi par les Américains Franklin Chang-Diaz et Jerry L. Ross, qui ont 7 vols spatiaux chacun !

Le baptême de l'espace de Tania a eu lieu en mai 1997 à l'occasion de la mission STS-84 de la navette Atlantis à destination de la station russe Mir. Un dessin original avait été confié à l'astronaute français Jean-François Clervoy.



Dessin réalisé pour la mission STS-84 et certificat de vol



Le deuxième séjour sur orbite de Tania a eu lieu en septembre-octobre 2001. Il correspond au séjour à bord de la Station Spatiale Internationale de Claudie Haigneré, la première européenne de l'espace, lors de la mission Andromède. Le dessin de Pierre-Emmanuel Paulis avait été acheminé le 15 septembre 2001 à l'aide d'un vaisseau-cargo automatique russe (Progress M-S01). Il est entré sur terre le 31 octobre suivant avec l'équipage de la mission Andromède à bord du Soyuz TM- 32.



Le dessin embarqué par Claudie Haigneré a été cacheté à bord de l'ISS



Claudie Haigneré posant avec Tania

Frank de Winne, à la tête du Centre d'entraînement des astronautes à Cologne et compatriote de Pierre-Emmanuel Paulis, a lui aussi embarqué des dessins de Tania à l'occasion de ses 2 séjours à bord de l'ISS : le premier en novembre 2002 (mission OdisSea) et le second entre mai et décembre 2009 (mission OasiSS). Mais la seconde fois, notre dessinateur ne savait pas que celui qui allait devenir le premier commandant de bord européen de l'ISS avait lui-même reproduit la couverture et la page de garde de la BD « Tania, astronaute européenne »...

La suite de l'incroyable aventure spatiale de Tania dans le prochain ATHENA



À quoi pourraient-ils ressembler ?

Dans une galaxie comptant 200 à 300 milliards de systèmes planétaires, elle-même perdue au milieu de milliards d'autres, la probabilité d'être seuls est quasiment nulle. Le cosmos est par ailleurs démesuré et en mouvement perpétuel, la vie pourrait apparaître n'importe où. Mais à quoi pourraient ressembler ces «aliens» ? À l'heure actuelle, nous n'en savons rien mais des pistes concrètes existent, y compris dans notre propre système solaire

TEXTE: GEOFFREY VAN HECKE - GEOFFREY@BVHCO.BE

PHOTOS: ©DIMAZEL - STOCK.ADOBE.COM (P.60), NASA (PP.61-62)

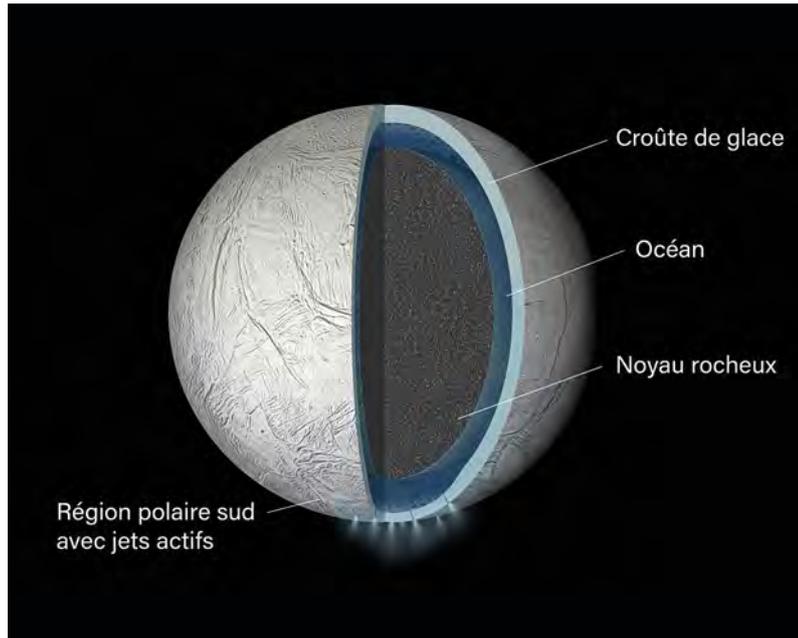
Avant de parcourir plusieurs années-lumière (une seule équivalent à un peu moins de 10 000 milliards de kilomètres), analysons ce qui se passe sur notre merveilleuse planète bleue. Dans les faits, bien que lente, l'évolution est partie dans tous les sens, s'est réinventée au fil des cataclysmes. L'homme n'est qu'une des innombrables espèces peuplant notre fragile demeure. Et il est apparu très tard. Les Terriens ont de multiples visages. Tantôt issus du règne végétal, tantôt de l'animal. Ils vont de la bactérie à l'espèce bipède évoluée, vivent dans la mer, les airs, au sol. Rechercher notre double dans le cosmos serait dès lors utopiste. Surtout si l'on se réfère à l'une des réponses au paradoxe de Fermi («*S'il y avait des civilisations extraterrestres, leurs représentants devraient être déjà chez nous. Où sont-ils donc ?*»), assurant qu'une civilisation technologiquement avancée est davantage susceptible de s'autodétruire. Le meilleur exemple reste la prolifération d'armes nucléaires.

Dans cette nébuleuse de vies, force est de constater que toutes les espèces se sont parfaitement adaptées à leur environnement. L'évolution est capable de grandes choses, perçoit les interactions possibles avec les autres

créatures. Maillon essentiel à notre équilibre, les abeilles le prouvent chaque jour. Le vivant surgit même en milieu extrêmophile, à l'image de la fosse des Mariannes ou du désert d'Atacama. Toutes les opportunités sont bonnes pour se développer. Il y a toutefois un gros problème: l'adaptation représente des centaines de millions d'années avant d'atteindre son apogée. D'où la fragilité des écosystèmes ou les grandes difficultés que nous éprouvons à vivre dans l'Espace. Aucun être n'est conçu pour s'épanouir dans l'ISS, sur la Lune ou encore sur Mars. Sans efforts intenses, notre musculature disparaîtrait, la faute à une force d'attraction moindre qu'ici (un sixième sur la Lune, un tiers sur Mars). Au contraire, les futures colonies martiennes éprouveront les plus grandes difficultés à revenir, la gravité terrestre risquant de broyer leurs os comme du cristal. Nous ne nous en rendons pas compte, notre corps lutte sans cesse contre quelque chose qui nous attire. Avec pour conséquence, l'apparence que nous avons aujourd'hui. Sur notre voisine rouge, les descendants des Terriens verraient leurs membres s'allonger et s'affiner. Ils seraient plus grands mais moins robustes. En conclusion, nous sommes faits par la Terre et pour la Terre. Les lois naturelles étant universelles, les extraterrestres ont exactement le même souci que nous.

Des mondes étranges

Poursuivons notre fabuleux voyage. Nous avons tous entendu que pour trouver de la vie, il faut s'intéresser aux astres situés en zone habitable, c'est-à-dire là où l'eau peut se retrouver à l'état liquide. Dans notre système solaire, notre planète a tapé dans le mille. Reléguant ses voisins au statut de mondes déserts, brûlants ou glacés. En moyenne, le Soleil est à 149 millions de km de nous. Avec une orbite elliptique, Pluton oscille plutôt entre 4 et 7 milliards de km. Cet exemple illustre à quel point la distance entre la planète et son étoile est essentielle au développement de la vie. Enfin, pas tout à fait. Deux exemples concrets amènent à repenser notre recherche. Souvenez-vous, les aliens peuvent prendre n'importe quelle apparence, parfois là où on ne les attend pas. Et les lunes de Saturne ne manquent pas d'intérêt. Avec son épaisse atmosphère faite d'azote, Titan ressemble à s'y méprendre à la Terre. Cette lune est le seul endroit extraterrestre du système solaire à posséder des liquides stables sur sa surface. Ils coulent sous forme de rivières et de ruisseaux, s'accumulent sous forme de lacs et de mers, sculptent des littoraux et entourent des îles, comme c'est le cas ici. Mais on ne parle pas d'eau, Titan est saturé d'hydrocarbures. Le méthane et l'éthane, tous 2 des substances gazeuses sur Terre, sont liquides sur sa surface glaciale. Une question essentielle se pose dès

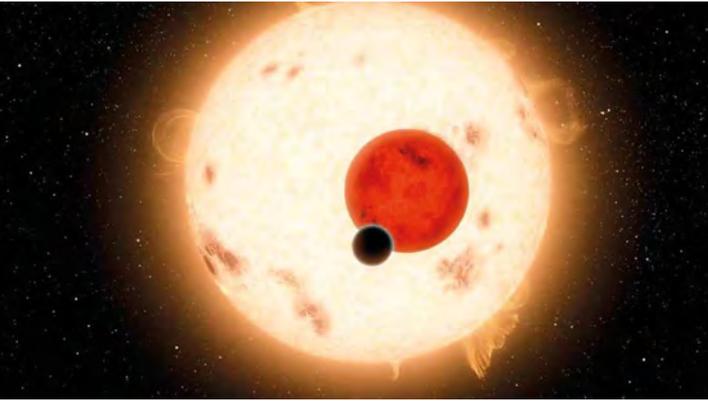


lors: l'eau est-elle le seul solvant à l'origine de la vie ? D'autres mondes exotiques pourraient également se révéler prometteurs, là où le silicium remplace le carbone. Inconciliables avec l'eau, des chaînes de silicium peuvent être stables dans l'acide sulfurique concentré. Existe-t-il une autre genèse ? La biochimie peut-elle mener à des choses inconcevables sur Terre ? L'hypothèse est prise au sérieux. Pour preuve, la mission *Dragonfly* de la NASA partira explorer Titan en 2028. D'autres sondes suivront aux alentours de Saturne. L'agence américaine planifie d'ailleurs l'ELF (*Enceladus Life Finder*). En effet, la 6^e plus grande lune de la géante aux anneaux s'est révélée potentiellement habitable. Protégé des rayons nocifs du Soleil par une épaisse couche de glace, l'océan aquatique intérieur d'Encelade interpelle. La lune possède un grand noyau rocheux et poreux de température modérée permettant à l'eau de s'écouler à travers lui, transportant des molécules dissoutes. De plus, les frictions engendrées par les forces de marée que provoquent la présence de Saturne et des autres satellites sont source de chaleur. Il est aussi prouvé qu'Encelade éjecte des panaches d'eau contenant de l'ammoniac, du soufre, du sodium, du phosphore, du cyanure d'hydrogène, des grains de silice et des molécules organiques, y compris des hydrocarbures. Encelade regroupe les 3 ingrédients de la vie: chaleur, eau, molécules organiques. À ce titre, elle figure sur la *short list* des mondes à explorer. Toutefois, ne nous méprenons pas, si vie extraterrestre dans notre système solaire il y a, le taux de probabilité qu'elle soit supérieure à l'état bactérien est faible.

Pour espérer une vie technologiquement avancée, nous n'aurons d'autres choix que de sortir du système solaire. À des années-lumière. Mais

Cette illustration est une représentation spéculative de l'intérieur de la lune de Saturne, Encelade, avec un océan d'eau liquide entre son noyau rocheux et sa croûte glacée.

L'épaisseur des couches indiquée ici n'est pas à l'échelle.



Le système Kepler, premier système détecté dans lequel une planète orbite autour de 2 étoiles.

où la trouver ? Basons-nous d'abord sur le nombre potentiel. Des astronomes renommés se sont penchés sur la question. Force est de constater que les avis divergent. Cela varie de 30... à plus de 15 000 ! L'un d'entre eux, Alberto Caballero, évalue même le nombre de civilisations hostiles à 4. Dans les faits, il est quasiment impossible de répondre précisément à la question, tant le nombre de variables et d'inconnues est élevé. Le problème, c'est la distance vertigineuse qui nous sépare de n'importe quel autre système.

Revenons-en à notre sujet de base. Nos outils actuels ne sont pas assez puissants pour découvrir de la vie n'importe où. En d'autres termes, autour d'une étoile similaire à la nôtre, c'est très complexe, tant la lumière éblouit le télescope. Et puisque nous ne savons détecter une planète qu'en observant son étoile, il ne s'agit pas de la bonne piste au cours de ce siècle. La diversité d'étoiles est variée. L'Univers est toutefois composé majoritairement de naines rouges, soit des astres plus petits, moins lumineux, moins massifs que notre Soleil. Et c'est une excellente nouvelle. Nos outils fixent l'étoile. Ils détectent ses mouvements, analysent sa lumière. Si elle bouge, cela signifie que quelque chose orbite autour, probablement une planète qui exerce une force. Si sa luminosité diminue à intervalles réguliers, cela signifie que quelque chose vient se mettre entre elle et l'observateur. À nouveau, probablement une planète. L'avantage de ce type de système est que la plupart des planètes se trouvent à l'intérieur de l'orbite virtuelle de Mercure. Très proches de leur étoile, on les détecte plus facilement.

Nous disposons d'un indice capital pour imaginer l'apparence de leurs habitants, la lumière que leur soleil émet. Le nôtre émet dans l'ultraviolet et la lumière visible, quand les naines rouges émettent principalement dans l'infrarouge. Très peu d'espèces terriennes voient dans l'obscurité, l'évolution ayant compris que nos yeux doivent s'adapter à leur environnement. Imaginons dès lors un extraterrestre dont la vision s'est adaptée à la lumière infrarouge, le problème s'inverse. Logique, puisqu'elle éclaire son habitat. Va-t-il pouvoir nous discerner ? Peu de chance en tout cas qu'il perçoive le même environnement que nous. Le cosmos reste rempli de surprises... A

MAIS ENCORE...

La Belgique signe les accords Artemis de la NASA pour l'exploration de la Lune

Cette nouvelle pourrait aider notre astronaute Raphaël Liégeois à fouler un jour le sol lunaire. Les entreprises belges du spatial se verront aussi offrir de précieux contrats. Les accords couvrent des aspects de l'exploration spatiale tels que la promotion des objectifs pacifiques, la transparence, l'interopérabilité, l'assistance mutuelle, l'enregistrement des objets spatiaux, la diffusion des données scientifiques, la préservation du patrimoine spatial extra-atmosphérique, les ressources spatiales, les activités spatiales pacifiques et les actions contre les débris orbitaux. Le programme d'exploration spatiale, lui, a été inauguré en 2022 avec la mission *Artémis 1*, qui a fait voler le vaisseau *Orion* autour de la Lune, afin de le tester sans équipage. Son deuxième volet (survol de la Lune par quatre astronautes) a été reporté il y a peu à septembre 2025. C'est son troisième volet qui doit renvoyer des êtres humains sur la Lune pour la première fois depuis 1972. Il est désormais programmé pour septembre 2026.

La construction du plus grand télescope du monde est achevée à plus de 50%

L'ELT, situé dans le désert d'Atacama, au Chili, devrait être mis en service pour 2028. Doté d'un miroir segmenté de 39 m, il fonctionnera dans la lumière visible et infrarouge. L'outil servira entre autres à la recherche de vie extraterrestre et l'analyse de galaxies primaires. Et répondra à une question fondamentale: les lois de la physique sont-elles universelles ? Il sera géré par l'ESO, l'Observatoire européen austral, dont est membre la Belgique.

K2-18b, l'espoir de détecter une vie venue d'ailleurs

À l'aide du télescope spatial *James-Webb*, un composé organique aurait été détecté sur cette prometteuse exoplanète, 8,6 fois plus grande que la Terre et située à 120 années-lumière. Nous parlons plus précisément de sulfure de diméthyle, un composé organique émis par le phytoplancton dans nos océans terriens et qui ne pourrait être produit que par une forme de vie organique. Les chercheurs de la NASA se montrent toutefois prudents. La découverte est certes prometteuse mais davantage de données doivent être récoltées. Parler de preuve reste donc prématuré.



AGENDA

Le mag scientifique

• CHARLEROI - À PARTIR DU 21/06

Incassables ? L'exposition dont votre cerveau est le héros

Si, le jour de votre naissance, votre cerveau compte environ 100 milliards de neurones, sa fabrication est pour autant loin d'être terminée ! Votre cerveau a d'ailleurs une capacité étonnante... il est plastique pour lui permettre de s'adapter aux événements de la vie ! À travers cette expo ludique et immersive, découvrez comment vos choix, vos actions et vos émotions influencent et modèlent votre cerveau. Comment vous pouvez améliorer ses capacités, mais également apprivoiser ses côtés obscurs. Venez explorer cet organe qui fabrique et fait évoluer votre personnalité grâce aux interactions qu'il a avec le monde.

<https://bit.ly/3RaK8v3>

• BERNISSART

Musée de l'Iguanodon

«De l'or !», s'écrièrent les mineurs. «Non des ossements de dinosaures», répondirent les scientifiques. C'était en 1878 et depuis le nom de Bernissart est internationalement connu. Alors, si vous êtes fascinés par la Préhistoire et par ses fabuleuses créatures, un véritable squelette fossilisé d'iguanodon, haut de 5 m et vieux de 125 millions d'années vous attend au musée. Préparez-vous à un formidable voyage dans le temps, à une époque où Bernissart n'était encore qu'une forêt tropicale ! Venez découvrir la toute nouvelle scénographie du musée et pourquoi pas, lancez-vous dans une enquête policière haletante en famille ou entre amis au coeur même du musée !

<https://bit.ly/3KqWwn1>

• LIÈGE (JUSQU'AU 8/09)

Bienvenue à Stareso

Cette expo part d'un constat: la mer et les innombrables métiers qui en dépendent fascinent mais manquent de visibilité et de reconnaissance auprès du grand public. Ces professions sont pourtant essentielles pour notre compréhension et notre gestion des océans... Pour pallier à cette situation, Sylvie Gobert (Vice-Doyenne à l'enseignement de la Faculté des Sciences) décide de s'associer au photographe artiste carolo Harry Fayt afin de créer une expo unique qui met en lumière ces métiers de la mer de manière artistique et quelque peu décalée.

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

MÉCANIQUES DES FOULES

Elena Bovo - Dunod

Nous envisageons volontiers la foule comme un peuple révolté. Cette image, bâtie sur la prise de la Bastille de 1789, s'est lentement diffusée durant le 19^e siècle par le biais de manifestations publiques et à travers la littérature. Mais en définitive, qu'est-ce qu'une foule et comment agit-elle ? S'appuyant sur des événements historiques et les réflexions des psychologues des foules, Elena Bovo interroge un phénomène aux multiples facettes et en analyse les fonctionnements. Elle observe ses mécanismes: effacement de la volonté individuelle, transmission et amplification des émotions, asservissement aveugle à un chef ou encore comportements de meute. Elle en questionne enfin les objectifs et les effets, qu'il s'agisse des foules physiques ou virtuelles, y compris celles qui se déchaînent dans l'arène des réseaux sociaux.

À LIRE



ATHENA 366 Mars-Avril 2024

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

Boulevard Cauchy 43-45-47, 5000 Namur
N° Vert du SPW: 1718 · www.wallonie.be

Abonnement (gratuit)

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

• VIA LE FORMULAIRE SUR NOTRE SITE:
recherche.wallonie.be/formulaire-athena

• PAR COURRIEL À L'ADRESSE:
athena@spw.wallonie.be

• PAR COURRIER:
Boulevard Cauchy 43-45-47, 5000 Namur

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur

<https://athena-magazine.be>

<https://athena.wallonie.be>

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

RÉDACTRICE EN CHEF

Géraldine TRAN
Ligne directe: 081 77 86 55

geraldine.tran@spw.wallonie.be

GRAPHISTE

Nathalie BODART
Ligne directe: 081 77 86 43

nathalie.bodart@spw.wallonie.be

IMPRESSION

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

ISSN 0772-4683 (P) · 2736-5875 (N)

COLLABORATEURS

Virginie Chantry, Jean-Michel Debry, Paul Depovere, Henri Dupuis, Julie Fiard, Thibault Grandjean, Philippe Lambert, Clémentine Laurens, Julie Luong, Laetitia Mespouille, Pierre-Emmanuel Paulis, Jacqueline Remits, Geoffrey Van Hecke

DESSINATEURS

Alsy, Peter Elliott, Olivier Saive, Vince

RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT

Jean-François HEUSE
Inspecteur général

ÉDITEUR RESPONSABLE

Lionel BONJEAN
Directeur général

COUVERTURE

Première
Crédit: ©PHOTOPQR/
LA PROVENCE/MAXPPP

Quatrième
Crédit: ESO/L. Calçada

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



Visitez nos sites

<https://athena-magazine.be>
<https://athena.wallonie.be>
<https://recherche.wallonie.be>

Rejoignez-nous sur

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



Formulaire
d'abonnement
(gratuit)